

VAKUM KURUTMA YÖNTEMİ İLE PROPOLİS TOZU ÜRETİMİ VE TOZUN BAZI ÖZELLİKLERİ

Ceren Mutlu*

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Geliş/Received: 11.09.2023; Kabul /Accepted: 21.10.2023; Online baskı /Published online: 30.11.2023

Mutlu, C. (2023). Vakum kurutma yöntemi ile propolis tozu üretimi ve tozun bazı özellikleri. *GIDA* (2023) 48 (6) 1292-1303 doi: 10.15237/gida.GD23109

Mutlu, C. (2023). Production of propolis powder by vacuum drying and some properties of the powder. *GIDA* (2023) 48 (6) 1292-1303 doi: 10.15237/gida.GD23109

ÖZ

Araştırmada %70 etanol ile ekstrakte edilmiş propolisin Arap zıncığı ilavesiyle ve vakumda kurutulmasıyla üretilen propolis tozunun bazı özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Propolis tozunun toplam fenolik madde ve flavonoid içerikleri sırasıyla 5.65 g galik asit eşdeğeri/100 g ve 1.08 g kuersetin eşdeğeri/100 g olarak belirlenmiş ve bu sonuçların ham propolis örneğine ait sonuçlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca üretilen tozun TEAC ve CUPRAC analiz sonuçları sırasıyla 541.54 ve 462.47 µmol Troloks eşdeğeri/g olarak bulunmuştur. Hausner oranı ve Carr indeksi değerleri sırasıyla 1.33 ve %24.65 olarak belirlenmiş olup, toz örneğin akışkanlığının orta düzeyde olduğu değerlendirilmiştir. Propolis tozunun nem adsorpsiyonunun Tip 2 özellik gösterdiği, tek tabaka su içeriğinin ≤5.44 g/100 g olduğu ve BET, Halsey ve Kuhn modellerinin 25°C sıcaklıkta nem adsorpsiyonunu daha iyi temsil ettiği belirlenmiştir. Sonuç olarak üretilen propolis tozunun biyoaktif bileşenler içerdiği ve 5.44 g/100 g değerinden daha düşük nem içeriğinde güvenli olarak muhafaza edilebileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Propolis, Carr indeksi, fenolik, adsorpsiyon, Halsey

PRODUCTION OF PROPOLIS POWDER BY VACUUM DRYING AND SOME PROPERTIES OF THE POWDER

ABSTRACT

The aim of this study was to determine some properties of propolis powder produced by vacuum-drying of propolis 70% of ethanol extract with gum arabic. The total phenolic and flavonoid contents of sample were 5.65 g GAE/100 g and 1.08 g QE/100 g, respectively, and these results were lower than the those of raw propolis. Furthermore, TEAC and CUPRAC results of sample were 541.54 and 462.47 µmol TE/g, respectively. Hausner ratio and Carr index values were 1.33 and 24.65%, respectively, and flowability was passable. It was concluded that, moisture adsorption of propolis powder showed Type 2 characteristics, monolayer moisture content was ≤5.44 g/100 g, and BET, Halsey and Kuhn models had a good fit to the moisture adsorption of propolis powder at 25°C. As a result, it was evaluated that produced propolis powder contains bioactive components and can be safely stored at a moisture content lower than 5.44 g/100 g.

Keywords: Propolis, Carr index, phenolic, adsorption, Halsey

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉: ceren.mutlu@balikesir.edu.tr

☎: (+90) 266 612 6319

Ceren Mutlu; ORCID no: 0000-0003-4943-2798

GİRİŞ

Arılar kovanı zararlılardan korumak amacıyla bitkilerin tomurcuklarından, yeni filizlenen dallarından ve ağaç gövdesinin hasarlı kısımlarında oluşan akıntılardan topladıkları salgıları, kendi tükürük sıvılarından enzimler ve balmumu ile karıştırarak “propolis” adı verilen katı ve yapışkan formda kendine özgü hoş kokulu bir ürün üretirler (Cui vd., 2022). Propolisin yapısında reçine ve balmumunun yanı sıra uçucu yağlar, polen, karbonhidratlar, aminoasitler, vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler ve esterleri, terpenler, steroidler, aromatik asitler, aldehitler, yağ asitleri ve hidrokarbonlar gibi birçok bileşik grubu bir arada bulunmaktadır (Stojanović vd., 2020). Bu zengin kimyasal içeriği sayesinde propolis; antibakteriyel, antifungal, antiviral, antialerjik, antitümör, antioksidan, antiinflamatuvar, immünomodülatör ve hepatoprotektif etkiler gibi çeşitli olumlu sağlık fonksiyonlarına sahiptir (Cui vd., 2022; Kasote vd., 2022).

Propolisin bileşiminde birçok biyoaktif bileşik bulunmasına rağmen bu bileşiklerin sıcaklık, ışık ve oksijen gibi çevresel etkenlerden olumsuz yönde etkilendiği ve bu bileşiklerin propolisin işlenmesi ve depolanması gibi aşamalarda korunması, propoliste istenmeyen duyuşal değişimlerin önlenmesi ve propolisin hidrofobik özelliğinin azaltılarak daha suda çözünür ve buna bağlı olarak da daha biyoyararlanılabilir hale getirilebilmesi için propolis enkapsülasyonunun önemli bir yöntem olabileceği belirtilmiştir (Busch vd., 2017; Andrade vd., 2018). Propolisin enkapsülasyonu püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutma gibi teknikler ile maltodekstrin, Arap zımkı ve modifiye nişasta gibi farklı taşıyıcı materyaller kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Busch vd., 2017; Andrade vd., 2018; Baysan vd., 2021; Pant vd., 2022).

Vakum kurutma diğer yöntemlere kıyasla ucuz ve uygulama sırasında ortamdaki havanın uzaklaştırılması nedeniyle de özellikle polifenoller, vitaminler ve karotenoidler gibi oksidasyona hassas bileşikler için oksidasyonu azaltıcı etkileri olan bir enkapsülasyon yöntemidir (Pant vd., 2022). Yapılan farklı araştırmalarda bal tozu (Osés

vd., 2022), propolis tozu (Pant vd., 2022), kırmızı pancar tozu (Kerr ve Varner, 2019) ve hurma tozu (Sahari vd., 2008) gibi ürünlerin üretiminde vakum kurutma yöntemi tercih edilmiştir.

