



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KESTANE BALI İLAVESİNİN PROBİYOTİK YOĞURDUN
FİZİKOKİMYASAL MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİ**

SEVAL COŞKUN

**HARRAN ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ BESİN
HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**Şanlıurfa
2025**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KESTANE BALI İLAVESİNİN PROBİYOTİK YOĞURDUN
FİZİKOKİMYASAL MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİ**

SEVAL COŞKUN

**HARRAN ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ BESİN
HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
Tez Danışmanı: SERAP KILIÇ ALTUN**

**Şanlıurfa
2025**

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bilgi, deneyim ve desteğiyle bana rehberlik eden değerli danışmanım Prof. Dr. Serap KILIÇ ALTUN'a sonsuz teşekkür ederim. Tez konumun belirlenmesinde ve yürütülmesinde göstermiş olduğu sabır, yönlendirme ve katkıları benim için son derece kıymetlidir. Ayrıca eğitimim süresince emek ve desteklerinden ötürü Prof. Dr. Hisamettin DURMAZ, Doç. Dr. Mehmet Emin AYDEMİR ve Dr. Öğr. Üyesi Teyfik ÇELEN hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında teknik destek sağlayan Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Lisansüstü öğrencisi Mehmet Nuri GİRAZ ve Veterinerlik Bölümü Lisans öğrencisi Musa Erdem POLAT'a teşekkür ederim.

Her daim yanımda olan, sabır ve anlayışlarıyla beni destekleyen sevgili aileme ise en içten şükranlarımı sunuyorum. Onların varlığı bu sürecin en büyük güç kaynağı olmuştur.

Son olarak, 24139 no' lu projeye mali desteği sağlayan Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
SİMGELER	v
KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. GENEL BİLGİLER	4
1.1.1. Probiyotik Bakteriler	4
1.1.2. Başlıca Probiyotikler	5
1.1.3. Probiyotik Yoğurt	11
1.1.4. Bal	12
1.1.5. Kestane Balı	13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1. Gereçler	22
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Sütün Hazırlanma Aşaması ve Fermentasyonu	23
3.2.2. Süte ve bala uygulanan kimyasal ve fiziksel analizler	24
3.2.2.1. Baldaki nem oranının analizi	24
3.2.2.2. Balda şeker oranının analizi	25
3.2.2.3. Baldaki pH ve asitlik analizi	25
3.2.2.4. Baldaki renk analizi	25
3.2.2.5. Sütteki pH analizi	25
3.2.2.6. Sütteki yağsız kuru madde (%) analizi	25
3.2.2.7. Sütteki yoğunluk analizi	26
3.2.3. Yoğurtlardaki kimyasal ve fiziksel analizler	26
3.2.3.1. Su tutma kapasitesi analizi	26
3.2.3.2. Serum ayrılma oranı analizi	26
3.2.3.3. pH Analizi	26
3.2.3.4. Titre edilebilir asitlik analizi	26
3.2.3.5. Renk analizi	27
3.2.4. Yoğurt Örneklerinde Yapılan Mikrobiyolojik Analizler	27
3.2.5. Duyusal analizler	28
3.2.6. Yoğurt numunelerinin adlandırılması	29
3.2.7. İstatistiksel analiz sonuçları	30
4. BULGULAR	31
4.1. Kestane Balı Eklenen Probiyotik Yoğurt Numunelerinin Fizikokimyasal Özellikleri	31
4.1.1. pH değerleri	31
4.1.2. Serum Ayrılması	32
4.1.3. Su Tutma Kapasitesi	33
4.1.4. Titre Edilebilir Asitlik	35
4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	37
4.2.1. <i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> Sayımı (log10kob/g)	37
4.2.2. <i>S. thermophilus</i> Sayımı (log10kob/g)	38
4.2.3. <i>L.acidophilus</i> Sayımı (log10kob/g)	40
4.2.4. <i>Bifidobacterium</i> Sayımı(log10kob/g)	42
4.2.5. Maya-küf Sayımı	44
4.3. Renk Analiz Sonuçları	46
4.4. Duyusal Analiz Sonuçları	47
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇLAR	55

6.1. Fizikokimyasal Özellikler	55
6.2. Mikrobiyolojik Özellikler	55
6.3. Renk ve Duyusal Analizler	56
7. ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	64

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KESTANE BALI İLAVESİNİN PROBİYOTİK YOĞURDUN FİZİKOKİMYASAL MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

SEVAL COŞKUN

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARRAN ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ BESİN HİJYENİ VE
TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Yıl: 2025, Sayfa : 64

Probiyotik yoğurtlar, sindirim sağlığını destekleyen ve bağışıklık sistemini güçlendiren canlı mikroorganizmalar içeren fonksiyonel süt ürünleridir. Katkı maddesi olarak tercih edilen kestane balı ise, güçlü antioksidan içeriği, zengin mineral yapısı ve benzersiz aromatik özellikleriyle dikkat çeken bir çiçek balıdır. Bu tez çalışmasında, kestane balı ilavesinin probiyotik yoğurdun mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, %2, %4, %6 ve %8 oranlarında kestane balı ilave edilen probiyotik yoğurtlar üretilmiş ve bu örnekler 1., 7., 14. ve 21. günlerde fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal analizlere tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, kestane balı ilavesi yoğurdun pH, titrasyon asitliği, serum ayrılması, viskozite ve renk gibi fiziksel özelliklerini anlamlı şekilde etkilemiştir. Ayrıca bal oranının artışıyla birlikte probiyotik bakteri canlılığında da değişiklikler gözlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarında ise belirli oranlarda bal ilavesi yapılan yoğurtların tat, kıvam ve genel beğeni bakımından daha yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. Kestane balının doğal şeker içeriği, yoğurdun lezzetini artırmakla kalmamış; aynı zamanda raf ömrü boyunca mikrobiyolojik stabiliteyi de olumlu yönde etkilemiştir. Sonuç olarak, kestane balı katkısının probiyotik yoğurdun fonksiyonel ve duyuşal kalitesini artırdığı, ürünün tüketici kabulünü iyileştirdiği ve sağlık açısından değerli bir alternatif sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma, doğal ve işlevsel gıda bileşenlerinin birlikte kullanımının ürün geliştirme süreçlerinde yaratabileceği potansiyeli ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Probiyotik, Bal, Probiyotik bakteri, Yoğurt, Kestane bal

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFECT OF CHESTNUT HONEY ADDITION ON PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY PROPERTIES OF PROBIOTIC YOGURT

SEVAL COŞKUN

**HARRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION
HARRAN UNIVERSITY INSTITUTE OF HEALTH SCIENCES FOOD HYGIENE AND
TECHNOLOGY DEPARTMENT**

Year: 2025, Page : 64

In this thesis, the effects of chestnut honey addition on the microbiological, physicochemical, and sensory properties of probiotic yogurt were investigated. Probiotic yogurts are functional dairy products that contain live microorganisms known to support digestive health and strengthen the immune system. Chestnut honey, a monofloral honey known for its rich antioxidant content, distinctive aroma, and high mineral composition, was used as a natural additive. Probiotic yogurts were produced by adding chestnut honey at concentrations of 2%, 4%, 6%, and 8%, and these samples were subjected to physicochemical, microbiological, and sensory analyses on the 1st, 7th, 14th, and 21st days of storage. The results showed that the addition of chestnut honey significantly influenced the pH, titratable acidity, syneresis, viscosity, and color properties of the yogurts. Moreover, changes in probiotic bacterial viability were observed depending on the honey concentration. Sensory evaluations revealed that yogurts containing moderate levels of honey received higher scores in terms of taste, texture, and overall acceptability. The natural sugar content of chestnut honey not only enhanced the flavor of the yogurt but also contributed positively to microbial stability during storage. In conclusion, the incorporation of chestnut honey improved both the functional and sensory qualities of probiotic yogurt, offering a valuable and health-promoting alternative product. This study highlights the potential of combining natural and functional food ingredients in the development of innovative dairy products.

KEYWORDS: Probiotic, Honey, Probiotic bacterium, Yoghurt, Chestnut honey

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Ticari ürünün üzerindeki QR koddan elde edilen laboratuvar bulguları	23
Şekil 3.2.	Bal ilaveli probiyotik yoğurt üretimi	24
Şekil 4.1.	pH değerlerinin depolama boyunca değişimi	32
Şekil 4.2.	Serum ayrılması değerlerinin depolama boyunca değişimi	33
Şekil 4.3.	Su tutma kapasitesi değerlerinin depolama boyunca değişimi	35
Şekil 4.4.	Titre edilebilir asitlik oranlarının depolama boyunca değişimi	37
Şekil 4.5.	<i>L.delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> sayılarının depolama boyunca değişimi.	38
Şekil 4.6.	<i>S. thermophilus</i> sayılarının depolama boyunca değişimi	40
Şekil 4.7.	<i>L. acidophilus</i> sayılarının depolama boyunca değişimi	42
Şekil 4.8.	<i>Bifidobacterium</i> sayılarının depolama boyunca değişimi	44
Şekil 4.9.	Maya-küf sayılarının depolama boyunca değişimi	46
Şekil 4.10.	Yoğurt gruplarının 7. günde renk parametreleri	47
Şekil 4.11.	Yoğurt gruplarının 7. günde duyu analizi değerleri	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün fizikokimyasal özellikleri	22
Çizelge 3.2. Yoğurt üretiminde kullanılacak kestane balının fizikokimyasal özellikleri	22
Çizelge 3.3. Duyusal değerlendirme tablosu	28
Çizelge 4.1. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının pH değerleri (Ortalama±SE)	31
Çizelge 4.2. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının serum ayrılması miktarları (Ortalama±SE)(gram)	32
Çizelge 4.3. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının su tutma kapasiteleri (Ortalama±SE)	33
Çizelge 4.4. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının titre edilebilir asitlik değerleri (Ortalama±SE)	35
Çizelge 4.5. Farklı sürelerde grupların <i>L.d.ssp.bulgaricus</i> sayıları	37
Çizelge 4.6. Farklı sürelerde grupların <i>S. thermophilus</i> sayıları (Ortalama±SE)	39
Çizelge 4.7. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının <i>L. acidophilus</i> sayıları (Ortalama±SE)	40
Çizelge 4.8. Farklı sürelerde grupların <i>Bifidobacterium</i> sayıları (Ortalama±SE)	42
Çizelge 4.9. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının maya-küf sayıları(Ortalama±SE)	44
Çizelge 4.10. Yoğurt gruplarının 7. günde renk parametreleri (Ortalama±SE)	46
Çizelge 4.11. Yoğurt gruplarının 7. günde duyusal analiz değerleri (Ortalama±SE)	47

SİMGELER

%	Yüzde
g	Gram
log	Logaritma
mg	Miligram
°C	Santigrat derece

KISALTMALAR

Ca	Kalsiyum
CFU	Colony Forming Unit
De Man, Rogosa and Sharpe Agar	MRS
EPS	Mikrobiyel ekzopolisakkaritler
F6PKK	fruktoz- 6-fosfat fosfoketolaz
HCL	Hidrojen klorür
K	Potasyum
LAB	Laktik Asit Bakterileri.
Lb.	Lactobacillus
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
Na+	Sodyum
NaOH	Sodyum hidroksit
NOD	Nucleotide-binding oligomerisation domain
P	Fosfor
PAS	Peynir Altı Suyu
pH	Potansiyel Hidrojen
S.	Streptococcus
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TLR	Toll-like reseptörlerce
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Bal; bitki nektarları, bitki emici böcek salgıları veya bitkilerin canlı kısımlarından çıkan özsuların, *Apis mellifera* isimli bal arılarınca toplandıktan sonra kendine has bileşenlerle değişime uğratılarak, nem oranı azaltılıp petekte olgunlaştırılan doğal bir ürün olarak ifade edilmektedir (Şahinler, 2004).

Arıların faydalandığı kaynak türüne göre ballar “çiçek balı” ve “salgı balı” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Yıldırım, 2013).

Meşe, ıhlamur, çam ve erik gibi ağaçların yapraklarından sızan şekerli özsular ile yaprak bitkileri ve benzeri küçük böceklerin yapraklarda bıraktıkları tatlı salgılardan elde edilen bal “salgı balı” olarak adlandırılır. Çiçeklerin nektar salgılarından oluşan bal ise “çiçek balı”dır (Keskin, 1982). Bunun yanında arıların datura veya orman gülü gibi bazı bitkilerden topladığı zehirli bileşenlerden üretilen ballar “zehirli bal” ya da “deli bal” olarak bilinmektedir (Şenocak 1971 ve Çınar 2016).

Üretim yöntemine ve pazara sunuluş biçimine göre ballar; süzme bal, sızma bal, petekli bal, petekli süzme bal, pres bal ve filtre edilmiş bal gibi kategorilere ayrılmaktadır. Ayrıca kendine özgü tat ve aroması bulunmayan, yüksek sıcaklığa maruz bırakılmış ya da fermantasyona başlamış ballar endüstriyel kullanım için değerlendirilmekte ve “fırıncılık balı” olarak tanımlanmaktadır (Khalili vd., 2019).

Çiçek balları arasında yer alan kestane balı, Fagaceae familyasındaki *Castanea* türüne özgü ağaçlardan elde edilir. Kestane ağaçlarının bilinen 13 çeşidi dünyanın kuzey bölgelerinde yayılmıştır. Türkiye’de ise Marmara, Ege ve Karadeniz bölgelerinin ormanlık taraflarında doğal olarak *Castanea sativa* Mill. çeşidi bulunmaktadır (Özkarakaş, 2008).

Kestane ağaçları, yaz mevsiminin başında arılar için önemli bir polen ve nektar kaynağıdır. Haziran ayının ilk günlerinden itibaren arılar yoğun şekilde kestane çiçeklerinden nektar toplar ve gece boyunca kanat çırpıp balı olgunlaştırırlar. Bu dönemde kovandan duyulan ses yoğun bal üretiminin göstergesidir. Kestane balı, koyu renkli, yoğun kıvamlı ve kendine özgü aromasıyla öne çıkan bir üründür. Tadına alışan tüketiciler tarafından özel bir bal olarak nitelendirilir (Gürel, 2015).

Kestane balı, kalitesi ve lezzetiyle dikkat çekmektedir. Düşük glukoz ve yüksek fruktoz oranı sayesinde ayçiçeği balı gibi hızlı kristalleşen ballara kıyasla sıvı

formunu daha uzun süre korur. Ayrıca bu balın astım gibi bazı solunum yolu hastalıklarında tedaviye destek olabileceği düşünülmektedir (Castro vd., 2010).

C ve B vitaminlerince zengin içeriğe sahip kestane balının; kan dolaşımını düzenleyici, kasları kuvvetlendirici, bağışıklık sistemini güçlendirici ve mide-karaciğer sağlığını iyileştirici etkileri de bulunmaktadır. Yoğun rengi, keskin aroması ve özgün tadı sayesinde diğer ballardan kolayca ayrılır. Koyu renkli ballar gibi antioksidan içeriği yüksek olduğundan kansere karşı koruyucu özellik taşıdığı da ifade edilmektedir (Kolaylı vd., 2006).

Yapılan araştırmalarda antibiyotik özelliği sayesinde Beta-hemolitik Streptococcus türlerinin gelişimini engelleyici özellik gösterdiği ortaya konmuştur (Gürel, 2012). Kestane balları, koku ve aroma bakımından oldukça kompleks bir yapıya sahiptir; kimyasal, odunsu, bitkisel ve hatta hafif fermente notaları andıran aromatik özellikler taşır (Yang, 2012).

Türkiye’de arıcılık, geçmişten günümüze kadar süregelen geleneksel bir tarımsal faaliyet olarak sosyal yönden ve ekonomik yönden önemli bir yere sahiptir. Ülkenin ekolojik çeşitliliği sayesinde her bölgede arıcılık yapılabilmektedir. Akdeniz, Karadeniz ve Ege Bölgeleri üretim miktarı ve kovan sayısı bakımından zengindir. Türkiye’deki toplam bal üretiminin ortalama olarak yarısı bu üç bölgeden sağlanmaktadır. Üretim açısından öne çıkan ve önde gelen on il sırayla; Muğla, Ordu, Adana, Aydın, Sivas, Antalya, İzmir, İçel, Erzincan ve Samsun’dur (Öztürk, 2001).

Yoğurdun kesin ortaya çıkış tarihi bilinmemekle birlikte, tarihsel bulgular onun ilk olarak göçebe Türk toplulukları tarafından tüketildiğini göstermektedir. Literatürde, mayalanmış süt ürünlerinin özellikle Orta Asya’daki göçebe topluluklar tarafından geliştirildiği belirtilmektedir. Neolitik dönemde hayvanlardan süt elde etmeyi öğrenen bu topluluklar, kısa süre içerisinde yoğurt üretimini keşfetmişlerdir. İlk yoğurtlar, hayvan derilerinde saklanan sütün doğal ekşimesi ve pıhtılaşmasıyla oluşan pıhtılardan elde edilmiştir. Zamanla, homojen ve düzgün yapıya sahip pıhtılar “yoğurt” olarak adlandırılırken, daha pütürlü ve suyunu bırakan pıhtılar peynir üretiminde kullanılmıştır. Yoğurdun yayılım süreci, Türkler aracılığıyla önce Orta Doğu ve Anadolu’ya, 16. yüzyılda ise Avrupa’ya ulaşmasıyla devam etmiştir (Şireli ve Onaran, 2012).

Yoğurt, kimyasal açıdan süte benzer özellikler taşımakla birlikte, üretim sürecinde uygulanan işlemler, eklenen bileşenler ve bakteriyel fermentasyon

nedeniyle sütle arasında bazı farklılıklar oluşur. Kuru madde artırımı için kullanılan yöntemler, süt bileşenlerindeki değişim oranlarını etkileyebilir; buna rağmen, yoğurt genellikle üretildiği inek sütüne kıyasla daha yüksek protein ve laktoz içerir. Laktik asit bakterilerinin fermentasyonu sırasında, sütteki laktoz laktik aside, proteinler peptit ve serbest amino asitlere, yağlar ise yağ asitlerine dönüşür (Çakıroğlu, 2003).

Yoğurt, yüksek biyolojik değere sahip proteinler içermekle kalmaz, aynı zamanda süte kıyasla sindirilebilirliği yaklaşık iki kat daha yüksektir. Yoğurt üretiminde laktozun büyük bir kısmı hidrolize olarak laktik aside dönüşür ve böylece laktoz oranı yaklaşık %4 seviyesine düşer. Bu durum, yoğurdun karbonhidratlarının sindirilebilirliğini süte göre artırır. Yoğurdun ince bağırsaklara ulaşmasıyla pH değeri yükselir ve gastrointestinal geçiş hızı azalır; bu ortam, bakteriyel laktazın aktif olmasını sağlar. Sonuç olarak, yoğurttaki laktoz, laktoz intoleransı olan bireylerde sindirimi kolaylaştırarak belirtilerin oluşmasını önlemeye yardımcı olur (Savaiano, 2014).

Yoğurt; yüksek kaliteli protein, karbonhidrat ve lipidlerin yanı sıra, zengin kuru madde içeriğiyle dikkat çeken bir süt ürünüdür. Ayrıca kalsiyum, potasyum, fosfor, magnezyum, çinko ve B grubu vitaminleri bakımından oldukça iyi bir kaynaktır. Bu nedenle yoğurt, fonksiyonel bir gıda olarak değerlendirilmekte ve insan beslenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Beslenmedeki değerinin yanı sıra, düşük pH'sı sayesinde patojen mikroorganizmaların gelişimini engellemesi ve buzdolabı koşullarında uzun süre dayanıklı kalabilmesi nedeniyle de sıkça tercih edilen bir üründür. Yapılan araştırmalar, yoğurdun gıda kaynaklı alerjiler ve intoleransların kontrolünde etkili olabildiğini, ayrıca osteoartrit ve romatoid artrit gibi hastalıkların çeşitli semptomlarını hafiflettiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, diyare gibi sindirim sistemi rahatsızlıklarının semptomatik tedavisinde, serum kolesterol düzeylerinin ve kan basıncının düşürülmesinde, diyabetin kontrol altına alınmasında da faydalı olduğu bildirilmektedir. Ek olarak, yoğurdun özellikle bağırsak kanseri riskini azalttığı belirtilmektedir. Bu antikarsinojenik etkinin, bakteriyel enzim aktivitesinin baskılanması, bağırsak pH'sının düşmesi ve bağışıklık sisteminin uyarılmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Behare vd., 2015).

Beslenmede önemli bir rol üstlenen yoğurt, magnezyum, kalsiyum, fosfor, çinko ve potasyum gibi temel mineraller açısından zengin bir kaynaktır. Sütle kıyaslandığında bu minerallerin oranı yoğurtta daha yüksektir. Ayrıca yoğurt; riboflavin, niyasin, B6-B12 vitaminleriyle birlikte esansiyel aminoasitler ve protein açısından da oldukça değerlidir (Germani vd., 2014).

Probiyotikler, yeterli miktarda alındıklarında konakçı organizmanın bağırsak mikrobiyota dengesi üzerinde faydalı etkiler oluşturan canlı mikroorganizmalardır. Özellikle bazı laktik asit bakterileri (LAB) bu gruba dahil olup yoğurt yapımında en çok tercih edilen türler arasındadır. Probiyotiklerin tüketilmesi, ağız, üst solunum yolları, sindirim sistemi ve ürogenital bölgelerde yararlı etkiler sağlayarak konakçının sağlığını olumlu yönde destekler. Tek başına veya karışım halinde kullanılan bu canlı mikroorganizmalar, doğal mikrobiyotanın dengesini geliştirmeye yardımcı olurlar (Kullen ve Klaenhammer, 2009).

Probiyotikler, fermente ürünlerin üretiminden eczacılık alanı gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadırlar (Salminen vd.,1998). Probiyotik bakteriler vücudun korunma mekanizmasını güçlendirip yararlı mikroorganizmaların gelişmesini uyarıcı etki yapar;ancak potansiyel olarak zararlı bakterilerin gelişmesini ise engelleyici etki yaparlar (Vuran vd., 2021).

Laktik asit bakterileri (LAB) probiyotik bakteri grubundan sayılmaktadırlar. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* hariç bütün laktik asit bakterileri bağırsak mikrobiyotasında bulunur. Probiyotik gıdalar, çok sayıda yararlı mikroorganizma içermeleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir (Angurana vd., 2021).

