

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİNİN KORUNARAK KURUTULMASI VE
ÜRETİLEN BAL TOZLARINDAN SOĞUK İÇECEK KARIŞIMI HAZIRLAMA
İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

Ceren MUTLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİNİN KORUNARAK KURUTULMASI VE
ÜRETİLEN BAL TOZLARINDAN SOĞUK İÇECEK KARIŞIMI HAZIRLAMA
İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

Ceren MUTLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez TÜRKİYE BİLİMSEL ve TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
(TÜBİTAK) tarafından 215O005 nolu proje kodu ile desteklenmiştir.**

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİNİN KORUNARAK KURUTULMASI VE
ÜRETİLEN BAL TOZLARINDAN SOĞUK İÇECEK KARIŞIMI HAZIRLAMA
İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

Ceren MUTLU

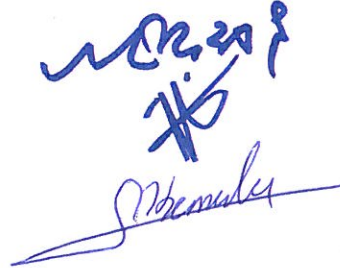
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 15/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ (Danışman)

Doç. Dr. Reyhan İRKİN

Doç. Dr. Mustafa Kemal USLU



ÖZET

BALIN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİNİN KORUNARAK KURUTULMASI VE ÜRETİLEN BAL TOZLARINDAN SOĞUK İÇECEK KARIŞIMI HAZIRLAMA İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

Ceren MUTLU

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ

Temmuz 2016, 110 sayfa

Bal, arılar tarafından üretilen, birçok besin bileşenini içerisinde bulunduran ve sağlık açısından önem taşıyan fonksiyonel ve doğal bir gıdadır. Şeker, su, organik asit, mineral, vitamin, çeşitli enzimler, fenolik bileşikler ve serbest amino asit gibi makro ve mikro bileşenler içeren bal, eski çağlardan beri yaraların tedavisinde kullanılmakta olup, balın antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinojen ve antiinflamatuvar etkilerinin olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir.

Bu araştırmada; balın biyoaktif özelliklerini en yüksek seviyede koruyacak kurutma yöntemleri, taşıyıcı materyal türleri ve oranlarının araştırılması ve elde edilen bal tozu örneklerinin soğuk içecek hazırlamak için bal tozu karışımına dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu yolla şeker şurubu ve yapay renk ve aroma maddeleri içeren benzer ürünlere sağlıklı bir alternatif soğuk içeceğin tüketicilere sunulabilecektir.

Araştırmada; 2 farklı kurutma yöntemi (vakum ve püskürterek kurutma), 3 farklı taşıyıcı materyal (maltodekstrin, arap zambı ve peynir altı suyu proteinleri) ve 3 farklı taşıyıcı materyal kullanım oranının (bal miktarının %50, %75 ve %100'ü) bal tozu üretimi üzerine etkileri 2x3x3 faktöriyel deneme desenine göre araştırılmıştır. Ayrıca üretilen bal tozu örneklerinin farklı renk ve aromada üretime uygunluklarını belirlemek için de, çözünürlüğü en az %90 ve diastaz sayısı ise 8 değerinin üzerinde olan bal tozu örneklerinden hazırlanan soğuk içeceklere duyu analizi uygulanarak en çok beğenilen bal tozu örneği belirlenmiş ve bu örnek su yerine farklı meyvelerden (karadut, çilek ve portakal) elde edilen doğal meyve suları kullanılarak yeniden üretilmiştir.

Üretilen tüm bal tozu örneklerine; fiziksel (renk, partikül boyutu, yığın yoğunluğu, çözünürlük, bulanıklık ve partikül mikroyapısı), kimyasal (nem içeriği, su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği, diastaz sayısı, hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite) ve duyu analizleri yapılmıştır.

Yapılan analizler ve değerlendirmeler neticesinde bal tozu örneklerinin üretimine ait verim değerinin kurutma yöntemleri arasında, vakum kurutma yöntemi uygulamasında %90.95 ve taşıyıcı türleri arasında ise, peynir altı suyu proteinleri içeren örneklerde %82.08 olarak tespit edildiği ve bu değerlerin diğer bal tozu örneklerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bal tozu örneklerinin fiziksel nitelikleri incelendiğinde, sade bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin peynir altı suyu proteinleri içeren örneklerde sırası ile 66.46 µm ve 8.01 µm olduğu ve bu

örneklerin diğer bal tozu örneklerine göre daha düşük partikül boyutlarına sahip oldukları belirlenmiş olup, meyve suyu ilavesinin örneklerinin partikül boyutu değerlerini arttırdığı tespit edilmiştir. Bal tozu örneklerin çözünürlük değerlerinin tüm örneklerde %90 değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Arap zamkı içeren sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değeri 137.79 NTU olarak belirlenmiş olup bu değer diğer taşıyıcı materyal içeren örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Maltodekstrin, Arap zamkı ve peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri sırası ile 2.61, 10.48 ve 13.76 olarak belirlenmiştir. Üretimde kullanılan balın 11.2 olan diastaz aktivitesinin her iki kurutma yönteminde de Arap zamkı ve peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu örneklerinde yüksek oranda korunduğu, ancak meyveli bal tozu örneklerinde ise Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde alt limit olarak belirtilen 8 değerinin altına düştüğü tespit edilmiştir. Vakum kurutma yöntemi kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin HMF miktarı, püskürterek kurutma yöntemine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak ise çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin HMF miktarı 15.21 mg/kg olarak belirlenmiş olup, bu değer diğer meyveli bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Maltodekstrin, Arap zamkı ve peynir altı suyu içeren bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri sırası ile 2.51, 7.87 ve 30.17 $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak tespit edilmiştir. Meyveli bal tozu örneklerinin ise sade örneklere göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve 196.91 $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak belirlenen en yüksek antioksidan aktivite değerinin karadut suyu içeren bal tozu örneğine ait olduğu belirlenmiştir.

Yapılan duyusal analiz sonucunda ise, panelistlerin %50'sinden fazlası sade ve meyveli bal tozu örneklerini tüketebileceklerini belirtmişlerdir. 5 puanlık hedonik skala üzerinden genel beğeni kriterine göre % 50 oranında Arap zamkı içeren sade bal tozu örnekleri ve çilek suyu içeren meyveli bal tozu örneklerinin sırası ile 3.88 ve 4.30 değerlerini alarak diğer bal tozu örneklerine göre daha çok beğenildikleri tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Bal, bal tozu, soğuk içecek, diastaz sayısı

JÜRİ: Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ (Danışman)

Doç. Dr. Reyhan İRKİN

Doç. Dr. Mustafa Kemal USLU

ABSTRACT

DRYING OF HONEY BY PROTECTING BIOACTIVE COMPONENTS AND INVESTIGATION OF POSSIBILITIES TO PREPARATE COLD DRINK MIXTURE FROM PRODUCED HONEY POWDER

Ceren MUTLU

M.Sc. Thesis in Food Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ
July 2016, 110 pages

Honey, produced by bees, is a functional and natural food product with rich nutritional content and significant health aspects. It contains macro and micro nutrients such as sugars, water, organic acids, minerals, vitamins, variable enzymes, phenolic compounds and free amino acids. Honey has been used for treating of wounds since ancient times and its antioxidant, antimicrobial, anticarcinogenic and anti-inflammatory effects have been noted in several studies.

In this study; investigation of drying methods, carrier material types and their ratios to preserve bioactive properties of honey at the highest level in honey powder production, and turning the obtained honey powders into honey powder mixture for preparation of cold honey beverage were aimed. Thus, a healthy cold drink could be offered to consumers as an alternative to similar products, which contain sugar syrup and artificial colorants and aroma compounds.

In the research; the effects of two different drying methods (vacuum and spray drying), three different carrier materials (maltodextrin, gum Arabic, and whey proteins) and three different carrier material ratios (50%, 75% and 100% of honey amount) on production of honey powder was investigated in a 2x3x3 factorial experimental design. Also, cold drinks were prepared from produced honey powder samples which have solubility and diastase number values higher than 90% and 8, respectively, and sensory analyses were conducted to determine the most preferred honey powder sample, then the production conditions of determined sample was re-produced with addition of different fruit juice types (black mulberry, strawberry and orange) as water replacers.

Physical analyses (color, particle size, bulk density, solubility, turbidity and particle microstructure), chemical analyses (moisture content, water activity, pH, titratable acidity, diastase number, hydroxymethylfurfural (HMF) content and antioxidant activity) and sensorial analysis were performed on all produced honey powder samples.

As a result of analyses and evaluation, honey powder samples with the highest yields were obtained in vacuum drying as 90.95% among drying methods and with whey protein as 82.08% among carrier materials types. When the physical properties of honey samples were analyzed, it was determined that volume and surface mean diameters of honey powder samples produced with whey protein were 66.46 and 8.01 μm , respectively

and these samples had smaller particle size when compared to other powders produced with gum Arabic and maltodextrin. The addition of fruit juice in powder production resulted with increased particle size of powders. Solubility values of honey powders were determined more than 90% in all samples. Turbidity values of honey powder samples containing gum Arabic were highest among honey powder samples and determined as 137.79 NTU.

Diastase activity of honey powder samples produced with maltodextrin, gum Arabic and whey protein were measured as 2.61, 10.48 and 13.76, respectively. Additionally, diastase activity of honey, used in the study, was determined as 10.51, and this value was mainly conserved in samples produced with gum Arabic and whey proteins in both drying methods. However, diastase activity values of honey powder samples with fruits were lower than the accepted limit value (8) according to Turkish Food Codex. HMF content of samples were higher in vacuum drying compared to the contents of samples obtained by spray drying method. In addition, the highest HMF content among the fruited honey powder samples was observed from addition of strawberry juice and it was determined as 15.21 mg/kg. Antioxidant activity of samples, dried with maltodextrin, gum Arabic and whey proteins, were detected as 2.51, 7.87 and 30.17 $\mu\text{mol TE/g}$ honey powder, respectively. Antioxidant activity values of fruited honey powder samples were higher than the non-fruited sample and the highest antioxidant activity (196.91 $\mu\text{mol TE/g}$ honey powder) was belong to the black mulberry juice added samples.

As a result of sensory analysis, more than 50% of panelists accepted consuming non-fruited and fruited honey powder samples. According to 5 point hedonic scale test, 50% gum Arabic non-fruited powder samples and strawberry juice added samples were more preferred than other samples and got 3.88 and 4.30 overall points.

KEYWORDS: Honey, honey powder, cold beverage, diastase number

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ (Supervisor)

Assoc. Prof. Dr. Reyhan İRKİN

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kemal USLU

ÖNSÖZ

Bal, arılar tarafından üretilen, birçok besin bileşenini içerisinde bulunduran ve sağlık açısından önem taşıyan fonksiyonel ve doğal bir gıdadır. Şeker, su, organik asit, mineral, vitamin, çeşitli enzimler, fenolik bileşikler ve serbest amino asit gibi makro ve mikro bileşenler içeren bal, eski çağlardan beri yaraların tedavisinde kullanılmakta olup, balın antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinojen ve antiinflamatuvar etkilerinin olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Ancak bal içerdiği birçok besin bileşenine ve sağlığı geliştirici özelliklerine rağmen ülkemizde genellikle kahvaltılık bir gıda olarak tüketilmektedir. Bu nedenle mevcut çalışma ile balın biyoaktif özelliklerini en yüksek seviyede koruyacak kurutma yöntemlerinin, taşıyıcı türlerinin ve oranlarının araştırılması ve bu yolla elde edilen bal tozu örneklerinin soğuk içecek hazırlamak için bal tozu karışımına dönüştürülerek şeker şurubu, yapay renk ve aroma maddeleri içeren benzer ürünlere sağlıklı bir alternatif soğuk içeceğin tüketicilere sunulabilmesi ve balın kahvaltılık bir gıda olmanın bal tozu içecek karışımına dönüştürülerek tüketiminin artırılması amaçlanmıştır.

Bu araştırmanın planlanması ve gerçekleşmesinde yardım ve destekte bulunan danışman hocam Doç. Dr. Mustafa ERBAŞ'a, yardımları ve dostluğu için Arş. Gör. Sultan ARSLAN TONTUL'a, destekleri için Arş. Gör. İsmail TONTUL, Arş. Gör. Atike Nur DURAK, Zehra KASIMOĞLU, Emrah EROĞLU, Cihadiye CANDAL ve Özlem KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Projeye (1002 Hızlı Destek Programı-Proje No: 2150005) ve tarafıma (2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı) verdikleri maddi destek nedeniyle Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu'na (TÜBİTAK) ve yetkililerine de teşekkür ederim.

Hayattaki en büyük şansım olan annem, babam ve kardeşlerime teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | iii |
| ÖNSÖZ | v |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | x |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMASI | 3 |
| 2.1. Bal | 3 |
| 2.2. Balın Kimyasal Özellikleri | 5 |
| 2.2.1. Balın su içeriği ve su aktivitesi | 5 |
| 2.2.2. Balın karbonhidrat içeriği | 5 |
| 2.2.3. Balın asit içeriği ve pH değeri | 6 |
| 2.2.4. Balın amino asit ve protein içeriği | 7 |
| 2.2.5. Balın enzim içeriği | 7 |
| 2.2.6. Balın fenolik bileşen içeriği | 8 |
| 2.3. Balın İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi | 8 |
| 2.3.1. Antimikrobiyal etki | 8 |
| 2.3.2. Antioksidan etki | 9 |
| 2.3.3. Sindirim sistemi üzerine olumlu etki | 9 |
| 2.3.4. Kanser üzerine etkisi | 10 |
| 2.4. Kurutma Yöntemleri | 10 |
| 2.4.1. Püskürterek kurutma | 10 |
| 2.4.2. Vakum kurutma | 12 |
| 2.5. Kurutma işleminde taşıyıcı materyal kullanımı | 13 |
| 3. MATERYAL ve METOT | 15 |
| 3.1. Materyal | 15 |
| 3.2. Metot | 15 |
| 3.2.1. Araştırma planı ve istatistiksel yöntemler | 15 |
| 3.2.2. Balın kurutulması | 16 |
| 3.2.2.1. Taşıyıcı materyal kullanım miktarının belirlenmesi ve hazırlanarak bala katılanması | 16 |
| 3.2.2.2. Püskürterek bal kurutma | 17 |
| 3.2.2.3. Vakumda bal kurutma | 18 |
| 3.2.2.4. Bal tozu içecek karışımı ve soğuk içecek hazırlanması | 20 |
| 3.2.2.5. Meyveli bal tozu örneklerinin üretimi | 20 |
| 3.2.3. Analiz yöntemleri | 22 |
| 3.2.3.1. Verim analizi | 22 |
| 3.2.3.2. Renk analizi | 22 |
| 3.2.3.3. Partikül boyut analizi | 22 |
| 3.2.3.4. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizi | 22 |
| 3.2.3.5. Çözünürlük analizi | 22 |
| 3.2.3.6. Bulanıklık analizi | 23 |
| 3.2.3.7. Partikül mikroyapısı analizi | 23 |
| 3.2.3.8. Nem analizi | 23 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.3.9. Su aktivitesi analizi..... | 23 |
| 3.2.3.10. Titrasyon asitliği ve pH analizi..... | 24 |
| 3.2.3.11. Diastaz sayısı analizi | 24 |
| 3.2.3.12. Hidroksimetilfurfural analizi | 25 |
| 3.2.3.13. Toplam fenolik madde analizi | 25 |
| 3.2.3.14. Toplam flavonoid madde analizi | 25 |
| 3.2.3.15. Antioksidan aktivite analizi | 26 |
| 3.2.3.16. Duyusal analiz | 26 |
| 3.2.3.17. İstatistiksel analiz | 27 |
| 4. BULGULAR ve TARTIŞMA..... | 28 |
| 4.1. Üretimde Kullanılan Bala Ait Analiz Sonuçları..... | 28 |
| 4.2. Sade Bal Tozu Örneklerine Ait Analiz Sonuçları | 32 |
| 4.2.1. Sade bal tozu örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları..... | 32 |
| 4.2.1.1. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin üretim verimleri üzerine etkisi | 32 |
| 4.2.1.2. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi..... | 35 |
| 4.2.1.3. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin partikül boyutu değerleri üzerine etkisi . | 38 |
| 4.2.1.4. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine etkisi..... | 41 |
| 4.2.1.5. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine etkisi | 43 |
| 4.2.1.6. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine etkisi..... | 46 |
| 4.2.1.7. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin partikül mikro yapısı üzerine etkisi..... | 48 |
| 4.2.2. Sade bal tozu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları | 53 |
| 4.2.2.1. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi | 53 |
| 4.2.2.2. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine etkisi | 56 |
| 4.2.2.3. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı üzerine etkisi | 59 |
| 4.2.2.4. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF değerleri üzerine etkisi | 62 |
| 4.2.2.5. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üzerine etkisi | 64 |
| 4.2.3. Sade bal tozu karışımı içeceklerine ait duyusal analiz sonuçları..... | 66 |
| 4.2.3.1. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyusal özellik değerleri üzerine etkisi | 66 |
| 4.3. Meyveli bal tozu örneklerine ait bulgular | 71 |
| 4.3.1. Meyveli bal tozu örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları | 71 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.1.1. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi | 71 |
| 4.3.1.2. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin partikül boyutu değerleri üzerine etkisi | 72 |
| 4.3.1.3. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine etkisi | 73 |
| 4.3.1.4. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine etkisi | 75 |
| 4.3.1.5. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine etkisi | 76 |
| 4.3.1.6. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin partikül mikro yapıları üzerine etkisi..... | 78 |
| 4.3.2. | Meyveli bal tozu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları | 80 |
| 4.3.2.1. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi..... | 80 |
| 4.3.2.2. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine etkisi..... | 81 |
| 4.3.2.3. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisi | 83 |
| 4.3.2.4. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF değerleri üzerine etkisi | 84 |
| 4.3.2.5. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üzerine etkisi..... | 86 |
| 4.3.3. | Meyveli bal tozu karışımı içeceklerine ait duyuşal analiz sonuçları | 88 |
| 4.3.3.1. | Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisi | 88 |
| 5. | SONUÇ | 90 |
| 6. | KAYNAKLAR | 96 |
| 7. | EKLER..... | 110 |
| | EK-1: Bal Tozu İçeceği Duyuşal Analiz Formu..... | 110 |
| | ÖZGEÇMİŞ | 111 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

| | |
|----------------|-----------------------|
| dk | Dakika |
| g | Gram |
| g | Yerçekimi ivmesi |
| kg | Kilogram |
| L | Litre |
| M | Molarite |
| mbar | Milibar |
| meq | Miliekivalen |
| mg | Miligram |
| mL | Mililitre |
| µL | Mikrolitre |
| m ³ | Metreküp |
| µm | Mikrometre |
| µmol | Mikromol |
| N | Normalite |
| nm | Nanometre |
| Pa | Pascal |
| rpm | Devir sayısı/Dakika |
| sa | Saat |
| sn | Saniye |
| T _g | Camsı geçiş sıcaklığı |

Kısaltmalar

| | |
|------|--------------------------------------------------------|
| ABTS | 2,2'- Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid |
| DAD | Diode array dedector |
| DE | Dekstroz eşdeğeri |
| F | İstatistik hesaplamalarda F değeri |
| GAE | Gallik asit eşdeğeri |
| HPLC | High performance liquid chromatography |
| KE | Kuersetin eşdeğeri |
| KO | Kareler ortalaması |
| Max | Maksimum |
| Min | Minimum |
| NTU | Nephelometric turbidity unit |
| PBS | Phosphate buffered saline |
| SD | Standart deviation |
| SEM | Scanning electron microscope |
| TEAC | Trolox equivalent antioxidant capacity |
| TE | Troloks eşdeğeri |
| TÜİK | Türkiye İstatistik Kurumu |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Püskürterek kurutma sistemi ve parçaları | 11 |
| Şekil 2.2. Vakum kurutma sistemi ve parçaları | 13 |
| Şekil 3.1. Taşıyıcı materyallerin hazırlanması (a) ve bala katkılanması (b) aşamalarından bazı görüntüler | 17 |
| Şekil 3.2. Püskürterek kurutma işleminden bir görüntü..... | 18 |
| Şekil 3.3. Vakum kurutma işleminden bir görüntü..... | 19 |
| Şekil 3.4. Vakum kurutma ile elde edilen kalıp halindeki kuru bal ve öğütülmüş ürün görüntüleri..... | 20 |
| Şekil 3.5. Karadut suyu içeren bal tozu örneklerinden bazı örnekler | 21 |
| Şekil 3.6 Çilek suyu içeren bal tozu örneklerinden bazı görüntüler | 21 |
| Şekil 3.7. Portakal suyu içeren bal tozu örneklerinden bazı görüntüler | 21 |
| Şekil 4.1. Arap zımkı içeren bal tozu örneklerine ait taramalı elektron mikroskopu görüntüleri (a:%50 Arap zımkı içeren püskürterek kurutma, b:%50 Arap zımkı içeren vakum kurutma, c:%75 Arap zımkı içeren püskürterek kurutma, d: %75 Arap zımkı içeren vakum kurutma, e:%100 Arap zımkı içeren püskürterek kurutma, f:%100 Arap zımkı içeren vakum kurutma ile üretilen sade bal tozu örnekleri)..... | 49 |
| Şekil 4.2. Peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerine ait taramalı elektron mikroskopu görüntüleri (a:%50 peynir altı suyu proteinleri içeren püskürterek kurutma, b:%50 peynir altı suyu proteinleri içeren vakum kurutma, c:%75 peynir altı suyu proteinleri içeren püskürterek kurutma, d:%75 peynir altı suyu proteinleri içeren vakum kurutma, e:%100 peynir altı suyu proteinleri içeren püskürterek kurutma, f:%100 peynir altı suyu proteinleri içeren vakum kurutma ile üretilen sade bal tozu örnekleri) .. | 50 |
| Şekil 4.3. Püskürterek kurutulan sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri (a:%50 maltodekstrin, b:%100 maltodekstrin, c:%50 Arap zımkı, d:%100 Arap zımkı, e:%50 peynir altı suyu proteini, f:%100 peynir altı suyu proteini içeren sade bal tozu örnekleri)..... | 51 |
| Şekil 4.4. Vakum kurutulan sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri (a: %50 maltodekstrin, b:%100 maltodekstrin, c:%50 Arap zımkı, d:%100 Arap zımkı, e:%50 peynir altı suyu proteini, f:%100 peynir altı suyu proteini içeren sade bal tozu örnekleri) | 52 |

Şekil 4.5. Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerine ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (a:saf su, b:karadut suyu, c:çilek suyu, d:portakal suyu)..... 78

Şekil 4.6 Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri (a:saf su, b:karadut suyu, c:çilek suyu, d:portakal suyu) 79



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 1.1. Bal Tebliği'ne (2012/58) göre balın sahip olması gereken bazı özellikler | 1 |
| Çizelge 1.2. Geçmiş yıllara ait TÜİK arıcılık faaliyeti ve bal verileri | 2 |
| Çizelge 2.1. Farklı ülke ve nektar kaynaklarından elde edilen çeşitli bal örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri | 4 |
| Çizelge 2.2. Çiçek ve salgı ballarının içerdiği bazı karbonhidratlar ve bu karbonhidratların miktarları | 5 |
| Çizelge 3.1. Kullanılan taşıyıcı materyal ve saf su miktarları | 16 |
| Çizelge 3.2. Püskürterek kurutucu çalışma şartları | 18 |
| Çizelge 3.3. Vakum kurutucu çalışma şartları | 19 |
| Çizelge 4.1. Üretimde kullanılan balın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (I. ve II. tekerrür)..... | 28 |
| Çizelge 4.2. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 32 |
| Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 33 |
| Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 33 |
| Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 35 |
| Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 36 |
| Çizelge 4.7. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 36 |
| Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 38 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.9. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 39 |
| Çizelge 4.10. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 39 |
| Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 41 |
| Çizelge 4.12. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 42 |
| Çizelge 4.13. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 42 |
| Çizelge 4.14. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 43 |
| Çizelge 4.15. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 44 |
| Çizelge 4.16. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 44 |
| Çizelge 4.17. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 46 |
| Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 47 |
| Çizelge 4.19. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 47 |
| Çizelge 4.20. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 53 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 54 |
| Çizelge 4.22. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 54 |
| Çizelge 4.23. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 56 |
| Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 57 |
| Çizelge 4.25. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 57 |
| Çizelge 4.26. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 59 |
| Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 60 |
| Çizelge 4.28. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 60 |
| Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 62 |
| Çizelge 4.30. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 63 |
| Çizelge 4.31. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 63 |
| Çizelge 4.32. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 64 |

- Çizelge 4.33. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları 65
- Çizelge 4.34. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları 65
- Çizelge 4.35. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) 67
- Çizelge 4.36. Farklı kurutma yöntemi ve Arap zankı taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları 68
- Çizelge 4.37. Farklı kurutma yöntemi ve Arap zankı taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları 68
- Çizelge 4.38. Farklı kurutma yöntemi ve peynir altı suyu proteinleri taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları 68
- Çizelge 4.39. Farklı kurutma yöntemi ve peynir altı suyu proteinleri taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları 69
- Çizelge 4.40. Farklı kurutma yöntemi ve taşıyıcı türlerinin (Arap zankı ve peynir altı suyu proteinleri) sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları 69
- Çizelge 4.41. Farklı kurutma yöntemi ve taşıyıcı türlerinin (Arap zankı ve peynir altı suyu proteinleri) sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları 69
- Çizelge 4.42. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) 71
- Çizelge 4.43. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları 71
- Çizelge 4.44. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları 71

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.45. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 72 |
| Çizelge 4.46. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 72 |
| Çizelge 4.47. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 73 |
| Çizelge 4.48. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 74 |
| Çizelge 4.49. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 74 |
| Çizelge 4.50. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 74 |
| Çizelge 4.51. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 75 |
| Çizelge 4.52. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 75 |
| Çizelge 4.53. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 76 |
| Çizelge 4.54. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 76 |
| Çizelge 4.55. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 77 |
| Çizelge 4.56. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 77 |
| Çizelge 4.57. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 80 |
| Çizelge 4.58. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 80 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.59. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 80 |
| Çizelge 4.60. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 81 |
| Çizelge 4.61. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 82 |
| Çizelge 4.62. Farklı meyve sularının meyveli bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 82 |
| Çizelge 4.63. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 83 |
| Çizelge 4.64. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 83 |
| Çizelge 4.65. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 83 |
| Çizelge 4.66. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür) | 84 |
| Çizelge 4.67. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları..... | 84 |
| Çizelge 4.68. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları | 85 |
| Çizelge 4.69. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 86 |
| Çizelge 4.70. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları | 86 |
| Çizelge 4.71. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları..... | 86 |
| Çizelge 4.72. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)..... | 88 |

Çizelge 4.73. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyusal özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları ..89

Çizelge 4.74. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyusal özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları89



1. GİRİŞ

Bal arıları (*Apis mellifera*) topladıkları nektar, salgı ve polenleri kullanarak bal, polen, propolis, arı sütü ve arı zehri gibi ürünler üretmektedirler (Bargańska vd 2016). Arıların en çok bilinen ve tüketilen ürünü olan bal, doğal ve besleyici bir gıda olarak eski çağlardan beri insanlar tarafından tüm dünyada tüketilmektedir (Chua vd 2012).

Bal insanlar tarafından gıda maddesi olarak tüketildiğinden ülkemizde ve dünyada çeşitli standartlara tabi tutularak üretilmekte ve piyasaya sunulmaktadır. Ülkemizde Türk Gıda kodeksi Bal Tebliği (2012/58) ve TS 3630 Bal Standardı, bal ile ilgili düzenlemeleri yapmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre bal; kendine özgü tat ve kokuya sahip olmalı, herhangi bir katkı maddesi içermemeli, yapısında bulunan polen ve bala özgü maddeleri uzaklaştırılmamış olmalı, fırıncılık balı dışındaki bal ürünleri balın doğal özelliklerini değiştirip bozacak şekilde ısıtılmalı, direkt olarak güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde 25°C'de muhafaza edilmeli ve *Clostridium botulinum* gibi patojenleri, çeşitli parazitleri ve parazit yumurtalarını içermemelidir. Bal Tebliği'ne göre balın sahip olması gereken bazı özellikler Çizelge 1.1'de verilmiştir (Anonim 2012).

Çizelge 1.1. Bal Tebliği'ne (2012/58) göre balın sahip olması gereken bazı özellikler

| Özellik | Çiçek balı | Salgı balı | Karışım balı |
|----------------------------------------------|------------|------------|--------------|
| Su (en fazla, %) | 20 | 20 | 20 |
| Sakkaroz (en fazla, %) | 5-10 | 5-10 | 5-10 |
| Fruktoz + glikoz (en az, %) | 60 | 45 | 45 |
| Suda çözünmeyen madde (en fazla, %) | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Serbest asitlik (en fazla, meq/kg) | 50 | 50 | 50 |
| Elektrik iletkenliği (mS/cm) | < 8 | >8 | < 8 |
| Diastaz sayısı (en az) | 8 | 8 | 8 |
| HMF (en fazla, mg/kg) | 40 | 40 | 40 |
| C ₄ şekerleri oranı (en fazla, %) | 7 | 7 | 7 |
| Prolin miktarı (en az, mg/kg) | 300 | 300 | 300 |
| Naftalin miktarı (en fazla, µg/kg) | 10 | 10 | 10 |

Bal özellikle doğal bir gıda olmasının yanı sıra sahip olduğu antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve antioksidan etkiler gibi sağlığı geliştirici ve koruyucu özellikleri nedeniyle insanlar tarafından tercih edilen bir ürün niteliği taşımaktadır. Buna bağlı olarak da günümüzde giderek artan sağlıklı beslenme eğilimi de dikkate alındığında bal üretim ve tüketim miktarlarında da zamanla artış gözlenmiştir. Ülkemizde geçmiş yıllara ait Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edilen arıcılık faaliyeti ve bal verileri Çizelge 1.2'de gösterilmiştir (Anonim 2016).

Çizelge 1.2. Geçmiş yıllara ait TÜİK arıcılık faaliyeti ve bal verileri

| Yıllar | Arıcılık yapan işletme sayısı | Yeni kovan sayısı | Eski kovan sayısı | Üretim miktarı (ton) | Ürün fiyatı (TL/kg) |
|--------|-------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| 2012 | - | 6.191.232 | 156.777 | 89.162 | 19.23 |
| 2013 | 79.934 | 6.458.083 | 183.265 | 94.694 | 19.94 |
| 2014 | 81.108 | 6.888.907 | 193.825 | 103.525 | 19.77 |
| 2015 | 83.467 | 7.486.621 | 223.015 | 107.665 | - |

Veriler incelendiğinde yıllara göre bal üretiminde 5-9 bin ton aralığında bir artış bulunmaktadır. Bal içerdiği birçok besin bileşenine ve sağlığı geliştirici özelliklerine rağmen ülkemizde genellikle kahvaltılık bir gıda olarak tüketilmektedir. Ancak dünyada balın ticari olarak pazarlanma imkanlarının arttırılması amacıyla; bal bilinen formu dışında bal tozu, granül bal tozu, şekerleme ve kahvaltılık gevrek gibi ürünlere dönüştürülmektedir (Umesh Hebbar vd 2008).

Bal viskozitesi yüksek olan bir gıda olup, bu özelliği nedeniyle taşınması ve işlenmesi sırasında bazı zorluklara neden olabilmektedir. Ayrıca yüksek miktarda içerdiği şekerler nedeniyle ise kristallenme eğilimi göstererek balda sıvı ve katı faz ayrımı gerçekleşebilmekte ve bu durum tüketiciler tarafından genellikle olumsuz olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda kristallenme sırasında karbonhidrat moleküllerinden ayrılarak serbest hale geçen su molekülleri balın su aktivitesini arttırarak mikrobiyal gelişmeyi teşvik etmekte ve ürün fermantasyona uğrayarak bozulabilmektedir (Cui vd 2008, Shi vd 2013). Bu nedenlerden dolayı baldan püskürterek kurutma, vakum kurutma ve mikrodalga-vakum kurutma gibi yöntemler kullanılarak bal tozu üretimi ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Cui vd 2008, Nurhadi vd 2012, Sahu 2008, Samborska vd 2015). Bal tozu ürünlerinin kurutma işlemine bağlı olarak nem içeriği ve su aktivitesinin azalması ile mikrobiyal bozulmaya karşı daha stabil olmasının yanı sıra hacim ve ağırlık azalmasına bağlı olarak da paketleme, taşıma ve depolama işlemlerini kolaylaştırması bakımından sıvı bal ürünlerine göre daha avantajlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca üretilen bal tozu örneklerinin düşük nem içeriğine sahip olmaları, diğer toz ürünler ile karıştırılabilmeleri, süsleme ve aroma maddesi olarak değerlendirilebilmeleri bakımlarından da sıvı bal ürünlerine göre daha geniş kullanım alanlarına sahiptirler (Cui vd 2008, Shi vd 2013).

Bal tozu üretiminin çeşitli avantajları bulunmasına rağmen kurutma sırasında uygulanan ısı işlem nedeniyle balın doğal bileşenleri zarar görebilmektedir. Balın doğal bileşenlerinin mümkün olduğunca yüksek seviyede korunarak bal tozu üretiminin gerçekleştirilmesi sağlıklı beslenme açısından oldukça önemlidir. Literatürde bal tozu üretimine yönelik çeşitli araştırmalara rastlanmış olmakla birlikte, doğrudan balın biyoaktif bileşenlerinin korunmasını amaçlayan bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle mevcut çalışmada bal tozu üretimi için balın doğal özelliklerini koruyacak kurutma yöntemlerinin, taşıyıcı türlerinin ve taşıyıcı oranlarının araştırılması, bu yolla elde edilen bal tozu örneklerinin soğuk içecek hazırlamak için bal tozu karışımına dönüştürülmesi ve tüketicilerin sağlıklı beslenmesine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMASI

2.1. Bal

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre bal; ‘Bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürün’ olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012).

Arının kullandığı kaynağa göre bal, çiçek balı ve salgı balı olarak sınıflandırılmaktadır (Solayman vd 2015). Çiçek balının kaynağı bitki çiçeklerinin nektarı olup, ıhlamur, yonca, turunçgil, pamuk, kekik ve akasya balları çiçek ballarına örnek olarak verilebilir. Salgı balının kaynağı ise; bitkilerin veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan böceklerin salgısı olup; çam, meşe ve köknar balları bu sınıfın örnekleri arasında yer almaktadır (Sunay 2008). Ayrıca ballar üretim veya pazarlanma şekillerine göre; petek balı, petekli bal, süzme bal, pres balı, filtre edilmiş bal ve fırıncılık balı olarak da sınıflandırılmaktadır (Solayman vd 2015).

Balların sınıflandırılması polen analizlerine (palynology, melissopalynology) göre yapılmaktadır. Polen analizinde temel olarak toplanan polen örnekleri mikroskopik yöntemlerle morfolojik özelliklerine göre gruplara ayrılmaktadır. Türlerine göre gruplara ayrılan polenlerin, toplam polen miktarına göre oranları (%) belirlenmekte ve oranı %45 ve üzerinde olan polenler ‘dominant polen’, %16-45 aralığında olan polen türü ‘ikincil polen’, oranı %3-15 aralığında olanlar ‘önemli minör polen’ ve oranı %1-3 aralığında olan polen türü ‘minör polen’ ve %1’den düşük olan polen türü ise ‘iz polen’ olarak adlandırılmaktadır. Böylece bal içerdiği polen türü ve oranına göre sınıflara ayrılmaktadır (de Jesus vd 2015).

Bal bileşiminde bulunan çeşitli vitaminler, mineraller, amino asitler, karotenoidler, organik asitler, aromatik bileşenler ve enzimler nedeniyle sindirimi kolay, besleyici ve birçok hastalığa karşı koruyucu ve tedavi edici özellik gösteren fonksiyonel bir gıdadır. Bal, kimyasal olarak şeker, protein, su, organik asit, mineral, vitamin, fenolik bileşikler ve serbest amino asit gibi makro ve mikro bileşenlerden oluşmaktadır (da Silva vd 2016).