Literatürde propolis tozu üretimi için çoğunlukla püskürterek kurutma yönteminin kullanıldığı araştırmalar bulunmaktadır (da Silva vd., 2013; Busch vd., 2017; Andrade vd., 2018; Baysan vd., 2021). Bununla birlikte maltodekstrin taşıyıcısı kullanılarak vakum kurutma yöntemi ile propolis tozu üretiminin yapıldığı yalnızca bir araştırmaya (Pant vd., 2022) rastlanılmıştır. Buradan hareketle vakum kurutma yöntemi ve farklı taşıyıcı materyal kullanımı ile yeni bir propolis tozu üretimi yapılmasının ve ayrıca rapor edilen araştırmadan farklı olarak üretilen toz ürünün depolama stabilitesinin değerlendirilmesi amacıyla sorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi ve farklı modellerle incelenmesinin de literatüre katkı sağlayacağı değerlendirilerek bu araştırmanın gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırmada kullanılan propolis Kırklareli (Demirköy) ilindeki yerel bir üreticiden alınmıştır. Analizlerde kullanılan analitik saflıktaki kimyasallar ise Isolab Laborgeräte GmbH (Almanya) ve Sigma-Aldrich (Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

Metotlar

Propolisin ekstraksiyonu ve kurutulması

Propolis örneği -40°C sıcaklıkta bekletildikten sonra bir öğütücü (Arzum AR1034, Türkiye) içerisinde öğütülerek boyutları küçültülmüştür. Öğütülen propolis örneğinden 12.5 g tartılarak üzerine 100 mL %70 sulu etanol çözeltisi (h/h) ilave edilmiştir. Bu karışım kapaklı amber cam bir şişe içerisinde 25°C sıcaklıkta 24 saat süresince manyetik karıştırıcıda (IKA, RCT klasik, Almanya) 400 rpm hızla karıştırılmıştır. Süre sonunda karışım 7100xg kuvvetle 15 dakika santrifüj (Sigma, 3K18, Almanya) edilmiş ve sıvı kısım ayrılmıştır. Ekstrakt, çözeltide bulunan safsızlıkların uzaklaştırılması amacıyla -18°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra yeniden aynı koşullarda santrifüj edilerek kalıntılardan ayrılmıştır (Pant vd., 2022).

Kurutmada taşıyıcı materyal olarak kullanılan Arap zımkı çözeltilisinin hazırlanması için 30 g Arap zımkı üzerine 100 mL saf su ilave edilmiş ve 400 rpm hızla 20 dakika süresince oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı (IKA, RCT klasik, Almanya) ile karıştırılmıştır. Bu karışım üzerine 100 mL propolis ekstraktı eklenmiş ve karıştırma işlemi 10 dakika daha sürdürülmüştür (da Silva vd., 2013; Mutlu ve Erbaş, 2018; Şturm vd., 2019). Elde edilen karışımın tamamı fırın kağıdı içerisine alınmış ve vakum kurutucunun tepsisi üzerine yerleştirilmiştir. Vakum kurutma için uygulanacak koşullar ön denemeler ile belirlenmiştir. Kurumanın başlangıç aşamasında karışım içerisindeki etil alkol daha düşük sıcaklık ve daha yüksek basınç koşullarında uzaklaştırılabilirken, sulu faz kısmında ise kuruma yavaşlamış ve ayrıca örnekte kabuk oluşumu başladığından kütle transferi zorlaşmıştır. Bu nedenle elde edilen propolis:Arap zımkı karışımı vakum kurutucu (Memmert VO200, Almanya) içerisinde öncelikle 4.5 saat süresince 100 mbar vakum basıncında, 45°C sıcaklıkta ve daha sonra ise 5.5 saat süresince 25 mbar vakum basıncında ve 60°C sıcaklıkta iki aşamalı olarak kurutulmuştur. Kurutma süresince saatte bir vakum kurutma sistemi açılarak kurutucunun yüzeylerinde biriken nem uzaklaştırılmış ve sistem kapatılarak kurutma işlemi sürdürülmüştür. Üretim sonunda elde edilen propolis:Arap zımkı filmleri öğütücü (Arzum, AR1034 Clipper, Türkiye) içerisinde 2 dakika süresince öğütülerek toz haline getirilmiştir. Üretilen propolis tozu analizler için -18°C sıcaklıkta kapaklı amber cam ambalaj içerisinde saklanmıştır (da Silva vd., 2013; Mutlu ve Erbaş, 2018; Pant vd., 2022).

Nem içeriği ve su aktivitesi analizi

Propolis ve propolis tozu örneklerinin nem içeriği yaklaşık 1.0 g örneğin 70°C sıcaklıkta sabit tartma ulaşmaya kadar kurutulması ile belirlenmiştir. Örneklerin su aktivitesi (a_w) değeri ise Aqua Lab 4TE (Decagon Divices, ABD) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Toplam fenolik ve flavonoid madde analizi

Propolis ve propolis tozu örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde ve antioksidan aktivite analizleri için ekstrakte edilmesi amacıyla

0.5 g örnek tartılarak üzerine 9.5 mL %70 konsantrasyonundaki etanol çözeltisi ilave edilmiş ve örnekler 25°C sıcaklıkta 24 saat yatay şekilde 80 rpm hızla karıştırılarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu karışımlar 7100xg kuvvetle 10 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz ayrılarak analizlerde kullanılmıştır (Mutlu, 2023a).

Uygun oranlarda %70 etanol ile seyreltilen ekstraktlardan alınan 0.5 mL örnek, 2.5 mL %10 Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 2 mL %7.5 sodyum karbonat çözeltisi ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışımlar 50°C sıcaklığındaki su banyosunda 5 dakika bekletilmiş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar karanlık bir ortamda tutulmuştur. Örnek absorbans değerleri 760 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometre (Cary 60 UV-Vis, Agilent, ABD) ile belirlenmiş ve sonuçlar galik asit ile oluşturulan küre yardımıyla mg GAE/100 g örnek olarak hesaplanmıştır (Mutlu, 2023a).

Toplam flavonoid madde analizi için uygun oranlarda %70 etanol ile seyreltilen ekstraktlardan alınan 2 mL örnek üzerine metanol içerisinde çözüldürülmüş %2 konsantrasyonundaki alüminyum klorür çözeltisinden 2 mL eklenmiştir. Elde edilen karışımların karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmesinden sonra 415 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometre ile absorbans değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar kuersetin ile oluşturulan küre yardımıyla mg KE/100 g örnek olarak hesaplanmıştır (Bueno-Costa vd., 2016).

