

## Trabzon Kestane Polen: Fizikokimyasal, Biyoaktif ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Emine SÖNMEZ 

Düzce Üniversitesi, Arıcılık Araştırma, Geliştirme ve Uygulama Merkezi, 81620 Düzce

Sorumlu Yazar: [eminesonmez@duzce.edu.tr](mailto:eminesonmez@duzce.edu.tr)

Geliş Tarihi: 17.08.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 05.09.2023 Kabul Tarihi: 11.09.2023

### ÖZ

Arı poleni, bal arıları tarafından toplanan çiçek polenlerinin, nektar ve arı salgılarıyla karıştırılması sonucu oluşan önemli bir arı ürünüdür. Zengin içeriği nedeniyle günümüzde fonksiyonel gıda olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada Trabzon İli'nin üç farklı bölgesinden (Of, Maçka, Esiroğlu) toplanan kestane polen örneklerinin fizikokimyasal (nem, kül, pH), biyoaktif (toplam fenolik, flavonoid, antioksidan) ve mikrobiyolojik (toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam maya/küf sayısı) yönden incelemeleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda örneklerdeki nem miktarı %7.95-8.93 arasında, kül miktarı %2.95-3.23 arasında, pH aralığı ise 5.30-5.33 olarak tespit edilmiştir. En yüksek protein içeriği %19.60 oranında Esiroğlu örneğinden elde edilmiştir. Toplam fenolik-flavonoid madde miktarı sırasıyla 18.55 mg GAE/g, 11.23 mg QE/g değerleri ile yine en yüksek oranda Esiroğlu örneğinde teşhis edilmiştir. Örneklerin antioksidan kapasiteleri 74.86-83.43 µM Trolox E/g aralığında tanımlanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya/küf sayısı açısından mikrobiyal yükleri incelenen örneklerin kalite kriterlerine uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Genel değerlendirmelere bakıldığında, sağlık üzerindeki potansiyel etkileri ile bilinen arı polenin, yüksek antioksidan özellikleri ile çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde fonksiyonel bir gıda katkı maddesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Polen, Toplam Fenolik ve Flavonoid, Mezofilik, Maya/küf

## Trabzon Chestnut Pollen: Physicochemical, Bioactive and Microbiological Properties

### ABSTRACT

Bee pollen is an important bee product formed by mixing flower pollen collected by honeybees with nectar and bee secretions. Due to its rich content, it is accepted as a functional food today. In this study, the physicochemical (moisture, ash, pH), bioactive (total phenolic, flavonoid, antioxidant) and microbiological (total mesophilic aerobic bacteria, total yeast/mold) properties of chestnut pollen samples collected from three different regions of Trabzon Province (Of, Maçka, Esiroğlu) were investigated. As a result of physicochemical analyzes, the moisture content of the samples was between 7.95-8.93%, the ash content was between 2.95-3.23%, and the pH range was 5.30-5.33%. The highest protein content of 19.60% was obtained from Esiroğlu sample. The highest amount of total phenolic-flavonoid substance was detected in Esiroğlu sample, with values of 18.55 mg GAE/g and 11.23 mg QE/g, respectively. The antioxidant capacities of the samples were defined in the range of 74.86-83.43 µM Trolox E/g. It was concluded that the microbial load variability of the samples examined in terms of total mesophilic aerobic bacteria and yeast/mold counts in accordance with the quality criteria. Finally, it can be concluded that bee pollen, with its well-known healing potentials, could be used as a food additive in relevant products based on its attribute as a strong antioxidant and on its bioaccessibility.