Fermente süt ürünlerinde probiyotik kullanımının, insanların yaşamındaki önemli diyetetik ve terapötik etkilerini ortaya koyan çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır (Gürsoy, 2006).

Bifidobacterium bifidum ile *L. acidophilus*, *Bifidobacterium breve* ve *Bifidobacterium longum* probiyotik ürünlerin üretilmesinde en fazla kullanılan bakteri çeşitleridir (Turabian ve Kate, 2018).

1.1. GENEL BİLGİLER

1.1.1. Probiyotik Bakteriler

Probiyotikler, dışarıdan vücuda alındığında insan sağlığı için en çokta sindirim sistemi için yararlı olan vücuttaki faydalı bakterileri (normal bağırsak florası) iyileştirmeyi ve korumayı sağlayan canlı mikroorganizmaları barındıran gıdalar ve gıda takviyeleridir (Galdeano vd., 2010).

Probiyotik mikroorganizmalar, bağırsakların mikrobiyotasını farklılaştırıp iyileşmesini sağlayarak insan bağışıklık sistemini destekler ve insan sağlığına olumlu

yönde etkiler (FAO/WHO 2002).

Probiyotik sözcüğü latince kökenli olup ‘yaşam için’ anlamına gelen ‘bio-tikos ifadesinden türetilmiştir. Terim ilk kez 1965 yılında çevrilmiş Stilwell ve Lilly tarafından farklı mikroorganizmaların gelişme sürecini destekleyen maddeleri tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Catania vd., 2022).

Probiyotik mikroorganizmalarla ilgili ilk çalışma Rus bilimci Metchnikoff ‘un yürüttüğü çalışmadır. Rus bilimci bu çalışmayı bağırsak florası ile ilgili yürütmüş ve fermente süt ve ürünlerinin vücutta bulunan toksisiteye sahip bir bileşenin zehirli etkisini engellediğini ortaya koymuştur (Galdeano vd., 2010).

Probiyotikler, yeterince alındığı takdirde bağırsakların fizyolojisini ve sağlığını olumlu yönde etkileyen canlı mikroorganizmalardır. Canlı bakteri içeren fermente gıdalara; kefir, yoğurt, sucuk, tarhana, boza ve bira örnek olarak verilebilir (Yağcı, 2002).

Gıda ile birlikte alınan probiyotik bakterilerin bağırsaklara ulaştığında canlı olması ve gıda ürününün en az 10⁶ koloni/g veya daha fazla sayıda canlı probiyotik mikroorganizma barındırması gerekir. Aynı zamanda içinde bulunduğu besinin üretim aşamasında ve raf süresi boyunca canlı bir şekilde kalmaları gerekmektedir. Laktik asit bakterileri probiyotiklere en iyi örnektir. Yoğurt üretmek amacıyla kullanılan mikroorganizmaların (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*) dışındaki bütün mikroorganizmalar bağırsak florasında doğal bir şekilde bulunur (Terada ve Hashimoto, 2020).

En yaygın kullanılan probiyotik mikroorganizmalar arasında *Lactobacillus*, *Saccharomyces boulardii* ve *Bifidobacterium*’u saymak mümkündür.

Saccharomyces boulardii isimli mikroorganizma Dr Boulard tarafından ilk kez Uzakdoğu’da yetişen bir tropikal meyvenin kabuğundan izole edilen maya türü olarak tanımlanmıştır (Hunt ve Lane, 2023).

1.1.2. Başlıca Probiyotikler

Lactobacillus Çeşitleri: *L. bulgaricus*, *L. johsonli*, *L. gasseri*, *L. curvatus* *L. reuteri*, *L. fermentum*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum* *L. cellebiosus*.

Bifidobacterium Çeşitleri: *B. infantis*, *B. longum*, *B. thermophilum*, *B. bifidum*, *B. adolescentis*, *B. breve*.

Bacillus Çeşitleri: *B. lentus*, *B. coagulans*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. subtilis*.

Pediococcus Çeşitleri: *P. cerevisiae*, *P. pentosaceu*, *P. acidilactici*.

Streptococcus Çeşitleri: *S. thermophiles*, *S. cremoris*, *S. diacetylactis*, *S. intermedius*, *S. lactis*.

Bacteriodes Çeşitleri: *B. amylophilus*, *B. ruminicola*, *B. suis*, *B. capillus*.

Propionibacterium Çeşitleri: *P. shermanii*, *B. amylophilus*.

Leuconostoc Çeşitleri: *L. mesenteroides*.

Küfler: *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*.

Mayalar: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida torulopsis*.

Probiyotikler, miktar olarak yeterince alındığı zaman sindirim sistemini düzenleyip bağırsak fizyolojisine olumlu etkiler yapar. İnsan bağırsak florasında zararlı ve yararlı mikroorganizmalar birlikte bulunur. Bu mikroorganizma popülasyonuna bağırsak florası denir. Bu floradaki mikroorganizma oranı ne kadar dengede olursa o kadar sağlıklı olunur. Probiyotik bakteriler de ancak bu floraya canlı bir şekilde ulaşabilirse işlevini yerine getirebilir. Bunun içinde mideden canlı çıkabilmeleri zorunludur. Probiyotiklerin asıl görevi vücudun gerektiği gibi çalışması için “patojen” ve “saprofit” mikroorganizmalar ile savaşıp bu mikroorganizmaları dengede tutmaktır. Probiyotikler aynı zamanda zararlı mikroorganizmaların üreyip çoğalmasını engelleyecek asit bir ortam oluştururlar. Bağırsakları korumaya yarayan bariyeri güçlendiren probiyotik bakteriler bağırsakların işlevlerine ek olarak bağışıklık sistemini de güçlendirirler ve böylece iltihap oluşumunu önlemeye çalışarak insan sağlığını koruyucu etki gösterirler (Şener vd., 2008).

Probiyotik bakteriler sporsuz, Gram (+), basil şeklindedir. Probiyotik mikroorganizmaların gelişimi için optimal sıcaklık 35-38°C aralığıdır. Gelişimleri için ideal pH ise 5.5-6.0 aralığıdır. Ama pH aralığı ve gelişme sıcaklığı bakteri türüne göre değişiklik göstermektedir. Örneğin; Bifidobakteri grubu için ideal sıcaklık değeri 37 derece ile 43 derece arası ve en ideal pH aralığı 6.5 ile 7.0 arasındır. Bu bakteri çeşidinin büyüme oranı pH değerinin 4.5 ve 5’den az olduğu ve 8 ve 8.5’den daha çok olduğu ortamlarda azalır (Yılmaz, 2020).

Bifidobakteri grubu bakteriler için bir başka özellik ise, glikozu laktik asit ve asetik asite çevirebilmeleridir. Bu nedenle bu bakterilere heterofermantatif bakteriler denilmektedir. Bu özel mekanizmaya ait enzim olan fruktoz-6-fosfat fosfoketolaz (F6PKK), Bifidobacterium cinsinin diğer bakterilerden ayırt edilmesini sağlayan bir özelliktir (Kutlu, 2011).

Probiyotik bakteriler sentezledikleri antimikrobiyal maddeler etkisiyle (Örneğin: bakteriyosin gibi) bağırsak florasında var olan ve istenmeyen bakterilerin üreme hızını kontrol altına almaktadırlar. Probiyotik bakteriler öteki bakterilere göre safra tuzuna ve enzimlere (özellikle lizozim) karşı daha fazla direnirler. Probiyotik bakteriler ilave olarak lizozime ve mide asidine dirençlidirler (Yılmaz, 2020).

Bir bakterinin probiyotik sayılması için sahip olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır (Gülmez ve Güven, 2002).

- Öncelikli olarak bir gıda maddesine eklendiği zaman gıdanın kalite değerini ve içeriğini düşürmemelidir.
- Antimikrobiyal etkili maddeler üretmelidir (Örn: Bakteriyosin).
- Antibiyotiklere direnç göstermelidir. Antibiyotik kaynaklı oluşan hastalıklarda bağırsak mikrobiyotasını düzenlemek amacıyla kullanıldığı için bu bakteriler, bağırsakta bulunan antibiyotiklerden etkilenmemeli ve bu antibiyotiklere karşı dirençli olmalıdır.
- Stabil olmalı; sıcaklık artışı, pH düşüşü ve safra tuzlarının varlığı gibi olumsuz çevresel koşullardan etkilenmeden bağırsakta işlevini sürdürebilmelidir.
- Kanserojenik ve patojenik bakterilere karşı antagonist etki göstermelidir.
- Güvenli olmalı ve kullanıldıktan sonra hayvan veya insanda yan etki yapmamalıdır (Sağdıç vd., 2004).

Sindirim sisteminin doğal florası doğumda daha steril bir haldeyken yeni doğan döneminde değişip normal flora haline dönüşür. Doğumdan sonra 2. ve 5. Günlerden itibaren anne sütü alımı ile birlikte Bifidobakteri grubu bakteriler ilk haftanın sonunda dışkıının florasında (10¹⁰-10¹¹/g gaita) çok miktarda bulunur ve

immün sistem aktivitesini de sağlar (Reid, 2016).

Probiyotik mikroorganizmaların sağlık üzerine olan en önemli etkisi; laktoz intoleransının sebep olduğu semptomları azaltmaktır. İnsan sağlığına bunların dışında yararlı etkileri ise farklı tipteki ishallerin(diyare) önlenip, tedavi edilmesi, kabızlık(konstipasyon) semptomlarının azaltılması veya geçirilmesi, immün sistemin uyarılıp hareketlendirilmesi, antikanserojenik ve antitümöral etkiler olarak sıralanabilir. Probiyotik bakterilerin bir diğer önemli özelliği, bazı Bifidobacterium türlerinin B1, B9 ve B12 gibi vitaminleri sentezleyebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Bu sentezlenen vitaminler de, ayran, yoğurt, kefir gibi fermente olmuş süt ürünlerinin besleyici değerlerini arttırmaktadır. Bifidobakterilerin hem de anne sütünden protein emilmesini arttıran fosfataz aktivitesi vardır ve böylece protein emiliminin artırılması sağlanır (Meybodi vd., 2020).

Deney ortamında, Bifidobakteriler *S. aureus*, *E. coli*, , *S. typhi*, *C. albicans*, *S. dysenteriae*, gibi bazı organizmalara antibakteriyel bir etki göstermiştir. Bifidobakteri grubunun kanıtlanan antibakteriyel etkileri; laktik asit, bakteriyosinler ve asetik asit gibi maddeleri üretmelerinden kaynaklanır. Sentezlenen bu asitler bağırsak florasının pH değerini düşürmeyi sağlayarak bağırsaklardaki zararlı bakterilerin üremesini önler. Probiyotik mikroorganizmalar bağırsakların duvarına yerleşip burada bulunan patojenlerin (hastalık yapıcı) üremesini önler.İshal (diyare) ile beraber görülen hastalıkların çoğundan enterotoksijenik *Rotavirüs* ve *E.coli* birlikte sorumludur. Fermente olmuş süt ürünlerinin (kefir, yoğurt, ayran) veya probiyotik kullanmanın ishal olan çocuklarda iyileşmeyi iki kat hızlandırdığı bildirilmiştir. Probiyotik mikroorganizmaların bağırsakların sebep olduğu hastalıkları engelleyebilmesi için bağırsak florasında yeterli sayıda bulunması gerekir. Bazı probiyotik mikroorganizmaların artışı engelledikleri ve buna ek olarak bağışıklık sistemini kuvvetlendirdikleri, antimikrobiyal, antigenotoksik, antikolestremik ve antimutajenik etki gösterdiği bildirilmiştir (Salminen vd., 2021).

Üst solunum yolu; ağız boşluğu, mide, bağırsaklar ve ürogenital sistemin mukozal yüzeyi üzerine etki yaparak hastalıklara karşı koruyucu ve önleyici etkileri de vardır. İnsan vücudunda laktaz(beta galaktosidaz) enziminin sentezlenememesi sonucu laktoz parçalanamaz ve "laktoz intoleransı" denilen hastalığın etkisinin hafiflemesinde ve geçmesinde probiyotik bakterilerin etkisi büyüktür.Laktoz intoleransı bulunan hastalarda, bağırsakta laktozu parçalayan laktaz enziminin yetersizliği veya eksikliği nedeniyle süt ve süt ürünlerinin sindirimi güçleşir. Bu durum, söz konusu ürünlerin tüketimini sınırlar. Ancak probiyotik

mikroorganizmalar içeren fermente süt ürünleri (örneğin yoğurt, ayran ve kefir), içeriklerindeki bakterilerin laktaz benzeri enzimler üretmesi sayesinde laktozun parçalanmasını kolaylaştırır. Böylece laktoz intoleransına sahip bireyler bu ürünleri daha rahat tüketebilir ve bu sayede süt ürünlerinin önemli bir minerali olan kalsiyumdan da yararlanabilirler (FAO/WHO 2006).

Probiyotik mikroorganizmalar, çürütücü (pütrifaktif) bakterilerin çoğalmasını engelleyerek bu bakterilerin oluşturabileceği nitrozaminler ve benzeri kanserojen bileşenlerin üretimini önler. Aynı zamanda antimutajenik etkileriyle prokanserojen yapıların aktif kanserojen maddelere dönüşümünü baskılayarak, genel sağlık üzerinde koruyucu bir etki sağlarlar. Bütün olumlu etkilerine ilaveten probiyotik bakterilerin damar sertliğini önledikleri ve kalp damar hastalıklarına karşı koruyucu oldukları, kolesterol değerini düşürücü etkisinin bulunduğu ve iyi huylu (HDL) kolesterol seviyesini arttırdıkları bildirilmiştir (Çakır vd., 2004).

Probiyotik mikroorganizmaların düzenli bir şekilde alınmasıyla okzalat emiliminin (absorbsiyon) düşeceği ve bu bileşiğin sebep olduğu böbrek taşı oluşma tehlikesini düşürebileceği tahmin edilmektedir. Sağlık üzerine tüm bu faydalı etkilere rağmen probiyotik mikroorganizmalar hastalıkları tedavi etmek amacıyla kullanılan ilaçlar değildir. İçerisinde probiyotik bulunduran gıdaların tüketiminin bırakılmasıyla birlikte bağırsak florası eski haline döner ve böylece yararlı etkiler ortadan kalkmış olur. Bu yüzden probiyotikler yalnız probiyotik besinler ile birlikte düzenli olarak vücuda alındıklarında vücut için yararlı etkiye sahip olan bakterilerdir (Bell vd., 2017).

İçerisinde probiyotik olan gıdaların tüketilmesinin insanların sağlığına yarar gösterebilmesi için aside dayanıklı probiyotik mikroorganizmalar kültür formunda kullanılmalı ve kullanılan bu kültürlerin saf olmasına özen gösterilmeli üretilen ürünler uzunca bir süre aralıksız tüketilmelidir. Kullanılacak olan probiyotik mikroorganizmalar bilimsel olarak bilinmelidir ve yasal olmalıdır. Mesela *Bacillus* grubundan bakteri barındıran bazı ticari olarak kullanılan probiyotik besinlerin etiket kısmında uluslararası bilimsel komiteler tarafından probiyotik kabul edilmeyen "*Lactobacillus sporogenes*" gibi (Tosun vd., 2006).

Probiyotikler geleneksel şekilde üretilen fermente süt ve ürünlerinde bulunmaktadır. Bunların dışında, işlenmiş ürünlerin bazılarında (tarhana, yoğurt, şalgam, kefir, ayran, şarap, turşu, soya, bira, zeytin, pastırma, tütülenmiş et, sucuk) ve fermente şekilde üretilmiş bitkisel ürünlerde de bulunurlar. Nar ekşisi, turşu, sirke

ve boza gibi fermente edilmiş besinler, probiyotik süt, probiyotik süt ürünleri, kefir, ayran, yoğurt, probiyotik peynir ve ev yapımı yoğurt bağırsak mikrobiyotasında probiyotiklerin gelişmesinde ve üremesinde etkili rol alırlar. Bağırsak problemleri yaşayan bebekler için özel olarak geliştirilmiş probiyotik içerikli mama çeşitleri mevcuttur. Bu ürünlerin sağladığı faydalar sayesinde, probiyotik kullanımına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Probiyotikler; insan ve hayvan sağlığını desteklemek, bağışıklık sistemini güçlendirmek ve bazı hastalıkların tedavisine yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır (Bell vd., 2017).

Probiyotiklerin bir diğer görevi de immün sistemin düzenlenmesidir. Flora bakterileri ve bağırsakların epitel hücreleri ile intestinal lenfoid doku arasında kesintisiz bir etkileşim bulunur. Bağırsak bakterileri “nucleotide-binding oligomerisation domain” (NOD) proteinleri ve “toll-like reseptörlerce” (TLR) tanınır. Bu reseptörler bakterileri hücre duvarı lipopolisakkaritleri, bakteriyal peptidoglikanları ve flajellin aracılığı sayesinde tanır (Tosun vd., 2006).

Probiyotiklerin bağırsaklarda sadece geçici bir süreyle yerleşebildiği, bu nedenle düzenli kullanımın etkili olabileceği unutulmamalıdır. Sağlıklı bir yaşam sürdürebilmek adına, beslenmede doğal pre- ve probiyotik kaynaklara öncelik verilmelidir. Günlük beslenme programına doğal probiyotik içeren gıdaların dahil edilmesi artırılmalıdır. Bu konuda toplumu bilgilendirmek büyük önem taşımaktadır. Söz konusu doğal probiyotik gıdalar arasında, fermantasyonla elde edilen yoğurt ve kefir öne çıkmaktadır. Ayrıca, doğal prebiyotik içeren sebze ve meyvelerin de günlük diyetle eklenmesi önerilir (Bell vd., 2017).

Bir bakterinin probiyotik olarak kabul edilebilmesi için yalnızca antimikrobiyal etkisinin olması yeterli değildir. Aynı zamanda bu bakterilerin ürün içerisinde canlı kalabilmesi, asidik ortama ve safra tuzlarına karşı dayanıklı olması gerekir.

Probiyotiklerin sahip olması gereken bir diğer önemli özellik de bağırsak yüzeyine yapışabilme yeteneğidir. Bu özellik sayesinde probiyotik bakteriler, zararlı mikroorganizmaların bağlanmasını engelleyerek bağışıklık sistemini aktive edebilirler. Probiyotiklerin bağırsakta tutunabilmeleri için mide asidinden sağ çıkmaları gerekir. Bağırsaklara ulaştıklarında ise ilk olarak mukus tabakasıyla temas ederler. Bu bakterilerin epitel yüzeylere ve mukus tabakasına bağlanarak kolonize olmaları, patojen mikropların etkilerini sınırlayan koruyucu bir bariyer oluşmasına katkı sağlar. Bu sayede, salgıladıkları antimikrobiyal maddelerle bağırsak yüzeyini

koruyabilirler. Probiyotiklerin koruyucu etkisinin sürdürülebilir olması için, fermente ürünler veya probiyotik kapsüllerin düzenli olarak tüketilmesi gerekmektedir. Çünkü bağırsaktaki kolonizasyon kalıcı değil, geçici bir durumdur. Günümüzde, probiyotiklerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini inceleyen çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Özellikle antibiyotik kullanımına bağlı ishal, alerjik hastalıklar ve inflamatuvar bağırsak hastalıkları gibi durumlarda tedaviye destek oldukları gösterilmiştir (Tosun vd., 2006).

Toplumda probiyotik bakterilere dair yeterli bilgi bulunmaması, bu yararlı gıdaların düzenli olarak tüketilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, halkın probiyotik gıdalar konusunda bilinçlendirilmesi ve tüketim düzeyinin artırılması, hem toplum sağlığının korunması hem de hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Bell vd., 2017).

1.1.3. Probiyotik Yoğurt

Dünya genelinde oldukça ilgi gören fonksiyonel bir gıda olan probiyotik yoğurt, içeriğinde yeterli düzeyde canlı probiyotik bakteri bulundurması durumunda sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebilir. Bu faydaların ortaya çıkması, kullanılan probiyotik mikroorganizmaların canlılığını korumasına bağlıdır. Probiyotiklerin canlı kalmasını; yoğurt içeriğindeki besin bileşenleri (şeker, protein, yağ, vitamin, mineral, tatlandırıcı, antioksidan, amino asitler), üretim sürecindeki teknik işlemler (örneğin ısı uygulamaları, homojenizasyon işlemi, fermantasyon sıcaklığı) ve mikrobiyolojik etkenler (suş tipi, aşılama oranı) doğrudan etkileyebilmektedir. Canlılık kaybını azaltmak amacıyla; safra ve asidik ortama dayanıklı suşların seçimi, oksijen geçirimsiz ambalaj kullanımı, çift aşamalı fermantasyon, strese karşı adaptasyon sağlama, prebiyotiklerle zenginleştirme ve mikrokapsülleme gibi çeşitli teknikler etkili bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada, üretimden insan sindirim sistemine kadar olan süreçlerde probiyotiklerin canlı kalma oranlarına odaklanılmış, uygun suş, bileşen ve üretim protokollerinin bu canlılığı artırabileceği sonucuna varılmıştır (Meybodi vd., 2020).

Son yıllarda probiyotik yoğurtlara olan talep, bireylerin beslenme alışkanlıklarının genel sağlıkla, özellikle de sindirim sistemi sağlığıyla olan ilişkisini daha iyi kavraması sayesinde artmıştır (Nyanzi vd., 2021).

Canlı mikroorganizmalar olan probiyotik bakteriler, yeterli miktarda alındığında sağlık üzerinde faydalı etkiler göstermektedir. Bu etkiler; kullanılan bakteri suşlarının türüne, miktarına ve kombinasyonuna göre değişiklik

göstermektedir (Meybodi vd., 2020).

Probiyotiklerin sağlığa katkısı birçok mekanizma üzerinden gerçekleşir. Bu mekanizmalar arasında bağırsaklardaki zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını engellemek, bağışıklık sistemine ait hücrelerin fagositik aktivitesini artırmak ve antimikrobiyal etkiyi güçlendirmek yer alır (Sanchez vd., 2017).

