



**SPIRULİNA İLAVELİ PROBİYOTİK (*Lb. acidophilus*)
YOĞURTLARIN BAZI KALİTE NİTELİKLERİ VE
PROBİYOTİK RAF ÖMRÜ**

Çağrı GÜLER

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği

Ana Bilim Dalı

Doç. Dr. Ayla ARSLANER

2022

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**SPİRULİNA İLAVELİ PROBİYOTİK (*Lb. acidophilus*) YOĞURTLARIN BAZI
KALİTE NİTELİKLERİ VE PROBİYOTİK RAF ÖMRÜ**

(Some Quality Characteristics and Probiotic Shelf Life of Yogurts (*Lb. acidophilus*) with
Spirulina)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağrı GÜLER

Danışman: Doç. Dr. Ayla ARSLANER

Bayburt
Ağustos, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Doç. Dr. Ayla ARSLANER danışmanlığında 192205002 numaralı Gıda Müh. Çağrı GÜLER tarafından hazırlanan “Spirulina İlaveli Probiyotik (*Lb. acidophilus*) Yoğurtların Bazı Kalite Nitelikleri ve Probiyotik Raf Ömrü” adlı bu çalışma 29.08.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE	İmza:
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Ayla ARSLANER	İmza:
Jüri Üyesi	: Dr. Öğr. Üyesi Özlem YILMAZ	İmza:

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

05/09/2022

Doç. Dr. Murat KUL
Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Spirulina İlaveli Probiyotik (*Lb. acidophilus*) Yoğurtların Bazı Kalite Nitelikleri ve Probiyotik Raf Ömrü” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

... / ... / 2022

Gıda Müh. Çağrı GÜLER

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum tez çalışmamda her türlü bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşarak beni daima doğruya yönlendiren; tezimi planlamamda, yürütebilmemde ve hazırlanmamda çok değerli bilgileriyle maddî-mânevî yardımlarını esirgemeyen çok değerli Danışman Hocam, Sayın Doç. Dr. Ayla ARSLANER'e içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Yine, laboratuvar çalışmalarım esnasında her türlü bilgi ve birikimlerini paylaşp, yardımlarını esirgemeyen çok değerli Arş. Gör. Dr. Tuğba ELBİR Hocama; hammadde ve malzemelerin temini ve taşınmasında yardımını esirgemeyen sevgili arkadaşım Mak. Müh. Yunus Emre ASAN'a teşekkürü borç bilirim.

Son olarak, bu yaşıma kadar her daim yanımda olan, maddî-mânevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemediği iyi ve kötü zamanlarımda bana umut veren, destek olan, varlıklarıyla gurur ve sevinç duyduğum, beni daima doğru ve iyi olana yönlendiren aileme ve sevgili kız arkadaşşıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Gıda Müh. Çağrı GÜLER

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SPİRULİNA İLAVELİ PROBİYOTİK (*Lb. acidophilus*) YOĞURTLARIN BAZI KALİTE NİTELİKLERİ VE PROBİYOTİK RAF ÖMRÜ

Çağrı GÜLER

Ağustos 2022, 99 sayfa

Bu çalışma, insan beslenmesinin vazgeçilmez bir parçası olan ve günlük olarak sıklıkla tüketilen yoğurdun zengin besin içeriği ve insan sağlığına faydaları ile öne çıkan *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmesiyle elde edilen fonksiyonel ürünün kalite özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla 4 farklı oranda (%0, %0,3, %0,6, %0,9) *Spirulina platensis* içeren 4 klasik ve 4 probiyotik olmak üzere 8 çeşit yoğurt üretilmiştir. Üretilen yoğurtların probiyotik raf ömrü ile bazı kalite nitelikleri 4 °C’de 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerde analiz edilmiştir. Yoğurt üretiminde kullanılan *Spirulina platensis* tozunun, yoğurt örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur. Yoğurt örneklerinde artan *Spirulina platensis* tozu miktarının kuru madde, yağ, protein, b^* ile C^* değerini artırdığı; L^* , a^* ile H° değerini ve viskoziteyi düşürdüğü tespit edilmiştir ($p<0,01$). Yoğurt üretiminde kullanılan *Spirulina platensis* tozunun örneklerin tekstürel özellikleri üzerine olan etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Yoğurt örneklerinde artan *Spirulina platensis* tozu miktarı ile sertlik ve iç yapışkanlık değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. *Spirulina platensis* ilavesinin klasik grupta orandan bağımsız olarak elastikiyet değerini düşürdüğü, probiyotik grupta ise önemli bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Yine orandan bağımsız olarak, *Spirulina platensis* ilavesinin yüzey yapışkanlığını azalttığı belirlenmiştir. Üretilen probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince *Lactobacillus acidophilus* bakteri sayısı 10^6 log kob/g altına düşmemiştir. *Lactobacillus acidophilus*'un probiyotik yoğurt örneklerindeki canlılık oranı %100,12-101,70 arasında tespit edilmiştir. Yapılan duyusal analizler sonucunda, yoğurt örneklerinin tümü duyusal değerlendirmeler açısından 5 puan üzerinden 4-5 arasında puanlara sahip olmuşlardır. Tüm kalite değerlendirmeleri gözönünde bulundurulduğunda *Lactobacillus acidophilus* ile %0,6 *Spirulina platensis* ihtiva eden (P%0,6), besin değeri yüksek yeni bir probiyotik, zenginleştirilmiş yoğurt üretilebilir. Ayrıca panelist değerlendirmelerine göre %0,9 *Spirulina platensis* içeren örneklerin baharatlı yoğurt sosu gibi bir ürün olarak geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, *Spirulina platensis*, *Lactobacillus acidophilus*, probiyotik.

ABSTRACT

MASTER THESIS

SOME QUALITY CHARACTERISTICS AND PROBIOTIC SHELF LIFE OF YOGURTS (*Lb. acidophilus*) WITH SPIRULINA

Çağrı GÜLER

August 2022, 99 papers

This study aims to determine the quality characteristics of the functional product obtained by enriching the yoghurt, an essential part of the human diet and frequently consumed daily, with *Spirulina platensis*, which stands out with its rich nutritional content and benefits for human health. For this purpose, 8 types of yoghurt, 4 classical and 4 probiotics, containing *Spirulina platensis* in 4 different ratios (0%, 0.3%, 0.6%, 0.9%) were produced. The probiotic shelf life and quality characteristics of the produced yoghurts were analyzed at 4 °C on the 1st, 7th, 14th, 21st and 28th days. The effect of *Spirulina platensis* powder in yogurt production on yogurt samples' physical and chemical properties was significant. In yoghurt samples, with increasing *Spirulina platensis* powder amount, dry matter, fat, protein, b^* , and C^* values increased, but L^* , a^* and H° values and viscosity decreased ($p<0,01$). The effect of *Spirulina platensis* powder used in yoghurt production on the textural properties of yoghurt samples was significant ($p<0.01$). The amount of *Spirulina platensis* powder in yoghurt samples and the hardness and internal stickiness values decreased. In addition, adding *Spirulina platensis* fell the elasticity value independent of the ratio in the classical group but did not create a significant difference in the probiotic group. Again, regardless of the ratio, it was determined that the addition of *Spirulina platensis* reduced the surface stickiness. During storage, the number of *Lactobacillus acidophilus* bacteria did not decrease below 10^6 log cfu/g in the probiotic yogurt samples. The viability rate of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic yogurt samples was 100.12-101.70%. As a result of the sensory analysis, all of the yoghurt samples had scores between 4-5 out of 5 in terms of sensory evaluations ($p>0.05$). Considering all quality evaluations, a new enriched probiotic yoghurt with high nutritional value can be produced with *Lactobacillus acidophilus* and containing 0.6% *Spirulina platensis* (P0.6%). In addition, according to panellist evaluations, it was stated that the samples containing 0.9% *Spirulina platensis* could be developed as a product such as spicy yogurt sauce.

Keywords: Yoghurt, *Spirulina platensis*, *Lactobacillus acidophilus*, probiotic.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	3
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xii
BİRİNCİ BÖLÜM	1
Giriş	1
Yoğurt.....	1
Fonksiyonel Gıda ve Fonksiyonel Yoğurt.....	4
Probiyotikler ve Probiyotik Yoğurt	6
<i>Spirulina platensis</i>	8
İKİNCİ BÖLÜM.....	10
Kaynak Özetleri	10
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	14
Materyal ve Metot.....	14
Materyal.....	14
Metot.....	14
Deneme düzeni.	14
Deneme yoğurtlarının üretimi.....	15
Üretimde kullanılan pastörize süt ve yağsız süt tozunda yapılan analizler.	17
Yoğurt örneklerinin genel kimyasal kompozisyonu ve renk analizleri.	17
Kuru madde oranı.	17
Protein oranı.....	17
Yağ oranı.	18

Renk Analizleri.....	18
Depolama süresince yoğurt örneklerinde belirlenen bazı fizikokimyasal özellikler.	19
Titrasyon asitliği.	19
pH değeri.	19
Viskozite.	20
Serum ayrılması.	21
Su aktivitesi (a_w).	21
Yoğurt örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizler.	21
Örneklerin mikrobiyolojik analize hazırlanması.	22
Toplam maya-küf sayımı.	22
Koliform grubu bakteri sayımı.	22
Staphylococcus aureus sayımı.	22
Escherichia coli aranması ve sayımı.	23
Streptococcus salivarius subs. thermophilus sayımı.	23
Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus sayımı.	23
Lactobacillus acidophilus sayımı.	23
Canlılık oranı.	23
Yoğurt örneklerinde yapılan duyu analizler.	24
Yoğurt örneklerinde yapılan tekstür analizleri.	25
İstatistiksel analizler.	25
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	26
Araştırma Bulguları ve Tartışma	26
Üretimde Kullanılan Hammadde ve Yardımcı Maddelerin Genel Özellikleri.....	26
Yoğurt Örneklerinin Kurumadde, Protein ve Yağ Oranları	26
Kurumadde oranı.	26
Yağ oranı.	27
Protein oranı.....	28
Yoğurt Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları	30

L^* değeri.	30
a^* değeri.	32
b^* değeri.	33
H° değeri.	34
C^* değeri.	35
Depolama Süresince Yoğurt Örneklerinin Bazı Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	38
Titrasyon asitliği.	38
pH.	40
Viskozite (C_p).	42
Serum ayrılması.	44
Su tutma kapasitesi.	46
Su aktivitesi (a_w).	48
Yoğurt Örneklerine Ait Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	52
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> sayısı.	52
<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> sayısı.	54
<i>Lactobacillus acidophilus</i> sayısı.	56
Canlılık oranı.	58
Yoğurt Örneklerine Ait Tekstür Analiz Sonuçları.....	60
Sertlik (hardness) (g).	60
Yüzey yapışkanlığı (adhesiveness) (mJ).	62
İç yapışkanlık, bağlılık (cohesiveness) (g).	64
Elastikiyet (springiness) (mm).	66
Yoğurt Örneklerine Ait Duyusal Analiz Sonuçları	69
Dış görünüş.	69
Kıvam (kaşıkla).	71
Kıvam (ağızla).	73
Koku.	75
Tat.	77

Toplam duyusal analiz puanları.....	79
SONUÇ ve ÖNERİLER	83
KAYNAKÇA.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	99



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Geleneksel ve endüstriyel yoğurt üretim aşamaları.....	3
Şekil 2. Tanımlar arasındaki ilişki.	5
Şekil 3. <i>Spirulina platensis</i> 'in mikroskopik görünümü.	8
Şekil 4. Yoğurt üretiminde kullanılan hammaddeler.....	14
Şekil 5. Üretime hazırlık ve ön denemeler.....	15
Şekil 6. Yoğurt örneklerinin üretimi akış şeması.....	16
Şekil 7. İmalat süreci ve analize hazır yoğurt örnekleri.....	17
Şekil 8. Kjeldahl yakma ünitesindeki numuneler.	18
Şekil 9. Gerber Santrifüjü.	18
Şekil 10. Renk analizlerinde kullanılan Minolta CR-300 renk tayin cihazı.	19
Şekil 11. pH ölçümlerinde kullanılan Mettler Toledo pH metresi.....	20
Şekil 12. Dijital Brookfield viskozimetresi (Model DV-II).....	20
Şekil 13. Laboratuvarda kullanılan Novasina/Lab Master-aw adlı su aktivitesi tayin cihazı....	21
Şekil 14. Mikrobiyolojik analizler ve sayımlardan görüntüler.	22
Şekil 15. Duyusal analizler için hazırlanan örnekler.	24
Şekil 16. Yoğurt örneklerinin kuru madde oranları.	27
Şekil 17. Yoğurt örneklerinin yağ oranları.	28
Şekil 18. Yoğurt örneklerinin protein oranları.....	29
Şekil 19. Yoğurtta renk analizine ait L^* değeri sonuçları.....	31
Şekil 20. Yoğurtta renk analizine ait a^* değeri sonuçları.....	32
Şekil 21. Yoğurtta renk analizine ait b^* değeri sonuçları.....	33
Şekil 22. Yoğurtta renk analizine ait H^o değeri sonuçları.	35
Şekil 23. Yoğurtta renk analizine ait C^* değeri sonuçları.	36
Şekil 24. Depolama süresince titrasyon asitliğinde belirlenen değişim.....	39
Şekil 25. pH değerlerinin depolama süresince değişimi.	41
Şekil 26. Viskozite değerlerinin depolama süresince değişimi.....	43
Şekil 27. Sinerezis değerlerinin depolama süresince değişimi.	45
Şekil 28. Su tutma kapasitesi değerlerinin depolama süresince değişimi.....	47
Şekil 29. Su aktivitesi (a_w) değerlerinin depolama süresince değişimi.....	49
Şekil 30. <i>Lb. bulgaricus</i> sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimi.	53
Şekil 31. <i>S. thermophilus</i> sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimi.	55
Şekil 32. <i>Lb. acidophilus</i> sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimi.	57
Şekil 33. <i>Lactobacillus acidophilus</i> 'un canlılık oranı.	58
Şekil 34. Sertlik (Hardness) değerlerinin depolama süresince değişimi.....	61
Şekil 35. Yüzey yapışkanlığı değerlerinin depolama süresince değişimi.....	63
Şekil 36. İç yapışkanlık değerlerinin depolama süresince değişimi.	65
Şekil 37. Elastikiyet değerlerinin depolama süresince değişimi.....	67
Şekil 38. Dış görünüş puanının depolama süresince değişimi.....	70
Şekil 39. Kıvam (kaşıkla) puanının depolama süresince değişimi.	72
Şekil 40. Kıvam (ağızla) puanının depolama süresince değişimi.	74
Şekil 41. Koku puanının depolama süresince değişimi.	76
Şekil 42. Tat puanının depolama süresince değişimi.....	78
Şekil 43. Toplam duyusal analiz puanının depolama süresince değişimi.....	80