**Key words:** Pollen, Total Phenolic and Flavonoid, Mesophilic, Yeast/mold.

## GİRİŞ

Bal arısı ürünleri eski çağlardan beri halk tıbbında kullanılmasının yanı sıra gıda olarak da kullanılan doğal ürünler olarak bilinmektedir. İşçi bal arıları tarafından toplanan çiçek polenin az miktarda tükürük salgıları ve nektar ile birleştirilerek paketlenmesiyle oluşan arı poleni, temel amino asitler, proteinler, karbohidratlar, yağ asitleri, vitaminler, makro ve mikro elementler sağlması açısından oldukça önemlidir (da Silva vd., 2014). Arı polenin içeriğindeki polifenoller, fosfolipidler, organik asitler, peptitler, prebiyotikler ve probiyotikler gibi biyoaktif bileşikler, antibakteriyel ve antifungal aktiviteleri sayesinde mikroorganizma kontaminasyonunu engeller (Peřka vd., 2021). Yapısındaki ortalama % 12-54 oranında karbohidrat, %10-40 oranında protein ve %1-10 oranında lipit bulunur (Feás vd., 2012). Zengin içeriği ile dünyanın en iyi yiyeceklerinden biri olarak kabul edilir. Bunun yanında serbest aminoasitler için zengin bir gıda ve mükemmel bir enerji kaynağıdır (Bonhevi ve Jorda, 1997; Feas vd., 2012). Ayrıca polen içeriği incelendiğinde vitaminler ve biyoelementler de değerli maddeler arasındadır. Polen, hem provitamin A, vitamin E ve D gibi yağda çözünen (%0.1) hem de B1, B2, B6 ve C gibi suda çözünen (%0.6) vitaminler ve pantotenik, nikotinik ve folik, biotin, rutin ve inositol gibi asitler açısından oldukça önemli bir vitamin kaynağıdır. Bunların toplam miktarı tüm ürünün %0.7'sine eşittir (Komosinska-Vassev vd., 2015). Polenin besleyici ve metabolik süreçleri düzenleyici özelliğinin yanı sıra, çocuklarda iştahsızlık, gelişme geriliği ve hem çocuklarda hem de yetişkinlerde yetersiz beslenme durumlarında kullanılır. Ayrıca, iyileşme döneminde, ameliyatlardan sonra, fiziksel ve zihinsel olarak yoğun çalışan kişilere polen verilmesi önerilir (Tikhonov vd., 2006; Attia vd., 2011). Bu sebeple arı ürünlerinin, sağlığa faydalı gıda bileşenleri ve fonksiyonel gıda olarak kullanılmasına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Juszczak vd., 2018). En bilinen protein kaynaklarından biri olan arı polenin kimyasal bileşimi, iklim koşulları, arı ırkı, bitki kaynağına ve coğrafi kökene bağlı olarak büyük ölçüde değişkenlik gösterir (Campos vd., 2008). Bu nedenle gerek tedavi edici, gerekse besin takviyesi olarak kullanımı önerilmeden önce içerik analizi yapılmalıdır. Ayrıca tüketilebilir gıda olarak nitelendirilmesi için bazı kriterlere uygunluk testlerinin de yapılması gerekir. Toplam mezofilik aerobik mikroorganizma sayımı, kalite parametrelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Tüketilebilir formdaki polenin mikrobiyolojik içeriği hijyen standartlarına uygun olmalıdır. Bu standartlara göre *Salmonella* (yok/10 g), *Staphylococcus aureus* (yok/1 g), *Enterobacteriaceae* (Maks. 100/g), *Escherichia coli* (yok/1 g), toplam aerobik plaka sayısı (<100.000/g) ve küf ve maya (<50.000/g) olmalıdır (Campos vd., 2008). Toplam aerobik mikroorganizma sayımı ile gıdanın üretim, depolama ve taşıma gibi aşamalarının koşulları, katkı maddelerinin kullanımı ve raf ömrü hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Yapılan bu çalışmada Trabzon'un kestane orman alanlarından toplanan polen örneklerinin çeşitli fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri ile bazı mikrobiyolojik analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda polen örneklerinin pH, nem, kül ve toplam protein içeriği gibi fizikokimyasal özellikleri, toplam polifenol ve toplam flavonoid içeriği ile antioksidan kapasite testlerini içeren biyoaktif özellikleri ve toplam aerobik mezofilik bakteri ve küf sayısının belirlenmesini kapsayan mikrobiyolojik analiz çalışmaları yapılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Polen örneklerinin toplanması ve ekstraksiyonu

Polen örnekleri Trabzon ilinin 3 farklı bölgesindeki (Of, Maçka, Esiroğlu) kestane ormanlarında konumlanan kovanlardan özel polen tuzakları kullanılarak toplanmıştır. Örnekler derhal laboratuvara getirilerek ekstraksiyon işlemine başlanmıştır. Ekstraksiyonun ilk basamağında 0.1 g poleni örneği tartılarak 25 mL %80 metanol ile karıştırılmış ve 50 °C'de 30 dakika ultrasonikasyona tabi tutulmuştur. Isıtmanın ardından çözelti eppendorf tüpüne aktarılmış ve 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir (Hettich, 1406 Type, Universal 320R, Germany). Santrifügasyonun ardından elde edilen süpernetant %80 metanol ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Elde edilen ekstrakt sonraki deneylerde kullanılmak üzere +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

### pH, Nem ve Kül Tayini

Polen örneğinin nem miktarını belirlemek için ilk ağırlık ve son ağırlık arasındaki farktan yararlanılmıştır. Bunun için numuneden 10 gr tartılarak petri kaplarına alındı ve bu kaplar 150 °C'ye ayarlanmış etüvde 1 saat bekletilmiştir. İnkübasyonun ardından örneğin ilk ağırlığı ve son ağırlığı arasındaki fark hesaplanarak, nem içeriği % cinsinden belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010). Kül oranının tespit edilmesi için 5 gr polen örneği tartılarak 550 °C'lik fırında rengi açık gri olana kadar bekletilmiştir. Fırından çıkarılan örnekler desikatörde soğutulmuş ve kül içeriği % cinsinden hesaplanmıştır. pH tespiti için polen örneğinden 5 gr tartılarak 90 mL su ile çalkalanarak homojenize edilmiştir. Homojenize hale gelen örneğin pH'sı, pH metre'de ölçülerek belirlenmiştir.