Yoğurt gibi fermente süt ürünleri yalnızca probiyotik içerikleri ile değil, aynı zamanda yüksek kaliteli proteinler ve kalsiyum, potasyum, çinko, magnezyum gibi mineraller ile niasin, folat, B1, B6 ve B12 vitaminleri yönünden de zengin olmaları nedeniyle dikkat çeker (Hati & Prajapati 2022). Etkili sağlık yararları elde edebilmek için önerilen minimum probiyotik düzeyi, her gram üründe en az 10^6 koloni oluşturan birim (Kob/g) olarak belirtilmiştir (Sanders vd., 2018).

Ürünün saklanma süresince probiyotik canlılık düzeyi, hem ürünün etkinliği hem de raf ömrü açısından kritik rol oynar. Probiyotik yoğurdun soğuk zincirde korunması, bu bakterilerin canlı kalmasını sağlayarak güvenli ve sağlıklı bir tüketim sağlar (Tripathi vd., 2014).

Ayrıca son dönemlerde, probiyotik yoğurtlara bitki kaynaklı bileşenler eklenmesi oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu katkılar yalnızca tat ve besin değerini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda prebiyotik lifler sayesinde probiyotik bakterilerin gelişimini desteklemektedir (Leeward vd., 2023).

1.1.4. Bal

Günümüzde, sentetik sayılan ilaçların olumsuz etkilerinin oluşması ve hastalık etkenlerinin söz konusu ilaçlara direnç geliştirmesi, bireyleri doğal kaynaklı tedavi yollarına yönlendirmiştir. Bu doğal tedavi alternatiflerinden en çok tercih edilenlerden biri de arıların ürünleridir. Arılardan elde edilen bu ürünler, çeşitli hastalıkların tedavisinde ve ilerlemesinin önlenmesinde tamamlayıcı olarak kullanılmaktadır (Eslami vd., 2019).

Balın içerdiği bazı bileşenlerin antioksidan özellik gösterdiği bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu bileşikler arasında fenolik asitler, flavonoidler, glukoz oksidaz ve katalaz gibi enzimler, askorbik asit, proteinler ve karotenoidler yer almaktadır (Meda vd., 2005). Bal içeriğinde yüksek oranda fruktoz (%38) ve glikoz (%31) bulunan yoğun bir şeker çözeltisidir. Bunun yanı sıra fenolik bileşikler, proteinler, serbest amino asitler, enzimler, mineraller ve vitaminler gibi küçük fakat

etkili bileşenler de balın sağlık üzerindeki faydalarına katkı sağlamaktadır. Yüksek besin değeri ve sağlığa olan olumlu etkileri nedeniyle bal, tatlı ve doğal bir gıda olarak yaygın şekilde tüketilmektedir. Yapılan araştırmalarda, balın antioksidan kapasitesinin taze ağırlık açısından birçok meyve ve sebzeyle benzer olduğu saptanmıştır. Ancak bu antioksidan özellikler balın elde edildiği çiçek türüne göre büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir. Farklı çiçek kaynaklarından elde edilen balların antioksidan profillerinde çeşitlilik bulunduğu bu nedenle oksidatif reaksiyonlara karşı gösterdikleri koruyucu etkinin farklı olabileceği bildirilmiştir (Yang vd., 2012).

1.1.5. Kestane Balı

Kestane balı, çiçek balları arasında yer almakta olup *Fagaceae* familyasındaki *Castanea* cinsine ait kestane ağaçlarından elde edilmektedir. Bu cinse ait bilinen 13 tür, genellikle kuzey yarımkürenin farklı bölgelerinde yayılım göstermektedir. Türkiye'de ise Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgeleri'nde doğal olarak yetişen *Castanea sativa* Mill. türü öne çıkmaktadır. Bu ağaçlar yaz mevsimi başında arılar açısından önemli bir polen ve nektar kaynağı oluşturur (Tomic vd., 2017).

Castanea sativa L. kökenli kestane balı, biyolojik değeri yüksek bal çeşitleri arasında yer alır. Özellikle Türkiye gibi uygun iklim koşullarına sahip bölgelerde bol miktarda üretilmektedir. Monofloral bir bal olan kestane balı, diğer çiçek ve orman ballarından hem fiziksel-kimyasal hem de biyolojik olarak farklı özellikler taşımaktadır. Bu ayırt edici nitelikleri, onu apiterapi alanında tercih edilen bir bal haline getirmiştir (Gahruie vd., 2015).

Haziran ayı itibarıyla kestane çiçeklerinde çalışmaya başlayan arılar, bu dönemde en yoğun bal üretimini gerçekleştirirler. Geceleri de kovan önünde kanat çırparak topladıkları balı olgunlaştırırlar ve bu süreçte arılıklardan sürekli bir uğultu duyulur. Elde edilen kestane balı, koyu renkli, yavaş akan, sert tatlılıkta ve oldukça karakteristik bir aromaya sahiptir. Bu tada alışan tüketiciler, bu balı sürekli olarak tercih etmektedir (Tomic vd., 2017).

Kestane balının, astım ve solunum yolu rahatsızlıklarında geleneksel bir tedavi yöntemi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu bal, içerdiği 3-aminoasetofenon adlı uçucu bileşen sayesinde ayırt edici bir aromaya sahiptir ve bu bileşen, kestane balını diğerlerinden ayıran önemli bir bileşen görevi görür (Gahruie vd., 2015).

Kestane balının glisemik indeksi nispeten düşüktür. Kristalleşmeye karşı

dirençli olduğu için genellikle ısıtıl işleme tabi tutulmaz ve doğal haliyle tüketilir. Tıbbi bal kategorisinde değerlendirilen bu ürün; yüksek polifenol (fenolik asitler, flavonoidler, tanenler vb.) içeriği sayesinde güçlü antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antiviral ve antitümöral özellikler sergiler. Ayrıca sodyum minerali (Na), potasyum minerali (K), magnezyum minerali (Mg), fosfor minerali (P), kalsiyum minerali (Ca) ve manganez minerali (Mn) gibi mineraller açısından zengin olması nedeniyle, çoğu çiçek balına göre daha besleyicidir. Kestane balının tam olarak aydınlatılamamış olmasına rağmen; bağışıklık sistemini destekleme, üst solunum yolu enfeksiyonları, sindirim sistemi rahatsızlıkları, karaciğer hasarları, yara ve diyabetik yaraların iyileştirilmesi gibi birçok alanda terapötik etkileri olduğu düşünülmektedir (Gürel, 2012).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mikro besin eksikliği yalnızca gelişmekte olan ülkelerde değil, aynı zamanda gelişen ülkelerde de ciddi bir halk sağlığı sorunu şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Günlük beslenme düzenine fermente süt ürünlerinin dahil edilmesi, bireylerin diyet alışkanlıklarında köklü değişiklik yapmalarına gerek kalmadan bu eksikliklerin giderilmesi adına umut vadeden bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Yoğurt, sağlık üzerindeki olumlu etkileri çeşitli bilimsel araştırmalarla ortaya konmuş ve birçok ülkede sıklıkla tüketilen bir fermente süt ürünüdür. Ancak doğal içeriğinde sınırlı miktarda biyoaktif bileşik bulunması sebebiyle, yoğurdun belirli besin bileşenleri ile zenginleştirilmesi gerektiği birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Yoğurt, fenolik bileşikler, vitaminler, mineraller, çoklu doymamış yağ asitleri ve diyet lifi gibi biyoaktif bileşenlerin taşınması açısından son derece uygun bir matris olarak ilgi görmektedir (Gahruie vd., 2015).

Fermantasyon teknolojisinin günümüzdeki kullanımı sadece gıdaların raf ömrünü uzatmakla kalmayıp, aynı zamanda özgün tat ve yapı kazandırarak ürün yelpazesini genişletmeye de olanak sağlamaktadır. Yoğurt, belirli sıcaklık koşullarında *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin faaliyeti ile oluşan, besin değeri yüksek ve sindirimi kolay bir ürün olarak, insan beslenmesinde uzun yıllardır önemli bir yer tutmaktadır (Koçak, 2013).

Gıdaların zenginleştirilmesi, temel bir veya birden fazla besin ögesinin ürüne eklenmesi ya da mevcut seviyesinin artırılması yoluyla o gıdadaki besin içeriğinin daha değerli hale getirilmesi işlemidir. Bu uygulama sayesinde belirli topluluklarda görülen besin yetersizliklerinin önüne geçilmesi ve bu durumların düzeltilmesi hedeflenmektedir. Araştırmalar, gelişmekte olan ya da az gelişmiş ülkelerdeki birçok bireyin mikro besin eksikliği yaşadığını ve bu durumun zenginleştirilmiş ürünlerle önlenebileceğini göstermektedir (Gahruie vd., 2015).

Yapılan bilimsel çalışmalar, yoğurt yemenin insanların sağlığı üzerine; enfeksiyonlar, bağırsak ve mide rahatsızlıkları, astım ve kanser gibi çeşitli hastalıklara karşı önleyici ve tedavi edici etkiler taşıdığını ortaya koymuştur. Fermente süt ürünlerine probiyotik bakteri eklenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar; bu bakterilerin söz konusu ürünlerin teknolojik, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin kapsamlı şekilde incelendiğini göstermektedir. Günümüzde bu mikroorganizmaların ileri teknolojiler kullanılarak daha detaylı analiz edilmesi, onların farklı alanlarda da kullanımının yolunu açmaktadır (Reeta vd., 2015).

Folat, esansiyel bir aminoasit olup bazı probiyotik mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilmektedir. Yapılan bir araştırmada, *Lactobacillus plantarum* 15HN, *Bifidobacterium lactis* BB-12, *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Lactobacillus plantarum* LAT BY PL ve *Lactococcus lactis* 44Lac kullanılarak biyo-yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, özellikle *L. plantarum* 15HN suşu içeren yoğurtların yedinci gününde en yüksek folat düzeyine ulaşıldığı gözlenmiştir. Bu nedenle, yüksek folat üretme kapasitesine sahip suşların, kimyasal folat takviyesine alternatif olarak, uygun gıdalarda kullanılması önerilmektedir (Khalili vd., 2019).

Ayrıca, dört farklı probiyotik suşun tekli ve ikili kombinasyonlarla yoğurt kültürleriyle birleştirilerek üretilen yoğurtlarda besin değerleri, duyuşal özellikler, reolojik yapı ve probiyotik seviyeleri değerlendirilmiştir. *Lactobacillus casei* ve *L. plantarum* suşlarının beraber bulunduğu yoğurtların daha yüksek oranda karbonhidrat, protein ve kalsiyum içerdiği, ayrıca viskozite değerinin daha yüksek olduğu ve depolama süresince su salımının diğer örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Soni vd., 2020).

Bal, en çok bilinen arı ürünlerinden biri olup doğrudan tüketilebildiği gibi aynı zamanda gıdalara tat kazandırmak veya zenginleştirmek amacıyla da eklenmektedir. Gıda ürünlerine bal ilavesi doğrudan yapılabildiği gibi balın dolgu maddeleri ile kurutularak toz haline getirilmiş formu da kullanılabilir. Bal eklenmesi sayesinde ürünlerin besin içeriği artırılabilirken balın doğal antimikrobiyal özelliklerinden de faydalanılarak ürünün dayanıklılığı artırılabilir. Örneğin, yüksek su aktivitesi nedeniyle hızla bozulan süt ürünlerinde, bal eklenerek yapılan depolama denemelerinde, kontrol grubuna kıyasla mikrobiyal gelişimin yaklaşık %50-55 oranında azaldığı bildirilmiştir. Yoğurda bal ilavesi yapılan başka bir araştırmada ise, 28 gün süren depolama süresince çörek otu balı içeren örneklerde maya ve küf gelişiminin gözlenmediği saptanmıştır. Ayrıca, bal miktarının artırılmasıyla birlikte yoğurdun pH seviyesinin yükseldiği ve buna bağlı olarak serum ayrımının arttığı belirtilmiştir. Kestane balının, açık renkli okalıptüs balı ile karşılaştırıldığında daha koyu renkte olduğu ve antioksidan kapasitesinin daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Peynirlerin kestane balı ile kaplanması durumunda da, okalıptüs ballı örneklere kıyasla daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir (Simonetti vd., 2020).

Bir başka çalışmada ise, farklı miktarlarda (%0, %0,5, %1, %1,5) ayva tozunun eklendiği yoğurtlarda *Bifidobacterium L. Bb12* isimli probiyotik suşu

kullanılmış ve 28 günlük depo süresince ürünlerin tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşsal nitelikleri izlenmiştir. Eklenen ayva tozunun, yoğurt bakterilerini ve *Bifidobacterium lactis* popülasyonunu arttırmaya katkı sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca ayva tozu, yoğurtların viskozitesini ve su tutma kapasitesini artırırken sertlik değerinde azalma gözlenmiştir. Duyusal değerlendirmelerde ise özellikle ilk haftadan sonra örnekler arasında belirgin bir fark oluşmadığı kaydedilmiştir (Çınar, 2016).

Peynir altı suyu tozu (PAST) ve turunç özünün eklenmesiyle gerçekleştirilen bir deneyde, hazırlanan yoğurt örneklerinin 1., 7., 14. ve 21. günlerdeki mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmada A isimli grup kontrol olarak belirlenirken; B grubu %0,2 turunç özü, C grubu %1 PAST, D grubu %0,1 turunç özü + %0,5 PAST, E grubu %0,15 turunç özü + %0,25 PAST ve F grubu %0,05 turunç özü + %0,75 PAST ilavesiyle oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, yoğurda eklenen turunç özü miktarı fazlalaştıkça serum ayrılması, titrasyon asitliği ve *L. acidophilus* bakteri sayısında yükselme gözlenirken; viskozite, pH değeri, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* ve *S. thermophiles* bakteri sayılarında azalma saptanmıştır. Diğer yandan, PAST miktarının artışı; titrasyon asitliği, pH, viskozite, *L. delbrueckii ssp. Bulgaricus* ve *S. thermophilus* sayılarında yükselmeye neden olurken, serum ayrılması ile *L. acidophilus* sayılarında düşüşe yol açmıştır. Çalışmanın sonucunda, yoğurt yapımında %0,1 turunç özü + %0,5 peynir altı suyu kombinasyonunun ya da %1 oranında yalnızca PAST kullanımının uygun olduğu ortaya konulmuştur (Çevik, 2013).

Ülkemizde yoğurdun zenginleştirilerek fonksiyonelliğinin artırılmasına yönelik yapılmış çeşitli çalışmalardan biri de Andız pekmezi katkısıyla (%2, 4, 6, 8 oranlarında) yapılan yoğurtlar 28 gün süreyle muhafaza edilmiş ve bu süre zarfında yoğurtların bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Buna göre yoğurtların serum ayrılması, asitlik, viskozite ve laktik asit bakteri (LAB) sayılarının depolama süresince değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Andız pekmez miktarının arttırılması fermentasyon süresini arttırmış, Potansiyel Hidrojen'in(pH) kontrolden daha yüksek olduğu ve viskozite ve serum ayrılması özelliklerinin zayıf olduğu tespit edilmiştir. Değişkenlerin kullanılması sonucunda, yoğurda %4 oranında Andız pekmezinin ilave edilmesinin yoğurt üretiminde kullanılabileceği fakat keskin tadı nedeniyle melas oranının azaltılabileceği belirlenmiştir (Çelik vd., 2009).

Akasya balı ilavesiyle yoğurdu zenginleştiren farklı bir çalışmada, yoğurdun mikrobiyotası 42 günlük depolama süresi boyunca değerlendirilmiştir. %1 ile %5 bal ilavesi yapılan yoğurtlarda, 4°C'de muhafaza sırasında bal ilavesinin pH, laktat

seviyeleri ve yoğurt bakterilerinin (*S. thermophilus* ve *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*) canlılığı üzerinde fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ancak balın doğal bir tatlandırıcı olması, zengin ve önemli besinler de içermesi sebebiyle yoğurda bal eklenebileceği ifade edilmiştir. Yine yoğurda %3 bal ilavesinin yoğurdun organoleptik kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiği açıklanmıştır (Varga, 2006).

Farklı bir çalışmada ise kayısı meyve püresi ilave edilerek üretilen probiyotik yoğurdun fizikokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Probiyotik kültür olarak *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium spp.* ilave edilmiştir. Kayısı püresinin farklı oranlarda (%0, %6, %9, %12) eklenmesi yoğurt'un kurumadde, viskozite, asitlik, serum ayrılması, pıhtı sıklığı değerlerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir (Çayır ve Şahan, 2007).

İnek sütüne değişik miktarlarda (%25, %50 ve %75) pirinç bazlı içecek(pirinç sütü) katılarak üretilen probiyotik yoğurtlar 3 haftalık süreyle depolanarak yoğurtların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri 1 haftalık aralıklarla incelenmiştir. Pirinç sütü ilave edilen yoğurtların viskozitelerinin artış gösterdiği, serum ayrılmasının azaldığı ve tekstür özelliklerinin ise zayıfladığı; ayrıca kimyasal ve mikrobiyolojik kalitelerinin de kontrol yoğurtlarına göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Duyusal değerlendirmelerde ise ilave edilen pirinç sütü miktarı arttıkça daha düşük puanların alındığı ve düşük miktarda pirinç sütü katılan yoğurtların kontrol yoğurtlarına yakın puanlar aldığı ifade edilmiştir (Uzuner, 2012).

Başka bir çalışmada, ayçiçeği balı ilave edilen yoğurtların temel fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal nitelikleri araştırılmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, farklı oranlarda ilave edilen ayçiçeği balının (%2, %4 ve %6) 28 günlük depolama süresi boyunca yoğurdun bazı özellikleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Bal miktarı arttıkça su aktivitesi azalmıştır. Fermantasyon sırasında pH balsız yoğurtta 4.33, %6 ballı yoğurtta ise 4.2 olarak tespit edilmiştir. En düşük parlaklık oranının, en yüksek kıvam ve su tutma kapasitesinin, %6 bal içeren yoğurtta olduğu tespit edilmiş ve bal katkılı yoğurtlarda depolama sırasında su tutma kapasitesi ve renk değerlerinin arttığı bildirilmiştir. *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* sayıları ise ayçiçek balı ilave edilen yoğurtlarda kontrol yoğurduna göre daha yüksek bulunmuştur. Duyusal analizde %4 ballı yoğurdun en çok beğenildiği ifade edilmiştir (Sert vd., 2011).

Başka bir çalışmada araştırmacılar arı sütü ve bal ile zenginleştirilmiş yoğurtların kalite özelliklerini 9 günlük depolama süresince izlemişlerdir. İki

aşamada gerçekleşen bu çalışmada birinci bölüm, farklı oranlarda arı sütü ve bal içeren yoğurtlarda LAB (laktik asit bakterileri) geliştiren en uygun karışımın belirlenmesi oluşturmıştır. İkinci kısımda ise arı sütü ve bal eklenmiş en elverişli yoğurt ile kontrol yoğurdunun kimyasal, reolojik, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerinden bazılarının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Çalışmada depolama esnasında titrasyon asitliğinin arttığı, pH değerinin ise düştüğü tespit edilmiştir. Öte yandan, birlikte üretilen farklı konsantrasyonlardaki yoğurtlarda arı sütü ve bal ilavesi için en uygun konsantrasyon oranları sırasıyla %0.6 ve %4 olduğu kanısına varılmıştır (Hafif, 2019).

Çam balı ilavesiyle üretilen probiyotik yoğurtlar üzerine gerçekleştirilen çalışmada, farklı katkı oranlarının asitlik düzeyi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Analizlerin ilk gününde, en düşük asitlik değeri (% laktik asit) 0,630 ile kontrol grubunda saptanırken en yüksek değer 0,787 ile %6 bal ilaveli örnekte ölçülmüştür. Depolamanın 21. gününde ise kontrol grubu 0,810 mL ile en düşük asitlik oranını göstermiş, %2 bal eklenmiş yoğurt 0,882 değeriyle en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Aynı zamanda farklı oranlarda (%2, %4) çam balı eklenmesinin probiyotik yoğurtta görünüm beğenisini iyileştirdiği belirlenmiştir ve depolama süresi boyunca serum ayrılmasının azaldığı ve yoğurtlardaki asitlik seviyesinin sürekli arttığı saptanmıştır (Karabulut ve Dirican, 2017).

Yoğurt yapımında kullanılan yoğurt bakterileri, fermentasyon esnasında ortamdaki süt şekerini parçalayarak laktik asit oluşturmakta ve pH seviyesinin düşmesine sebep olmaktadır. pH, istenilen değere ulaştığında kazeini pıhtılaştırmakta ve yoğurdun jel yapısını meydana getirmektedir. Fermentasyonu tamamlanan probiyotik katkılı yoğurtlarda, depolama süresince kullanılmakta olan kültür türüne bağlı şekilde pH seviyesi farklılık gösterir. Pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurtların formülasyonunda, *Bifidobacterium spp.* türlerinin sıklıkla tercih edilen starter kültürlerden biri olduğu bildirilmektedir. Bu mikroorganizmaların ürün içerisindeki popülasyon yoğunluğu, yoğurdun duyuşsal özellikleri (tat ve aroma) üzerinde belirleyici rol oynamakta; aynı zamanda depolama süresi boyunca biyoterapötik düzeyin ($>7\log$ kob/g) sürdürülebilmesi açısından kritik önem taşımaktadır. *Bifidobacterium spp.* gelişmesini asitlik, hidrojen peroksit, pH, depolama sıcaklığı ve çözünmemiş oksijen miktarı gibi unsurlar etkilemektedir. Yoğurdun pH seviyesinin azalması ve ortamda bulunan laktik asit ve asetik asit gibi bileşenlerin yoğunluk seviyesinin yükselmesi, *Bifidobacterium spp.* gelişmesini kötü olarak etkileyen etkenler olarak gösterilir (Donkor vd., 2006).

Ceviz, antep fıstığı, fındık, badem gibi sert kabukluların katkısı ile üretilen yoğurtlarda, badem katkılı örneklerde serum ayrılması değerleri azalma gösterirken diğer örnekler ise artmaya yönelik değerler elde edildiği belirtilmiştir (Öztürkoğlu vd., 2016).

Fermente sütlü tatlılarda asit kazein hidrolizatı ve sistein ilavesinin yoğurt bakterileri ve probiyotikler üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, pH değerini 4,45 ile 4,51 arasında bildirmişlerdir (Ravula ve Shah, 1998).