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Türkiye 'de Kayıt Altına Alınmış Son 10 Yıla Ait Yoğurt Üretim Verileri (ton)	2
Tablo 2. Olumlu Sağlık Etkileri Olan Bazı Fonksiyonel Bileşenler	6
Tablo 3. Probiyotik Gıdaların Üretiminde Kullanılan Mikroorganizmalar	7
Tablo 4. Yoğurt Örneklerine Ait Formülasyonlar ve Örnek Kodları	15
Tablo 5. Duyusal Değerlendirme Formu	25
Tablo 6. Üretimde Kullanılan Günlük Pastörize Süt, Yağsız Süt Tozu ve <i>Spirulina platensis</i> 'in Bazı Nitelikleri	26
Tablo 7. Yoğurt Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları	26
Tablo 8. Yoğurt Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları	30
Tablo 9. Yoğurt Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	37
Tablo 10. Yoğurt Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	37
Tablo 11. Yoğurt Örneklerinin Titrasyon Asitliği Sonuçları	38
Tablo 12. Yoğurt Örneklerinin pH Değerleri	40
Tablo 13. Yoğurt Örneklerinin Viskozite (C_p) Değerleri	42
Tablo 14. Yoğurt Örneklerinin Serum Ayrılması Değerleri	45
Tablo 15. Yoğurt Örneklerinin Su tutma Kapasitesi Değerleri	47
Tablo 16. Yoğurt Örneklerinin Su Aktivitesi (a_w) Değerleri	48
Tablo 17. Yoğurt Örneklerinin Titrasyon Asitliği, pH, Viskozite, Serum Ayrılması, Su Tutma Kapasitesi ve a_w Analizlerine Ait Varyans Analiz sonuçları	51
Tablo 18. Yoğurt Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	51
Tablo 19. Yoğurt Örneklerinin <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> Sayıları (log kob/g)	52
Tablo 20. Yoğurt Örneklerinin <i>S. salivarius</i> subsp <i>thermophilus</i> Sayıları (log kob/g)	54
Tablo 21. Yoğurt Örneklerinin <i>Lactobacillus acidophilus</i> Sayıları (log kob/g)	56
Tablo 22. Yoğurt Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizlerinin Varyans Analiz Sonuçları	59
Tablo 23. Yoğurt Örneklerinin Mikrobiyal Analizlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	59
Tablo 24. Yoğurt Örneklerinin Sertlik (Hardness) Değerleri (g)	60
Tablo 25. Yoğurt Örneklerinin Yüzey Yapışkanlığı (Adhesiveness) Değerleri (mJ)	62
Tablo 26. Yoğurt Örneklerinin İç Yapışkanlık (Cohesiveness) Değerleri (g)	64
Tablo 27. Yoğurt Örneklerinin Elastikiyet (Springiness) Değerleri (mm)	66
Tablo 28. Yoğurt Örneklerinin Tekstürel Özelliklerinin Varyans Analiz Sonuçları	68
Tablo 29. Yoğurt Örneklerinin Tekstürel Özelliklerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	68
Tablo 30. Yoğurt Örneklerinin Dış Görünüş Puanları	69
Tablo 31. Yoğurt Örneklerinin Kıvam (Kaşıkla) Puanları	71
Tablo 32. Yoğurt Örneklerinin Kıvam (Ağızla) Puanları	73
Tablo 33. Yoğurt Örneklerinin Koku Puanları	75
Tablo 34. Yoğurt Örneklerine Ait Tat Puanları	77
Tablo 35. Yoğurt Örneklerinin Toplam Duyusal Analiz Puanları	79

Tablo 36. <i>Yoğurt Örneklerinin Duyusal Niteliklerinin Varyans Analiz Sonuçları</i>	82
Tablo 37. <i>Yoğurt Örneklerinin Duyusal Niteliklerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları</i>	82



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
β	: Beta
&	: Ve
°C	: Santigrat Derece
dk	: Dakika
mL	: Mililitre
cm	: Santimetre
g	: gram
kg	: Kilogram
Log	: Logaritma
Ca	: Kalsiyum
CO₂	: Karbondioksit
H₂SO₄	: Sülfürik Asit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NaCl	: Sodyum Klorür
HCl	: Hidroklorik Asit
N	: Normalite
a_w	: Su Aktivitesi
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
pH	: Power of Hydrogen
IDF	: International Dairy Fedaration
ISO	: International Organization for Standardization
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
Subsp.	: Subspecies
Kob	: Koloni Oluşturan Birim

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Yoğurt

Sütün temel fonksiyonu; yeni doğan yavrunun katı besinlerle beslenebilecek duruma gelinceye kadarki besin ihtiyacını karşılamaktır. Bunun yanı sıra, ağız sütü (kolostrum) yavrunun bağışıklık sistemini koruyucu bileşenlerce zengindir. Sütün, vücut için en iyi değerlendirme şeklinin doğrudan doğruya tüketilmesi ile mümkün olduğu bildirilmiştir (Herdem, 2006). Fakat dayanıksız oluşu, sağımdan itibaren çeşitli saprofit ve patojen mikroorganizmalarla bulaşma ihtimali, taşıma zorluğu ve laktoz intoleransı bulunan bireylerin sütü doğrudan tüketememesi gibi nedenlerle; süte ısıt işlemler uygulanması veya yoğurt gibi fermente ürünlere işlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde süt daha dayanıklı ve tüketim açısından güvenilir ürünlere dönüştürülmüş olur.

Yoğurt, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus*'un etkisi altında laktik asit fermentasyonu sonucu elde edilen ve canlı yoğurt kültürleri içeren fermente bir süt ürünüdür (TSE, 2009). Ortaya çıkışı, M.Ö. 5000’li yıllarda Mezopotamya’ya dayanmaktadır. Keçinin evcilleştirildiği dönemde, sütünün doğal yolla kesilmesiyle oluştuğu tahmin edilmektedir (Kosikowski, 1978). Yaklaşık bin yıl önce yazılmış Türkçe eserlerde yoğurttan bahsedilmektedir (Kurt, Ertugay, Elgün, & Gökalp, 2015). Yoğurt kelimesinin Orta Asya Türkçesinde yoğun, kalın, şişkin anlamına gelen “yoğun” kelimesinden geldiği kabul edilmektedir. Kaşgarlı Mahmut tarafından 1073-1077 yılları arasında yazılan Divanı Lügat-ı Türk ve 1069-1070 yıllarında Balasagunlu Yusuf Has Hacib’in kaleme aldığı Kutadgu Bilig adlı eserde “yoğurt” kelimesine yer verilmiş ve göçebe Türkler tarafından nasıl kullanıldığı tarif edilmiştir (Hâgib, & Dankoff, 1983; Fisberg, & Machado, 2015; Türkoğlu, 2019).

Yoğurt ve yoğurt benzeri ürünler sütün değerli besin öğelerini taşımasının yanı sıra laktik asit fermentasyonu sonucu laktoz hidrolizi nedeniyle daha kolay sindirilebilir ürünlerdir. Ayrıca mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sırasında bazı vitaminleri sentezlemeleri, bağırsaklarda optimum pH ortamında Ca emiliminin artması, yoğurt proteinlerinin yüksek biyolojik değeri ve süt yağının sindirilebilirlik oranının yüksek olması yoğurdu sağlıklı beslenme açısından değerini artırmaktadır. Diyetle ilgili tüm faydalarına fonksiyonel nitelikleri de eklendiğinde, her yaşta insanın bol miktarda yoğurt tüketmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır (Arslaner, 2016)

Ülkemiz insanının beslenme alışkanlıkları içerisinde yoğurdun önemli bir yeri vardır. Yoğurt genellikle, et ve sebze yemeklerinin yanında, öğün aralarında tahıl ürünleri, meyvelerle birlikte atıştırmalık olarak tüketilmekte yahut sos hazırlamada kullanılmaktadır. Yoğurt tüketim sıklığının belirlendiği, on beş ülke katılımıyla gerçekleştirilen bir çalışmanın sonucunda, Türkiye'nin en çok yoğurt tüketen ilk beş ülke arasında yer aldığı bildirilmiştir (Fishberg, & Machado, 2015). Ülkemizde son on yıla ait yoğurt üretim verileri Tablo1'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'de Kayıt Altına Alınmış Son 10 Yıla Ait Yoğurt Üretim Verileri (ton)*

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1.052.658	1.081.411	1.101.261	1.123.017	1.173.577	1.172.195	1.198.774	1.181.058	1.113.782	1.125.958

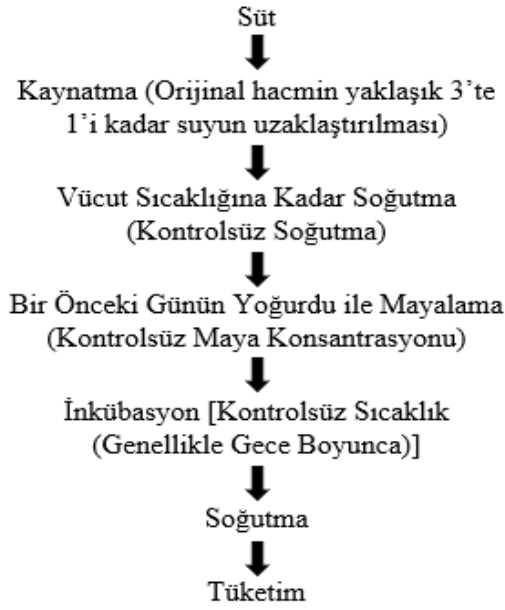
*Ulusal Süt Konseyi, 2022

Türkiye'de Kayıt Altına Alınmış Son 10 Yıla Ait Yoğurt Üretim Verileri (ton)*. Üretim ve tüketim oranı kayıt altına alınamayan geleneksel tip ev yapımı yoğurtlar ülkemizde çokça tercih edildiğinden, gerçek oranların daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir (Özer, 2006). Tam da bu nedenle, ülkemizde geleneksel yoğurt üretimi yapan mandıra sayısı yüksektir (Çetin, Azize, & Karasu, 2014). Ancak, bu küçük işletmelerin, sanitasyon programları yetersiz olduğundan ve üretimde belli bir standart proses izlenememesinden dolayı sayı ve kapasiteleri giderek azalmaktadır. Geleneksel üretim tipinde, ardışık mayalamadan dolayı yoğurt bakterileri arasındaki dengenin zamanla bozulması ve optimum inkübasyon sıcaklıklarının sağlanamaması, standart tekstürel ve duyu kalitede ürün elde edilmesini güçleştirmektedir. Üretim sırasında mikrobiyal bulaşı riski yüksek olduğundan sağlık riski ve kısa raf ömrü gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir (Tamime, & Robinson, 1999).