### **Protein tayini**

Numunenin protein miktarı Kjeldahl metodu kullanılarak bütün azotların protein kaynaklı olduğu varsayılarak hesaplanmıştır. Bunun için örnekten 5 gr tartılarak Kjeldahl tüpüne alınmış ve üzerine 1 mL bakır sülfat, 15 g potasyum sülfat, 25 mL sülfürik asit ilave edilmiştir. Karışım kademeli sıcaklık artışıyla yakılmıştır. İşlem sonucunda tüpler oda sıcaklığına gelene kadar soğutuldu ve yaklaşık 3 dakika destile edildi. Destilasyondan sonra 0.1 N HCl ile destilat titre edilerek harcanan miktar kaydedildi ve hesaplama yapıldı.

### **Toplam Fenolik (TPC) ve Flavonoid Madde Miktarı (TFC)'nin belirlenmesi**

Numunelerin TPC değeri, gallik asit standardı ile Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlendi (Singleton ve Rossi, 1965). 20 µL metanol ekstraktı örneği 680 mL H<sub>2</sub>O ile karıştırıldıktan sonra karışıma 400 µL 0.5 mol/L Folin-Ciocalteu reaktifi eklendi. Karışım 2 dakika vortekslendikten sonra üzerine 400 mL %10 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ilave edildi ve oda sıcaklığında 2 saat inkübe edildi. İnkübasyon süresinden sonra test 760 nm'de absorpsiyon değeri belirlendi ve sonuçlar numunenin gramı başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verildi. Kestane polenin TFC'si, kolorimetrik alüminyum klorür metodu kullanılarak belirlendi (Salomon vd., 2018). Metanol ile seyreltilmiş her numuneye 400 µL distile su ve 30 µL %5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklendi. 5 dakika inkübasyonun ardından karışıma 20 µL %10 AlCl<sub>3</sub> solüsyonu, 200 µL 1 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve 25 µL distile su eklenerek 5 dakika inkübasyonun ardından oluşan karışım vortekslendi ve bu karışımdan 1 mL alınarak spektrofotometrede 415 nm'de absorpsiyon değeri belirlendi. Örneğin flavonoid içeriği mg kuersetin eşdeğeri (QE)/g polen olarak ifade edildi.

### **FRAP (Ferrik indirgeme antioksidan güç) Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Tayini**

FRAP reaktifi hazırlamak için Benzie ve Strain (1996) yöntemine göre 25 mL 300 mM asetat tamponu (pH 3.6), 40 mM HCl içindeki 2.5 mL 10 mM TPTZ çözeltisi ve 2.5 mL 20 mM FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O çözeltisi ile karıştırıldı. Taze hazırlanmış reaktif 37°C'de ısıtıldı. Ayrıca, metanol içerisinde 100 mL polen ekstraktı, 3 mL taze hazırlanmış FRAP reaktifi ile karıştırıldı. 595 nm'de absorpsiyonları okutulmuş FRAP değeri Trolox eşdeğeri kullanılarak (µM Trolox E/g) ifade edildi.

### **Toplam Mezofil aerob bakteri sayımı**

Polen örneğinin kalite parametrelerine uygunluğunu test etmek için yapılan bu deneyde Plate Count Agar (Oxoid; CM 0325) besiyeri kullanıldı. Numune 1:9 oranında seyreltilerek, her dilüsyondan yayma plak yöntemiyle ekim yapıldı ve petripler 37 °C'de 48 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon periyodu sonunda petri yüzeyinde gelişen tüm kolonilerin sayımı yapıldı (Halkman 2005). Her deney üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi.

### **Toplam küf/maya sayımı**

Numunedeki küf/maya içeriğinin belirlenmesi için Sabouraud Dextrose Agar (SDA) kullanıldı. İlk olarak polen örneğinden 10 gr tartılarak üzerine 90 ml Maximum Recovery Diluent seyreltme sıvısı eklendi ve örnekler 5 dk çalkalanarak homojenize edildi. Ardından 1:9 oranında seyreltme yapıldı ve her bir tüpten yayma plak yöntemiyle ekim yapılarak, petripler 25-28 °C'de 48-72 saat süreyle inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda SDA üzerinde üreyen tüm küf ve mayaların sayımı yapıldı (Erkmen 2013). Her deney üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi.

### **İstatistik Analizler**

Trabzon İli'nin 3 farklı bölgesinden toplanan polen örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlerine ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri Microsoft Office Excel 2016'da (Microsoft Corporation, Redmond, WA, ABD) hesaplandı. Her parametre için gruplar arası istatistiksel farklılıklar SPSS-15.0, One-way ANOVA / Duncan testi ile belirlendi (p < 0.05).

## **BULGULAR ve TARTIŞMA**

### **Polen örneklerinin fizikokimyasal özellikleri**

Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular Çizelge 1'de özetlenmiştir. Kurutma işleminin ardından polen örneklerindeki nem miktarının %7.95 ila 8.93 arasında, kül içeriğinin % 95 ila 3.23 arasında ve pH 5.30-5.36 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Numune kurutulduktan sonraki toplam protein miktarı ise %18.20-19.60 olarak belirlendi.