Koyun sütünden ürettiği standart yoğurtlardaki ve *B. bifidum* bakteri barındıran probiyotikle zenginleştirilmiş yoğurtlardaki titrasyon asitlik değerinin, 15 günlük depolama süresince yükselmekte olduğu belirtilmektedir (Güler ve Akın, 2005).

Yapılan bir çalışmada değişik miktarlarda kinoa unu katmak suretiyle yapılan ve iki hafta boyunca muhafaza edilen probiyotik yoğurtlarda, *S. thermophilus* sayılarının depolamada azaldığı ve bu azalmanın kinoa unu miktarı arttıkça daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, depolama süresinin *S. thermophilus* sayıları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki gösterdiği bildirilmiştir. (Casarotti vd., 2014).

Pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurt örnekleriyle yapılan çalışmada analiz sonucunda yoğurt çeşitlerinin pH'ı 4.61 ve 4.73 aralığında değişmiştir. Ortalama olarak pH incelendiğinde, depolama süresinin ilk gününde minimum değer 4.61, depolama süresinin ilk gününde maksimum değer 4.73 bulunmuştur. Probiyotik yoğurtların titrasyon asitlikleri %0.744 ile %0.960 laktik asit arasında değişkenlik göstermiştir. Titrasyon asitliği %0.960 laktik asit ile en yüksek E örneğinde (%0.1 yağlı kontrol) 21. gün analizinde, en düşük ise %0.744 ile G örneğinde (%0.1 yağlı kontrol %0.3 Psyllium husk) 1. gün analizinde saptanmıştır. Titrasyon asitliği değerleri depolama süresi boyunca her örnekte artış göstermiştir. Bu sonuç pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurtlardaki bakterilerin soğukta depolama sırasında da düşük düzeyde de olsa metabolik aktivitelerini devam ettirmelerine bağlanabilir. Depolama süresince pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurtların serum ayrılması miktarlarında E örneği hariç (%0.1 yağlı kontrol) düzenli bir azalma gözlenmiş olmakla birlikte bu azalış istatistiksel yönden önemsiz bulunmuştur. Probiyotikle zenginleştirilmiş yoğurtlarda en yüksek serum ayrılması miktarı E örneğinde (%0.1 yağlı kontrol) %37.77 ile 1. gün analizlerinde, en düşük ise D örneğinde (%1.8 yağlı, % 0.3 Psyllium husk) %22.04 ile 21. gün analizlerinde saptanmıştır. Bununla beraber

depolama ilerledikçe *Psyllium husk* ilaveli probiyotik yoğurtlardaki kum benzeri yapının düzeldiği ve sertlik oranının arttığı gözlenmiştir. *Psyllium husk* katkılı pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurtların mikrobiyolojik yönden analizleri sonucunda bulunan ortalama *Bifidobacterium spp.* sayıları Çizelge 4.7' de sunulmuştur. Buradan takip edilebileceği gibi en az *Bifidobacterium spp.* sayıları 7.14 log log kob/g olarak A (%4 tam yağlı kontrol) yoğurtlarında depolamanın 21. gün analizlerinde belirlenirken, en fazla sayılar ise 8.17 log kob/g olarak D (%1.8 yağlı, %0.3 *Psyllium husk*) örneğinde depolamanın 11. gün analizlerinde belirlenmiştir. Analiz sonuçları yorumlandığında probiyotik yoğurt analiz örneklerinin *Bifidobacterium spp.* miktarları arasındaki fark yoğurdun türüne ve depolama zamanına bağlı şekilde istatistiksel anlamda önemli olmuştur (Çubukçu, 2022).

Amaç:Bu çalışma kestane balı ilavesinin probiyotik yoğurdun mikrobiyolojik fiziko-kimyasal, duyuşal ve renk kalitesi üzerine etkinliğini belirlemek için planlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Araştırmada kullanılacak materyaller probiyotik yoğurt kültürü, pastörize edilmiş günlük ticari süt ve kestane balıdan oluşmaktadır.

Çizelge 3.1. Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün fizikokimyasal özellikleri

pH değeri	6.98
Yağ oranı(%)	3.1
Yağsız KuruMadde (%)	10.83
Yoğunluk(g/ml)	1.028
Protein oranı(%)	2.8

Kestane çiçeği balı eklenen probiyotik yoğurt yapımında piyasa ortamından satın alınan doğal kestane balı kullanılmıştır. Kestane balının fizikokimyasal bazı özellikleri çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yoğurt üretiminde kullanılacak kestane balının fizikokimyasal özellikleri

pH	4.682-6.115
Asitlik (meq/kg)	Hafif Asidik
Nem (%)	%16.48 -%20.80
Invert şeker (g/kg)	50
Sakkaroz (g/kg)	
Toplam Şeker (g/kg)	
Renk	107.0

Duyusal Analizler / Sensory Analysis						
Parametre / Parameter	Sonuç / Result	Birim / Unit	Ölçüm Belirsizliği / Measurement Uncertainty	Türk Gıda Kodeksi - Bal Tıbbiği Limit Değeri / Turkish Food Codex Honey Regulation Limit Value	Tespit Limiti** / Quantification Limit**	Analiz Metodu / Analysis Method
Tat / Taste	Cinsine Özgü / Type Specific	-	-	Cinsine Özgü / Type Specific	---	Duyusal / Sensory
Koku / Odour	Cinsine Özgü / Type Specific	-	-	Cinsine Özgü / Type Specific	---	Duyusal / Sensory
Kimyasal Analizler / Chemical Analysis						
Parametre / Parameter	Sonuç / Result	Birim / Unit	Ölçüm Belirsizliği / Measurement Uncertainty	Türk Gıda Kodeksi - Bal Tıbbiği Limit Değeri / Turkish Food Codex Honey Regulation Limit Value	Tespit Limiti** / Quantification Limit**	Analiz Metodu / Analysis Method
Renk* / Colour*	107,0	mm	± %8,5	-	---	MT-P03, Hanna ¹
Nem* / Water Content*	17,6	%	± %2,2	En İada 20 / Max. 20	---	MT-P07, Rotokütmetre Refraktometre ²
Serbest Asitlik* / Free Acidity*	36,8	mg/kg	± %2,9	En İada 50 / Max. 50	---	MT-P02, Potansiyometrik, Potentiometric ¹⁰
Dianoz Sayısı* / Diastase Number*	16,1	DS/DN	± %10,9	En az 0 / Min. 0	---	MT-P05, Kolorimetrik Cihazlar ¹¹
HMF*	14,2	mg/kg	± %11,0	En İada 40 / Max. 40	---	MT-P10, HPLC ³
Protein* / Protein*	943,0	mg/kg	± %10,3	En az 500 / Min. 500	---	MT-P12, Spektrofotometrik Spektrofotometrik ⁴
İletkenlik* / Conductivity*	1,34	mS/cm	± %3,1	En az 0,0 / Min. 0,0	---	MT-P04, İletkenlik Ölçer Conductivity meter ⁵
Früktöz + Glüköz* / Fructose + Glucose*	60,6	%	± %10,4	En az 60 / Min. 60	---	MT-P08, HPLC ⁶
Früktöz/Glüköz* / Fructose/Glucose*	1,24	-	± %10,4	1,0-1,85	---	MT-P08, HPLC ⁶
Sakkaroz* / Sucrose*	Tespit Edilmedi / Not Detected	%	-	En İada 5 / Max. 5	---	MT-P08, HPLC ⁶
Maltoz / Maltose	3,0	%	± %13,5	En İada 4 / Max. 4	---	MT-P08, HPLC ⁶
delta C13 Protein* / delta C13 Protein*	-26,2	%	± %3,7	-	---	MT-P08, HPLC ⁶
delta C13 Bal* / delta C13 Honey*	-26,0	%	± %5,5	En İada -23 / Max. -23	---	MT-P08, HPLC ⁶
delta C13 Protein Bal Farkı* / delta C13 Protein-Honey Difference*	-0,2	%	± %29,0	En az -1,0 / Min. -1,0	---	MT-P20, IRMS ⁷
C4 Şekerleri* / C4 Sugars*	1,2	%	± %29,0	En İada 7 / Max. 7	---	MT-P20, IRMS ⁷
Kalıntı Analizleri / Residue Analysis						
Parametre / Parameter	Sonuç / Result	Birim / Unit	Ölçüm Belirsizliği / Measurement Uncertainty	Türk Gıda Kodeksi - Bal Tıbbiği Limit Değeri / Turkish Food Codex Honey Regulation Limit Value	Müşteri Limiti / Customer Limit	Analiz Metodu / Analysis Method
Nafthalen* / Naphthalene*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	En İada 10 / Max. 10	---	MT-P30, HS-GCMS ¹²
Sülfatlar* / Sulphates*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P36, UPLCMSMS ¹³
Sülfamatlar* / Sulphamates*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P36, UPLCMSMS ¹³
Oksitrasiklinler* / Oxetracyclines*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Tetrasiklinler* / Tetracyclines*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Klorotrasiklinler* / Chlorotetracyclines*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Doksisisiklinler* / Doxycyclines*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Eritromisin A* / Erythromycin A*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Arhidroeritromisin A* / Arhydroerythromycin A*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Tiklosin A* / Tylosin A*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Tiklosin B* / Tylosin B*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Roksitromisinler* / Roxitromycins*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Enrofloxasinler* / Enrofloxacin*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Siprofloksasinler* / Ciprofloxacin*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P38, UPLCMSMS ¹³
Streptomisinler* / Streptomycins*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P102, UPLCMSMS ¹⁴
Dihidrostreptomisinler* / Dihydrostreptomycins*	Tespit Edilmedi / Not Detected	µg/kg	-	Bulunmamalı / Must Not Be Detected	---	MT-P102, UPLCMSMS ¹⁴

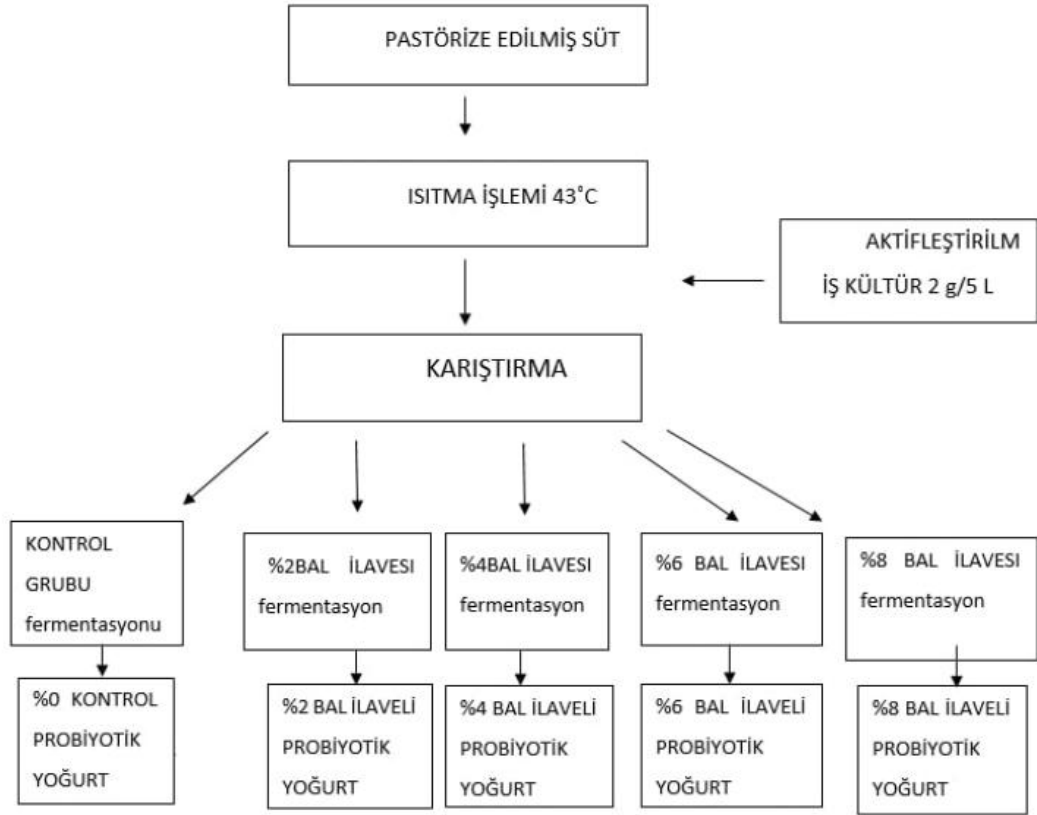
Şekil 3.1. Ticari ürünün üzerindeki QR koddan elde edilen laboratuvar bulguları

3.2. Yöntem

3.2.1. Sütün Hazırlanma Aşaması ve Fermentasyonu

Pastörize edilmiş süt (100 mL) 43°C'ye kadar ısıtılarak yarım saat boyunca kültürle aktifleşmesi sağlandı. Daha sonra, aynı sıcaklığa getirilen 4900 mL süte önceden aktif hale getirilmiş probiyotik kültür eklendi. Kontrol grubu için belirli bir miktar süt ayrıldıktan sonra, bu sütlere sırasıyla %2, %4 ve %6 oranlarında kestane balı ilavesi yapıldı. Kültürle zenginleştirilmiş sütler inkübasyon işlemine alınarak fermentasyona bırakıldı. Ortalama 6–8 saat sürecektir olan mayalanma (fermentasyon) süresince düzenli aralıklarla pH ölçümleri gerçekleştirildi ve yoğurt örneklerinin pH değeri 4,6'ya ulaştığında fermentasyon işlemi sonlandırıldı. Her bir grup için 400 ml yoğurt olacak şekilde numuneler hazırlandı. Fermentasyonu tamamlandığında numuneler 4°C'de depolandı ve depolama süresinin 1. gününde,

7.gününde,14.gününde ve 21. gününde analizleri yapıldı. Tüm analizlerde aynı yoğurt numuneleri kullanıldı ve her bir numune çift tekrar şeklinde yapıldı.



Şekil 3.2. Bal ilaveli probiyotik yoğurt üretimi

3.2.2. Süte ve bala uygulanan kimyasal ve fiziksel analizler

Pastorizasyona uğramış süt örneklerinde yağ içermeyen (yağsız) kuru madde miktarı, pH seviyesi ve dansidite (yoğunluk değeri) ölçümleri yapıldı. Kestane balı örneklerinde ise asitlik, pH, şeker miktarı, briks değeri ve renk karakteristikleri incelendi.

3.2.2.1. Baldaki nem oranının analizi

Nem miktarı manuel refraktometre ile ölçüldü. Ölçümden önce manuel refraktometrenin (Zeiss, Almanya) kalibrasyon işlemi tamamlandı, ardından az miktarda bal cihazın prizma yüzeyine yerleştirildi. Alet kapatıldıktan sonra ölçüm yapıldı ve cihazda doğrudan yüzde rutubet değeri okundu (Türk Gıda Kodeksi, 2001).

3.2.2.2. Balda şeker oranının analizi

Baldaki sakkaroz ve indirgen şekerlerin analizi, Lane-Eynon titrimetrik yöntemi ile analiz edildi (AOAC 1990).

3.2.2.3. Baldaki pH ve asitlik analizi

pH tayini amacıyla 10 g bal örneği, 75 mL damıtılmış su içerisinde çözülür ve manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırıldıktan sonra pH değeri ölçüldü. Ölçümden sonra serbest asitlik, titrimetrik yöntemle belirlendi. Bunun için örneğe 0,05 M NaOH çözeltisi ilave edilerek pH değeri 8,50'ye çıkarıldı ve tüketilen NaOH miktarı serbest asitlik olarak kaydedildi. Daha sonra 10 mL 0,05 M NaOH eklendi ve ardından 0,05 M HCl çözeltisi kullanılarak pH 8,30'a ininceye kadar geri titrasyon yapıldı. Bu basamakta harcanan HCl miktarı not edildi. Sonuçlar, verilen formül yardımıyla meq/kg cinsinden hesaplandı (TSE, 2006).

$$\text{Serbest asitlik} = [(mL\ 0,05\ NaOH - mL\ \text{Şahit}) \times 50] / g\ bal$$

3.2.2.4. Baldaki renk analizi

Baldaki renk ölçümleri, Minolta CM-3610D Spektrofotometre ile yapıldı (Nyawali vd., 2015).

3.2.2.5. Sütteki pH analizi

Süt örneklerinde pH değeri ölçümü Hanna Instruments P2960-pH211 cihazı ile gerçekleştirildi (Akalin vd., 2012).

3.2.2.6. Sütteki yağsız kuru madde (%) analizi

Kurutmak için kullanılan kaplar kapakları yarı açık bırakılarak 105±2°C sıcaklığa ayarlı etüvde kurutuldu. Daha sonra desikatörde soğutuldu ve 0,001 g hassas bir şekilde tartıldı daha sonra süt örneğinden 2 ile 3 g alınıp kap tabanına yayılması sağlandı. Numuneler, etüv ortamında 105±2°C'de yaklaşık 120 dakika kurutulduktan sonra kapak örtülerek desikatöre alınıp ve sabit tartım sonucuna ulaşınca ölçüm yapıldı (TSE, 2006).

Sütteki yağsız kuru madde miktarı aşağıda verilen formül ile hesaplandı:

$$YK = [(m^1 - m^0) / (m^2 - m^0)] \times 100 - Y$$

Y: Yağ miktarı, kütle olarak yüzde cinsinden,

m: Kabın boş kütlesi g

m^1 : Kabın kütlesi+etüv cihazından çıkan süt ağırlığı(g)

m^2 : Kap kütlesi+süt (g)

3.2.2.7. Sütteki yoğunluk analizi

Yoğunluk ölçümü için süt, köpürmeyecek şekilde cam olan silindire döküldü. Laktodansimetre, silindirin kenar kısımlarına temas etmeyecek biçimde daldırıldı ve ölçüm 15°C’de yapıldı (Demirci ve Gündüz, 1994).

3.2.3. Yoğurtlardaki kimyasal ve fiziksel analizler

Hazırlanan probiyotik yoğurtların su tutma kapasitesi, titre edilir asitlik, Ph, serum ayrılma oranı ve mikrobiyolojik analizleri depolama süresinin 1.gününde, 7.gününde, 14. gününde ve 21. gününde yapıldı. Renk analizleri ve duyu analizi ise depolama süresinin 7. gününde yapıldı.

3.2.3.1. Su tutma kapasitesi analizi

Analiz için 5 g yoğurt örneği tartıldı, 10°C’de 4500 devir/dak hızında 30 dakika santrifüj edildi. Santrifüj sonrası süpernatant uzaklaştırıldı, kalan pellet tartılarak su tutma kapasitesi hesaplandı (WuH vd., 2001).

3.2.3.2. Serum ayrılma oranı analizi

Boş kütlesi bilinen bir huni içine yerleştirilen filtre kâğıdının üstüne, 4±1°C’de muhafaza edilmiş 25 g yoğurt örneği tartılarak eklendi. 120 dakika sonunda huninin alt tarafındaki erlene toplanan serum miktarı tartıldı, elde edilen değer 4 ile çarpılarak yüzde cinsinden ifade edildi (Konar, 1980).

3.2.3.3. pH Analizi

Yoğurtların pH değeri ölçümleri, fermentasyon boyunca ve depolama süresinin 1.gününde, 7.gününde, 14.gününde ve 21. gününde yapıldı. Ölçümler Hanna Instruments P2960-pH211 isimli alet ile gerçekleştirildi (Akalin vd., 2012).

3.2.3.4. Titre edilebilir asitlik analizi

Hazırlanmış yogurt örneklerinden yaklaşık 10 g örnek, 0,1 g hassasiyetle tartılarak 100 mL’lik erlene aktarıldı. Üzerine 10 mL damıtık su eklendi ve baget

kullanılarak homojen bir çözelti oluşturuldu. Çözeltiye 0,5 mL fenolftalein damlatıldıktan sonra, 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisiyle pembe rengin kalıcılığı yakalanıncaya kadar titre edildi. Yoğurtta titre edilebilir asitlik (A), kütle bazında laktik asidin yüzdesi üzerinden hesap edildi (TSE, 2006).

$$A=[V \times 0,009 \times F \times 100] / M$$

V: Titrasyon işleminde harcanan NaOH miktarı mL,

M: Numune ağırlığı (g),

F: 01 N NaOH faktörü=1

(1 mL 0,1 N NaOH 0,009g laktik asit miktarına eşittir.)

3.2.3.5. Renk analizi

Yoğurt numunelerinin renkleri depolama süresinin 7.gününde analiz edildi. Ölçümler Hunter-Lab D25 A Optical Sensor isimli cihaz ile yapıldı. Bu analiz ile örneklerin a (kırmızı ve yeşil eksen) , L (açıklık ve parlaklık) ve b (sarı ve mavi eksen) yönünden değerler ölçüldü (Cueva ve Aryana 2008).

3.2.4. Yoğurt Örneklerinde Yapılan Mikrobiyolojik Analizler

TS 2530 standardına uygun olarak,10 gram yoğurt numunesi %0,1'lik peptonlu sterilize su yardımıyla seyreltildi ve hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL alınıp besiyerlerine tabana yayma yöntemi kullanılarak ekim gerçekleştirildi. Bu yöntem, sıvı bir örnekte (örneğin yoğurtun seyreltilmiş süspansiyonunda) bulunan mikroorganizmaların katı bir besiyerinin yüzeyine eşit şekilde dağıtılması işlemidir. Amaç: Her canlı mikroorganizmanın tek tek çoğalmasını sağlamak ve koloni sayısını doğru şekilde ölçmektir. İşlem iki paralel halinde uygulandı. İnkübasyon sonrası oluşan koloniler sayıldı (Türk Gıda Kodeksi, 2001).

Anaerobik ortam, Merck (Almanya) üretimli kitler kullanılarak sağlandı.

Her bir kit, 35 mL steril su ile hazırlandı ve örnekler, anaerobik ortam sağlanan jarlara aktarıldı. *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*'un sayımı ise De Man-Rogosa Agar (MRS, Oxoid CM 361) besiyeri kullanılarak yürütüldü.

Besiyerleri üretici formülüne göre hazırlandı, pH'sı HCl ile 5,2'ye ayarlandı. Yoğurt örnekleri 10^{-1} – 10^{-6} aralığında seyreltilerek ekim yapıldı, 45 derecede 72 saat inkübe edildi ve oluşan koloniler sayılarak sonuçlar kob/g cinsinden hesaplandı (Dave ve Shah, 1996).