Balın kalite nitelikleri fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine göre değerlendirilmektedir. Balın kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla nem, indirgen şeker ve sakkaroz miktarı, kül, serbest asitlik, pH, elektriksel iletkenlik, HMF içeriği ve diastaz sayısı gibi fizikokimyasal özellikleri incelenmektedir. Balın fizikokimyasal özellikleri; bal üretimi için arıların yararlandığı nektar kaynağına, üretimin yapıldığı bölgenin iklimsel özelliklerine ve işlenme koşullarına göre farklılık göstermektedir (Belay vd 2013). Farklı bölgelerde üretilen çeşitli bal örneklerinin incelendiği araştırmalardan elde edilen bazı veriler Çizelge 2.1’de verilmiştir. Veriler incelendiğinde bal örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin elde edildiği nektar kaynaklarına ve üretildiği bölgelere göre farklılık gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 2.1. Farklı ülke ve nektar kaynaklarından elde edilen çeşitli bal örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

| Örnek | Su içeriği (%) | pH | Elektriksel iletkenlik (mS/cm) | Renk | HMF (mg/kg) | Prolin (mg/kg) | Diastaz sayısı | Kaynak |
|----------------------------|----------------|---------|--------------------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Türkiye balları | 17-20.8 | - | 0.2-3.1 | 42.9-88.5 (L*) | <40 | 282.0-845.0 | 6.3-13.2 | (Can vd 2015) |
| Türkiye çiçek balı | 7.9-17.4 | 3.7-6.4 | - | 8.9-18.5 (L*) | 0.03-4.1 | - | - | (Tornuk vd 2013) |
| Gourma balı | 16.0 | 5.7 | 0.5 | 119.0 mmPfund | 384.1 | - | 4.0 | (Nombré vd 2010) |
| <i>Prosopis nigra</i> balı | 15.2 | 4.1 | 0.7 | 32.0 mmPfund | 13.1 | - | - | (Isla vd 2011) |
| Cezayir balı | 11.6-14.1 | 3.7-4.0 | 0.4-0.8 | - | 15.2-24.2 | 1692.2-2712.4 | - | (Khalil vd 2012) |
| Manuka balı | 19.2 | 4.4 | - | - | 90.9 | 325.6 | 5.0 | (Alzahrani vd 2012) |
| Akasya balı | 20.6 | 3.2 | 1.6 | 97.0 mmPfund | - | - | - | (Chua vd 2012) |
| Çam balı | 14.7 | 4.8 | 1.1 | 69.5 mmPfund | - | - | - | (Karabagias vd 2014a) |
| İspanya akasya balı | 15.9 | - | 0.19 | 9.1 mmPfund | 3.3 | - | 17.3 | (Juan-Borrás vd 2014) |
| Hindistan balı | 17.3 | 4.7 | 0.5 | - | 4.6 | - | - | (Begum vd 2015) |
| Bangladeş hardal balı | 14.3 | 6.9 | - | - | - | - | - | (Linkon vd 2015) |

2.2. Balın Kimyasal Özellikleri

2.2.1. Balın su içeriği ve su aktivitesi

Balda su içeriği %10-20 arasında bulunmaktadır (Stephens vd 2015) ve ballarda su içeriği Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre %20'yi geçmemelidir (Anonim 2012). Balın su içeriğinin nektarın elde edildiği kaynağa, balın üretildiği bölgenin iklimsel koşullarına, toplandığı mevsime ve olgunluk düzeyine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Alves vd 2013, Boussaid vd 2014, Silvano vd 2014). Balda yüksek nem içeriği balın uygun olmayan depolama koşullarında tutulması veya bala taşıyıcı uygulandığının göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Alves vd 2013, Gomes vd 2010, Kahraman vd 2010). Su içeriği balın kalitesi, viskozitesi, tadı ve balda kristallenme olayı üzerine etki etmektedir (Nombré vd 2010). Özellikle balın kristalizasyonu ile birlikte monosakkaritlere hidrojen bağı ile tutunmuş olan su molekülleri serbest hale geçerek balın su aktivitesi değerini de arttırmaktadırlar (Laos vd 2011, Ram 2011). Bal, bileşiminde bulunan yüksek karbonhidrat içeriği nedeniyle doğal olarak düşük su aktivitesi değerine sahip olup bu değer 0.50-0.65 aralığında bulunmaktadır (da Silva vd 2016). Ancak kristalizasyon ile birlikte artan su aktivitesinin balda bulunan osmotolerant mayaların gelişmelerini teşvik ederek balın fermantasyona uğraması ve böylece balın kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin bozulmasına neden olduğu bildirilmiştir (Mahmoudi vd 2012). Bu nedenle balın sahip olduğu su içeriği ve su aktivitesi değerleri balın stabilitesi ve kalitesi bakımından oldukça önemlidir.

2.2.2. Balın karbonhidrat içeriği

Balın içerdiği temel karbonhidratlar fruktoz (%38), glikoz (%31) ve sakkaroz (<%8) (Hussein vd 2014) olup, bal bu karbonhidratların yanı sıra sakkaroz dışındaki disakkaritleri, bazı trisakkarit ve oligosakkaritler gibi en az 22 farklı kompleks karbonhidratı daha içerisinde bulundurmaktadır (Solayman vd 2016). Çiçek ve salgı ballarının içerdiği bazı karbonhidratlar ve bu karbonhidratların miktarları (Bogdanov vd 2008) Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Çiçek ve salgı ballarının içerdiği bazı karbonhidratlar ve bu karbonhidratların miktarları

| Karbonhidrat çeşidi | Çiçek Balı | | Salgı Balı | |
|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | Ortalama (g/100g) | Min-Max (g/100g) | Ortalama (g/100g) | Min-Max (g/100g) |
| Monosakkaritler | | | | |
| Fruktoz | 38.2 | 30-45 | 31.8 | 28-40 |
| Glikoz | 31.3 | 24-40 | 26.1 | 19-32 |
| Disakkaritler | | | | |
| Sakkaroz | 0.7 | 0.1-4.8 | 0.5 | 0.1-4.7 |
| Diğer | 5.0 | 2-8 | 4.0 | 1-6 |
| Trisakkaritler | | | | |
| Melezitoz | <0.1 | - | 4.0 | 0.3-22 |
| Erloz | 0.8 | 0.5-6 | 1.0 | 0.1-6 |
| Diğer | 0.5 | 0.5-1 | 3.0 | 0.1-6 |
| Oligosakkaritler | 3.1 | - | 10.1 | - |

Balın karbonhidrat içeriği botanik kaynağına, üretildiği coğrafik bölgenin iklimine, işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Escuredo vd 2014). Balın içerdiği karbonhidrat türü ve miktarına bağlı olarak ise sahip olduğu enerji değeri, viskozitesi, higroskopik özellikleri ve kristallenme eğilimi değişmektedir (Kamal ve Klein 2011).

Kristallenme çoğunlukla balın içerdiği fruktoz/glikoz oranına bağlıdır ve balda glikoz konsantrasyonu arttıkça kristalizasyon hızı da artmaktadır (Escuredo vd 2014, Laos vd 2011). Yapılan bir araştırmada fruktoz/glikoz oranının 1.33 değerinden yüksek olduğunda kristalizasyon gerçekleşmezken, bu oran 1.11 değerinden daha düşük olduğunda kristalizasyonun hızla meydana geldiği bildirilmiştir (Smanalieva ve Senge 2009). Özellikle balın içerdiği glikoz miktarı ile ilişkili olan kristallenme balın üretim sırasında ekstraksiyonunda, filtrasyonunda, karıştırılmasında, taşınmasında, paketlenmesinde ve pazarlama sırasında ise tüketici beğenisini olumsuz yönde etkilemesi bakımından istenilmeyen bir durumdur ve kristalizasyonu engellemek için ballara ısı işlem uygulanabilmektedir (Costa vd 2015, Laos vd 2011). Balın ısıtılması ile de içerdiği pentoz ve hegzoslar dehidrasyona uğrayarak furfural ve 5-hidroksimetilfurfural (HMF) bileşikleri oluşmaktadır. HMF bileşiğinin oluşumu aynı zamanda balın içerdiği invert şekerler ile amio grubu içeren bileşikler arasında meydana gelen Maillard reaksiyona ile de artmaktadır (da Silva vd 2016). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre balda bulunan HMF miktarının 40 mg/kg değerinin üzerinde bulunması yasaklanmıştır (Anonim 2012). Görüldüğü gibi karbonhidratlar balın sahip olduğu kimyasal bileşenlerinin önemli bir bölümü oluşturduğundan ve balın hem fiziksel hem de kimyasal kalitesini doğrudan etkilediğinden balın işlenmesinde ve tüketiminde oldukça önemli yere sahiptirler.

2.2.3. Balın asit içeriği ve pH değeri

Balın asitliği içerdiği organik asitlerden, lakton ve esterlerden, fosfat ve klor gibi inorganik iyonlardan kaynaklanmaktadır (Kahraman vd 2010). Balın asitlik düzeyi floral kaynağına, içerdiği mineral madde miktarına, toplanma zamanına ve glikoz oksidaz enzim miktar ve aktivitesine bağlı olarak değişmektedir (Kadri vd 2016). Balın içerdiği organik asitlerin önemli bir kısmını glikozun, glikoz oksidaz enzimi ile parçalanması ile meydana gelen glikonik asit oluşturmaktadır (Kadri vd 2016, Karabagias vd 2014a). Balların botanik ve coğrafik ayrımının yapılmasında içerdiği organik asitlerden yararlanılmaktadır. Özellikle balın içerdiği glikonik ve sitrik asit konsantrasyonunun çiçek balları ile salgı ballarının birbirinden ayrılmasında kullanılan parametrelerden biri olduğu bildirilmiştir (Mato vd 2006). Bunların yanı sıra organik asitler; balın rengi, aroması, asitliği, pH değeri ve elektrik iletkenliği ile ilişkilendirilmektedir (da Silva vd 2016).

Balın sahip olduğu asitlik miktarı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde sınırlandırılmıştır ve 50 meq/kg düzeyini geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2012). Balda asitlik artışı balın içerdiği mikroorganizmaların fermantasyonu ile ilişkilendirilmekte ve balın mikrobiyal olarak bozulduğunun göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Karadal ve Yıldırım 2012).

Balda pH değeri balın kovandan alınarak ekstrakte edilmesi ve depolanması sırasında balın tekstürel özellikleri, stabilitesi ve raf ömrünü etkilemesi bakımından

oldukça önemlidir (Gomes vd 2010). Balın pH değerinin genellikle 3.5-5.5 aralığında değiştiği bildirilmektedir (Karadal ve Yıldırım 2012). Balın sahip olduğu asidik pH değeri, balı özellikle nötr ortamlarda gelişme gösteren mikroorganizmaların neden olduğu bozulmalara karşı balı daha dirençli hale getirmektedir (Ahmed vd 2016).

2.2.4. Balın amino asit ve protein içeriği

Balın protein miktarının arının türüne bağlı olarak değiştiği ve *Apis mellifera* cinsi bal arılarının ürettiği balların protein içeriklerinin %0.2-1.6 arasında olduğu bildirilmiştir (Won vd 2009). Balın protein miktarı arının nektar ve salgı kaynağına göre değişmekte olup, proteinin ana kaynağını bitki polenleri oluşturmaktadır (da Silva vd 2016).

Balın protein miktarının düşük olmasına karşın, bal amino asitler açısından zengin bir gıda olup balın 11-21 farklı amino asidi bileşiminde bulundurduğu bildirilmiştir (Islam vd 2012). Amino asitler balın toplam bileşiminin yaklaşık %1 kadarını oluşturmaktadır ve oranları nektar veya salgı kaynaklarına göre değişiklik göstermektedir (da Silva vd 2016). Bal prolin, lizin, arginin, glutamin, histidin, glisin, treonin, arginin, fenilalanin, methionin, valin, triptofan, lösin, izölösin, serin, alanin ve sistein gibi amino asitleri içeriğinde bulundurmaktadır (Kečkeš vd 2013). Balın amino asit bileşiminin büyük bir kısmı prolin amino asidinden oluşmakta olup, prolin amino asidi miktarının büyük çoğunluğu arının nektarı bala dönüştürürken salgıladığı sıvıdan kaynaklanmaktadır (Truzzi vd 2014). Bu nedenle prolin konsantrasyonu balın kalitesi ve bala yapılan sahtecilik hakkında değerlendirme yapılmasında kullanılan önemli kriterlerden birisi olarak kabul edilmektedir (Islam vd 2012). Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre balın prolin amino asidi içeriğinin 300 mg/kg'dan daha yüksek olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2012).

2.2.5. Balın enzim içeriği

Bal doğal enzim çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir gıda maddesidir. Balın bileşiminde bulunan başlıca enzimler; invertaz, diastaz, α -glikozidaz, β -glikozidaz, katalaz, fosfataz ve glikoz oksidaz gibi enzimlerdir (Karadal ve Yıldırım 2012).

Invertaz enzimi nektarın bala dönüşmesinin temel kaynağı olup, bu etkisini nektarda bulunan sakkarozu glikoz ve fruktoza hidroliz ederek göstermektedir (da Silva vd 2016, Kamal ve Klein 2011). Balda bulunan diastaz enzimleri α ve β -amilazlardan oluşmakta olup, bu enzimler nişastayı dekstrin ve glikozlara parçalamaktadır (Chuttong vd 2016, Sak-Bosnar ve Sakač 2012). Diastaz enzimleri ısı işlem sırasında denatürasyona uğradığından balın tazeliğinin ve doğallığının değerlendirilmesinde bir kriter olarak kullanılmaktadır (Sramek vd 2016). Diastaz enzim aktivitesi genellikle diastaz sayısı ile değerlendirilmektedir. Diastaz sayısı, 100 g balda bulunan amilaz enzimlerinin 38-40°C'de, 1 saat içerisinde parçaladığı nişasta miktarını ifade etmektedir (Chuttong vd 2016). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre balların diastaz sayısı değerinin en az 8 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2012). Glikoz oksidaz enzimi ise glikozu parçalayarak glikonik asit ve hidrojen peroksit oluşturmaktadır. Oluşan bu bileşenler özellikle balın antimikrobiyal aktivitesine katkı sağlamaktadırlar (Gomaa ve Hashish 2016).

2.2.6. Balın fenolik bileşen içeriği

Balda bulunan fenolik bileşikler fenolik asitler ve flavonoidlerden oluşmaktadır. Balın yapısında fenolik asitler, flavonoidler, kateşin ve sinamik asit türevleri olmak üzere 150'den fazla polifenolik bileşen bulunduğu bildirilmiştir (Moniruzzaman vd 2013). Balın içerdiği hakim fenolik asitlerin; vanilik, kafeik ve ferulik asitler ve hakim flavonoidlerin ise kuersetin, isohamnetin, kamferol ve metoksikamferol olduğu bildirilmiştir (Alvarez-Suarez vd 2012). Balın fenolik bileşen kaynağını nektarların toplandığı bitkiler oluşturmaktadır ve fenolik bileşen kompozisyonu botanik kaynağının yanı sıra üretildiği bölgenin iklimsel ve çevresel koşulları ile işleme yöntemine göre de değişiklik göstermektedir (Kaskoniene ve Venskutonis 2010). Fenolik bileşenlerin botanik kaynaklı olmasından dolayı balların içerdiği fenolik bileşen kompozisyonunun, nektarın elde edildiği floranın özelliklerinin göstergelerinden biri olarak kabul edilebileceği bildirilmiştir (Alvarez-Suarez vd 2012, Ferreira vd 2009, Kaskoniene ve Venskutonis 2010).

Fenolik bileşenler balın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etki etmektedir. Balda bulunan fenolik bileşiklerin balın rengi üzerine etki ettiği ve genellikle koyu renkli balların açık renkli ballara göre daha yüksek miktarda fenolik bileşen içerdiği bildirilmiştir (Ferreira vd 2009). Ayrıca fenolik bileşen içeriği ile balın antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri arasında bir ilişki bulunduğu ve fenolik bileşen miktarının artmasıyla balın antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin de arttığı rapor edilmiştir (Kaskoniene ve Venskutonis 2010).

2.3. Balın İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

2.3.1. Antimikrobiyal etki

Balın antimikrobiyal etkisinin düşük su aktivitesi ve yüksek şeker içeriğinin yanı sıra, yapısında bulundurduğu fenolik ve organik asitler, flavonoidler gibi bileşenler ile glikoz oksidaz ve lizozim gibi enzimlerden kaynaklandığı bildirilmektedir (Manyi-Loh vd 2011). Glikoz oksidaz enzim aktivitesi neticesinde glikoz, glikonik asit ve hidrojen peroksite parçalanmakta ve oluşan hidrojen peroksit mikrobiyal gelişmeyi inhibe edici nitelik taşımaktadır (Alzahrani vd 2012). Bu özellikleri sayesinde bal, pek çok mikroorganizma gelişimi için uygun olmayan bir ortam oluşturmaktadır. Balın antimikrobiyal aktivitesinin gram pozitif ve negatif bakteriler ve çeşitli maya türleri üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir. Bu mikroorganizmalar arasında *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* gibi bakteriler ile *Candida albicans* maya türlerinin bulunduğu bildirilmiştir (Ertürk vd 2014).

Balların antimikrobiyal aktivitesi üretildikleri bölgenin botanik çeşitliliğine ve coğrafik özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte özellikle Avustralya ve Yeni Zelanda'da bulunan Manuka bitkisinden (*Leptospermum scoparium*) elde edilen balların yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ve bu bölgelerde yaşayan yerliler tarafından tıbbi amaçlı tedavilerde sıklıkla kullanıldığı bildirilmiştir (Carnwath vd 2014).

2.3.2. Antioksidan etki

Gıda bileşenleri ile havada bulunan oksijen arasında gerçekleşen etkileşimden kaynaklanan oksidasyon reaksiyonu gıdalarda çoğunlukla besin değerinin azalması ile birlikte renk, tat ve koku değişimi gibi istenmeyen sorunlara da neden olabilmektedir. Gıdada doğal olarak bulunabilen veya dışarıdan ilave edilen ve oksidasyon reaksiyonlarına engelleyen maddeler genel olarak antioksidan maddeler olarak tanımlanmaktadır (Saldamlı 2007).

Bal, doğal olarak antioksidan özelliği olan bir gıdadır. Balın antioksidan madde içeriği; üretildiği nektarın toplandığı bitkisel kaynağa, mevsimsel ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Spilioti vd 2014). Balın antioksidan özelliği yapısında bulunan glikoz oksidaz, katalaz ve peroksidaz gibi enzimlerin yanı sıra flavonoidler, fenolik asitler (benzoik, ferulik, kumarik ve kafeik asit) (Isidorov vd 2015) çeşitli karotenoidler ve tiamin, riboflavin ve askorbik asit gibi vitaminlerden kaynaklanmaktadır (Khalil vd 2012). Balın antioksidan özelliği ile toplam fenolik madde içeriğinin ilişkili olduğu ve toplam fenolik madde miktarının artışı ile balın antioksidan özelliğinin de arttığı bildirilmiştir (Alzahrani vd 2012). Ayrıca koyu renkli balların fenolik madde içeriklerinin genellikle açık renkli ballara göre yüksek olduğu ve buna bağlı olarak da antioksidan özelliklerinin daha yüksek olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Ajibola vd 2012).

Anadolu'nun çeşitli bölgelerinden 2006-2007 yılları arasında toplanan 16 bal örneğinin incelendiği bir araştırmada; mavikantaron, sedir, çam ve fiğ balı gibi koyu renkli balların antioksidan kapasitelerinin açık renkli ballara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Özcan ve Ölmez 2014). Bangladeş balları üzerinde yapılan bir çalışmada ise; toplanan farklı bal örneklerinin renkleri ve prolin amino asidi içeriğinin balın antioksidan kapasitesinin göstergesi olduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada multifloral bal örneklerinin antioksidan kapasitesinin içerdiği fenolik asit ve flavonoidlerin çeşit ve miktarlarına bağlı olarak monofloral bal örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Islam vd 2012). Balın, sahip olduğu antioksidan özellikleri ile polifenol oksidaz enzim aktivitesi sonucu meyve ve sebzelerde gerçekleşen enzimatik esmerleşme reaksiyonları ile lipitlerde meydana gelen ve acılaşılmaya neden olan oksidasyon reaksiyonlarını da engellediği bildirilmiştir (Karadal ve Yıldırım 2012).

2.3.3. Sindirim sistemi üzerine etkisi

Balın antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin yanı sıra bileşiminde bulunan metabolitlerin sindirim sistemi üzerine de olumlu etkileri olduğu da yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bal gastrointestinal sistemde meydana gelen peptik ülser, gastrit ve mide bağırsak iltihabı üzerine iyileştirici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Abeshu ve Geleta 2016). Balın, midede gastritin temel etkeni olan *Helicobacter pylori* bakterisinin gelişimini inhibe ederek, hastalığın etkisini azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca tıbbi antibiyotiklerin aksine bakterilerde bala karşı direnç gelişmediği ve sürekli olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir. Bu etkilerinin yanı sıra balın prebiyotik etkisinin de olduğu ve insan bağırsak florasında doğal olarak bulunan bifidobakteri popülasyonunun gelişmesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Abeshu ve Geleta 2016).

2.3.4. Kanser üzerine etkisi

Bal içerdiği *p*-hidroksibenzoik, protokateşik ve vanilik asit gibi hidroksibenzoik asit türevleri ile *p*-kumarik ve kafeik asit gibi hidroksisünamik asit türevleri ve flavonoidlerin etkilerinden dolayı antikanserojen aktivite göstermektedir (Spilioti vd 2014).

Yapılan çalışmalarda balın mesane, prostat ve meme kanser hücrelerinin gelişimini durdurucu ve kanserli hücre sayısını azaltıcı etkilerinin bulunduğu bildirilmiştir (Eteraf-Oskouei ve Najafi 2013, Spilioti vd 2014). Malezya Tualang balı kullanılarak yapılan bir çalışmada bu balın meme ve rahim kanser hücrelerinin gelişimini engellediği rapor edilmiştir (Fauzi vd 2011). Ağız ve yutak bölgesi kanserine karşı tek başına radyoterapi uygulaması ve radyoterapi-bal uygulamasının araştırıldığı bir çalışmada ise, radyoterapi ile kanser tedavisinde bal tüketiminin hastalığın önlenmesinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Biswal vd 2003). Diğer bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda hazırlanan bal çözeltilerinin idrar kesesi kanserine sebep olan tümör hücrelerinin büyümesini yavaşlattığı bildirilmiştir (Swellam vd 2003).

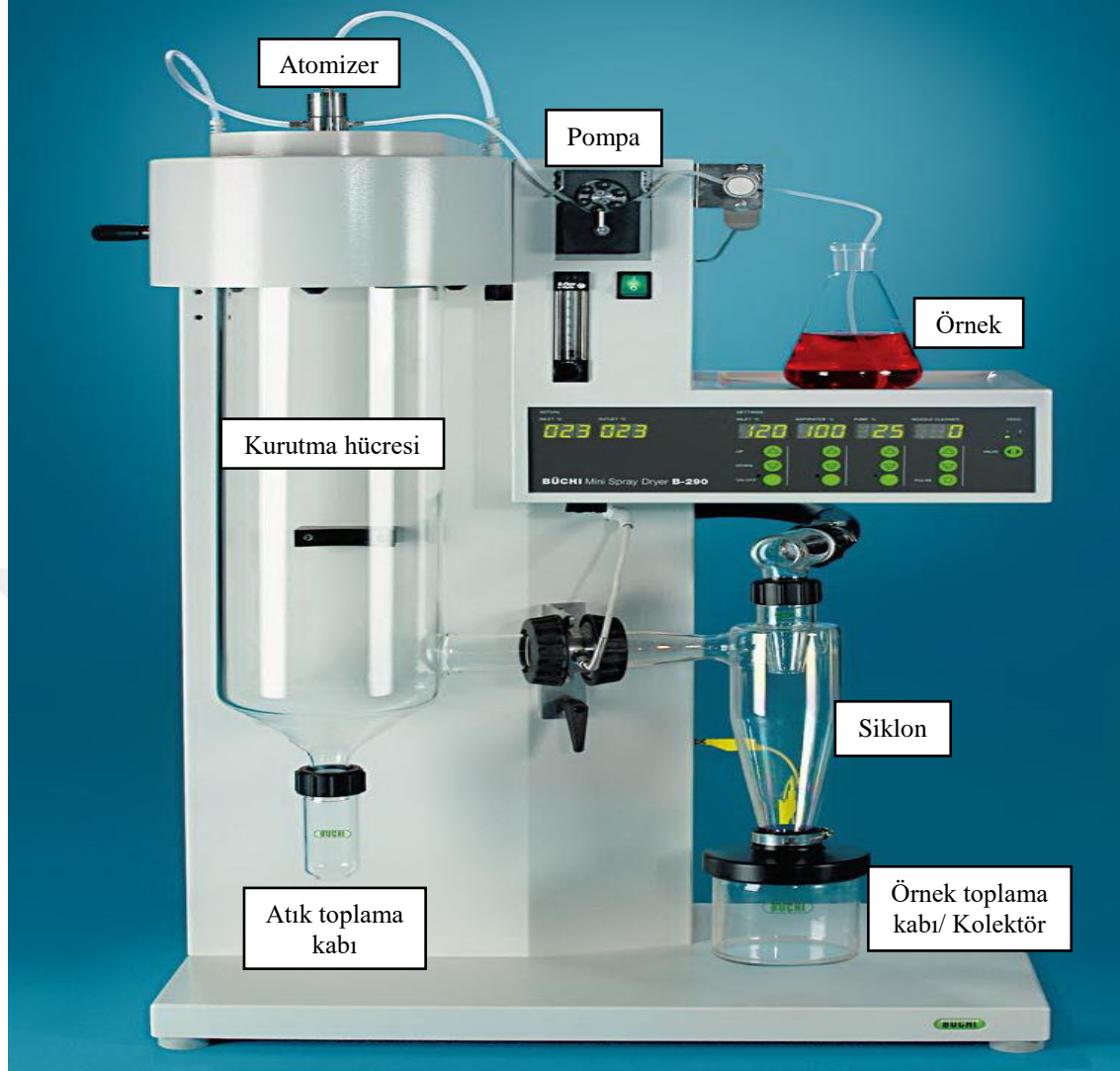
2.4. Kurutma Yöntemleri

Ürünlerdeki nemin uzaklaştırılması olarak tanımlanan kurutma, genellikle gıda maddelerindeki mikrobiyal gelişimin durdurulması, gıdaların daha uzun süre muhafaza edilebilmesi ve suyun uzaklaştırılmasına bağlı olarak ağırlık ve hacimde meydana gelen azalma ile birlikte gıdanın daha kolay taşınması amaçlarıyla yaygın olarak uygulanan önemli gıda işleme yöntemlerinden birisidir (Wojdyło vd 2016). Endüstride kurutma işlemini gerçekleştirebilmek amacı ile geleneksel yöntemlerin yanı sıra farklı kurutma yöntemleri de kullanılmakta olup, püskürterek ve vakum kurutma yöntemleri birçok ürünün kurutulmasında sıklıkla kullanılan önemli sistemler olarak tanımlanmaktadır (Erbay ve Küçüköner 2008).

2.4.1. Püskürterek kurutma

Püskürterek kurutma metodundan ilk olarak 1860 yılında bahsedilmiştir ve 1872 yılında püskürterek kurutma sistemi ile ilgili ilk patent alınmıştır. Bu sistemden ilk defa süttten süt tozu elde edilmesinde yararlanılmış olup, günümüzde birçok sıvı materyalin toz forma dönüştürülmesi için kullanılmaktadır (Cal ve Sollohub 2010). Püskürterek kurutma sistemi temel olarak, çözelti veya süspansiyon halindeki sıvının atomizerden geçirilerek mikrometre boyutunda çaplara sahip damlacıklar haline getirilmesi ve bu damlacıkların ısıtılmış hava sirkülasyonunun bulunduğu ortam içerisine püskürtülmesi ile meydana gelen buharlaşma sonucunda ürünün kurutulması esasına göre çalışmaktadır. Bu işlem sonunda belirli büyüklüklerde partikül dağılımına sahip ürünler elde edilmektedir (Şahin 2009).

Püskürterek kurutma sistemleri temel olarak kurutulacak ürünün küçük damlacıklar halinde püskürtüldüğü atomizer, kurutma işlemini sağlayacak sıcak hava üretim sistemi, kurutma işleminin gerçekleştiği kurutma hücresi ve son ürünün toplandığı kollektör kısımları olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır (Cemeroğlu, 2011b). Şekil 2.1'de model bir püskürterek kurutma sistemi ve parçaları verilmiştir.



Şekil 2.1. Püskürterek kurutma sistemi ve parçaları

Sistemin çalışma akışında öncelikle sıvı örnek pompa yardımıyla çekilerek atomizere verilmektedir. Atomizerde, ayarlanan giriş sıcaklığındaki hava ve sıvı ürün birlikte kurutma hücreğine püskürtülerek, sıvı damlacıklar kısa bir süre içerisinde içerdikleri nemin buharlaşması ile toz ürüne dönüştürülmektedir. Sistemdeki hava akımı ile birlikte siklondan geçen kurutulmuş toz ürünler ürün toplama kabında birikirken hava ise sistem dışına atılmaktadır.

Püskürterek kurutma sisteminde kurutulacak ürün yüksek sıcaklıklara ($>100^{\circ}\text{C}$) maruz kalmasına rağmen atomizer ile küçük damlacıklar halinde ortama verilen sıvının yüzey alanı artmakta ve 1-10 saniye aralığı gibi kısa bir zaman dilimi içerisinde hızlı bir buharlaşma gerçekleşerek ürün toz haline getirilebilmektedir. Suyun uzaklaştırılması sırasında meydana gelen buharlaşmaya bağlı olarak kurutulmuş üründe ortaya çıkan evaporatif soğumanın etkisi ile ürüne uygulanan işlem sıcaklığının örneğin içerdiği bileşenler üzerine olumsuz etkilerinin azaldığı bildirilmiştir (Cemeroğlu 2013b).

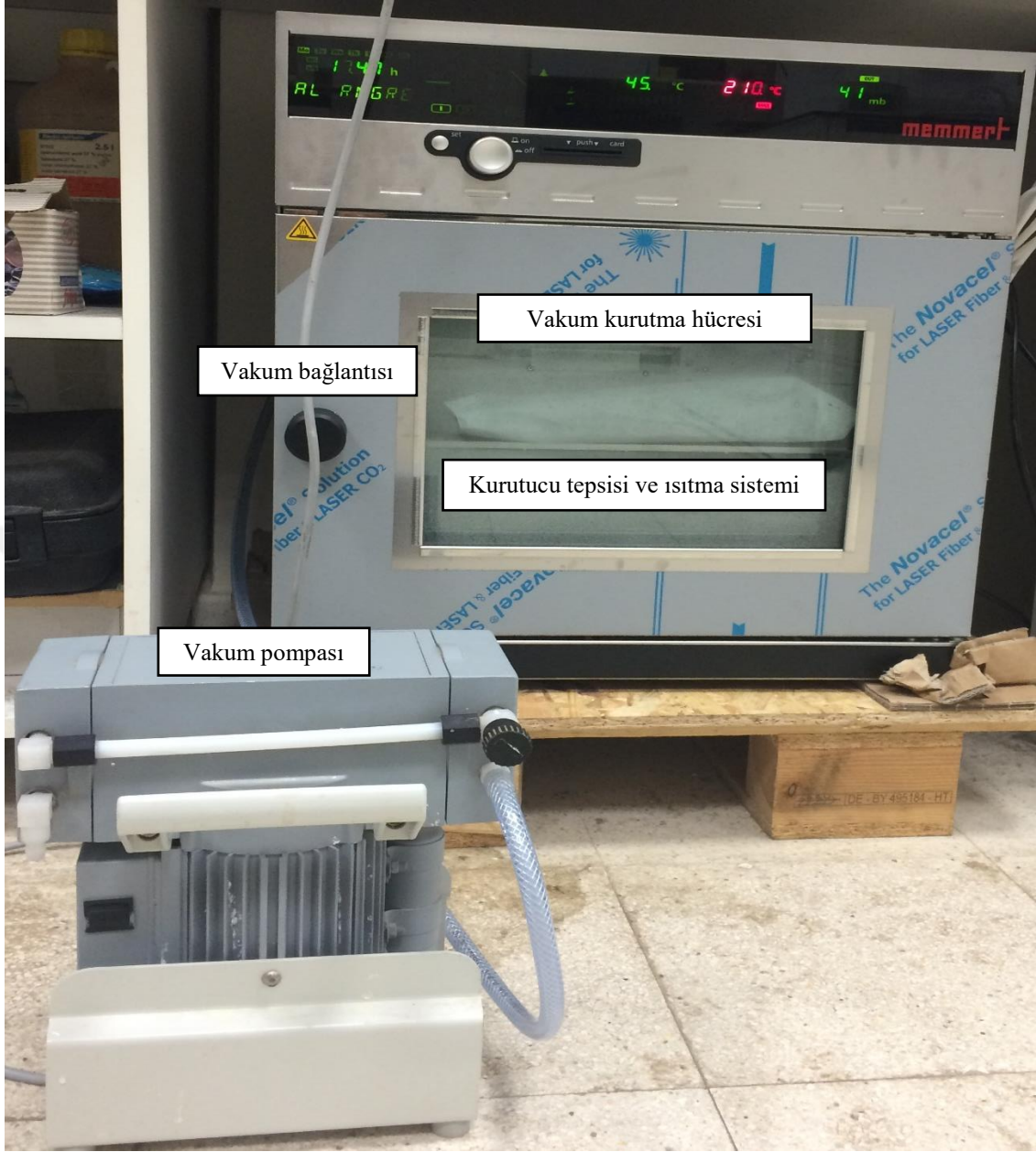
Yapılan araştırmalarda püskürterek kurutma yönteminin çeşitli çalışmalarda bal tozu üretimi için uygulanabileceği belirlenmiştir. Samborska ve Bienkowska (2013) tarafından yapılan bir çalışmada bal örneği farklı kaplama materyalleri, giriş sıcaklıkları ve püskürtme hızlarında kurutulmuş ve uygulanan işlemlerin üretilen bal tozu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan diğer bir püskürterek kurutma çalışmasında ise, bala peyniraltı suyu proteini ilavesinin bal tozu üretimi üzerinde etkisi araştırılmıştır (Shi vd 2013). Samborska vd (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise bala sodyum kazeinat ilavesinin, bal tozu örneklerinin fiziksel özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

2.4.2. Vakum kurutma

Vakum kurutma yöntemi, yüksek sıcaklığa ve oksidasyona hassas olan sıvı ve katı materyallerin uygulanan vakum ile düşük sıcaklık altında kurutulmasını sağlayan bir kurutma yöntemidir (Cemeroğlu, 2011b). Bu yöntemle dış basıncın düşürüldüğü bir ortam oluşturularak daha düşük sıcaklıklarda örneğin buharlaşma hızının artırılması sağlanmaktadır. Böylece sıcaklığın gıda bileşenlerinde neden olduğu istenmeyen reaksiyonlar ve değişimler azaltılabilmektedir (Cemeroğlu 2013b). Ayrıca sistemde bulunan oksijen miktarının diğer yöntemlere göre daha az olması nedeniyle oksidasyona uğrayabilen ürünlerin kurutulmasında oldukça kullanışlı bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Erbay ve Küçüköner 2008). Vakum kurutma ile renk ve besin değerleri açısından yüksek kalitede ürünler elde edilebilirken (Alibaş 2012) ürünlerin tekstürel özellikleri de korunabilmektedir (Erbay ve Küçüköner 2008).

Vakum kurutma sisteminde püskürterek kurutma sisteminden farklı olarak, kurutma işlemleri sirküle edilen sıcak hava ile değil ısıtılan bir metal yüzey aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Metal yüzey, içerisinden geçirilen sıcak su, buhar veya bir elektrik kaynağından sağlanan ısı ile ısıtılmakta ve yüzey üzerine yerleştirilen ürün bu yolla kurutulmaktadır. Bu nedenle kurutma işlemleri sırasında örneğin ısıtılan yüzey ile teması oldukça önemlidir (Cemeroğlu 2013b). Ayrıca vakum kurutma sisteminde sadece sıvı ürünler değil aynı zamanda katı ürünler de kurutulabildiğinden püskürterek kurutma yöntemine göre daha geniş uygulama alanı bulunmaktadır. Ancak vakum kurutma sisteminin kurulum ve işletme maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kullanımını kısıtlanmakta ve genellikle bu sistem ısıya duyarlı ürünlerin kurutulması amacıyla kullanılmaktadır (Cemeroğlu 2011b).

Vakum kurutma sistemleri örneğin kurutulduğu vakum hücresi, metal veya bant yüzeylerin ısıtılmasını sağlayan ısıtma sistemi, vakum üretimini sağlayan pompa veya buhar enjektörü gibi parçalar ve buharlaşan suyun toplanarak atıldığı kondanser kısımlarından oluşmaktadır. şekil 2.2’de model bir vakum kurutma sistemi ve parçaları verilmiştir.



