

ARI POLENİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PROBİYOTİK YOĞURTLARIN BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehtap ÇİFTÇİ, Nilgün ÖNCÜL*

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fethiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Fethiye, Muğla, Türkiye

Geliş /Received 06.01.2025; Kabul /Accepted: 11.02.2025; Online baskı /Published online: 12.02.2025

Çiftçi, M., Öncül, N. (2025). Arı poleni ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. GIDA (2025) 50 (1) 131-145 doi: 10.15237/ gida.GD25013

Çiftçi, M., Öncül, N. (2025). Determination of the physico-chemical properties of probiotic yoghurts fortified with bee pollen. GIDA (2025) 50 (1) 131-145 doi: 10.15237/ gida.GD25013

ÖZ

Bu çalışmada; arı poleni içeren (%0.5, %1.5, %3 ve %6) probiyotik yoğurtların üretilmesi ve depolama boyunca (14 gün) fizikokimyasal özelliklerinin tespiti ile gıda endüstrisine alternatif bir ürün sunmak amaçlanmıştır. Depolama boyunca örneklerin pH değerleri 4.21-4.59, titrasyon asitliği (laktik asit) %0.61-1.32, kuru madde miktarı %11.20-14.67, kül miktarı %0.55-0.73, protein içeriği 0.79-1.68 g/100 g, karbonhidrat içeriği 0.86-1.80 g/100 g, viskozite 148.60-703.20 mPa.s ve su tutma kapasitesi %38.48-42.17 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin pH, viskozite, protein ve karbonhidrat değerleri depolama süresince azalmıştır. Buna karşın titrasyon asitliği ve kül değerlerinde artış gözlenmiştir. Sonuç olarak fonksiyonel özellikleriyle apiterapide kullanılan ve sağlık üzerinde olumlu etkileri kanıtlanmış olan arı poleni probiyotik yoğurda kombine edilerek tüketicilere alternatif fonksiyonel bir ürün sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Arı poleni, probiyotik, yoğurt, fizikokimyasal

DETERMINATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PROBIOTIC YOGHURTS FORTIFIED WITH BEE POLLEN

ABSTRACT

In this study, it was aimed to produce probiotic yoghurts containing bee pollen (0.5%, 1.5%, 3% and 6%) and to provide an alternative product to the food industry by determining some physico-chemical properties during storage (14 days). The values of the yoghurt sample ranged between 4.21-4.59 for pH, 0.61%-1.32% for titratable acidity (lactic acid), 11.20%-14.67% for dry matter, 0.55%-0.73% for ash, 0.79-1.68 g/100 g for protein content, 0.86-1.80 g/100 g for carbohydrate, 148.60-703.20 mPa.s for viscosity, and 38.48%-42.17% for water holding capacity during storage. The pH, viscosity, protein and carbohydrate values of the samples were decreased throughout storage. On the other hand, an increase in titratable acidity and ash values was observed. As a result, bee pollen, which is used in apitherapy with its functional properties and has proven positive effects on health, is combined with probiotic yoghurt to offer consumers an alternative functional product.

Keywords: Bee pollen, probiotic, yoghurt, physico-chemical

* Sorumlu yazar / Corresponding author

✉: nilgunoncul@hotmail.com; nilgunoncul@mu.edu.tr

☎: (+90) 252 211 5733 ☎: (+90) 252 211 1352

Mehtap Çiftçi; ORCID no: 0000-0003-1669-8717

Nilgün Öncül; ORCID no: 0000-0002-2865-7958

GİRİŞ

Günümüzde sağlıklı beslenmeye ve dolayısıyla bu beslenme anlayışının gerçekleşebilmesini sağlayan doğal, sağlıklı, fonksiyonel gıdalara eğilim artmıştır. Fonksiyonel gıda terimi 1980'li yılların başında Japonya'da özel bileşenler ile geliştirilmiş ve işlevsel etkileri bulunan gıdalar için kullanılmıştır. 1990 yılında ise içeriğindeki bileşenler sayesinde bazı hastalıklara yakalanma riskini azaltan ve bazı hastalıkların tedavisine yardımcı olan insan sağlığı açısından olumlu etkileri bulunan gıdaları tanımlamak için FOSHU (gıdanın sağlıklı yaşam için kullanımı - Foods for Specified Health Use) kavramı oluşturulmuştur (Bigliardi ve Galati, 2013; Türkmen ve Gürsoy, 2017). Fonksiyonel gıdaların evrensel olarak kabul görmüş bir tanımı yoktur. 1994 yılında, Ulusal Bilimler Akademisi Gıda ve Beslenme Kurulu (National Academy of Sciences' Food and Nutrition), fonksiyonel gıdaları "içerdiği geleneksel besin maddelerinin ötesinde bir sağlık yararı sağlayabilen herhangi bir değiştirilmiş gıda veya gıda bileşeni" olarak tanımlamaktadır. Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü (International Life Sciences Institute), "fizyolojik olarak aktif bileşenlerin varlığı nedeniyle temel beslenmenin ötesinde bir sağlık yararı sağlayan gıdalar" olarak tanımlamaktadır (Hasler, 2002). Türk Gıda Kanununda ise "besleyici etkilerinin yanında bilimsel ve klinik çalışmalar ile ispat edilen, aynı zamanda bir veya birden çok etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyan, düzelten ya da hastalık riskini azaltabilen etkiye sahip olan gıdalar" olarak tanımlanmaktadır (Soylu ve Bayram, 2020). Günümüzde, fonksiyonel gıdalara süt ürünleri, şekerlemeler, bazı meşrubatlar, tahıl ürünleri ve bebek mamaları örnek olarak verilebilir (Bigliardi ve Galati, 2013).

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde yapılan tanıma göre; "Yoğurt, fermantasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un birlikte kullanıldığı inkübasyon sonrasında pıhtısı kırılmamış (set) ya da kırılmış (stirred) formda elde edilen ve son tüketim tarihinde yeterli sayıda, canlı ve aktif starter bakteri bulunduran fermente süt ürünü" ifade etmektedir (Anonymous, 2022). Yoğurt

üretiminde kullanılan starter kültürler (*L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*) laktik asit fermantasyonu sonucu süt proteinlerinin pıhtılaşmasını sağlamaktadır. *Lactobacillus*, kazeini aminoasitlerine ayrıştırmakta ve *Streptococcus*'un gelişimini uyaran valin gibi önemli aminoasitleri serbest bırakmaktadır. Daha sonra, *Streptococcus*'un aktivitesi sayesinde pH'da bir düşüş meydana gelmektedir (Biçer vd., 2024). pH'daki bu düşüş ile süt proteini olan kazein çökelerek pıhtı oluşumunu ve yoğurdun kıvam almasını sağlamaktadır. Ayrıca asetaldehit gibi organik moleküllerin üretilmesi ile yoğurda özgü karakteristik ekşimsi tat oluşmakta ve lezzet profili iyileştirilmektedir (Denktaş, 2023; Fırat ve Çetin, 2024).