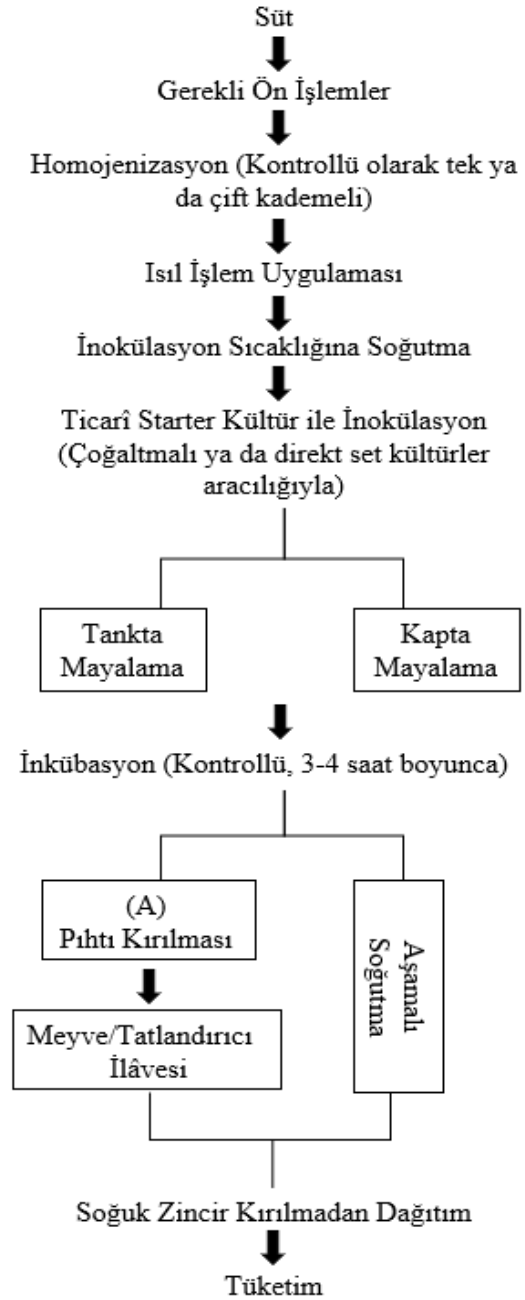
Yoğurdun kalitesini; hammadde sütün kuru madde oranı, azot oranı, kazein ve serum proteinlerinin oranı, pH'ı, uygulanan teknolojik işlemler (standardizasyon, homojenizasyon, ısı muamele) ve bileşenlerde meydana gelen değişim, kullanılan starter çeşidi ve inokülasyon miktarı, inkübasyon sıcaklığı, soğutma ve depolama şartları belirler (Barrrentes vd., 1994). Yoğurt üretiminde kullanılacak çiğ sütün sağıldığı hayvan, sağlıklı ve uygun yemlerle beslenmiş olmalıdır. Kuru maddesi yüksek, pH'ı uygun, mikrobiyal yükü düşük olmalıdır. Yoğurt bakterilerin gelişimini engelleyecek herhangi bir antibiyotik, deterjan ve dezenfektan kalıntısı ve inhibitörleri bulunmamalı, bunun için gerekli testler yapılmalıdır (Akın, 2006).

Yoğurt üretiminde temelde, set tip ve stirred (pıhtısı kırılmış) tip olmak üzere iki farklı üretim biçiminden bahsedilir (Tamime, & Robinson, 1999). Geleneksel ve endüstriyel yoğurt üretim aşamaları Şekil 1'de verilmiştir (Özer, 2006).

GELENEKSEL YOĞURT ÜRETİMİ



ENDÜSTRİYEL (A) PIHTISI KIRILMIS ve (B) SET YOĞURT ÜRETİMİ



Şekil 1. Geleneksel ve endüstriyel yoğurt üretim aşamaları (Özer, 2006).

Yoğurdun yüksek su içeriğinden dolayı, uygun olmayan depolama şartlarında kontrolsüz asitlik artışı meydana gelmekte, ürün duysal açıdan tüketilemeyecek duruma gelmektedir. Yoğurdun raf ömrü 25-30°C'de 1 gün, 7 °C'de 5 gün ve 4 °C'de 10 gün olarak belirlenmiştir (Kumar, & Mishra 2004). Bu çalışma, uygun depolama şartlarının yoğurt kalitesinin korunması açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Ülkemizdeki araştırmacılar tarafından, sektörde farklı standartta ve kalitede yoğurt üretiminin yapıldığını ortaya koyan birçok çalışma yapılmıştır (Atasoy, Türkoğlu, & Özer,

2003; Herdem, 2006; Çetin vd., 2014; Bakırcı, Tohma, & Yüksel, 2015; Karahan, 2016). Hammadde sütün kalitesi ve üretim tekniğinde farklılıklar değişik bileşimde ve kalitede ürün ortaya çıkmasının başlıca nedenidir (Bayraktar Sofu, 2006).

Her yaştan bireyin tüketimine uygun olan yoğurdun, insan sağlığı açısından da birçok faydaları vardır. Üretimi esnasında uygulanan işlemler nedeniyle süte göre önemli gıda bileşenlerini daha yoğun bir şekilde içeren yoğurdun aynı zamanda sindirimi de diğer süt ürünlerine göre daha kolaydır (Yöney, 1967; Blanc, 1986).

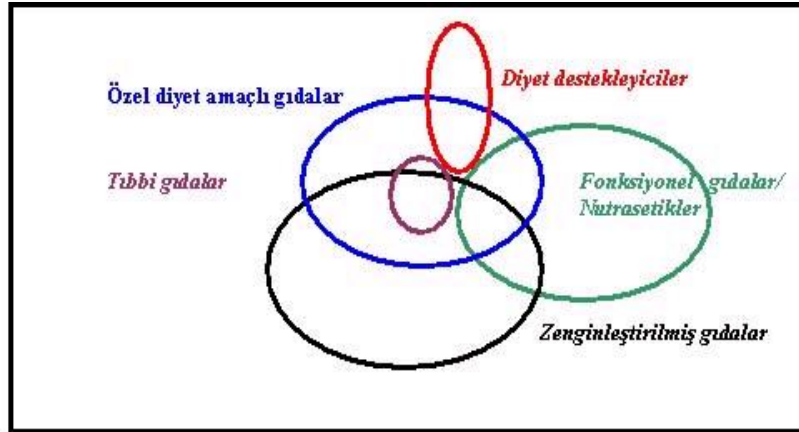
19. y.y.'da yoğurt bakterileri üzerinde yoğun çalışmalar yaparak ilk bilimsel yaklaşımları gerçekleştiren Metchnikoff'dan bugüne birçok araştırmada fermente süt ürünlerinin olumlu sağlık etkilerinin araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda yoğurt ve yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinin laktoz intoleransından kaynaklanan rahatsızlıkları azalttığı, antibiyotik kullanımına ya da enfeksiyonlara bağlı diyareyi önlediği, bağışıklık sistemini teşvik edici etkilerinin bulunduğu, alerjik reaksiyonlar, kolon kanseri ve kalp hastalıkları riskini azalttığı, *Helicobacter pylori* enfeksiyonu ve *Candida albicans* üzerine inhibe edici etkisinin olduğu gibi sağlık faydalarından bahsedilmiştir (Young, & Nelson, 1978; Gönç vd., 1996; Ouwehand, & Salminen, 1998; McKinley, 2005; Parvez, Malik, Ah Kang, & Kim, 2006, Arslaner, 2016).

Fonksiyonel Gıda ve Fonksiyonel Yoğurt

“Fonksiyonel Gıda” terimi; insanın metabolik fonksiyonları ve fizyolojisi için ilâve yararlar sağlayan gıda anlamına gelir. İnsan beslenmesinde ihtiyaç duyulan, temel besin maddelerinin alınması yanında, sağlıklı yaşamı desteklemede de etkileri vardır (Berner, & O'Donnell, 1998; Çakıroğlu, & Uçar, 2018). Gıdanın, fonksiyonel olarak nitelendirilebilmesi için prebiyotikler, probiyotikler ve biyoaktif bileşenleri yeterli miktarda içermesi ve tüketildiğinde beklenen faydayı sağlayabilmesi gerekir (Erbaş, 2006). Fonksiyonel gıdalar, insanın temel fizyolojisi, bağışıklık, sinir, hormon, solunum, dolaşım ve sindirim sistemlerinde olumlu etkiler oluşturarak birçok hastalığın oluşma risklerini azaltmaktadırlar (Litwin, Clifford, & Johnson, 2018).

Kwak & Jukes, (2001b) tarafından oluşturulan tanımlar arasındaki ilişki şemasına göre (Şekil 2); özel olarak formüle edilmiş ve/veya normal besin değerlerinin üzerinde belirli bazı sağlık avantajlarına sahip ise "özel beslenme amaçlı gıdalar" ve "fonksiyonel gıdalar" birbirlerini kısmen kapsayabilir. “Tıbbi gıdalar”, bazı hastalıklar üzerine olan etkileri kesin iddialar içerdiği için “fonksiyonel gıdalardan” kesin olarak ayrılmaktadır. Bazı elzem besin öğelerinin, normal besin değerlerinin ötesinde belirli bazı sağlık avantajları sebebiyle sıradan

gıda maddelerine eklenmesi durumunda bazı "zenginleştirilmiş gıdalar" aynı zamanda "fonksiyonel gıdalar" olarak da anılabilir. "Diyet destekleyiciler" günlük diyetin yerini tutamamaları ve form itibarıyla sıradan gıda maddelerinden çok ilacı andırmaları nedeniyle fonksiyonel gıdalardan kesin olarak ayrılmaktadır.



Şekil 2. Tanımlar arasındaki ilişki (Kwak, & Jukes, 2001b).

Dünya fonksiyonel ürünler pazarının önemli kısmını süt kökenli ürünler oluşturmaktadır. Uzakdoğu'da özellikle Japonya'da 50 çeşit fermente süt ve süt ürününün yaygın biçimde tüketildiği bilinmektedir. Benzer olarak prebiyotik ve probiyotik fonksiyonel süt ürünleri tercihi Avrupa'da daha yaygınken, Amerika'da mineraller ve vitaminlerce zenginleştirilmiş gıdalar çoğunluktadır (Gomes, & Macata, 1999).

Toplumların beslenmesinde öbenli bir yere sahip süt ve süt ürünleri doğal olarak yapısında birçok fonksiyonel gıda bileşenlerini (serum proteinleri, peptitler, esansiyel yağ asitleri vb.) bulundurmasıyla birlikte yine bu bileşenler başta olmak üzere vitamin, mineral, antioksidan ve fenolikler gibi bileşenler de süt ve süt ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Böylece ürünlerde fonksiyonel özellik artırılarak tüketiciler için daha sağlıklı ve yararlı ürünler elde edilmektedir (Payne vd., 2003; Dayısoylu vd., 2014).

Fonksiyonel süt ürünlerinin, insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri dikkat çekicidir. Süt ve süt ürünlerinin, fonksiyonelliği artırılarak, çocuk ve genç nüfusun ihtiyaç duyduğu besin bileşenlerinin vücuda alınmasına olanak sağlanabilecektir. Bu nedenle de bu ürünlerin üretimi her geçen gün artmaktadır. Ülkemizde de fonksiyonel ürün yelpazesindeki ürün çeşitliliğini arttırmak, bu konu ile ilgili mevcut çalışmaları arttırarak literatüre fayda sağlamak, insan sağlığını temel alarak insanlara hizmet etmek gibi amaçlar doğrultusunda araştırmacılar bu konu üzerinde son zamanlarda yoğunlaşmıştır.

Beslenme alışkanlıklarımız içerisinde tüketim oranı yüksek süt ve süt ürünleri, fonksiyonel bileşenler için iyi birer taşıyıcıdır. Bu nedenle, fonksiyonel süt ve süt ürünleri tüketimi, bireylerin yeterli ve dengeli beslenmesine hizmet etmek yanında, gıda takviyeleri

olarak günlük diyetle alımı çok tercih edilmeyen fonksiyonel bileşenler için de uygun bir kaynak oluşturmaktadır.

Tablo 2. *Olumlu Sağlık Etkileri Olan Bazı Fonksiyonel Bileşenler* (Coşkun, 2005).

Bileşen	Kaynak	Olası sağlık etkisi
Lutein	Yeşil sebzeler	Görme işlevinin devamlılığı
Lif	Buğday kepeği	Kolon ve meme kanseri riskini azaltma
Probiyotikler	Yoğurt ve diğer süt ürünleri	Gastrointestinal sistem sağlığı
Soya proteini	Soya bazlı besinler	Kardiyovasküler rahatsızlıkları azaltma
Omega-3	Somon ve ton balığı yağı	Kardiyovasküler rahatsızlıkları azaltma, görsel ve mental işlevleri düzenleme
Ksilol	Bazı içecekler	Ağız ve diş sağlığı

Probiyotikler ve Probiyotik Yoğurt

Alman bakteriyolog ve gıda bilimi uzmanı Werner Georg Kollath, probiyotik terimini ilk kullanan bilim adamıdır. Kollath, Yunanca “yaşam için” anlamı taşıyan “Probiotika” terimini; sağlıklı yaşam için alınması zorunlu maddeler için kullanmıştır (Guarner vd., 2005; Yurdakök, 2013).

1989’da ve 1992’de tanımlarında “bağırsak mikrobiyal dengesini olumlu etkileyen mikroorganizmalar” tanımı öne çıkmıştır. Probiyotikler konusunda yapılan çok sayıda çalışma sonucunda bir mikroorganizmanın probiyotik olarak nitelendirilebilmesi için bazı koşullar belirlenmiş ancak sonraki araştırmalarda bu ölçütlerin değişebileceği öngörülerek; probiyotik, “Sindirim sistemi mikro-florasını geliştirerek konakçının sağlığı üzerine yararlı etkiler sunan canlı mikroorganizmalar.” şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanım günümüzde bütün uluslararası kuruluşlarca kabul görmüştür (Huis In’t Veld, Havenaar, & Marteau, 1994; Ünal, & Erginkaya, 2010; Heidebach, Först, & Kulozik, 2012; Çınar Burak, 2016).

Tablo 3. Probiyotik Gıdaların Üretiminde Kullanılan Mikroorganizmalar (Uymaz, 2010).