- *Streptococcus thermophilus* sayımı için M17-Agar (Merck, Germany) besiyeri kullanıldı. Hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL alınarak ekim yapıldı, drigalski özesiyle yüzeye yayıldı. Ekim yapılan kaplar ters yöne çevrilip 37 °C'de 3 gün boyunca aerobik koşullar altında inkübe edildi. İnkübasyon sonunda 30–300 arası koloniler sayılarak sonuçlar kob/g cinsinden verildi (Anonim, 1997).

- *Lactobacillus acidophilus* için MRS-Sorbitol Agar tercih edildi. Tabana yayma yöntemiyle ekilen örnekler, oksijensiz koşullar altında 37 derecede 72 saat boyunca inkübasyon yapıldı ve koloni sayıları kob/g cinsinden hesaplandı (Dave ve Shah, 1996).

3.2.5. Duyusal analizler

Kestane balı ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların duyusal değerlendirmesi, TS 1330 standardı esas alınarak yapıldı. Bu kapsamda 11 panelist tarafından puanlama testi uygulandı ve sonuçlar depolamanın 7. gününde kaydedildi.

Çizelge 3.3. Duyusal değerlendirme tablosu

Özellikleri	Niteliği	Puanı
GÖRÜNÜŞ	ÇOK İYİ: Parlak (Parlak olan) ve temiz görünümlü, sütün renginde görünen, serum ayrımı olmayan, gaz kabarcığı içermeyen, homojen.	5
	İYİ: Sütün renginde olan, temiz görünümlü, , serum ayrımı bulunmayan, çatlaklığı ve kabarcığı olmayan	4
	AZ KUSURLU: Temiz ve mat görünen, düşük miktarda çatlaklığı bulunan ve sınırlı serum ayrımı olan	3
	KUSURLU: Rengi süttten farklı, çok fazla miktarda çatlaklığı var, serumu ayrılmış, gaz kabarcıkları var, yabancı maddeler içerir.	1-2
KAŞIKLA KIVAM	ÇOK İYİ: Kaşık kullanılarak alınan kısımda dolgun kıvamlı, düzgün yapılı, görünümlü homojen ve serum ayrımı bulunmayan, dil ve damakta kolayca dağılan bir yapı göstermeyen.	5
	İYİ: Kaşıkla alınan kısımda düzgün bir yapıda, serum ayrımı olmayan, dil ve damakta minimum yayılma gösteren, dolgun yapılı ve görünümlü homojen	4
	AZ KUSURLU: Alınan kısımda akıcılığı sınırlı, serum ayrımı hemen olan, ağızda çabuk dağılan ve hafif pürüzlü	3
	KUSURLU: Kesitte çok akıcı, homojen olmayan ve pütürlü, dibinde tortu içeren, serumu ayrılan	1-2
AĞIZDA KIVAM	ÇOK İYİ: Dil ve damakta hemen dağılan bir yapı göstermeyen, dolgun yapılı ve homojen	5
	İYİ: Dil ve damakta az miktarda dağılma gösteren, dolgun yapılı ve homojen	4
	AZ KUSURLU: Ağıza alındığı zaman dağılma gösteren hafif pürüzlü	3
	KUSURLU: Dil ve damak arasında tutulamayan, akışkan olan ve homojen görünümlü olmayan, pürüzlü yapıda	1-2
KOKU	ÇOK İYİ: Kendisine has güzel kokusu olan	4-5
	AZ KUSURLU: Kendisine has olmayan veya yabancı bir kokusu olan	3
	KUSURLU: Kendisine has olmayan, alkole benzer, yabancı veya yanık kokusu olan	1-2
TAT	ÇOK İYİ: Kendisine has hafif ekşiye benzer tada sahip olan	5
	İYİ: Hafif ekşiye veya tatlıya benzer tat	4
	AZ KUSURLU: Ekşiye benzer, hafif acımtırak, hafif sabuna benzer, hafif küfe benzer, hafif yanık tada sahip olan veya yabancı bir tada sahip	3
	KUSURLU: Yoğun düzeyde ekşimiş, küf benzeri acımtırak, sabun benzeri, yanık tada sahip.	1-2

3.2.6. Yoğurt numunelerinin adlandırılması

K: Kestane balı eklenmeden hazırlanmış probiyotik yoğurt numunesi

A1: %2 Kestane balı eklenerek hazırlanan probiyotik yoğurt numunesi

A2: %4 Kestane balı eklenerek hazırlanan probiyotik yoğurt numunesi

A3: %6 Kestane balı eklenerek hazırlanan probiyotik yoğurt numunesi

A4: %8 Kestane balı eklenerek hazırlanan probiyotik yoğurt numunesi

3.2.7. İstatistiksel analiz sonuçları

İstatistiksel değerlendirmeler, Tesadüf Parselleri Deneme Planı esas alınarak gerçekleştirildi ve analizler için SPSS 18.0 paket programı kullanıldı. Elde edilen veriler arasındaki farklılıkların varlığını belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) uygulandı, farklılıkların derecesini tespit etmek için ise ‘Duncan’ çoklu karşılaştırma testi yapıldı (Düzgüneş vd., 1987).

4. BULGULAR

4.1. Kestane Balı Eklenen Probiyotik Yoğurt Numunelerinin Fizikokimyasal Özellikleri

4.1.1. pH değerleri

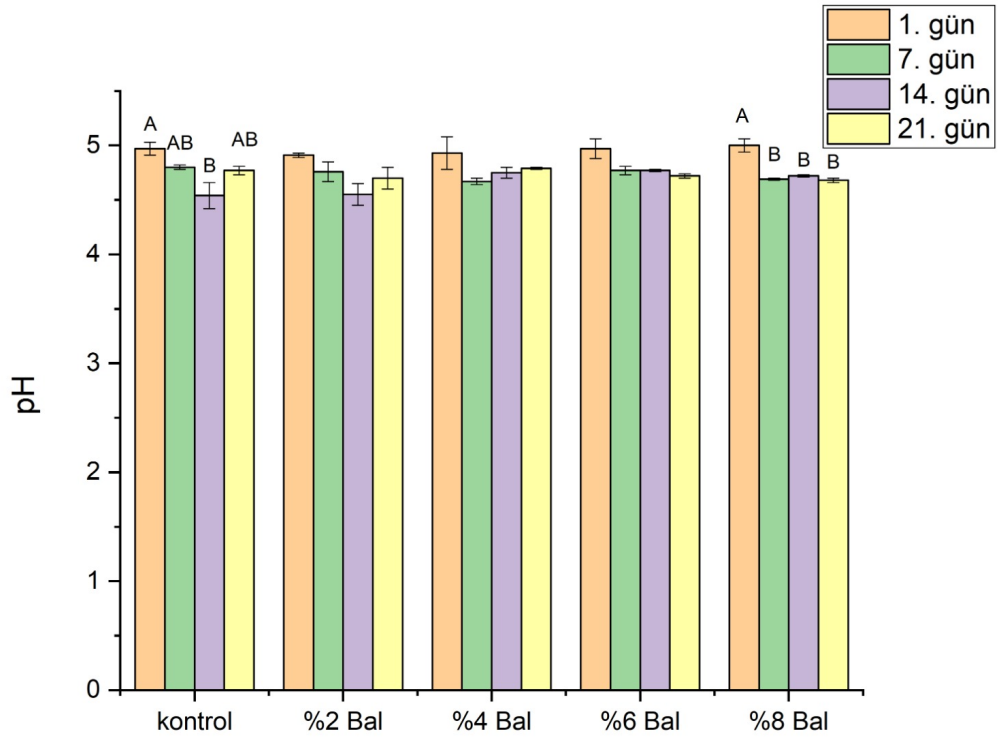
Çizelge 4.1. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının pH değerleri (Ortalama±SE)

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	4,97±0,06 ^A	4,80±0,02 ^{AB}	4,54±0,12 ^B	4,77±0,04 ^{AB}
%2 KestaneBalı	4,91±0,02	4,76±0,09	4,55±0,10	4,70±0,10
%4 KestaneBalı	4,93±0,15	4,67±0,03	4,75±0,05	4,79±0,01
%6 KestaneBalı	4,97±0,09	4,77±0,04	4,77±0,01	4,72±0,02
%8 KestaneBalı	5,00±0,06 ^A	4,69±0,01 ^B	4,72±0,01 ^B	4,68±0,02 ^B

A-B: Satır bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($P < 0,05$).

Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının pH (Potansiyel Hidrojen) seviyeleri 4.1 sayılı çizelgede verildi. Kontrol grubunda 14. günde pH 4,54 ile en düşük seviyeye ulaştı. Bal ilaveli gruplarda ise bu düşüş daha sınırlı oldu, %6 ve %8 kestane balı ilavesiyle pH düşüşü baskılandı. Fakat bu durum grupların arasında istatistiksel yönden fark meydana getirmedi ($P > 0,05$). Bal eklenmiş gruplarda düşüşün daha yavaş olması balın tamponlama etkisine ve muhtemelen mikrobiyal faaliyeti baskılamasına bağlanabilir. Muhafaza günleri arasında kontrol ve %8 bal eklenmiş gruplarda pH seviyeleri arasındaki farklar istatistiksel yönden anlamlı bulundu ($P < 0,05$).

21 günlük depolama boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin pH değişimleri Şekil 4.1 'de verilmiştir.



Şekil 4.1. pH değerlerinin depolama boyunca değişimi

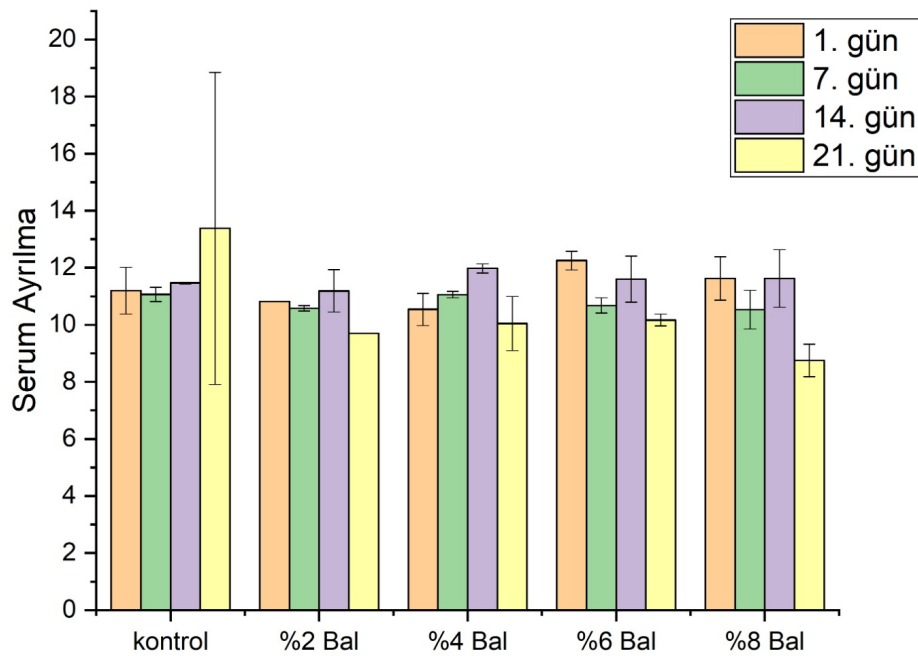
4.1.2. Serum Ayrılması

Çizelge 4.2. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının serum ayrılması miktarları (Ortalama±SE)(gram)

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	11,20±0,82	11,07±0,25	11,47±0,03	13,38±5,47
%2 KestaneBalı	10,82±0,01	10,58±0,10	11,19±0,74	9,70±0,01
%4 KestaneBalı	10,54±0,56	11,06±0,11	11,98±0,16	10,05±0,95
%6 KestaneBalı	12,25±0,33	10,68±0,27	11,60±0,81	10,17±0,21
%8 KestaneBalı	11,63±0,76	10,53±0,68	11,62±1,01	8,75±0,57

Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının serum ayrılma miktarları Çizelge 4.2’ de verildi. Serum ayrılması açısından yoğurt grupları arasında ve muhafaza günlerinin arasında istatistiksel yönden fark oluşmadı ($P>0,05$). Ancak kontrol yoğurtlarında 21. günde artarken (13,38%), %8 bal ilaveli grupta bu oran en düşük seviyeye geriledi (8,75%). %2, %4 ve %6 bal ilaveli gruplarda da bu parametrede düşüş gözlemlendi. Bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kestane balının (%2, %4, %6, %8 oranlarında) muhafaza süresinin sonuna doğru serum ayrılmasını azalttığı belirlendi.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin Serum ayrılma oranları Şekil 4.2 ‘de verildi.



Şekil 4.2. Serum ayrılması değerlerinin depolama boyunca değişimi

4.1.3. Su Tutma Kapasitesi

Çizelge 4.3. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının su tutma kapasiteleri (Ortalama±SE)

Zaman (Gün)				
Grup	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün

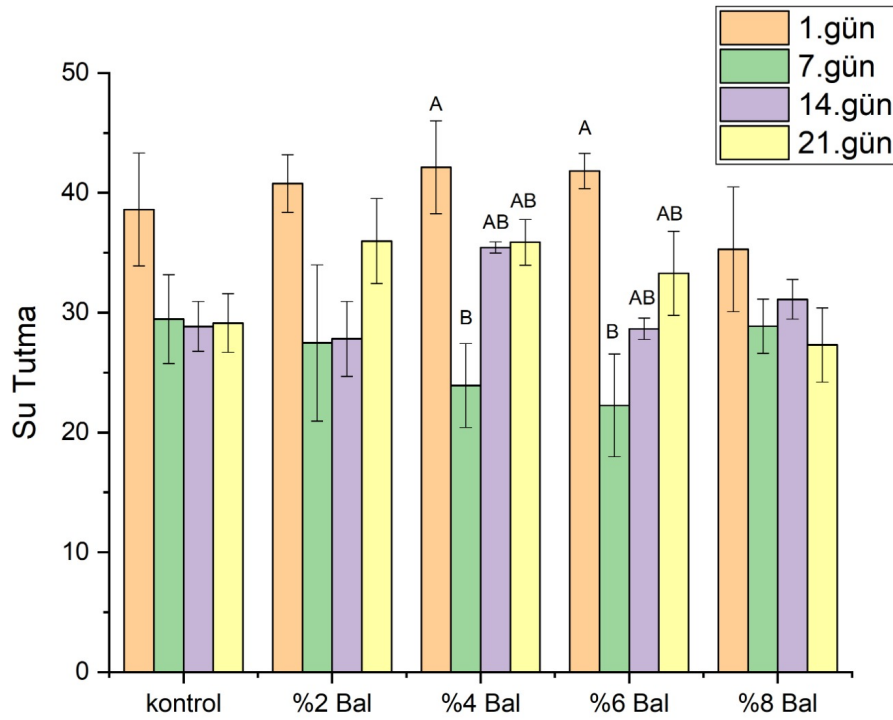
Kontrol	38,61±4,71	29,46±3,70	28,85±2,07	29,13±2,45
%2 KestaneBalı	40,77±2,41	27,47±6,53	27,81±3,13	35,97±3,55
%4 KestaneBalı	42,13±3,87 ^A	23,91±3,51 ^B	35,44±0,46 ^{AB}	35,87±1,91 ^{AB}
%6 KestaneBalı	41,82±1,48 ^A	22,26±4,28 ^B	28,65±0,89 ^{AB}	33,29±3,51 ^{AB}
%8 KestaneBalı	35,28±5,20	28,87±2,27	31,11±1,65	27,30±3,10

A-B: Satır bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($P < 0,05$).

Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının su tutma kapasite değerleri 4.3 sayılı çizelgede verildi. Su tutma kapasitesi açısından yoğurt grupları arasında istatistiksel yönden değişiklik oluşmadı ($P > 0,05$). Öte yandan %4 kestane balı ve %6 kestane balı ilave edilen yoğurtlar, 1. gün itibarıyla en yüksek su tutma kapasitesine sahip oldu ($>41\%$). 7. gün itibarıyla %4 ve %6 gruplarında anlamlı düşüş yaşanmasına rağmen, bu gruplar diğerlerine kıyasla 21. güne kadar daha yüksek su tutma değerlerini korudu. %4 ve %6 kestane balı ilave edilen yoğurtlarda bu dalgalanmaların muhafaza günleri arasında istatistiksel yönden anlamlı olduğu bulundu ($P < 0,05$).

Bu sonuçların hepsi kestane balı ilavesinin yoğurdun su tutma kapasitesinde artırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.(Özellikle %4 ve %6).

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin Su Tutma Kapasitesi oranları Şekil 4.3 ‘deki gibidir.



Şekil 4.3. Su tutma kapasitesi değerlerinin depolama boyunca değişimi

4.1.4. Titre Edilebilir Asitlik

Çizelge 4.4. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının titre edilebilir asitlik değerleri (Ortalama±SE)

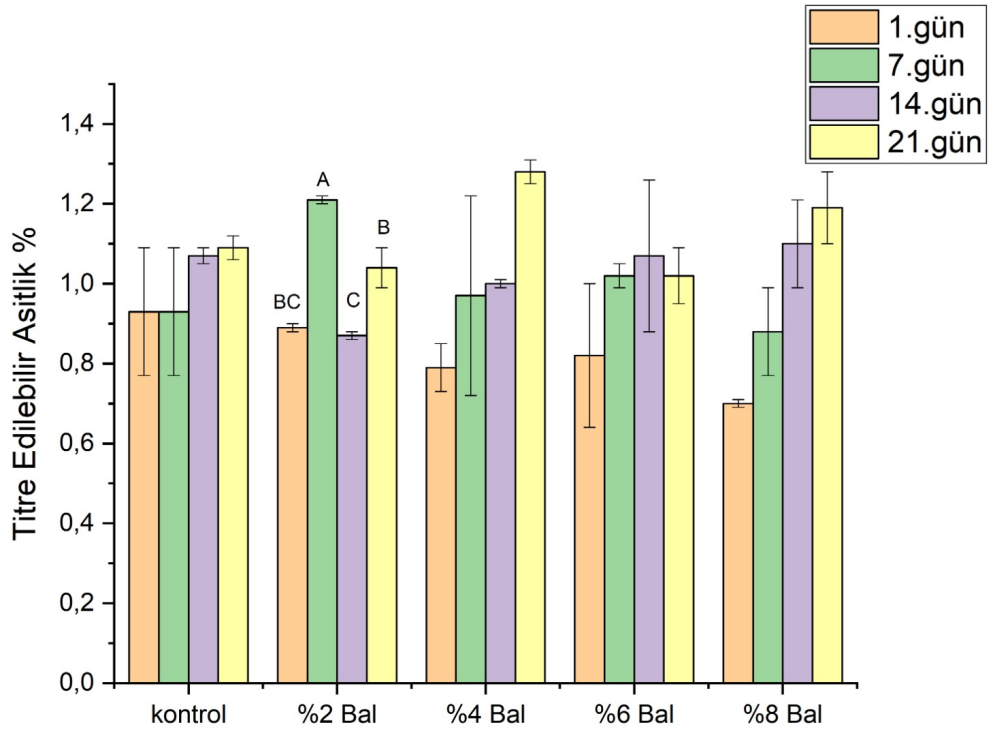
Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	0,93±0,16	0,93±0,16	1,07±0,02	1,09±0,03
%2 KestaneBalı	0,89±0,01 ^{BC}	1,21±0,01 ^A	0,87±0,01 ^C	1,04±0,05 ^B
%4 KestaneBalı	0,79±0,06	0,97±0,25	1,00±0,01	1,28±0,03
%6 KestaneBalı	0,82±0,18	1,02±0,03	1,07±0,19	1,02±0,07
%8 KestaneBalı	0,70±0,01	0,88±0,11	1,10±0,11	1,19±0,09

A-C: Satır bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($P < 0,05$).

Yoğurt örneklerinin farklı muhafaza süreleri boyunca ölçülen titre edilebilir asitlik (laktik asit cinsinden, % w/v) değerleri Çizelge 4,4'te sunulmuştur. Kontrol grubunda asitlik 1. ve 7.günde $0,93 \pm 0,16$ değeri ile sabit kaldı, 14. günde $1,07 \pm 0,02$ ve 21.günde $1,09 \pm 0,03$ olarak ölçüldü. %2 kestane balı ilaveli grupta, 1.gün değeri $0,89 \pm 0,01$ olup 7. günde $1,21 \pm 0,01$, 14. günde $0,87 \pm 0,01$ ve 21. günde ise $1,04 \pm 0,05$ olarak ölçüldü. %4 kestane balı ilaveli grupta, 1.gün değeri $0,79 \pm 0,06$, 7.gün değeri $0,97 \pm 0,25$, 14. gün değeri $1,00 \pm 0,01$ ve 21.gün değeri $1,28 \pm 0,03$ olarak ölçüldü. %6 kestane balı ilaveli grupta 1.gün değeri $0,82 \pm 0,18$, 7. gün değeri $1,02 \pm 0,03$, 14.gün değeri $1,02 \pm 0,03$, 21.gün değeri $1,02 \pm 0,07$ olarak ölçüldü. %8 kestane balı ilaveli grupta ise 1.gün değeri $0,70 \pm 0,01$, 7.gün değeri $0,88 \pm 0,11$, 14.gün değeri $1,10 \pm 0,11$, 21.gün değeri ise $1,19 \pm 0,09$ olarak ölçüldü.

Bu sonuçlar kestane balı ilavesinin yoğurdun asitlik gelişimine etkisinin miktara ve depolama süresine bağlı olduğunu göstermektedir.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin titre edilebilir asitlik oranları Şekil 4,4 'teki gibidir.