Fonksiyonel yoğurtlar ise tüketiciler tarafından yaygın olarak bilinen ve tercih edilen bir süt ürünüdür. Ürünlerin besin değerini ve kalite özelliklerini iyileştirmek, sağlık üzerindeki olumlu etkilerini artırabilmek ve artan tüketici talebini karşılamak için çeşitli yoğurtlar üretilmektedir. Meyve, sebze, tahıl, posa, çiçek ve benzeri doğal fonksiyonel bileşenlerin dahil edilmesi yoğurdun kimyasal bileşimini iyileştirmesi ve sağlık yararlarını artırmasının yanında, yoğurdun mikro yapısını, rengini ve dokusunu da iyileştirmektedir (Rashwan vd., 2023). Fonksiyonel gıda sektöründe öne çıkan bir süt ürünü olan yoğurda dahil edilebilecek insan sağlığına faydalı bileşenler arasında probiyotik bakteriler de bulunmaktadır (Sarıtaş vd., 2024). Probiyotikler, Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü tarafından "yeterli miktarlarda uygulandığında konakçıya sağlık yararları sağlayan canlı mikroorganizmalar" olarak tanımlanmaktadır. Probiyotik terimi "yaşam için" anlamına gelen, insanlar ve hayvanlar için yararlı etkileri olan mikroorganizmaları adlandırmak için kullanılmaktadır (FAO/WHO, 2006). Türk Gıda Kodeksi'nin Etiketleme Yönetmeliği'ne (Sayı: 28157, 3. Mükerrer) göre probiyotik mikroorganizma "Gıdalarla belirli miktarlarda alındığında insan sağlığını olumlu yönde etkilediği kanıtlanmış olan canlı mikroorganizma suşlarını" ifade etmektedir (Anonymous, 2011). Yoğurt üretiminde starter kültür olarak kullanılan *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* bakterilerinin yanında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri yaygın olarak

kullanılan probiyotik mikroorganizmalardır (Sarıtaş vd., 2024). Sade probiyotik yoğurdun besin bileşenleri incelendiğinde karbonhidrat içeriği %5.95, protein içeriği %4.47, yağ içeriği %3.75, kül içeriği ise %0.99 olarak belirtilmektedir (TÜRKOMP, 2023).

Türk Gıda Kodeksi Arı Ürünleri Tebliği'nde "Arı poleni: İşçi arıların çiçekli bitkilerdeki polenleri toplayıp kendi bünyelerindeki salgılar ile birleştirdikten sonra küre şeklinde renkli peletler haline getirdiği ve kovanındaki tuzaklar yardımıyla hasat edilen arı ürününü" ifade etmektedir (Anonymous, 2024). Arı poleni, işçi arılar tarafından üretilen seçilmiş çiçek polenlerinin, nektar (veya bal) ve tükürük maddeleriyle bir araya gelerek, kovanın girişinde genellikle pelet adı verilen küçük kozalar halinde toplanmasıyla üretilmektedir (Campos vd., 2021).

Arı poleninde çeşitli botanik kökenli 200'den fazla bileşik bulunmaktadır. Bunlara proteinler, esansiyel aminoasitler, karbonhidratlar, lipitler ve yağ asitleri, fenolik bileşikler, enzimler ve koenzimler, vitaminler ve az miktarda uçucu maddeler dahildir. Arı poleni ayrıca çeşitli biyolojik aktivitelerden sorumlu olduğu bilinen antioksidanlar olan polifenoller ve flavanoitler gibi önemli biyoaktif bileşikler de içermektedir. Arı polenin bileşimindeki farklılıklar, bitki türleri, toprak tipi, çevresel koşullar, mevsimsel ve bölgesel koşullar, arıcılık faaliyetlerinden ve arı poleni hasat yönteminden kaynaklanabilmektedir (Prdun vd., 2021). Arı polenin karbonhidrat içeriği %13-55 (Rzepecka-Stojko vd., 2015), protein ve lipit içeriği sırasıyla %10-40 ve %1-20 (Ares vd., 2018), kül içeriği ise %0.50-7.75 arasında değişiklik göstermektedir (Bay vd., 2021). Taze polenin nem içeriği %20-30 gibi yüksek bir oranda (Wang vd., 2022) olup bu oran mikroorganizma gelişimi için elverişli bir ortam olarak bozulmaya neden olabilmektedir. Bu sebeple nem içeriği %2-9 aralığında olacak şekilde kurutma işlemi uygulanmaktadır (Eşerler vd., 2023). Ayrıca yapısında sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), manganez (Mn), çinko (Zn), selenyum (Se) ve krom (Cr) gibi birçok

minerali de bulundurmaktadır (Bay vd., 2021; Nakilcioğlu ve Nurko, 2022).

Polen; anti-inflamatuar, antikarsinogenik, antioksidan, antimikrobiyel, antifungal, antialerjenik, antiülser, antianemi, antidiyaretik, hepatoprotektif ve kemo-önleyici özelliklerine sahiptir. Ayrıca polenin bağırsak sağlığını desteklemek için bağırsak mikrobiyotasını düzenlediği, prostat problemleri, solunum hastalıkları, alerjiler ve kemik erimesi gibi hastalıklardan korunmak için destekleyici olarak kullanıldığı da bilinmektedir (Nakilcioğlu ve Nurko, 2022; Alshallah vd., 2023).

Bu çalışmada, çeşitli yoğurtlara alternatif oluşturmak için arı poleni ilavesi ile zenginleştirilmiş probiyotik set tipi yoğurt üretimi ve arı polenin depolama boyunca yoğurdun bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece; sağlıklı beslenme konusunda artan tüketici taleplerini karşılamak için gıda endüstrisine alternatif bir ürün sunulabilecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

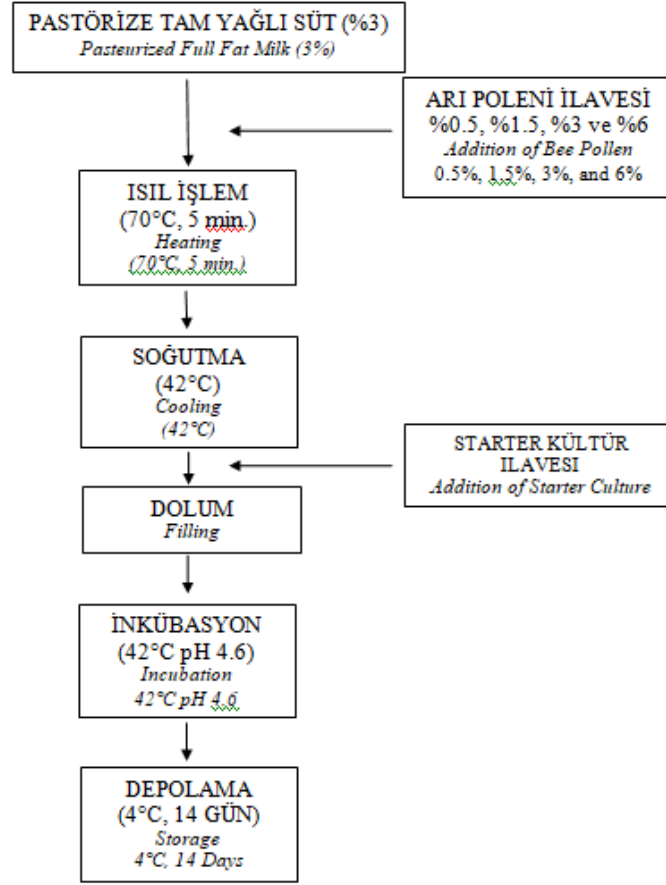
Bu çalışmada, yoğurt üretimi için ticari olarak satılan %3 yağlı pastörize süt (İçim, Ak Gıda, Sakarya) ve yerli bir firmadan (Yayla Maya, Maysa Gıda, İstanbul) temin edilen probiyotik yoğurt starter kültürü (*S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp.) kullanılmıştır. Üretim için yörede üretilen arı poleni, Muğla ili Dalaman ve Göcek ilçesinde üretim yapan yerel bir arıcıdan temin edilmiştir. Üreticiden alınan bilgiye göre arı poleni; söğüt, hardal, sığla, pıynar, gelincik ve pamukluk bitkilerinden elde edilmiştir.