Lactobacillus Türleri	<i>Lactobacillus cellobiosus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus johnsonii</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i> , <i>Lactobacillus gasseri</i>
Bifidobacterium Türleri	<i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium breve</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium thermophilum</i>
Bacillus Türleri	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus lentus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus coagulans</i>
Pediococcus Türleri	<i>Pediococcus cerevisiae</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i>
Streptococcus Türleri	<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus</i> , <i>Streptococcus intermedius</i>
Bacteriodes Türleri	<i>Bacteriodes capillus</i> , <i>Bacteriodes suis</i> , <i>Bacteriodes ruminicola</i> , <i>Bacteriodes amylophilus</i>
Propionibacterium Türleri	<i>Propionibacterium shermanii</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Leuconostoc Türleri	<i>Leuconostoc mesenteroides ssp. mesenteroides</i>
Küfler	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>
Mayalar	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida torulopsis</i>

Lactobacillus acidophilus, birçok terapötik özelliğe sahip iyi bilinen bir probiyotik bakteri olup, çeşitli süt ürünlerin formülasyonlarında kullanılabilmektedir (Nousia, Androulakis, & Fletouris, 2011; Senanayake, Fernando, Bamunuarachchi, & Arsekularatne, 2013; Matias, Padilha, Bedani, & Saad, 2016; Ahmad vd., 2020). *Lb. acidophilus* gram (+), çubuk şeklinde, 0,6-0,9 µm genişliğinde ve 1,5-6,0 µm uzunluğunda tek, çift veya zincir halinde ve hareketsiz bir bakteri türüdür. Optimum çoğalma sıcaklığı 35-38 °C olup, 22-48 °C'ler arasında da faaliyet gösterir. Homoenzimatik glikolizis ile %0,3-1,9 oranında D, L-Laktik asit meydana getiren bakterinin doğal ortamı bağırsaklardır (Metin, 2012)

Termofilik starter kültür olarak asidofilus sütü, biyoyogurt ve diğer fermente süt içecekleri üretiminde kullanılır. Bu yolla insan bağırsağına yerleşen *Lb. acidophilus* ürettiği antimikrobiyal metabolitlerle ve besin bileşenlerini kullanarak patojenlerle rekabet eder ve bağırsak florasında bozulan dengeyi yeniden sağlar. Bu nedenle *Lb. acidophilus* tıp alanında ilgi duyulan bir bakteridir. Bu bakteri fekal enteropatojenik *E. coli* suşları ile Salmonella ve Shigella türlerine, *Proteus vulgaris* gibi diğer bağırsak patojenlerine karşı kuvvetli antibiyotik etki göstermesi bakımından laktik asit bakterileri arasında ayrı bir öneme sahiptir. Gastrointestinal sistemimizin doğal mikroflorasının dengesi birçok faktör nedeniyle bozulabilir. Bunlar çevre kirliliği, iklim değişiklikleri, ilaç kullanımı, yanlış beslenme ve stres gibi olumsuz faktörden oluşur. Bu etkenlere maruz kalan bireylerin, barsak sistemlerindeki

dengesizlik, patojenlerin gelişimi ve beraberinde çeşitli hastalıklar için uygun zemin oluşturmaktadır

Vücutta istenilen sağlık yararının sağlanabilmesi için probiyotiklerin düzenli olarak tüketilmesi zorunludur. Tüketim esnasında ürünün probiyotik mikroorganizma sayısının en az 10^6 - 10^7 kob/g seviyesinde olması gerekmektedir (Kurman ve Rasic, 1991; Kailasapathy vd., 2008; Çakmakçı, Çetin, Turgut, Gürses, & Erdoğan 2012).

Spirulina platensis

Spirulina platensis, alkali su kütlelerinde büyüüp serbest yüzen filamentli bir mikroalgdır. *Spirulina*, Aztek uygarlığı döneminden bu yana tanınan bu mikroalg üzerinde yoğun araştırmalar yapılmıştır. Meksikalılar ve Çad gölü kıyısı yerlileri yüzlerce yıldır *Spirulina*'yı yiyecek olarak tüketmektedir. Halk hekimliğinde birçok tedavide kullanıldığı belgelerle kanıtlanmıştır. *S. platensis* ilk kez 1963 yılında Fransız Petrol Araştırma Enstitüsü tarafından araştırılmaya başlanmıştır. Aynı araştırmacılar tarafından da ticari üretimi gerçekleştirilmiştir (Ciferri, 1983).



Şekil 3. *Spirulina platensis*'in mikroskopik görünümü.

S. platensis en dikkat çekici yönü, yüksek protein içeriğidir. Ayrıca esansiyel yağ asidi, aminoasit, karotenoit, vitamin ve mineral bileşimi zengindir. Yüksek verimle elde edilebilmesi ticari üretimine başlanmasında önemli faktörlerden biridir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi ile Avrupa Uzay Ajansı uzay yolculuklarında ana yiyecek olarak belirlemiştir (Asghari, Fazilati, Latifi, Salavati, & Choopani, 2016). Birleşmiş Milletler ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) *S. platensis*'i çocuklar ve yetişkinler yüksek oranda yararlı gıda desteği olarak kabul etmektedir (Michaelsen vd., 2009).

Ülkemizde, *Spirulina platensis*'in doğal olarak yetiştiği Denizli Acı Göl, inceleme altına alınmış, gölde *Spirulina platensis* bulunan bölgelerde gölden alınan numunelerde; tuzluluk %0,2-0,8, pH 8,6 ve sertliği 10 Fransız Sertliği olarak belirlenmiştir. *Spirulina platensis*'in

tanklarda veya havuzlarda yetiştirilmesinde, su sıcaklığının oldukça yüksek olması, nitrat miktarının 100 mg/L' den ve üre miktarının 1,5 g/L' den az olması gerekir. Yetiştirme ortamlarında potasyum ve azot oranlarının takip edilmesi, kültür yoğunluğuna bağlı olarak ışık miktarı ayarlanmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca tüm alglerin eşit ışık alması için etkili havalandırma yapılmalıdır (Güldaş, 2017). Ülkemizde *Spirulina platensis*'in ticari olarak üretimi Ege Üniversitesi'nde 2000'li yılların başında gerçekleştirmiştir (Gökpınar vd., 2013).

Daha önceki çalışmaların araştırma bulguları *Spirulina platensis*'in özellikle anti-kanser aktivitesi gibi klinik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. *Spirulina*, yüksek protein içeriği, karotenoid, vitamin ve mineral gibi temel besin maddeleri ihtiva etmesi nedeniyle gıda katkı maddesi olarak kullanılmıştır (Khan vd., 2005; Chamorro, Perez-Albiter, Serrano-Garcia, Mares-Samano, & Rojas, 2006). Ek olarak, önceki çalışmalar viral replikasyonu inhibe etme (Khan vd., 1996; Ayehunie, Belay, Baba, & Ruprecht, 1998, 1998; Hayashi vd., 1996), anemiyi önleme (Kapoor, & Metha, 1998), ilaçların neden olduğu genotoksisiteyi azaltma (Premkumar, Kavitha, Santhiya, & Ramesh, 2004), yağlı karaciğer hastalığını önleme (Torres-Duran, Ferreira-Hermosillo, & Juarez-Oropeza, 2007; Kato, & Takemoto, 1984) ve hipoglisemik (Parikh, Mani, & Iyer, 2001) ile hipolipemik özelliklere sahip çeşitli biyolojik aktivitelerini göstermiştir (Mazo, & vd., 2004; Iwata, Inayama, & Kato, 1990).

2012 yılında *S. plantensis*'in güvenilirliği birçok toksikoloji araştırmaları ile ispatlanmıştır. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, 2012) tarafından GRAS (Generally Recognised As Safe) listesine alınmıştır. Günlük 3-10 g tüketilmesi sağlık açısından önerilmiştir (Seyidoğlu vd., 2017).

Bu çalışmanın amacı, diyetimizin önemli bir parçası olup günlük hayatta sık sık tüketmiş olduğumuz yoğurdun, zengin besin içeriği ve insan sağlığına olan yararları bilinen *Spirulina platensis* ile zenginleştirilerek, kalite niteliklerinin artırılıp her yaştan tüketiciye fonksiyonel bir gıda olarak sunulabilir duruma getirmektir. Bu amaçla klasik ve probiyotik olmak üzere 2 tip (klasik ve probiyotik) yoğurda, 4'er farklı oranlarda (%0, %0,3, %0,6, %0,9) *Spirulina platensis* ilave edilerek toplamda 8 çeşit yoğurt üretilmiş, probiyotik raf ömrüyle bazı kalite nitelikleri, 4 °C'de 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerde analiz edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

Kaynak Özetleri

Spirulina platensis'in gıda takviyesi olarak, toz, tablet ve kapsül şeklinde kullanımı yanında, ekmek, süt ürünleri, emülsiyon ürünler, şekerlemeler ve içeceklerle de ilâve edilerek tüketilebileceğine dair çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde *S. platensis*'in süt ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanımını araştıran çalışmalara yer verilecektir.

Yoğurt üretiminde, %0,3 oranında *S. platensis* ilavesinin LAB canlılığını desteklediği bildirilmiştir. 4°C'de 15 günde polanan örneklerden *Spirulina* içerenlerde LAB'nin kontrole göre daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir (Malik, Kempanna, & Paul, 2013).

Debbabi vd. (2017) *Spirulina* tozu ilâve ettikleri (0,24 g/100 mL süt, % w: v) yoğurt örneklerinin 4°C'de 28 gün depolama süresince stabil kaldığını ifade etmişlerdir.

Toz hâline getirilmiş *Spirulina platensis* ilâvesinin *Lactobacillus acidophilus* ve *Mentha longifolia* L. içeren peynirlerin fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi, buzdolabındaki depolama sırasında incelenmiştir. Peynir starter kültürleri (%1 w/v) ve *Lactobacillus acidophilus* (%2 w/v); *Mentha longifolia* L. (%0,5 ve %1 w/v) ve *Spirulina platensis* (%0, 0,3 0,5 ve 0,8 w/v) ile birlikte süte ilave edilmiş, üretilen peynirler 4 °C'de 45 gün süre ile mikrobiyal, tekstürel ve besinsel analizlere tabi tutulmuştur. Sonuç olarak toz hâline getirilmiş siyanobakteri *Spirulina platensis* eklenmesinin peynirlerde protein, demir seviyesini yükselttiği, bu mikroalglerin yeni bir nutrasötik madde kaynağı olarak zenginleştirilmiş bir gıda üretmek için kullanılabileceği belirlenmiştir. Araştırmacılar, *Spirulina platensis*'in peynirlerin depolanması sırasında *Lactobacillus acidophilus*'un hayatta kalması üzerine olumlu etkilerini gözlemlemişlerdir. Kontrol numuneleri ile alg tozu eklenmiş numuneler arasında *Lactobacillus acidophilus* canlılığı karşılaştırıldığında, *Spirulina platensis* ilavesinin *Lactobacillus*'un canlılık oranını arttırdığı açıkta. Ancak %0,8 *Spirulina platensis* tozu ilavesinin canlılık üzerindeki etkisi, %0,5 içeren numunelere benzer olmuştur. Son olarak *Spirulina* içeriği arttıkça parlaklık (L^*) ve kızarıklık (a^*) azalırken, b^* değeri (sarıklık) arttığını da rapor etmişlerdir (Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, 2016).

Szmejdá vd. (2018) yapmış oldukları araştırmada, DPPH çözeltilisinden katyon içermeyen radikal oluşumunu inhibe etme derecesi olarak ifade edilen polifenollerin seviyesi ve antioksidan aktivitesini analiz etmiştir. Araştırma, yosun özü ile zenginleştirilmiş dondurma

formülasyonlarının, yosunsuz kontrol numuneleri için %32,8 inhibisyona kıyasla naneli dondurma numunelerinde %39,7'lik inhibisyon seviyesine ulaşma potansiyelinin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca, son verilere göre “Spirulina hücreleri diğer ürünlerle kombinasyon hâlinde antioksidanlar kadar daha etkili olabilir.” çıkarımı ile bu kısa çalışmada bu eğilim belgelenmiştir.

Agustini vd. (2016) yapmış oldukları çalışma ile duyuşal ve fiziksel özellikler açısından ürüne eklenebilecek ve kabul edilebilir maksimum *Spirulina platensis* konsantrasyonunu bulmayı amaçlamışlardır. Araştırmalarında kullandıkları deneysel deseni, üç tekerrürlü Tamamen Tesadüfi Tasarım olarak seçmişlerdir. Verilerini ANOVA kullanılarak analiz etmişlerdir ve ardından HSD testi yapmışlardır. Sonuç olarak, yumuşak peynir ve dondurma için sırasıyla %1 ve %1,2 *Spirulina platensis* ilavesinin en iyi konsantrasyon olarak kabul edildiğini göstermişlerdir. *Spirulina platensis* ilavesi protein, su, yağ, β karoten ve doku (yumuşak peynir) ve protein, toplam kuru madde, yağ ve toplam şeker, hacim artışı, erime noktası ve duyuşal (dondurma) özelliklerde önemli etkiler verdiğini rapor etmişlerdir (Agustini vd., 2016).

Ásványi-Molnár, Szigeti ve Varga (2004) yapmış oldukları çalışmada 3 g/L toz *Arthrospira platensis* biyokütlesinin, *Lactococcus lactis subsp. lactis* ve *Lactococcus lactis subsp. cremoris* gibi mezofilik süt başlangıç kültürlerinde başlıca laktik asit üreticilerinin çeşitli suşları tarafından asit geliştirme hızı üzerindeki etkisi inek sütünde değerlendirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *Arthrospira (Spirulina) platensis*, asit üretimini uyarak fermente sütlerin üretiminde yaygın olarak kullanılan mezofilik laktik asit bakterileri üzerinde faydalı etkilere sahip olduğu ve böylece kültürlü süt ürünleri imalatının kârlılığını potansiyel olarak artırmıştır. Ek olarak eser elementler, vitaminler ve diğer biyoaktif substratlar bakımından zengin *Arthrospira platensis* biyokütlesi de sütün besin değerini olumlu yönde etkileyerek fonksiyonel fermente sütlerin, yani *Arthrospira platensis* ile zenginleştirilmiş kültür kreması ve ayranın üretimi için yeni bir fırsat sağladığını rapor etmişlerdir.