Şekil 4.4. Titre edilebilir asitlik oranlarının depolama boyunca değişimi

4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.2.1. *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* Sayımı (log10kob/g)

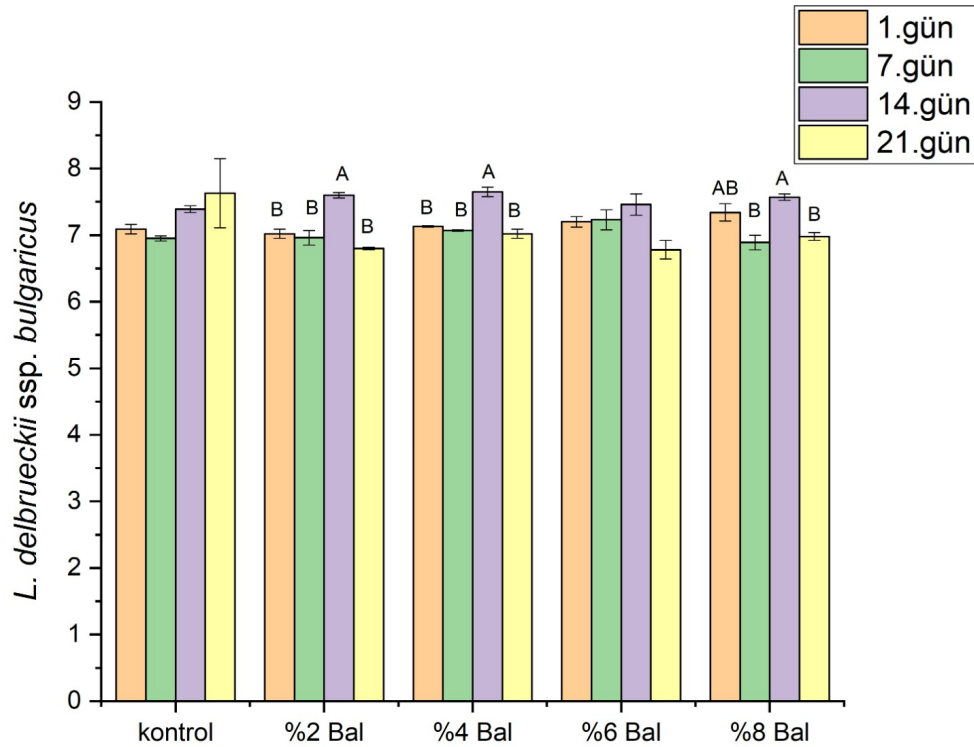
Çizelge 4.5. Farklı sürelerde grupların *L.d.ssp.bulgaricus* sayıları

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	7,09±0,07	6,95±0,04	7,39±0,05	7,63±0,52
%2 KestaneBalı	7,02±0,07 ^B	6,96±0,11 ^B	7,60±0,04 ^A	6,80±0,02 ^B
%4 KestaneBalı	7,13±0,01 ^B	7,07±0,01 ^B	7,65±0,07 ^A	7,02±0,07 ^B
%6 KestaneBalı	7,20±0,08	7,23±0,15	7,46±0,16	6,78±0,14
%8 KestaneBalı	7,34±0,13 ^{AB}	6,89±0,11 ^B	7,57±0,05 ^A	6,98±0,06 ^B

A-B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler anlamlı derecede farklıdır ($P < 0,05$).

Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* sayıları Çizelge 4.5'te verildi. Bal ilavesi yoğurttaki *L. bulgaricus* sayısını belirgin şekilde etkiledi. Gruplar arasında istatistiksel fark gözlenmese de ($P > 0,05$), muhafaza günleri arasında %2, %4, %8 bal eklenmiş gruplarda *L. bulgaricus* sayısının arasındaki farklar istatistiksel yönden anlamlı oldu ($P < 0,05$). Bal ilave edilmiş gruplarda (%4 ve %8) 14. günde en yüksek koloni sayılarına ulaşıldı ($\geq 7.5 \log_{10} \text{kob/g}$), ancak 21. günde tüm bal ilaveli gruplarda sayılarda anlamlı düşüş gözlemlendi. Bu durum, balın başlangıçta probiyotik gelişimini destekleyici ancak uzun vadede sınırlayıcı bir etki gösterebileceğini düşündürmektedir.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* sayıları Şekil 4.5 'teki gibidir.



Şekil 4.5. *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* sayılarının depolama boyunca değişimi.

4.2.2. *S. thermophilus* Sayımı ($\log_{10} \text{kob/g}$)

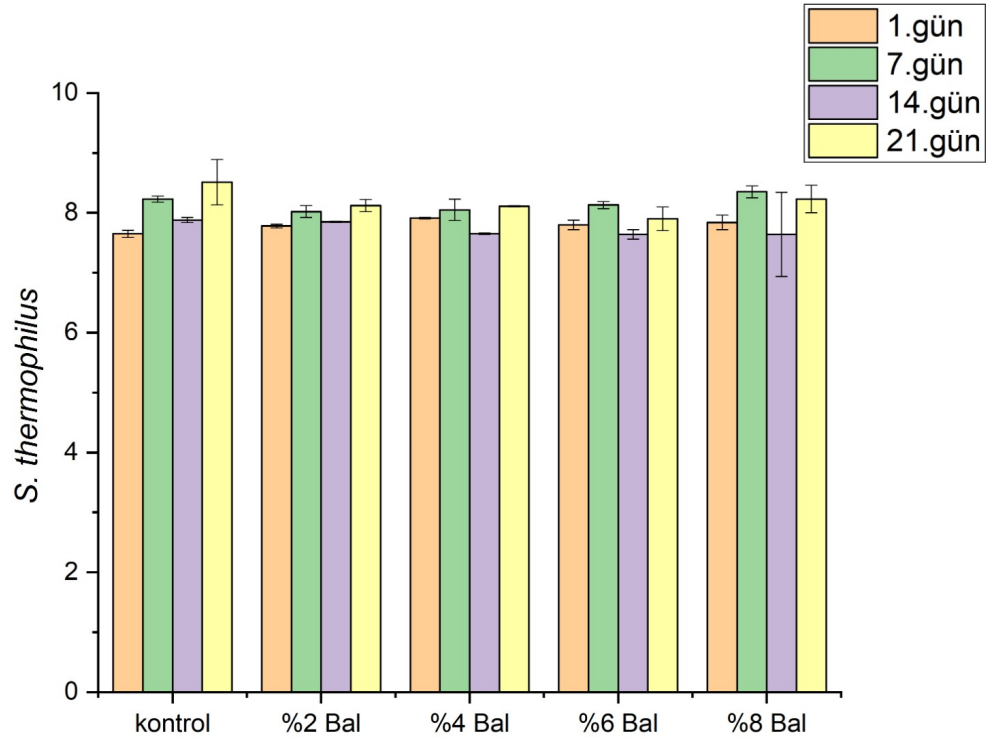
Çizelge 4.6. Farklı sürelerde grupların *S. thermophilus* sayıları (Ortalama±SE)

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	7,65±0,06	8,23±0,05	7,88±0,04	8,51±0,38
%2 KestaneBalı	7,78±0,03	8,02±0,10	7,85±0,01	8,12±0,10
%4 KestaneBalı	7,91±0,01	8,05±0,18	7,65±0,01	8,11±0,01
%6 KestaneBalı	7,80±0,08	8,13±0,06	7,64±0,08	7,90±0,20
%8 KestaneBalı	7,84±0,12	8,35±0,10	7,64±0,07	8,23±0,23

A-B: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler anlamlı derecede farklıdır ($P < 0,05$).

Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının *S. thermophilus* sayıları Çizelge 4.6’ da verildi. Kestane balının yoğurtlara ilave edilmesinin, *S. thermophilus* sayısı üzerinde muhafaza süresince düşüş ve artışlarla neden olsa bile bu sonuç istatistiksel yönden önemli olmadı ($P > 0,05$). 21. günde kontrol grubunda 8,51 $\log_{10}$ kob/g değeri en yüksek değer görülürken, bal ilaveli gruplarda da bu seviyeler korundu. Genel olarak tüm gruplarda yüksek düzeyde *S.thermophilus* sayılarının hemen hemen aynı seviyede kaldığı, kestane balı ilavesinin bu bakterinin canlılığı üzerinde belirgin bir olumsuz etkiye neden olmadığı gözlemlendi.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin *S. thermophilus* sayıları Şekil 4.6 ‘daki gibidir.



Şekil 4.6. S. thermophilus sayılarının depolama boyunca değişimi

4.2.3. L.acidophilus Sayımı (log10kob/g)

Çizelge 4.7. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının L. acidophilus sayıları (Ortalama±SE)

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	4,10±0,02 ^b	4,35±0,09	4,05±0,20	4,88±0,20
%2 KestaneBalı	4,14±0,05 ^{Bab}	4,28±0,10 ^B	4,19±0,10 ^B	5,20±0,01 ^A
%4 KestaneBalı	4,32±0,02 ^{Ba}	4,27±0,03 ^B	4,16±0,08 ^B	5,15±0,04 ^A
%6 KestaneBalı	4,28±0,03 ^{Bab}	4,36±0,02 ^B	4,15±0,03 ^B	5,07±0,05 ^A
%8 KestaneBalı	4,26±0,03 ^{Bab}	4,38±0,01 ^B	4,15±0,06 ^B	5,01±0,08 ^A

A-B:Satır bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık gösterdi ($P < 0,05$).

a-b: Sütun bazında değişik harfler ile tanımlana ortalamalar anlamlı derecede farklılık gösterdi ($P < 0,05$).

Farklı oranlarda kestane balı ilave edilen yoğurt örneklerinin *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*) sayıları, 4,7 sayılı çizelgede sunuldu. Elde edilen bulgular, depolama süresi boyunca tüm gruplarda *L. acidophilus* popülasyonlarının genel olarak korunduğunu ve özellikle 21. gün itibarıyla anlamlı artışlar gözlemlendiğini ortaya koydu.

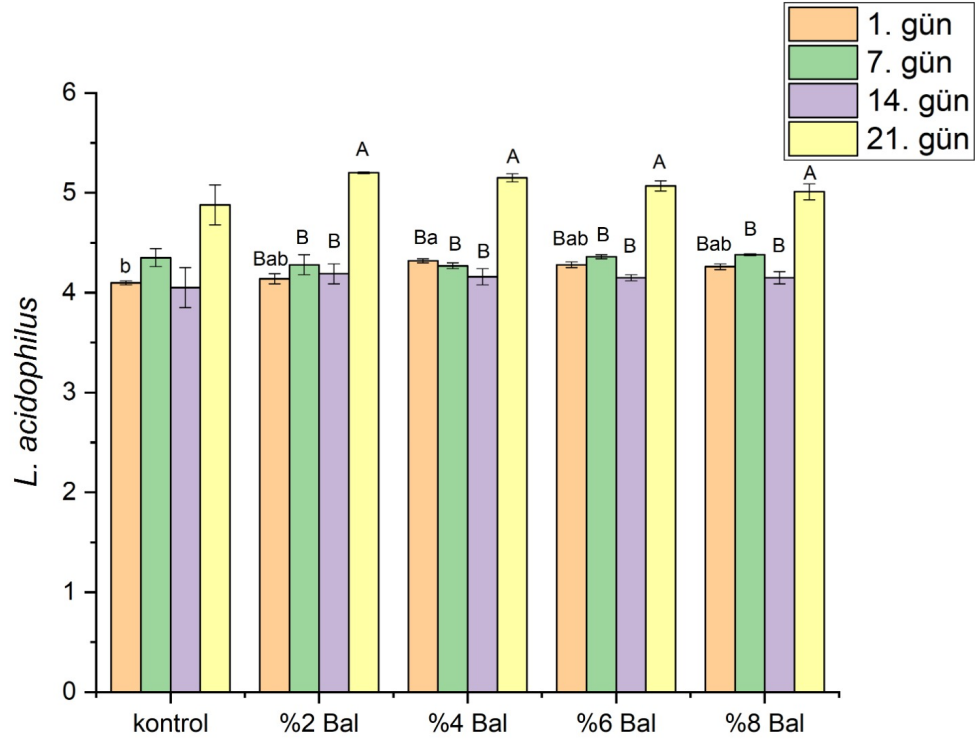
Kontrol grubunda, 1.gün değeri $4,10 \pm 0,02 \log_{10} \text{kob/g}$ değerinde iken, 21. günün sonunda ise bu değer $4,88 \pm 0,20 \log_{10} \text{kob/g}$ düzeyine ulaştı. Zamanla artan değerler, istatistiksel yönden anlamlı olan bir fark oluşturmadı ($p < 0,05$).

%2 kestane balı ilaveli yoğurtlarda, 1. gün değeri $4,14 \pm 0,05 \log_{10} \text{kob/g}$ değerinde iken, 21. günün sonunda $5,20 \pm 0,01 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak ölçüldü ve bu yükselişin istatistiksel yönden anlamlı olduğu bulundu ($P < 0,05$). Bu grup, 21. gün sonunda en yüksek *L. acidophilus* düzeyine ulaşan grup oldu. %4 kestane balı ilaveli grupta, başlangıç değeri nispeten yüksek olup ($4,32 \pm 0,02 \log_{10} \text{kob/g}$), 21. gün sonunda bu değer $5,15 \pm 0,04 \log_{10} \text{kob/g}$ seviyesine ulaştı. Benzer şekilde, istatistiksel yönden anlamlı olan bir artış saptandı ($P < 0,05$).

%6 ve %8 kestane balı gruplarında da benzer bir gelişim gözlenmiş olup 1. gün değerleri sırasıyla $4,28 \pm 0,03$ ve $4,26 \pm 0,03 \log_{10} \text{kob/g}$ iken, 21. gün değerleri sırasıyla $5,07 \pm 0,05$ ve $5,01 \pm 0,08 \log_{10} \text{kob/g}$ olarak belirlendi.

Kestane balının yoğurtlara ilave edilmesinin, *L. acidophilus* sayısı üzerinde muhafazanın ilk gününde gruplar arasında farka sebep oldu. Birinci günde en yüksek *L. acidophilus* sayısı %4 kestane balı ilave edilen grupta görüldü ($P < 0,05$). Bu durum, kestane balının özellikle düşük ve orta konsantrasyonlarda *acidophilus* türlerinin gelişimini destekleyebileceğini gösterdi.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin *L. acidophilus* sayıları Şekil 4,7 'deki gibidir.



Şekil 4.7. L. acidophilus sayılarının depolama boyunca değişimi

4.2.4. Bifidobacterium Sayımı(log10kob/g)

Çizelge 4.8. Farklı sürelerde grupların Bifidobacterium sayıları (Ortalama±SE)

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	4,06±0,06 ^B	4,01±0,01 ^B	4,15±0,09 ^B	4,58±0,02 ^A
%2 KestaneBalı	4,23±0,05 ^B	4,03±0,03 ^B	3,94±0,06 ^B	4,59±0,07 ^A
%4 KestaneBalı	4,24±0,06 ^B	4,07±0,01 ^B	4,02±0,01 ^B	4,60±0,05 ^A
%6 KestaneBalı	4,18±0,01 ^{BC}	4,33±0,07 ^{AB}	3,99±0,07 ^C	4,64±0,05 ^A
%8 KestaneBalı	4,25±0,01	4,22±0,16	4,12±0,10	4,59±0,01

A-C: Satır bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($P < 0,05$).

Farklı oranlarda kestane balı ilave edilen yoğurt gruplarının depolama süresi boyunca belirlenen *Bifidobacterium* sayıları Çizelge 4,8’de sunuldu. Genel olarak tüm gruplarda *Bifidobacterium* popülasyonlarının 21. güne kadar korunduğu ve hatta bazı gruplarda artış gösterdiği gözlemlendi.

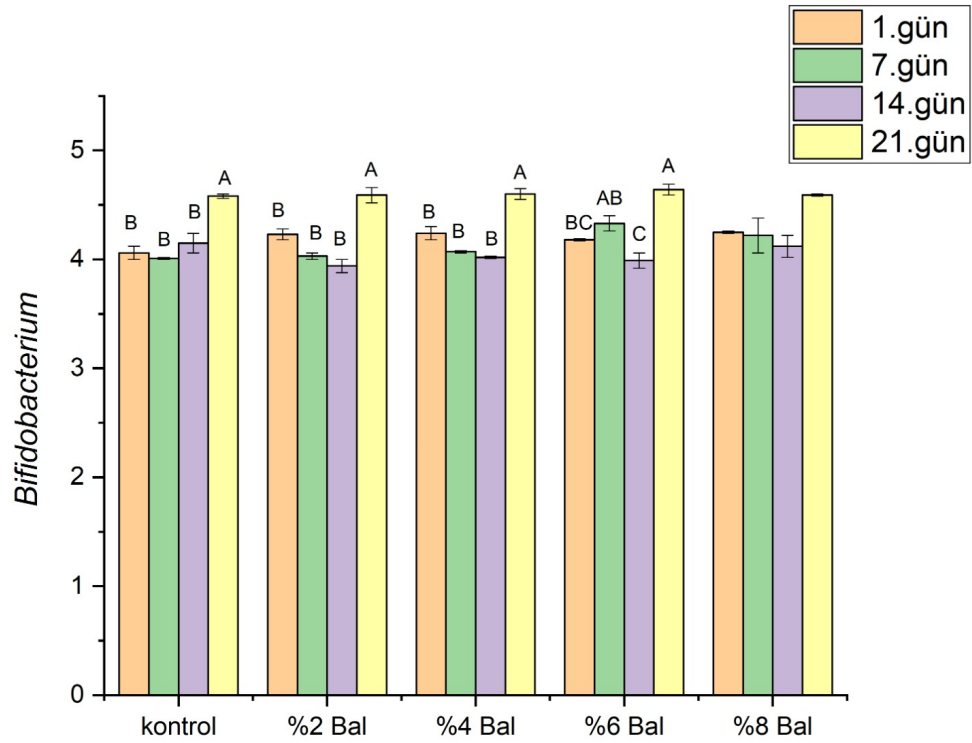
Kontrol grubu, 1. gün itibarıyla $4,06 \pm 0,06 \log_{10} \text{kob/g}$ düzeyinde *Bifidobacterium* içermekte olup bu değer depolama boyunca istatistiksel olarak anlamlı şekilde artış gösterdi ve 21. günde $4,58 \pm 0,02 \log_{10} \text{kob/g}$ seviyesine ulaştı. Bu durum, yoğurt matriksinin *Bifidobacterium* için uygun bir yaşam ortamı sunduğunu gösterdi.

%2 ve %4 kestane balı ilaveli yoğurtlar, kontrol grubuna benzer şekilde 1. gün itibarıyla sırasıyla $4,23 \pm 0,05$ ve $4,24 \pm 0,06 \log_{10} \text{kob/g}$ değerlerine sahipken, bu değerler 21. gün sonunda her iki grupta da yaklaşık $4,59-4,60 \log_{10} \text{kob/g}$ seviyelerine ulaştı. Depolama süresi boyunca bu gruplarda da *Bifidobacterium* sayılarında istatistiksel yönden anlamlı olan bir artış gözlemlendi ($P < 0,05$).

%6 kestane balı ilaveli grupta, 1. gün değeri $4,18 \pm 0,01 \log_{10} \text{kob/g}$ iken, 7. gün itibarıyla $4,33 \pm 0,07$ ’ye yükseldi, 14. günde ise $3,99 \pm 0,07$ ’ye düştü. Bu inişli çıkışlı seyir, yüksek kestane balı oranının bazı günlerde bakteri gelişimini sınırlayabileceğini gösterdi. Ancak, 21. gün sonunda bu grup da $4,64 \pm 0,05 \log_{10} \text{kob/g}$ ile en üst değere ulaştı ve gruplar arası anlamlı olan bir fark oluştu ($P < 0,05$).

%8 kestane balı ilaveli yoğurtlarda, depolama süresi boyunca *Bifidobacterium* sayılarında genel olarak stabil bir seyir izlenmiş olup 1. gün değeri $4,25 \pm 0,01$ iken 21. gün sonunda $4,59 \pm 0,01 \log_{10} \text{kob/g}$ seviyesine ulaştı.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin *Bifidobacterium* sayıları Şekil 4,8 ‘deki gibidir.



Şekil 4.8. Bifidobacterium sayılarının depolama boyunca değişimi

4.2.5. Maya-küf Sayımı

Çizelge 4.9. Farklı muhafaza sürelerinde yoğurt gruplarının maya-küf sayıları(Ortalama±SE)

Grup	Zaman (Gün)			
	1.Gün	7.Gün	14.Gün	21.Gün
Kontrol	$\leq 1^c$	$\leq 1^b$	$\leq 1^b$	$\leq 1^c$
%2 KestaneBalı	$\leq 1^c$	$\leq 1^b$	$\leq 1^b$	$\leq 1^c$
%4 KestaneBalı	$2,00 \pm 0,04^{ab}$	$\leq 1^b$	$\leq 1^b$	$\leq 1^c$
%6 KestaneBalı	$3,50 \pm 0,06^{Aa}$	$\leq 1^{Cb}$	$1,39 \pm 0,04^{Ba}$	$1,69 \pm 0,06^{Bb}$
%8 KestaneBalı	$\leq 1^{Cc}$	$1,50 \pm 0,02^{Ba}$	$1,81 \pm 0,03^{Ba}$	$3,18 \pm 0,08^{Aa}$

A-C: Satır bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık göstermektedir($P < 0,05$).

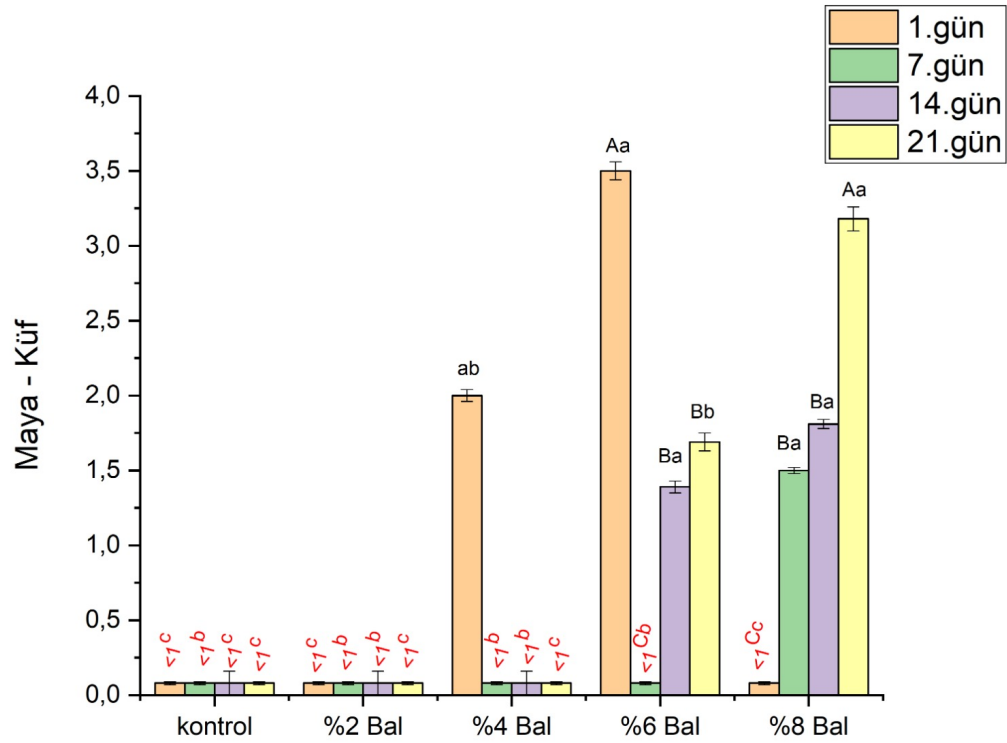
a-c:Sütun bazında değişik harfler ile tanımlanan ortalamalar anlamlı derecede farklılık göstermektedir($P < 0,05$).