Arı Poleni İçeren Probiyotik Yoğurtların Üretimi

Arı polenli probiyotik yoğurt üretim akışı Şekil 1'de gösterilmektedir. Üretimde kullanılan arı polenleri 60 dakika ultraviyole (UV) (Ekim kabini, İldam, Class II A2, GKB-1800, Türkiye) ile muamele edilmiş ve ardından %0.5, %1.5, %3 ve %6 oranlarda pastörize süte eklenmiştir. Arı poleni içermeyen (%0) yoğurt örneği pozitif, arı polenin kendisi ise negatif kontrol olarak değerlendirilmiştir. Başlangıç mikrobiyel yükünün

inhibisyonu için arı polenli süt örneklerine ısı işlemi (70 °C'de 5 dakika) uygulanmıştır. Isıl işlemin ardından sütler 42 °C'ye soğutulmuş ve firmanın kullanım önerileri doğrultusunda %0.1 oranında (1 g/L) starter kültür, arı poleni içeren süt örneklerine inoküle edilmiştir (Lomova vd., 2014; Karabagias vd., 2018; Özcan vd., 2020). Örnekler aseptik koşullarda steril kaplara

porsiyonlandıktan sonra 42 °C'de kapakları kapalı olarak inkübe (Thermo Stable IG-105, Daihan scientific, Kore) edilmiştir. İnkübasyon boyunca pH takip edilmiş ve pH 4.6'ya ulaştığında inkübasyon işlemi sonlandırılarak örnekler depolama için 4 °C'ye kaldırılmıştır. Depolamanın 1, 7 ve 14. günlerinde örnekler alınarak analizler gerçekleştirilmiştir (Sert vd., 2011).



Şekil 1. Farklı miktarlarda arı poleni ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt örneklerinin üretim akış şeması.

Figure 1. Production flow chart of probiotic yoghurt samples enriched with different amounts of bee pollen

pH Tayini

pH-metre (MettlerToledo, Five easy plus FP20, Çin) uygun tampon çözeltiler (pH:4.01, Mettler Toledo, 51 302 069, İsviçre; pH:7, Mettler Toledo, 51302047, İsviçre) kullanılarak kalibre edilmiştir. Örneklerin pH değeri ölçümü için cihazın elektrotu örnek içerisine daldırılarak pH değerleri belirlenmiştir (AOAC, 1995).

Titrasyon Asitliği

10 g örnek alınarak üzerine 100 mL saf su ilave edilip homojenize edilmiştir. Bu şekilde seyreltilen örnek kaba filtre kağıdı (Whatman No.4) kullanılarak filtre edilmiştir. Elde edilen filtrattan 25 mL alınıp indikatör olarak 0.2-0.3 mL fenolftalein (Tekkim, TK.930094.00102, Türkiye) damlatılıp 0.1 N sodyum hidroksit (NaOH, Tekkim, TK.170511.01002, Türkiye) ile kalıcı açık

peembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titre edilebilir asitlik (%) miktarı laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (AOAC, 1995).

$$\% \text{ Titrasyon Asitliği} = \frac{V \times f \times E \times 100}{M}$$

V = Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH miktarı (mL)

f = Titrasyonda kullanılan baz çözeltinin normalitesi (N)

E = 1 mL 0.1 N NaOH'in eşdeğer asit miktarı (g)

M = Titre edilen örneğin gerçek miktarı (mL)

Toplam Kuru Madde

Örneklerin kuru madde oranları gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Darası alınan kuru madde kaplarına 3 g örnek tartılarak 105±5 °C'lik hava akımlı etüvde (İldam, İLD-EKH-55, Türkiye) sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda kaplar desikatöre alınıp soğuması sağlandıktan sonra tartılan örneklerin kuru madde miktarı % olarak belirlenmiştir (AOAC, 1997).

Toplam Kül

Örneklerin toplam kül tayini, kül fırını (Protherm, PLF 110/6, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sabit tartıma getirildikten sonra darası alınan porselen kroze içerisine 3 g örnek tartılmış ve krozeler çeker ocakta ısıtıcı manyetik karıştırıcı (İsotex, SH-4, Türkiye) kullanılarak sıcaklığın kademeli olarak artırılması suretiyle 30 dakika ön yakma işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler ön yakma işleminin ardından kül fırınına alınarak sıcaklık kademeli bir şekilde 550 °C'ye çıkartılmıştır. Bu sıcaklıkta örnekler, beyaz renkli kül elde edilinceye kadar yakılmıştır. Yakılan örnekler desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartıldıktan sonra kül oranları % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1997).

Su Tutma Kapasitesi

Analiz için 20 g örnek tartılarak 5000 devir/dak ve 10°C sıcaklıkta 10 dakika santrifüj (Nüve, NF-1200R, Türkiye) edilmiş ardından süpernatant uzaklaştırılarak pelet tartılmıştır (Gürün, 2013). Sonuçlar % olarak hesaplanmıştır.

Viskozite

Örneklerin viskoziteleri, viskozimetre (B-one Plus, Lamy Rheology Instruments, Türkiye)

kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin viskozite değerleri +4 °C'de ve 100 devir/dakika'da 2 numaralı spindle (R-2) ile ölçülmüştür. Ölçümler sırasında 3. dakikadaki (180. saniye) değerler kaydedilmiştir (Yılmaz, 2006; Özcan Yılsay vd., 2006).

Protein Tayini

Ürünlerin protein analizleri Biuret yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Örneklerin hazırlanması için; 0.1 g örnek üzerine 10 mL 1 M'lık NaOH çözeltisi eklenerek 70 °C' de 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. Ürünler kaba filtre kağıdından geçirilerek süzölmüştür. Süzölmüş ürünlerden 1 mL alınmış ve üzerine 4 mL biuret reaktifi ilave edildikten sonra oda sıcaklığında 25 dakika beklenmiş ve ardından örneklerin absorpsiyon değerleri 550 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Agilent, Cary 60 UV-Vis, Malezya) okunmuştur. Standart çözeltilerine de aynı işlem basamakları uygulanmıştır. Standart olarak Bovine Serum Albumin (BSA, Sigma Aldrich, Almanya) kullanılmıştır. BSA çözeltilerinin absorpsiyon değerlerine karşı standart eğrisi oluşturulmuş ve elde edilen denkleme göre örneklerin protein içerikleri seyreltmelede dikkate alınarak hesaplanmıştır (Gornall vd., 1949).