Şekil 2.2. Vakum kurutma sistemi ve parçaları

2.5. Kurutma işleminde taşıyıcı materyal kullanımı

Kurutma sistemleri birçok gıda için kolaylıkla uygulanabilir olmasına rağmen özellikle şeker içeriği yüksek olan bal gibi gıdaların direkt olarak kurutulmaları sahip oldukları düşük camsı geçiş (T_g) sıcaklıkları nedeniyle oldukça zordur. Bu nedenle bal gibi ürünlerin kurutulmasında camsı geçiş sıcaklıklarının yükseltilerek kurutma işlemini kolaylaştırmak amacıyla maltodekstrin, Arap zambığı ve peynir altı suyu proteinleri gibi taşıyıcı materyaller ilave edilmektedir (Samborska ve Bienkowska 2013, Shi vd 2013).

Maltodekstrinler nişastanın kısmi enzimatik hidrolizasyonu sonucu oluşan polisakkaritlerdir ve nişasta gibi amiloz ve amilopektin üniteleri içermektedir. Farklı

dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrin türleri gıda sanayiinde birçok alanda kullanılmaktadır. Dekstroz eşdeğeri düşük olan maltodekstrinler daha yapışkan oldukları için reçel ve şuruplarda kullanılırken, dekstroz eşdeğeri yüksek olan maltodekstrinler ise hacim arttırıcı olarak dondurma gibi ürünlerde kullanılmaktadır (Parikh vd 2014). Maltodekstrinler düşük maliyetleri, nötr aroma ve tada sahip olmaları, düşük viskoziteli çözeltiler oluşturmaları ve aroma bileşenlerini oksidasyona karşı korumaları (Fernandes vd 2014) nedenleriyle balın kurutulmasının yanı sıra pek çok meyve suyu çeşidinin de kurutulmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Krishnaiah vd 2014).

Arap zambkı *Acacia senegal* ve *Acacia seyal* türü ağaçların gövde ve dallarındaki sıvı sızıntılarından elde edilen bir polisakkarit türüdür. Yapısında galaktoz, arabinoz, ramnoz, glikouronik asit gibi bileşenler ve az miktarda protein bulunmaktadır (Wang vd 2014). Arap zambkı gıda sanayiinde birçok örneğin kurutulmasında sahip olduğu yüksek çözünürlük, düşük viskoziteli çözelti oluşturma, iyi emülsifikasyon kapasitesi ve molekül yüzeyinde film oluşturma özellikleri nedeniyle sıklıkla tercih edilen bir taşıyıcı türü olmasına rağmen yüksek maliyeti nedeniyle kullanımı maltodekstrine göre daha sınırlıdır (Charve ve Reineccius 2009, Sarkar vd 2013).

Peynir altı suyu proteinleri peynir üretiminin yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Peynir üretiminden sonra elde edilen peynir altı suyu çoğunlukla atık ürün olarak çevreye atılmasının yanı sıra içerdikleri önemli ölçüdeki protein, peptid ve amino asit miktarları nedeniyle tarım, gıda, biyoteknoloji ve tıbbi alanlarda kullanılan değerli bir ürüne de dönüştürülebilmektedir (Smithers 2008). Böylece atık olarak ortalama verilen ürün, peynir altı suyu tozu, peynir altı suyu protein izolatu ve peynir altı suyu hidrolizatı gibi ürünlere dönüştürülerek gıda sektöründe kullanılan ürünler haline getirilmektedir (Argan vd 2015). Bu ürünler sahip oldukları güçlü jel yapma ve emülsifikasyon kapasitesi ile içerdikleri amino asit ve proteinler nedeniyle gıda sanayisinde ürün içeriklerinin zenginleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Chatterton vd 2006). Kurutma işleminde ise peynir altı suyu proteinleri çeşitli meyve ekstraktlarının (Flores vd 2014) ve balın (Shi vd 2013) kurutulmasında, ayrıca esansiyel yağların enkapsülasyonunda (Rodea-González vd 2012) taşıyıcı materyal olarak kullanılmaktadır.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan çiçek balı, taşıyıcı materyaller (maltodekstrin, Arap zımkı ve peynir altı suyu proteinleri), 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 maddeleri ise niteliğine uygun olarak analitik ve kromatografik saflıkta temin edilerek, araştırmada kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Araştırma planı ve istatistiksel yöntemler

Araştırmada öncelikle üretim için kullanılan çiçek balı örneğinin renk ve bazı kimyasal (nem içeriği, su aktivitesi, titrasyon asitliği, pH, diastaz sayısı, HMF içeriği, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite değeri) özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra araştırmanın bal tozu üretimi aşaması gerçekleştirilmiştir. Bal tozu üretimi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada diastaz sayısı Bal Tebliği'ndeki en düşük değer olan 8 veya üzerinde bir bal tozu üretmek için yapılan bal kurutma çalışmalarını içermektedir. İkinci aşama ise birinci aşamada üretilen bal tozu örneklerinden diastaz sayısı, çözünürlüğü ve duysal beğenisi en yüksek olan bal tozu örneğinin, aynı üretim şartlarında su yerine aynı miktardaki taze meyve suları kullanılarak yeniden meyveli bal tozu olarak üretilmesi çalışmalarını içermektedir.

Araştırmanın birinci aşamasında; 2 farklı kurutma yöntemi (püskürterek ve vakum kurutma), 3 farklı taşıyıcı materyal (maltodekstrin, Arap zımkı ve peynir altı suyu proteinleri) ve 3 farklı taşıyıcı materyal kullanım oranının (bal miktarına göre; %50, %75 ve %100) bal tozu üretimi üzerine etkileri 2x3x3 faktöriyel deneme desenine göre araştırılmış ve istatistik analizleri yapılmıştır.

Faktörlerin bal tozu üretimi üzerine etkisini belirlemek için; örneklerin bazı fiziksel (renk, partikül boyutu, yığın yoğunluğu, çözünürlük, bulanıklık ve partikül mikroyapısı), kimyasal (nem içeriği, su aktivitesi, titrasyon asitliği, pH, diastaz sayısı, HMF içeriği ve antioksidan aktivite değeri) ve duysal özellikleri belirlenmiştir. Sade bal tozu örneklerinin üretimi iki tekerrürlü, bu örneklere yapılan analizler ise paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Verilere varyans analizi ve önemli bulunan faktörlere Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar SAS istatistik programı (Cary, NC, ABD) ile gerçekleştirilmiş olup değerler ortalama \pm standart hata şeklinde çizelgeler halinde düzenlenmiştir.

Araştırmanın ikinci aşamasında ise; üretilen bal tozu örneklerinin farklı renk ve aromada üretime uygunluklarını belirlemek için, diastaz sayısı ve çözünürlüğü en yüksek örneklere duysal analiz uygulanmıştır. Duysal analiz sonuçlarına göre en çok beğenilen bal tozu örneği kontrol olarak kabul edilmiş ve bu bal tozu örneği su yerine farklı meyvelerden (karadut, çilek ve portakal) elde edilen doğal meyve suları kullanılarak yeniden üretilmiştir. Bu ürünlerin kabul edilebilirliğini belirlemek için de örneklere yukarıda belirtilen fiziksel, kimyasal, duysal ve istatistiksel analizler yapılmıştır.

Meyveli bal tozu örneklerinin üretimi iki tekerrürlü, bu örnekler yapılan analizler ise paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği ve üretilen meyveli örneklerden elde edilen verilere varyans analizi ve önemli bulunan faktörlere Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar SAS istatistik programı (Cary, NC, ABD) ile gerçekleştirilmiş olup değerler ortalama \pm standart hata şeklinde çizelgeler halinde düzenlenmiştir.

3.2.2. Balın kurutulması

3.2.2.1. Taşıyıcı materyal kullanım miktarının belirlenmesi ve hazırlanarak bala katılanması

Araştırmada kullanılmış olan taşıyıcı materyallerin (maltodekstrin, Arap zımkı ve peynir altı suyu proteinleri) oranları, toplam bal ağırlığının yüzdesi üzerinden hesaplanmıştır. Bu amaçla öncelikle püskürterek kurutma işlemi temel alınmış ve sadece bal içeren örnekten başlanarak, bal miktarına oranla %100 taşıyıcı içeren örneğe kadar %10'luk taşıyıcı kullanım miktarı artışlarıyla denemeler yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda balın kurutulabildiği taşıyıcı oranının, bal miktarının en az %50'si kadar olması gerektiği tespit edilmiş olup, bu araştırmada bal tozu üretimi için %50, %75 ve %100 olmak üzere üç farklı taşıyıcı oranı belirlenerek kullanılmıştır. Belirlenen taşıyıcı oranlarından sonra, üretim için planlanan tüm taşıyıcı ve taşıyıcı oranlarının çözündürülebildiği saf su ve meyve suyu miktarının, taşıyıcı miktarının 10 katı kadar olması gerektiği ön denemelerle belirlenmiştir. Buna göre araştırmada bal miktarına göre belirlenen taşıyıcı ve bu taşıyıcıların çözündürüldüğü saf su/meyve suyu miktarları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

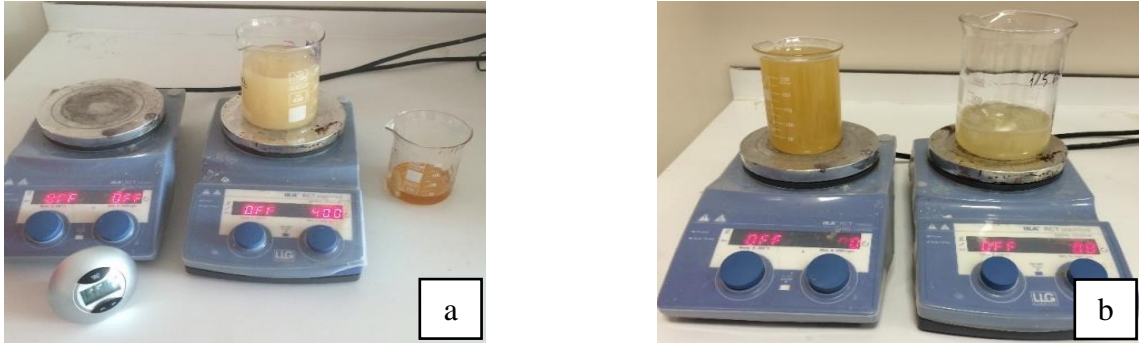
Çizelge 3.1. Kullanılan taşıyıcı materyal ve saf su miktarları

| Bal miktarı ^A (g) | Taşıyıcı oranı (%) | Taşıyıcı miktarı ^B (g) | Su miktarı ^C (mL) | Kurumade miktarı ^D (g) | Kurumade oranı ^F (%) |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 50 | 50 | 25 | 250 | 68.00 | 20.92 |
| 40 | 75 | 30 | 300 | 64.40 | 17.41 |
| 35 | 100 | 35 | 350 | 65.01 | 15.48 |

$$D = ((0.86 \times A) + B) \cdot 0.86; \text{ Balın kuru madde miktarı}$$

$$F = (((D / (A + B + C)) * 100)$$

Tartılan taşıyıcı materyal üzerine, sade örnek üretimleri için belirlenen miktarda saf su ilave edilerek manyetik karıştırıcı üzerinde 400 rpm hızla 20 dakika karıştırılarak taşıyıcı materyalin çözündürülmesi sağlanmıştır. Saf su ile çözündürülmüş olan taşıyıcı materyal, bal üzerine ilave edilerek 10 dakika daha karıştırılmış ve bal tozu üretimi için bal-taşıyıcı materyal karışımı püskürterek veya vakum kurutucuda kurutulmak üzere hazır hale getirilmiştir. Taşıyıcı materyallerin hazırlanması ve bala katılanması aşamalarından bazı görüntüler Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Taşıyıcı materyallerin hazırlanması (a) ve bala katılması (b) aşamalarından bazı görüntüler

3.2.2.2. Püskürterek bal kurutma

Kurutma için uygulanacak sıcaklık değeri ve ürün besleme hızı ön denemelerle belirlenmiştir. Yapılan ön denemelerde püskürterek kurutma ile elde edilen ürünler içerisinde en düşük verime (%) sahip olan örneklerin %50 oranında taşıyıcı materyal (maltodekstrin, Arap zıncığı ve peynir altı suyu proteinleri) içeren bal tozu örnekleri olması üzerine sıcaklık ve ürün besleme hızı belirlenirken bu oran temel alınmıştır. Buna göre öncelikli olarak kurutmanın yapılacağı sıcaklık değerinin belirlenmesi amacıyla kurutulmak üzere hazırlanan ve %50 oranında taşıyıcı materyal içeren bal-taşıyıcı materyal karışımı püskürterek kurutma cihazının (Buchi B-209 mini spray dryer, İsviçre) örnek besleme kısmına yerleştirilmiştir. Araştırmada 100°C sıcaklıktan başlanarak 10°C'lik sıcaklık artışları ile 180°C'ye kadar 9 farklı sıcaklık düzeyi ile çalışılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde bal-taşıyıcı materyal karışımlarının toz forma getirilebildiği en düşük sıcaklığın 120°C olduğu belirlenmiştir. Bu sıcaklığın altındaki tüm sıcaklık değerleri ile yapılan çalışmalarda özellikle maltodekstrin içeren çözelti karışımlarından ürün elde edilemediği ve diğer taşıyıcılardan elde edilen ürünlerde ise homojen bir toz formunun oluşmadığı görülmüştür. 120°C sıcaklığın üzerindeki diğer sıcaklık değerleri ile yapılan üretimlerde ise elde edilen ürünlerde sıcaklık artışına ve ürünlerin bu sıcaklığa maruz kalma süresine bağlı olarak balın biyoaktif bileşenlerinin zarar görebileceği dikkate alınarak püskürterek kurutma çalışma sıcaklığı 120°C olarak belirlenmiştir.

Ürün besleme hızının belirlenmesi amacıyla yapılan ön denemelerde ise %10'luk pompa hızından (2.5 mL/dk) başlanarak %10'luk artışlarla, %60 pompa hızına kadar (18 mL/dk) altı farklı pompa hızında (%10, %20, %30, %40, %50 ve %60) çalışılmış ve en uygun kurutmanın %30 pompa hızı (9 mL/dk) ile gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu besleme hızının altındaki hızlarda kurutma işlem süresinin uzaması ve buna bağlı olarak da örneğin daha uzun süre çıkış sıcaklığına maruz kalarak biyoaktif bileşenlerinin daha fazla zarar görmesine neden olabileceği ve daha yüksek besleme hızlarında ise ürünlerin etkin olarak kurutulmaması, nem içeriklerinin yüksek olması ve ürünlerin hızla topaklaşma eğilimi göstererek toz formunu kaybetmeleri nedenleriyle %30 pompa hızının bu çalışma için en uygun besleme hızı olduğu tespit edilmiştir. Toz haline getirilen örnekler kapaklı cam kavanozlar içerisinde -18°C'de çalışma süresince depolanmıştır. Yapılan bu ön denemelere göre belirlenen püskürterek kurutucu çalışma şartları Çizelge 3.2'de ve püskürterek kurutma işleminden bir görüntü Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Püskürterek kurutucu çalışma şartları

| Giriş sıcaklığı (°C) | Çıkış sıcaklığı (°C) | Besleme hızı (mL/dk) | Atomizasyon hızı (L/sa) | Hava akış hızı (m ³ /sa) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| 120 | 64-71 | 9 | 414 | 35 |



Şekil 3.2. Püskürterek kurutma işleminden bir görüntü

3.2.2.3. Vakumda bal kurutma

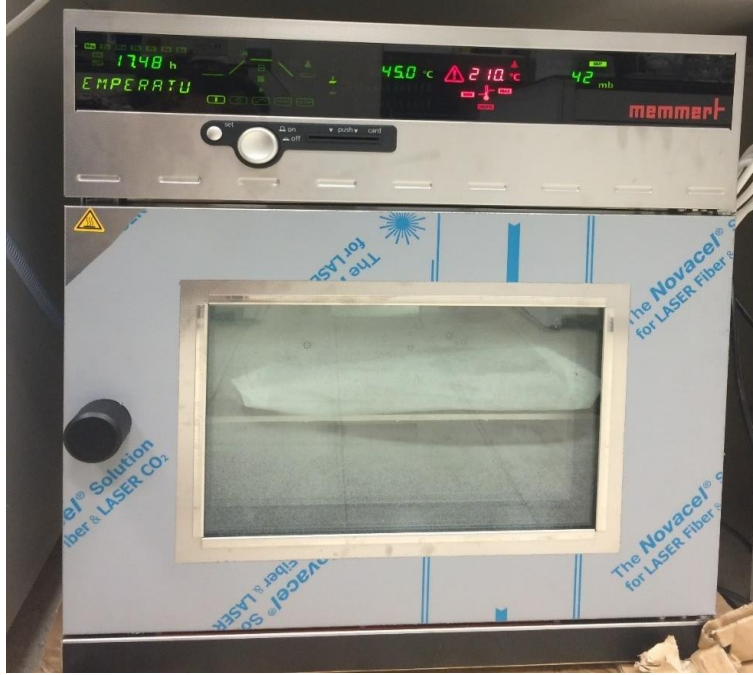
Kurutma için uygulanacak sıcaklık ve vakum değerleri ön denemelerle belirlenmiştir. Yapılan ön denemelerde vakum kurutma ile elde edilen ürünler içerisinde en düşük verime (%) sahip olan örneklerin %50 oranında taşıyıcı materyal (maltodekstrin, Arap zambığı ve peynir altı suyu proteinleri) içeren bal tozu örnekleri olması üzerine sıcaklık ve vakum değerleri belirlenirken bu oran temel alınmıştır. Buna göre öncelikli olarak Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Tebliğ no: 2012/58) (Anonim 2012) bildirilen bala uygulanacak işlemlerin 45°C'yi aşmaması gerekliliği dikkate alınarak, 45°C sıcaklıkla çalışılmıştır. Sıcaklık belirlenmesinin ardından üretim sırasında uygulanacak vakum basıncı değerini tespit etmek amacıyla 45°C sıcaklıkta bölüm 3.2.2.1'de belirtilen şekilde hazırlanmış bal-taşıyıcı materyal karışımı vakum kurutucunun (Mettler VO200, Almanya) tepsinine yerleştirilmiş olan pişirme kağıdı içerisinde alınarak kurutma işlemi başlatılmıştır. Kullanılan vakum kurutucunun niteliğine bağlı olarak çalışılabilen en düşük vakum düzeyinin 10 mbar olması nedeniyle denemenin gerçekleştirildiği vakum değeri öncelikle 10 mbar olarak ayarlanmıştır. Belirlenen bu basınç ve sıcaklık şartları ile yapılan kurutma denemesinde 48 saat boyunca sürdürülen kurutma işlemi neticesinde, süre sonunda örneklerde devam eden buharlaşmaya bağlı olarak kurutucuda gözlemlenen vakum değerinin 10 mbar düzeyinin üzerinde olduğu

(yaklaşık 20-25 mbar) ve bu basınca düşülebilmesi için daha uzun sürenin gerektiği düşünülerek çalışmada kullanılan vakum değeri 25 mbar olarak belirlenmiştir. Deneme sonunda elde edilen ürünün ise yapışkan ve sakızimsı nitelikte olduğu ve bu nedenle sadece 45°C sıcaklığın kurutma için yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu amaçla örneğe 50, 55 ve 60°C sıcaklıkları da uygulanmış ve 60°C’de yapılan kurutma uygulamasıyla elde edilen ürünün, diğer sıcaklık uygulamalarından elde edilen yapışkan-plastiksi yapıdaki ürünlerden farklı olarak daha camsı ve öğütmeye daha elverişli olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmanın temel amacı olan balın biyoaktif bileşenlerinin ve özellikle de içerdiği enzimlerin olabildiğince yüksek seviyede korunabilmesi için 45°C ve 60°C sıcaklık uygulamaları üretim için kombine edilmiştir. Bu amaçla da yapılan ön denemelerle belirlenmiş olan ve tüm ürünlerde en yüksek enzim aktivitesinin, en düşük nem içeriğinin ve en uygun ürün formunun sağlanabildiği çalışma şartları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Vakum kurutucu çalışma şartları

| Sıcaklık (°C) | Süre (saat) | Vakum basıncı (mbar) |
|------------------|----------------|-------------------------|
| 45 | 5.5 | 25 |
| 60 | 7.5 | 25 |

Vakum kurutma işleminden elde edilen örnekler -18°C’de 24 saat bekletildikten sonra öğütücü (Bosch, MKM6000, Slovenya) içerisinde 30 sn süresince öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler kapaklı cam kavanozlar içerisinde -18°C’de çalışma süresince depolanmıştır. Vakum kurutma işleminden bir görüntü Şekil 3.3’de ve elde edilen ürün görüntüleri Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Vakum kurutma işleminden bir görüntü



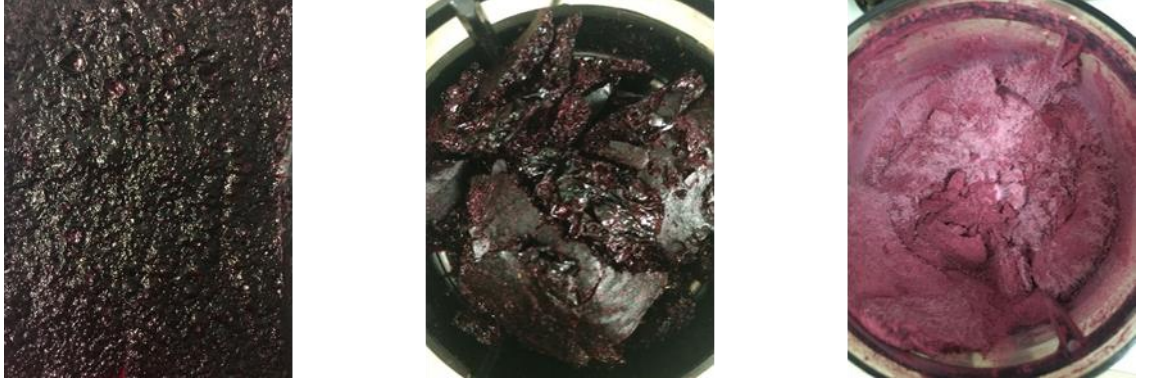
Şekil 3.4. Vakum kurutma ile elde edilen kalıp halindeki kuru bal ve öğütülmüş ürün görüntüleri

3.2.2.4. Bal tozu içecek karışımı ve soğuk içecek hazırlanması

Bal tozu karışımı için, üretimi hedeflenen piyasadaki benzer ürün içeriklerine uygun olarak asitlik düzenleyici (sitrik asit) ve topaklanma önleyici (trikalsiyum fosfat) madde kullanılmıştır. Bu amaçla 5 g bal tozu karışımı için; 4.85 g bal tozu (%97), 0.1 g sitrik asit (%2) ve 0.05 g trikalsiyum fosfat (%1) tartılarak karıştırılmış ve böylece duyuşsal analiz için kullanılacak bal tozu karışımı formülasyonu oluşturulmuştur. Bu karışım daha sonra 45 mL soğuk (+4°C) içme suyu kullanılarak, 600 rpm hızla 5 dakika karıştırılıp çözündürülmüş ve duyuşsal değerlendirme için panelistlere sunulmuştur.

3.2.2.5. Meyveli bal tozu örneklerinin üretimi

Püskürterek ve vakum kurutma yöntemleri kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerinin bazı fiziksel (renk, partikül boyutu, yığın yoğunluğu, çözünürlük, bulanıklık ve partikül mikroyapısı,) ve kimyasal (nem içeriği, su aktivitesi, titrasyon asitliği, pH, diastaz sayısı, HMF içeriği ve antioksidan aktivite değeri) özellikleri belirtilen analizler yapılarak belirlenmiştir. Daha sonra bu ürünlerin duyuşsal değerlendirme amacıyla panelistlere sunulması için ürünlere ait diastaz sayısı ve çözünürlük (%) değerleri karşılaştırılmıştır. Çözünürlük oranı %90 değerinin üzerinde ve diastaz sayısı en az 8 olan bal tozu örnekleri duyuşsal değerlendirmeye sunulmuştur. Yukarıda belirlenen şekilde soğuk içeceğe dönüştürülen bal tozu karışımları 10 kişilik eğitimli panelist grubu tarafından koku, görünüm, tat, berraklık ve genel beğeni kriterlerinin 5 puanlık hedonik skalada puanlanması (1: çok kötü, 5: çok iyi) ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda en çok beğenilen soğuk içeceğin hazırlanmasında kullanılan örneğin %50 oranında Arap zıncı içeren ve vakum kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen sade bal tozu örneği olduğu belirlenmiştir. Bu sade bal tozu örneği farklı renk ve aromada üretime de uygunluğunun belirlenmesi amacıyla; aynı yöntem, taşıyıcı türü, taşıyıcı oranı ve bu orana uygun yukarıda belirtilen aynı miktardaki su yerine farklı meyvelerden (karadut, çilek ve portakal) elde edilen taze meyve suları kullanılarak meyveli bal tozu örnekleri olarak üretilmiştir. Üretilen meyveli bal tozu örneklerinin kabul edilebilirliğini belirlemek için de yukarıda belirtilen fiziksel, kimyasal ve duyuşsal analizler yapılmıştır. Meyveli bal tozu örneklerinden bazı görüntüler Şekil 3.5, 3.6 ve 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Karadut suyu içeren bal tozu örneklerinden bazı örnekler



Şekil 3.6 Çilek suyu içeren bal tozu örneklerinden bazı görüntüler



Şekil 3.7. Portakal suyu içeren bal tozu örneklerinden bazı görüntüler

3.2.3. Analiz yöntemleri

3.2.3.1. Verim analizi

Bal tozu örneklerinin üretim verimleri analizi kurutulmak üzere hazırlanmış taşıyıcı materyal-bal karışımının içerdiği kurumadde miktarının üretim sonucu elde edilen bal tozu örneklerinin kuru madde miktarına oranlanması ve bu oranın 100 ile çarpılması ile yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

3.2.3.2. Renk analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin renk analizleri, renk ölçüm cihazı (Chroma Meter CR-400 Konica-Minolta Sensing Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, yaklaşık 3 g örnek atmosfer ışığı ile teması engellemek amacıyla renk ölçer cihazının ölçüm kabı içerisine tabanını tamamen doldurularak yerleştirilmiş ve 3 ayrı noktadan renk ölçümü yapılarak ortalama değerler kaydedilmiştir. Renk ölçüm sonuçları, Hunter L [(0) siyah - (100) beyaz], a [(+) kırmızı - (-) yeşil] ve b [(+) sarı - (-) mavi] değerleri olarak belirlenmiştir.

3.2.3.3. Partikül boyut analizi

Bal tozu örneklerinin partikül boyutu lazer kırınım prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazının (Malvern, Mastersizer 2000, Malvern Worcestershire, UK) toz modülü kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, az miktardaki örnek 2-propanol ile karıştırılmış ve bu karışım cihaz haznesine yerleştirilmiştir. Ölçüm sonucu hacim ağırlıklı ve yüzey ağırlıklı ortalama değerleri (μm) hesaplanarak verilmiştir (Fuchs vd 2006). Hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değeri, boyut ölçümü yapılan partiküller ile aynı hacme sahip kürenin ortalama çapının ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değeri ise, boyut ölçümü yapılan partiküller ile aynı yüzey alanına sahip kürenin ortalama çapının hesaplanması ile elde edilen sonuçları ifade etmektedir (Karlovic vd 2014, Tontul vd 2016).

3.2.3.4. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizi

Bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunlukları Beristain vd (2001)'e göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 g örnek tartılmış ve 10 mL hacmindeki ölçülü mezüre alınmıştır. Mezür, yığında oluşan boşlukların kaybolması için 40 defa kaldırılıp bırakıldıktan sonra mezürdeki hacim çizgileri yardımıyla örneğin hacmi okunmuştur. Örneklerin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, örnek miktarının belirlenen hacme bölünmesiyle hesaplanmış ve sonuçlar g/cm^3 cinsinden verilmiştir (Beristain vd 2001).

3.2.3.5. Çözünürlük analizi

Bal tozu örneklerinin suda çözünürlüklerini belirlemek amacıyla 2 g örnek tartılarak üzerine 18 mL saf su ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda (VWR Stirrer) 600 rpm hızla 5 dakika süreyle karıştırılmıştır. Bu karışım daha sonra santrifüj tüplerine aktarılarak $3000 \times g$ kuvvetinde 5 dakika santrifüj edilmiş ve santrifüjleme sonrasında oluşan çökeltinin üstündeki sıvı kısımdan alınan 10 mL örnek, önceden darası alınmış cam petri kaplarına aktarılmıştır. Petri kaplarının etüv içerisinde 60°C 'de 48 saat boyunca

kurutularak sabit tartıma gelmesi sağlanmıştır. Kurutulan örnekler daha sonra desikatörde oda sıcaklığına soğutulmuş ve son ağırlıkları ölçülerek, meydana gelen ağırlık farkından % çözünürlük hesaplanmıştır (Şahin-Nadeem vd 2013).

3.2.3.6. Bulanıklık analizi

Bal tozu örneklerinin bulanıklığı turbidimetre (Hach 2100 N, Loveland, CO, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 4 g örnek tartılmış ve üzerine 36 mL saf su eklenerek manyetik karıştırıcıda (VWR Stirrer) 600 rpm hızla 5 dk süreyle karıştırılmıştır. Karıştırılan örnekler tüpler içerisine aktarılarak turbidimetrenin analiz hücreğine konulmuştur. Analiz sonunda sonuçlar Nefelometrik Bulanıklık Ünitesi (Nephelometric Turbidity Unit, NTU) olarak belirlenmiştir (Tajchakavit vd 2001).

3.2.3.7. Partikül mikroyapısı analizi

Araştırmada, bal tozu örneklerinin partikül mikroyapıları taramalı elektron mikroskobu ve dijital kamera sistemine sahip sterio mikroskop kullanılarak iki farklı görüntüleme yöntemi ile belirlenmiştir.

Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan partikül mikroyapısı analizi, diastaz sayısı parametresi temel alınarak yapılan değerlendirmede seçilen örnekler uygulanmıştır. Seçilen bal tozu örneklerinin partikül mikroyapıları altın paladyum kaplama (SC7620, Polaron, İngiltere) yapılan taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Leo 1430, Zeiss, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

Sterio mikroskop kullanılarak yapılan incelemede üretilen tüm bal tozu örneklerinin partikül mikro yapıları belirlenmiştir. Bal tozu örneklerinin partikül mikroyapıları dijital kamera sistemine sahip sterio mikroskop (Nikon, 745T, Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Pedroso vd 2012).

3.2.3.8. Nem analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin nem içeriği, nem tayin cihazı (Kern DBS 60-3, Balingen, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, darası alınmış ölçüm kabı içerisine yaklaşık olarak 0.5 g örnek tartılarak cihaz içerisine yerleştirilmiş ve 110°C’de gerçekleştirilen analiz neticesinde sonuçlar cihazın dijital ekranından okunarak kaydedilmiştir.

3.2.3.9. Su aktivitesi analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri, su aktivitesi tayin cihazı Aqua Lab 4TE (Decagon Divices, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; cihazın ölçüm kabı içerisine yaklaşık olarak 3 g örnek tartılarak, cihaz içerisine yerleştirilmiş ve denge nem içeriğine ulaşıldığında sonuçlar cihazın dijital ekranından okunarak kaydedilmiştir.

3.2.3.10. Titrasyon asitliği ve pH analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin pH değerleri, pH metre (Orion star, Thermo, Waltham, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; tartılan 1 g örnek üzerine 9 mL saf su eklenmiş ve homojenizatör (IKA, T25 Ultraturax, Staufen, Almanya) ile 1 dk homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenize edilmiş karışıma pH metre probu daldırılmış ve her bir örneğin pH değeri cihazın dijital ekranından okunarak kaydedilmiştir.

Bal ve bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği değeri ise potansiyometrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla; pH ölçümü yapılan örneklerin pH değerleri 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilerek, harcanan NaOH miktarının Eşitlik 3.1’de belirtilen formül yardımıyla meq/kg cinsinden hesaplanması ile sonuçlar belirlenmiştir (Cemeroğlu 2013a).

$$\text{Titrasyon asitliği } \left(\frac{\text{meq}}{\text{kg}} \right) = \frac{V \times M \times 1000}{m} \quad \text{Eşitlik 3.1}$$

M=Titrasyonda kullanılan NaOH molaritesi (0.1M)

V= Titrasyonda harcanan NaOH’ın mL olarak miktarı

m= Titrasyon için tartılan bal ve bal tozu örneklerinin g olarak ağırlığı

3.2.3.11. Diastaz sayısı analizi

Diastaz sayısı veya amilaz enzimi aktivite birimi, ‘40°C’de 1 g balda bulunan enzimler tarafından 1 saatte hidrolize edilebilen %1’lik nişasta çözeltisinin mililitresi’ şeklinde tarif edilmektedir (Bogdanov vd 2002).

Bal ve bal tozu örneklerinin diastaz sayıları spektrofotometre (Shimadzu Spectrophotometer UV-1800, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle analiz için hazırlanan %2’lik nişasta çözeltisi standardize edilmiştir. Nişasta çözeltisinin standardizasyonu için; boş beherler içerisine 9, 10, 12 ve 14 mL saf su ve her beher 5 mL 0.0007 N iyot çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra ayrı bir beher içerisine %2’lik nişasta çözeltisinden 5 mL alınarak 10 mL saf su ile karıştırılmıştır. Hazırlanan bu karışımdan 0.5’er mL alınarak, farklı miktarlarda saf su ve iyot çözeltisi içeren beherler üzerine eklenmiş ve elde edilen son karışımın absorbans değeri 660 nm’de belirlenmiştir. Absorbans değeri 0.745-0.770 aralığında olan çözeltideki saf su miktarı analiz sırasında örnekler eklenmesi gereken değer olarak belirlenmiştir. Standardizasyon işlemi tamamlandıktan sonra %2’lik nişasta çözeltisi 40°C’lik su banyosuna yerleştirilerek analiz boyunca bu sıcaklıkta tutulmuştur.

Örneklerin analizi için; 50 mL’lik tüplere 2 g örnek tartılıp, üzerine 1 mL 1.59 M (pH 5.3) asetat tampon çözeltisi ve 4 mL saf su eklenerek ultraturax ile 2 dk homojenize edilmiştir. Daha sonra karışım içerisine 0.5 N NaCl çözeltisinden 0.6 mL ilave edilmiş ve karışıma toplam hacmi 10 mL olacak şekilde saf su eklenmiştir. Hazırlanan bu bal çözeltisinden 2 mL alınarak 40°C’lik su banyosunda 15 dk bekletilmiş ve süre sonunda üzerine 1 mL %2’lik nişasta çözeltisi eklenmiştir. Kronometre çalıştırılarak ilk 15 dakika 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 standardizasyonu ile belirlenen miktardaki saf suyun 1/5’i

kadar saf su ile karıştırılmış ve absorbanı spektrofotometrede 660nm dalga boyunda, saf suya karşı okunarak belirlenmiştir.

Analize, örnek absorbanı değeri 0.235 nm'den daha küçük bir değere ulaşınca kadar okuma yapılarak devam edilmiştir. Süre ve absorbanı değerleri kaydedilerek absorbanı-süre grafiği çizilmiş ve grafik yardımıyla 0.235 absorbanı karşılık gelen süre, grafik denkleminde hesaplanmıştır. Bu süre Eşitlik 3.2'deki formül yardımıyla örneklerin diastaz sayısının hesaplanmasında kullanılmıştır (Bogdanov vd 2002).

$$\text{Diastaz Sayısı} = \frac{300}{T_x} \quad \text{Eşitlik 3.2}$$

T_x : Elde edilen grafikte 0.235 absorbanı karşılık gelen süre

3.2.3.12. Hidroksimetilfurfural analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin HMF miktarı HPLC cihazı (Shimadzu LC 20A Serisi, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.5 g örnek üzerine 4.5 mL saf su eklenerek tüp karıştırıcıda 1dk süreyle karıştırılmış ve bu karışım, üzerine 1'er mL Carrez I ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ve glasiyel asetik asit karışımı) ve Carrez II ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$) çözeltileri eklenerek berraklaştırılmıştır. Berraklaştırılan karışım 7000xg kuvvetle 10 dakika santrifüj edilmiş ve peletten ayrılan üst faz 0.45 µm filtreden geçirildikten sonra HPLC cihazında analiz edilmiştir. Örneklerdeki HMF miktarı harici standart metodu kullanılarak hesaplanmıştır. 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, dalga boyu; 280 nm olarak ayarlanmıştır (Rufin-Henares vd 2006).