Antioksidan aktivite analizi

Propolis ve propolis tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerleri Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) ve bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC) metotları ile belirlenmiştir.

TEAC yönteminde uygun oranlarda %70 etanol ile seyreltilen ekstraktlardan alınan 5, 10, 15 ve 20 µL örnek, 1 mL ABTS⁺ çözeltisi içerisine ilave edilmiştir. Örnek ve ABTS⁺ karışımları karanlık bir ortamda 6 dakika bekletilmiş ve daha sonra absorbansları 734 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometre ile ölçülmüştür (Çetin-Babaoğlu vd., 2021).

CUPRAC yönteminde 1 mL 10 mM bakır klorür çözeltisi, 1 mL 7.5 mM neocuproine ve 1 mL 1 M amonyum asetat (pH 7.0) çözeltileri ile karıştırılmıştır. Karışımın absorpsiyon değeri 0.20-0.40 aralığında olacak şekilde uygun oranlarda %70 etanol ile seyreltilmiş örnek ekstraktlarından alınan 100 µL örnek ve 1 mL saf su, reaktant karışımı içerisine ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilen örneklerin absorpsiyonları 450 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçülmüştür. Analiz sonuçları Trolox ile oluşturulan kurveler yardımıyla µmol TE/g örnek olarak hesaplanmıştır (Toydemir, 2013).

Yiğın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yiğın yoğunluğu analizi
Propolis tozu örneğinin yiğın yoğunluğu değeri 1.0 g örneğin 10 mL hacmindeki dereceli mezüre tartılması ve hacminin ölçülmesi ile belirlenmiştir. Sıkıştırılmış yiğın yoğunluğu değeri ise mezürün 40 defa düz bir zemine vurulmasından sonra ölçülen hacim değeri kullanılarak tespit edilmiş ve her iki parametre örnek ağırlığı kullanılarak g/cm³ şeklinde hesaplanmıştır (Beristain vd., 2001; Arslan-Tontul, 2020). Toz örneklerin yapışkanlık ve akışkanlık özelliklerini ifade eden Hausner oranı ve Carr indeksi parametreleri ise aşağıda verilen Eşitlik 1 ve 2 ile belirlenmiştir (Li vd., 2021).

$$\text{Hausner oranı} = \frac{\text{Sıkıştırılmış yiğın yoğunluğu}}{\text{Yiğın yoğunluğu}} \quad \text{Eşitlik 1}$$

$$\text{Carr indeksi} = \frac{\text{Sıkıştırılmış yiğın yoğunluğu} - \text{Yiğın yoğunluğu}}{\text{Sıkıştırılmış yiğın yoğunluğu}} \times 100 \quad \text{Eşitlik 2}$$

Çözünürlük analizi

Propolis tozu örneğinin sudaki çözünürlüğünü belirlemek amacıyla; 1.0 g örnek, 100 mL saf su içerisinde oda sıcaklığında 600 rpm hızla 5 dakika süreyle manyetik karıştırıcı (IKA, RCT klasik, Almanya) ile karıştırılmıştır. Bu karışım 3000xg kuvvetinde 5 dakika santrifüj edilmiş ve üst kısımdan ayrılan 25 mL örnek 70°C sıcaklıkta 48 saat süresince kurutulmuştur. Örnek çözünürlüğü g/100 g olarak hesaplanmıştır (Cano-Chauca vd., 2005).

Nem çekme analizi

Propolis tozunun nem çekme değerini belirlemek amacıyla; içerisinde 0.5 g örnek bulunan beherler doygun sodyum klorür çözeltisi içeren desikatör (%75.63 nisbi nem) içerisinde 25°C sıcaklıkta 7 gün tutulmuş ve örnekteki ağırlık değişimi tespit edilmiştir. Örneklerin nem çekme değeri oluşan ağırlık farkı değeri kullanılarak g/100 g olarak hesaplanmıştır (Li vd., 2021).

Nem adsorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi

Propolis tozunun 25°C sıcaklıktaki nem adsorpsiyon izotermi statik gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla hazırlanan ve farklı su aktivitesi değerleri sağlayan doygun tuz çözeltileri (sodyum hidroksit 0.08 a_w, potasyum asetat 0.23 a_w, magnezyum klorür 0.33 a_w, potasyum karbonat 0.43 a_w, sodyum bromür 0.58 a_w, potasyum iyodür 0.69 a_w, sodyum klorür 0.75 a_w ve baryum klorür 0.87 a_w) hazırlanmış ve beherlere tartılan 0.5 g örnek, bu tuz çözeltilerini içeren desikatörlerde ağırlık değişiminin dengeye ulaştığı 11 gün süresince bekletilmiştir (Bell ve Labuza, 2000; Mutlu, 2023b).

Deneysel veriler Brunauer-Emmett-Teller (BET), Caurie, Guggenheim, Anderson and deBoer (GAB), Halsey, Henderson, Iglesias and Chirife, Kuhn ve Smith sorpsiyon modelleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sorpsiyon modellerine ait eşitlikler Çizelge 1'de verilmiştir. GAB modeli ile değerlendirme yapılırken doğrusal olmayan regresyon ve diğer modellerle değerlendirme yapılırken ise doğrusal regresyon uygulanmıştır (Aksil vd., 2019; Rosa vd., 2021; Mutlu, 2023b). Sorpsiyon modellerinin deneysel verilere uyumları deneysel (m_d) ve teorik (m_t) nem içerikleri arasındaki ortalama bağıl sapma (%E) ve regresyon katsayısı (R²) parametreleri ile değerlendirilmiştir. %E değeri aşağıda verilen Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Mutlu, 2023b).

$$E\% = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{m_{di} - m_{ti}}{m_{di}} \right| \quad \text{Eşitlik 3}$$

n: gözlem sayısı

Çizelge 1. Propolis tozunun nem adsorption özelliklerini değerlendirmek için kullanılan bazı sorpsiyon modellerine ait eşitlikler

Table 1. Equations of some sorption models used to evaluate moisture adsorption properties of propolis powder