Toplam Karbonhidrat Tayini

Örneklerinin toplam karbonhidrat tayini, fenol sülfürik asit yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılacak gıda örneklerinin hazırlanması için; deney tüplerine 15 mg ürün tartılıp üzerine 5 mL 2.5 N hidroklorik asit (HCl, Tekkim, TK.080231.01001, Türkiye) ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Daha sonra hidrolizasyon için 95 °C'deki su banyosunda 3 saat tutulmuştur. Süre sonunda örneklerin 5 dakika içinde sıcaklıklarının 1 °C'ye düşürülmesi sağlanmış ve üzerlerine 750 µL %40'lık NaOH konulmuştur. Karıştırmanın ardından örnekler 100 mL'lik balon jöjeye aktarılmış ve saf suyla tamamlanmıştır. Böylece deneyde kullanılacak örnekler hazırlanmıştır. Standart olarak glikoz (D (+)-glikoz monohidrat (C₆H₁₂O₆·H₂O), Sigma Aldrich K50876942, Almanya) kullanılmıştır. Hazırlanan örneklerden/standart çözeltilerinden 600 µL deney tüplerine alınmış ve üzerine 600 µl %5'lik fenol (C₆H₆O, Isolab, 959.045.1000, Almanya)

çözeltileri konulmuştur. Karıştırma işleminin ardından 3 mL konsantre sülfürik asit (H_2SO_4 , Tekkim, TK.170581.05001, Türkiye) ilave edilerek tekrar karıştırılmıştır. Deney tüpleri, 80 °C'deki su banyosunda 30 dakika bekletilmiş ve ardından 490 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbanans değerleri okunmuştur. Standart çözeltilerden elde edilen denkleme göre örneklerin toplam karbonhidrat içerikleri belirlenmiştir (Taylor, 1995).

İstatistiksel Analiz

Çalışma; iki tekerrür ve iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS Statistics (IBM SPSS Statistics Version 22, Amerika Birleşik Devletleri) paket programıyla ANOVA analizi kullanılarak %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılık Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çeşitli oranlarda arı poleni içeren probiyotik yoğurtlar ve kontrol örneğinin pH değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Fermente gıdalarda bakteriyel faaliyet ve laktik asit üretimine bağlı

olarak depolama süresince pH değişimi yaygındır (Baú vd., 2014). Depolama boyunca 4.21-4.59 arasında değişen pH değerleri 1. günde ortalama 4.46, 7. günde 4.39 ve 14. günde 4.35 olarak ölçülmüştür. Probiyotik yoğurt örneklerinin pH değerleri buzdolabında 14 günlük depolama boyunca azalmış olup bu azalma (%3 APPY hariç) istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Arı polenin pH değeri 4.67 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir. Bütün depolama günlerinde arı poleni oranı arttıkça pH değerlerinde düşüş gerçekleşmiş olup bu durumun arı polenin organik asit içeriği ile ilgili olabileceği düşünülmektedir (Mărgăoan vd., 2019). En yüksek pH değerleri 1, 7 ve 14. günde sırasıyla kontrolde 4.59, 4.52 ve 4.50 olarak ölçülürken, en düşük değerler %6 APPY örneğinde 4.35, 4.21 ve 4.21 şeklindedir. Arı poleni (%0.5-%3) ilavesiyle set tipi üretilen yoğurtların pH değerleri (4°C'de 1. günde) bu çalışmanın sonuçlarıyla benzer biçimde en yüksek kontrol örneğinde (pH 4.47) bildirilmiştir (Özcan vd., 2020). Darwish vd. (2022) yaptıkları çalışmada, arı poleni, arı ekmeği ve arı sütü ilavesiyle fermente süt içecekleri üretmişlerdir. Arı ürünleri, pH değerlerini azaltırken titrasyon asitliği değerlerinde artışa neden olmuştur.

Çizelge 1. Probiyotik yoğurt örneklerinin pH değerleri*

Table 1. pH values of the probiotic yoghurt samples*

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	4.59±0.02 ^{Aa}	4.52±0.04 ^{Aa}	4.50±0.04 ^{Aa}
%0.5 APPY	4.48±0.10 ^{Aab}	4.44±0.07 ^{Aa}	4.40±0.00 ^{Aab}
%1.5 APPY	4.46±0.06 ^{Aab}	4.40±0.04 ^{Aa}	4.36±0.04 ^{Ab}
%3 APPY	4.42±0.05 ^{Ab}	4.36±0.04 ^{Aab}	4.31±0.01 ^{Bbc}
%6 APPY	4.35±0.05 ^{Ab}	4.21±0.09 ^{Ab}	4.21±0.09 ^{Ac}

*n=4, (\pm standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir ($P>0.05$).

*n=4, (\pm standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences ($P>0.05$).

Probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleri Çizelge 2' de verilmiştir. En düşük titrasyon asitliği değeri depolamanın başlangıcında kontrol örneğinde %0.61 olarak, en yüksek ise

depolamanın son günü %6 APPY örneğinde %1.32 olarak hesaplanmıştır. Yoğurt örneklerinde arı poleni miktarı arttıkça titrasyon asitliği değeri de artmaktadır. Arı polenin titrasyon asitliği

%2.17±0.04 olup kontrol örneğinden oldukça yüksektir. Buzdolabında 14 günlük depolama boyunca bütün probiyotik yoğurt örneklerinde pH ile uyumlu bir şekilde titrasyon asitliği değerleri yükselmiştir ($P<0.05$). Ortalama titrasyon asitliği değerleri depolamanın başlangıcında %0.79, sonunda ise %0.98 olarak hesaplanmıştır. Probiyotik yoğurt kültüründe yer alan bakteriler depolama süresince karbonhidratlardan laktik asit, asetik asit gibi organik asitler oluşturarak titrasyon asitliğinin artışına neden olabilirler (Weidi, 2019). Türk Gıda Kodeksi 2022/44 No.'lu Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde (Sayı: 32029) yoğurt için titrasyon

asitliği değerleri en az %0.6 en fazla %1.5 olarak belirtilmiştir (Anonymous, 2022). Bu açıdan 14 günlük depolama süresince bütün yoğurt örneklerinin asitlik değerleri tebliğ ile uyumludur. Pastörize ve UHT sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin 10 günlük depolaması süresince bu çalışmanın sonuçlarıyla benzer şekilde pH değerleri azalmış, titrasyon asitliği değerleri ise artmıştır. Depolamanın 1 ve 10. gününde pH değerleri 4.04-4.27 ve 3.89-3.97 arasında bulunmuş, bu çalışmanın pH değerlerinden daha düşüktür. Titrasyon asitliği değerleri ise ortalama %1.13 ile bu çalışmanın ortalama değerinden (%0.87) yüksektir (Gürcan, 2019).

Çizelge 2. Probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleri (% laktik asit)*

Table 2. Titratable acidity values of the probiotic yoghurt samples (lactic acid, %)*

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	0.61±0.01 ^{Aa}	0.66±0.03 ^{Aa}	0.71±0.03 ^{Ba}
%0.5 APPY	0.75±0.03 ^{Ab}	0.75±0.03 ^{Ab}	0.85±0.01 ^{Bb}
%1.5 APPY	0.77±0.01 ^{Ab}	0.78±0.03 ^{Ab}	0.92±0.04 ^{Bc}
%3 APPY	0.84±0.03 ^{Ac}	0.94±0.01 ^{Bc}	1.10±0.03 ^{Cd}
%6 APPY	0.99±0.03 ^{Ad}	1.12±0.03 ^{Bd}	1.32±0.03 ^{Ce}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir ($P>0.05$).

*n=4, (± standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences ($P>0.05$).