3.2.3.13. Toplam fenolik madde analizi

Bal örneğinin toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 g örnek tartılmış ve üzerine 9 mL saf su eklenerek seyreltilmiştir. Seyreltilen örnek 120 rpm hızla, 40°C'de 2 saat süreyle su banyosunda (Gesellschaft Labortechnik, Burgwedel 1092, Germany) ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktlardan 0.5 mL örnek tüp içerisine alınarak, üzerine %10 konsantrasyonundaki Folin-Ciocalteu çözeltilisinden 2.5 mL ve %7.5 konsantrasyonundaki Na_2CO_3 içeren çözeltiden 2 mL eklenmiştir. Elde edilen karışım daha sonra girdap karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra 50°C'deki su banyosunda 5 dakika bekletilmiş ve karanlık ortamda oda sıcaklığına soğutulmuş spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800) 760 nm'de absorbanı değerleri okunmuştur. Belirlenen absorbanı değerleri kullanılarak, sonuçlar gallik asit çözeltilisinin farklı konsantrasyonları (10-100 mg/kg) ile elde edilen kurve yardımıyla mg GAE/100 g bal olarak hesaplanmıştır (Şkerget vd 2005).

3.2.3.14. Toplam flavonoid madde analizi

Bal örneğinin toplam flavonoid madde miktarı spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 1 g örnek tartılmış ve üzerine 9 mL saf su eklenerek seyreltilmiştir. Seyreltilen örnek 120 rpm hızla, 40°C'de 2 saat süreyle su

banyosunda (Gesellschaft Labortechnik, Burgwedel, Germany) ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktlardan 0.5 mL örnek tüp içerisine alınarak, üzerine 2.5 mL saf su ve %5 konsantrasyonundaki NaNO_2 çözeltisinden 150 μL eklendikten sonra girdap karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Karışım 5 dk bekletilmiş, daha sonra üzerine %10 konsantrasyonundaki AlCl_3 çözeltisinden 300 μL eklenip yeniden girdap karıştırıcıyla karıştırılarak 5 dk daha bekletilmiştir. Süre sonunda karışım üzerine 1M NaOH çözeltisinden 1 mL ve 550 μL saf su ilave edilerek karıştırılmış ve 5 dk bekletilerek spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800, Kyoto, Japonya) 510 nm dalga boyunda absorpsiyonu belirlenmiştir. Belirlenen absorpsiyon değerleri kullanılarak, sonuçlar kuersetin çözeltisinin farklı konsantrasyonları (10-100 mg/kg) ile elde edilen kurve yardımıyla mg KE/100 g bal olarak hesaplanmıştır (Chang vd 2006).

3.2.3.15. Antioksidan aktivite analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin antioksidan aktiviteleri TEAC (trolox equivalent antioksidant capacity) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; 1 g örnek tartılmış ve üzerlerine 9 mL potasyum fosfat (pH 7.4) tampon çözeltisi (PBS) eklenmiştir. Bu çözelti 80 rpm hızla, 30 dk yatay olarak karıştırılarak (IKA, Rocker 2D, Staufen, Almanya) ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda örnekler 15000xg kuvvetinde 10 dakika santrifüj (Sigma, 3K18, Almanya) edilmiş ve üstte toplanan berrak kısım ayrılmıştır. Ayrılan berrak kısımdan alınan 5, 10, 15 ve 20 μL ekstrakt, 734 nm dalga boyundaki absorpsiyonu 0.680-0.720 aralığında olacak şekilde PBS kullanılarak seyreltilmiş 7 mM konsantrasyonundaki ABTS⁺ (2,2'-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) üzerine toplam hacim 1 mL olacak şekilde ilave edilmiştir. Bu karışım 6 dk karanlık ortamda bekletilmiş ve süre sonunda absorpsiyon değerleri okunmuştur. Elde edilen absorpsiyon değerleri kullanılarak sonuçlar, Troloks (0–40 $\mu\text{mol/g}$ bal veya $\mu\text{mol/g}$ bal tozu) çözeltisinin farklı konsantrasyonları ile elde edilen kurve yardımıyla $\mu\text{mol TE/g}$ bal ve $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak hesaplanarak belirlenmiştir (Erbaş vd 2009, Re vd 1999).

3.2.3.16. Duyusal analiz

Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin duyusal analizi, 10 kişilik eğitimli panelist grubu tarafından koku, görünüm, tat, berraklık ve genel beğeni duyusal özellikleri 5 puanlık hedonik skalada puanlama (1: çok kötü, 5: çok iyi) ile belirlenerek yapılmıştır. Bu amaçla, diastaz sayısı en az 8 ve çözünürlüğü ise en az %90 olan bal tozu örnekleri duyusal değerlendirmeye sunulmak üzere belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda %50, %75 ve %100 oranında Arap zıkkı ve peynir altı suyu proteinleri içeren ve vakum kurutma ve püskürterek kurutma yöntemi ile üretilmiş 12 farklı bal tozu örneğine asitlik düzenleyici (sitrik asit, %2) ve topaklanma önleyici (trikalsiyum fosfat, %1) maddeler ilave edilerek bal tozu karışımları hazırlanmıştır. Seçilen bal tozu örneklerinden hazırlanan bal tozu karışımından 5 g tartılarak, üzerlerine +4°C sıcaklığındaki 45 mL su ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcı üzerinde 600 rpm hızla 5 dakika karıştırılarak çözündürülmüştür. Elde edilen soğuk içecekler panelistlerin değerlendirmesine sunulmuştur. Panelistlerin örnekleri duyusal olarak değerlendirilmesi amacıyla hazırlanan duyusal analiz formu Ek 1'de verilmiştir.

3.2.3.17. İstatistiksel analiz

Araştırmada sade ve meyveli bal tozu örnekleri üretimi iki tekerrürlü, örneklere yapılan analizler ise paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Verilere varyans analizi ve önemli bulunan faktörlere Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar SAS istatistik programı (Cary, NC, ABD) ile gerçekleştirilmiş olup değerler ortalama \pm standart hata şeklinde çizelgeler halinde düzenlenmiştir.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Üretimde Kullanılan Bala Ait Analiz Sonuçları

Üretimde kullanılan balın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Üretimde kullanılan balın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (I. ve II. tekerrür)

| Özellik | I. tekerrür | II. tekerrür |
|------------------------------------------|-------------|--------------|
| L* | 25.91 | 26.09 |
| a* | -2.69 | -3.15 |
| b* | 13.11 | 12.15 |
| Nem (%) | 14.10 | 14.86 |
| Su aktivitesi | 0.58 | 0.58 |
| Titrasyon asitliği (meq/kg) | 30.65 | 31.52 |
| pH | 4.76 | 4.73 |
| Diastaz sayısı | 11.20 | 9.81 |
| HMF (mg/kg) | 24.07 | 25.56 |
| Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g bal) | 45.34 | 38.36 |
| Toplam flavonoid madde (mg KE/100 g bal) | 17.59 | 17.10 |
| Antioksidan aktivite (µmol TE/g bal) | 4.60 | 4.79 |

Üretimde kullanılan çiçek balının L*, a* ve b* renk değerlerinin sırasıyla ortalama 26.00, -2.92 ve 12.63 olduğu belirlenmiştir. Ballarda koyu renk yüksek fenolik ve flavonoid madde ve bunlara bağlı olarak da yüksek antioksidan aktivite içeriği ile ilişkilendirilmektedir (Çoban vd 2014, Islam vd 2012, Tezcan vd 2011). Yapılan bir araştırmada incelenen farklı salgı ve çiçek balı örneklerinin L*, a* ve b* renk değerlerinin sırası ile 26.67-47.56, -1.65-9.27 ve 1.05-24.87 arasında değiştiği bildirilmiştir (Flanjak vd 2015). Yapılan bir başka araştırmada analiz edilen bal örneklerinin L*, a* ve b* renk değerlerinin 26.07-71.01, 0.17-15.64 ve 23.80-43.46 aralığında olduğu bildirilmiştir (Sancho vd 2016). Ülkemizde yapılan bir araştırmada ise incelenen çiçek balı örneklerinin L*, a* ve b* renk değerlerinin sırası ile 8.88-18.54, 2.64-8.04 ve 11.50-23.56 aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Tornuk vd 2013). Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürde bildirilen değerler arasındaki farklılıkların balların elde edildiği nektar kaynakları, balın içerdiği polenler ve diğer pigment kaynakları, fenolik ve flavonoid bileşen miktarları ve depolamaya bağlı olarak gerçekleşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmüştür.

Üretimde kullanılan çiçek balının nem içeriği ortalama %14.50 olarak tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne göre çiçek ballarının nem içeriği değerinin %20’yi geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2012). Bu nedenle üretim için kullanılan bal, nem içeriği bakımından ilgili tebliğe uygundur. Nem içeriği değeri balın fermantasyona ve kristallenmeye karşı stabil bir ürün olması bakımından önemlidir ve bu nedenle düşük olması istenmektedir (Islam vd 2012). Ülkemizde bal ile ilgili yapılan bir çalışmada analiz edilen bal örneklerinin nem içeriği düzeyinin %13.6-19.4 (Kahraman vd 2010) ve diğer bir çalışmada ise 14.8-16.9 (Akbulut vd 2009) değerleri arasında olduğu

bildirilmiştir. Mevcut çalışma ile elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen sonuçlar ile uyumludur.

Üretimde kullanılan çiçek balının su aktivitesi değerinin ortalama 0.58 olduğu belirlenmiştir. Bir araştırmada, balın su aktivitesi değerinin üretildiği bölgenin iklim ve üretim koşullarına bağlı olarak değiştiği ve 0.57-0.70 aralığında yer aldığı bildirilmiştir (Saxena vd 2010). Birçok reaksiyon için sınırlayıcı bir faktör olan su aktivitesi değeri fermantasyon kaynaklı bozulmalar için de önemli bir sınırlayıcıdır. Balların su aktivitesi 0.61 değerini geçtikten sonra osmotolerant mayalar üzerindeki sınırlayıcı etkisi zayıflar ve bu mayalar gelişerek balı mikrobiyolojik olarak bozmaya başlarlar (Küçük vd 2007). Ülkemizde üretilen çiçek ballarının analiz edildiği bir çalışmada ise balların su aktivitesi değerlerinin 0.53-0.61 aralığında olduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışma ile elde edilen sonuçlar literatürde bildirilen sonuçlar ile uyumludur (Tornuk vd 2013).

Üretimde kullanılan çiçek balının titrasyon asitliği değerinin ortalama 31.09 meq/kg olduğu belirlenmiştir. Balın doğal titrasyon asitliği içerdiği glikonik asit, pirüvik asit, sitrik asit ve malik asit gibi organik asitlerden ve fosfatlar ve kloridler gibi inorganik iyonlardan kaynaklanmaktadır (Haouam vd 2016, Kahraman vd 2010, Küçük vd 2007). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde çiçek ballarının titrasyon asitliği değerinin 50 meq/kg düzeyini geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2012). Bu nedenle üretim için kullanılan bal, titrasyon asitliği değeri bakımından ilgili tebliğe uygundur. Balda yüksek titrasyon asitliği değeri fermantasyona bağlı bozulmanın başladığının göstergelerinden biri olarak kabul edildiğinden titrasyon asitliği değerinin düşük olması istenmektedir. Yapılan bir araştırmada analiz edilen balların titrasyon asitliği değerlerinin 15.44-50.75 meq/kg aralığında değiştiği bildirilmiştir (Karabagias vd 2014b). Ayrıca ülkemizde yapılan bir çalışmada da incelenen balların titrasyon asitliği değerlerinin 6.23-34.93 meq/kg aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Tornuk vd 2013). Mevcut çalışma ile elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen sonuçlar ile uyumludur.

Üretimde kullanılan çiçek balının pH değerinin ortalama 4.75 olduğu tespit edilmiştir. pH değeri balın depolanması sırasında raf ömrünü ve tekstürel özelliklerini etkilemesi bakımından önemlidir ve düşük pH değeri balı mikrobiyolojik bozulmaya karşı daha dirençli duruma getirmektedir (Gomes vd 2010). Yapılan çeşitli araştırmalarda balın pH değerinin 3.61-5.27 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Akbulut vd 2009, Gomes vd 2010, Özcan ve Ölmez 2014). Mevcut çalışma ile elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen sonuçlar ile uyumludur.

Üretimde kullanılan çiçek balının diastaz sayısı değerinin ortalama 10.51 olduğu belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde çiçek ballarının diastaz sayısı değerinin en az 8 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2012). Bu nedenle üretim için kullanılan bal, diastaz sayısı değeri bakımından ilgili tebliğe uygundur. Diastaz sayısı balın tazeliği ve doğallığı ile ilişkilendirilen özelliklerinden biridir ve balda uygun olmayan depolama koşulları ve ısıl işlem uygulamasının göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ülkemizin farklı şehirlerinden toplanan bal örneklerinde yapılan iki farklı araştırmada, incelenen örneklerin diastaz sayısı değerlerinin 6.30-13.20 (Can vd 2015) ve 8.71-30.75 (Simsek vd 2012) arasında değiştiği bildirilmiştir. Diastaz sayıları arasındaki farklılık bölgesel iklim koşullarındaki değişikliklere ve balın üretildiği botanik kaynağa bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Kahraman vd 2010, Nayik ve Nanda 2015).

Yapılan bir diğ er ç alışmada ise ticari olarak satılan bal ö rnekleri ile üreticilerden doğ rudan temin edilen ö rnekler karşılaştırılmış ve ticari ö rneklerin diastaz sayısı değ erlerinin 10.9-30.0, doğ rudan üreticilerden temin edilen bal ö rneklerinin diastaz sayısı değ erlerinin ise 17.9-29.4 aralı ğında olduğ u bildirilmiştir (Kekecoglu ve Rasgele 2013). Mevcut ç alışma ile elde edilen sonuç lar, literatürde bildirilen sonuç lar ile uyumludur.

Üretimde kullanılan ç içek balının HMF iç eriğ inin ortalama 24.82 mg/kg olduğ u belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğ i'nde ç içek ballarının HMF iç eriğ inin 40 mg/kg değ erini aşmaması gerektiğ i bildirilmiştir (Anonim, 2012). Bu nedenle üretim iç in kullanılan bal, HMF miktarı bakımından ilgili tebliğ e uygundur. HMF iç eriğ i balın tazeliğ inin, bala ısıl işlem uygulanıp uygulanmadığ ının ve balın depolanma koşullarının ö nemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Chakraborti ve Bhattacharya 2014). Ülkemizin farklı bölgelerinden toplanan bal ö rnekleri ile yapılan bir araştırmada incelenen ö rneklerin HMF iç eriğ inin 7.68-52.6 mg/kg aralı ğında değ iştiğ i bildirilmiştir (Kahraman vd 2010). Bir diğ er ç alışmada ise bal ö rneklerinin HMF miktarının 0.61-62.24 mg/kg aralı ğında değ iştiğ i rapor edilmiştir (Can vd 2015). Mevcut ç alışma ile elde edilen sonuç lar, literatürde bildirilen sonuç lar ile uyumludur.

Üretimde kullanılan ç içek balının toplam fenolik madde değ erinin ortalama 41.85 mg GAE/100 g bal olduğ u belirlenmiştir. Balın fenolik madde iç eriğ inin nektarın elde edildiğ i botanik ve coğ rafik kaynağ ına, iklimsel faktörlere, arı cinsine ve üretim teknolojisine bağ lı olarak değ işiklik gösterdiğ i bildirilmiştir (Gasic vd 2015). Batı Arjantin'de yapılan bir araştırmada incelenen bal ö rneklerinin toplam fenolik madde iç eriğ inin 18.73-107.32 mg GAE/100 g (Isla vd 2011) aralı ğında, diğ er bir ç alışmada ise Fas'ta üretilen balların toplam fenolik madde iç eriğ inin 16.38-92.37 mg GAE/100 g (Aazza vd 2014) aralı ğında olduğ u bildirilmiştir. Adaç ayı balları ile gerç ekleştirilen başka bir ç alışmada, incelen bal ö rneklerinin toplam fenolik madde iç eriğ inin 20.85-74.75 mg GAE/100 g arasında olduğ u rapor edilmiştir. Ülkemizde yapılan bir araştırmada ise incelenen farklı bal ö rneklerinin toplam fenolik madde iç eriklerinin 9.8-134.0 mg GAE/100 g aralı ğında olduğ u bildirilmiştir (Kaygusuz vd 2016). Mevcut ç alışma ile elde edilen sonuç lar, literatürde bildirilen sonuç lar ile uyumludur.

Üretimde kullanılan ç içek balının toplam flavonoid madde değ erinin ortalama 17.35 mg KE/100 g bal olduğ u belirlenmiştir. Balın kuersetin, kamferol, genistin ve naringin gibi flavonoidleri iç erdiğ i bildirilmiştir (Jaganathan 2011). Balın rengi, tadı, aroması ve antioksidan aktivitesi üzerine etki eden flavonoidlerin türü ve miktarı; balın botanik ve coğ rafik kaynağ ına, işleme, taşıma ve depolama koşullarına bağ lı olarak farklılık göstermektedir (Khalil vd 2011). Brezilya'da gerç ekleştirilen bir ç alışmada incelenen bal ö rneklerinin toplam flavonoid madde iç eriklerinin 25-838 mg KE/100 g bal aralı ğında olduğ u bildirilmiştir (Liberato vd 2011). Mevcut ç alışma ile elde edilen sonuç ların, literatürde bildirilen sonuç lardan daha düşük olmasının nedeninin analiz edilen bal ö rneklerinin botanik ve coğ rafik kaynaklarının farklı olmasından kaynaklandığ ı düşünölmüştür.

Üretimde kullanılan ç içek balının antioksidan aktivite değ erinin ortalama 4.70 µmol TE/g bal olduğ u belirlenmiştir. Balın antioksidan aktivitesinin, iç erdiğ i fenolik bileşikler, peptidler, amino asitler, organik asitler, Maillard reaksiyonu ürö nleri ve enzimlerden kaynaklandığ ı bildirilmiştir (Socha vd 2011). Yapılan bir araştırmada

incelenen bal örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin 0.97-7.46 $\mu\text{mol TE/g}$ bal aralığında olduğu rapor edilmiştir (Sancho vd 2016). Bir diğer araştırmada ise analiz edilen bal örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin 0.20-5.82 $\mu\text{mol TE/g}$ bal aralığında olduğu bildirilmiştir (Gorjanović vd 2013). Mevcut çalışma ile elde edilen sonuçlar, literatürde bildirilen sonuçlar ile uyumludur.



4.2. Sade Bal Tozu Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

4.2.1. Sade bal tozu örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları

4.2.1.1. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin üretim verimleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.2’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Verim (%) | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------|-------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 26.62 | |
| | | 75 | 27.52 | |
| | | 100 | 36.68 | |
| | Arap zamkı | 50 | 39.75 | |
| | | 75 | 44.84 | |
| | | 100 | 45.91 | |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 49.12 | |
| | | 75 | 45.83 | |
| | | 100 | 53.75 | |
| | Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 53.09 |
| | | | 75 | 56.40 |
| | | | 100 | 54.00 |
| Arap zamkı | | 50 | 63.93 | |
| | | 75 | 55.85 | |
| | | 100 | 67.87 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | | 50 | 70.25 | |
| | | 75 | 76.67 | |
| | | 100 | 76.22 | |
| Vakum kurutma | | Maltodekstrin | 50 | 82.50 |
| | | | 75 | 82.69 |
| | | | 100 | 89.08 |
| | Arap zamkı | 50 | 87.68 | |
| | | 75 | 91.92 | |
| | | 100 | 85.17 | |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 87.25 | |
| | | 75 | 91.32 | |
| | | 100 | 86.19 | |
| | Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 91.45 |
| | | | 75 | 92.42 |
| | | | 100 | 95.23 |
| Arap zamkı | | 50 | 94.15 | |
| | | 75 | 94.64 | |
| | | 100 | 96.13 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | | 50 | 96.50 | |
| | | 75 | 95.90 | |
| | | 100 | 96.83 | |

Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | KO | F |
|-------------------|----|----------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 13215.42 | 379.72** |
| Taşıyıcı türü | 2 | 1217.67 | 34.99** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 241.96 | 6.95** |
| Hata | 30 | 34.80 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin verim (%) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Verim (%) |
|------------------------------|---------------------------|
| Püskürterek kurutma | 52.63 ^b ± 3.42 |
| Vakum kurutma | 90.95 ^a ± 1.12 |
| Taşıyıcı türü | |
| Maltodekstrin | 61.95 ^c ± 7.59 |
| Arap zıncığı | 71.34 ^b ± 5.91 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 82.08 ^a ± 4.39 |
| Taşıyıcı oranı | |
| %50 | 67.04 ^b ± 7.20 |
| %75 | 72.37 ^a ± 6.33 |
| %100 | 75.96 ^a ± 5.87 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin verim değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının istatistiksel olarak önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin veriminin, vakum kurutma yöntemine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun temel nedeninin püskürterek kurutma sırasında tozların toplama kabına ulaşana kadar kurutma çemberi, bağlantı parçaları ve siklona yüzey-bal tozu etkileşimi nedeniyle yapışması ve kurutmanın ileri aşamalarına doğru ise bu yapışmanın giderek artması ve böylece toplama kabına ulaşan ürün miktarının azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Vakum kurutma yönteminde en yüksek toz kaybının olduğu aşamanın öğütme işlemi olduğu gözlenmiş ve bu işlemin toplam verimde yaklaşık %9 düzeyinde bir kayıp oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada vakum kurutma işlemi ile elde edilen ürün veriminin, püskürterek kurutma yöntemine göre maltodekstrin içeren örneklerde %63.3, Arap zıncığı içeren örneklerde ise %37.2 daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Nurhadi vd 2012).

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, her iki kurutma yönteminde de peynir altı suyu proteini içeren sıvı karışımların kurutulması ile elde edilen verimin diğer taşıyıcı türlerine göre daha yüksek, ayrıca maltodekstrin içeren sıvı karışımların ise peynir altı suyu proteinleri ve Arap zankı içeren karışımlara göre daha düşük verime sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun temel sebebinin peynir altı suyu proteinlerinin diğer taşıyıcı materyallere göre daha hidrofobik özellikte olması nedeniyle yüzeylere ve birbirlerine daha az yapışmalarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca bu sonucun bir diğer kaynağının da balın camsı geçiş sıcaklığını yükselten taşıyıcıların, türlerine bağlı olarak sağladıkları farklı camsı geçiş sıcaklıkları olduğu düşünülmüştür. Camsı geçiş sıcaklıkları ortalama olarak saf Arap zankı için 194.5°C, dekstroz eşdeğeri 17.8 olan maltodekstrin için 205.5°C (Nurhadi vd 2012), dekstroz eşdeğeri 10 olan maltodekstrin için 148.5°C ve peynir altı suyu proteinleri için 132°C (Shi vd 2013) olarak bildirilmiştir. Balın camsı geçiş sıcaklığının -51-(-35)°C (Ahmed vd 2007) arasında değiştiği bildirilmiş olup, yapılan bir araştırmada maltodekstrin ve peynir altı suyu proteinlerinin bala farklı oranlarda ilave edilmesi ve bu karışımın vakum kurutma yöntemi ile toz haline getirilmesi elde edilen bal tozu örneklerin camsı geçiş sıcaklıklarının 41-52°C arasında değiştiği bildirilmiştir (Nurhadi ve Roos 2016). Düşük camsı geçiş sıcaklığı yapışkanlığı arttırdığından verim kaybı da buna bağlı olarak artmaktadır. Yapılan araştırmalarda Arap zankının camsı geçiş sıcaklığının maltodekstrine göre daha yüksek olduğu (Telis ve Martinez-Navarrete 2009, Tonon vd 2009) ve camsı geçiş sıcaklığının yüksek dekstroz eşdeğerli (DE 16.5-19.5) maltodekstrin-üzüm suyu karışımı tozunda 65°C, düşük dekstroz eşdeğerli (DE 4.0-7.07) maltodekstrin-üzüm suyu karışımı tozunda 69.5°C ve Arap zankı-üzüm suyu karışım tozunda ise 73.2°C olduğu bildirilmiştir (Telis ve Martinez-Navarrete 2009). Ayrıca proteinlerin moleküller etrafında oluşturdukları film yapı nedeniyle kurutma sırasında moleküllerin birbirlerine yapışmalarını engellediği ve şeker içeriği yüksek çözeltilerin kurutulmasında oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Jayasundera vd 2011). Yapılan bir çalışmada %50 oranında maltodekstrin ve Arap zankı içeren bal karışımları püskürterek ve vakum kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ve püskürterek kurutma ile elde edilen verimler sırası ile %9.7, %36.6 ve vakum kurutma ile üretilen örnek verimleri ise %73.0, ve %73.8 olarak bildirilmiştir (Nurhadi vd 2012). Bir diğer araştırmada ise %50 maltodekstrin içeren bal tozu örneğinin püskürtülerek kurutulması ile elde edilen üretim veriminin %20.6 ve %40 peynir altı suyu proteini içeren bal tozu örneğinin üretim veriminin ise %75.8 olduğu bildirilmiştir (Shi vd 2013).

Taşıyıcı oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, taşıyıcı kullanım miktarlarının %50'den, %75 ve %100'e artışına bağlı olarak bal tozu üretim verimi artmış ve üretimde meydana gelen kayıp miktarının, %33 oranından %25 düzeyine düştüğü belirlenmiştir. Bu durumun temel sebebinin taşıyıcı miktarının artmasına bağlı olarak artan camsı geçiş sıcaklığı olduğu düşünülmüştür. Artan camsı geçiş sıcaklığının partiküllerin birbirine, kurutma ortamına ve öğütücünün parçalarına yapışmasını azalttığı ve böylece ürün verimini arttırdığı öngörülmektedir. Shi vd (2013) tarafından yapılan bir araştırmada maltodekstrin konsantrasyonunun %50'den %60 oranına artırılması ile verimin %20.6'dan %52.8'e, peynir altı suyu proteinleri konsantrasyonunun %30'dan %40 oranına artırılması ile ise verimin %63.5'den %75.8'e yükseldiği bildirilmiştir.

4.2.1.2. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin renk değerlerine (L^* , a^* ve b^*) ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.5’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | L^* | a^* | b^* |
|------------------------------|---------------|--------------------|-------|-------|-------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 88.94 | -5.64 | 13.71 |
| | | | 88.97 | -5.49 | 15.66 |
| | | 75 | 93.69 | -5.51 | 11.92 |
| | | | 94.23 | -5.52 | 11.47 |
| | | 100 | 94.91 | -5.41 | 10.20 |
| | | | 94.95 | -5.47 | 10.24 |
| | Arap zamkı | 50 | 91.50 | -5.48 | 14.85 |
| | | | 92.89 | -5.57 | 14.45 |
| | | 75 | 93.95 | -5.62 | 13.28 |
| | | | 93.89 | -5.54 | 12.32 |
| | | 100 | 94.11 | -5.63 | 12.70 |
| | | | 94.10 | -5.69 | 12.45 |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 93.76 | -5.70 | 13.50 |
| | | | 93.63 | -5.60 | 13.03 |
| | | 75 | 94.59 | -5.63 | 11.59 |
| | | | 94.79 | -5.60 | 11.38 |
| | | 100 | 94.47 | -5.62 | 12.26 |
| | | | 94.10 | -5.52 | 11.20 |
| | Arap zamkı | 50 | 88.40 | -0.87 | 9.82 |
| | | | 88.27 | -0.87 | 10.70 |
| | | 75 | 90.05 | -0.83 | 8.88 |
| | | | 89.52 | -0.76 | 8.21 |
| | | 100 | 91.27 | -0.72 | 7.63 |
| | | | 89.88 | -0.85 | 8.52 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 91.56 | -1.00 | 12.84 | |
| | | 91.58 | -0.99 | 13.05 | |
| | 75 | 92.38 | -0.94 | 11.37 | |
| | | 92.13 | -0.93 | 11.47 | |
| | 100 | 92.12 | -0.93 | 11.41 | |
| | | 91.40 | -0.91 | 12.24 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 90.66 | -0.61 | 15.64 | |
| | | 90.78 | -0.61 | 15.80 | |
| | 75 | 89.61 | -0.22 | 17.03 | |
| | | 90.15 | -0.13 | 16.25 | |
| | 100 | 89.97 | -0.16 | 17.19 | |
| | | 89.38 | -0.01 | 17.14 | |

Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | L* | | a* | | b* | |
|-------------------|----|-------|---------|--------|-----------|-------|---------|
| | | KO | F | KO | F | KO | F |
| Kurutma yöntemi | 1 | 76.15 | 49.02** | 214.62 | 5398.65** | 0.03 | 0.01 |
| Taşıyıcı türü | 2 | 7.50 | 4.83* | 0.31 | 7.92** | 42.52 | 10.84** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 9.96 | 6.41** | 0.05 | 1.33 | 9.98 | 2.54 |
| Hata | 30 | 1.55 | | 0.04 | | 3.92 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.7. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | L* | | a* | | b* | |
|------------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| Püskürterek kurutma | 93.42 ^a | ± 0.43 | -5.57 ^b | ± 0.02 | 12.57 ^a | ± 0.35 |
| Vakum kurutma | 90.51 ^b | ± 0.29 | -0.69 ^a | ± 0.08 | 12.51 ^a | ± 0.78 |
| Taşıyıcı türü | | | | | | |
| Maltodekstrin | 91.09 ^b | ± 0.76 | -3.16 ^b | ± 0.71 | 10.58 ^b | ± 0.68 |
| Arap zambkı | 92.63 ^a | ± 0.32 | -3.27 ^b | ± 0.70 | 12.70 ^a | ± 0.32 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 92.16 ^a | ± 0.64 | -2.95 ^a | ± 0.80 | 14.33 ^a | ± 0.69 |
| Taşıyıcı oranı | | | | | | |
| %50 | 90.91 ^b | ± 0.56 | -3.20 ^a | ± 0.72 | 13.59 ^a | ± 0.55 |
| %75 | 92.42 ^a | ± 0.60 | -3.10 ^a | ± 0.75 | 12.10 ^a | ± 0.73 |
| %100 | 92.56 ^a | ± 0.61 | -3.08 ^a | ± 0.75 | 11.93 ^a | ± 0.84 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin L* renk değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının istatistiksel olarak önemli (p < 0.05; p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. a* renk değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin önemli (p < 0.01) bir etkisi bulunurken, b* renk değeri üzerine ise sadece kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Kurutma yöntemlerine ve taşıyıcı oranlarına bağlı b* renk değeri ortalama olarak 12.54, taşıyıcı oranlarına bağlı a* renk değerinin ise ortalama olarak -3.13 değerinde olduğu belirlenmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerinin L* renk değeri vakum kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Yöntemlere göre sıcaklık ve kurutma sürelerinin değişimlerine bağlı olarak renk değerlerinde farklılık olduğu düşünülmüştür.

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu örneklerinde L*, a* ve b* renk değerlerinin diğer taşıyıcı türlerini içeren örneklere göre daha yüksek olduğu tespit

edilmiştir. Taşıyıcıların doğal renklerindeki farklılığın son ürüne de yansıdığı değerlendirilmiştir. Samborska vd (2015) tarafından yapılan bir çalışmada sadece Arap zımkı içeren çözeltilinin püskürtülerek kurutulması ile elde edilen toz örneğın, %50:50 Arap zımkı-bal içeren karışımın toz haline getirilmesi ile elde edilen ürüne göre daha yüksek L* ve b* renk değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir. Nurhadi vd (2012) tarafından yapılan bir çalışmada L*, a* ve b* renk değerinin püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak üretilen maltodekstrin-bal tozu karışımlarında 94.6, -0.3 ve 6.9, vakum kurutma ile üretilen örneklere ise 95.4, -0.2 ve 7.9 olduğu, Arap zımkı-bal tozu karışımlarında ise sırası ile bu değerlerin 98.1, -0.1 ve 2.1 ve 94.3, -0.2 ve 10.5 olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Ram (2011) tarafından dirençli nişasta-bal karışımının püskürterek kurutulması ile yapılan bir çalışmada ise L*, a* ve b* renk değerlerinin sırası ile 84.62-90.22, -0.82-(-1.29) ve 11.50-19.28 aralıklarında değıştiği bildirilmiştir.

Taşıyıcı oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, taşıyıcı oranının artışına bağılı olarak da L* renk değerinin arttığı belirlenmiştir. Bal tozu örneklerinden elde edilen L* renk değeri sonuçları değerlendirildiğinde tüm ürünlerin, üretimde kullanılan bala göre daha açık renge sahip olduğu ve dolayısıyla taşıyıcıların balın renginin açılmasına önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen renk değerlerine ilişkin bulgular literatürde bildirilen sonuçlar ile genel olarak uyumlu olmakla birlikte bazı farklılıkların kullanılan balın kaynağına, taşıyıcı türlerine ve taşıyıcı oranlarına bağılı olarak ortaya çıktığı düşünölmüştür.

4.2.1.3. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin partikül boyutu değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.8'de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Hacim ağırlıklı ortalama (μm) | Yüzey ağırlıklı ortalama (μm) |
|------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 612.99 | 131.63 |
| | | 75 | 905.44 | 334.23 |
| | | 75 | 492.12 | 53.31 |
| | | 100 | 465.17 | 60.58 |
| | | 100 | 200.62 | 36.46 |
| | | 100 | 231.77 | 33.22 |
| | Arap zımkı | 50 | 200.77 | 13.00 |
| | | 75 | 304.34 | 12.72 |
| | | 75 | 34.12 | 7.48 |
| | | 100 | 24.45 | 7.38 |
| | | 100 | 62.46 | 6.37 |
| | | 100 | 41.57 | 6.17 |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 70.39 | 7.95 |
| | | 75 | 59.23 | 8.39 |
| | | 75 | 43.68 | 5.11 |
| | | 100 | 49.25 | 5.77 |
| | | 100 | 38.95 | 4.78 |
| | | 100 | 39.12 | 4.45 |
| | Arap zımkı | 50 | 150.91 | 54.98 |
| | | 75 | 219.80 | 89.98 |
| | | 75 | 64.15 | 13.01 |
| | | 100 | 74.44 | 13.90 |
| | | 100 | 88.79 | 14.99 |
| | | 100 | 108.20 | 65.80 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 86.23 | 17.84 | |
| | 75 | 73.74 | 13.18 | |
| | 75 | 57.03 | 12.69 | |
| | 100 | 79.08 | 15.44 | |
| | 100 | 80.90 | 13.85 | |
| | 100 | 86.76 | 14.27 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 46.48 | 8.50 | |
| | 75 | 59.77 | 9.11 | |
| | 75 | 98.96 | 9.09 | |
| | 100 | 103.18 | 10.47 | |
| | 100 | 82.52 | 11.17 | |
| | 100 | 105.95 | 11.34 | |

Çizelge 4.9. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Hacim ağırlıklı ortalama (μm) | | Yüzey ağırlıklı ortalama (μm) | |
|-------------------|----|--------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|--------|
| | | KO | F | KO | F |
| Kurutma yöntemi | 1 | 135614.20 | 6.98* | 3199.79 | 1.37 |
| Taşıyıcı türü | 2 | 197383.54 | 10.16** | 17107.62 | 7.30** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 59137.58 | 3.04* | 6480.60 | 2.77 |
| Hata | 30 | 19434.72 | | 2342.40 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.10. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Hacim ağırlıklı ortalama (μm) | | Yüzey ağırlıklı ortalama (μm) | |
|------------------------------|--------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|---------|
| | Ortalama | SD | Ortalama | SD |
| Püskürterek kurutma | 215.36 ^a | ± 59.12 | 41.06 ^a | ± 18.82 |
| Vakum kurutma | 92.61 ^b | ± 9.33 | 22.20 ^a | ± 5.44 |
| Taşıyıcı türü | | | | |
| Maltodekstrin | 301.20 ^a | ± 75.87 | 75.18 ^a | ± 25.55 |
| Arap zankı | 94.29 ^b | ± 23.04 | 11.70 ^b | ± 1.12 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 66.46 ^b | ± 7.31 | 8.01 ^b | ± 0.71 |
| Taşıyıcı oranı | | | | |
| %50 | 232.51 ^a | ± 76.77 | 58.46 ^a | ± 27.56 |
| %75 | 132.14 ^{ba} | ± 47.25 | 17.85 ^a | ± 5.37 |
| %100 | 97.30 ^b | ± 17.57 | 18.57 ^a | ± 5.24 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$; $p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Sade bal tozu örneklerinin yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri üzerine ise sadece farklı taşıyıcı türleri kullanımının önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri ve taşıyıcı oranlarına bağlı yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri yaklaşık 31.63 μm olarak tespit edilmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin vakum kurutma yöntemi ile üretilen örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Püskürterek kurutma yönteminde sıvı karışım toz partiküller halinde üretilebilirken, vakum kurutma yöntemi ile ürünler

kalıp halinde elde edilmektedir. Kalıp halindeki bu ürünler daha sonra 30 sn boyunca öğütme işlemine tabi tutulduğundan partikül boyutları arasında önemli düzeyde bir farklılık meydana geldiği düşünülmüştür.