Modeller/ Models	Eşitlikler/ Equations
BET	$X = \frac{X_0 C a_w}{[(1 - a_w + C a_w) (1 - a_w)]}$
Caurie	$\frac{1}{X} = \frac{1}{C_c X_0} \left[\frac{1 - a_w}{a_w} \right]^n$
GAB	$X = \frac{X_0 C k a_w}{[(1 - k a_w) (1 - k a_w + C k a_w)]}$
Halsey	$X = \left[-\frac{A}{\ln(a_w)} \right]^{\frac{1}{B}}$
Henderson	$X = \left[\frac{\ln(1 - a_w)}{-A} \right]^{\frac{1}{B}}$
Iglesias and Chirife	$X = A + B \frac{a_w}{1 - a_w}$
Kuhn	$X = \frac{B}{\ln a_w} + A$
Smith	$X = A - [B \ln(1 - a_w)]$

X: denge nem içeriği, X_0 : tek tabaka nem içeriği, C: tek ve çoklu su tabakaları arasındaki kimyasal potansiyeli gösteren GAB model sabiti, k: tek tabaka ile serbest su arasındaki kimyasal potansiyeli gösteren GAB model sabiti, A, B, C_c ve n model sabitleri (Mutlu, 2023b)

X: equilibrium moisture content, X_0 : monolayer moisture content, C: GAB model constant, indicating the chemical potential between mono and multi water layers, k: GAB model constant showing the chemical potential between the monolayer and free water, A, B, C_c and n model constants (Mutlu, 2023b)

İstatistiksel analiz

Propolis tozu üretimi 3 tekerrürlü ve analizler ise 3 paralelli olarak yapılmış, sonuçlar örnek kurumadesi üzerinden hesaplanarak “ortalama \pm standart hata” olarak verilmiştir. İstatistiksel veri analizi IBM SPSS 23 (ABD) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen verilere t-testi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Propolis ve propolis tozu örneklerinin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Propolis ve propolis tozu örneklerine ait kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Üretilen propolis tozu örneğinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri sırasıyla 4.96 g/100 g ve 0.34 olarak belirlenmiştir. Nem içeriği toz ürünlerde plastikleştirici olarak davranıp üründe aglomerasyona neden olduğu için toz ürünlerin

fiziksel kalitesinde önemli bir parametredir. Ayrıca toz ürünlerin hem mikrobiyal güvenliği hem de uzun süre depolanabilmesi için nem içeriğinin 5.0 g/100 g değerinin altında olması önerilmektedir. Su aktivitesi 0.30 değeri ve altında olan toz ürünler de mikrobiyolojik ve kimyasal özellikler bakımından daha stabil olarak nitelendirilmektedir (Tontul ve Topuz, 2017). Yapılan araştırmalarda püskürterek, dondurarak ve vakum kurutma gibi farklı kurutma metodları, farklı proses parametreleri ve taşıyıcı materyaller kullanılarak üretilen propolis tozu örnekleri için nem ve su aktivitesi değerleri sırasıyla 4.26-11.00 g/100 g ve 0.06-0.44 aralıklarında rapor edilmiştir (da Silva vd., 2011; Andrade vd., 2018; Baysan vd., 2019; Baysan vd., 2021). Kullanılan yöntemler ve koşullardaki farklılıkların örneklerin vizkozitesini, ısı ve kütle transfer yüzey alanını ve hızını etkilemesine bağlı olarak ürünün nem içeriği ve su

aktivitesini etkilediği ve farklı sonuçlar elde edilebileceği ifade edilmiştir (Baysan vd., 2021).

Çizelge 2. Propolis ve vakum kurutuma yöntemi ile üretilen propolis tozunun bazı özellikleri
Table 2. Some properties of propolis and propolis powder produced with vacuum drying method

Analizler/Analyses	Propolis	Propolis tozu/ Propolis powder
Nem/Moisture content (g/100 g)	3.50 ^a ± 0.04	4.96 ^b ± 0.12
Su aktivitesi/Water activity	0.34 ^a ± 0.00	0.34 ^a ± 0.00
Toplam fenolik madde/ Total phenolic content (g GAE/100 g)	13.78 ^a ± 0.19	5.65 ^b ± 0.03
Toplam flavonoid madde/ Total flavonoid content (g QE/100 g)	2.89 ^a ± 0.01	1.08 ^b ± 0.01
TEAC antioksidan aktivite/TEAC antioxidant activity (μmol TE/g)	3346.36 ^a ± 132.22	541.54 ^b ± 11.02
CUPRAC antioksidan aktivite / CUPRAC antioxidant activity (μmol TE/g)	1578.30 ^a ± 23.09	462.47 ^b ± 5.16
Yığın yoğunluğu/Bulk density (g/cm ³)		0.45 ± 0.01
Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu/ Tapped bulk density (g/cm ³)		0.59 ± 0.00
Hausner oranı/ Hausner ratio		1.33 ± 0.01
Carr indeksi/ Carr index (%)		24.65 ± 0.75
Çözünürlük/ Solubility (g/100 g)		81.54 ± 0.55
Nem çekme/ Hygroscopicity (g/100 g)		16.20 ± 0.06

Propolis örneğinde 13.78 g GAE/100 g ve 2.89 g KE/100 g olarak tespit edilen toplam fenolik madde ve flavonoid içeriklerinin, propolis tozunda sırasıyla 5.65 g GAE/100 g ve 1.08 g KE/100 g olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemi ile birlikte toplam fenolik ve flavonoid madde içeriğinde bir azalma olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda da benzer bulguların olduğu rapor edilmiş olup, bu azalmanın kurutma sıcaklığı ve ilave edilen taşıyıcı madde ile propolis konsantrasyonundaki seyrelmeye bağlı olarak meydana geldiği belirtilmiştir (Andrade vd., 2018; Baysan vd., 2021; Pant vd., 2022). Kurutma prosesinden özellikle gallik asit, kuersetin ve prenil formdaki fenolik bileşiklerin daha fazla etkilendiği ve kurutma sıcaklığının düşük olmasının fenolik bileşiklerdeki kayıpları azalttığı ifade edilmiştir (Andrade vd., 2018). Pant vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada vakum kurutma yöntemi ile propolis:maltodekstrin karışımlarının kurutulmasında yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemlerinde örneklerin fenolik bileşik miktarının azaldığı bildirilmiştir. Propolis tozu üretimlerinin gerçekleştirildiği çeşitli çalışmalarda püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutma yöntemleri ile üretilen farklı propolis tozlarının toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla 4.72-9.35 g GAE/100 g, 6.94-9.92 g GAE/100 g (Baysan

vd., 2021) ve 2.10-3.11 g GAE/100 g (Pant vd., 2022) olarak rapor edilmiştir.

TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite sonuçlarının propolis örneğinde sırasıyla 3346.36 ve 1578.30 μmol TE/g ve propolis tozu örneğinde ise 541.54 ve 462.47 μmol TE/g olduğu tespit edilmiştir. Toplam fenolik ve flavonoid madde içeriği sonuçları ile benzer olarak antioksidan aktivite sonuçlarının da propolis tozu örneklerinde daha düşük olduğu ve bu azalmanın TEAC antioksidan aktivite yönteminde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yöntemler arasındaki farklılığın propolis tozu içerisindeki biyoaktif maddelerin antioksidan aktivite radikalleri ile gösterdikleri farklı kimyasal etkileşimlerden ve analiz ilkelerindeki farklılıklardan ileri geldiği değerlendirilmiştir. TEAC yönteminde örneğin radikal süpürme kabiliyeti değerlendirilirken, CUPRAC yönteminde ise örneğin bakır iyonlarını indirgeme özelliği değerlendirilmektedir (Boulechar vd., 2022). Yapılan çalışmalarda antioksidan aktivitenin kurutma işleminde kullanılan taşıyıcı türünden de etkilendiği ve taşıyıcı materyal olarak Arap zıncığı kullanımının antioksidan aktivite sağlayan bileşiklerin korunmasında etkili sonuçlar verdiği ifade edilmiştir (da Silva vd., 2013; Busch vd., 2017; Andrade vd., 2018). Bu etkinin ise Arap zıncığı ile polar fenolik bileşikler arasındaki

interaksiyona bağılı olarak Arap zımkı kurutma işleminde uygulanan sıcaklıklara karşı örnek üzerinde daha fazla koruyucu bir etki sağlaması ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (Andrade vd., 2018). Püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen propolis:Arap zımkı ve propolis:maltodekstrin tozlarının TEAC antioksidan aktivite değerleri 11955.42-15106.07 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, rapor edilen çalışmaya göre çok daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu farklılığın ham propolis örnekleri ve kurutma yöntemleri ve koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Propolis örneklerinin fenolik bileşik profilleri arasındaki farklılıkların onların antioksidan özelliklerinde ve ısıl işlem koşullarına karşı dirençlerinde farklılıklara neden olabileceği ifade edilmiştir (da Silva vd., 2011).

Propolis tozunun yığın yoğunluğunun 0.45 g/cm^3 ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğunun ise 0.59 g/cm^3 olduğu tespit edilmiştir. Yığın yoğunluğu toz örneklerin ambalajlanması ve depolanması aşamalarında değerlendirme yapabilmek için kullanılan önemli bir parametredir (Baysan vd., 2021). Yığın yoğunluğu düşük ürünlerde toz partikülleri arasında bulunan hava boşluklarının etkisiyle ürün oksidasyona karşı daha hassas olmakta ve buna bağılı olarak da depolama stabilitesi azalmaktadır (Pant vd., 2022). Yapılan bir çalışmada (Baysan vd., 2021) püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen propolis tozu örneklerinin yığın ve sıkıştırılmış yoğunluklarının sırasıyla $0.24-0.34$ ve $0.34-0.58 \text{ g/cm}^3$ ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen propolis tozu örneklerinin yığın ve sıkıştırılmış yoğunluklarının ise sırasıyla $0.20-0.34$ ve $0.24-0.44 \text{ g/cm}^3$ aralıklarında olduğu rapor edilmiştir. Bir diğer araştırmada (Pant vd., 2022) ise vakum kurutma yöntemi ile üretilen propolis:maltodekstrin tozu örneklerinin yığın yoğunluklarının $0.41-0.64 \text{ g/cm}^3$ değerleri arasında olduğu bildirilmiştir. Vakum kurutma yöntemi ile yüksek yığın yoğunluğu sonuçlarına ulaşılmasının daha iri boyutta kristalize yapılar sahip toz ürünlerin elde edilmesi ile ilişkili olabileceği ifade edilmiştir (Pant vd., 2022).

Toz örneklerde yapışkanlık ve akışkanlık özelliklerinin göstergeleri olan Hausner oranı ve Carr indeksi değerleri propolis tozu örneği için sırasıyla 1.33 ve %24.65 olarak belirlenmiştir. Hausner oranı ve Carr indeksi sınıflandırmalarına (Kaleem vd., 2021) göre üretilen propolis tozu örneğinin akış özelliklerinin orta düzeyde olduğu değerlendirilmiştir. Baysan vd. (2021) tarafından püskürterek kurutma yöntemi ve farklı taşıyıcı materyallerle üretilen propolis tozu örneklerinin Carr indeksi değerlerinin %19.90-45.30 ve dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen propolis tozu örneklerinin Carr indeksi değerlerinin ise %15.05-34.61 aralığında olduğu bildirilmiş olup, kullanılan yöntemler ve taşıyıcı materyaller arasındaki farklılıkların örneklerin Carr indeksi değerlerinde geniş bir aralıkta farklı sonuçlar elde edilmesine neden olduğu belirtilmiştir.

Propolis tozu örneğinin suda çözünürlüğünün 81.54 g/100 g olduğu belirlenmiş ve su içerisinde yüksek bir çözünürlüğe sahip olduğu değerlendirilmiştir. Çözünürlük toz ürünlerin sulu bir ortamdaki davranışını değerlendirmek için kullanılan önemli bir göstergedir. Kurutma koşulları ve kurutulacak karışımdaki toplam katı miktarı ve viskozite gibi faktörler örnek çözünürlüğünü etkilemektedir (Pant vd., 2022). Yapılan farklı çalışmalarda propolis tozu örneklerinin çözünürlüklerinin $45.27-61.29 \text{ g/100 g}$ (Pant vd., 2022), $82.81-95.56 \text{ g/100 g}$ (Baysan vd., 2019) ve $99.02-99.18 \text{ g/100 g}$ (Andrade vd., 2018) olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca propolis konsantrasyonundaki artış ile kurutma sırasında yüksek sıcaklık uygulamalarının propolis tozu örneklerinin çözünürlüğünü azalttığı ve bu nedenle hidrofilik özellikteki taşıyıcı materyal kullanımı ile düşük sıcaklıklarda kurutma yapılmasının propolis tozlarının sudaki çözünürlüğünü arttırabileceği belirtilmiştir (Baysan vd., 2019; Pant vd., 2022).