**TPC, TFC değerleri ve antioksidan aktivite gücü**

Trabzon kestane polenine ait TPC, TFC ve FRAP değerleri Çizelge 1’de özetlenmiştir. Buna göre en yüksek TPC değeri Esiroğlu örneğinden ( $18.55 \pm 0.41$  mg GAE/g) elde edilirken en düşük değer ise Of örneğinden ( $16.79 \pm 0.23$  mg GAE/g) elde edilmiştir. Her bir örneğin TFC değeri yine en yüksek Esiroğlu poleninden elde edilirken en düşük oranda flavonoid madde miktarı Of örneğinde tespit edilmiştir. Of, Maçka ve Esiroğlu örneklerinin antioksidan aktivite güçleri ise sırasıyla 74.86, 77.30 ve 83.43  $\mu$ M Trolox /g olarak tespit edildi.

**Mikrobiyolojik analizler**

Çizelge 1 her bir kestane polen örneğinde tespit edilen toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam maya/küf sayısına ait mikrobiyolojik özellikleri özetlemektedir. Buna göre en fazla mikrobiyal yüke sahip polen örneği Of ilçesinden ( $5.2 \pm 0.80$  log kob/g) toplanan örnekte tespit edilmekle birlikte en düşük bakteri yoğunluğu Esiroğlu örneğinde ( $4.3 \pm 0.32$  log kob/g) saptanmıştır. Maya/küf yönünden incelenen aynı örneklerdeki en yüksek yoğunluk toplam mezofilik bakteri miktarından farklı olarak Esiroğlu örneğinde tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Polen örneğine ait fizikokimyasal, biyoaktif ve mikrobiyolojik analizlere ait veriler (Ortalama  $\pm$  SD).

| Analizler                                       | Of                   | Maçka                 | Esiroğlu              |
|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nem İçeriği (%)                                 | $8.93 \pm 0.22^{ab}$ | $7.95 \pm 1.53^a$     | $8.04 \pm 1.45^a$     |
| Kül Miktarı (%)                                 | $3.23 \pm 0.04^{ab}$ | $3.01 \pm 0.09^a$     | $2.95 \pm 0.07^a$     |
| Protein Miktarı (%)                             | $18.20 \pm 2.47^a$   | $19.60 \pm 1.33^b$    | $19.01 \pm 1.99^{ab}$ |
| pH  | $5.33 \pm 0.15^a$    | $5.30 \pm 0.20^a$     | $5.36 \pm 0.18^a$     |
| Toplam Fenolik İçeriği (mg GAE/g)               | $16.79 \pm 0.23^a$   | $17.67 \pm 0.88^{ab}$ | $18.55 \pm 0.41^b$    |
| Toplam Flavonoid İçeriği (mg QE/g)              | $8.38 \pm 0.94^a$    | $10.13 \pm 0.78^{ab}$ | $11.23 \pm 1.12^b$    |
| FRAP ( $\mu$ M Trolox E/g)                      | $74.86 \pm 0.42^a$   | $77.30 \pm 0.65^{ab}$ | $83.43 \pm 0.58^b$    |
| Toplam mezofil aerob bakteri sayısı (log kob/g) | $5.2 \pm 0.80^b$     | $4.8 \pm 0.40^{ab}$   | $4.3 \pm 0.32^a$      |
| Toplam maya/küf sayısı (log kob/g)              | $3.7 \pm 0.10^a$     | $3.9 \pm 0.21^{ab}$   | $4.1 \pm 0.29^b$      |

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ( $P < 0.05$ ).

Nem içeriği polen kalitesini önemli ölçüde etkileyen bir parametredir. Çünkü yüksek nem oranına sahip polen taneleri hoş olmayan bir koku ve tada sahip olmakla birlikte küf oluşumunu destekler. Bazı ülkelerde nem içeriğinin limitleri belirlenmiş olup bu değerler Bulgaristan’da %10, İsviçre ve Polonya’da %6, Arjantin’de %8 olarak standardize edilmiştir (Campos ve ark., 2008). Straumite vd. (2022) yaptıkları çalışmada farklı polen türlerinin nem içeriğini %6.67-10.89 aralığında tespit etmişlerdir. Başdoğan vd. (2019) Türkiye’nin 6 farklı bölgesinden topladıkları polen örneklerinin nem içeriklerini %7.7 ila %22.4 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada Trabzon ilinin 3 farklı bölgesine ait polen örneklerinin nem içeriği ise en düşük %7.95, en yüksek oranda %8.93 tespit edilmiştir. Luo vd. (2021)’nin yaptıkları bir çalışmada nem içeriği ve mikrobiyolojik güvenlik, arı tarafından toplanan polenin kalite kontrolünde anahtar parametreler olduğunu bildirilmiştir. Bu doğrultuda Trabzon iline ait polen örneklerinin nem içeriğinin standart değerler arasında olmasından dolayı güvenle tüketilme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Polifenoller, arı polenindeki antiradikal aktivitelerini belirleyen başlıca biyoaktif bileşikler arasındadır. Fenoller ve flavonoidler serbest radikallerle savaşan doğal antioksidanlar gibi davranır. Bunun en anlaşılır örneklerinden biri Yıldız vd. (2013) tarafından yapılan kestane poleninin hepatositler üzerindeki etkinliğinin araştırıldığı çalışmadır. Bu çalışmada karbon tetraklorür (CCl<sub>4</sub>) ile karaciğer hasarı indüklenen sıçanlarda oluşan oksidatif stres ve toksisiteden karaciğerin korunmasında kestane poleninin oldukça faydalı biyolojik aktivite sergilediği açıkça bildirilmiştir. Polendeki fenolik bileşiklerin içeriği, bitkilerin botanik kökenlerinin çeşitliliği ve ayrıca arının onları hasat ettiği dönem nedeniyle önemli ölçüde değişebilir (Thakur ve Nanda, 2020; De-Melo vd., 2018). Arı polenindeki fenolik bileşiklerin profili, önemli bir kalite göstergesi olarak hizmet eder. Polendeki antioksidan araştırmalarına ilişkin önceki çalışmalar, polendeki fenolik ve flavonoid içerik ile antioksidan kapasitesi arasında ilişki olduğunu göstermiştir (De-Melo vd., 2018).