Fadaei, Mohamadi-Alasti ve Khosravi-Darani (2013)'nin yapmış oldukları çalışmanın temel amacı, *Lactobacillus acidophilus* ve ıspanak içeren yoğurda eklenen toz haline getirilmiş *Cyanobacterium Spirulina platensis*'in, buzdolabında depolama sırasında yoğurt starter kültürünün hayatta kalmasına etkisini izlemektir. *Spirulina platensis* tozu ilavesi ve ıspanak ile hazırlanan yoğurtlarda soğutma koşullarında yoğurt starter kültürleri ve *Lactobacillus acidophilus*'un hücre canlılığı araştırmışlardır. Yoğurt örnekleri 4 °C'de saklanmış ve 1, 7, 14 ve 21. günlerde incelemişlerdir. Saklama süresinin sonunda eklenen tüm *Spirulina* tozunun canlı laktik asit bakterisi sayısının 6 log cfu mL⁻¹'in üzerinde tuttuğunu tespit etmişlerdir. Sonuç

olarak *Spirulina platensis* tozunun ıspanak içeren probiyotik yoğurdun depolanması sırasında laktik asit bakterilerinin hayatta kalması üzerindeki olumlu etkisini göstermiştir ($p \leq 0,01$). Yoğurda ilave edilen *Spirulina platensis* tozunun buzdolabında 21 günlük depolama süresince laktik asit bakterileri için iyi bir besiyeri olduğunu belirlemişlerdir. Nihai sonuçlara göre tercih oranı olarak %0,5 *Spirulina platensis* ve %10 ıspanak içeren probiyotik yoğurt örneği seçildiğini rapor etmişlerdir.

Akalın, Ünal ve Dalay (2009), yaptıkları bir çalışmada, yoğurt üretiminde süte *S. platensis*'in eklenmesinin (3 g/L), *B. animalis*'in probiyotik canlılığını önemli ölçüde etkilemediğini bildirmişlerdir. *S. thermophilus* sayısının geleneksel ve probiyotik yoğurtlarda azaldığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar, 30 günlük depolama sonunda, probiyotik raf ömrü açısından *B. animalis* sayısının uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Gültaş ve İrkin (2010), *S. platensis* tozunun, yoğurdun duyuşal nitelikleri ve laktik asit bakterilerinin canlılığı üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada artan *Spirulina platensis* oranının duyuşal puanları olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bir aylık soğuk depolama sırasında, *Spirulina platensis* tozu eklenmiş yoğurdun iyi bir laktik asit bakteri ortamı sağladığını tespit etmişlerdir.

Bifidobacterium animalis ssp. lactis BB12 ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5 ilavesiyle üretilen probiyotik yoğurtlarda, *S. platensis* biyokütlesinin (%1,0 ve %0,5) depolama boyunca probiyotik canlılığı desteklediği belirlenmiştir (Mocanu, Botez, Nistor, Andronoiu & Vlăsceanu, 2013).

Priyanka, Kempanna ve Narasimha (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, yoğurt üretiminde %0,3 oranında *S. platensis* kullanılmıştır. Araştırma sonunda starter kültürlerin canlılığının olumlu yönde etkilendiği bildirilmiştir. 4 °C'de 15 günlük depolama sonucunda *Spirulina platensis* ilaveli örneklerde LAB sayıları kontrole göre daha yüksek bulunmuştur.

Spirulina'nın taze formda eklendiği sütlü, naneli ve fıstıklı dondurmalarda antioksidan aktivitenin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Szmejda vd., 2018).

S. platensis'in probiyotik bakteri gelişimi üzerindeki etkilerinin depolama süresi boyunca (21 gün) incelendiği bir çalışmada; %1 *S. platensis* içeren ayran örneğinin, kontrol numunelerine oranla en yüksek toplam katı madde ve protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. *S. platensis* ilavesiyle örneklerin viskozite ile L^* ve b^* değerlerini düşürmüştür. *S. platensis*'in, probiyotik canlılık ve besin içeriğini bakımından ayran üretiminde büyük bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir (Çelekli, Alslibi & Hüseyin, 2019).

Peynir altı suyu (PAS) konsantresi, kalsiyum kazeint ve *S. platensis* tozu (1,2 g yağ/100 g süt) ile zenginleştirilmiş, az yağlı manda sütünden üretilen yoğurtlarda, Spirulina tozu eklenen örneğin toplam kuru madde, kül ve yağ içeriği yüksek bulunmuştur. PAS konsantresi ile zenginleştirilmiş az yağlı yoğurtlarda ise protein içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, en yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin Spirulina tozlu az yağlı yoğurtlarda bulunduğunu bildirmişlerdir (Atallah, Morsy & Gemiel, 2020).

S. platensis ve peynir altı suyu (PAS) tozu ayran örneklerine 4 farklı oranda (%0, 0,25, 0,5 ve 1) katılmıştır. *S. platensis*'in probiyotik canlılığa etkisi fermentasyon öncesinde, sonrasında ve depolama sonunda (21 gün) araştırılmıştır. %1 oranında *S. platensis* ve PAS tozu içeren ayran örneğinde en yüksek toplam katı madde oranı (0,99) ve protein içeriği (25,16 mg/L) belirlenmiştir. Araştırmacılar, probiyotik kültürünün canlılığı ve besin bileşenleri yönünden ayranı iyileştirmek için bu takviyelerin, büyük bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir (Çelekli, Alslibi & Bozkurt, 2020).

İlhan, Büyükizgi ve Ermiş (2020), ekmek üretiminde kullanılacak una farklı oranlarda katılan *S. platensis*'in, %29,17-50,52 oranında fungal aktivitesi önlediğini bildirmişlerdir.

Spirulina platensis'in insan beslenmesi ve insan sağlığına olumlu etkileri ile ilgili araştırma sonuçları, gıda katkı maddesi olarak kullanımını giderek artırmaktadır. Ancak, henüz ülkemizde yaygın kullanımı yoktur. Araştırmacılar, bu durumun nedeninin yosun tadından kaynaklandığını ifade etmiş; bu zengin bileşimli, ucuz besin ve enerji kaynağının Türk damak tadına hitap edecek şekilde formülasyonlarla gıda sektörüne kazandırılmasının önemli olduğunu ifade etmişlerdir (Arslaner, & Türkoğlu, 2020).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Materyal ve Metot

Materyal

Yoğurt üretiminde kullanılan günlük pastörize süt ve yağsız süt tozu (YST) Bayburt piyasasından, *Spirulina platensis* Egert Doğal Ürünler Üretim, Hayvancılık, Gıda ve Yem İth. İhr. Paz. San. ve Tic. Ltd. Şti, Bornova, İzmir firmasından temin edilmiştir (Şekil 4). Yoğurtların üretiminde probiyotik kültür olarak kullanılan liyofilize formda *Lactobacillus acidophilus* (Nutrish LA-5®) ile *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* Chr. Hansen (İstanbul, Türkiye) firmasından sağlanmıştır.



Şekil 4. Yoğurt üretiminde kullanılan hammaddeler.

Metot

Deneme düzeni.

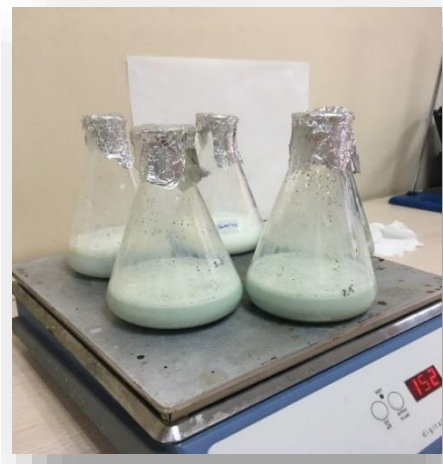
Yoğurt örneklerine ait formülasyonlar (*Spirulina platensis* oranları) ve örnek kodları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Yoğurt Örneklerine Ait Formülasyonlar ve Örnek Kodları

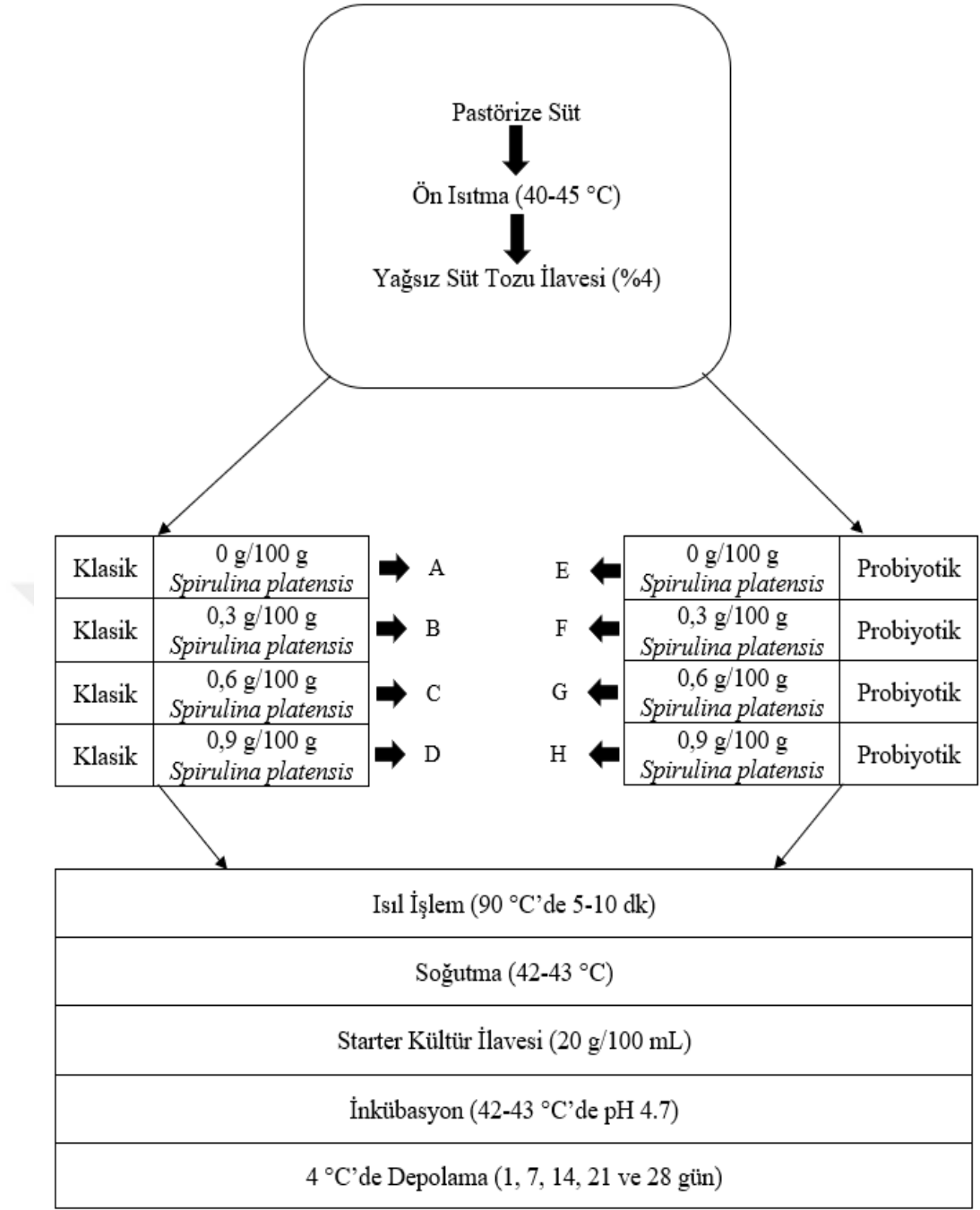
Örnek	Örnek Tanımı	Örnek No
KK	Klasik Kontrol	1
K %0,3	Klasik, 0,3 g <i>Spirulina platensis</i> /100 g Yoğurt	2
K %0,6	Klasik, 0,6 g <i>Spirulina platensis</i> /100 g Yoğurt	3
K %0,9	Klasik, 0,9 g <i>Spirulina platensis</i> /100 g Yoğurt	4
PK	Probiyotik Kontrol	5
P %0,3	Probiyotik, 0,3 g <i>Spirulina platensis</i> /100 g Yoğurt	6
P %0,6	Probiyotik, 0,6 g <i>Spirulina platensis</i> /100 g Yoğurt	7
P %0,9	Probiyotik, 0,9 g <i>Spirulina platensis</i> /100 g Yoğurt	8

Deneme yoğurtlarının üretimi.

Yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılacak pastörize süt, 45-50 °C'ye arasında ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. Yağsız kurumadde oranı en az %15 olacak şekilde önceden hesaplanan oranda yağsız süt tozu (YST) ve Tablo 4'de verilen kombinasyonlarda *Spirulina platensis* ilave edilmiştir. 90 °C'de 5 dk süreyle ısıl işleme tâbi tutulduktan sonra 43±2 °C'ye soğutularak bir gün önceden liyofilize *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5® ana kültüründen hazırlanan aktive edilmiş bulk kültürler ile %2 oranında inokule edilmiştir. Yoğurt örnekleri 42±1 °C'de pH 4,7±0,1'e ulaşınca kadar inkübe edilmiştir. İnkübasyon tamamlandıktan sonra 4±1 °C'de 24 saat tutulmuştur. Depolamanın 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerinde gerekli analizler yapılmıştır. Yoğurt üretimine hazırlık ve ön denemeler Şekil 5'te; yoğurt üretim aşamalarının ayrıntılı olarak yer aldığı akış şeması Şekil 6'da; imalat süreci ve analize hazır yoğurt örnekleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 5. Üretime hazırlık ve ön denemeler.