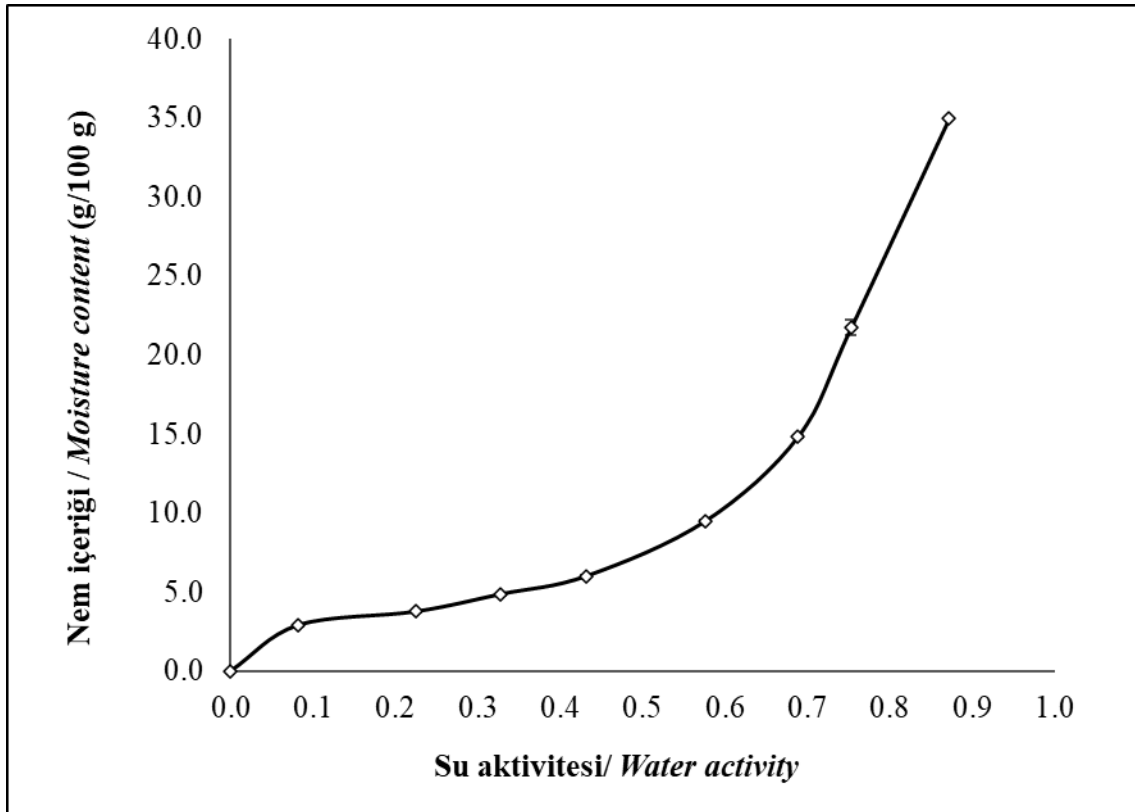
Propolis tozu örneğinin nem çekme değeri 16.20 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Bu değer ile propolis tozunun Callahan vd. (1982) tarafından belirtilen sınıflandırmaya göre orta düzeyde higroskopik bir ürün olduğu değerlendirilmiştir. Nem çekme özelliği toz ürünlerin ambalajlama ve depolama koşullarının belirlenmesinde göz

önünde bulundurulması gereken bir diğer özelliktir. Düşük higroskopisiteye sahip toz ürünler kolaylıkla uzun süre depolanabilirken, higroskopik örneklerin uzun süreli depolanabilmeleri için düşük nem koşullarında ve düşük su buharı geçirgenliğine sahip ambalajlarda tutulması tavsiye edilmektedir (Maroof vd., 2022). Püskürterek kurutma yönteminin kullanıldığı bazı çalışmalarda propolis tozu örneklerinin nem çekme değerlerinin 1.30-7.50 g/100 g (Andrade vd., 2018) ve 13.80-29.30 g/100 g (da Silva vd., 2013) olduğu, vakum kurutma yöntemi ile üretilen propolis tozu örneklerinin nem çekme değerlerinin ise 9.12-15.47 g/100 g (Pant vd., 2022) aralığında bulunduğu bildirilmiştir.

Propolis tozunun nem adsorpsiyon özelliklerinin değerlendirilmesi

Propolis tozu örneğinin 25°C sıcaklıktaki nem adsorpsiyon grafiği Şekil 1'de ve nem adsorpsiyon özelliklerinin farklı modellerle

değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar ise Çizelge 3'te verilmiştir. Propolis tozunun denge nem içeriği değerinin 2.91-34.73 g/100 g aralığında olduğu, artan su aktivitesi ile denge nem içeriğinin de arttığı ve bu artışın özellikle 0.45 su aktivitesi değerinden sonra daha belirgin olduğu değerlendirilmiştir. Şekil 1'de verilen grafik görsel olarak incelendiğinde ve ayrıca GAB modeli ile hesaplanan C sabitinin (16.63) de 2 değerinden büyük olması birlikte değerlendirildiğinde örneğin nem adsorpsiyonunun Tip 2 özellik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Tip II sorpsiyon izotermi birçok gıdanın sorpsiyon özelliklerini temsil eden bir izoterm türü olup, yapılan farklı çalışmalarda vakum, püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen bal tozu (Suhag vd., 2018; Fan ve Roos, 2019; Rivero vd., 2021; Mutlu, 2023a), arı poleni (Mutlu, 2023b) ve püskürterek kurutma ile üretilen propolis tozu (da Silva vd., 2013) örneklerinin nem adsorpsiyonlarının da Tip 2 izoterm özelliği gösterdiği bildirilmiştir.