Gabriele vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada kestane, *Cistus* ve *Rubus* polenlerinin TPC değerlerini sırasıyla 24.75, 21.19 ve 13.53 mg GAE/g, TFC değerlerini 15.86, 14.21 ve 5.91 mg CE/g olarak tespit etmişlerdir. İtalya’da yapılan bir başka çalışmada ise 2014- 2015 yılları arasında toplanan arı poleninde TPC değerlerinin 4.20–29.60 mg GAE/g arasında olduğu rapor edilmiştir (Rocchetti vd., 2019). Rajs vd. (2022) Hırvatistan’dan topladıkları 18 farklı monofloral polen örneğinin TPC değerlerini minimum 4.00 mg GAE/g, maksimum 15.80 mg GAE/g, TFC miktarını 5.05-9.71 mg QE/g aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi illerinden biri olan Trabzon kestane poleni örneklerine ait TPC değerleri 16.79-18.55 mg GAE/g, TFC değerleri ise 8.38-11.23 mg QE/g aralığında tespit edilmiştir. Şahin ve Kemal (2019), Türkiye’nin Giresun ili’nden topladıkları arı poleni örneklerinin TPC ve TFC değerlerini analiz etmişler ve bu değerlerin sırasıyla 6.33 mg GAE/g, 1.88 mg QE/g olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi illerinden biri olan Trabzon kestane poleni örneklerine ait TPC değerleri 16.79-18.55 mg GAE/g, TFC değerleri ise 8.38-11.23 mg QE/g aralığında tespit edilmiştir. Farklı coğrafik bölgelerden elde edilen polen örneklerinin farklı miktarlarda fenolik/flavonoid madde içermesinin sebebi örneğin monofloral/polifloral olmasının yanında, toplanma şekli ve mevsim koşullarının değişkenliği ile açıklanabilir. Arı poleni, 390.66 kcal/100 g’lık yüksek enerji değeri ile iyi bir protein kaynağı olarak değerlendirilebilir (Oroian vd., 2022). Kuru ağırlığının yaklaşık %10-40’ını oluşturan proteinler, arı polenin yüksek bir yüzdesini temsil ederek insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Gardana vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada İspanya’da gelen arı polenin protein miktarını analiz etmişler ve %12.3 oranında düşük bir protein miktarı rapor etmişlerdir. Bu oran Brezilya için %12.28 ile %27.07 aralığında, İspanya için %15.19-20.23, Romanya için %15.74-27.92, Kolombiya için %21.6 ve İtalya için ise %19.5 olarak bildirilmiştir (Martins vd., 2011; Gardana vd., 2018; Oroian vd., 2022). Bu çalışmada analiz edilen kestane polenine ait protein içeriği ise ortalama değer üst limitine yakın olup, İspanya polenine göre daha yüksek orandadır. Bu sebeple Trabzon kestane polenin nutrasötik gıda takviyesi olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Arı poleni, biyolojik olarak aktif maddelerce zengin olması ve doğal bir antioksidan olarak hareket etme yeteneğine sahip olması ile günümüzde fonksiyonel gıda maddelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk, 2016). Bu nedenle çalışmalarda polen örneklerinde toplam fenol miktarının ve antiradikal aktivitenin belirlenmesi, böylece analiz edilen polenlerden hangilerinin en değerli antioksidan kaynağı olduğunun belirtilmesi önemlidir. Çünkü daha önce yapılan çalışmalar arı polenin antioksidan aktivite düzeyinin, toplandığı bitki türlerinin ekolojik çeşitliliğine ve baskınlığına bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Sun vd., 2017; Almedia vd., 2017; Carpes et al., 2007). Okumuş vd. (2018) Romanya’nın farklı bölgelerinden topladıkları 7 farklı polen örneğinin antioksidan aktivite değerini araştırmış ve 6.85- 35.94 µmol Trolox/g aralığında veriler elde etmişlerdir. Zuluaga vd. (2015) Kolombiya polenine ait FRAP değerini ise 75.71 µmol Trolox/g olarak ifade etmişlerdir. Sonmez vd. (2023) Batı Karadeniz Bölgesi’ne ait kestane polenin antiradikal gücünü analiz etmiş ve topladığı örneklerin FRAP değerinin 32.123 µmol Trolox/g olduğunu bildirmiştir. Dulger Altiner vd. (2020) 10 adet paketlenmemiş ve 10 adet paketli arı polenin antioksidan kapasitelerini değerlendirmiş ve örneklerin minimum ve maksimum değerlerini sırasıyla 6.20 ve 62.37 µmol TE/g olarak rapor etmişlerdir. Ulusoy ve Kolaylı (2014) 13 farklı Anzer polenin antioksidan aktivite değerlerinin 11.77- 105.06 µmolTrolox/g aralığında olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada test edilen polen örneklerinin antioksidan aktivite değerleri 74.86, 77.30 ve 83.43 µmolTrolox/g olarak tespit edilmiş olup Romanya ve Batı Karadeniz polenlerine göre daha yüksek demir indirgeme potansiyeline sahip olmakla birlikte Anzer poleni verileri ile uyumlu olduğundan iyi bir antioksidan olarak tüketimi önerilebilir. Arı poleni numunelerindeki toplam bakteri sayısının değerlendirilmesi, ürünün mikrobiyolojik kalitesinin indeksini temsil eder (De-Melo vd., 2016). Çünkü besleyici ve kimyasal bileşimi nedeniyle polen, mikroorganizma kolonizasyonu ve büyümesi için ideal bir matristir. Bu mikroorganizmaların konsantrasyonu, kesinlikle arı polenin toplama, işleme ve depolama basamaklarındaki hijyen koşullarıyla ilişkilidir (Nuvoloni vd., 2021; De-Melo vd., 2016). Toplam mezofilik bakterinin yüksek konsantrasyonu, ham maddede yüksek kontaminasyonun, uygun şekilde temizlenmemiş ve sanitize edilmemiş çalışma yüzeylerinin, üretim ve depolama için uygun olmayan zaman/sıcaklık koşullarının veya bu faktörlerin bir kombinasyonunun göstergesi olabilir. Farklı araştırmacılar, kurutulmuş arı polenindeki toplam mezofilik bakteri konsantrasyonunu için (<10 kob/g) ile 103 kob/g arasında değişen çok düşük değerler bildirmiştir (Estevinho vd., 2012; Feas vd., 2012; Nogueira vd., 2012). de Arruda vd. (2017), analiz edilen 62 kurutulmuş arı poleni analiz etmişler ve örneklerin %56’sında <10 ile 1260 kob/g arasında değişen değerlerde mezofilik bakteri varlığı rapor etmişlerdir. Nuvoloni vd. (2021) taze ve kurutulmuş polen örneklerindeki toplam mezofilik bakteri sayısını araştırmış ve kurutulmuş polende maksimum 5.1 log (kob/g), taze polen örneğinde ise maksimum 6.0 log (kob/g) oranında bakteri varlığı rapor etmişlerdir. Belhadj vd. (2014) taze toplanmış polen örneklerindeki toplam mezofilik bakteri sayısını incelemiş ve örneklerin %13.3’ünün limitlerin dışında (> 5 log kob/g) olduğunu bildirirken, tespit edilemez (ND) ile 5.49 log kob/g arasında değişen değerlerde bakteri sayısı tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Liolios vd. (2022) dış mekan ve iç mekan tuzaklarından elde ettikleri polen örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayısını araştırmış ve dış mekan tuzaklarından 4.36 ile 5.98 log kob/g aralığında, iç