Şekil 6. Yoğurt örneklerinin üretimi akış şeması.



Şekil 7. İmalat süreci ve analize hazır yoğurt örnekleri.

Üretimde kullanılan pastörize süt ve yağsız süt tozunda yapılan analizler.

Klasik ve probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan süt ve yağsız süt tozunda kuru madde, yağ, protein miktarı, titrasyon asitliği (% laktik asit cinsinden) Kurt vd. (2015)'ne göre; pH ölçümüm dijital pH metre (Mettler Toledo) ile yapılmıştır (Dave, & Shah, 1997).

Yoğurt örneklerinin genel kimyasal kompozisyonu ve renk analizleri.

Kuru madde oranı.

Toplam kuru madde oranı göre gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (Kurt, Çakmakçı, & Çağlar, 2012).

Protein oranı.

Protein tayini miro-Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. Daha sonra bulunan azot oranı 6,38 faktörüyle çarpılarak protein oranı % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1995). Konu ile ilgili araştırma sürecini temsilen Şekil 8 hazırlanmıştır.

$$\% \text{Toplam Azot} = [(V_h - V_k) * 0,0014 * F * 100] / m$$

F: 0,1 N HCl faktörü, m: Örnek Miktarı (g)

V_h : Örnek için harcanan hacim, V_k : Kör için harcanan hacim



Şekil 8. Kjeldahl yakma ünitesindeki numuneler.

Yağ oranı.

Gerber yöntemine göre % yağ oranı belirlenmiştir (Kurt vd., 2012). Yoğurt örneklerinin yağ oranının belirlenmesinde kullanılmış olan cihaz Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Gerber santrifüjü.

Renk Analizleri.

Yoğurt örneklerinde renk, Minolta CR-300 renk tayin cihazı kullanılarak renk yoğunluğu; L^* , a^* , b^* (L^* (100:beyaz, 0:siyah), a^* (+:kırmızı, -: yeşil), b^* (+:sarı,-:mavi) olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bu parametrelere göre değerlendirilmiştir. Renk tonu açısı (H°) ve renk doygunluğu (C^*) değerleri ise aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Chunthaworn, Achariyaviriya, Achariyaviriya, & Namsanguan, 2012). Yoğurt örneklerinin renk analizlerinde kullanmış olan Minolta CR-300 renk tayin cihazı Şekil 10’da verilmiştir.

$$\text{Eşitlik 1: } H^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$\text{Eşitlik 2: } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$



Şekil 10. Renk analizlerinde kullanılan Minolta CR-300 renk tayin cihazı.

Depolama süresince yoğurt örneklerinde belirlenen bazı fizikokimyasal özellikler.

Titrasyon asitliği.

Homojen hâle getirilen yoğurt örneğinden 9 g tartılmıştır. Fenolftalein indikatörü eşliğinde, 0,1 N NaOH çözeltisi ile hafif pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. Harcanan alkali miktarı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanarak laktik asit cinsinden % asitlik olarak belirlenmiştir (Kurt vd., 2012).

$$\% \text{ asitlik} = (V * 0,009 * F * 100) / m$$

V: Titrasyonda harcanan 0,1 N NaOH hacmi (mL)

F: 0,1 N NaOH faktörü, m: Örnek miktarı (g)

pH değeri.

Yoğurt örneklerinin pH ölçümü kalibrasyonu yapılmış, bileşik elektrotlu dijital pH-metre (Mettler Toledo) ile gerçekleştirilmiştir (Dave, & Shah 1997). Yoğurt örneklerinin pH ölçümlerinde kullanılmış olan Mettler Toledo pH metresi Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. pH ölçümlerinde kullanılan Mettler Toledo pH metresi.

Viskozite.

Viskozite ölçümü, 3 ± 1 °C'deki örneklerde, dijital Brookfield viskozimetre (Model DV-II) kullanılarak (50 rpm, 6 nolu spindle) aletin dijital göstergesinde doğrudan centipoise (cp) olarak okunmuştur (Abrahamsen, & Holmen, 1980). Yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinin belirlenmesinde kullanılmış olan dijital Brookfield viskozimetresi Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Dijital Brookfield viskozimetresi (Model DV-II).

Serum ayrılması.

Serum ayrılması (sinerezis) jel matrisinden serum ayrılması olarak tanımlanır ve yoğurdun önemli bir kalite kriteri olarak görülür. Sinerezisi belirlemek için, 25 g yoğurt örneği alınarak 4 °C'de 2 saat süreyle filtre kağıdından süzölmüş ve elde edilen serum miktarı gram olarak tespit edilerek, sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir (Atamer, & Sezgin, 1986; Tarakçı, & Demirkol, 2016).

Örneklerin STK oranları, Tunçtürk, Zorba ve Özrenk (2000) tarafından önerilen metot modifiye edilerek saptanmıştır. Yoğurt örnekleri 10 saniye kadar karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. 50 cc kapasiteli santrifüj tüplerine 20'şer g örnek tartılmıştır. Tüpler santrifüj cihazına (Universal 320 R, Hettich Zentrifugen) denge gözetilerek yerleştirildikten sonra, 4 °C'de 5000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Tüplerin üst kısmında toplanan serum miktarı (mL) belirlenerek, % su tutma kapasitesi hesaplanmıştır.

Su aktivitesi (a_w).

Örneklerde su aktivitesi (a_w), su aktivitesi tayin cihazı (Novasina/Lab Master- a_w , İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Laboratuvarda kullanılan Novasina/Lab Master- a_w adlı su aktivitesi tayin cihazı.

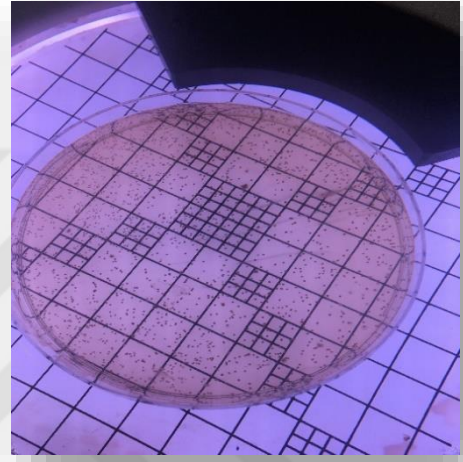
Yoğurt örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizler.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde Koliform grubu bakteri, *E. coli* ve *Staphylococcus aureus* sayısı ilk günde belirlenmiştir. Toplam maya-küf, MRS ve M17 agarda

gelişen LAB sayısı ise 28 günlük depolama süresince her hafta belirlenmiştir. Ayrıca probiyotik yoğurtlarda depolama süresince *Lb. acidophilus* sayısı tespit edilmiş ve canlılık oranı hesaplanmıştır.

Örneklerin mikrobiyolojik analize hazırlanması.

90 mL serum fizyolojik (%0,85 NaCl) içerisine 10 g tartılarak ve Stomacher'de 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Böylece 10^{-1} 'lik dilüsyon elde edilmiştir. Desimal seyreltmelerle 10^{-9} 'luk dilüsyona kadar tüm dilüsyonlar hazırlanmıştır (Chouchouli vd., 2013). Şekil 14'te mikrobiyolojik analizler ve sayımlardan görüntülere yer verilmiştir.



Şekil 14. Mikrobiyolojik analizler ve sayımlardan görüntüler.

Toplam maya-küf sayısı.

Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar, DRBC (Merck 1.00466) (Merck) besiyerinde yayma yöntemi kullanılarak sayımlar gerçekleştirilmiştir (Halkman, 2005).

Koliform grubu bakteri sayısı.

Viyolet Red Bile Agar (VRBA) (Merck)'da dökme yöntemi ile sayım yapılmıştır. İnkübasyondan sonra çapı 0,5 mm'den daha büyük olan pembe ve kırmızı koloniler sayılmıştır (Harrigan, 1998).

Staphylococcus aureus sayısı.

50 mL/950 mL oranında Egg-yolk Tellurite Emulsion (Merck) içeren Baird Parker Agar'da (BPA-Merck) gelişen, çapı 1,0-1,5 mm, tipik konveks siyah veya gri, parlak, düzgün çevresinde berrak bir zon bulunan koloniler *S. aureus* olarak sayılmıştır. Elde edilen sonuçlar log kob/g cinsinden değerlendirilmiştir (Harrigan, 1998).

***Escherichia coli* aranması ve sayımı.**

Tryptone Bile X-glucuronide Agar (CTBXA-Merck) kullanılmıştır. Uluslararası Standart ISO 16649-2' de belirtilen ve önerilen dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. Karakteristik mavi-yeşil koloniler sayılmıştır. Elde edilen sonuçlar log kob/g cinsinden ifade edilmiştir (Halkman, 2005).

***Streptococcus salivarius subs. thermophilus* sayımı.**

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde *Streptococcus salivarius subs. thermophilus* sayısının belirlenmesi için M-17 agar (Merck) besiyeri kullanılmıştır. Sayım sonuçları ilgili dilüsyon faktörü hesaplanarak (log kob/g) belirlenmiştir (Rybka, & Kailasapathy, 1996; Vinderola ve Reinheimer, 1999).

***Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus* sayımı.**

Lactobacillus delbrueckii subs. bulgaricus sayımı için MRS agar (Merck) kullanılmıştır. Petri kutuları, anaerobik ortam sağlanarak (Anaerocult A, Merck) 42 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Sayım sonuçları ilgili dilüsyon faktörü hesaplanarak (log kob/g) belirlenmiştir (Speck, 1994).

***Lactobacillus acidophilus* sayımı**

Lb. acidophilus sayımında safra tuzu içeren, (%0,15 bile-salt (Oxoid)) MRS (Merck) agar kullanılmıştır. Petri kutuları, anaerobik (Anaerocult A, Merck) ortamda 37±1 °C'de 72 saat inkübe edilmiştir (Rybka, & Kailasapathy, 1996; Vinderola ve Reinheimer, 1999).

Canlılık oranı.

Bruno, Lankaputhra ve Shah (2002) tarafından önerilen aşağıdaki formül kullanılarak, probiyotik yoğurt örneklerinin içerdiği probiyotik mikroorganizmanın depolama süresince % canlılığını saptanmıştır.

$$\% \text{ Canlılık} = \frac{[\text{Depolamanın Son Günü Belirlenen Probiyotik Bakteri Sayısı (logkob/g)}]}{[\text{Depolamanın İlk Günü Belirlenen Probiyotik Bakteri Sayısı (logkob/g)}]} * 100$$

Yoğurt örneklerinde yapılan duyuusal analizler.

Duyuusal panellerde, Bodyfelt, Tobias ve Trout, (1988) ve TS 1330 (2009) tarafından verilen puantaj cetveli modifiye edilerek kullanılmıştır (Tablo 5). Bu amaçla, yoğurt örneklerinin temel bazı organoleptik nitelikleri (dış görünüş, kıvam (kaşıkla), kıvam (ağızla), koku ve tat) depolamanın 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerinde Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarından ve gıda mühendislerinden oluşan 10 kişilik gönüllü panelist grup tarafından değerlendirilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Duyusal analizler için hazırlanan örnekler.

Tablo 5. *Duyusal Değerlendirme Formu* (Bodyfelt vd., 1988; TS 3301)

Panelistin Adı & Soyadı:	
Tarih:	
Örnek No: ()	
Nitelikler	Puan
Dış Görünüş	
- Yoğurta özgü ideal renkte, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı yok, homojen ve tortusuz	5
- Hafif sarımsı renk, az sayıda çatlak veya gaz kabarcığı, çok az serum ayrılması	4 – 3
- Farklı bir renk, çok sayıda çatlak veya gaz kabarcığı, fazla miktarda serum ayrılması	2 – 1
Kıvam (Kaşıkla)	
- Dolgun kıvamda, düzgün yapıda, karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılık, taneli ve pütürlü yapı yok	5
- Akıcılığı az, hafif taneli ve pütürlü yapıda, karıştırıldıktan sonra hafif akıcı	4 – 3
- Çok fazla akıcı veya pütürlü, karıştırıldıktan sonra serum ayrılması fazla ve dipte tortu bulunduran	2 – 1
Kıvam (Ağızla)	
- Dille damak arasında kolay tutulan, dolgun yapıda, homojen, ideal kıvamda	5
- Ağıza alındığında dağılan, hafif pütürlü veya lapamsı	4 – 3
- Dille damak arasında tutulamayan, fazla akıcı, homojen olmayan, pütürlü veya lapamsı yapıda	2 – 1
Koku	
- Kendine has ve hoş kokuda	5
- Kendine has olmayan veya tanımlanamayan hafif yabancı bir koku	4 – 3
- Kendine has olmayan, belirgin küfümsü, yanık veya yabancı koku	2 – 1
Tat	
- Kendine has ve hoş tada sahip	5
- Hafif ekşimsi veya tatlımsı	4 – 3
- Ekşimsi, hafif acımsı, küfümsü, sabunumsu, yanık veya yabancı bir tada sahip	2 – 1

Yoğurt örneklerinde yapılan tekstür analizleri.

Tekstür analizi, tekstür analiz cihazı (CT3, Brookfield Engineering Laboratories, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Plastik kaplar içerisindeki yoğurt örneklerine 1mm/s’lik hızla silindirik probun penetrasyonu sağlanacak ve tekstürel özellikler belirlenecektir. Aynı örnek için iki farklı kaptaki numunelerden dörder ölçüm alınmıştır.