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin diğer taşıyıcı türlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Partikül boyutunun atomizasyon türüne ve hızına, kurutulacak sıvının viskozitesine ve kurutma koşullarına (sıcaklık, besleme hızı vb) bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Kurozawa vd 2009, Samborska ve Czelejewska 2014). Araştırmada maltodekstrin içeren örneklerin daha çok topaklanma eğiliminde olduğu, özellikle püskürterek kurutma yöntemi ile %50 oranında maltodekstrin içeren karışımlardan elde edilen örneklerde toz formundan ziyade milimetrik ölçülerde büyük parçacıkların oluşması nedeniyle partikül boyutunun diğer taşıyıcı türlerine göre 3 ila 5 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Taşıyıcı oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, taşıyıcı kullanım oranları artışına bağlı olarak ise hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerinin azaldığı belirlenmiştir. Genellikle taşıyıcı kullanım oranının artmasının çözeltinin viskozitesini arttırdığı, böylece atomizasyon ile oluşan damlacıkların boyutunun artarak toz halindeki ürünün de partikül boyutunu arttığı ve püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen ve farklı oranlarda (%5-25) maltodekstrin içeren böğürtlen tozunun hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin 12.52-34.18 µm aralığında değiştiği bildirilmiştir (Ferrari vd 2012). Yapılan bir çalışmada püskürtülerek kurutulan örneklerin maltodekstrin kullanım oranının artmasına bağlı olarak partikül boyutunun da arttığı bildirilmiştir (Khalilian Movahhed ve Mohebbi 2015). Ancak mevcut çalışma ile elde edilen bulgular literatürde bildirilen benzer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Bu bulguların literatürdeki benzer çalışmalardan farklılık göstermesinde; uygulanan kurutma koşullarının farklılığının ve vakum kurutma işleminde gerçekleştirilen boyut küçültme işleminin önemli etkilerinin bulunduğu düşünülmüştür.

4.2.1.4. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.11’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) |
|------------------------------|---------------|--------------------|---------------------------------------------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 0.57 |
| | | 50 | 0.56 |
| | | 75 | 0.43 |
| | | 75 | 0.39 |
| | | 100 | 0.35 |
| | | 100 | 0.36 |
| | Arap zıncı | 50 | 0.42 |
| | | 50 | 0.39 |
| | | 75 | 0.45 |
| | | 75 | 0.44 |
| | | 100 | 0.47 |
| | | 100 | 0.47 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 0.45 | |
| | 50 | 0.42 | |
| | 75 | 0.40 | |
| | 75 | 0.40 | |
| | 100 | 0.44 | |
| | 100 | 0.42 | |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 0.59 |
| | | 50 | 0.60 |
| | | 75 | 0.67 |
| | | 75 | 0.68 |
| | | 100 | 0.74 |
| | | 100 | 0.73 |
| | Arap zıncı | 50 | 0.58 |
| | | 50 | 0.61 |
| | | 75 | 0.67 |
| | | 75 | 0.70 |
| | | 100 | 0.74 |
| | | 100 | 0.73 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 0.76 | |
| | 50 | 0.75 | |
| | 75 | 0.84 | |
| | 75 | 0.84 | |
| | 100 | 0.86 | |
| | 100 | 0.87 | |

Çizelge 4.12. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 0.74 | 137.02** |
| Taşıyıcı türü | 2 | 0.02 | 2.98 |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 0.00 | 0.82 |
| Hata | 30 | 0.01 | |

* $0.01 < p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Çizelge 4.13. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| Püskürterek kurutma | 0.43 ^b \pm 0.01 |
| Vakum kurutma | 0.72 ^a \pm 0.02 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kullanılan taşıyıcı tür ve oranlarına bağlı sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerinin ortalama 0.58 g/cm^3 olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin vakum kurutma yöntemi ile üretilen örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeninin püskürterek kurutma yönteminde partiküllerin büyük granüller halinde olması ve yığında granüller arası fazlaca boşluklar bulunmasından ve vakum kurutma yönteminde ise kurutma sonrasında öğütülen ürünün daha küçük partikül boyutuna sahip toz halinde olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca vakum kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerin nem içeriklerinin yüksek olmasının da bu duruma katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmalarda ürünün nem içeriğinin artışına bağlı olarak yığın yoğunluğunun da arttığı bildirilmiştir (Bansal vd 2014, Khalilian Movahhed ve Mohebbi 2015, Suhag vd 2016). Shi vd (2013) tarafından yapılan bir araştırmada püskürterek kurutma ile üretilen bal tozu örneklerinin yığın yoğunluğu değerinin %40 peynir altı suyu proteini içeren örnekte 0.32 g/cm^3 , %39.5 maltodekstrin içeren örnekte ise 0.51 g/cm^3 olduğu rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise yine püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerinin %40 oranında Arap zıncığı içeren örneklerde 0.80 g/cm^3 olduğu bildirilmiştir (Suhag vd 2016). Ayrıca hibiskus çiçeğinin püskürterek kurutulduğu bir çalışmada ise aynı oranda maltodekstrin, Arap zıncığı ve peynir altı suyu proteinlerini içeren örneklerin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin sırası ile 0.43 , 0.56 ve 0.53 g/cm^3 olduğu rapor edilmiştir (Díaz-Bandera vd

2015). Mevcut çalışma ile elde edilen bulgular ile literatürde bildirilen sonuçlar genel olarak uyumludur.

4.2.1.5. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.14’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Çözünürlük (%) |
|------------------------------|---------------|--------------------|----------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 98.60 |
| | | 75 | 99.15 |
| | | 100 | 97.81 |
| | | 50 | 98.14 |
| | | 75 | 97.62 |
| | | 100 | 99.73 |
| | Arap zamkı | 50 | 97.56 |
| | | 75 | 99.89 |
| | | 100 | 96.23 |
| | | 50 | 97.18 |
| | | 75 | 96.72 |
| | | 100 | 96.60 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 95.87 | |
| | 75 | 95.88 | |
| | 100 | 97.73 | |
| | 50 | 97.23 | |
| | 75 | 96.20 | |
| | 100 | 95.14 | |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 95.02 |
| | | 75 | 93.60 |
| | | 100 | 91.78 |
| | | 50 | 92.27 |
| | | 75 | 91.37 |
| | | 100 | 90.68 |
| | Arap zamkı | 50 | 93.55 |
| | | 75 | 93.79 |
| | | 100 | 93.06 |
| | | 50 | 92.23 |
| | | 75 | 89.58 |
| | | 100 | 90.83 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 93.97 | |
| | 75 | 93.83 | |
| | 100 | 93.94 | |
| | 50 | 92.69 | |
| | 75 | 92.92 | |
| | 100 | 92.38 | |

Çizelge 4.15. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 204.44 | 146.84** |
| Taşıyıcı türü | 2 | 1.91 | 1.37 |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 9.13 | 6.56** |
| Hata | 30 | 1.39 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.16. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Çözünürlük (%) |
|---------------------|----------------------------|
| Püskürterek kurutma | 97.40 ^a ± 0.32 |
| Vakum kurutma | 92.64 ^b ± 0.33 |
| Taşıyıcı oranı | Çözünürlük (%) |
| %50 | 95.89 ^a ± 0.68 |
| %75 | 95.02 ^{ba} ± 0.74 |
| %100 | 94.15 ^b ± 0.94 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının istatistiksel olarak önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu, ancak kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin önemli (p > 0.05) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kullanılan farklı taşıyıcı türlerine bağlı çözünürlük değeri ortalama %95.02 olarak tespit edilmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerinin çözünürlüğünün vakum kurutma yöntemi ile üretilen örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda üretilen toz örneklerin çözünürlüğünün, su içeriğinin ve yığın yoğunluğunun azalması ile arttığı bildirilmiştir (Fazaeli vd 2016, Saikia vd 2015). Buradan hareketle püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinin daha düşük nem içeriğine ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna sahip olması literatürde verilen bilgiler ile uyum sağlamaktadır. Düşük nem içeriğine sahip ürünlerin topaklaşmaya karşı daha stabil niteliklere sahip olduğu ve bu nedenle daha kolay çözündürülebildikleri, azalan yığın yoğunluğu sebebiyle ise birim miktardaki suyun çözmesi amacıyla ilave edilen partikül miktarının azalmasına bağlı olarak su molekülleri ile ürün bileşenleri arasındaki hidrojen bağı interaksiyonun doyuma ulaşması ihtimalinin diğer ürünleri göre daha az olması nedenleriyle yığın yoğunluğunun azalmasının çözünürlüğü arttırdığı düşünülmüştür. Ayrıca vakum kurutma işleminin süresinin (13 saat), püskürterek kurutma işlemi süresine (40 dakika) göre daha uzun olmasının da çözünürlük farkı üzerine etkisinin olduğu, bu etkinin ise uygulama sıcaklık ve süresinin neden olduğu ortak etkiye bağlı olarak hidrojen bağı yapma kapasitesi bulunan bazı bileşenlerin parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Taşıyıcı kullanım oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, taşıyıcı kullanım oranlarının artışına bağlı olarak sade bal tozu örneklerinin çözünürlüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada kurutulan ahududu tozlarının partikül boyutlarının azalmasına bağlı olarak elde edilen tozların çözünürlük değerlerinin de azaldığı bildirilmiştir (Collado-Fernandez vd 2000, Si vd 2016, Şahin-Nadeem vd 2013). Mevcut çalışmada da %50 taşıyıcı içeren bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin (232.51 μm), %100 oranında taşıyıcı içeren bal tozu örneklerinden (97.30 μm) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Azalan partikül boyutu ve böylece artan yüzey alanı sebebiyle ürünlerin nem çekme hızının arttığı ve böylece ürünün topaklaşması sebebiyle de çözünürlük değerinin azaldığı düşünülmüştür. Aynı zamanda bu durumun bir diğer nedeninin ise baldan gelen ve su ile hidrojen bağı yapma kapasitesi yüksek olan monosakkaritler gibi bileşenlerin karışımdaki miktarlarının azalması olabileceği de düşünülmüştür.



4.2.1.6. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.17’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Bulanıklık (NTU) |
|------------------------------|---------------|--------------------|------------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 207.00 |
| | | 75 | 257.50 |
| | | 100 | 276.50 |
| | | 50 | 281.00 |
| | | 75 | 646.00 |
| | | 100 | 630.50 |
| | Arap zamkı | 50 | 154.00 |
| | | 75 | 162.50 |
| | | 100 | 133.00 |
| | | 50 | 130.50 |
| | | 75 | 126.50 |
| | | 100 | 125.50 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 255.50 | |
| | 75 | 251.50 | |
| | 100 | 303.50 | |
| | 50 | 303.50 | |
| | 75 | 348.50 | |
| | 100 | 347.50 | |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 156.50 |
| | | 75 | 268.50 |
| | | 100 | 7607.50 |
| | | 50 | 4520.00 |
| | | 75 | 8707.50 |
| | | 100 | 12647.50 |
| | Arap zamkı | 50 | 125.00 |
| | | 75 | 121.50 |
| | | 100 | 133.50 |
| | | 50 | 130.50 |
| | | 75 | 149.50 |
| | | 100 | 161.50 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 241.50 | |
| | 75 | 240.50 | |
| | 100 | 284.50 | |
| | 50 | 277.50 | |
| | 75 | 313.50 | |
| | 100 | 320.50 | |

Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 27503906.17 | 5.22* |
| Taşıyıcı türü | 2 | 31495946.81 | 5.97** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 10181985.25 | 1.93 |
| Hata | 30 | 5272383.80 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.19. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Bulanıklık (NTU) |
|------------------------------|--------------------------------|
| Püskürterek kurutma | 274.47 ^b ± 35.93 |
| Vakum kurutma | 2022.61 ^a ± 887.70 |
| Taşıyıcı türü | |
| Maltodekstrin | 3017.17 ^a ± 1249.31 |
| Arap zıncığı | 137.79 ^b ± 4.29 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 290.67 ^b ± 11.09 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve farklı taşıyıcı türleri kullanımının istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$; $p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kullanılan taşıyıcı oranlarına bağlı bulanıklık değeri ortalama 1148.54 NTU olarak belirlenmiştir.

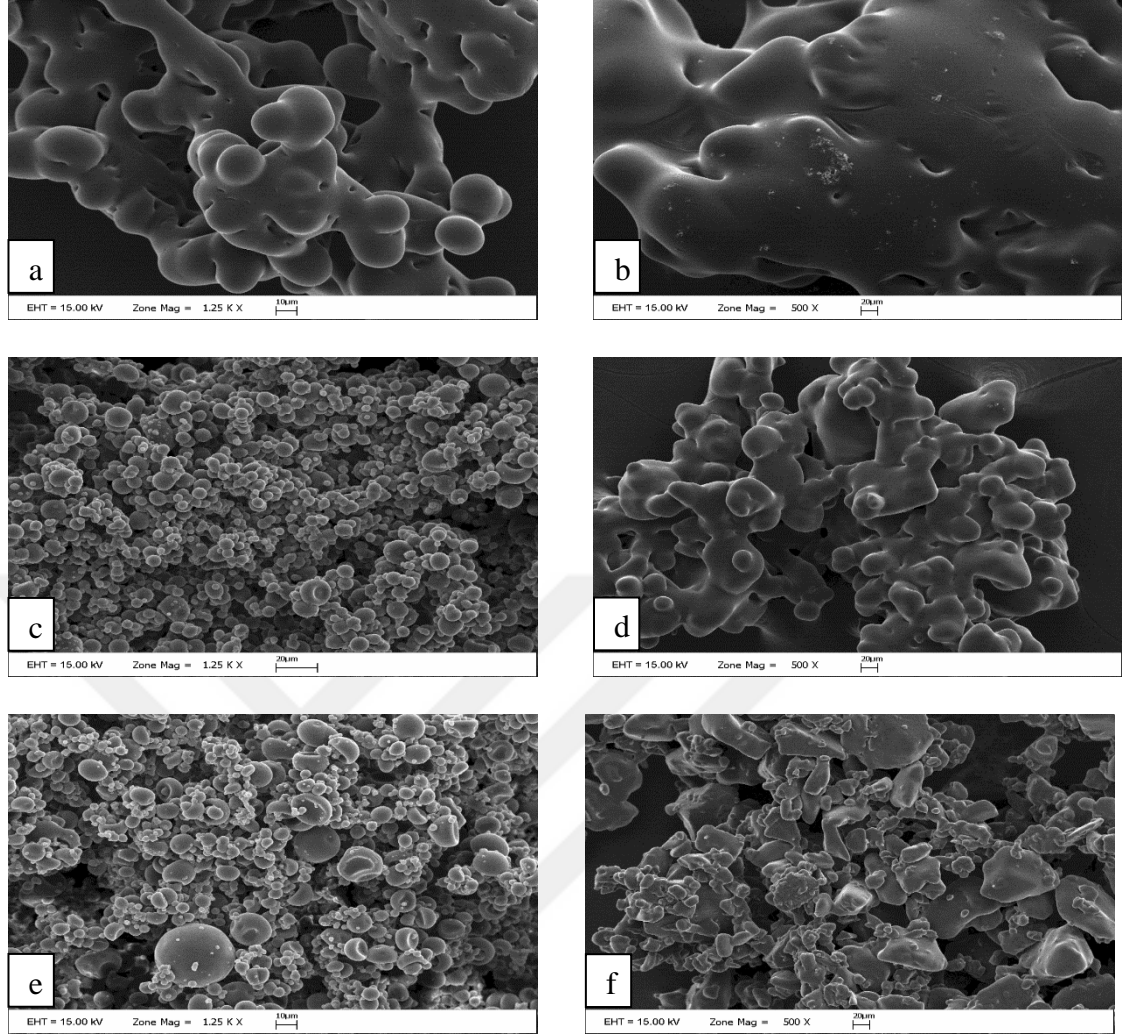
Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerinin, vakum kurutma yöntemi ile üretilen örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Taşıyıcı kullanım oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ise maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinin bulanıklık değerinin diğer taşıyıcı türlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bulanıklık sıvı içerisinde koloidal ve süspansiyon halde bulunan partikül miktarı, partikül boyutu, ürünlerin refraktif indeks değeri ve ürün içerisinde renkli bileşen varlığına göre farklılık göstermektedir (Collado-Fernandez vd 2000, Şahin-Nadeem vd 2013). Genellikle tüketiciler tarafından içeceklerin berrak olması istenilmektedir. Bu nedenle üretilen bal tozu örneklerinin soğuk içeceğe dönüştürülmesi amaçlandığından, elde edilen bal tozu içeceklerinin bulanıklık değerlerinin belirlenmesinin çalışma açısından önemli olduğu düşünülmüştür. Her iki kurutma yöntemi arasındaki temel farklılığın maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Vakum kurutma işleminde uygulanan düşük basınç ortamında sıcaklık-süre etkisine bağlı olarak suda homojen olarak çözülebilir nitelikte ürünlerin fizikokimyasal yapılarında meydana gelebilen olası değişimler sebebiyle bulanıklığın püskürterek kurutma yöntemine göre daha yüksek

olduğu düşünölmüştür. Artan maltodekstrin konsantrasyonuna bağı olarak vakum kurutma yönteminde bulanık değerlerinin pöskürterek kurutma yöntemine göre 15 kat daha fazla olduğı tespit edilmiştir. Bu durumun sebebinin ise su molekülleri ve bal-maltodekstrin karışımı arasındaki hidrojen bağı interaksiyonun doyuma ulaşması sonucu maltodekstrin-maltodekstrin interaksiyonlarının artması ve çözünemeyen farklı boyutlardaki partiküllerin kolloidal ve süspansiyon halinde sıvı içerisinde askıda kalarak bulanıklığa sebep olmasından kaynaklandığı düşünölmüştür.

4.2.1.7. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin partikül mikro yapısı üzerine etkisi

Çalışmada diastaz sayısı parametresi temel alınarak yapılan değerlendirme neticesinde maltodekstrin içeren örneklerin diastaz enzim aktivitelerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğı'nde bildirilen 8 değerinden düşük olması nedeniyle bu araştırmanın amacına uygun olmadığı belirlenmiş olup, bu örnekler dışındaki tüm ürünlerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

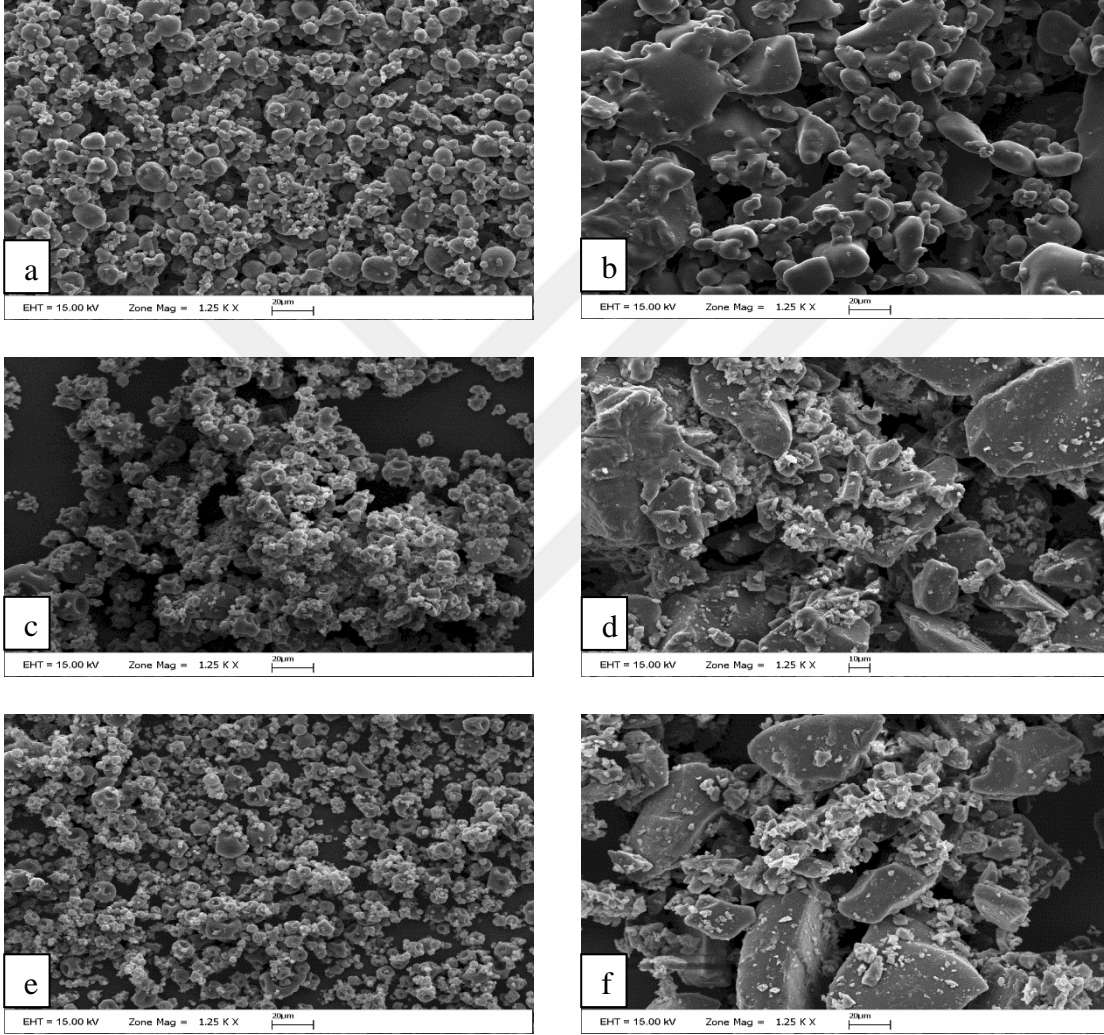
Sterio mikroskop kullanılarak yapılan incelemede ise tüm ürünlerden elde edilen görüntüler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de belirtilmiştir. Arap zankı içeren sade bal tozu örneklerinin partikül mikro yapılarına ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 4.1'de, peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu örneklerinin partikül mikro yapılarına ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ise Şekil 4.2'de verilmiştir. Ayrıca pöskürterek kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri Şekil 4.3'de, vakum kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri ise Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Arap zımkı içeren bal tozu örneklerine ait taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (a:%50 Arap zımkı içeren püskürterek kurutma, b:%50 Arap zımkı içeren vakum kurutma, c:%75 Arap zımkı içeren püskürterek kurutma, d: %75 Arap zımkı içeren vakum kurutma, e:%100 Arap zımkı içeren püskürterek kurutma, f:%100 Arap zımkı içeren vakum kurutma ile üretilen sade bal tozu örnekleri)

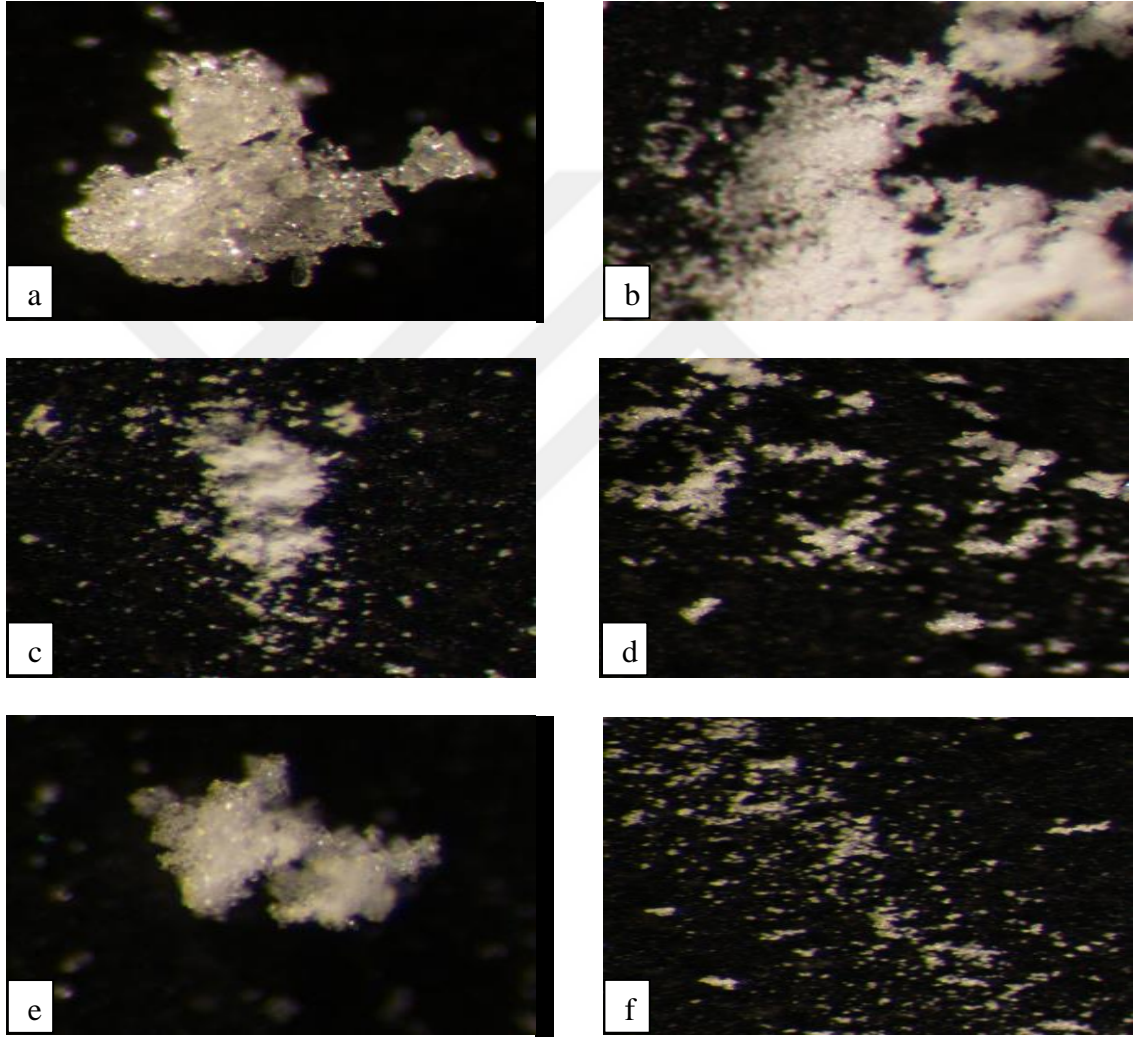
Vakum kurutma yöntemi ile üretilen ve Arap zımkı içeren bal tozu örneklerinde yapışkanlığın etkisi ile 500 kat büyütmenin üzerinde özellikle %50 oranında taşıyıcı içeren bal tozu örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde granüllerin yapısı anlaşılamamakta ve sadece düz bir yüzey görünmektedir. Bu nedenle bu ürünlere ait görüntüler 500 kat büyütme ile verilirken, peynir altı suyu içeren örnekler için bu büyütme değeri yapıların daha net anlaşılabilmesi için 1250 kat olarak seçilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde taşıyıcı kullanım oranlarının artışına bağlı olarak yapıların birbirinden ayrıldığı ve partikül boyutları arasındaki heterojenliğin arttığı görülmektedir. Küresel partikül şeklinin ve partiküller arasındaki boyut farklılığının püskürterek kurutma işlemi ile elde edilen ürünlerin karakteristik bir özelliği olduğu bildirilmiştir (Ferrari vd 2012). Püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin daha küresel yapıda ve düz bir yüzeye sahip olduğu, bazı

yapılarda bölgesel çöküntülerin meydana geldiği görülmektedir. Bölgesel çöküntülerin püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen partiküllerde genel olarak görülebildiği, bu durumun sebebinin ise kurutma sırasında buharlaşan suyun yapı içerisinde basınca neden olarak genişleme yarattığı ve dışarı çıkan buharın ardından yapı yüzeyinde çöküntülerin meydana geldiği bildirilmiştir (Ferrari vd 2012, Ré 1998). Vakum kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinde ise özellikle taşıyıcı kullanım oranının artışı ve böylece yapışkanlığın azalması ile birlikte granüler yapıların birbirlerinden ayrıldığı ve granül şekillerinin köşeli geometrik özellikte olduğu görülmektedir.

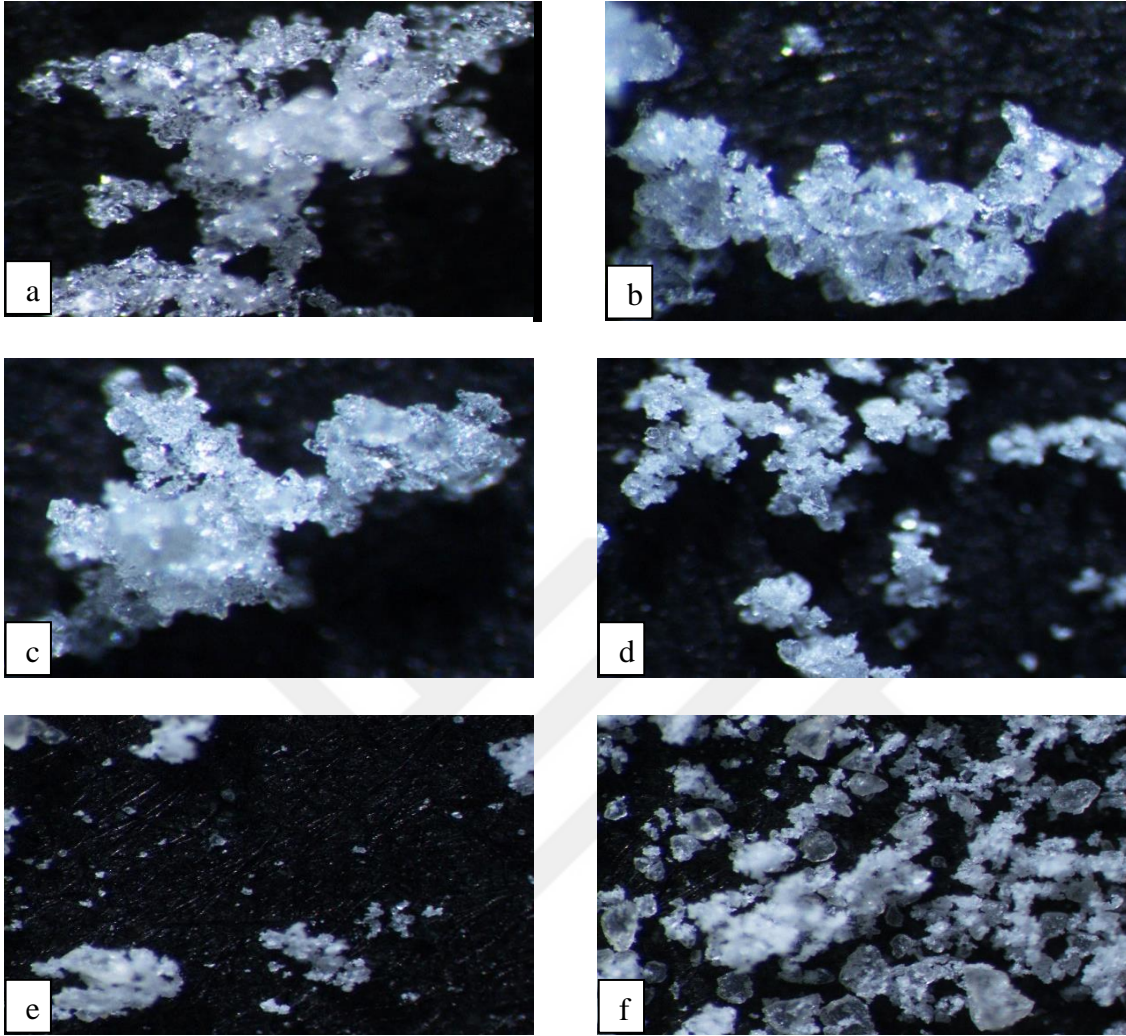


Şekil 4.2. Peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerine ait taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (a:%50 peynir altı suyu proteinleri içeren püskürterek kurutma, b:%50 peynir altı suyu proteinleri içeren vakum kurutma, c:%75 peynir altı suyu proteinleri içeren püskürterek kurutma, d:%75 peynir altı suyu proteinleri içeren vakum kurutma, e:%100 peynir altı suyu proteinleri içeren püskürterek kurutma, f:%100 peynir altı suyu proteinleri içeren vakum kurutma ile üretilen sade bal tozu örnekleri)

Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde her iki kurutma yönteminde de ürünlerin farklı boyutlarda partiküller içerdiği görülmektedir. Püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin daha küresel yapıda olduğu ve %50 taşıyıcı içeren örneklerin düz bir granül yüzeyine sahip iken, taşıyıcı kullanım oranının artışı ile birlikte yapılarda bölgesel çöküntülerin meydana geldiği görülmektedir. Vakum kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinde ise Arap zıncı kullanılan bal tozu örneklerine benzer olarak granül şekillerinin köşeli geometrik yapılarda olduğu görülmektedir. Küresel düz bir yüzeye sahip granüllerin amorf, hegzagonal keskin kenarlı yapıya sahip granüllerin ise kristal yapıya sahip oldukları bildirilmiştir (Samborska vd 2015).



Şekil 4.3. Püskürterek kurutulan sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri (a:%50 maltodekstrin, b:%100 maltodekstrin, c:%50 Arap zıncı, d:% 100 Arap zıncı, e:%50 peynir altı suyu proteini, f:%100 peynir altı suyu proteini içeren sade bal tozu örnekleri)



Şekil 4.4. Vakum kurutulan sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri (a: %50 maltodekstrin, b:% 100 maltodekstrin, c:%50 Arap zankı, d:% 100 Arap zankı, e:%50 peynir altı suyu proteini, f:%100 peynir altı suyu proteini içeren sade bal tozu örnekleri)

Kurutma yöntemleri, taşıyıcı tür ve oranlarına göre yukarıda verilen sterio mikroskop görüntüleri incelendiğinde ürünlerin kristal yapıda olduğu, püskürterek kurutma yönteminde partiküller arasındaki aglomerasyonun daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeninin farklı kurutma yöntemlerinin etkisi ile ürünlerin sahip olduğu nem içeriği farklılığından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.2.2. Sade bal tozu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

4.2.2.1. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.20’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Nem (%) | Su aktivitesi |
|---------------------|------------------------------|--------------------|---------|---------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 1.81 | 0.18 |
| | | | 1.81 | 0.17 |
| | | 75 | 3.56 | 0.18 |
| | | | 3.60 | 0.19 |
| | | 100 | 3.96 | 0.22 |
| | | | 3.78 | 0.22 |
| | Arap zamkı | 50 | 3.48 | 0.18 |
| | | | 3.51 | 0.19 |
| | | 75 | 4.02 | 0.18 |
| | | | 3.90 | 0.19 |
| | | 100 | 4.26 | 0.21 |
| | | | 4.16 | 0.20 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 3.77 | 0.19 |
| | | | 4.17 | 0.19 |
| | | 75 | 3.85 | 0.20 |
| | | 4.26 | 0.21 | |
| 100 | | 4.37 | 0.22 | |
| | | 4.39 | 0.22 | |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 2.03 | 0.27 |
| | | | 1.94 | 0.28 |
| | | 75 | 2.89 | 0.30 |
| | | | 2.61 | 0.29 |
| | | 100 | 4.86 | 0.30 |
| | | | 4.92 | 0.33 |
| | Arap zamkı | 50 | 4.16 | 0.28 |
| | | | 4.44 | 0.25 |
| | | 75 | 5.86 | 0.30 |
| | | | 5.85 | 0.31 |
| | | 100 | 6.13 | 0.32 |
| | | | 6.12 | 0.33 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 4.95 | 0.27 |
| | | | 5.58 | 0.29 |
| | | 75 | 6.51 | 0.37 |
| | | 7.18 | 0.38 | |
| 100 | | 7.32 | 0.43 | |
| | | 7.23 | 0.43 | |

Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Nem (%) | | Su aktivitesi | |
|-------------------|----|---------|---------|---------------|----------|
| | | KO | F | KO | F |
| Kurutma yöntemi | 1 | 15.92 | 32.79** | 0.13 | 206.20** |
| Taşıyıcı türü | 2 | 14.66 | 30.21** | 0.01 | 9.30** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 8.34 | 17.17** | 0.01 | 15.36** |
| Hata | 30 | 0.49 | | 0.00 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.22. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Nem (%) | Su aktivitesi |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Püskürterek kurutma | 3.70 ^b ± 0.18 | 0.20 ^b ± 0.00 |
| Vakum kurutma | 5.03 ^a ± 0.41 | 0.32 ^a ± 0.01 |
| Taşıyıcı türü | | |
| Maltodekstrin | 3.15 ^c ± 0.33 | 0.24 ^b ± 0.02 |
| Arap zıncığı | 4.66 ^b ± 0.30 | 0.25 ^b ± 0.02 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 5.30 ^a ± 0.40 | 0.28 ^a ± 0.03 |
| Taşıyıcı oranı | | |
| %50 | 3.47 ^c ± 0.38 | 0.23 ^c ± 0.01 |
| %75 | 4.51 ^b ± 0.43 | 0.26 ^b ± 0.02 |
| %100 | 5.12 ^a ± 0.36 | 0.29 ^a ± 0.02 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının istatistiksel olarak önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, sade bal tozu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin püskürterek kurutma yönteminde vakum kurutma yöntemine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Püskürterek kurutma işlemi sırasında atomizerden geçen sıvı partiküllerinin çapları mikron boyutunda küçültüldüğünden artan yüzey alanı nedeniyle kurutulmak üzere hazırlanan karışımın içerdiği su daha kolay uzaklaştırılabilmektedir. Ancak vakum kurutma işleminde ısı transferinin tek bir yüzeyden yapılması ve su içeriğinin azalması ile birlikte karışımın üzerinde oluşan kabuk nedeniyle suyun uzaklaştırılması zorlaşmaktadır. Belirtilen nedenlerle vakum kurutma yönteminden elde

edilen örneklerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen örneklere göre daha yüksek olduğu düşünülmüştür. Ayrıca vakum kurutma yöntemi ile üretilen örneklerin öğütme sırasında nem çekmesinin de bu sonuca neden olduğu değerlendirilmiştir.