Şekil 1. Propolis tozunun 25°C sıcaklıktaki nem adsorpsiyon izotermi

Figure 1. Moisture adsorption isotherm of propolis powder at 25°C

Çizelge 3. Propolis tozunun nem adsorpsiyon özelliklerini değerlendirmek için kullanılan sorpsiyon modellerine ait sonuçlar
 Table 3. Results of sorption models used to evaluate the moisture adsorption properties of propolis powder

Modeller/Models	Parametreler/ Parameters	Değerler/ Values
BET	X_0	3.54
	C	24.78
	$E\%$	4.22
	R^2	0.978
Caurie	X_0	5.44
	C_c	5.33
	n	3.25
	$E\%$	17.27
	R^2	0.981
GAB	X_0	3.69
	C	16.63
	k	1.06
	$E\%$	13.12
	R^2	0.928
Halsey	A	6.73
	B	1.09
	$E\%$	8.68
	R^2	0.984
Henderson	A	0.04
	B	1.25
	$E\%$	25.70
	R^2	0.923
Iglesias and Chirife	A	3.02
	B	4.94
	$E\%$	11.54
	R^2	0.978
Kuhn	A	-4.85
	B	1.11
	$E\%$	9.77
Smith	R^2	0.980
	A	16.47
	B	-1.64
	$E\%$	28.49
	R^2	0.956

Propolis tozunun tek tabaka su içeriği değeri BET, Caurie ve GAB sorpsiyon modelleri ile hesaplanmış ve bu değer her model için sırasıyla 3.54, 5.44 ve 3.69 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Buna göre propolis tozu örneğinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerinin

korunarak uzun süre depolanabilmesi için nem içeriğinin 5.44 g/100 g değerinin altında tutulması gerektiği değerlendirilmiştir. Yapılan bir araştırmada (da Silva vd., 2013) püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen propolis: Arap zımkı tozlarının tek tabaka su içerikleri 4.90-5.20 g/100 g olarak bildirilmiş olup, bu değerlerin propolis tozu örneklerinin depolanmasında kritik nem içeriği değerleri olduğu ve bunun üzerindeki nem içeriği değerlerinde örnekte bazı bozulma reaksiyonlarının hızlanabileceği ve ürün stabilitesinin azalabileceği belirtilmiştir.

Sorpsiyon modellerinin propolis tozunun nem adsorpsiyon verilerine uyumu $E\%$ (≤ 10) ve R^2 (≥ 0.98) parametrelerine (Choudhury vd., 2011) göre incelendiğinde BET ($\leq 0.50 a_w$), Halsey ve Kuhn modellerinin 25°C sıcaklıkta propolis tozunun nem adsorpsiyon özelliklerini daha iyi temsil ettiği belirlenmiştir. Bush vd. (2017) ve da Silva vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda püskürterek kurutma yöntemi ve farklı taşıyıcı materyaller kullanılarak üretilen propolis tozu örneklerinin nem adsorpsiyon özellikleri GAB sorpsiyon modeli ile değerlendirilmiş ve bu modelin uyumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Bu araştırmada ise GAB sorpsiyon modelinin $E\%$ (13.12) ve R^2 (0.928) değerlerinin uyum standartlarını karşılamadığı tespit edilmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların kullanılan kurutma yöntemleri ile propolis: taşıyıcı materyal oranları arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı ve toz ürünün partikül boyutu, kristal veya amorf yapılarında oluşan değişimlerin nem adsorpsiyon özelliklerini de değiştirebileceği değerlendirilmiştir. Halsey ve Kuhn sorpsiyon modellerinin ise yoğurt tozu (Koç vd., 2010), bal: maltodekstrin tozu (Suhag vd., 2018), pirinç bazlı hazır çorba karışımı (Singh ve Prasad, 2015) ve kavrulmuş kakao çekirdekleri (Collazos-Escobar vd., 2020) gibi farklı gıda örneklerinin nem adsorpsiyon özelliklerini temsil etmek için uygun oldukları rapor edilmiştir.

SONUÇ

Araştırmada; propolisin vakum kurutma yöntemi kullanılarak toz halinde bir ürüne dönüştürülebildiği, elde edilen ürünün toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği değerlerinde

ham propolis örneğine göre sırasıyla %59 ve %63 düzeyinde bir azalma olmakla birlikte biyoaktif bileşenler içerdiği, propolis tozunun higroskopik olması ve orta düzeyde akışkanlık özellikleri göstermesi nedenleriyle 25°C sıcaklıkta tutulması durumunda tek tabaka su içeriğinden (5.44 g/100 g) daha düşük nem içeriklerinde üretilmesi ve muhafaza edilmesi gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Ayrıca daha sonraki araştırmalarda propolis tozunun kimyasal ve fiziksel özelliklerinin daha üstün hale getirilmesi amacıyla bileşen içeriği ve üretim parametreleri bakımlarından optimizasyon çalışmaları yapılmasının da önemli olabileceği değerlendirilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarın bu araştırma ile ilgili olarak herhangi bir kişi veya kurum ile çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Bu araştırmanın yürütülmesi, üretim denemeleri, analizlerin gerçekleştirilmesi ve makalenin yazılması yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Aksil, T., Abbas, M., Trari, M., Benamara, S. (2019). Water adsorption on lyophilized *Arbutus unedo* L. fruit powder: Determination of thermodynamic parameters. *Microchemical Journal*, 145, 35-41.

Andrade, J.K.S., Denadai, M., Andrade, G.R.S., da Cunha Nascimento, C., Barbosa, P.F., Jesus, M.S., Narain, N. (2018). Development and characterization of microencapsules containing spray dried powder obtained from Brazilian brown, green and red propolis. *Food Research International*, 109, 278-287.

Arslan-Tontul, S. (2020). The combined usage of β -cyclodextrin and milk proteins in microencapsulation of *Bifidobacterium bifidum* BB-12. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(2), 747-755.

Baysan, U., Bastoğlu, A.Z., Coşkun, N.Ö., Takma, D.K., Balçık, E.Ü., Sahin-Nadeem, H., Koç, M. (2021). The effect of coating material combination and encapsulation method on

propolis powder properties. *Powder Technology*, 384, 332-341.

Baysan, U., Elmas, F., Koç, M. (2019). The effect of spray drying conditions on physicochemical properties of encapsulated propolis powder. *Journal of Food Process Engineering*, 42(4), e13024.

Bell, L., Labuza, T. (2000). Moisture sorption: practical aspects of isotherm measurement and use. American Association of Cereal Chemists (AACC), 2nd edition, 122 pp.

Beristain, C.I., Garcia, H.S., Vernon-Carter, E.J. (2001). Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *LWT-Food Science and Technology*, 34(6): 398-401.

Boulechfar, S., Zellagui, A., Bensouici, C., Asan-Ozusaglam, M., Tacer, S., Hanene, D. (2022). Anticholinesterase, anti- α -glucosidase, antioxidant and antimicrobial effects of four Algerian propolis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(1): 793-803.

Bueno-Costa, F.M., Zambiasi, R.C., Bohmer, B.W., Chaves, F.C., da Silva, W.P., Zanusso, J.T., Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 333-340.