İstatistiksel analizler.

Araştırma, 2 farklı yöntem (klasik ve probiyotik yoğurt), 4 farklı *Spirulina platensis* kombinasyonu (0 g/100 g, 0,3 g/100 g, 0,6 g/100 g, 0,9 g/100 g), 5 farklı depolama periyodu (1, 7, 14, 21 ve 28. gün) ve 2 tekerrür, 4 paralel olmak üzere Şansa Bağlı Tam Bloklar Deneme Planına göre kurulmuş ve yürütülmüştür. Elde edilen değerler IBM SPSS Statistic 22 paket programında varyans analizine tabi tutulmuş, analiz sonucunda önemli çıkan faktörler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %99 ($p<0,05$) güven düzeyinde değerlendirilmiştir (SPSS, 2022).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Üretimde Kullanılan Hammadde ve Yardımcı Maddelerin Genel Özellikleri

Yoğurt imalatında kullanılan günlük pastörize süt, yağsız süt tozu ve *Spirulina platensis*'e ait bazı özellikler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Üretimde Kullanılan Günlük Pastörize Süt, Yağsız Süt Tozu ve *Spirulina platensis*'in Bazı Nitelikleri

Özellikler	Pastörize Süt	Yağsız Süt Tozu	<i>Spirulina platensis</i>
Yağ (%)	3,07	1,25	5,00
Protein (%)	2,90	37,0	65,0
Titrasyon Asitliği (%LA)	0,12	0,10	0,13
pH	6,87	6,75	6,82

Yoğurt Örneklerinin Kurumadde, Protein ve Yağ Oranları

Kurumadde oranı.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde genel kompozisyon analizleri depolamanın birinci gününde gerçekleşmiştir. *Spirulina platensis*'in 4 farklı oranda ilavesiyle elde edilen klasik ve probiyotik yoğurtların kurumadde oranları %14,41 ile %15,44 arasında tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 7'de ve Şekil 16'da görülmektedir.

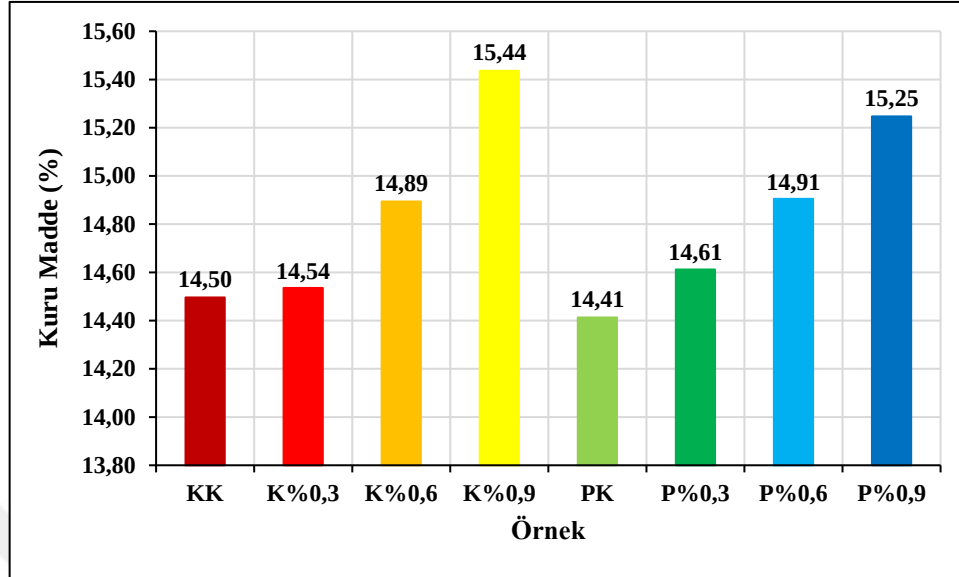
Tablo 7. Yoğurt Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Örnek	Kuru Madde (%)	Yağ (%)	Protein (%)
KK	14,50±0,057	2,500±0,058	4,23±0,024
K %0,3	14,54±0,104	2,500±0,000	4,26±0,091
K %0,6	14,89±0,000	2,525±0,050	4,30±0,082
K %0,9	15,44±0,030	2,600±0,000	4,56±0,083
PK	14,41±0,004	2,350±0,058	4,21±0,144
P %0,3	14,61±0,058	2,388±0,025	4,33±0,161
P %0,6	14,90±0,006	2,500±0,070	4,43±0,039
P %0,9	15,25±0,000	2,625±0,050	4,59±0,061
En Düşük	14,41±0,004	2,350±0,000	4,21±0,144
En Yüksek	15,44±0,030	2,625±0,050	4,59±0,061
Ort.	14,82±0,032	2,488±0,025	4,40±0,039

* Değerler iki tekrerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Tablonun ve şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, yoğurt örneklerine ait en yüksek kuru madde değeri %15,44 ile %0,9 *Spirulina platensis* ilaveli klasik yoğurt örneğinde

(KK, %0,9), en düşük kuru madde ise %14,41 ile sade probiyotik yoğurt (PK) örneğinde tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *Spirulina platensis* ilavesinin yoğurt örneklerinde kuru maddeyi artırdığını söylemek mümkündür. Yoğurt standardına göre kuru madde oranı tam yağlı



yoğurtta en az %15, yağlı yoğurtta en az %12, yarım yağlı yoğurtta en az %10,5 ve yağsız (yavan) yoğurtta en az %9 olmalıdır (TS 1330).

Şekil 16. Yoğurt örneklerinin kuru madde oranları.

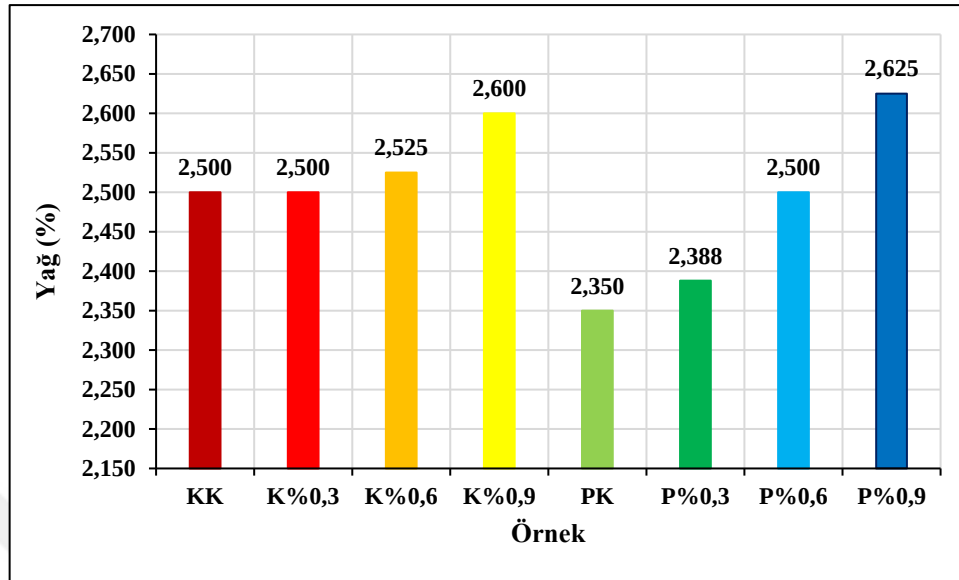
Yoğurt örneklerinin kurumadde oranlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, yoğurt örneklerinin kurumadde oranları üzerine *Spirulina platensis* ilavesinin etkisi $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre, sırasıyla en yüksek *Spirulina platensis* oranlarına (%15,44 ve %15,25) sahip K %0,9 ve P %0,9 örneklerinin kurumadde oranları diğer örneklerden önemli derecede yüksektir (Tablo 10). Aynı oranda *Spirulina platensis* içeren K %0,3 ile P %0,3 örnekleri ve K %0,6 ile P %0,6 örnekleri arasındaki fark ise istatistiksel açıdan önemsizdir. Debbabi vd. (2018), bu çalışmada belirlenen sonuçlara benzer olarak, *Spirulina platensis* ile zenginleştirdikleri yoğurt örneklerinde kurumadde oranının kontrol gruptan daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Yağ oranı.

Süt yağı, fiziksel özellikleri, bileşiminde bulunan esansiyel yağ asitleri ve sahip olduğu yağ asidi kompozisyonundan kaynaklı eşsiz aroması ile süt ürünlerinin kalite ve besin değerlerini önemli ölçüde etkileyen bir süt bileşenidir. Klasik ve probiyotik yoğurtlara ait yağ miktarları sonuçları Tablo 7’de ve Şekil 17’de görülmektedir. Örneklerin yağ oranları, %2,50-2,625 arasında değişim göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre en düşük yağ oranı %2,350 ile

sade probiyotik yoğurt örneğinde (PK), en yüksek yağ oranı ise %2,625 ile P%0,9 örneğinde tespit edilmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi az da olsa örneklerin yağ oranlarında artışa neden olmuştur.



Şekil 17. Yoğurt örneklerinin yağ oranları.

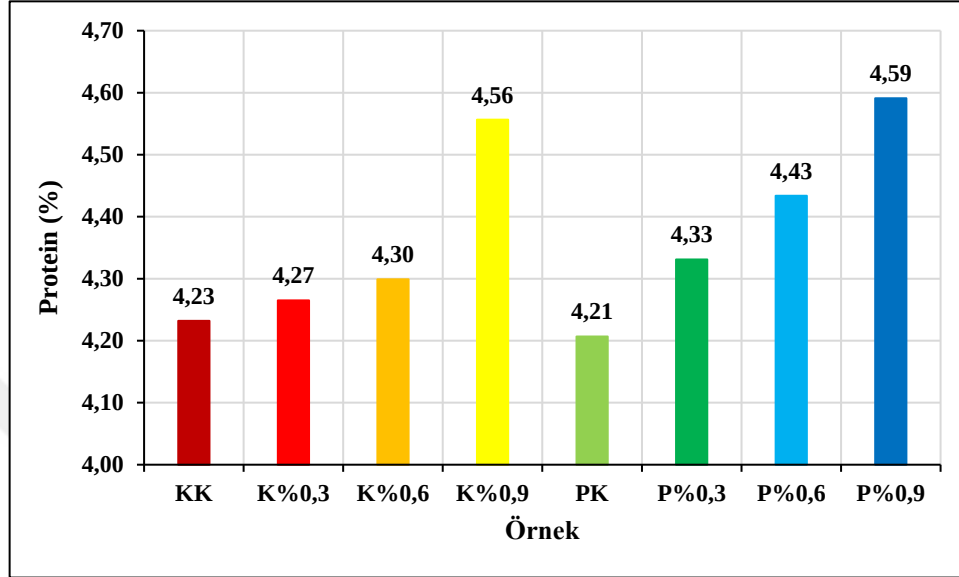
Yapılan varyans analiz sonucunda, örnek değişkeninin yağ oranı üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur (Tablo 9). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda; diğer örneklerden daha yüksek yağ oranına sahip ($p < 0,05$) K%0,9 ile P%0,9 kodlu örnekler arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsizdir ($p > 0,05$). Sırasıyla %2,350 ve %2,388 ile en düşük yağ oranlarının tespit edildiği PK ve P %0,3 örnekleri de istatistiksel açıdan farksız bulunmuştur. Yoğurt üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in yağ oranı üzerine olan etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Genel olarak, yoğurt örneklerinde, artan *Spirulina platensis* konsantrasyonu ile birlikte yağ oranının arttığı söylenebilir.

Bu çalışmada belirlenen yağ oranları Atallah vd. (2020)'nin *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş düşük yağlı yoğurtlarda tespit ettiği yağ miktarlarından (%1,40-1,63) yüksek; Aydemir (2019)'un *Spirulina platensis* katılarak ürettiği yoğurtlarda belirlediği değerlerden (%2,9-3,10) düşüktür. Klasik ve probiyotik yoğurt örnekleri, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2009)'ne göre yarım yağlı yoğurt sınıfına girmektedir.

Protein oranı.

Süt ürünlerinin ana maddesi veya bileşimlerinin en önemli maddesi ola proteinler beslenme fizyolojisi ve teknolojik açıdan büyük öneme sahiptir. Yoğurt, koyulaştırılmış süt tozu gibi ürünlerin en temel bileşeni proteinlerdir (Metin, 2012). Protein oranları ile ilgili Tablo 7 ve Şekil 18'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi yoğurt örneklerine ait en yüksek protein

değeri %4,59 ile %0,9 *Spirulina platensis* ilaveli probiyotik yoğurt örneğinde (P %0,9), en düşük protein ise %4,21 ile sade probiyotik yoğurt (PK) örneğinde tespit edilmiştir (Şekil 18). Elde edilen sonuçlara göre, *Spirulina platensis* ilavesinin yoğurt örneklerinde protein miktarını artırdığını söylemek mümkündür. Yoğurt standardına göre süt proteini oranı en az %3 olmalıdır (TS 1330).



Şekil 18. Yoğurt örneklerinin protein oranları.

Yoğurt örneklerinin protein oranlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, yoğurt örneklerinin protein oranları üzerine *Spirulina platensis* ilavesinin etkisi $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre, sırasıyla en yüksek *Spirulina platensis* oranlarına (%4,59 ve %4,56) sahip K %0,9 ve P %0,9 örneklerinin protein oranları diğer örneklerden önemli derecede yüksektir (Tablo 10). *Spirulina platensis* içermeyen KK ve PK örnekleri ile *Spirulina platensis* içeren K %0,3 örneği arasındaki fark ise istatistiksel açıdan önemsizdir. Debbabi vd. (2018), bu çalışmada belirlenen sonuçlara benzer olarak, *Spirulina platensis* ile zenginleştirdikleri yoğurt örneklerinde protein oranının kontrol gruptan daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda elde edilen protein oranları Bakırcı & Arslaner (2007) tarafından tespit edilen protein oranlarından (%3,75-4,46) yüksek bulunmuştur.