mekan tuzaklarından elde ettikleri örneklerdeki koloni sayısının ise 3.51 ila 5.71 log kob/g arasında olduğunu bildirmiştir. Yapılan bu çalışmada ise 3 farklı bölgeden toplanan polen örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayısının maksimum 5.2, minimum 4.3 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu bakteri sayıları arasındaki farklılığın temel sebebi arı poleni toplama, işleme ve depolama aşamalarında her zaman optimal bir yönetimin olmaması ile açıklanabilir. Ayrıca polen örneklerinin tuzaklarda daha uzun süre kalması 5 log kob/g'den daha yüksek değerlerle sonuçlanabileceğinden, polen hasadının gecikmesi mezofilik bakteri konsantrasyonunu önemli ölçüde etkileyebilir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Arı poleni, yüksek toplam fenolik/flavonoid içeriği ve antioksidan kapasitesi ile fonksiyonel bir gıda ürünü olarak kabul edilmektedir. Polen türlerinin kompozisyonunun coğrafya, floral çeşitlilik, nem, mevsim gibi çevresel faktörlere göre değişkenlik gösterdiği göz önünde bulundurulduğunda, fonksiyonel gıda sınıfında yer alan polene ait bazı analizlerinin yapılması gerekir. Ayrıca mikrobiyolojik kriterler, gıda maddelerinin tüketilebilirliği ve üretim süreçleri hakkında rehberlik sağlar. Hijyenik açıdan, mikrobiyolojik güvenlik arı poleninde ana kalite kriteridir. Bu sebeple arı polenin fonksiyonel gıda olarak tüketimi önerilmeden önce toplam mikrobiyal yükü belirlenmelidir. Bu bağlamda çalışma sonuçları değerlendirildiğinde Trabzon kestane polenin gıda takviyesi olarak kullanımının uygun olduğu söylenebilir.