Busch, V.M., Pereyra-Gonzalez, A., Şegatin, N., Santagapita, P.R., Ulrich, N.P., Buera, M.D.P. (2017). Propolis encapsulation by spray drying: Characterization and stability. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 227-235.

Callahan, J.C., Cleary, G.W., Elefant, M., Kaplan, G., Kensler, T., Nash, R.A. (1982). Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 8(3), 355-369.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.

Choudhury, D., Sahu, J.K., Sharma, G. (2011). Moisture sorption isotherms, heat of sorption and

- properties of sorbed water of raw bamboo (*Dendrocalamus longispathus*) shoots. *Industrial Crops and Products*, 33(1), 211-216.
- Collazos-Escobar, G.A., Gutiérrez-Guzmán, N., Váquiro-Herrera, H.A., Amorochó-Cruz, C.M. (2020). Water dynamics adsorption properties of dried and roasted cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *International Journal of Food Properties*, 23(1), 434-444.
- Cui, J., Duan, X., Ke, L., Pan, X., Liu, J., Song, X., Ma, W., Zhang, Z., Liu, Y., Fan, Y. (2022). Extraction, purification, structural character and biological properties of propolis flavonoids: A review. *Fitoterapia*, 157, 105106.
- Çetin-Babaoğlu, H., Yalın, N., Kale, E., Tontul, S. A. (2021). Pigmented whole maize grains for functional value added and low glycemic index snack production. *Food Bioscience*, 44, 101349.
- da Silva, F.C., da Fonseca, C.R., de Alencar, S.M., Thomazini, M., de Carvalho Balieiro, J.C., Pittia, P., Favaro-Trindade, C.S. (2013). Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. *Food and Bioprocess Technology*, 91(1), 28-36.
- da Silva, F.C., Favaro-Trindade, C.S., de Alencar, S.M., Thomazini, M., Balieiro, J.C. (2011). Physicochemical properties, antioxidant activity and stability of spray-dried propolis. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 3(2), 94-100.
- Fan, F., Roos, Y.H. (2019). Physicochemical properties, structural transformation, and relaxation time in strength analysis for honey powder models. *Food Research International*, 122, 137-148.
- Kaleem, M.A., Alam, M.Z., Khan, M., Jaffery, S.H.I., Rashid, B. (2021). An experimental investigation on accuracy of Hausner Ratio and Carr Index of powders in additive manufacturing processes. *Metal Powder Report*, 76, S50-S54.
- Kasote, D., Bankova, V., Viljoen, A.M. (2022). Propolis: Chemical diversity and challenges in quality control. *Phytochemistry Reviews*, 21(6), 1887-1911.
- Kerr, W.L., Varner, A. (2019). Chemical and physical properties of vacuum-dried red beetroot (*Beta vulgaris*) powders compared to other drying methods. *Drying Technology*, 38(9), 1165-1174.
- Koc, B., Yilmazer, M.S., Balkır, P., Ertekin, F.K. (2010). Moisture sorption isotherms and storage stability of spray-dried yogurt powder. *Drying Technology*, 28(6), 816-822.
- Li, T.S., Sulaiman, R., Rukayadi, Y., Ramli, S. (2021). Effect of gum Arabic concentrations on foam properties, drying kinetics and physicochemical properties of foam mat drying of cantaloupe. *Food Hydrocolloids*, 116, 106492.
- Maroof, K., Lee, R.F., Siow, L.F., Gan, S.H. (2022). Microencapsulation of propolis by spray drying: A review. *Drying Technology*, 40(6), 1083-1102.
- Mutlu, C. (2023a). Bee pollen usage as carrier material in the drying of honey and some properties of honey-bee pollen powders. *British Food Journal*, 2023.
- Mutlu, C. (2023b). Adsorption isotherms and some thermodynamic properties of multifloral bee pollen at different conditions. *Heat and Mass Transfer*, 1-9.
- Mutlu, C., Erbaş, M. (2018). Vakum kurutma yöntemi kullanılarak üretilen sade ve meyveli bal tozlarının bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda/The Journal of Food*, 43(3), 432-445.
- Osés, S.M., Cantero, L., Puertas, G., Fernández-Muiño, M.Á., Sancho, M.T. (2022). Antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activities of ling-heather honey powder obtained by different methods with several carriers. *LWT-Food Science and Technology*, 159, 113235.
- Pant, K., Thakur, M., Chopra, H.K., Nanda, V. (2022). Encapsulated bee propolis powder: Drying process optimization and physicochemical characterization. *LWT-Food Science and Technology*, 155, 112956.
- Rivero, R.C., Archaina, D.A., Busquet, C.M., Coronel, B.M.B., Busch, V.M. (2021). Development of a honey-based powder ingredient using a mixture design: Botanical origin

- effect and hydration properties. *LWT-Food Science and Technology*, 147, 111446.
- Rosa, D.P., Evangelista, R.R., Machado, A.L.B., Sanches, M.A.R., Telis-Romero, J. (2021). Water sorption properties of papaya seeds (*Carica papaya* L.) formosa variety: An assessment under storage and drying conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 138, 110458.
- Sahari, M.A., Hamidi-Esfehani, Z., Samadlui, H. (2008). Optimization of vacuum drying characteristics of date powder. *Drying Technology*, 26(6), 793-797.
- Singh, Y., Prasad, K. (2015). Sorption isotherms modeling approach of rice-based instant soup mix stored under controlled temperature and humidity. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1103683.
- Stojanović, S.T., Najman, S.J., Popov, B.B., Najman, S.S. (2020). Propolis: chemical composition, biological and pharmacological activity—a review. *Acta Medica Medianae*, 59(2), 108-113.
- Šturm, L., Črnivec, I.G.O., Istenič, K., Ota, A., Megušar, P., Slukan, A., Humar, M., Levic, S., Nedović, V., Kopinč, R., Deželak, M., Pereyra Gonzales, A., Ulrih, N.P. (2019). Encapsulation of non-dewaxed propolis by freeze-drying and spray-drying using gum Arabic, maltodextrin and inulin as coating materials. *Food and Bioprocess Processing*, 116, 196-211.
- Suhag, Y., Nayik, G.A., Nanda, V. (2018). Modelling of moisture sorption isotherms and glass transition temperature of spray-dried honey powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 2553-2560.
- Tontul, I., Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 91-102.
- Toydemir, G. (2013). The effects of nectar processing on sour cherry antioxidant compounds: changes in metabolite profile and bioavailability. PhD thesis, Istanbul Technical University, 202 pp.