Kullanılan taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, peynir altı suyu proteini içeren örneklerin diğer taşıyıcı türlerine daha yüksek nem ve su aktivitesi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Taşıyıcı materyaller arasındaki nem ve su aktivitesi farklılığının, taşıyıcı materyallerde bulunan ve su bağlama kapasitesine sahip olan aktif uçların sayısından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca çözeltilerin viskozitelerinin kullanılan taşıyıcıya bağlı olarak değişmesi ve yüksek viskoziteli sıvıların kurutulması sırasında ise nemin uzaklaştırılmasının zorlaşmasının da bu duruma neden olabileceği değerlendirilmiştir. Samborska vd (2015) tarafından yapılan bir çalışmada püskürtülerek kurutulan maltodekstrin-bal karışımının nem içeriği değerinin (%2.7), aynı oranda Arap zankı içeren karışımın nem içeriği değerinden (%7.2) daha düşük olduğu bildirilmiştir. Shi vd (2013) tarafından yapılan bir çalışmada ise peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerinin nem içeriği değerinin (%5) aynı oranda maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinin nem içeriğinden (%3.1) daha yüksek olduğu ve örneklerin su aktivitesi değerlerinin ise 0.18-0.26 arasında bulunduğu bildirilmiştir.

Kullanılan taşıyıcı oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, taşıyıcı oranlarının artışına bağlı olarak ürünlerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Bu sonucun karışım içerisinde artan kurumadde miktarı ve buna bağlı olarak da su bağlama özelliğine sahip aktif uç sayısının artmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Taşıyıcı oranının artışının genellikle örneklerin nem içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Samborska vd 2015).

Genel olarak farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranları ile üretilen sade bal tozu örneklerinin nem ve su aktivitesi değerlerinin, literatür değerleri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2.2. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.23’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Titrasyon asitliği (meq/kg) | pH |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 27.48 | 5.32 |
| | | | 25.39 | 5.28 |
| | | 75 | 23.51 | 5.82 |
| | | | 24.01 | 5.83 |
| | | 100 | 20.32 | 6.02 |
| | | | 21.06 | 6.03 |
| | Arap zamkı | 50 | 34.46 | 5.32 |
| | | | 33.95 | 5.28 |
| | | 75 | 38.45 | 5.20 |
| | | | 36.41 | 5.22 |
| | | 100 | 41.26 | 5.13 |
| | | | 39.95 | 5.13 |
| Vakum kurutma | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 149.90 | 6.60 |
| | | | 150.90 | 6.65 |
| | | 75 | 158.01 | 6.76 |
| | | | 154.85 | 6.76 |
| | | 100 | 164.05 | 6.82 |
| | | | 163.95 | 6.82 |
| | Maltodekstrin | 50 | 29.12 | 6.49 |
| | | | 30.22 | 6.43 |
| | | 75 | 23.57 | 6.64 |
| | | | 24.34 | 6.76 |
| | | 100 | 21.21 | 6.94 |
| | | | 22.09 | 7.05 |
| Arap zamkı | 50 | 26.36 | 5.46 | |
| | | 25.92 | 5.53 | |
| | 75 | 31.76 | 5.43 | |
| | | 32.43 | 5.43 | |
| | 100 | 24.74 | 5.84 | |
| | | 25.43 | 5.77 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 197.20 | 6.33 | |
| | | 192.03 | 6.34 | |
| | 75 | 226.56 | 6.41 | |
| | | 220.96 | 6.41 | |
| | 100 | 236.15 | 6.48 | |
| | | 234.63 | 6.49 | |

Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | SD | Titrasyon asitliği (meq/kg) | | | pH | |
|-------------------|----|-----------------------------|----------|------|---------|--|
| | | KO | F | KO | F | |
| Kurutma yöntemi | 1 | 2788.02 | 8.00** | 1.08 | 9.96** | |
| Taşıyıcı türü | 2 | 101271.19 | 290.56** | 4.39 | 40.33** | |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 194.73 | 0.56 | 0.25 | 2.34* | |
| Hata | 30 | 348.53 | | 0.11 | | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.25. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Titrasyon asitliği (meq/kg) | | pH | |
|------------------------------|-----------------------------|---------|--------------------|--------|
| | | | | |
| Püskürterek kurutma | 72.66 ^b | ± 14.55 | 5.89 ^b | ± 0.16 |
| Vakum kurutma | 90.26 ^a | ± 22.04 | 6.24 ^a | ± 0.12 |
| Taşıyıcı türü | | | | |
| Maltodekstrin | 24.36 ^b | ± 0.92 | 6.22 ^b | ± 0.17 |
| Arap zamkı | 32.59 ^b | ± 1.70 | 5.40 ^c | ± 0.07 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 187.43 ^a | ± 9.98 | 6.57 ^a | ± 0.05 |
| Taşıyıcı oranı | | | | |
| % 50 | 76.91 ^a | ± 20.76 | 5.92 ^b | ± 0.17 |
| % 75 | 82.91 ^a | ± 23.64 | 6.06 ^{ba} | ± 0.18 |
| % 100 | 84.57 ^a | ± 25.40 | 6.21 ^a | ± 0.19 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca sade bal tozu örneklerinin pH değerleri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının da istatistiksel olarak önemli (p < 0.05) bir etkisinin bulunduğu, ancak titrasyon asitliği üzerine önemli bir etkisinin (p > 0.05) olmadığı tespit edilmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, vakum kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerlerinin, püskürterek kurutma yöntemine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Vakum kurutma işleminin uygulama süresine ve düşük basınç altında sıvı karışımın kaynamasına bağlı olarak karışım içerisinde pH üzerine etkili olan uçucu asitler gibi moleküllerin vakum uygulaması sırasında dışarı atılan hava ile üründen ayrılması nedeniyle pH değerinin yükseldiği düşünülmüştür.

Yöntemler arasındaki titrasyon asitliği farkının ve vakum kurutma yönteminde pH değeri artarken beklentinin tersine titrasyon asitlik değerinin de artmasının peynir altı suyu proteinlerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu durumun ise; peynir altı suyu proteinlerinin uzun süreli (13 saat) sıcaklık (45-60°C) ve düşük basınç (25mbar) altında işlem görmesi nedeniyle proteinlerin üç boyutlu yapısının muhtemel değişimleriyle ve/veya proteinlerde meydana gelmiş olabilecek bazı kırılmalar sonucu asidik karakterde yeni üç boyutlu yapı veya peptidlerin oluşmasından ileri geldiği değerlendirilmiştir. Oluştugu düşünülen asidik karakterdeki yeni protein ve peptidlerin pH değerini düşürmemelerinin ise proteinlerinin sahip olduğu tamponlama (Saldamlı 2007) kapasitesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, peynir altı suyu proteini içeren örneklerin diğer taşıyıcı türlerini içeren örneklere göre daha yüksek titrasyon asitliği ve pH değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durumun ise yukarıda belirtilen nedenlerle ilişkili olarak oluştuğu değerlendirilmiştir. Ayrıca Arap zankı ilavesinin asitlik değerini arttığı ve pH değerini düşürdüğü, maltodekstrin ilavesinin ise asitlik değerini düşürdüğü, pH değerini ise arttırdığı belirlenmiş olup, bu farklılıkların ilave edilen materyallerin kimyasal karakterleri ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan analizde kullanılan taşıyıcı materyallerin pH değerlerinin maltodekstrin için 6.39, Arap zankı için 4.69 ve peynir altı suyu proteinleri için ise 6.92 olduğu tespit edilmiştir.

Taşıyıcı oranlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ise, artan taşıyıcı oranının asitlik değerini istatistiksel olarak değiştirmedeği ancak pH değerini yükselttiği belirlenmiştir. Beklentilere uygun olmayan bu durumun peynir altı suyu proteinlerinin yukarıda açıklanan etkileri nedeniyle oluşmuş olabileceği, bu durumun ise asitlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel ve matematiksel olarak yok olmasına neden olduğu değerlendirilmiştir. pH değerinin taşıyıcı oranlarının artışına bağlı olarak artmasının nedeninin ise karışım içerisinde asitliğin temel kaynağını oluşturan ve pH değeri ortalama 4.75 olan balın, taşıyıcı oranlarının artışına bağlı olarak karışım içerisindeki miktarının azalması olduğu düşünülmüştür. Aynı zamanda üretilen bal tozu örneklerinin pH değerlerinin, üretimde kullanılan balın pH değerinden daha yüksek olmasının da bu nedene dayalı olduğu düşünülmüştür.

4.2.2.3. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.26'da, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Diastaz sayısı | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 4.47 5.12 | |
| | | 75 | 2.87 2.39 | |
| | | 100 | 2.07 1.98 | |
| | | Arap zamkı | 50 | 11.87 9.98 |
| | | | 75 | 12.3 10.76 |
| | | | 100 | 10.22 10.01 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 10.6 8.87 | |
| | | 75 | 9.26 8.86 | |
| | | 100 | 8.29 6.15 | |
| | Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 1.77 1.50 |
| | | | 75 | 2.50 3.01 |
| | | | 100 | 1.75 1.91 |
| Arap zamkı | | | 50 | 9.19 9.96 |
| | | 75 | 10.20 10.22 | |
| | | 100 | 10.13 9.94 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | | 50 | 12.64 13.02 | |
| | | 75 | 18.25 14.00 | |
| | | 100 | 29.80 25.66 | |

Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 69.67 | 4.07 |
| Taşıyıcı türü | 2 | 393.84 | 23.02** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 8.51 | 0.50 |
| Hata | 30 | 17.11 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.28. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Taşıyıcı türü | Diastaz sayısı |
|------------------------------|---------------------------|
| Maltodekstrin | 2.61 ^b ± 0.32 |
| Arap zamkı | 10.48 ^a ± 0.26 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 13.76 ^a ± 2.09 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değeri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve farklı taşıyıcı oranları kullanımının önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kurutma yöntemlerine ve taşıyıcı oranlarına bağlı diastaz sayısının ortalama 8.95 değerinde olduğu tespit edilmiştir.

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, peynir altı suyu proteini ve Arap zamkı içeren sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerlerinin maltodekstrin içeren bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun temel sebebinin amilaz grubu enzimlerin nişasta ile birlikte maltodekstrinleri de parçalaması ve bu nedenle analizin tekniğine bağlı olarak enzim değerinin var olduğundan daha düşük tespit edilmesine neden olduğu düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerlerinin üretimde kullanılan bala göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Samborska ve Bienkowska 2013).

Arap zamkı içeren örneklerin diastaz sayısının maltodekstrin içeren örneklerden yüksek olmasının sebebinin, Arap zamkının sahip olduğu gam yapısı özelliğinden kaynaklandığı ve bu nedenle enzimlerin Arap zamkının gam yapısı içerisinde maltodekstrin içeren örneklere göre daha çok korunabilmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Diastaz sayısı 8.3 olan bal ile yapılan bir çalışmada maltodekstrin içeren örneklerin diastaz sayısının 1.8, Arap zamkı içeren örneklerin diastaz sayısının ise 12.4 olduğu ve Arap zamkı içeren örneklerin diastaz sayılarının hem püskürterek kurutma hem de vakum kurutma yönteminde maltodekstrin içeren örneklere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Nurhadi vd 2012).

Peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerinin diastaz aktivitesinin hem maltodekstrin içeren bal tozu örneklerine hem de üretimde kullanılan balın diastaz sayısı değerine (10.51) göre yüksek olmasının içerdiği kalsiyum iyonlarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada Ca^{+2} iyonlarının diastaz grubu enzimlerin büyük bir bölümünü oluşturan α -amilazların çalışması üzerine aktivatör etki gösterdiği ve genellikle enzimleri ısıl denatürasyona karşı daha dirençli hale getirdiği bildirilmiştir (Babacan ve Rand 2007, Ivanova vd 1993). Ayrıca taşıyıcı materyal olarak peynir altı suyu proteinlerinin kullanıldığı örneklerin diastaz sayısının vakum kurutma yönteminde, püskürterek kurutma yöntemine göre daha yüksek (Çizelge 4.8) olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun balda bulunan osmotolerant mayalar gibi muhtemel mikroorganizmalardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Püskürterek kurutma sırasında muhtemel mikroorganizmalar su kaybederek hücre zarı parçalanmaksızın içe geçmekte ve amilazları da içeren hücre enzimleri, hücre zarı tarafından kapsüllenerek kurumaktadır. Ancak vakum kurutmada ise kuruma, düşük basınç nedeniyle muhtemel mikroorganizmadaki buharlaşan suyun hücre zarını parçalayıp hücre enzimlerinin serbest hale geçmesine de neden olarak gerçekleşmektedir. Parçalanmış hücre zarlarından ortama verilen enzimlerin, Ca^{+2} iyonlarının diastaz enzimlerini, özellikle α -amilazı, ısıl denatürasyona karşı dirençli hale getirmesi ve aktivatör etki göstermesi sebepleriyle taşıyıcı materyal olarak peynir altı suyu kullanılan ve vakum kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinin diğer bal tozu örneklerine göre daha yüksek diastaz sayısına sahip olmasına neden olmuş olabileceği değerlendirilmiştir.

Bu sonuçlara göre, bal tozu üretiminde taşıyıcı materyal olarak Arap zıkkını ve peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerinde kurutma süresince uygulanan sıcaklık işleminin doğal balın içerdiği enzimler üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun temel nedeninin balda bulunan diastaz enzimlerinin yüksek sıcaklıklarda dahi aktivitelerini koruyabilmelerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada diastaz enzimlerinin optimum çalışma sıcaklıklarının ortalama $55^{\circ}C$ olduğu ve $85^{\circ}C$ sıcaklıkta 11 dakikalık ısıl işlem sonucunda aktivite göstermeye devam ettikleri bildirilmiştir (Babacan vd 2002, Babacan ve Rand 2007).

4.2.2.4. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.29'da, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30'da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | HMF (mg/kg) |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 8.05 |
| | | 75 | 4.85 |
| | | 100 | 9.60 |
| | Arap zamkı | 75 | 10.83 |
| | | 100 | 9.47 |
| | | 100 | 11.23 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 10.61 |
| | | 75 | 7.87 |
| | | 75 | 11.41 |
| | | 100 | 9.06 |
| | | 100 | 10.34 |
| | | 100 | 9.15 |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 5.31 |
| | | 75 | 4.35 |
| | | 75 | 6.86 |
| | Arap zamkı | 75 | 7.53 |
| | | 100 | 5.82 |
| | | 100 | 19.93 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 22.13 |
| | | 75 | 21.67 |
| | | 75 | 21.65 |
| | | 100 | 22.35 |
| | | 100 | 22.44 |
| | | 100 | 11.46 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 12.26 | |
| | 75 | 10.34 | |
| | 75 | 8.92 | |
| | 100 | 10.76 | |
| | 100 | 9.37 | |
| | 100 | 7.42 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 7.83 | |
| | 75 | 6.30 | |
| | 75 | 7.01 | |
| | | 100 | 6.51 |
| | | 100 | 6.70 |

Çizelge 4.30. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 210.73 | 19.20** |
| Taşıyıcı türü | 2 | 241.11 | 21.97** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 2.03 | 0.19 |
| Hata | 30 | 10.98 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.31. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | HMF (mg/kg) |
|------------------------------|---------------------------|
| Püskürterek kurutma | 8.21 ^b ± 0.55 |
| Vakum kurutma | 13.05 ^a ± 1.54 |
| Taşıyıcı türü | |
| Maltodekstrin | 15.35 ^a ± 1.97 |
| Arap zıncığı | 10.12 ^b ± 0.37 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 6.43 ^c ± 0.30 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin HMF değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu, ancak farklı taşıyıcı oranları kullanımının önemli (p > 0.05) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Taşıyıcı kullanım oranlarına bağlı HMF değerinin ortalama 10.63 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma yöntemlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, vakum kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinin HMF içeriğinin, püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun temel sebebinin kurutma sıcaklıkları farkına rağmen, vakum kurutma işlem süresinin uzun, püskürterek kurutma işlem süresinin ise çok daha kısa olmasından ve ayrıca vakum kurutma yönteminde uygulanan düşük basınç ile kurutma sıcaklığının etkisinin artmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Isıl işlem sırasında uygulanan sıcaklığın ve sıcaklık uygulama süresinin artmasına bağlı olarak HMF miktarının arttığı bildirilmiştir (Sacchetti vd 2016).

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinin diğer taşıyıcı türlerini içeren örneklere göre daha yüksek miktarda HMF içerdiği tespit edilmiştir. Bu durumun temel sebebinin maltodekstrin ilavesi ile birlikte karışımda artan karbonhidrat oranından kaynaklandığı düşünülmüştür. Peynir altı suyu proteinleri içeren karışımların HMF içeriğinin daha düşük olarak tespit edilmesinin nedeninin ise peynir altı suyu proteinlerinin kendi içeriğinde doğal olarak bulunabilen (Smithers 2008) ve ayrıca renginin kararmasını

engellemek için üretici firması tarafından da ilave edildiği düşünölen sistein ve sodyum metabisölfüt gibi kükürtlü bileşiklerden kaynaklandığı düşünölmüştür.

4.2.2.5. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üzerine etkisi

Üretilen sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.32'de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.33'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) |
|------------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------------------------------|
| Püskürterek kurutma | Maltodekstrin | 50 | 2.47 |
| | | 75 | 3.48 |
| | | 100 | 4.07 |
| | | 50 | 1.98 |
| | | 75 | 2.19 |
| | | 100 | 2.68 |
| | Arap zamkı | 50 | 7.66 |
| | | 75 | 7.75 |
| | | 100 | 7.94 |
| | | 50 | 8.06 |
| | | 75 | 6.74 |
| | | 100 | 6.41 |
| Vakum kurutma | Maltodekstrin | 50 | 30.25 |
| | | 75 | 18.23 |
| | | 100 | 26.93 |
| | | 50 | 21.75 |
| | | 75 | 27.79 |
| | | 100 | 33.10 |
| | Arap zamkı | 50 | 3.25 |
| | | 75 | 2.96 |
| | | 100 | 1.26 |
| | | 50 | 1.27 |
| | | 75 | 2.25 |
| | | 100 | 2.23 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 7.08 | |
| | 75 | 7.23 | |
| | 100 | 8.09 | |
| | 50 | 7.67 | |
| | 75 | 10.19 | |
| | 100 | 9.57 | |
| Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 30.48 | |
| | 75 | 29.00 | |
| | 100 | 42.69 | |
| | 50 | 40.78 | |
| | 75 | 27.58 | |
| | 100 | 33.40 | |

Çizelge 4.33. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Kurutma yöntemi | 1 | 62.67 | 4.07 |
| Taşıyıcı türü | 2 | 2581.80 | 167.54** |
| Taşıyıcı oranı | 2 | 10.93 | 0.71 |
| Hata | 30 | 15.41 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.34. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Taşıyıcı türü | Antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Maltodekstrin | 2.51 ^c ± 0.24 |
| Arap zımkı | 7.87 ^b ± 0.31 |
| Peynir altı suyu proteinleri | 30.17 ^a ± 2.00 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değeri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve farklı taşıyıcı oranları kullanımının önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri ve taşıyıcı oranlarına bağlı antioksidan aktivite değerleri ortalama olarak $13.51 \mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak belirlenmiştir.

Taşıyıcı türlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin diğer taşıyıcı türlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan aktivitenin, karışımda bulunan melanoidin, fenolik bileşikler, kalsiyum ve magnezyum seviyesi ile ilişkili olduğu ve bu bileşenlerin miktarına bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Aazza vd 2014). Ayrıca balın antioksidan aktivitesinin katalaz, glikoz oksidaz gibi enzimler, askorbik asit, flavonoidler, fenolik asitler, karotenoid türevleri, organik asitler, Maillard reaksiyonu ürünleri, amino asit ve proteinlerden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Özcan ve Al Juhaimi 2015). Mevcut çalışmada ise peynir altı suyu proteini içeren örneklerin, üretimde kullanılan bala ve diğer bal tozu örneklerine göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun peynir altı suyu proteinlerinde bulunan antioksidan kapasiteye sahip peptidler ve proteinler ve kalsiyum iyonlarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneğinin antioksidan aktivitesinin peynir altı suyu proteinlerinin yüksek jelleşme ve emülsifiye etme özellikleri sayesinde önemli düzeyde korunduğu bildirilmiştir (Suhag ve Nanda 2015). Bir diğer araştırmada ise Arap zımkı kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin kurutulması sırasında Arap zımkının yüksek çözünürlüğü ve emülsifiye etme özellikleri ile granüller üzerinde oluşturduğu tabaka

sayesinde antioksidan aktiviteye katkı sağlayan bileşenlerin korunduğu rapor edilmiştir (Suhag vd 2016).

4.2.3. Sade bal tozu karışımı içeceklerine ait duyuşal analiz sonuçları

4.2.3.1. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisi

Duyuşal analiz için seçilecek örneklerin belirlenmesi amacıyla ürünlere ait çözünürlük (%) ve diastaz sayısı parametreleri temel alınmıştır. Yapılan inceleme neticesinde çözünürlük değerinin her iki kurutma yöntemi için, tüm taşıyıcı tür ve oranlarında %90 değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Diastaz sayısı değerinin ise her iki kurutma yöntemi için, maltodekstrin içeren tüm ürünlerde belirlenen 8 değerinin altında olması nedeniyle duyuşal analiz; püskürterek ve vakum kurutma yöntemi ile üretilen, %50, %75 ve %100 oranında Arap zımkı ve peynir altı suyu proteinlerini içeren 12 farklı örneğe, sitrik asit ve trikalsiyum fosfat ilave edilmesiyle elde edilen bal tozu karışımlarının +4°C sıcaklığındaki suda çözündürülmesi ile elde edilen içeceklere uygulanmıştır. Örnek sayısının fazla olması nedeniyle duyuşal analiz 3 aşama halinde gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada püskürterek ve vakum kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı oranlarda Arap zımkı içeren 6 farklı bal tozu karışımı içeceği değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise püskürterek ve vakum kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı oranlarda peynir altı suyu proteinleri içeren 6 farklı bal tozu karışımı içeceği değerlendirilmiştir. Son aşamada ise her iki değerlendirmeden elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre seçilen örnekleri birbirleri ile kıyaslamak ve en çok beğenilen edilen bal tozu karışımı içeceğini tespit etmek için yeniden bir duyuşal analiz yapılmıştır.

Üretilen sade bal tozu karışımı içeceği örneklerinin görünüm, berraklık, koku, tat ve genel beğeni duyuşal özellik değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.35’de verilmiştir. Arap zımkı içeren bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.36’da, bu örneklerde önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.37’de, peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38’de, bu örneklerde önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.39’da verilmiştir. Arap zımkı ve peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu karışımı içecekleri ile ayrı ayrı yapılan duyuşal değerlendirme neticesinde her iki değerlendirmede duyuşal olarak en çok beğenilen örneklere kendi aralarında yeniden duyuşal değerlendirme uygulanmıştır. Bu değerlendirmeye ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.40’da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Farklı kurutma yöntemi, taşıyıcı türü ve taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Kurutma Yöntemi | Taşıyıcı türü | Taşıyıcı oranı (%) | Görünüm | Berraklık | Koku | Tat | Genel beğeni |
|---------------------|------------------------------|--------------------|---------|-----------|------|------|--------------|
| Püskürterek kurutma | Arap zankı | 50 | 3.90 | 3.50 | 3.90 | 4.10 | 3.90 |
| | | | 4.40 | 4.20 | 4.10 | 4.00 | 4.10 |
| | | 75 | 4.20 | 3.90 | 3.60 | 3.60 | 3.40 |
| | | | 4.40 | 4.10 | 4.10 | 3.10 | 3.40 |
| | | 100 | 4.10 | 3.10 | 3.90 | 2.70 | 2.90 |
| | | | 4.10 | 4.00 | 4.00 | 2.80 | 3.10 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 3.30 | 2.50 | 3.90 | 3.20 | 2.90 |
| | | | 3.40 | 2.10 | 3.70 | 2.50 | 2.80 |
| | | 75 | 3.40 | 2.50 | 3.70 | 2.90 | 2.80 |
| | | | 2.90 | 2.20 | 3.90 | 2.10 | 2.30 |
| | | 100 | 3.30 | 2.40 | 3.70 | 3.00 | 2.90 |
| | | | 3.60 | 2.50 | 3.70 | 2.60 | 2.70 |
| Vakum kurutma | Arap zankı | 50 | 4.10 | 3.90 | 3.40 | 3.60 | 3.40 |
| | | | 4.50 | 4.30 | 4.10 | 4.00 | 4.10 |
| | | 75 | 4.20 | 3.70 | 3.60 | 2.90 | 3.10 |
| | | | 4.20 | 4.00 | 4.10 | 3.10 | 3.20 |
| | | 100 | 3.70 | 2.80 | 3.80 | 2.10 | 2.40 |
| | | | 4.20 | 3.50 | 3.90 | 2.90 | 3.30 |
| | Peynir altı suyu proteinleri | 50 | 3.70 | 2.80 | 3.60 | 3.30 | 3.50 |
| | | | 3.10 | 2.20 | 3.70 | 2.70 | 2.80 |
| | | 75 | 4.10 | 2.90 | 3.60 | 3.20 | 3.40 |
| | | | 3.30 | 2.20 | 3.60 | 2.50 | 2.90 |
| | | 100 | 4.10 | 2.90 | 3.50 | 2.70 | 2.90 |
| | | | 3.00 | 2.00 | 3.60 | 2.70 | 2.90 |

Çizelge 4.36. Farklı kurutma yöntemi ve Arap zamkı taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Görünüm | | Berraklık | | Koku | | Tat | | Genel beğeni | |
|-------------------|----|---------|------|-----------|------|------|------|------|---------|--------------|-------|
| | | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F |
| Kurutma yöntemi | 1 | 0.00 | 0.06 | 0.03 | 0.17 | 0.04 | 0.47 | 0.24 | 2.60 | 0.14 | 0.17 |
| Arap zamkı oranı | 2 | 0.06 | 1.04 | 0.48 | 2.78 | 0.00 | 0.03 | 1.70 | 18.41** | 0.92 | 2.78* |
| Hata | 6 | 0.05 | | 0.17 | | 0.09 | | 0.09 | | 0.12 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.37. Farklı kurutma yöntemi ve Arap zamkı taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Arap zamkı oranı | Tat | Genel beğeni |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| %50 | 3.93 ^a ± 0.71 | 3.88 ^a ± 0.17 |
| %75 | 3.18 ^b ± 0.70 | 3.28 ^b ± 0.07 |
| %100 | 2.63 ^c ± 0.80 | 2.93 ^b ± 0.19 |

Çizelge 4.38. Farklı kurutma yöntemi ve peynir altı suyu proteinleri taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Görünüm | | Berraklık | | Koku | | Tat | | Genel beğeni | |
|---------------------------------|----|---------|------|-----------|------|------|--------|------|------|--------------|------|
| | | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F |
| Kurutma yöntemi | 1 | 0.16 | 0.77 | 0.05 | 0.33 | 0.08 | 10.00* | 0.05 | 0.30 | 0.34 | 3.88 |
| Peynir altı suyu proteini oranı | 2 | 0.02 | 0.07 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 1.30 | 0.07 | 0.37 | 0.03 | 0.34 |
| Hata | 6 | 0.21 | | 0.16 | | 0.01 | | 0.18 | | 0.06 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.39. Farklı kurutma yöntemi ve peynir altı suyu proteinleri taşıyıcı oranlarının sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Koku |
|---------------------|--------------------------|
| Püskürterek kurutma | 3.77 ^a ± 0.04 |
| Vakum kurutma | 3.60 ^b ± 0.03 |

Çizelge 4.40. Farklı kurutma yöntemi ve taşıyıcı türlerinin (Arap zankı ve peynir altı suyu proteinleri) sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Görünüm | | Berraklık | | Koku | | Tat | | Genel beğeni | |
|-------------------|----|---------|--------|-----------|---------|------|------|------|-------|--------------|------|
| | | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F |
| Kurutma yöntemi | 1 | 0.40 | 10.08 | 1.33 | 27.59* | 0.19 | 4.33 | 0.48 | 3.35 | 0.52 | 3.09 |
| Taşıyıcı türü | 1 | 1.21 | 30.25* | 3.61 | 74.69** | 0.12 | 2.83 | 1.21 | 8.44* | 0.72 | 4.29 |
| Hata | 3 | 0.04 | | 0.05 | | 0.04 | | 0.14 | | 0.17 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.41. Farklı kurutma yöntemi ve taşıyıcı türlerinin (Arap zankı ve peynir altı suyu proteinleri) sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Kurutma yöntemi | Görünüm | Berraklık | Tat |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Püskürterek kurutma | 4.00 ^a ± 0.10 | 4.15 ^a ± 0.15 | 3.80 ^a ± 0.10 |
| Vakum kurutma | 3.45 ^a ± 0.33 | 3.15 ^b ± 0.56 | 3.20 ^a ± 0.37 |
| Taşıyıcı türü | | | |
| Arap zankı | 4.00 ^a ± 0.06 | 4.13 ^a ± 0.10 | 3.78 ^a ± 0.19 |
| Peyniraltı suyu proteinleri | 2.90 ^b ± 0.20 | 2.20 ^b ± 0.10 | 2.65 ^b ± 0.05 |

Arap zımkı içeren sade bal tozu karışımı içeceklerinin izelge 4.36'da verilen varyans analizi sonuçlarına göre, tat ve genel beğeni duyusal özellikleri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Taşıyıcı oranlarına ait izelge 4.37'de verilen Duncan oklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde %50 oranında Arap zımkı içeren sade bal tozu karışımı içeceklerinin tat ve genel beğeni duyusal özellik değerlerinin diğer oranlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiş olup, nc aşama duyusal analizi için püskürterek ve vakum kurutma yöntemleri ile üretilen ve %50 oranında Arap zımkı içeren 2 sade bal tozu karışımı içeceği belirlenmiştir.

Peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu karışımı içeceklerinin izelge 4.38'de varyans analizi sonuçlarına göre, koku duyusal özelliği üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Kurutma yöntemlerine ait izelge 4.39'da verilen Duncan oklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerin vakum kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere göre koku duyusal özelliği açısından daha çok beğenildiği belirlenmiştir. Ancak retim veriminin vakum kurutma yönteminde püskürterek kurutma yöntemine göre daha fazla olması ve aynı zamanda taşıyıcı kullanım oranları arasında önemli ($p>0.05$) bir fark bulunmamasına rağmen içerisindeki bal miktarının toplam kuru maddeye oranla daha fazla olması nedeniyle %50 oranında peynir altı suyu proteini içeren ve vakum kurutma yöntemi ile üretilen sade bal tozu karışımı içeceği nc aşama duyusal analizi için belirlenmiştir.

Duyusal analizin nc aşamasında elde edilen ve izelge 4.40'da verilen varyans analizi sonuçlarına göre, uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin, sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyusal özellikleri üzerine önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Kurutma yöntemlerine ait izelge 4.41'de verilen Duncan oklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerin vakum kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere göre berraklık duyusal özelliği açısından daha çok beğenildiği belirlenmiştir. Taşıyıcı türlerine ait Duncan oklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ise; görünüm, berraklık ve tat duyusal özellikleri açısından Arap zımkı içeren örneklerin peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu karışımı içeceğine göre panelistler tarafından daha çok beğenildiği belirlenmiştir. Ayrıca panelistlerin %65'i vakum kurutma yöntemi ile üretilen %50 oranında Arap zımkı içeren sade bal tozu karışımı içeceğini, %70'inin püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen %50 oranında Arap zımkı içeren sade bal tozu karışımı içeceğini ve %25'inin ise vakum kurutma yöntemi ile üretilen %50 oranında peynir altı suyu proteinleri içeren sade bal tozu karışımı içeceğini tüketebileceklerini bildirmişlerdir.

Yöntemler arasında tat ve genel beğeni duyusal özellikleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmaması ve üretim veriminin vakum kurutma yönteminde püskürterek kurutma yöntemine göre daha fazla olması nedenleriyle vakum kurutma yöntemi ile üretilen ve %50 oranında Arap zımkı içeren bal tozu ürünü meyveli bal tozu örneklerinin üretimi için kontrol rneği olarak kullanılmak üzere belirlenmiştir.

4.3. Meyveli bal tozu örneklerine ait bulgular

4.3.1. Meyveli bal tozu örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları

4.3.1.1. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin renk (L^* , a^* , b^*) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.42’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.43’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.44’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | L^* | a^* | b^* |
|---------------|-------|-------|-------|
| Saf su | 91.56 | -1.00 | 12.84 |
| | 91.58 | -0.99 | 13.05 |
| Karadut suyu | 41.35 | 20.45 | 6.44 |
| | 44.25 | 20.94 | 5.61 |
| Çilek suyu | 71.12 | 20.70 | 19.78 |
| | 67.92 | 22.14 | 20.89 |
| Portakal suyu | 87.33 | -4.76 | 29.70 |
| | 86.97 | -4.90 | 35.65 |

Çizelge 4.43. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | L^* | | a^* | | b^* | |
|-------------------|----|--------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| | | KO | F | KO | F | KO | F |
| Meyve suyu | 3 | 979.39 | 417.19** | 388.04 | 1324.96** | 259.84 | 55.63** |
| Hata | 4 | 2.35 | | 0.29 | | 4.67 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.44. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin renk değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | L^* | a^* | b^* |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Saf su | 91.57 ^a ± 0.01 | -1.00 ^b ± 0.01 | 12.95 ^c ± 0.42 |
| Karadut suyu | 42.80 ^d ± 1.45 | 20.69 ^a ± 0.24 | 6.03 ^d ± 0.42 |
| Çilek suyu | 69.52 ^c ± 1.60 | 21.42 ^a ± 0.72 | 20.34 ^b ± 0.55 |
| Portakal suyu | 87.15 ^b ± 0.18 | -4.83 ^c ± 0.07 | 32.68 ^a ± 2.98 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Renk değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, beklenildiği gibi saf su kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerinin L* renk değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük L* renk değerinin ise diğer bal tozu örneklerine göre daha koyu renge sahip olan karadut suyu içeren bal tozu örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Karadut ve çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin sahip oldukları kırmızı-pembe renkler nedeniyle a* renk değerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu, b* renk değerinin ise sarı rengin daha hakim olduğu portakal suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinde diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4.3.1.2. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin partikül boyutu değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.45’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.46’da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4.45. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Hacim ağırlıklı ortalama (μm) | Yüzey ağırlıklı ortalama (μm) |
|---------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Saf su | 86.23 | 17.84 |
| | 73.74 | 13.18 |
| Karadut suyu | 175.473 | 50.99 |
| | 176.28 | 67.05 |
| Çilek suyu | 156.64 | 36.00 |
| | 192.61 | 100.47 |
| Portakal suyu | 198.85 | 102.09 |
| | 198.91 | 95.45 |

Çizelge 4.46. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Hacim ağırlıklı ortalama (μm) | | Yüzey ağırlıklı ortalama (μm) | |
|-------------------|----|-----------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------|-------|
| | | KO | F | KO | F |
| Meyve suyu | 3 | 5567.79 | 30.71** | 2367.11 | 4.23* |
| Hata | 4 | 181.31 | | 560.01 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.47. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu (μm) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Hacim ağırlıklı ortalama (μm) | Yüzey ağırlıklı ortalama (μm) |
|---------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Saf su | 79.99 ^b \pm 6.25 | 15.51 ^b \pm 2.33 |
| Karadut suyu | 175.88 ^a \pm 0.41 | 59.02 ^{ba} \pm 8.03 |
| Çilek suyu | 174.63 ^a \pm 17.99 | 68.24 ^{ba} \pm 32.24 |
| Portakal suyu | 198.88 ^a \pm 0.03 | 98.77 ^a \pm 3.32 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, meyve suyu kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin saf su kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeninin, meyve suyundan gelen ilave şeker, organik asitler ve diğer makro moleküller nedeniyle meyveli bal tozu örneklerinde partiküller arası aglomerasyon eğiliminin, sade bal tozu örneklerine göre daha yüksek olması ve öğütme işlemi sırasında birbirine ve öğütücünün parçalarına yapışan ürünler nedeniyle boyut küçültülme işleminin etkinliğinin sade bal tozu örneklerine göre daha azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Vakum-püskürterek kurutma sistemi kullanılarak portakal suyunun kurutulduğu bir çalışmada meyvenin içerdiği şekerler ve organik asitler nedeniyle ürünlerin nem çekme ve yapışkanlık özelliklerinin arttığı ve bunun sonucunda da kurutma ile daha büyük partikül boyutuna sahip ürünlerin elde edildiği bildirilmiştir (Islam vd 2016).