**Teşekkür:** Numunelerin temini ve deneysel çalışmalardaki katkılarından dolayı Prof. Dr. Oktay Yıldız'a teşekkür ederim.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## YAZAR ORCID NUMARALARI

Emine SÖNMEZ  <http://orcid.org/0000-0003-4418-5599>

## KAYNAKLAR

- Almeida, J.D., Reis, A.S., Heldt, L.F., Pereira, D.K., Bianchin, M., Moura, C.D., Plata-Oviedo, M.S., Haminiuk, C.W., Ribeiro, I.S., Luz, C.F. ve Carpes, S.T. 2017. Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 76: 299-305.
- Attia, Y.A., Al-Hanoun, A., Tag El-Din, A.E., Bovera, F. ve Shewika, Y.E. 2011. Effect of bee pollen levels on productive, reproductive and blood traits of NZW rabbits. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 95(3): 294-303.
- Başdoğan, G., Sağdıç, O., Daştan, T., Düz, G., ve Acar, S. 2019. Farklı bölgelerden toplanan arı polenlerinin fizikokimyasal özellikleri ve şeker profillerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15): 627-631.
- Belhadj, H., Harzallah, D., Dahamna, S. ve Khenouf, S. 2014. Microbiological quality control of marketed pollen. *Der Pharmacia Lettre*, 6 (2): 37-42.
- Benzie, I.F. ve Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1): 70-76.
- Bonhevi, S.J. ve Jorda, E.J. 1997. Nutrient composition and microbiological quality of honeybee- collected pollen in Spain. *Agric Food Chem*, 45(3): 725-32.
- Campos, M. G., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C. ve Ferreira, F. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2): 154-161.
- Carpes, S.T., Beghini, R., Alencar, S.M. ve Masson, M.L. 2007. Study of preparations of bee pollen extracts, antioksidant and antibacterial activity. *Ciência e Agrotecnologia*, 31 (6): 1818-1825.
- Cemeroğlu, B. Gıda Analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, Türkiye, 2000.
- da Silva, G.R., da Natividade, T.B., Camara, C.A., da Silva, E.M.S., dos Santos, F.D.A.R. ve Silva, T.M.S. 2014. Identification of sugar, amino acids and minerals from the pollen of Jandaíra stingless bees (*Melipona subnitida*). *Food and Nutrition Sciences*, 2014.

- de Arruda, V.A.S., Viera dos Santos, A., Figueiredo Sampaio, D., da Silva Araújo, E., de Castro Peixoto, A.L., Estevinho, M.L.F. ve Bicudo de Almeida-Muradian, L. 2017. Microbiological quality and physicochemical characterization of Brazilian bee pollen. *Journal of Apicultural Research*, 56(3): 231-238.
- De-Melo, A.A.M., Estevinho, M.L.M.F., Sattler, J.A.G., Souza, B.R., da Silva Freitas, A., Barth, O.M. ve Almeida-Muradian, L.B. 2016. Effect of processing conditions on characteristics of dehydrated bee-pollen and correlation between quality parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 808-815.
- De-Melo, A.A.M., Estevinho, L.M., Moreira, M.M., Delerue-Matos, C., de Freitas, A.D.S., Barth, O.M. ve de Almeida-Muradian, L.B.A. 2018. Multivariate Approach Based on Physicochemical Parameters and Biological Potential for the Botanical and Geographical Discrimination of Brazilian Bee Pollen. *Food Biosci*, 25: 91–110.
- Denisow, B. ve Denisow-Pietrzyk, M. 2016. Biological and Therapeutic Properties of Bee Pollen: A Review. *J. Sci. Food Agric*, 96: 4303–4309.
- Dulger Altiner, D., Sandikci Altunatmaz, S., Sabuncu, M., Aksu, F. ve Sahan, Y. 2020. In-vitro bioaccessibility of antioxidant properties of bee pollen in Turkey. *Food Science and Technology*, 41: 133-141.
- Erkmen O: Gıda Mikrobiyolojisi. Efil Yayınevi.4. Baskı, Gaziantep, 2013.
- Estevinho, L.M., Rodrigues, S., Pereira, A.P. ve Feás, X. 2012. Portuguese bee pollen: palynological study, nutritional and microbiological evaluation. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(2): 429-435.
- Feas, X., Vazquez-Tato, MP., Estevinho, L., Seijas, JA. ve Iglesias, A. 2012. Organic bee pollen: Botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17(7): 8359-8377.
- Gabriele, M., Parri, E., Felicioli, A., Sagona, S., Pozzo, L., Biondi, C. ve Domenici, V. 2015. Phytochemical composition and antioxidant activity of Tuscan bee pollen of different botanic origins. *Ital. J. Food Sci*, 27: 248–259.
- Gardana, C., Del Bo, C., Quicazán, M.C., Correa, A.R. ve Simonetti, P. 2018. Nutrients, phytochemicals and botanical origin of commercial bee pollen from different geographical areas. *J. Food Compos. Anal*, 29: 29–38.
- Halkman AK, Gıda Mikrobiyolojisi II Ders Notları. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, 2013.
- Juszczak, L., Florkiewicz, A., Socha, R., Gałkowska, D. ve Piotrowska, A. 2018. Effect of honey supplementation with bee products on quality parameters and mineral composition. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(12): 990-997.
- Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L. ve Olczyk, K. 2015. Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.
- Liolios, V., Tananaki, C., Kanelis, D. ve Rodopoulou, M. A. 2022. The microbiological quality of fresh bee pollen during the harvesting process. *Journal of Apicultural Research*, 1-11.
- Luo, X., Dong, Y., Gu, C., Zhang, X. ve Ma, H. 2021. Processing Technologies for Bee Products: An Overview of Recent Developments and Perspectives. *Front. Nutr*, 8: 727181.
- Martins, M.C.T., Morgano, M.A., Vicente, E., Baggio, S.R. ve Rodriguez-Amaya, D.B. 2011. Physicochemical composition of bee pollen from eleven Brazilian states. *J. Apic. Sci*, 55: 107–116.
- Nogueira, S., Iglesias, A., Feas, X. ve Estevinho, L.M. 2012. Commercial bee pollen with different geographical origins: A comprehensive approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(9): 11173–11187.
- Nuvoloni, R., Meucci, V., Turchi, B., Sagona, S., Fratini, F., Felicioli, A. ve Pedonese, F. 2021. Bee-pollen retailed in Tuscany (Italy): Labelling, palynological, microbiological, and mycotoxicological profile. *Lwt*, 140: 110712.
- Okumuş, G., Varadi, A., Yıldız, O. ve Yücel, B. 2018. Physicochemical and antioxidant properties of bee-pollens collected from Romania. 6. International Muğla Beekeeping and Pine Honey Congress. 15-19 October, 2018, Muğla.
- Oroian, M., Dranca, F. ve Ursachi, F. 2022. Characterization of Romanian bee pollen—an important nutritional source. *Foods*, 11 (17): 2633.
- Pełka K., Otłowska O., Worobo R.W. ve Szweda P. 2021. Bee bread exhibits higher antimicrobial potential compared to bee pollen. *Antibiotics* 10(2):125.
- Rajs, B.B., Primorac, L., Gal, K., Bubalo, D., Prđun, S. ve Flanjak, I. 2022. Influence of botanical origin on phenolic content and antioxidant capacity of monofloral bee pollen. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(2): 213-222.