Örneklerin kuru madde içerikleri Çizelge 3'de sunulmuştur. Yoğurtların kuru madde değerleri genel olarak (%3 APPY hariç) depolama boyunca aynı kalmıştır ($P>0.05$). Probiyotik yoğurt örnekleri üretim sürecinde porsiyonlama basamağından sonra su kaybını önleyecek şekilde kapatılmış ve fermantasyon süresince ya da depolama boyunca kuru madde değerlerini etkileyecek bir uygulama yapılmamıştır. Negatif kontrol olarak arı polenin kuru madde içeriği %74.89±0.63'tür. Özellikle %3 ve %6 oranında arı poleni içeren örneklerde depolamanın tüm günlerinde kuru madde içeriği artan polen oranına bağlı olarak kontrolden farklı bulunmuştur ($P<0.05$). %2 oranında arı sütü ilavesiyle üretilen

yoğurt örneğinin kuru madde içeriği 14 günlük depolama boyunca %15.11-16.14 arasında bulunmuştur. Arı sütü ilavesi kuru madde içeriğini kontrol örneğine göre bu çalışmada da olduğu gibi arttırmıştır (Kavas, 2022). Gluşac vd. (2015), çalışmasında %0.6 oranında polen ilavesiyle ürettiği probiyotik yoğurt ve asidofiluslu süt örneklerinde polen ilavesinin hem kuru madde hem de titrasyon asitliği değerlerinde artışa neden olduğunu saptamıştır. Bir başka çalışmada; %0.4, %0.6 ve %0.8 arı poleniyle üretilen yoğurtların kuru madde içeriklerinin (%12.70-12.85) polen oranı arttıkça arttığı ve kontrol örneğine (%12.60) göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Zlatev vd., 2018).

Çizelge 3. Probiyotik yoğurt örneklerinin toplam kuru madde içeriği (%)*
 Table 3. Total dry matter values of the probiotic yoghurt samples (%)*

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	11.40±0.31 ^{Aa}	11.40±0.04 ^{Aa}	11.20±0.09 ^{Aa}
%0.5 APPY	11.61±0.19 ^{Aa}	11.55±0.01 ^{Ab}	11.45±0.11 ^{Aa}
%1.5 APPY	12.18±0.29 ^{Aa}	12.04±0.07 ^{Ac}	11.98±0.14 ^{Ab}
%3 APPY	13.15±0.14 ^{Ab}	12.82±0.08 ^{Bd}	12.61±0.04 ^{Bc}
%6 APPY	14.67±0.47 ^{Ac}	14.28±0.04 ^{Ae}	14.03±0.11 ^{Ad}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir ($P>0.05$).

*n=4, (± standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences ($P>0.05$).

Örnekler için küllük değerleri Çizelge 4'te sunulmuştur. Arı poleni ilavesi örneklerin küllük değerlerinde depolama süresince önemli bir değişiklik oluşturmamıştır ($P > 0.05$). Arı polenin küllük miktarı 2.30 ± 0.08 saptanmıştır. Aynı günde, örnekler arasında arı poleni miktarı arttıkça küllük miktarında da artış gözlenmiş olmakla birlikte bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P>0.05$). En düşük küllük miktarı kontrol örneğinde depolamanın başlangıcında %0.55, en yüksek ise %6 APPY örneğinde depolamanın sonunda %0.73 olarak ölçülmüştür. Altı farklı starter kültür

ile üretilen yoğurt örneklerinin küllük değerlerinin bu çalışmaya benzer şekilde %0.67 ile %0.85 arasında tespit edilmiştir (Soni vd., 2020). Üç farklı kaynaktan elde edilen arı poleni (mısır, yonca ve hurma) %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında yoğurt üretiminde kullanılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarıyla uyumlu olarak örneklerin polen miktarı arttıkça küllük, kuru madde ve asitlik içeriği artmıştır. Yoğurtlara ait protein değerleri %2.55 ile %3.85 arasında olup bu değerler bu çalışmada elde edilen protein sonuçlarından yüksektir (Khider vd., 2013).

Çizelge 4. Probiyotik yoğurt örneklerinin toplam küllük içeriği (%)*
 Table 4. Total ash values of the probiotic yoghurt samples (%)*

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	0.55±0.08 ^{Aa}	0.60±0.04 ^{Aa}	0.60±0.02 ^{Aa}
%0.5 APPY	0.63±0.07 ^{Aa}	0.66±0.08 ^{Aa}	0.67±0.07 ^{Aa}
%1.5 APPY	0.63±0.04 ^{Aa}	0.67±0.07 ^{Aa}	0.69±0.08 ^{Aa}
%3 APPY	0.66±0.08 ^{Aa}	0.68±0.02 ^{Aa}	0.69±0.07 ^{Aa}
%6 APPY	0.69±0.07 ^{Aa}	0.70±0.09 ^{Aa}	0.73±0.03 ^{Aa}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir ($P>0.05$).

*n=4, (± standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences ($P>0.05$).

Probiyotik yoğurt örneklerinin su tutma kapasitelerine ait değerler Çizelge 5'te sunulmuştur. Örneklerin su tutma kapasitesi en düşük %38.48 (%3 APPY), en yüksek %42.17 (kontrol) olarak tespit edilmiştir. Arı poleni içeren yoğurtların su tutma kapasiteleri bütün depolama günlerinde kontrolden küçük çıkmıştır. Genel olarak, aynı depolama gününde arı poleni oranı artması su tutma kapasitesi değerlerini azaltmıştır (%3 APPY, 14. gün hariç). Örnek bazında incelendiğinde depolama boyunca su tutma kapasitelerinde ki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Su tutma kapasitesi, proteinlerin yoğurdun yapısındaki suyu tutmasıyla ilgilidir. Arı poleni miktarı arttıkça probiyotik yoğurt örneklerinde protein

değerlerinin azalmasının su tutma kapasitesini de azaltabileceği düşünülmektedir (Yang vd., 2021). Ayrıca arı poleninde bulunan organik asitler de kazeinin jel ağını etkileyerek yapının bozulmasına neden olabilir (Kwasi Kpodo vd., 2014; Ning vd., 2021; Oluk, 2024). Ticari starter kültür ile üretilen yoğurt örneklerinin 4°C'de 28 gün depolanması sırasında su tutma kapasiteleri %35.8 ile %38.2 arasında bildirilmiştir (Hoxha vd., 2023). Coskun ve Karabulut Dirican, (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı oranlarda bal içeren (%2, %4 ve %6) yoğurt örneklerinin pH ve su tutma kapasitelerinin bu çalışmanın sonuçlarıyla benzer şekilde bal miktarı arttıkça azaldığı, titrasyon asitliğinin ise arttığı bulunmuştur.

Çizelge 5. Probiyotik yoğurt örneklerinin su tutma kapasiteleri (%)*
Table 5. Water holding capacity values of the probiotic yoghurt samples (%)*

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	40.28±0.77 ^{Aa}	40.70±0.27 ^{Aab}	42.17±1.69 ^{Aab}
%0.5 APPY	40.25±0.20 ^{Aa}	40.47±0.87 ^{Aa}	41.73±1.70 ^{Aab}
%1.5 APPY	39.51±0.86 ^{Aa}	39.96±0.38 ^{Aab}	39.42±1.39 ^{Aa}
%3 APPY	39.25±2.31 ^{Aa}	38.96±0.01 ^{Ab}	38.48±1.08 ^{Ab}
%6 APPY	38.59±0.72 ^{Aa}	38.78±1.98 ^{Aa}	39.95±0.17 ^{Aab}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir ($P>0.05$).