4.3.1.3. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.48'de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.49'da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.50'de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Saf su | 0.58 |
| Karadut suyu | 0.61 |
| Çilek suyu | 0.81 |
| Portakal suyu | 0.87 |
| | 0.79 |
| | 0.77 |
| | 0.83 |
| | 0.87 |

Çizelge 4.49. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Meyve suyu | 3 | 0.03 | 47.96** |
| Hata | 4 | 0.00 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.50. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu (g/cm^3) |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Saf su | 0.60 ^c ± 0.02 |
| Karadut suyu | 0.83 ^a ± 0.02 |
| Çilek suyu | 0.74 ^b ± 0.01 |
| Portakal suyu | 0.85 ^a ± 0.02 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, meyve suyu kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin saf su kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Meyveli bal tozu örneklerinin nem çekmesi ile birlikte partiküllerin birbirlerine daha fazla tutunmasıyla aralarındaki boşlukların küçülmesi ve buna bağlı olarak da birim miktarda kapladıkları hacim değerinin azalmasının etkisi ile sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin sade bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu düşünülmüştür. Havuç-kereviz sularının kurutulduğu bir çalışmada benzer etkinin ürünlerin yığın yoğunluğunu etkileyebileceği ve ayrıca ürünün artan nem içeriği ile birlikte yığın yoğunluğu değerinin de arttığı

bildirilmiştir (Khalilian Movahhed ve Mohebbi 2015). Ürünlerin nem içerikleri incelendiğinde saf su içeren örneklerin daha yüksek nem değerine sahip olduğu görülmektedir, ancak bileşen farklılıklarına bağlı olarak örneklerin nem çekme hızlarının farklılık gösterdiği ve artan şeker içeriğinin nem çekme hızını da arttırdığı düşünülmektedir. Fazaeli vd (2012) tarafından yapılan bir araştırmada taşıyıcı olarak kullanılan maltodekstrinin dekstroz eşdeğerinin artması ile birlikte camsı geçiş sıcaklığının düştüğü ve buna bağlı olarak da birbirlerine tutunan partiküllerin yığın yoğunluğu değerlerinin yükseldiği bildirilmiştir.

4.3.1.4. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.51’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.52’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.53’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Çözünürlük (%) |
|---------------|----------------|
| Saf su | 93.55 |
| | 93.79 |
| Karadut suyu | 93.61 |
| | 93.56 |
| Çilek suyu | 94.26 |
| | 94.50 |
| Portakal suyu | 92.82 |
| | 92.63 |

Çizelge 4.52. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Meyve suyu | 3 | 0.92 | 47.81** |
| Hata | 4 | 0.02 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.53. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin çözünürlük (%) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Çözünürlük (%) |
|---------------|---------------------------|
| Saf su | 93.67 ^b ± 0.12 |
| Karadut suyu | 93.59 ^b ± 0.02 |
| Çilek suyu | 94.38 ^a ± 0.12 |
| Portakal suyu | 92.73 ^c ± 0.09 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Çözünürlük değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin çözünürlük değerinin diğer örneklere göre daha yüksek, portakal suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin çözünürlük değerinin ise diğer örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Analiz edilen 4 farklı örneğin çözünürlüğünün %90 değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Toz örneklerin yığın yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak çözünürlük özelliklerinin arttığı bildirilmiştir (Fazaeli vd 2012). Buna göre, çilek suyu içeren bal tozu örneklerinin yığın yoğunluğu değerinin diğer öneklere göre daha düşük, çözünürlüğünün ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Saika vd (2014) tarafından yapılan bir araştırmada ise püskürterek kurutma yöntemi ile toz haline getirilen meyve suyu örneklerinin (mandalina, karpuz, ananas ve yıldız meyvesi) yüksek şeker içeriklerinin ve buna bağlı olarak azalan nem içeriğinin toz örneklerinin çözünürlüklerini arttırdığı bildirilmiştir.

4.3.1.5. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.54'de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.55'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.56'da verilmiştir.

Çizelge 4.54. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Bulanıklık (NTU) |
|---------------|------------------|
| Saf su | 125.00 |
| | 121.50 |
| Karadut suyu | 1766.00 |
| | 1663.00 |
| Çilek suyu | 524.00 |
| | 529.50 |
| Portakal suyu | 710.00 |
| | 788.00 |

Çizelge 4.55. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Meyve suyu | 3 | 913131.21 | 436.50** |
| Hata | 4 | 2091.92 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.56. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin bulanıklık (NTU) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

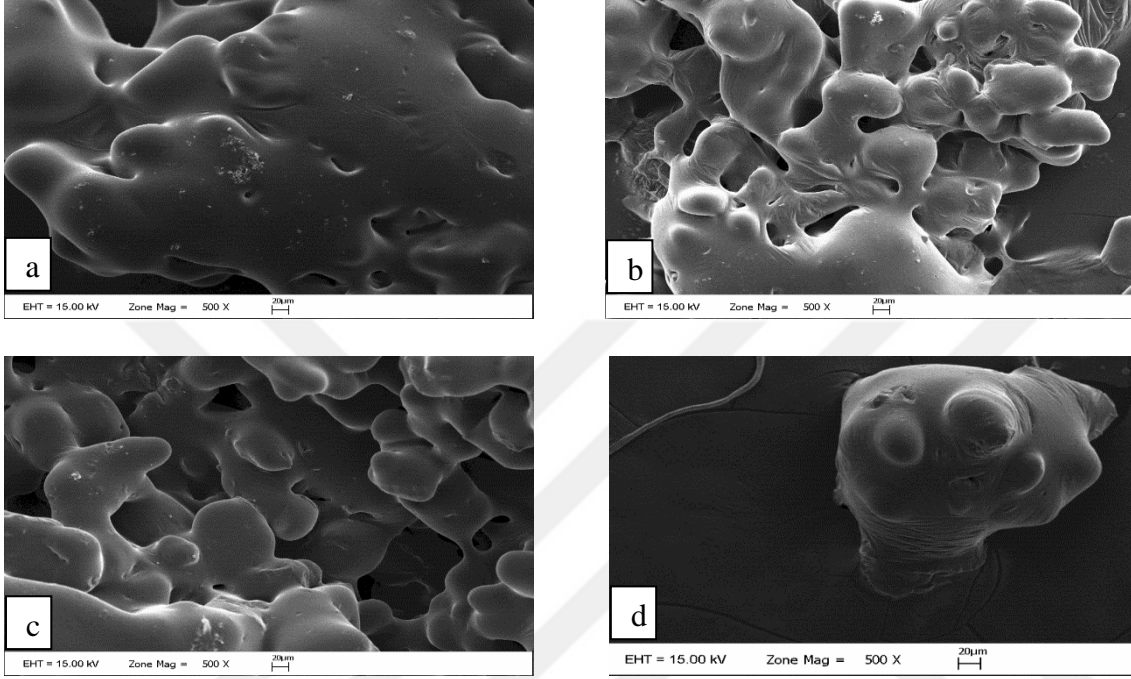
| Meyve suyu | Bulanıklık (NTU) |
|---------------|------------------------------|
| Saf su | 123.25 ^d ± 1.75 |
| Karadut suyu | 1714.50 ^a ± 51.50 |
| Çilek suyu | 526.75 ^c ± 2.75 |
| Portakal suyu | 749.00 ^b ± 39.00 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Bulanıklık değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde karadut suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin bulanıklık değerinin diğer örneklere göre daha yüksek, saf su kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerinin ise diğer örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bulanıklığın karışımın içerdiği koloidal halde bulunan partikül miktarları ve renkli bileşen varlığına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Collado-Fernandez vd 2000, Şahin-Nadeem vd 2013). Belirtilen bu etkilerin mevcut çalışmada üretilen örneklere ait sonuçlarla da ilişkilendirilebileceği düşünülmüştür. Meyvelerden, meyve suyu elde edilmesinde uzaklaştırılmayan partiküllerin bal tozu örneklerinin bulanıklığını arttırdığı düşünülmüştür. Ayrıca diğer bal tozu örneklerine göre daha koyu renge sahip olan karadut suyunun analiz sırasında sıvı üzerinden geçirilen ışığın şiddetini diğer örneklere göre daha fazla azalttığı ve bulanıklık değerinin buna bağlı olarak arttığı değerlendirilmiştir.

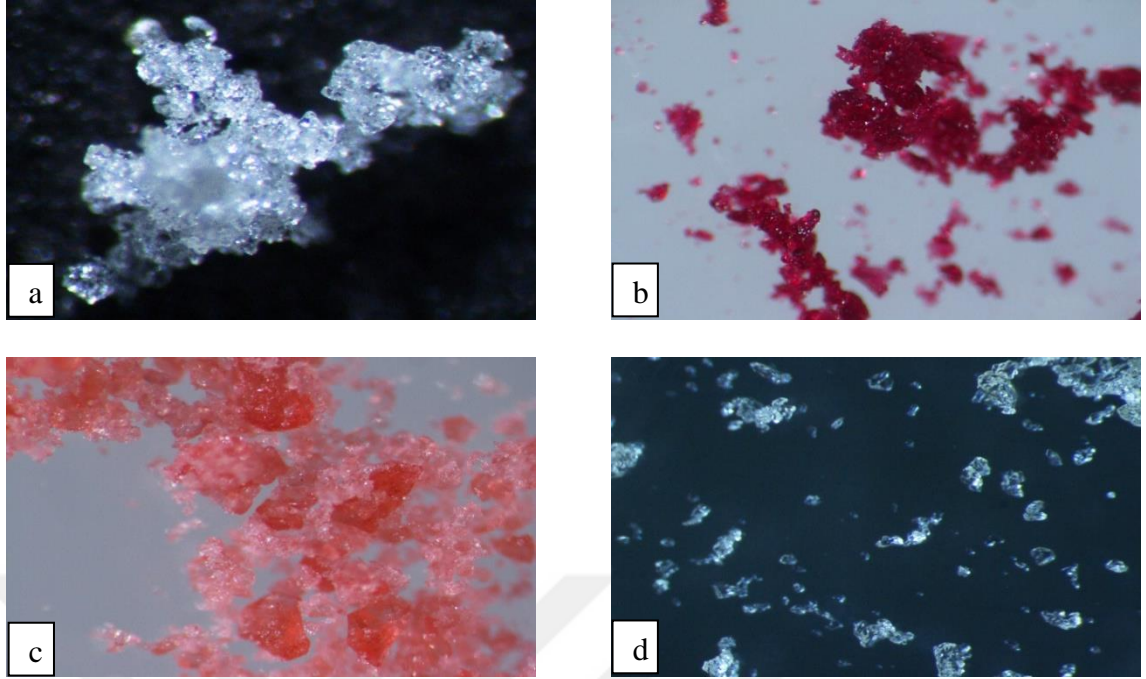
4.3.1.6. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin partikül mikro yapıları üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin partikül mikro yapılarına ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 4.5’de ve sterio mikroskop görüntüleri ise Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5. Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerine ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (a:saf su, b:karadut suyu, c:çilek suyu, d:portakal suyu)

Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde farklı meyve suları kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinde özellikle ürünlerin nem çekmesine bağlı olarak yapışkanlığın artması nedeniyle granüllerin birbirleri ile ağsı yapılar oluşturduğu görülmektedir. Portakal suyu içeren örneğe ait görüntüde aglomerasyon etkisi ve büyük partikül boyutu nedenleri ile net bir granül görüntüsü elde edilememiştir.



Şekil 4.6 Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerine ait sterio mikroskop görüntüleri (a:saf su, b:karadut suyu, c:çilek suyu, d:portakal suyu)

Farklı meyve sularına ait sterio mikroskop görüntüleri incelendiğinde örnek partikülleri arasında boyut farkları bulunduğu ve örneklerin kristal yapıya sahip oldukları görülmektedir.

4.3.2. Meyveli bal tozu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

4.3.2.1. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.57’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.58’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.59’da verilmiştir.

Çizelge 4.57. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Nem (%) | Su aktivitesi |
|---------------|---------|---------------|
| Saf su | 4.16 | 0.28 |
| | 4.44 | 0.25 |
| Karadut suyu | 3.27 | 0.30 |
| | 3.72 | 0.29 |
| Çilek suyu | 2.97 | 0.31 |
| | 3.43 | 0.31 |
| Portakal suyu | 2.79 | 0.33 |
| | 2.74 | 0.33 |

Çizelge 4.58. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | SD | Nem (%) | | Su aktivitesi | |
|-------------------|----|---------|--------|---------------|--------|
| | | KO | F | KO | F |
| Meyve suyu | 3 | 0.84 | 13.53* | 0.00 | 12.00* |
| Hata | 4 | 0.06 | | 0.00 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.59. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin nem (%) ve su aktivitesi değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Nem (%) | Su aktivitesi |
|---------------|---------------------------|---------------------------|
| Saf su | 4.30 ^a ± 0.14 | 0.27 ^c ± 0.02 |
| Karadut suyu | 3.50 ^b ± 0.23 | 0.30 ^{cb} ± 0.01 |
| Çilek suyu | 3.20 ^{cb} ± 0.23 | 0.31 ^{ba} ± 0.00 |
| Portakal suyu | 2.77 ^c ± 0.02 | 0.33 ^a ± 0.00 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.05$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Nem içeriğine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin nem içeriği değerinin meyve suyu kullanılarak üretilen örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılığın meyve sularının içeriklerinde su ile birlikte suda çözünür kuru maddenin de bulunması ve meyveden gelen farklı oranlardaki kuru maddenin son ürünün kuru madde içeriğinin artmasına katkı sağlaması, buna bağlı olarak da ürünlerin nem içeriğinin azalmasına neden olduğu düşünülmüştür. Vakum kurutma yöntemi kullanılarak erik tozunun üretildiği bir çalışmada, örneklerin nem içeriğinin %5 olduğu bildirilmiştir (Michalska vd 2016).

Su aktivitesi değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ise, meyve suyu kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin su aktivitesi değerinin nem içeriklerinin düşük olmasına rağmen, saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle şeker içeriği yüksek olan ürünlerde glikoz gibi monosakkaritlerin kristallenme eğilimi gösterdiği ve kristallenme sırasında şeker ile su molekülleri arasındaki hidrojen bağı sayısının azalmasının su aktivitesini arttırdığı düşünülmüştür. Literatürde de ürünlerde meydana gelen kristalizasyonun su aktivitesini artırdığı bildirilmiştir (Ram 2011). Meyvelerden gelen şekerlerden dolayı meyve sulu bal tozu örneklerinin şeker içeriğinin, saf su içeren bal tozu örneğine daha fazla olduğu ve bu nedenle de daha fazla kristallenme eğilimi göstererek su aktivitesini arttırdığı düşünülmüştür.

4.3.2.2. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.60'da, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.61'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.62'de verilmiştir.

Çizelge 4.60. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Titrasyon asitliği (meq/kg) | pH |
|---------------|-----------------------------|------|
| Saf su | 26.36 | 5.46 |
| | 25.92 | 5.53 |
| Karadut suyu | 340.24 | 4.22 |
| | 297.28 | 4.30 |
| Çilek suyu | 412.05 | 3.86 |
| | 359.88 | 3.97 |
| Portakal suyu | 263.73 | 4.26 |
| | 271.36 | 4.26 |

Çizelge 4.61. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Titrasyon asitliği (meq/kg) | | pH | |
|-------------------|----|--------------------------------|---------|------|----------|
| | | KO | F | KO | F |
| Meyve suyu | 3 | 49089.94 | 84.90** | 0.96 | 329.62** |
| Hata | 4 | 578.21 | | 0.00 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.62. Farklı meyve sularının meyveli bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği (meq/kg) ve pH değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Titrasyon asitliği (meq/kg) | | pH | |
|---------------|--------------------------------|---------|-------------------|--------|
| Saf su | 26.14 ^c | ± 0.22 | 5.50 ^a | ± 0.04 |
| Karadut suyu | 318.76 ^b | ± 21.48 | 4.26 ^b | ± 0.04 |
| Çilek suyu | 385.97 ^a | ± 26.09 | 3.92 ^c | ± 0.06 |
| Portakal suyu | 267.55 ^b | ± 3.81 | 4.26 ^b | ± 0.00 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Titrasyon asitliği değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği değerinin meyve suları kullanılarak üretilen örneklerle göre daha düşük, çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneğinin titrasyon asitliği değerinin ise diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

pH değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin pH değerinin daha yüksek, çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneğinin pH değerinin ise diğer örneklerle göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre ürünlerin hem titrasyon asitliği hem de pH değerleri üzerine meyveden gelen organik asitlerin önemli etkisinin bulunduğu görülmektedir. Meyve suyu içeren bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin saf su içeren bal tozu örneklerine göre yaklaşık 10-15 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Meyvelerin türlerine bağlı olarak içerdiği asit türü ve miktarı değiştiğinden (Cemeroğlu 2011a) bu farklılığın üretilen bal tozu örneklerinden elde edilen bulgulara da yansıdığı düşünülmüştür.

4.3.2.3. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.63'de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.64'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.65'de verilmiştir.

Çizelge 4.63. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Diastaz sayısı |
|---------------|----------------|
| Saf su | 9.19 |
| | 9.96 |
| Karadut suyu | 3.31 |
| | 2.16 |
| Çilek suyu | 3.62 |
| | 1.45 |
| Portakal suyu | 1.84 |
| | 2.43 |

Çizelge 4.64. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Meyve suyu | 3 | 25.38 | 29.12** |
| Hata | 4 | 0.87 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.65. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Diastaz sayısı |
|---------------|--------------------------|
| Saf su | 9.58 ^a ± 0.39 |
| Karadut suyu | 2.74 ^b ± 0.58 |
| Çilek suyu | 2.54 ^b ± 1.09 |
| Portakal suyu | 2.14 ^b ± 0.30 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Diastaz sayısı değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerinin, meyve suyu içeren bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Balda bulunan diastaz enzimleri için optimum aktivite koşullarının 55°C sıcaklık ve 4.6-5.5 pH

aralığı olduğu bildirilmiştir (Babacan ve Rand 2007). Mandalina ballarının α -amilaz enzimi aktivitesinin incelendiği bir araştırmada pH 4-8 aralığında enzimlerin doğal aktivitesinin %82'sinden fazlasının korunduğu, pH 4 değerine kadar enzimlerin büyük oranda stabil olduğu ve bu değer altında ise enzim kararlılığının oldukça değişken olduğu rapor edilmiştir (Nagai vd 2012). Meyveli bal tozu örneklerinin diastaz enzimi aktivitelerini; sahip oldukları düşük pH değerleri, kurutma işlemi sırasında düşük basınç ortamında uygulanan sıcaklık ve uzun işlem süresi nedenleriyle kaybettikleri düşünülmüştür. Babacan ve Rand (2007) tarafından yapılan çalışmada 25°C'de pH 4 ve pH 3.8 olan iki farklı ortamda 1 saat bekletilen enzimlerin aktivitelerinin sırası ile %78 ve %90 oranında azaldığı, pH 3.6 olan ortamda bekletilen enzimlerin ise tamamen aktivitelerini kaybettikleri bildirilmiştir.

4.3.2.4. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.66'da, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.67'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.68'de verilmiştir.

Çizelge 4.66. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | HMF (mg/kg) |
|---------------|-------------|
| Saf su | 11.46 |
| | 12.26 |
| Karadut suyu | 11.59 |
| | 10.79 |
| Çilek suyu | 16.90 |
| | 13.51 |
| Portakal suyu | 13.93 |
| | 14.81 |

Çizelge 4.67. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Meyve suyu | 3 | 7.48 | 4.42* |
| Hata | 4 | 1.69 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.68. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin HMF (mg/kg) üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | HMF (mg/kg) |
|---------------|----------------------------|
| Saf su | 11.86 ^{ba} ± 0.40 |
| Karadut suyu | 11.19 ^b ± 0.40 |
| Çilek suyu | 15.21 ^a ± 1.69 |
| Portakal suyu | 14.37 ^{ba} ± 0.44 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin HMF içeriği üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

HMF değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneğinin HMF değerinin diğer örneklere göre daha yüksek, karadut suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneğinin HMF değerinin ise diğer örneklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun nedeninin çilek suyu içeren bal tozu örneklerinin pH değerinin diğer örneklere göre daha düşük olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Düşük pH değerinin genellikle ısı işlem uygulanan ürünlerde HMF miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Gökmen vd 2007). Ayrıca meyvelerin içerdiği asit türlerinin, asit ve şeker miktarlarının birbirinden farklı olmaları nedeniyle de oluşan HMF miktarının birbirinden farklılık gösterdiği düşünülmüştür. Çeşitli asitlerin şeker moleküllerinin dehidrasyonunu teşvik ederek hızlandırdığı ve böylece HMF oluşum miktarını arttırdığı bildirilmiştir. Ayrıca HMF miktarı üzerine örneklerin içerdiği monosakkarit türünün etkili olduğu ve fruktoz molekülünün glikoza göre HMF oluşumu açısından daha reaktif olduğu rapor edilmiştir (Kreissl vd 2016).

4.3.2.5. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.69'da, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.70'de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.71'de verilmiştir.

Çizelge 4.69. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) |
|---------------|----------------------------------------------------------|
| Saf su | 7.08 7.23 |
| Karadut suyu | 199.18 194.64 |
| Çilek suyu | 99.74 100.96 |
| Portakal suyu | 64.15 60.75 |

Çizelge 4.70. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F Değeri |
|-------------------|---------------------|--------------------|-----------|
| Meyve suyu | 3 | 12764.92 | 3031.82** |
| Hata | 4 | 4.21 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.71. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Antioksidan aktivite ($\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu) |
|---------------|----------------------------------------------------------|
| Saf su | 7.16 ^d \pm 0.08 |
| Karadut suyu | 196.91 ^a \pm 2.27 |
| Çilek suyu | 100.35 ^b \pm 0.61 |
| Portakal suyu | 62.45 ^c \pm 1.70 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli (p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Antioksidan aktivite değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin diğer örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Karadut suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneğinin antioksidan aktivite değerinin ise diğer örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Meyveler içerdikleri, flavonoid ve antosiyaninler gibi fenolik maddeler, karotenoidler ve askorbik asit gibi bileşenler sayesinde yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Liu 2013, Nile ve Park 2014). Meyvelerin sahip oldukları antioksidan aktivitenin bal tozu örnekleri ile yapılan analiz sonuçlarına da yansıdığı görülmüştür. Meyve türleri arasındaki bileşen içeriği ve miktarı arasındaki farklılığın üretilen bal tozu örneklerinin antioksidan aktiveleri arasındaki değişime de neden olduğu düşünölmüştür. Erik tozu ile gerçekleştirilen bir çalışmada, üretim sırasında 60°C sıcaklık ve 300 Pa vakum basıncı kullanılarak kurutulan eriklerin antioksidan aktivite değerlerinin 112.10 µmol TE/g kuru madde olarak tespit edildiği rapor edilmiştir (Michalska vd 2016).



4.3.3. Meyveli bal tozu karışımı içeceklerine ait duyuşal analiz sonuçları

4.3.3.1. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisi

Farklı meyve suları ve saf su kullanılarak üretilen meyveli ve sade bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerlerine ait I. ve II. tekerrür verileri Çizelge 4.72’de, bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.73’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.74’de verilmiştir.

Çizelge 4.72. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyuşal özellik değerleri üzerine etkisi (I. ve II. tekerrür)

| Meyve suyu | Görünüm | Berraklık | Koku | Tat | Genel beğeni |
|---------------|---------|-----------|------|------|--------------|
| Saf su | 3.70 | 4.80 | 3.70 | 3.60 | 3.50 |
| | 3.30 | 4.60 | 3.20 | 3.40 | 3.40 |
| Karadut suyu | 4.30 | 3.20 | 4.10 | 3.80 | 3.80 |
| | 4.00 | 3.30 | 3.70 | 3.50 | 3.50 |
| Çilek suyu | 4.20 | 3.40 | 4.50 | 4.10 | 4.50 |
| | 3.80 | 3.30 | 4.30 | 4.10 | 4.10 |
| Portakal suyu | 4.40 | 3.40 | 4.20 | 3.50 | 3.80 |
| | 4.00 | 3.80 | 3.50 | 3.70 | 3.80 |

Çizelge 4.73. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynağı | SD | Görünüm | | Berraklık | | Koku | | Tat | | Genel beğeni | |
|-------------------|----|---------|------|-----------|---------|------|------|------|-------|--------------|-------|
| | | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F | KO | F |
| Meyve suyu | 3 | 0.21 | 2.87 | 0.89 | 32.30** | 0.30 | 2.58 | 0.14 | 6.65* | 0.26 | 8.10* |
| Hata | 4 | 0.07 | | 0.03 | | 0.12 | | 0.02 | | 0.03 | |

*0.01 < p < 0.05, ** p < 0.01

Çizelge 4.74. Farklı meyve suları kullanımının bal tozu karışımı içeceklerinin duyu özellik değerleri üzerine etkisine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

| Meyve suyu | Berraklık | | Tat | | Genel beğeni | |
|---------------|-------------------|--------|-------------------|--------|--------------------|--------|
| Saf su | 4.70 ^a | ± 0.10 | 3.50 ^b | ± 0.10 | 3.45 ^b | ± 0.05 |
| Karadut suyu | 3.25 ^b | ± 0.05 | 3.65 ^b | ± 0.15 | 3.65 ^b | ± 0.15 |
| Çilek suyu | 3.35 ^b | ± 0.05 | 4.10 ^a | ± 0.00 | 4.30 ^a | ± 0.20 |
| Portakal suyu | 3.60 ^b | ± 0.20 | 3.60 ^b | ± 0.10 | 3.80 ^{ba} | ± 0.00 |

Varyans analizi sonuçlarına göre sade ve meyveli bal tozu örneklerinin berraklık, tat ve genel beğeni duyu özellik değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli (p < 0.05; p < 0.01) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Duyu özellik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, saf su kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerinin berraklık, çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin ise tat ve genel beğeni duyu özellik değerlerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca panelistlerin %50'si sade bal tozu, %75'i karadut suyu içeren meyveli bal tozu, %80'i çilek suyu içeren meyveli bal tozu ve %70'i portakal suyu içeren meyveli bal tozu örneklerini tüketebileceklerini bildirmişlerdir.

5. SONUÇ

Araştırmada öncelikle üretim için kullanılan çiçek balı örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra araştırmanın bal tozu üretimi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada farklı kurutma yöntemleri (püskürterek ve vakum kurutma), taşıyıcı türleri (maltodekstrin, Arap zıncı ve peynir altı suyu proteinleri) ve taşıyıcı oranlarının (bal miktarının %50, %75 ve %100'ü) sade bal tozu örneklerinin bazı fiziksel (renk, partikül boyutu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, partikül mikroyapısı, çözünürlük ve bulanıklık), kimyasal (nem içeriği, su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği, diastaz sayısı, HMF içeriği ve antioksidan aktivite) ve duyu özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Araştırmanın ikinci aşaması için ise; üretilen bal tozu örneklerinin farklı renk ve aromada üretime uygunluklarını belirlemek için diastaz sayısı 8 ve çözünürlük oranı %90 değerinin üzerinde olan sade bal tozu örneklerine duyu analiz uygulanmıştır. Duyusal analiz sonuçlarına göre en çok beğenilen bal tozu örneği kontrol olarak kabul edilmiş ve bu bal tozu örneğinin üretildiği yöntem, içerdiği taşıyıcı türü ve hazırlandığı taşıyıcı oranı ile su yerine farklı meyvelerden (karadut, çilek ve portakal) elde edilen doğal meyve suları kullanılarak meyveli bal tozu örnekleri üretilmiştir. Bu ürünlerin kabul edilebilirliğini belirlemek için, meyveli bal tozu örneklerine de yukarıda belirtilen fiziksel, kimyasal ve duyu analizler yapılarak farklı meyve suları kullanımının bal tozu örnekleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

Üretimde kullanılan çiçek balının L*, a* ve b* renk değerlerinin sırasıyla ortalama 26.00 -2.92 ve 12.63 olduğu tespit edilmiştir.

Üretimde kullanılan çiçek balının nem içeriği, su aktivitesi, titrasyon asitliği, pH değeri, diastaz sayısı, HMF içeriği, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite değerlerinin sırası ile %14.50, 0.58, 31.09 meq/kg, 4.75, 10.51, 24.82 mg/kg, 41.85 mg GAE/100 g bal, 17.35 mg KE/100 g bal ve 4.70 µmol TE/g bal olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin verim değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Verim değerinin vakum kurutma yöntemi uygulamasında (%90.95), peynir altı suyu proteinleri (%82.08) ve %100 oranında taşıyıcı içeren örneklerde (%75.96) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin L* renk değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. a* renk değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisi bulunurken, b* renk değeri üzerine ise sadece kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Kurutma yöntemlerine ve taşıyıcı oranlarına bağlı b* renk değeri ortalama olarak 12.54, taşıyıcı oranlarına bağlı a* renk değeri ise ortalama olarak -3.13 değerinde olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve

oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Sade bal tozu örneklerinin yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri üzerine ise sadece farklı taşıyıcı türleri kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri ve taşıyıcı oranlarına bağlı yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri yaklaşık 31.63 μm olarak bulunmuştur. Hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri püskürterek kurutma yöntemi uygulamasında (235.36 μm), maltodekstrin (301.20 μm) ve %100 oranında taşıyıcı içeren örneklerde (232.51 μm) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Kullanılan taşıyıcı tür ve oranlarına bağlı sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri ortalama 0.58 g/cm^3 olduğu tespit edilmiştir. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin vakum kurutma yöntemi ile üretilen örneklerde, püskürterek kurutma yöntemine göre daha yüksek ve bu değerlerin sırası ile 0.72 ve 0.43 g/cm^3 olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kullanılan farklı taşıyıcı türlerine bağlı çözünürlük değeri ortalama %95.02 olarak tespit edilmiştir. Çözünürlük değerlerinin püskürterek kurutma yöntemi uygulamasında (%97.40) ve %50 oranında taşıyıcı içeren bal tozu örneklerinde (%95.89) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kullanılan taşıyıcı oranlarına bağlı bulanıklık değeri ortalama 1148.54 NTU olarak belirlenmiştir. Bulanıklık değerlerinin vakum kurutma yöntemi uygulamasında (2022.61 NTU) ve maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinde (3017.17) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde her iki kurutma yönteminde de üretilen bal tozu örneklerinin farklı boyutlarda granüller içerdiği görülmektedir. Püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin daha küresel yapıda olduğu ve %50 taşıyıcı içeren örnekler düzgün bir granül yüzeyine sahip iken, taşıyıcı kullanım oranının artışı ile birlikte granüllerde bölgesel çöküntülerin meydana geldiği, vakum kurutma yöntemi ile üretilen bal tozu örneklerinde ise oluşan yapıların köşeli ve keskin kenarlı kristal görünümünde olduğu belirlenmiştir. Sade bal tozu örneklerinin stereo mikroskop görüntüleri incelendiğinde ise ürünlerin kristal yapıda olduğu, püskürterek kurutma yönteminde partiküller arasındaki aglomerasyonun daha az olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, kullanılan farklı taşıyıcı tür ve oranlarının istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Nem ve su aktivitesi değerlerinin vakum kurutma yöntemi uygulamasında (%5.03, 0.32), peynir altı suyu proteinleri

(%5.30, 0.28) ve %100 oranında taşıyıcı içeren örneklerde (%5.12, 0.29) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca sade bal tozu örneklerinin pH değerleri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı oranlarının da istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bir etkisinin bulunduğu, ancak titrasyon asitliği üzerine önemli bir etkisinin ($p>0.05$) olmadığı ve oranlara bağlı titrasyon asitliği ortalamasının 81.46 meq/kg olduğu tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği ve pH değerlerinin vakum kurutma yöntemi uygulamasında (90.26 meq/kg, 6.24), peynir altı suyu proteinleri (187.43 meq/kg, 6.57) ve %100 oranında taşıyıcı içeren örneklerde (84.57 meq/kg, 6.21) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değeri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve farklı taşıyıcı oranları kullanımının önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kurutma yöntemlerine ve taşıyıcı oranlarına bağlı diastaz sayısının ortalama 8.95 olduğu tespit edilmiştir. Arap zıkkı ve peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değeri, maltodekstrin içeren örneklere göre daha yüksek olup, bu değerler sırası ile 10.48, 13.76 ve 2.61 olarak tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin HMF değeri üzerine uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak farklı taşıyıcı oranları kullanımının önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Taşıyıcı kullanım oranlarına bağlı HMF değerinin ortalama 10.63 mg/kg olduğu belirlenmiştir. HMF değerlerinin vakum kurutma yöntemi uygulamasında (13.05 mg/kg) ve %50 maltodekstrin içeren bal tozu örneklerinde (15.35 mg/kg) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değeri üzerine kullanılan farklı taşıyıcı türlerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu, ancak uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ve farklı taşıyıcı oranları kullanımının önemli ($p>0.05$) bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri ve taşıyıcı oranlarına bağlı antioksidan aktivite değeri ortalama olarak 13.51 $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak belirlenmiştir. Peynir altı suyu proteinleri içeren bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değeri, Arap zıkkı ve maltodekstrin içeren örneklere göre daha yüksek olup, bu değerler sırası ile 30.17, 7.87 ve 2.51 $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak tespit edilmiştir.