- Rocchetti, G., Castiglioni, S., Maldarizzi, G., Carloni, P. ve Lucini, L. 2019. UHPLC-ESI-QTOF-MS phenolic profiling and antioxidant capacity of bee pollen from different botanical origin. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(2): 335-346.
- Salomon, M.B., Talla, E., Ngassoum, M.B., Karole, T.T.R., Nyemb, J.N. ve Mahmoud, Y. 2018. Optimization of microwaveassisted extraction of total phenol content and total flavonoids content from *Anacardium occidentale* L. (Anacardeaceae) using response surface methodology. *Int. J. Biochem. Biotechnol.*, 7(4): 800–809.
- Singleton, V.L. ve Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *AJEV* 16(3): 144–158.
- Sonmez, E., Kekecoglu, M., Sahin, H., Bozdeveci, A. ve Karaoglu, S.A. 2023. Comparing the biological properties and chemical profiling of chestnut bee pollen and bee bread collected from Anatolia. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1-11.
- Şahin, H., ve Kemal, M. 2019. Antioxidant capacity of a bee pollen sample obtained from Giresun, Turkey. *Journal of Apitherapy and Nature*, 2(2): 46-51.
- Straumite, E., Bartule, M., Valdovska, A., Kruma, Z. ve Galoburda, R. 2022. Physical and microbiological characteristics and antioxidant activity of honey bee pollen. *Applied Sciences*, 12(6): 3039.
- Sun, L., Guo, Y., Zhang, Y. ve Zhuang, Y. 2017. Antioxidant and anti-tyrosinase activities of phenolic extracts from rape bee pollen and inhibitory melanogenesis by cAMP/ MITF/TYR Pathway in B16 mouse melanoma cells. *Frontiers in Pharmacology*, 8 (104): 1-9.
- Thakur, M. ve Nanda, V. 2020. Exploring the physical, functional, thermal, and textural properties of bee pollen from different botanical origins of India. *Journal of Food Process Engineering*, 43(1): e12935.
- Tikhonov, A.I., Sodsavichniy, K., Tichonov, C.A., Yarnich, T.G., Bodnarchuk, L.I. ve Kotenko, A.M. 2006. Bee Pollen in Pharmacy and Medicine. NFU Original Harkov.
- Ulusoy, E. ve Kolayli, S. 2014. Phenolic composition and antioxidant properties of Anzer bee pollen. *Journal of Food Biochemistry*, 38 (1): 73-82.
- Yıldız, O., Can, Z., Saral, Ö., Yuluğ, E., Öztürk, F., Aliyazıcıoğlu, R., Canpolat, S. ve Kolaylı, S. 2013. Hepatoprotective potential of chestnut bee pollen on carbon tetrachloride-induced hepatic damages in rats. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2013: 1-9.
- Zuluaga, C.M., Serratob, J.C. ve Quicazana, M.C. 2015. Chemical, nutritional and bioactive characterization of Colombian bee-bread. *Chem. Eng*, 43: 175-180.