*n=4, (± standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences ($P>0.05$).

Probiyotik yoğurt örneklerinin viskozite değerleri Çizelge 6'da sunulmuştur. Depolamanın tüm günlerinde en yüksek viskozite değerleri kontrol örneğinde, en düşük ise %6 APPY örneğinde ölçülmüştür. Depolamanın başında ve sonunda viskozite değerleri kontrol için 703.20 mPa.s ve 643.90 mPa.s, %6 APPY içinse 245.65 mPa.s ve 148.60 mPa.s'dir. Bütün örneklerde 14. günde viskozite değerleri başlangıçtan farklıdır ($P<0.05$). Arı poleni içeren probiyotik yoğurt örneklerinin viskozite değerleri depolamanın 1, 7 ve 14. gününde kontrolden düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Bu durum, arı poleni miktarı arttıkça örneklerin protein ve pH değerlerinin düşmesi ile

açıklanabilir (Oktavia vd., 2016; Molae Parvarei vd., 2021).

Üretilen yoğurt örneklerinin toplam protein içerikleri Çizelge 7'de verilmiştir. Arı polenin protein içeriği 6.30±0.69 g/100 g'dır. Arı poleni içeren yoğurtların protein içerikleri 0.79 ile 1.33 g/100 g arasında değişmektedir. Depolamanın kontrol dahil yoğurt örneklerinin protein içeriğinde önemli bir etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$). Örneklerin protein içeriği yapısal özellikler bakımından önemli bir etken olduğundan, protein değerleri arttıkça viskozite değerlerinde artış gözlenmiştir. Benzer bir sonuç

arı sütü ilavesiyle üretilen yoğurtta da tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde protein değeri %3.26-3.32, viskozite ise 1302-2712 cP iken arı sütü içeren yoğurtta ise protein ve viskozite değerleri %3.71-3.81 ve 1456-2936 cP saptanmıştır (Kavas, 2022). Yerlikaya (2014), UHT sütlere farklı oranlarda arı poleni (2.5-20 mg/mL) ekleyerek ürettikleri fermente süt

içeceklerinde depolama süresince bazı örneklerde viskozite değerinin arttığını, bazı örneklerde ise azaldığını bildirmişlerdir. Fermente içeceklerin viskozite değerinde ki artış kuru madde içeriğinde ki artış ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada, kontrol ve probiyotik yoğurtların viskozite değerlerinin depolama süresinin uzamasıyla birlikte azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 6. Probiyotik yoğurt örneklerinin viskozite değerleri (mPa.s)*

Table 6. The viscosity values of the probiotic yoghurt samples (mPa.s)*

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	703.20±12.30 ^{Aa}	673.80±13.36 ^{Aba}	643.90±14.14 ^{Ba}
%0.5 APPY	506.10±2.55 ^{Ab}	503.60±13.08 ^{Ab}	464.40±9.62 ^{Bb}
%1.5 APPY	373.13±3.71 ^{Ac}	351.13±14.11 ^{ABc}	340.60±9.26 ^{Bc}
%3 APPY	348.55±11.24 ^{Ac}	282.25±11.67 ^{Bd}	249.85±14.99 ^{Bd}
%6 APPY	245.65±13.08 ^{Ad}	175.10±10.39 ^{Be}	148.60±10.18 ^{Be}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir (P>0.05).

*n=4, (± standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences (P>0.05).

Çizelge 7. Probiyotik yoğurt örneklerinin toplam protein içeriği (g/100 g)*

Table 7. Total protein values of the probiotic yoghurt samples (g/100 g*)

Örnekler Samples	1. Gün 1 st Day	7. Gün 7 th Day	14. Gün 14 th Day
Kontrol Control	1.68±0.26 ^{Aa}	1.60±0.25 ^{Aa}	1.33±0.10 ^{Aa}
%0.5 APPY	1.33±0.20 ^{Aab}	1.14±0.08 ^{Ab}	1.12±0.12 ^{Aab}
%1.5 APPY	1.20±0.03 ^{Aab}	1.17±0.07 ^{Ab}	0.97±0.16 ^{Abc}
%3 APPY	0.98±0.05 ^{Ab}	0.93±0.15 ^{Ab}	0.85±0.02 ^{Abc}
%6 APPY	0.95±0.25 ^{Ab}	0.89±0.13 ^{Ab}	0.79±0.04 ^{Ac}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir (P>0.05).

*n=4, (± standard deviation). Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences (P>0.05).

Probiyotik yoğurt örneklerinin toplam karbonhidrat değerleri Çizelge 8'de gösterilmiştir. Arı polenin karbonhidrat içeriği 1.59±0.07 g/100 g'dır. Örnekler arasında en düşük

karbonhidrat içeriği kontrol örneğinde (0.86-1.24 /100 g) belirlenmiştir. Polen miktarı arttıkça yoğurtların karbonhidrat içerikleri de artmıştır. Depolama süresince karbonhidrat içeriklerinde

azalma görülse de bu %3 APPY ve %6 APPY için istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Depolama boyunca yoğurt örneklerinin karbonhidrat değerleri azalırken bununla uyumlu olarak titrasyon asitliği değeri artmakta, pH değeri ise düşmektedir. Bu değişimler yoğurdun içerisinde canlı mikroorganizmalar bulunduran fermente bir gıda olması, starter kültür içeriğine ve fermentasyon koşullarına bağlı olabilmektedir. Bu mikroorganizmalar, depolama koşullarında yavaş

da olsa canlılıkları için karbonhidratları metabolize ederek enerji sağlamakta ve süreç içerisinde organik asit üretimine bağlı olarak pH ve titrasyon asitliğinde değişimler görülmektedir (Bintsis, 2018). Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak arı sütü (%0.6) ve polen (%0.8) ile üretilen probiyotik yoğurtların toplam şeker içeriklerinin depolama boyunca azaldığı bildirilmiştir (Atallah, 2016).

Çizelge 8. Probiyotik yoğurt örneklerinin toplam karbonhidrat değerleri (g/100 g)*

Table 8. Total carbohydrate values of the probiotic yoghurt samples (g/100 g)*

Örnekler <i>Samples</i>	1. Gün <i>1st Day</i>	7. Gün <i>7th Day</i>	14. Gün <i>14th Day</i>
Kontrol <i>Control</i>	1.24±0.03 ^{Aa}	1.04±0.08 ^{Aba}	0.86±0.13 ^{Ba}
%0.5 APPY	1.55±0.08 ^{Ab}	1.26±0.06 ^{Bab}	1.11±0.10 ^{Bab}
%1.5 APPY	1.61±0.06 ^{Ab}	1.46±0.04 ^{ABbc}	1.28±0.11 ^{Bbc}
%3 APPY	1.63±0.15 ^{Ab}	1.48±0.12 ^{Abc}	1.40±0.07 ^{Abc}
%6 APPY	1.80±0.14 ^{Ab}	1.57±0.15 ^{Ac}	1.58±0.14 ^{Ac}

*n=4, (± standart sapma), Kontrol: Arı poleni içermeyen probiyotik yoğurt, %0.5 APPY: %0.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %1.5 APPY: %1.5 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %3 APPY: %3 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt, %6 APPY: %6 oranında arı poleni içeren probiyotik yoğurt. Aynı satırda sütunlar arasında büyük harfler, aynı sütunda satırlar arasında küçük harfler olmak üzere aynı harf ile gösterilen veriler istatistiksel açıdan önemsizdir ($P>0.05$).