Değişik oranlarda kestane balı ilave edilen yoğurt örneklerinin depolama süresi boyunca maya-küf gelişimi Çizelge 4,9'da verildi. Kontrol ve %2 kestane balı ilaveli gruplarda tüm depolama süresi boyunca maya-küf sayıları tespit sınırının altında kaldı. Bu durum, düşük oranlardaki kestane balı ilavesinin mikrobiyal stabilite üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını ve maya küf kontaminasyon riskini azaltabileceğini gösterdi.

%6 ve %8 kestane balı ilaveli gruplarda ise depolama süresine bağlı olarak maya-küf gelişimi gözlemlendi. %6 bal ilaveli grupta 1. günde en yüksek değer olan $3,50 \pm 0,06 \log_{10} \text{kob/g}$ kaydedildi, 14. ve 21. günlerde ise sırasıyla $1,39 \pm 0,04$ ve $1,69 \pm 0,06 \log_{10} \text{kob/g}$ değerlerine ulaşıldı. Benzer şekilde, %8 bal ilaveli grupta 7. günden itibaren maya-küf gelişimi başladı ve 21. gün itibarıyla $3,18 \pm 0,08 \log_{10} \text{kob/g}$ seviyesine ulaştı. Özellikle %8 bal ilavesi, depolama süresi boyunca anlamlı bir mikrobiyal artışa neden oldu ve diğer gruplardan istatistiksel yönden farklılık gösterdi ($p < 0,05$).

Bu bulgular, yüksek oranda kestane balı ilavesinin yoğurtların maya-küf açısından mikrobiyal kalitesini olumsuz etkileyebileceğini, dolayısıyla katkı oranının optimize edilmesi gerektiğini gösterdi.

21 günlük depolama süresi boyunca kestane balı ile zenginleştirilmiş deneme numunelerinin maya-küf sayıları Şekil 4.9 'daki gibidir.



Şekil 4.9. Maya-küf sayılarının depolama boyunca değişimi

4.3. Renk Analiz Sonuçları

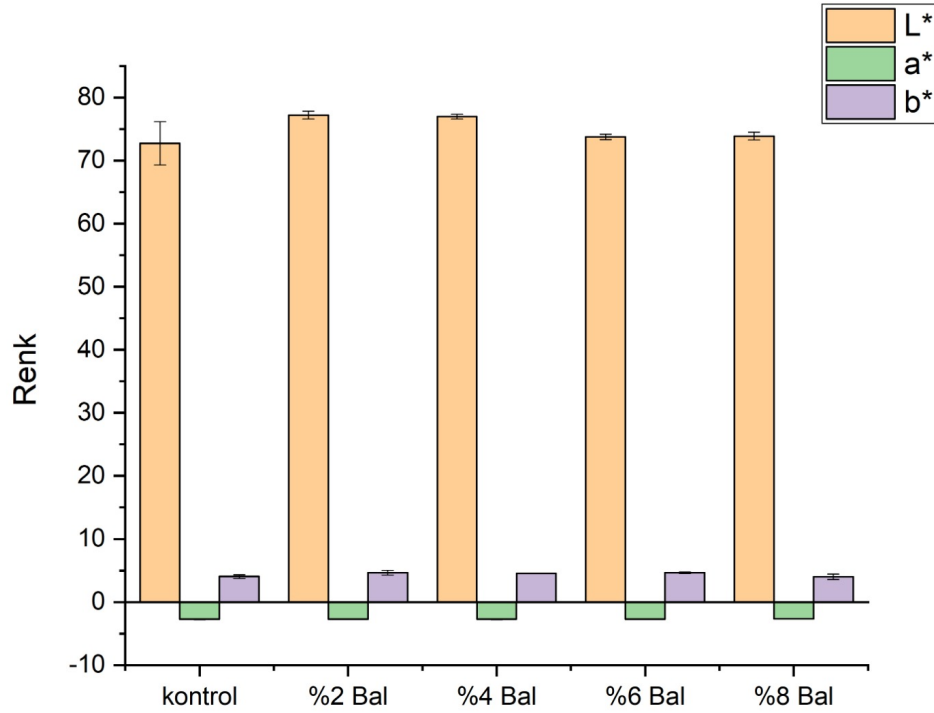
Çizelge 4.10. Yoğurt gruplarının 7. günde renk parametreleri (Ortalama±SE)

Renk Parametreleri			
Grup	L*	a*	b*
Kontrol	72,73±3,43	-2,72±0,07	4,05±0,31
%2 KestaneBalı	77,22±0,63	-2,71±0,06	4,67±0,37
%4 KestaneBalı	76,96±0,37	-2,73±0,06	4,54±0,02
%6 KestaneBalı	73,78±0,43	-2,68±0,01	4,65±0,11
%8 KestaneBalı	73,87±0,62	-2,67±0,01	4,00±0,44

7. muhafaza gününde yapılan renk analizi sonucunda kestane balının yoğurtlara ilave edilmesinin, yoğurtların L* (açıklık), a* (yeşil-kırmızı) ve b* (mavi-sarı) değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadı. İstatistiksel olarak

fark olmasada %2 ve %4 bal ilaveli yoğurtlarda en parlak görünüm elde edildi.

Renk analizleri açısından değerlendirildiğinde, %4 kestane balı ilaveli yoğurtlar en yüksek L* (açıklık) değerine sahip olup, daha parlak ve açık görünümlü yoğurtların elde edildiği görüldü.



Şekil 4.10. Yoğurt gruplarının 7. günde renk parametreleri

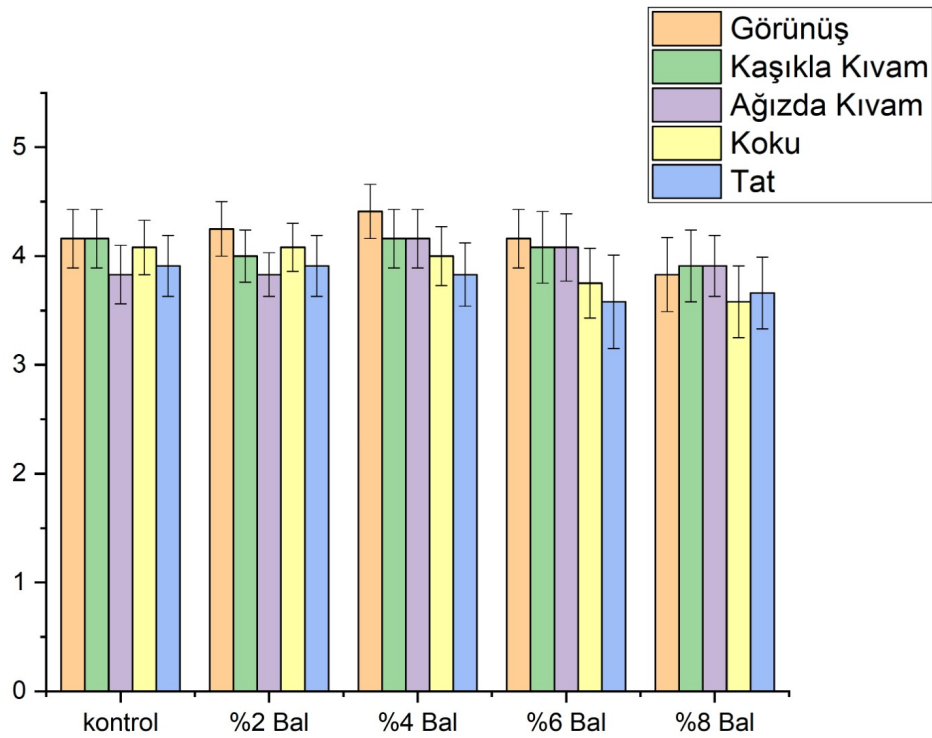
4.4. Duyusal Analiz Sonuçları

Çizelge 4.11. Yoğurt gruplarının 7. günde duyusal analiz değerleri (Ortalama±SE)

Duyusal Özellikler					
Grup	Görünüş	Kaşıkla Kıvam	Ağızda Kıvam	Koku	Tat
Kontrol	4,16±0,27	4,16±0,27	3,83±0,27	4,08±0,25	3,91±0,28
%2 KestaneBalı	4,25±0,25	4,00±0,24	3,83±0,20	4,08±0,22	3,91±0,28
%4 KestaneBalı	4,41±0,25	4,16±0,27	4,16±0,27	4,00±0,27	3,83±0,29

%6 KestaneBalı	4,16±0,27	4,08±0,33	4,08±0,31	3,75±0,32	3,58±0,43
%8 KestaneBalı	3,83±0,34	3,91±0,33	3,91±0,28	3,58±0,33	3,66±0,33

Yoğurt gruplarının 7. günündeki duyuşal yönden analizinin sonuçları 4.10 sayılı çizelgede verildi. Farklı oranlarda kestane balı ilavesi, yoğurtların görünüş, kıvam, koku ve tat özellikleri üzerinde istatistiksel yönden anlamlı bir fark meydana gelmedi ($P>0,05$). Ancak, %2 ve %4 kestane balı ilave edilen gruplar, özellikle görünüş, kaşıkla kıvam ve koku açısından daha yüksek puanlar aldı, duyuşal açıdan daha iyi kabul gördü. Özellikle %8 bal ilavesinde ise tüm parametrelerde puanlar nispeten düştü, yüksek bal konsantrasyonunun duyuşal kaliteyi olumsuz etkilediği gözlemlendi.



Şekil 4.11. Yoğurt gruplarının 7. günde duyuşal analiz değerleri

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, kestane balı ilavesinin probiyotik ile zenginleştirilmiş yoğurdun bazı mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerine etkileri değerlendirilmiştir. Yoğurt örnekleri %0 (kontrol), %2, %4, %6 ve %8 oranlarında kestane balı içerecek şekilde üretilmiş ve 21 günlük soğuk depolama süreci boyunca analiz edilmiştir. Bulgular hem ürün kalitesini artıran hem de fonksiyonel katkı sağlayan önemli çıkarımlar ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, literatür verileri ile karşılaştırılarak aşağıda detaylı şekilde tartışılmıştır.

Çalışmada tüm yoğurt gruplarında depolama süresi boyunca pH değerlerinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Bu düşüş, fermente süt ürünlerinde sıkça gözlenen bir durumdur ve laktik asit bakterilerinin laktik asit üretimi sonucu ortamın asiditesinin artmasıyla ilişkilidir. Bununla birlikte, kestane balı ilavesi yapılan örneklerde pH düşüşü kontrol grubuna göre daha sınırlı kalmıştır. Özellikle %6 ve %8 kestane balı içeren gruplarda pH değerleri depolama boyunca daha stabil seyretmiştir. Bu bulgular, balın doğal tamponlayıcı etkisine ve içerdiği bazı antimikrobiyal bileşenlerin mikrobiyal aktiviteyi hafifçe baskılayarak fermentasyon sürecini yavaşlatmasına bağlanabilir.

Nitekim Andız pekmezi ile yapılan benzer bir çalışmada da, pekmez ilavesinin pH düşüşünü sınırladığı ve yoğurdun daha stabil bir asiditeye sahip olduğu bildirilmiştir (Çelik vd., 2009).

Akasya balı eklenerek gerçekleştirilen farklı bir araştırmada ise, %1 ile %5 oranında bal ilavesinin yoğurtların pH düzeylerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir (Varga, 2006).

Bir başka çalışmada, farklı miktarlarda peynir altı suyu tozu (PAST) ilavesi ile pH değeri arasında pozitif bir ilişki olduğu, buna karşın turunç ekstresi oranı arttıkça pH değerinin düştüğü, yani negatif bir korelasyon olduğu rapor edilmiştir (Çevik, 2013).

Başka bir çalışmada ise; %2, %4 ve %6 oranlarında çam balı içeren probiyotik yoğurtların her birinin ortalama pH değeri 4,33 olarak belirlenmiş ve depolama süresi ilerledikçe yoğurtların pH değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu bulgular, mevcut çalışmayla paralellik göstermektedir (Karabulut, 2017).

Ayçiçek balı ile zenginleştirilmiş yoğurtların incelendiği bir çalışmada ise,

depolama süresince pH değerinin balsız yoğurtta 4,33 iken, %6 oranında bal içeren yoğurtta 4,20 olarak ölçüldüğü kaydedilmiştir (Sert vd., 2011).

Serum ayrılması, yoğurt yapısının stabilitesini ve tüketici kabulünü doğrudan etkileyen önemli bir kalite kriteridir. Çalışmada 21 günlük depolama süresi boyunca kontrol grubunda serum ayrılmasında artış görülürken, bal ilaveli gruplarda bu artış sınırlı kalmıştır. En düşük serum ayrılması %8 kestane balı ilaveli grupta (%8,75) gözlenmiş, bu da balın yoğurt matrisinde su bağlama kapasitesini artırdığını ve yapısal stabiliteyi desteklediğini göstermektedir.

Bu bulgular, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur.

Örneğin pirinç sütü kullanılarak hazırlanan probiyotik yoğurtların üç haftalık depolama süreci sonunda serum ayrılmasının azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, yapılan çalışmadaki sonuçlarla paralellik göstermektedir (Uzuner, 2012).

Bir başka çalışmada ise, serum ayrılma değerlerinin depolamanın 21. gününe kadar azaldığı, bu süreden sonra ise çok düşük oranlarda bir artış yaşandığı rapor edilmiştir (Çelik vd., 2009). Bu sonuç da mevcut çalışma ile örtüşmektedir.

Bir diğer araştırmada, farklı oranlarda peynir altı suyu tozu (PAST) eklenmesinin serum ayrılmasını azalttığı (negatif korelasyon), buna karşılık turunç ekstresi ilavesinin ise serum ayrılmasını artırdığı (pozitif korelasyon) ifade edilmiştir (Çevik, 2013).

Yoğurtların su tutma kapasitesi, ürünün dokusal stabilitesi, kıvamı ve ağız hissiyatı açısından kritik öneme sahiptir. Araştırmada, kestane balı ilavesinin su tutma kapasitesini artırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle %6 ve %8 oranlarında bal içeren yoğurtlarda bu kapasitenin daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar kestane balı ilavesinin yoğurdun su tutma kapasitesinde arttırıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Özellikle %4 ve %6).

Balın içerisinde bulunan doğal şekerlerin ve yapışkan kıvamının, yoğurt proteinleri ile etkileşerek jel yapısını güçlendirdiği düşünülmektedir. Bu sayede yoğurt yapısında suyun daha fazla tutulması mümkün hale gelmiştir. Bu bulgular da literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur. Örneğin yoğurda ayva tozu ilavesi ile yapılan bir çalışmada 4 hafta depolama sonucunda su tutma kapasitesinin arttırıldığı bildirilmiştir (Çınar, 2016).

Başka bir çalışmada, ayçiçeği balı ilave edilen yoğurtların depolama sırasında su tutma kapasitesi değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Bu sonuçta mevcut çalışma ile paralellik göstermektedir (Sert vd., 2011).

Titre edilebilir asitlik, yoğurdun toplam asit içeriğini ifade eder ve sadece pH'tan değil, tüm organik asitlerden etkilenir. Çalışmada, zamanla tüm gruplarda asitlik değerlerinin artması, fermentasyonun devam ettiğini gösterdi. Ancak bal ilavesi yapılan gruplarda bu artış daha sınırlı kaldı. Balın içeriğindeki antioksidanlar ve antimikrobiyal maddeler nedeniyle fermentasyonu yavaşlatıcı bir etkiye neden olduğu düşünülmektedir. Bu etki nedeniyle yoğurtta asitlik daha düşük düzeyde kalmaktadır. Yani Kestane balı ilavesinin eklenen miktara göre, yoğurtta asitliğin kontrollü bir şekilde ilerlemesine katkı sağladı ve aşırı ekşimeyi önleyerek ürün kalitesini korudu.

Literatürde akasya balı ve andız pekmezi gibi doğal ürünlerle yapılan çalışmalarda da benzer şekilde titre edilebilir asitliğin baskılandığı gösterilmiştir (Çelik vd., 2009 ; Varga, 2006).

Farklı bir çalışmada ise araştırmacılar, arı sütü ve bal kullanılarak zenginleştirilen yoğurtlarda, depolama süreci boyunca titre edilebilir asitlik düzeyinin yükseldiğini saptamışlardır (Hashim vd., 2009).

Leyla K. (2017) tarafından yürütülen çalışmada ise, yoğurda çam balı ilavesinin depolama süresi sonuna kadar yoğurtlardaki asitlik seviyesinin sürekli arttığı belirlenmiştir (Karabulut, 2017).

Araştırma sonuçları, zamanla bakteri sayılarında hafif bir düşüş gözlemlendiğini, ancak kestane balı ilavesi yapılan gruplarda bu düşüşün daha sınırlı kaldığını göstermiştir. Özellikle %4 ve %6 kestane balı ilaveli gruplarda probiyotik bakteri canlılığının 21. gün sonunda dahi önerilen düzeylerin üzerinde kaldığı belirlenmiştir.

Kestane balının içerdiği doğal şekerler, fenolik bileşikler ve düşük glukoz-yüksek fruktoz oranı, probiyotik bakteriler için enerji kaynağı görevi görebilirken, bazı durumlarda mikrobiyal büyümeyi de sınırlandırıcı etki gösterebilir. Ancak bu çalışmada balın inhibitör etkisi gözlenmemiştir. Aksine, uygun konsantrasyonlarda kestane balı ilavesinin probiyotik bakterilerin canlılığını koruyucu ve hatta destekleyici bir rol oynadığı görülmüştür.

Benzer şekilde, ayçiçeği balı ilave edilen yoğurtlarda *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* sayıları, kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur (Sert vd., 2011).

Yapılan bir başka çalışmada çam balı ilavesiyle üretilen yoğurtlarda *Bifidobacterium spp.* sayısında önemli artışlar gözlemlenmiş ve balın içerdiği oligosakkaritlerin probiyotik gelişimi desteklediği ifade edilmiştir ve bu çalışma yapılan çalışmayla benzerlik göstermiştir (Çayır, 2007).

Akasya balı ilavesiyle yapılan farklı bir çalışmada, %1 ile %5 bal ilavesinin yoğurtlardaki yoğurt bakterilerinden *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* canlılığı üzerinde fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Varga, 2006).

Ayva tozu kullanılarak yapılan bir çalışmada *S. thermophilus* sayısında yoğurt çeşidinin ve saklama süresinin etkisinin önemli bulunduğu belirtilmiştir (Çınar, 2016).

Yapılan başka bir çalışmada farklı oranlarda pirinç sütü ilavesiyle üretilen probiyotik yoğurtlarda *S. thermophilus* sayısının pirinç sütü ilavesinden etkilendiğini bildirmişlerdir (Uzuner, 2012).

Başka bir çalışmada farklı oranlarda peynir altı suyu tozu (PAST) ilavesi ile *S. thermophilus* sayıları arasında pozitif bir korelasyon olduğu ve farklı oranlarda turunç ekstresi ilavesi ile *S. thermophilus* sayıları arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Çevik, 2013).

Benzer şekilde yapılan bir çalışmada bal ilavesinin yoğurtta bifidobakterilerin canlı kalımını olumlu etkilediğini bildirilmiştir (Özer vd., 2009).

Çalışmadaki bulgular, yüksek oranda kestane balı ilavesinin yoğurtların maya-küf açısından mikrobiyal kalitesini olumsuz etkileyebileceğini, dolayısıyla katkı oranının optimize edilmesi gerektiğini gösterdi.

Yapılan başka bir çalışmada da benzer şekilde, yüksek oranlarda bal ilavesiyle maya-küf gelişiminin artması, bildirilen bulgularla da örtüşmektedir. Bu araştırmada, %6'dan yüksek oranlarda bal ilavesinin yoğurtların mikrobiyal stabilitesini bozduğu, özellikle maya ve küf sayılarında önemli artışlara neden olduğu belirtilmiştir. Bu artış, balın yapısındaki doğal şekerlerin (glukoz ve fruktoz) maya ve küf gelişimini teşvik etmesiyle açıklanabilir (Ravula vd., 1998).

Sonuç olarak, kestane balı ilavesi, yoğurttaki probiyotik suşların canlılığını

olumsuz yönde etkilemedi, aksine bazı oranlarda stabilizasyon sağladı. Bu da kestane balının fonksiyonel süt ürünlerinde kullanılabilirliğini destekleyen önemli bir bulgu olarak değerlendirilmektedir. Ancak balın konsantrasyonu kritik öneme sahiptir; çok yüksek oranlarda olası osmotik baskı ile bazı suşların canlılığı olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle optimum oranların belirlenmesi, hem fonksiyonel katkının hem de mikrobiyal etkinliğin korunması açısından önem arz etmektedir.

Bir başka çalışmada da, ayçiçeği balı ilave edilen yoğurtların en düşük parlaklık oranının, %6 bal içeren yoğurtta olduğu belirmiş ve bal katkılı yoğurtlarda depolama sırasında renk değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Sert vd., 2011).

Bir başka çalışmada, standart yoğurtlara ait L* değeri sonuçlarının 93 ile 94 aralığında olduğunu ve aynı zamanda lif barındıran başka yoğurtlarda bu değer in ciddi oranda düştüğünü bildirmişlerdir. Aynı zamanda, depo süresi boyunca renginin değerlerinde ciddi bir değişiklik olmadığı ve yoğurtlardaki lif miktarının çoğaltılması ile b* değerinde yükseliş olduğunu belirtmişlerdir (Cueva ve Aryana, 2008).