Sade bal tozu örneklerinin duyuşal özellik değerleri incelendiğinde, vakum kurutulan ve %50 oranında Arap zıkkı içeren bal tozu örneğinin meyveli bal tozu üretimi için kontrol örneği olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca panelistlerin %65'den fazlası Arap zıkkı içeren örnekleri tüketebileceklerini bildirmişlerdir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin 79.99 μm ve 15.51 μm olarak belirlenen hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerine göre, meyveli bal tozu örneklerinin çok daha büyük hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin 0.60 g/cm^3 olarak belirlenen sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerinin meyveli bal tozu örneklerine göre daha düşük, çilekli ve portakallı bal tozu örneklerinin sırası ile 0.83 ve 0.85 g/cm^3 olarak belirlenen sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin ise diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin çözünürlük değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Çilekli bal tozu örneğinin %94.38 olarak belirlenen çözünürlük değerinin, diğer örneklere göre daha yüksek, portakallı bal tozu örneğinin %92.73 olarak belirlenen çözünürlük değerinin ise diğer örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin bulanıklık değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin 123.25 NTU olarak belirlenen bulanıklık değerinin meyveli bal tozu örneklerine göre daha düşük, karadutlu örneklerin 1714.50 NTU olarak belirlenen bulanıklık değerinin ise diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelendiğinde farklı meyve suları kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinde özellikle ürünlerin nem çekmesine bağlı olarak yapışkanlığın artması nedeniyle granüllerin birbirleri ile ağsı yapılar oluşturduğu belirlenmiştir. Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin stereo mikroskop görüntüleri incelendiğinde ise, örnek partikülleri arasında boyut farkları bulunduğu ve örneklerin kristal yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.05$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin %4.30 olarak belirlenen nem içeriği değerinin, meyveli bal tozu örneklerine göre daha yüksek, ancak 0.27 olarak belirlenen su aktivitesi değerinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Portakallı bal tozu örneklerinin ise %2.77 olarak belirlenen nem içeriği değerinin diğer örneklere göre daha düşük, ancak 0.33 olarak belirlenen su aktivitesi değerinin ise diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin 5.50 olarak belirlenen pH değerinin meyveli bal tozu örneklerine göre daha yüksek, ancak 26.14 meq/kg olarak belirlenen

titrasyon asitliği değerinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Portakallı bal tozu örneklerinin ise 3.92 olan pH değerinin diğer örneklere göre daha düşük ve 385.97 meq/kg olarak belirlenen titrasyon asitliği değerinin ise diğer örneklere daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Sadece saf su içeren bal tozu örneklerine ait 9.58 olarak belirlenen diastaz sayısı değerinin, araştırmada sağlanması hedeflenmiş olan minimum 8 diastaz sayısı değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin HMF içeriği üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.05$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin 15.21 mg/kg olarak belirlenen HMF değerinin diğer örneklere göre daha yüksek, karadut suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneğinin 11.19 mg/kg olarak belirlenen HMF değerinin ise diğer örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen bal tozu örneklerinin 7.16 $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak belirlenen antioksidan aktivite değerinin meyveli bal tozu örneklerine göre daha düşük, karadutlu örneklerin 196.91 $\mu\text{mol TE/g}$ bal tozu olarak belirlenen antioksidan aktivite değerinin ise diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Meyveli ve sade bal tozu örneklerinin berraklık, tat ve genel beğeni duyuşal özellik değerleri üzerine farklı meyve suları kullanımının önemli ($p<0.05$; $p<0.01$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Saf su kullanılarak üretilen sade bal tozu örneklerinin berraklık, çilek suyu kullanılarak üretilen meyveli bal tozu örneklerinin ise tat ve genel beğeni duyuşal özellik değerlerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca panelistlerin %50'si sade bal tozu, %75'i karadut suyu içeren meyveli bal tozu, %80'i çilek suyu içeren meyveli bal tozu ve %70'i portakal suyu içeren meyveli bal tozu örneklerini tüketebileceklerini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak; balın sahip olduğu biyoaktif bileşenlerin korunarak hem vakum kurutma yöntemi hem de püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak toz haline getirilebileceği, kurutma işleminin gerçekleştirilmesi sırasında taşıyıcı materyal olarak kullanılan Arap zımkı ve peynir altı suyu proteinlerini içeren bal tozu örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin maltodekstrin içeren örneklere göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ürünlerin çeşitliliğini arttırmak için kullanılan meyve suları ile elde edilen bal tozu örneklerinde ise enzim aktivitelerinin korunamadığı ancak örneklerin fenolik bileşen miktarı ve antioksidan aktivitelerinin atırılabilirdiği tespit edilmiştir. Bal tozu örneklerinden elde edilen karışımlardan oluşturulan bal tozu içecekleri ile yapılan duyuşal analiz neticesinde ise sade bal tozu örnekleri arasında %50 oranında Arap zımkı içeren örneklerin, meyveli bal tozu örnekleri içerisinde ise çilek suyu içeren bal tozu örneklerinin panelistler tarafından daha çok beğenildiği belirlenmiştir. Elde edilen bal tozu içecek karışımları ile toplum, özellikle de çocuklar tarafından düşük miktarlarda

tüketilmekte olan balın tüketiminin arttırabileceği ve böylece sağlıklı beslenmeye katkı sağlanabileceği değerlendirilmiştir.



6. KAYNAKLAR

- AAZZA, S., LYOUSSE, B., ANTUNES, D. and MIGUEL, M.G. 2014. Physicochemical characterization and antioxidant activity of 17 commercial Moroccan honeys. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65 (4): 449-457.
- ABESHU, M.A. and GELETA, B. 2016. Medicinal uses of honey. *Biology and Medicine*, 8(2): 1-7.
- AHMED, J., PRABHU, S., RAGHAVAN, G. and NGADI, M. 2007. Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. *Journal of Food Engineering*, 79 (4): 1207-1213.
- AHMED, M., IMTIAZ SHAFIQ, M., KHALEEQ, A., HUMA, R., ABDUL QADIR, M., KHALID, A., ALI, A. and SAMAD, A. 2016. Physicochemical, Biochemical, Minerals Content Analysis, and Antioxidant Potential of National and International Honeys in Pakistan. *Journal of Chemistry*, 2016: 1-10.
- AJIBOLA, A., CHAMUNORWA, J.P. and ERLWANGER, K.H. 2012. Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*, 9 (61): 2-12.
- AKBULUT, M., ÖZCAN, M.M. and ÇOKLAR, H. 2009. Evaluation of antioxidant activity, phenolic, mineral contents and some physicochemical properties of several pine honeys collected from Western Anatolia. *International Journal of Food Sciences And Nutrition*, 60 (7): 577-589.
- ALİBAŞ, İ. 2012. Determination of vacuum and air drying characteristics of celeriac slices. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 6 (16): 1-13.
- ALVAREZ-SUAREZ, J.M., GIAMPIERI, F., GONZÁLEZ-PARAMÁS, A.M., DAMIANI, E., ASTOLFI, P., MARTINEZ-SANCHEZ, G., BOMPADRE, S., QUILES, J.L., SANTOS-BUELGA, C. and BATTINO, M. 2012. Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (5): 1508-1516.
- ALVES, A., RAMOS, A., GONÇALVES, M.M., BERNARDO, M. and MENDES, B. 2013. Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30 (2): 130-138.
- ALZHRANI, H.A., ALSABEHI, R., BOUKRAË, L., ABDELLAH, F., BELLIK, Y. and BAKHOTMAH, B.A. 2012. Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. *Molecules*, 17 (9): 10540-10549.
- ANONİM. 2012. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, *Resmi Gazete*, Tebliğ No: 2012/58, Ankara.

- ANONİM. 2016. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>.
- ARGAN, B.E., GÜNEŞER, O., TOKLUCU, A.K. and YÜCEER, Y.K. 2015. Production of whey powder added fruit beverages and some quality characteristics. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3 (8): 651-658.
- BABACAN, S., PIVARNİK, L. and RAND, A. 2002. Honey amylase activity and food starch degradation. *Journal of Food Science*, 67 (5): 1625-1630.
- BABACAN, S. and RAND, A.G. 2007. Characterization of honey amylase. *Journal of Food Science*, 72 (1): C050-C055.
- BANSAL, V., SHARMA, H.K. and NANDA, V. 2014. Optimisation of spray drying process parameters for low-fat honey-based milk powder with antioxidant activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (4): 1196-1202.
- BARGAŃSKA, Ź., ŚLEBIODA, M. and NAMIEŚNIK, J. 2016. Honey bees and their products: bioindicators of environmental contamination. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46 (3): 235-248.
- BEGUM, S.B., ROOBIA, R.R., KARTHIKEYAN, M. and MURUGAPPAN, R. 2015. Validation of nutraceutical properties of honey and probiotic potential of its innate microflora. *LWT-Food Science and Technology*, 60 (2): 743-750.
- BELAY, A., SOLOMON, W.K., BULTOSSA, G., ADGABA, N. and MELAKU, S. 2013. Physicochemical properties of the Hareenna forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141 (4): 3386-3392.
- BERISTAIN, C.I., GARCIA, H.S. and VERNON-CARTER, E.J. 2001. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *LWT - Food Science and Technology*, 34 (6): 398-401.
- BISWAL, B.M., ZAKARIA, A. and AHMAD, N.M. 2003. Topical application of honey in the management of radiation mucositis. A preliminary study. *Supportive Care in Cancer*, 11 (4): 242-248.
- BOGDANOV, S., JURENDIC, T., SIEBER, R. and GALLMANN, P. 2008. Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27 (6): 677-689.
- BOGDANOV, S., MARTIN, P. and LULLMANN, C. 2002. Harmonised methods of the international honey commission. *Swiss Bee Research Centre, Switzerland*, 62 p.
- BOUSSAID, A., CHOUAIBI, M., REZIG, L., HELLAL, R., DONSI, F., FERRARI, G. and HAMDI, S. 2014. Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>.

- CAL, K. and SOLLOHUB, K. 2010. Spray drying technique. I: Hardware and process parameters. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 99 (2): 575-586.
- CAN, Z., YILDIZ, O., SAHIN, H., TURUMTAY, E.A., SILICI, S. and KOLAYLI, S. 2015. An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180:133-141.
- CARNWATH, R., GRAHAM, E.M., REYNOLDS, K. and POLLOCK, P.J. 2014. The antimicrobial activity of honey against common equine wound bacterial isolates. *The Veterinary Journal*, 199 (1): 110-114.
- CEMEROĞLU, B.S. 2011a. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Nobel Yayınevi:223*, 1. basım (1. cilt), Ankara, 697 s.
- CEMEROĞLU, B.S. 2011b. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Nobel Yayınevi:191*, 1. basım (2. cilt), Ankara, 620s.
- CEMEROĞLU, B. S. 2013a. Gıda Analizleri. *Bizim Grup Basımevi*, 3. Baskı, Ankara, 480 s.
- CEMEROĞLU, B.S. 2013b. Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler. *Bizim Grup Basımevi*, 3. Baskı, Ankara, 861 s.
- CHAKRABORTI, T. and BHATTACHARYA, K. 2014. Quality assessment of some Indian honeys in storage through HMF content and invertase activity. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6 (2): 827-830.
- CHANG, C.H., LIN, H.Y., CHANG, C.Y. and LIU, Y.C. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77 (3): 478-485.
- CHARVE, J. and REINECCIUS, G.A. 2009. Encapsulation performance of proteins and traditional materials for spray dried flavors. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 57 (6): 2486-2492.
- CHATTERTON, D.E., SMITHERS, G., ROUPAS, P. and BRODKORB, A. 2006. Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin. Technological implications for processing. *International Dairy Journal*, 16 (11): 1229-1240.
- CHUA, L.S., ABDUL-RAHAMAN, N.L., SARMIDI, M.R. and AZIZ, R. 2012. Multi-elemental composition and physical properties of honey samples from Malaysia. *Food Chemistry*, 135 (3): 880-887.
- CHUTTONG, B., CHANBANG, Y., SRINGARM, K. and BURGETT, M. 2016. Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). *Food Chemistry*, 192: 149-155.

- COLLADO-FERNANDEZ, M., GONZALEZ-SANJOSE, M. and PINO-NAVARRO, R. 2000. Evaluation of turbidity: correlation between Kerstesz turbidimeter and nephelometric turbidimeter. *Food Chemistry*, 71 (4): 563-566.
- COSTA, L.C.V., KASPCHAK, E., QUEIROZ, M.B., ALMEIDA, M.M.D., QUAST, E. and QUAST, L.B. 2015. Influence of temperature and homogenization on honey crystallization. *Brazilian Journal of Food Technology*, 18 (2): 155-161.
- CUI, Z.-W., SUN, L.-J., CHEN, W. and SUN, D.-W. 2008. Preparation of dry honey by microwave–vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 84 (4): 582-590.
- ÇOBAN, Ç., YILMAZ, Ö., ÖZŞAHİN, A.D. and KIREÇCI, O.A. 2014. Biochemical analysis of some honey varieties of Ardahan region. *Mellifera*, 14 (27-28): 17-26.
- DA SILVA, P.M., GAUCHE, C., GONZAGA, L.V., COSTA, A.C.O. and FETT, R. 2016. Honey: chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196: 309-323.
- DE JESUS, M.C., DE BORGES, R.L.B., DE ALMEIDA SOUZA, B., NEVES BRANDÃO, H. AND DE ASSIS RIBEIRO DOS SANTOS, F. 2015. A study of pollen from light honeys produced in Piauí State, Brazil. *Palynology*, 39 (1): 110-124.
- DÍAZ-BANDERA, D., VILLANUEVA-CARVAJAL, A., DUBLÁN-GARCÍA, O., QUINTERO-SALAZAR, B. and DOMINGUEZ-LOPEZ, A. 2015. Assessing release kinetics and dissolution of spray-dried Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract encapsulated with different carrier agents. *LWT-Food Science and Technology*, 64 (2): 693-698.
- ERBAS, M., SEKERCİ, H., GUL, S., FURAT, S., YOL, E. and UZUN, B. 2009. Changes in Total Antioxidant Capacity of Sesame (*Sesamum Sp.*) by Variety. *Asian Journal of Chemistry*, 21 (7): 5549-5555.
- ERBAY, B. ve KÜÇÜKÖNER, E. 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi Bildirisi*, 1045-1048, Erzurum.
- ERTÜRK, Ö., ŞAHİN, H., KOLAYLI, S. and AYVAZ, M.Ç. 2014. Antioxidant and antimicrobial activity of East Black Sea Region honeys. *Turkish Journal of Biochemistry/Turk Biyokimya Dergisi*, 39 (1): 99-106.
- ESCUREDO, O., DOBRE, I., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. and SEIJO, M.C. 2014. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, 149: 84-90.
- ETERAF-OSKOU EI, T. and NAJAFI, M. 2013. Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 16 (6): 731-742.

- FAUZI, A.N., NORAZMI, M.N. and YAACOB, N.S. 2011. Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, 49 (4): 871-878.
- FAZAELI, M., EMAM-DJOMEH, Z., ASHTARI, A.K. and OMID, M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90 (4): 667-675.
- FAZAELI, M., EMAM-DJOMEH, Z. and YARMAND, M.S. 2016. Influence of black mulberry juice addition and spray drying conditions on some physical properties of ice cream powder. *International Journal of Food Engineering*, 12 (3): 277-285.
- FERNANDES, R.V.D.B., BORGES, S.V.V and BOTREL, D.A. 2014. Gum Arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101: 524-532.
- FERRARI, C.C., GERMER, S.P.M. and DE AGUIRRE, J.M. 2012. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying Technology*, 30 (2): 154-163.
- FERREIRA, I.C.F.R., AIRES, E., BARREIRA, J.C.M. and ESTEVINHO, L.M. 2009. Antioxidant activity of Portuguese honey samples: different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 114 (4): 1438-1443.
- FLANJAK, I., KENJERIC, D., BUBALO, D. and PRIMORAC, L. 2016. Characterisation of selected Croatian honey types based on the combination of antioxidant capacity, quality parameters, and chemometrics. *European Food Research and Technology*, 242 (4): 467-475.
- FLORES, F.P., SINGH, R.K. and KONG, F. 2014. Physical and storage properties of spray-dried blueberry pomace extract with whey protein isolate as wall material. *Journal of Food Engineering*, 137: 1-6.
- FUCHS, M., TURCHIULI, C., BOHIN, M., CUVELIER, M.E., ORDONNAUD, C., PEYRAT-MAILLARD, M.N. and DUMOULIN, E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75 (1): 27-35.
- GASIC, U.M., NATIC, M.M., MISIC, D.M., LUSIC, D.V., MILOJKOVIC-OPSENICA, D.M., TESIC, Z.L. and LUSIC, D. 2015. Chemical markers for the authentication of unifloral *Salvia officinalis* L. honey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 44: 128-138.
- GOMAA, N.F. and HASHISH, M. 2016. Investigation of the antimicrobial activity and insight into the physicochemical properties of honey from Egypt. *Journal of High Institute of Public Health*, 38 (3): 701-722.

- GOMES, S., DIAS, L.G., MOREIRA, L.L., RODRIGUES, P. and ESTEVINHO, L. 2010. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (2): 544-548.
- GORJANOVIĆ, S.Ž., ALVAREZ-SUAREZ, J.M., NOVAKOVIĆ, M.M., PASTOR, F.T., PEZO, L., BATTINO, M. and SUŽNJEVIĆ, D.Ž. 2013. Comparative analysis of antioxidant activity of honey of different floral sources using recently developed polarographic and various spectrophotometric assays. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30 (1): 13-18.
- GÖKMEN, V., AÇAR, Ö.Ç., KÖKSEL, H. and ACAR, J. 2007. Effects of dough formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethylfurfural formation in cookies. *Food Chemistry*, 104 (3): 1136-1142.
- HAOUAM, L., TAHAR, A., DAILLY, H., LAHRICHI, A., CHAQROUNE, A. and ABDENNOUR, C. 2016. Physicochemical properties and major elements contents of Algerian honeys from semi-arid regions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28 (2): 107-115.
- HUSSEIN, S., YUSOFF, K., MAKPOL, S. and MOHD, Y. 2014. Does gamma irradiation affect physicochemical properties of honey. *Clinica Terapeutica*, 165 (2): 125-133.
- ISIDOROV, V., BAGAN, R., BAKIER, S. and SWIECICKA, I. 2015. Chemical composition and antimicrobial activity of Polish herbhoneys. *Food Chemistry*, 171: 84-88.
- ISLA, M.I., CRAIG, A., ORDOÑEZ, R., ZAMPINI, C., SAYAGO, J., BEDASCARRASBURE, E., ALVAREZ, A., SALOMÓN, V. and MALDONADO, L. 2011. Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina. *LWT-Food Science and Technology*, 44 (9): 1922-1930.
- ISLAM, A., KHALIL, I., ISLAM, N., MONIRUZZAMAN, M., MOTTALIB, A., SULAIMAN, S.A. and GAN, S.H. 2012. Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12 (177): 1-10.
- ISLAM, M., KITAMURA, Y., YAMANO, Y. and KITAMURA, M. 2016. Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. *Journal of Food Engineering*, 169: 131-140.
- IVANOVA, V.N., DOBREVA, E.P. and EMANUILOVA, E.I. 1993. Purification and characterization of a thermostable alpha-amylase from *Bacillus licheniformis*. *Journal of Biotechnology*, 28 (2-3): 277-289.

- JAGANATHAN, S.K. 2011. Can flavonoids from honey alter multidrug resistance? *Medical Hypotheses*, 76 (4): 535-537.
- JAYASUNDERA, M., ADHIKARI, B., HOWES, T. and ALDRED, P. 2011. Surface protein coverage and its implications on spray-drying of model sugar-rich foods: Solubility, powder production and characterisation. *Food Chemistry*, 128 (4): 1003-1016.
- JUAN-BORRÁS, M., DOMENECH, E., HELLEBRANDOVA, M. and ESCRICHE, I. 2014. Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys. *Food Research International*, 60: 86-94.
- KADRI, S.M., ZALUSKI, R., PEREIRA LIMA, G.P., MAZZAFERA, P. and DE OLIVEIRA ORSI, R. 2016. Characterization of Coffea Arabica monofloral honey from Espírito Santo, Brazil. *Food Chemistry*, 203: 252-257.
- KAHRAMAN, T., BUYUKUNAL, S.K., VURAL, A. and ALTUNATMAZ, S.S. 2010. Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123 (1): 41-44.
- KAMAL, M.A. and KLEIN, P. 2011. Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi journal of biological sciences*, 18 (1): 17-21.
- KARABAGIAS, I.K., BADEKA, A.V., KONTAKOS, S., KARABOURNIOTI, S. and KONTOMINAS, M.G. 2014a. Botanical discrimination of Greek unifloral honeys with physico-chemical and chemometric analyses. *Food Chemistry*, 165: 181-190.
- KARABAGIAS, I.K., VAVOURA, M.V., NIKOLAOU, C., BADEKA, A.V., KONTAKOS, S. and KONTOMINAS, M.G. 2014b. Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Research International*, 62: 753-760.
- KARADAL, F. ve YILDIRIM, Y. 2012. Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9 (3): 197-209.
- KARLOVIC, S., BOSILJKOV, T., BRNCIC, M., SEMENSKI, D., DUJMIC, F., TRIPALO, B. and JEZEK, D. 2014. Reducing Fat Globules Particle-Size in Goat Milk: Ultrasound and High Hydrostatic Pressures Approach. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 28 (4): 499-507.
- KASKONIENE, V. and VENSKUTONIS, P.R. 2010. Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (6): 620-634.
- KAYGUSUZ, H., TEZCAN, F., ERIM, F.B., YILDIZ, O., SAHIN, H., CAN, Z. and KOLAYLI, S. 2016. Characterization of Anatolian honeys based on minerals,

- bioactive components and principal component analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 68: 273-279.
- KEČKEŠ, J., TRIFKOVIĆ, J., ANDRIĆ, F., JOVETIĆ, M., TEŠIĆ, Ž. and MILOJKOVIĆ-OPSENICA, D. 2013. Amino acids profile of Serbian unifloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (13): 3368-3376.
- KEKECOGLU, M. and RASGELE, P.G. 2013. Physico-chemical analyses of Turkish honey samples The assessment of quality of branded honeys available in the supermarkets and unbranded honeys from beekeepers. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 24 (1): 38-41.
- KHALIL, M., ALAM, N., MONIRUZZAMAN, M., SULAIMAN, S. and GAN, S. 2011. Phenolic acid composition and antioxidant properties of Malaysian honeys. *Journal of Food Science*, 76 (6): C921-C928.
- KHALIL, M.I., MONIRUZZAMAN, M., BOUKRAË, L., BENHANIFIA, M., ISLAM, M.A., ISLAM, M.N., SULAIMAN, S.A. and GAN, S.H. 2012. Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*, 17 (9): 11199-11215.
- KHALILIAN MOVAHHED, M. and MOHEBBI, M. 2015. Spray Drying and Process Optimization of Carrot–Celery Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40 (2016): 212–225.
- KREISSL, H.T., NAKAGAWA, K., PENG, Y.-K., KOITO, Y., ZHENG, J. and TSANG, S.C.E. 2016. Niobium oxides: Correlation of acidity with structure and catalytic performance in sucrose conversion to 5-hydroxymethylfurfural. *Journal of Catalysis*, 338: 329-339.
- KRISHNAIAH, D., NITHYANANDAM, R. and SARBATLY, R. 2014. A critical review on the spray drying of fruit extract: effect of additives on physicochemical properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54 (4): 449-473.
- KUROZAWA, L.E., MORASSI, A.G., VANZO, A.A., PARK, K.J. and HUBINGER, M.D. 2009. Influence of spray drying conditions on physicochemical properties of chicken meat powder. *Drying Technology*, 27 (11): 1248-1257.
- KÜÇÜK, M., KOLAYLI, S., KARAOĞLU, Ş., ULUSOY, E., BALTACI, C. and CANDAN, F. 2007. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100 (2): 526-534.
- LAOS, K., KIRS, E., PALL, R. and MARTVERK, K. 2011. The crystallization behaviour of Estonian honeys. *Agronomy Research*, 9 (Special issue II): 427-432.
- LIBERATO, M.D.C.T.C., DE MORAIS, S.M., SIQUEIRA, S.M.C., DE MENEZES, J.E.S.A., RAMOS, D.N., MACHADO, L.K.A. and MAGALHÃES, I.L. 2011. Phenolic content and antioxidant and antiacetylcholinesterase properties of honeys from different floral origins. *Journal of Medicinal Food*, 14 (6): 658-663.

- LINKON, M., PRODHAN, U.K., ELAHI, T., TALUKDAR, J. and ALIM, M.A. 2015. Comparative Analysis of the physico-chemical and antioxidant properties of honey available in Tangail, Bangladesh. *Universal Journal of Food and Nutrition Science*, 3 (1): 19-22.
- LIU, R.H. 2013. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4 (3): 384S-392S.
- MAHMOUDI, R., ZARE, P., TAJIK, H., SHADFAR, S. and NYIAZPOUR, F. 2012. Biochemical properties and microbial analysis of honey from North-Western regions of Iran: seasonal effects on physicochemical properties of honey. *African Journal of Biotechnology*, 11 (44): 10227-10231.
- MANYI-LOH, C.E., CLARKE, A.M. and NDIP, N. 2011. An overview of honey: therapeutic properties and contribution in nutrition and human health. *African Journal of Microbiology Research*, 5 (8): 844-852.
- MATO, I., HUIDOBRO, J.F., SIMAL-LOZANO, J. and SANCHO, M.T. 2006. Rapid determination of nonaromatic organic acids in honey by capillary zone electrophoresis with direct ultraviolet detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (5): 1541-1550.
- MICHALSKA, A., WOJDYŁO, A., LECH, K., ŁYSIAK, G.P. and FIGIEL, A. 2016. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food Chemistry*, 207: 223-232.
- MONIRUZZAMAN, M., SULAIMAN, S.A., KHALIL, M.I. and GAN, S.H. 2013. Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal*, 7 (1): 1-12.
- NAGAI, T., INOUE, R., SUZUKI, N., TANOUE, Y. and KAI, N. 2012. Characterization of α -amylase from mandarin orange honey. *Journal of Apicultural Research*, 51 (1): 3-9.
- NAYIK, G.A. and NANDA, V. 2015. Physico-chemical, Enzymatic, Mineral and colour characterization of three different varieties of honeys from Kashmir valley of India with a multivariate approach. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65 (2): 101-108.
- NILE, S.H. and PARK, S.W. 2014. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30 (2): 134-144.
- NOMBRÉ, I., SCHWEITZER, P., BOUSSIM, J.I. and RASOLODIMBY, J.M. 2010. Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 4 (7): 458-463.

- NURHADI, B., ANDOYO, R. and INDIARTO, R. 2012. Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *International Food Research Journal*, 19 (3): 907-912.
- NURHADI, B. and ROOS, Y.H. 2016. Water sorption and water plasticization behavior of vacuum dried honey. *International Journal of Food Properties*, 19 (6): 1370-1380.
- ÖZCAN, M.M. and AL JUHAIMI, F. 2015. Honey as source of natural antioxidants. *Journal of Apicultural Research*, 54 (3): 145-154.
- ÖZCAN, M.M. and ÖLMEZ, Ç. 2014. Some qualitative properties of different monofloral honeys. *Food Chemistry*, 163: 212-218.
- PARIKH, A., AGARWAL, S. and RAUT, K. 2014. A review on applications of maltodextrin in pharmaceutical industry. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 4 (4): 67-74.
- PEDROSO, D.D.L., THOMAZINI, M., HEINEMANN, R.J.B. and FAVARO-TRINDADE, C.S. 2012. Protection of Bifidobacterium lactis and Lactobacillus acidophilus by microencapsulation using spray-chilling. *International Dairy Journal*, 26 (2): 127-132.
- RAM, A.K. 2011. Production of spray-dried honey powder and its application in bread. Master Thesis, Vellore Institute of Technology University, India, 83 p.
- RÉ, M. 1998. Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 16 (6): 1195-1236.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M. and RICE-EVANS, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26 (9): 1231-1237.
- RODEA-GONZÁLEZ, D.A., CRUZ-OLIVARES, J., ROMÁN-GUERRERO, A., RODRÍGUEZ-HUEZO, M.E., VERNON-CARTER, E.J. and PÉREZ-ALONSO, C. 2012. Spray-dried encapsulation of chia essential oil (*Salvia hispanica* L.) in whey protein concentrate-polysaccharide matrices. *Journal of Food Engineering*, 111 (1): 102-109.
- RUFIN-HENARES, J.A., DELGADO-ANDRADE, C. and MORALES, F.J. 2006. Application of a fast high-performance liquid chromatography method for simultaneous determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. *Journal of AOAC International*, 89 (1): 161-165.
- SACCHETTI, G., IOANNONE, F., DE GREGORIO, M., DI MATTIA, C., SERAFINI, M. and MASTROCOLA, D. 2016. Non enzymatic browning during cocoa roasting as affected by processing time and temperature. *Journal of Food Engineering*, 169: 44-52.

- SAHU, J.K. 2008. The effect of additives on vacuum dried honey powder properties. *International Journal of Food Engineering*, 4 (8): 1-26.
- SAIKIA, S., MAHNOT, N.K. and MAHANTA, C.L. 2015. Effect of spray drying of four fruit juices on physicochemical, phytochemical and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6): 1656-1664.
- SAK-BOSNAR, M. and SAKAČ, N. 2012. Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, 135 (2): 827-831.
- SALDAMLI, İ. 2007. Gıda Kimyası. *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, 3. Basım, Ankara, 587 s.
- SAMBORSKA, K. and BIENKOWSKA, B. 2013. Physicochemical properties of spray dried honey preparations. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 575: 91-105.
- SAMBORSKA, K. and CZELEJEWSKA, M. 2014. The influence of thermal treatment and spray drying on the physicochemical properties of Polish honeys. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (1): 413-419.
- SAMBORSKA, K., GAJEK, P. and KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA, A. 2015. Spray Drying of Honey: The effect of drying agents on powder properties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65 (2): 109-118.
- SANCHO, M.T., PASCUAL-MATÉ, A., RODRÍGUEZ-MORALES, E.G., OSÉS, S.M., ESCRICHE, I., PERICHE, Á. and FERNÁNDEZ-MUIÑO, M.A. 2016. Critical assessment of antioxidant-related parameters of honey. *International Journal of Food Science & Technology*, 51 (1): 30-36.
- SARKAR, S., GUPTA, S., VARIYAR, P.S., SHARMA, A. and SINGHAL, R.S. 2013. Hydrophobic derivatives of guar gum hydrolyzate and gum Arabic as matrices for microencapsulation of mint oil. *Carbohydrate Polymers*, 95 (1): 177-182.
- SAXENA, S., GAUTAM, S. and SHARMA, A. 2010. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118 (2): 391-397.
- SHI, Q., FANG, Z. and BHANDARI, B. 2013. Effect of addition of whey protein isolate on spray-drying behavior of honey with maltodextrin as a carrier material. *Drying Technology*, 31 (13-14): 1681-1692.
- SI, X., CHEN, Q.Q., BI, J.F., WU, X.Y., YI, J.Y., ZHOU, L.Y. and LI, Z.L. 2016. Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (6): 2055-2062.

- SILVANO, M.F., VARELA, M.S., PALACIO, M.A., RUFFINENGO, S. and YAMUL, D.K. 2014. Physicochemical parameters and sensory properties of honeys from Buenos Aires region. *Food Chemistry*, 152: 500-507.
- SIMSEK, A., BILSEL, M. and 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 Chemistry*, 130 (4): 1115-1121.
- ŠKERGET, M., KOTNIK, P., HADOLIN, M., HRAŠ, A.R., SIMONIČ, M. and KNEZ, Ž. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89 (2): 191-198.
- SMANALIEVA, J. and SENGE, B. 2009. Analytical and rheological investigations into selected unifloral German honey. *European Food Research and Technology*, 229 (1): 107-113.
- SMITHERS, G.W. 2008. Whey and whey proteins- From 'gutter-to-gold'. *International Dairy Journal*, 18 (7): 695-704.
- SOCHA, R., JUSZCZAK, L., PIETRZYK, S., GAŁKOWSKA, D., FORTUNA, T. and WITCZAK, T. 2011. Phenolic profile and antioxidant properties of Polish honeys. *International Journal of Food Science & Technology*, 46 (3): 528-534.
- SOLAYMAN, M., ISLAM, M., PAUL, S., ALI, Y., KHALIL, M., ALAM, N. and GAN, S.H. 2016. Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15 (1): 219-233.
- SPILIOTI, E., JAAKKOLA, M., TOLONEN, T., LIPPONEN, M., VIRTANEN, V., CHINO, I., KASSI, E., KARABOURNIOTI, S. and MOUTSATSOU, P. 2014. Phenolic acid composition, antiatherogenic and anticancer potential of honeys derived from various regions in Greece. *Plos one*, 9 (4): 1-10
- SRAMEK, M., WOERZ, B., HORN, H., WEISS, J. and KOHLUS, R. 2016. Inactivation kinetics of invertase in honey and honey-glucose syrup formulations: effects of temperature and water activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, doi: 10.1002/jsfa.7846.
- STEPHENS, J., GREENWOOD, D., FEARNLEY, L., BONG, J., SCHLOTHAUER, R. and LOOMES, K. 2015. Honey production and compositional parameters. *Processing and Impact on Active Components in Food, Chapter 81*, 675-680.
- SUHAG, Y. and NANDA, V. 2015. Optimisation of process parameters to develop nutritionally rich spray-dried honey powder with vitamin C content and antioxidant properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 50 (8): 1771-1777.

- SUHAG, Y., NAYIK, G.A. and NANDA, V. 2016. Effect of gum Arabic concentration and inlet temperature during spray drying on physical and antioxidant properties of honey powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10 (2): 350-356.
- SUNAY, E.A. 2008. Authenticity and sensorial properties of pine honey from Turkey. *1st World Honeydew Honey Symposium*, Tzarevo, Bulgaria, 12 p.
- SWELLAM, T., MIYANAGA, N., ONOZAWA, M., HATTORI, K., KAWAI, K., SHIMAZUI, T. and AKAZA, H. 2003. Antineoplastic activity of honey in an experimental bladder cancer implantation model: in vivo and in vitro studies. *International Journal of Urology*, 10 (4): 213-219.
- ŞAHİN, H. 2009. Dağ çayından (*Sideritis stricta*) çözünür (instant) bitki çayı üretim olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 138 s.
- ŞAHİN-NADEEM, H., DİNÇER, C., TORUN, M., TOPUZ, A. and ÖZDEMİR, 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 Science and Technology*, 52 (1): 31-38.
- TAJCHAKAVIT, S., BOYE, J.I. and COUTURE, R. 2001. Effect of processing on post-bottling haze formation in apple juice. *Food Research International*, 34 (5): 415-424.
- TELIS, V.R.N. and MARTINEZ-NAVARRETE, N. 2009. Collapse and color changes in grapefruit juice powder as affected by water activity, glass transition, and addition of carbohydrate polymers. *Food Biophysics*, 4 (2): 83-93.
- TEZCAN, F., KOLAYLI, S., ULUSOY, H. and ERİM, F.B. 2011. Evaluation of organic acid, saccharide composition and antioxidant properties of some authentic Turkish honeys. *Journal of Food and Nutrition Research*, 50 (1): 33-40.
- TONON, R.V., BARONI, A.F., BRABET, C., GIBERT, O., PALLET, D. and HUBINGER, M.D. 2009. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. *Journal of Food Engineering*, 94 (3-4): 215-221.
- TONTUL, I., TOPUZ, A., OZKAN, C. and KARACAN, M. 2016. Effect of Vegetable Proteins on Physical Characteristics of Spray-Dried Tomato Powders. *Food Science and Technology International*, 1082013216629528.
- TORNUK, F., KARAMAN, S., OZTURK, I., TOKER, O.S., TASTEMUR, B., SAGDIC, O., DOGAN, M. and KAYACIER, A. 2013. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46: 124-131.

- TRUZZI, C., ANNIBALDI, A., ILLUMINATI, S., FINALE, C. and SCARPONI, G. 2014. Determination of proline in honey: comparison between official methods, optimization and validation of the analytical methodology. *Food Chemistry*, 150: 477-481.
- UMESH HEBBAR, H., RASTOGI, N. and SUBRAMANIAN, R. 2008. Properties of dried and intermediate moisture honey products: a review. *International Journal of Food Properties*, 11 (4): 804-819.
- WANG, H., WILLIAMS, P.A. and SENAN, C. 2014. Synthesis, characterization and emulsification properties of dodecanyl succinic anhydride derivatives of gum Arabic. *Food Hydrocolloids*, 37: 143-148.
- WOJDYŁO, A., FIGIEL, A., LEGUA, P., LECH, K., CARBONELL-BARRACHINA, Á.A. and HERNÁNDEZ, F. 2016. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chemistry*, 207: 170-179.
- WON, S.R., LI, C.Y., KIM, J.W. and RHEE, H.I. 2009. Immunological characterization of honey major protein and its application. *Food Chemistry*, 113 (4): 1334-1338.

7. EKLER

EK-1: Bal Tozu İeeği Duyusal Analiz Formu

BAL TOZU İEEĞİ DUYUSAL ANALİZ FORMU

| Örnek Kodu | Koku | Görünüm | Tat | Berraklık | Genel Beğeni | Kabul | Ret |
|------------|------|---------|-----|-----------|--------------|-------|-----|
| 536 | | | | | | | |
| 257 | | | | | | | |
| 745 | | | | | | | |
| 143 | | | | | | | |
| 381 | | | | | | | |
| 916 | | | | | | | |

AÇIKLAMALAR:

Koku: Klasik içeceklerden farklı olarak ürün yabancı koku içeriyor mu?

Görünüm: Ürün homojen mi?

Tat: Ekşi, fermente tat vb. yabancı tat var mı?

Berraklık: Üründe gözle görülür bir bulanıklık mevcut mu?

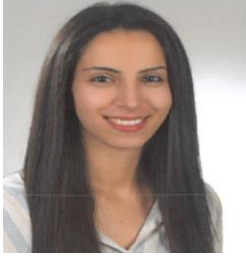
Genel beğeni: Tüm özellikler dikkate alınarak en çok tercih edeceğiniz ürün hangisi olur?

Kabul veya ret edeceğiniz ürünü (X) ile işaretleyiniz.

Analiz parametreleri 1-5 arası hedonik skalaya göre belirlenecek olup, puanlar aşağıda belirtilen niteliklerine uygun olarak değerlendirilecektir.

- 1: Çok kötü
- 2: Kötü
- 3: Orta
- 4: İyi
- 5: Çok iyi

ÖZGEÇMİŞ



Ceren MUTLU 1991 yılında Sivas'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Denizli'de tamamladı. 2009 yılında lisans eğitimine başladığı Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda lisansüstü eğitimine başlayan Ceren MUTLU halen aynı kurumda eğitimini sürdürmektedir.