*n=4, (± standard deviation). *Control: Probiotic yoghurt without bee pollen, 0.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 0.5% bee pollen, 1.5% APPY: Probiotic yoghurt containing 1.5% bee pollen, 3% APPY: Probiotic yoghurt containing 3% bee pollen, 6% APPY: Probiotic yoghurt containing 6% bee pollen. The same lowercase letters in the same column indicate statistically insignificant differences, and the same capital letters in the same row indicate statistically insignificant differences ($P>0.05$).*

Sonuç olarak yoğurdun fonksiyonel özelliklerini zenginleştirmek amacıyla arı poleni ilavesi ile set tipi probiyotik yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yoğurtların kalitesi, bazı fizikokimyasal analizler ile test edilmiştir. Genel olarak %0.5 arı poleni içeren örneğin kontrol örneğine daha yakın sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan süt çeşidi, polen çeşidi, test edilen polen oranları, starter kültürün içerik ve sayısı, analiz metodu, fermentasyon süresi ve koşulları sonuçlarda ki çeşitliliğe neden olabilmektedir. Arı poleni ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt ürünlerinin çeşnili yoğurt üretimi için iyi bir alternatif oluşturma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

YAZARLARIN KATKISI

Mehtap Çiftçi; analizlerinin takibi ve yazımını sağlamıştır. Nilgün Öncül araştırmanın planlanması, yürütülmesi, istatistiksel değerlendirilme ve makale yazım aşamasında görev almıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

Alshallash, K.S., Abolaban, G., Elhamamsy, S.M., Zaghlood, A., Nasr, A., Nagib, A., Abd El-Hakim, A.F., Zahra, A.A., Hamdy, A.A., Taha, I.M. (2023). Bee pollen as a functional product–chemical constituents and nutritional properties. *Journal of Ecological Engineering*, 24(2): 173–18, doi: 10.12911/22998993/156611

Anonymous (2011). Türk gıda kodeksi. Etiketleme yönetmeliği. Gıda, Tarım ve

- Hayvancılık Bakanlığı. 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 (3. Mükerrer) sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonymous (2022). Türk gıda kodeksi. Fermente süt ürünleri tebliği (2022/44). Tarım ve Orman Bakanlığı. 30 Kasım 2022 tarih ve 32029 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonymous (2024). Türk gıda kodeksi. Arı ürünleri tebliği (2024/6). Tarım ve Orman Bakanlığı. 25 Mayıs 2024 tarih ve 32527 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- AOAC (1995). Official Methods of AOAC International Analyses. 16th Edition, Washington, D.C, the USA.
- AOAC (1997). Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th Edition, Arlington, VA, the USA.
- Ares, A.M., Valverde, S., Bernal, J.L., Nozal, M.J., Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147: 110-124, doi: 10.1016/j.jpba.2017.08.009
- Atallah, A.A. (2016). The production of bio-yoghurt with probiotic bacteria, royal jelly and bee pollen grains. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(3): 1-7, doi: 10.4172/2155-9600.1000510
- Baú, T.R., Garcia, S., Ida, E.I. (2014). Evaluation of a functional soy product with addition of soy fiber and fermented with probiotic kefir culture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57: 402-409, doi: 10.1590/S1516-89132014005000005
- Bay, V., Topal, E., Çakıcı, N., Yıldızdal, İ., Tosunoğlu, A. (2021). Palynological analyses, chemical and mineral composition of some honeybee polen pellets. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 21(2): 187-197, doi: 10.31467/uluaricilik.996036
- Biçer, Y., Turkal, G., Sönmez, G., Telli, A.E., Bayır, T., Çulha, M.H., Sert, D. (2024). Production of yoghurt from kefir beverage: Analysis of fermentation kinetics, volatile organic compounds, texture, and microbial characteristics. *International Dairy Journal*, 158: 106039, doi: 10.1016/j.idairyj.2024.106039
- Bigliardi, B., Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, doi: 10.1016/j.tifs.2013.03.006.
- Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4(4): 665-684, doi: 10.3934/microbiol.2018.4.665
- Campos, M.G., Frigerio, C., Bobiş, O., Urcan, A.C., Gomes, N.G.M. (2021). Infrared irradiation drying impact on bee pollen: Case study on the phenolic composition of *Eucalyptus globulus* Labill and *Salix atrocinerea* Brot. Pollens. *Processes*, 9(890): 1-13, doi: 10.3390/pr9050890
- Coşkun, F., Karabulut Dirican, L. (2019). Effects of pine honey on the physicochemical, microbiological and sensory properties of probiotic yoghurt. *Food Science and Technology*, 39(2): 616-625, doi: 10.1590/fst.24818
- Darwish, A.M., Abd El-Wahed, A.A., Shehata, M.G., El-Seedi, HR., Masry, S.H., Khalifa, S.A., Mahfouz, H.M., El-Sohaimy, S.A. (2022). Chemical profiling and nutritional evaluation of bee pollen, bee bread, and royal jelly and their role in functional fermented dairy products. *Molecules*, 28(227): 1-27, doi: 10.3390/molecules28010227
- Denktaş, B. (2023). Köy yoğurtlarından izole edilip tanımlanan *S. thermophilus*'ların yoğurt üretiminde denenmesi ve raf ömrü boyunca fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerinin takip edilmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, Türkiye, 49 s.
- Eşerler, S., Vardarlı S., Savaş, G., Mutlu, C. (2023). Arı polenin bazı fiziksel, fonksiyonel ve kimyasal özellikleri ve biyolojik etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 23(2): 280-295, doi: 10.31467/uluaricilik.1319365
- FAO/WHO (2006). Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. ISBN 92-5-105513-0 <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf> (Accessed 01 July 2023).