Açıkgözoğlu (2008), hem vişne hem de nar konsantreleri ile hazırlanmış yoğurtların L* değeri üzerinde raf ömrünün ciddi sayılacak bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Artan konsantrasyon oranı ile L* değerinin düştüğü gözlemlenmiş ve düşüşün önemli olduğu tespit edilmiştir. Vişne özütü ile hazırlanmış numunelerin, nar özütü ile hazırlanan numunelere göre daha düşük L* değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir (Açıkgözoğlu, 2008).

Baladura (2011), bazı besin lifleri ile yapılan çıtır yoğurtlar ile yaptığı çalışmada, kullanılan lif çeşidinin depolama süresince ve L* değerleri üstünde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir (Baladura, 2011).

Yoğurtların 7. gününde yapılan duyu sal değerlendirme sonuçları, özellikle %2 ve %4 kestane balı içeren grupların panelistler tarafından yüksek puanlar aldığını ortaya koymuştur. Bu gruplar, tat, koku, kıvam ve görünüm açısından “çok iyi” kategorisinde değerlendirilmiştir. Kestane balının kendine özgü aromatik yapısı, hafif acımsı tadı ve koyu rengi, yoğurda farklı ve zengin bir profil kazandırmış; bu durum tüketici açısından olumlu karşılanmıştır. Ancak %8 oranında kestane balı ilavesiyle hazırlanan yoğurtlarda ise tüm parametrelerde puanlar nispeten düşmüş, yüksek bal konsantrasyonunun duyu sal kaliteyi olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Bu da yüksek oranda kestane balının duyu sal açıdan sınırlayıcı olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla bu çalışma, %2 ile %4 arası kestane balı ilavesinin duyu sal açıdan optimum düzey olduğunu desteklemektedir. Bu durum, duyu sal

optimizasyonun ürün geliştirmede kritik olduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde andız pekmezinin yoğurda ilavesiyle yapılan bir çalışmada, bu pekmezin yoğurt üretiminde kullanılabilir olduğu belirtilmiş, ancak yoğun ve keskin aroması sebebiyle pekmez miktarının sınırlandırılmasının daha uygun olacağı vurgulanmıştır (Çelik vd., 2009).

Ayçiçek balı ile yapılan bir başka deneyde ise %4 oranında bal ilave edilen yoğurt örneği, duyuşal değeriendirmede en çok tercih edilen grup olmuştur. Bu sonuça, yapılan çalışmadaki bulgularla örtüşmektedir (Sert vd., 2011).

Akasya balı kullanılarak gerçekleştirilen bir başka araştırmada, balın doğal bir tatlandırıcı olması ve içediğı besin öğeleri sayesinde yoğurda eklenmesinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Özellikle %3 oranında bal ilavesi, yoğurdun tat, aroma ve genel duyuşal kalitesini belirgin biçimde artırmıştır. Mevcut çalışmada benzer şekilde, %2 ve %4 oranında kestane balı içeren örnekler, görünüm, kıvam ve koku bakımından daha yüksek puan alarak duyuşal yönden daha çok beğenilmiştir (Varga, 2006).

Elde edilen bulgular, kestane balının probiyotik yoğurt üretiminde fonksiyonel bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle %4–%6 oranlarındaki ilavelerin hem fizikokimyasal hem de duyuşal kaliteyi artırdığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, geleneksel ürünlerin fonksiyonel hale getirilmesinde doğal katkı maddelerinin önemini vurgulamakta ve gıda sanayisine yönelik yenilikçi uygulamalara ışık tutmaktadır.

6. SONUÇLAR

6.1. Fizikokimyasal Özellikler

pH Değeri: Özellikle %6 ve %8 kestane balı ilaveli yoğurtlar, pH düşüşünü daha iyi baskıladı, bu da balın tamponlama etkisine bağlandı. Ancak, gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($P>0,05$).

Serum Ayrılması: Kontrol grubunda 21. günde serum ayrılması artarken, kestane balı ilaveli gruplarda bu oran azaldı. %8 kestane balı grubunda en düşük serum ayrılması (%8,75) gözlemlendi. Bu durum, balın su tutma kapasitesini artırıcı etkisi ile ilişkilendirildi.

Su Tutma Kapasitesi: %4 ve %6 kestane balı ilaveli yoğurtlar, su tutma kapasitesi açısından en yüksek değerlere ulaştı. Özellikle bu gruplarda zamanla anlamlı dalgalanmalar görüldü ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($P<0,05$).

Titre Edilebilir Asitlik: Kontrol grubunda asitlik artışı düzenli seyrederken, bal ilaveli gruplarda dalgalı bir seyir izlendi. %4 ve %8 bal gruplarında 21. günde en yüksek asitlik seviyeleri ölçüldü. Kestane balının asitlik gelişimi üzerine etkisinin hem miktara hem de zamana bağlı olduğu tespit edildi.

6.2. Mikrobiyolojik Özellikler

L. delbrueckii ssp. bulgaricus: Tüm gruplarda bakteri sayısı başlangıçta yüksek olup 14. güne kadar artış gösterdi, ancak 21. günde özellikle bal ilaveli gruplarda düşüş yaşandı. Balın başlangıçta destekleyici, uzun vadede sınırlayıcı bir etkisi olabileceği sonucuna varıldı.

S. thermophilus: Tüm gruplarda yüksek seviyelerde korundu, bal ilavesi bakteri canlılığı üzerinde anlamlı olumsuz bir etki oluşturmadı.

L. acidophilus: Özellikle %2 ve %4 kestane balı ilaveli gruplarda, depolama süresi sonunda anlamlı artış gözlemlendi ($P<0,05$). Bu durum, kestane balının düşük ve orta düzeyde *acidophilus* gelişimini desteklediğini gösterdi.

Bifidobacterium: Tüm gruplarda 21. güne kadar popülasyonlar korundu ve bazı gruplarda artış saptandı. %6 bal grubunda 14. günde düşüş olsa da 21. günde toparlanma gözlemlendi.

Maya-Küf: Kontrol ve düşük bal ilaveli (%2) gruplarda maya-küf gelişimi görülmedi. Ancak %6 ve %8 kestane balı ilaveli gruplarda depolama süresi ilerledikçe maya-küf sayıları arttı, özellikle %8 grubunda anlamlı derecede yükseldi ($P<0,05$). Bu durum, yüksek miktarda kestane balı ilavesinin mikrobiyal kalite üzerinde olumsuz etki oluşturabileceğini gösterdi.

6.3. Renk ve Duyusal Analizler

Renk: %2 ve %4 kestane balı ilaveli yoğurtlar daha açık ve parlak renge sahip oldu, bu durum görsel açıdan tercih edilebilirliği artırdı. Renk parametreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi.

Duyusal Özellikler: %2 ve %4 kestane balı ilaveli yoğurtlar görünüş, kıvam ve koku açısından en yüksek puanları aldı. %8 bal ilavesinde ise tat ve diğer duyusal parametrelerde puanlar düştü. Bu da yüksek bal konsantrasyonlarının duyusal kabulü olumsuz etkileyebileceğini gösterdi.

Sonuçta; kestane balı, belirli oranlarda (özellikle %2–%4) yoğurt kalitesini artırıcı yönde etki gösterdi.%4 oranı; mikrobiyolojik kalite, su tutma kapasitesi, duyusal özellikler ve renk açısından optimum sonuçlar verdi. Yüksek oranlarda kestane balı (%6 ve %8), özellikle maya-küf gelişimi ve duyusal özelliklerde olumsuzluklara neden oldu.

7. ÖNERİLER

Bu çalışmada kestane balı ilavesinin probiyotik yoğurtların fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerine etkileri değerlendirildi. Elde edilen bulgular, kestane balının sadece ürünün lezzet ve besin değerini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda probiyotik mikroorganizmaların canlılığını korumaya yardımcı olduğunu da ortaya koydu. Bu bağlamda aşağıdaki öneriler sunulabilir:

Gıda endüstrisinde fonksiyonel ürünlere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Kestane balı gibi doğal ve fonksiyonel bileşenlerin yoğurt gibi yaygın olarak tüketilen ürünlere eklenmesi, tüketici memnuniyetini artırırken aynı zamanda insan sağlığına da olumlu katkı sağlar. Bu nedenle benzer çalışmalar farklı bal türleri veya bitkisel ekstraktlarla tekrarlanarak fonksiyonel ürün portföyü genişletilebilir.

Kestane balının antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar özellikleri bilinse de, bu etkilerin probiyotik yoğurt matrisi içinde nasıl çalıştığına dair ileri düzey biyokimyasal ve klinik çalışmalar yapılmalıdır. Bu tür araştırmalar, bal katkılı yoğurtların sağlık beyanı ile sunulabilmesine olanak sağlayabilir.

Kestane balı katkısının raf ömrü boyunca probiyotik yoğurdun mikrobiyolojik kalitesine olan etkileri olumlu bulundu. Bu bağlamda, farklı sıcaklık ve ambalaj türlerinde raf ömrü analizleri yapılmalı ve elde edilen veriler doğrultusunda en uygun saklama koşulları belirlenmelidir.

Fonksiyonel gıdalar konusunda toplumun bilgi düzeyinin artırılması, bu tür ürünlerin tüketim oranlarını yükseltecektir. Genel olarak, bu çalışma kestane balı katkısının probiyotik yoğurt üretiminde hem besleyici hem de duyuşsal açıdan olumlu katkılar sağlayabileceğini göstermiş ve fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesinde doğal katkıların önemini vurgulamıştır.

KAYNAKLAR

- Açıkgözoğlu, A.B. (2008). *Antioksidanca zengin nar ve vişne konsantreleri kullanılarak hazırlanan meyveli yoğurtların bazı özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sağdıç, O., Küçüköner, E., & Özçelik, S. (2004). Probiyotik ve prebiyotiklerin fonksiyonel özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 221-228.
- Akalın, A. S., Dinkçi, N., & Hayaloğlu, A. A. (2012). Microstructural, textural and sensory characteristics of probiotic yoghurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 95, 3617-3628.
- Angurana, S. K., & Bansal, A. (2021). Probiotics and coronavirus disease 2019. *British Journal of Nutrition*, 126(10), 1564-1570.
- Anonim. (1997). *Yogurt: Enumeration of characteristic microorganisms colony count technique at 37°C (Standard No. 117B)*. International Dairy Federation.
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis* (15th ed.). Association of Analytical Chemists.
- Behare, P., Lule, V. K., & Patil, P. (2015). Yogurt: Dietary importance. In *Encyclopedia of Food and Health*.
- Bell, V., Ferrão, J., & Fernandes, T. (2017). Nutritional guidelines and fermented food frameworks. *Foods*, 6(8), 65.
- Can, K., Bozatlı, S. B., & Dikici, A. (2024). Probiyotik mikroorganizmaların çeşitli gıdalarda kullanımı. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*.
- Castro-Vazquez, L., Diaz-Maroto, M. C., de Torres, C., & Perez-Coello, M. S. (2010). Effect of geographical origin on the chemical and sensory characteristics of chestnut honeys. *Food Research International*, 43, 2335-2340.
- Catania, J., vd. (2022). Probiotic supplementation for promotion of growth in children: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*.
- Cueva, O., & Aryana, K. J. (2008). Quality attributes of a heart-healthy yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 41(3), 537-544.
- Çakır, İ., Karahan, A. G., & Çakmakçı, M. L. (2004). Probiyotikler ve etki mekanizmaları. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 15-19.
- Çakıroğlu, P. (2003). Yoğurdun besleyici ve sağlığı koruyucu etkisi. *GIDA*, 28 (1), 101-104.
- Çayır, M. (2007). *Probiyotik kültür kullanılarak üretilen kayısı katkılı yoğurtların fizikokimyasal özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çelik, Ş., Durmaz, H., Şat, İ., & Şenocak, G. (2009). Andız pekmezi içeren set tipi yoğurtların bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *GIDA*, 34(4),

- Çevik, G. (2013). *Peyniraltı suyu tozu ve turunç ekstresi ilavesinin probiyotik yoğurt üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çınar, B. (2010). *Türk çam balının analitik özelliklerinin incelenmesi* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çınar, B. Ş. (2016). *Probiyotik yoğurt üretiminde ayva tozu kullanımının etkisi* (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çubukçu, B. (2022). *Pıhtısı kırılmış probiyotik yoğurt üretiminde psyllium husk'dan yağ ikamesi ve prebiyotik kullanım olanakları* (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dave, R. I., & Shah, N. P. (1996). Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacteria*. *Journal of Dairy Science*, 79, 1529–1536.
- Demirci, M., & Gündüz, H. H. (1994). *Süt teknolojisinin el kitabı*. Hasad Yayıncılık.
- Donkor, O., Henriksson, A., Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2006). *Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics*. INRA – EDP Sciences.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metodları: İstatistik metodları II*. Ankara Üniversitesi Yayınları.
- Eslami, M., Yousefi, B., Kokhaei, P., Hemati, M., Nejad, Z. R., Arabkari, V., & Namdar, A. (2019). Importance of probiotics in the prevention and treatment of colorectal cancer. *Journal of Cellular Physiology*, 234(10), 17127–17143.
- FAO/WHO. (2002). *Guidelines for the evaluation of probiotics in food*.
- FAO/WHO. (2006). *Probiotics in food: Health and nutritional properties and guidelines for evaluation*.
- Fuller, R. (2012). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66, 365–378.
- Gahruie, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1–8.
- Galdeano, C. M., de LeBlanc, A. M., Dogi, C., & Perdigon, G. (2010). Lactic acid bacteria as immunomodulators. In *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria* (pp.125–141). Blackwell Publishing.
- Germani, A., Luneia, R., Nigro, F., Vitiello, V., Donini, L. M., & Del Balzo, V. (2014). The yoghurt amino acid profile's variation during the shelf-life. *Annali di Igiene*, 26, 205–212.
- Güler-Akın, M. B. (2005). The effects of incubation temperature on acetaldehyde content and viable bacteria counts of bio-yoghurt. *Society of Dairy*

Technology, 58(3), 174–179.

- Gülmez, M., & Güven, A. (2002). Probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotikler. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8, 83–89.
- Gürel, S. A. (2012). *Beykoz kestane balı*. <http://saimahmetgurel.com/honey.php>
- Gürsoy, O. (2006). *Bazı probiyotik bakterilerin destek kültür olarak beyaz peynir üretiminde kullanımı* (Doktora tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hashim, I. B., Khalil, A. H., & Afifi, H. S. (2009). Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fibre. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5403–5407.
- Hati, S., & Prajapati, J. B. (2022). Use of probiotics for nutritional enrichment of dairy products. *Functional Foods in Health and Disease*, 12(11), 713–733.
- Hunt, K. M., & Lane, J. A. (2023). Prebiotics in the infant microbiome. *Pediatric Gastroenterology Nutrition*, 23(1), 10–29.
- Keskin, H. (1982). *Besin kimyası* (4. baskı). Fatih Yayınevi.
- Khalili, M., Rad, A.H., Khosroushahi, A.Y., Khosravi, H., & Jafarzadeh, S. (2019). Application of probiotics in folate bio fortification of yoghurt. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 18.
- Koçak, K. (2013). *Tüketimdeki yoğurtlarda katkı maddeleri ve mikrobiyolojik kalite* (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kolaylı, S., Küçük, M., Ulusoy, E., Sarıkaya, A. O., Karaoğlu, Ş., Duran, C.(2006). *Kestane ve Çiçek Ballarının Antioksidan ve Antimikrobiyal Yönden Karşılaştırılması*. Zonguldak İli Arı Yetiştiricileri Birliği Yayınları.
- Konar, A. (1980). *Sütlerin sıcaklık değişimlerinin yoğurt kalitesine etkisi* (Doçentlik tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kullen, M. J., & Klaenhammer, T. R. (2009). Genetic modification of intestinal lactic acid bacteria. In *Probiotics: A Critical Review*.
- Kutlu, T. (2011). Pre ve probiyotikler. *Türk Pediatri Arşivi*, 46(11), 59–64.
- Leeward, B. O., Alemawor, F., & Deku, G. (2023). Nutritional and sensory evaluation of yoghurt with plantain. *International Journal of Food Science*.
- Leyla Karabulut Dirican (2017). *Probiyotik yoğurtta çam balının etkisi* (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi.
- Meda, A., Lamien, Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91: 571–577.
- Meybodi, N. M., Mortazavian, A. M., Arab, M., & Nematollahi, A. (2020). Probiotic viability in yoghurt. *International Dairy Journal*, 109, 104793.
- Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Probiotic yogurt quality criteria,

- regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 1–19.
- Nyawali, B., Chungu, D., Chisha-Kasumu, E., Vinya, R., Chileshe, F., & Ng'andwe, P. (2015). Enzymatic browning reduction in white cabbage (*Brassica oleraceae*) using honey. *KWT-Food Science and Technology*, 61, 543–549.
- Özer, B., Kırmacı, H. A., Şenel, E., Atamer, M., & Hayaloğlu, A. (2009). Improving the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in white-brined cheese by microencapsulation. *International Dairy Journal*, 19(1), 22–29.
- Özkarakaş, İ. (2008). *Kestane Ağacı ve Kestane Meyvesi: (Castanea), Yaşam Rehberi*.
- Öztürk, A.Ğ. (2001). *Arıcılık*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü.
- Öztürkoglu-Budak, S., Akal, C., & Yetisemiyen, A. (2016). Effect of dried nuts on yogurt quality. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8511–8523.
- Ravula, R. R., & Shah, N. P. (1998). Effect of acid casein hydrolysate and cysteine on the viability of yogurt and probiotic bacteria in fermented frozen dairy desserts. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53, 175–179.
- Reeta, K. S., Ankita, J., & Ramadevi, N. (2015). Fortification of yoghurt with health-promoting additives: A review. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 3(3), 9–17.
- Reid, G. (2016). The development of probiotics for women's health. *Canadian Journal of Microbiology*, 62(6), 475–482.
- Salminen, S., Collado, M. C., Endo, A., Hill, C., Lebeer, S., Quigley, E. M. M., Sanders, M. E., Shamir, R., Swann, J. R., Szajewska, H., & Vinderola, G. (2021). The ISAPP consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(9), 649–667.
- Sanchez, B., Delgado, S., Blanco-Miguez, A., Lourenço, A., Gueimonde, M., & Margolles, A. (2017). Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(1), 1600240.
- Sanders, M. E., Benson, A., Lebeer, S., Merenstein, D. J., & Klaenhammer, T. R. (2018). Shared mechanisms among probiotic taxa: Implications for general probiotic claims. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 207–216.
- Savaiano, D.A. (2014). *Lactose digestion from yogurt: Mechanism and relevance*, American Society for Nutrition.
- Sert, D., Akin, N., & Dertli, E. (2011). Effect of sunflower honey on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics in set type yoghurt during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*.
- Simonetti, A., Perna, A., Grassi, G., & Gambacorta, E. (2020). Antioxidant activity

- of different cheese-honey combinations before and after in vitro gastrointestinal digestion. *LWT*, 131, 109725.
- Soni, R., Jain, N.K., Shah, V., Soni, J., Suthar, D., & Gohel, P. (2020). Development of probiotic yogurt: Effect of strain combination on nutritional, rheological, organoleptic and probiotic properties. *Journal of Food Science and Technology*, 1-13.
- Şahinler, N., & Gül, A. (2004). Yayla ve ayçiçeği ballarının biyokimyasal analizi 4.Ulusal Zootečni Bilim Kongresi,01-03 Eylül 2004, Isparta.
- Şener, A., Temiz, A., Toğay, S. Ö., & Bağcı, U. (2008). Çeşitli prebiyotiklerin *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb-12'nin gelişimi ve asitlik oluşturma özellikleri üzerine in vitro etkileri. 10. Gıda Kongresi.
- Şenocak, C. (1971). *Arıcılık*. Balkanoğlu Matbaacılık.
- Şireli, U., & Onaran, B. (2012). *Yoğurt ve yoğurdun insan sağlığı açısından yararları*. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi.
- Terada, F., & Hashimoto, H. (2020). Enhancement of *Bifidobacterium longum* BB536 viability in fermented milk by co-culturing with *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* MCC 866. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 10877–10885.
- Tomic, N., Dojnov, B., Miocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., & Vujcic, Z. (2017). Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale: A sensory perspective. *LWT – Food Science and Technology*, 80, 59–66.
- Tosun, H., & Demirel, N. N. (2006). *Lactobacillus acidophilus* ve bifidobakterilerin özellikleri ve süt endüstrisinde kullanımı. *Akademik Gıda*, 4(3).
- Tripathi, M. K., & Giri, S. K. (2014). Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225–241.
- Turabian, J. L., & Kate, L. (2018). *A manual for writers of term papers, theses, and dissertations* (6th ed.). University of Chicago Press.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2003). *Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği* (Tebliğ No: 2001/21).
- Türk Standartları Enstitüsü. (2006). *Yoğurt Standardı* (TS 1330).
- Uzuner, A.E.(2012). *Probiyotik Yoğurt Üretiminde Pirinç Sütü Kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Varga, L. (2006). Effect of Acacia (*Robinia pseudo-acacia* L.) honey on the characteristic microflora of yogurt during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, 108, 272–275.
- Vuran, Ö., Karagözlü, N., & Akpınar, A. (2021). The antimicrobial effects of probiotic and traditional yoghurts produced using commercial starter cultures on some foodborne pathogens. Ege Üniversitesi.

- Wu, H., Hulbert, G. J., & Mount, J. R. (2001). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1, 211–218.
- Yağcı, R.(2002). Prebiyotikler ve probiyotikler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 45, 337-344.
- Yang, Y., Battesti, M. J., Djabou, N., Muselli, A., Paolini, J., Tomi, P., & Costa, J. (2012). Melissopalynological origin determination and volatile composition analysis of Corsican “chestnut grove” honeys. *Food Chemistry*, 132, 2144–2154.
- Yıldırım, A. (2013). *Bingöl ili ballarının fenolik bileşiklerinin antioksidan ve antimikrobiyal etkisinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, E. (2020). *Çocuklarda probiyotikli ürünlerin oral floraya etkisi* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.