- Fırat, M.Ç., Çetin, B. (2024). Isolation of yoghurt bacteria from traditional yoghurts and the effect of the isolated bacteria on yoghurt characteristics. *Food Science and Engineering Research*, 3(2): 123-129, doi: 10.5281/zenodo.13861985
- Glušac, J.R., Stijepić, M.J., Milanović, S.D., Đurđević-Milošević, D.M. (2015). Physicochemical properties of honeybee pollen enriched acidophilus milk and probiotic yoghurt. *Acta Periodica Technologica*, 46: 45-54, doi: 10.2298/APT1546045G
- Gornall, A.G., Bardawill, C.J. David, M.M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177 (2): 751-766.
- Gürcan, E.O. (2019). Pastörize ve UHT süttten starter kültür kullanılarak üretilen yoğurtların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 94 s.
- Gürün, E. (2013). Sürülebilir nitelikleri yüksek meyveli ve baharatlı yoğurt üretimi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, Türkiye, 58 s.
- Hasler, C.M. (2002). Functional foods: benefits, concerns and challenges—a position paper from the American Council on Science and Health. *The Journal of Nutrition*, 132(12): 3772-3781, doi: 10.1093/jn/132.12.3772
- Hoxha, R., Evstatieva, Y., Nikolova, D. (2023). Physicochemical, rheological, and sensory characteristics of yoghurt fermented by lactic acid bacteria with probiotic potential and bioprotective properties. *Foods*, 12(13): 2552, 1-15, doi: 10.3390/foods12132552
- Karabagias, I.K., Karabagias, V.K., Gatzias, I., Riganakos, K.A. (2018). Bio-functional properties of bee pollen: The case of “bee pollen yoghurt”. *Journal of Coatings Technology and Research*, 8(12)423: 1-15, doi: 10.3390/coatings8120423
- Kavas, N. (2022). Functional probiotic yoghurt production with royal jelly fortification and determination of some properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28: 1-8, 100519, doi: 10.1016/j.ijgfs.2022.100519
- Khider, M., Elbanna, K., Mahmoud, A., Owayss, A.A. (2013). Egyptian honeybee pollen as antimicrobial, antioxidant agents, and dietary food supplements. *Food Science and Biotechnology*, 22: 1-9, doi: 10.1007/s10068-013-0238-y
- Kwasi Kpodo, F.M., Afoakwa, E.O., Amoa, B.B., Budu, A.S., Saalia, F.K. (2014). Effect of ingredient variation on microbial acidification, susceptibility to syneresis, water holding capacity and viscosity of soy-peanut-cow milk yoghurt. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 1(2):00012, 1-6.
- Lomova, N., Snizhko, O., Narizhniy, S. (2014). Yoghurt enrichment with natural bee farming products. *Ukrainian Food Journal*, 3(3): 405-411.
- Mărgăoan, R., Stranț, M., Varadi, A., Topal, E., Yücel, B., Cornea-Cipcigan, M., Campos M.G., Vodnar, D.C. (2019). Bee collected pollen and bee bread: Bioactive constituents and health benefits. *Antioxidants*, 8(12)568: 1-33, doi: 10.3390/antiox8120568
- Molae Parvarei, M., Fazeli, M.R., Mortazavian, A.M., Sarem Nezhad, S., Mortazavi, S.A. (2021). Comparative effect of probiotic and paraprobiotic addition on rheological and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1): 95-106, doi: 10.1111/1471-0307.12727
- Nakilcioğlu, E., Nurko, E. (2022). Kovandaki gizli mucize: arı poleni ve arı ekmeği ile gıdaların zenginleştirilmesi. *GIDA-The Journal of Food*, 47(4): 604-615, doi: 10.15237/gida.GD22044
- Ning, X., Luo, Z., Chen, Z., Zhou, C., Xie, C., Du, W., Wang, L. (2021). Fortification of set yoghurt with passion fruit juice: Effects on fermentation kinetics, physicochemical properties, and functionality. *Journal of Dairy Science*, 104(4): 4084-4093, doi: 10.3168/jds.2020-19261

- Oktavia, H., Radiati, L.E., Rosyidi, D. (2016). Evaluation of physicochemical properties and exopolysaccharides production of single culture and mixed culture in set yoghurt. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 7(1): 52-59.
- Oluk, A. (2024). Depolama süresince farklı yağ içeriklerinin set tipi yoğurdun fizikokimyasal, duyu ve tekstürel özelliklerine etkisi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3): 1202-1214, doi: 10.47495/okufbed.1364700
- Özcan Yılsay, T., Yılmaz, L., Akpınar Bayazit, A. (2006). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222(1/2): 171-175, doi: 10.1007/s00217-005-0018-x
- Özcan, M., Fındık, S., Uylaşer, V., Çoban, D. (2020). Investigation of the physical and chemical properties of traditional homemade yoghurt with different rates of pollen additions. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20): 516-521, doi: 10.31590/ejosat.736476
- Prdun, S., Svecnjak, L., Valentic, M., Marijanovic, Z., Jerkovic, I. (2021). Characterization of bee pollen: Physico-chemical properties. *Headspace Composition and FTIR Spectral Profiles. Foods*, 10(2103): 1-25, doi: 10.3390/foods10092103
- Rashwan, A.K., Osman, A.I., Chen, W. (2023). Natural nutraceuticals for enhancing yoghurt properties: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3): 1907-1931, doi: 10.1007/s10311-023-01588-0
- Rzepecka-Stojko, A., Stojko, J., Kurek-Gorecka, A., Gorecki, M., Kabala-Dzik, A., Kubina, R., Moździerz, A., Buszman, E. (2015). Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. *Molecules*, 20(12): 21732-21749, doi: 10.3390/molecules201219800
- Sarıtaş, S., Mondragon Portocarrero, A.d.C., Miranda, J.M., Witkowska, A.M., Karav, S. (2024). Functional yoghurt: Types and health benefits. *Applied Sciences*, 14(11798): 1-30, doi: 10.3390/app142411798
- Sert, D., Akin, N., Dertli, E. (2011). Effects of sunflower honey on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics in set type yoghurt during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1): 99-107, doi: 10.1111/j.1471-0307.2010.00635.x
- Soni, R., Jain, N. K., Shah, V., Soni, J., Suthar, D., Gohel, P. (2020). Development of probiotic yoghurt: Effect of strain combination on nutritional, rheological, organoleptic and probiotic properties. *Journal of Food Science and Technology*, 57: 2038-2050, doi: 10.1007/s13197-020-04238-3
- Soylu, P., Bayram, B. (2020). Bal, propolis, arı sütü, çivanperçemi (*Achillea millefolium*) ve ekinezya (*Echinacea paradoxa*) karışımından fonksiyonel gıda üretimi, ürünün fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Babri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 9(1): 25-38.
- Taylor, K.A.C.C. (1995). A modification of the phenol/sulfuric acid assay for total carbohydrates giving more comparable absorbances. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 53(3): 207-214, doi: 10.1007/BF02783496
- Türkmen, N., Gürsoy, A. (2017). Fonksiyonel dondurma. *Akademik Gıda*, 15(4): 386-395, doi: 10.24323/akademik-gida.370110
- TÜRKOMP (2023). Ulusal gıda kompozisyon veri tabanı. <https://turkomp.tarimorman.gov.tr> (Accessed: 20 November 2023)
- Wang, H., Torki, M., Xiao, H.W., Orsat, V., Raghavan, G.S.V., Liu, Z.L., Peng, W.J., Fang, X.M. (2022). Multi-objective analysis of evacuated tube solar-electric hybrid drying setup for drying lotus bee pollen. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168: 112822, doi: 10.1016/j.rser.2022.112822
- Weidi, Q. (2019). The development of fermented pea protein-coconut milk beverage. Massey University Albany Master of Food Technology Master Thesis, Albany, New Zealand, 171 p.
- Yang, S., Yan, D., Zou, Y., Mu, D., Li, X., Shi, H., Luo, X., Yang, M., Yue, X., Wu, R. Wu, J. (2021). Fermentation temperature affects yoghurt quality:

A metabolomics study. *Food Bioscience*, 42: 1-13, 101104, doi: 10.1016/j.fbio.2021.101104.

Yerlikaya, O. (2014). Effect of bee pollen supplement on antimicrobial, chemical, rheological, sensorial properties and probiotic viability of fermented milk beverages. *Mljekarstvo/Dairy Journal for Dairy Production and Processing Improvement*, 64(4): 268-279.

Yılmaz, L. (2006). Yoğurt benzeri fermente süt ürünleri üretiminde farklı probiyotik kültür kombinasyonlarının kullanımı. Uludağ

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Bursa, Türkiye, 167 s.

Zlatev, Z., Taneva, I., Baycheva, S., Petev, M. (2018). A comparative analysis of physico-chemical indicators and sensory characteristics of yoghurt with added honey and bee pollen. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(1): 132-144.