Toz hâline getirilmiş *Spirulina platensis* ilâvesinin *Lactobacillus acidophilus* ve *Mentha longifolia* L. içeren peynirlerin fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi, buzdolabında depolama sırasında incelenmiştir. Peynir starter kültürleri (%1 w/v) ve *Lactobacillus acidophilus* (%2 w/v); *Mentha longifolia* L. (%0,5 ve %1 w/v) ve

Spirulina platensis (%0, 0,3 0,5 ve 0,8 w/v) ile birlikte süte ilave edilmiştir. Üretilen peynirler 4 °C'de 45 gün saklanmış ve mikrobiyal, tekstürel ve besinsel yönleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, toz hâline getirilmiş siyanobakteri *Spirulina platensis* eklenmesinin peynirlerde protein, demir seviyesini yükselttiğini, bu mikroalglerin yeni bir nutrasötik madde kaynağı olarak zenginleştirilmiş bir gıda üretmek için kullanıldığını göstermiştir (Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, 2016).

Yoğurt Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları

*L** değeri.

Yoğurt örneklerine ait renk değerleri Tablo 8'da verilmiştir. Yoğurt örneklerinde tespit edilen renk değerlerinden; *L** (100: beyaz, 0: siyah) değeri en düşük K %0,9 örneğinde (74,67), en yüksek KK örneğinde (98,15) tespit edilmiştir (Şekil 19).

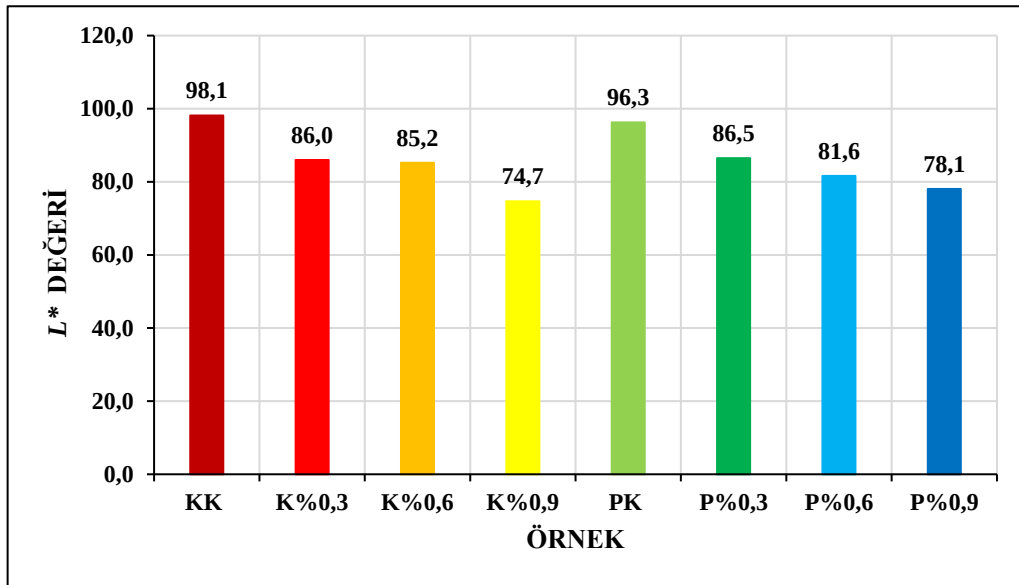
Tablo 8. Yoğurt Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları

Örnek	<i>L*</i> Değeri	<i>a*</i> Değeri	<i>b*</i> Değeri	<i>H°</i> Değeri	<i>C</i> Değeri
KK	98,15±0,73	-3,84±0,15	8,06±0,38	115,45±0,020	8,927±0,3706
K %0,3	85,97±1,27	-4,20±0,29	11,65±0,68	109,83±0,262	12,388±0,668
K %0,6	85,22±1,40	-4,66±0,18	11,94±0,47	111,33±0,012	12,814±0,479
K %0,9	74,67±1,35	-4,81±0,28	15,07±1,21	107,69±0,018	15,817±1,210
PK	96,25±1,02	-3,87±0,11	9,20±0,42	112,81±0,017	9,986±0,396
P %0,3	86,48±2,03	-3,78±0,14	10,24±0,46	110,28±0,016	10,914±0,449
P %0,6	81,62±1,02	-3,78±0,13	12,79±0,23	109,90±0,009	13,602±0,230
P %0,9	78,05±0,69	-4,63±0,20	14,56±1,02	108,15±0,009	15,317±1,033
En Düşük	74,67±1,35	-4,81±0,28	8,06±0,38	107,69±0,018	8,927±0,3706
En Yüksek	98,15±0,73	-3,78±0,14	15,07±1,21	115,45±0,020	15,817±1,210
Ort.	85,80±1,19	-4,20±0,19	11,69±0,61	110,68±0,045	12,471±0,604

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Şekil 19 incelendiğinde *L** değerinin *Spirulina platensis* miktarındaki artışla birlikte düşüş gösterdiği görülmektedir.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Örnek değişkeninin renk değerleri (*L**, *a**, *b**) üzerine etkisi istatistiksel olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Klasik kontrol grup (KK) yoğurt örneklerinin renk özelliği incelendiğinde diğer örneklerle kıyasla en yüksek *L** değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 19. Yoğurtta renk analizine ait L^* değeri sonuçları.

Yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre (Tablo 10); L^* değeri K %0,3, K %0,6 ve P %0,3 kodlu örnekler arasında istatistiksel olarak farksız, diğer örneklerde ise önemli derecede farklı çıkmıştır ($p<0,01$).

Yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in renk değerleri üzerine olan etkisi istatistiksel olarak $p<0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Yoğurt örneklerinde artan *Spirulina platensis* oranı ile birlikte renk değerlerinden; L^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0,01$). *Spirulina platensis*'in renk özellikleri üzerine etkisinin, yeşil renk pigmentlerince zenginliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

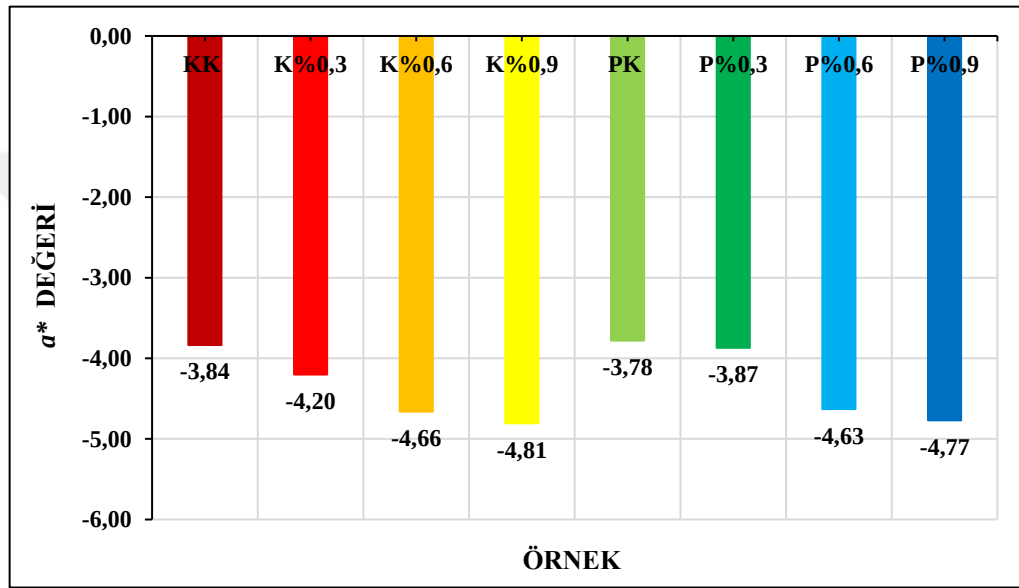
Shin vd. (2008) yaptıkları bir çalışmada kontrol yoğurdu ve %0,25, %0,50 ve %1 *Spirulina platensis* tozu ilave edilen yağsız süttten hazırlanan yoğurtların L^* değerlerini sırasıyla 90,77, 73,43, 65,91 ve 55,10 olarak bulmuşlardır. Bütün gruplarda ölçülen L^* değerlerindeki değişiklikler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Barkallah vd. (2017) yaptıkları çalışmada, kontrol ve %0,25 *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurdun L^* değerleri yaklaşık olarak sırasıyla 86 ve 59 olarak bulmuşlardır. L^* değerindeki düşüşün yoğurtta artan *Spirulina platensis* oranına bağlı olduğu bildirilmiştir.

Toz hâline getirilmiş *Spirulina platensis* ilâvesinin *Lactobacillus acidophilus* ve *Mentha longifolia* L. içeren peynirlerin fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi, buzdolabında depolama sırasında incelenmiştir. Peynir starter kültürleri (%1 w/v) ve *Lactobacillus acidophilus* (%2 w/v); *Mentha longifolia* L. (%0,5 ve %1 w/v) ve *Spirulina platensis* (%0, 0,3 0,5 ve 0,8 w/v) ile birlikte süte ilave edilmiştir. Üretilen peynirler 4 °C'de 45 gün saklanmış ve mikrobiyal, tekstürel ve besinsel yönleri analiz edilmiştir. Sonuç

olarak, renk analizlerinde *Spirulina platensis* içeriği arttıkça parlaklığın (L^*) azaldığını rapor etmişlerdir (Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, 2016).

a^* değeri.

Yoğurt örneklerine ait a^* değeri sonuçları Tablo 8’da gösterilmiştir. a^* değeri kırmızılık/yeşillik oranını göstermektedir. a^* değeri 0’dan negatif (-) değere gittikçe yeşillik artarken, pozitif (+) değere gittikçe kırmızılık artış göstermektedir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı gibi en düşük a^* değerleri (sırasıyla -4,81, -4,63), en yüksek *Spirulina platensis* oranına sahip K %0,9 ve P %0,9 kodlu örneklerde tespit edilmiştir.



Şekil 20. Yoğurtta renk analizine ait a^* değeri sonuçları.

Şekil 20 incelendiğinde a^* değerinin *Spirulina platensis* miktarındaki artışla birlikte düşüş gösterdiği görülmektedir.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Örnek değişkeninin a^* değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak seviyesinde önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. KK ve PK kodlu yoğurt örneklerinin renk özellikleri incelendiğinde diğer örneklere kıyasla en yüksek a^* değerine sahip oldukları görülmektedir.

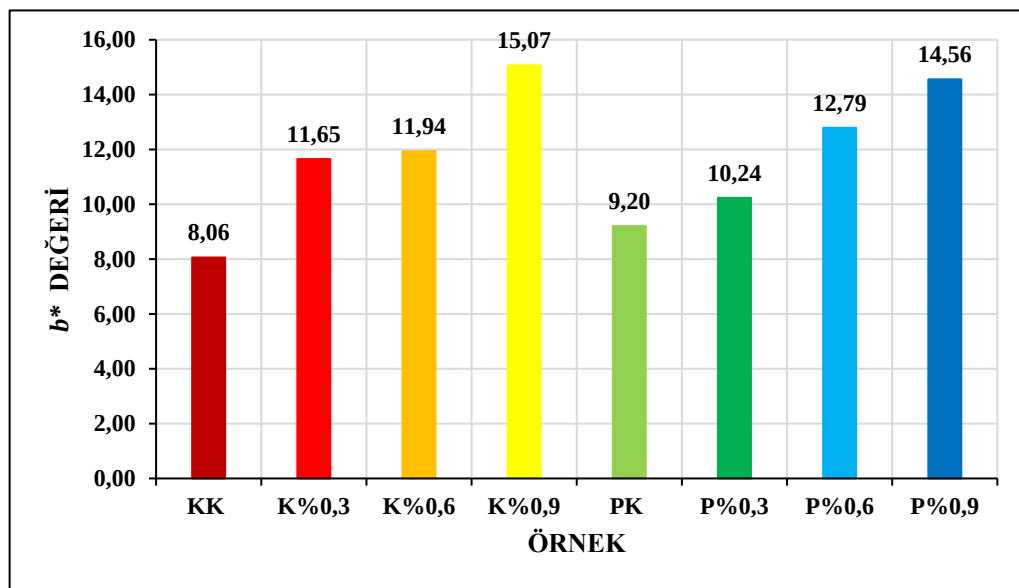
Yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre; renk değerlerinden a^* değeri KK, PK ve P %0,3 kodlu örnekler ile K %0,6, K %0,9, P %0,6 ve P %0,9 örnekleri arasında istatistiksel olarak farksız çıkmıştır ($p < 0,01$). *Spirulina platensis* ilavesinin a^* değeri üzerine etkisi, yeşil renk pigmentlerince zenginliğinden kaynaklanmıştır. Yoğurt örneklerinde *Spirulina platensis* konsantrasyonu arttıkça yeşil renk tonunun konsantrasyonu da doğru orantılı olacak şekilde artmıştır.

Shin vd. (2008), yaptıkları çalışmada %0,25, %0,50 ve %1 *Spirulina platensis* tozu ilave edilen yağsız süttten hazırlanan yoğurtların a^* değerlerini sırasıyla -4,05, -4,28, -4,36 olarak bulmuşlardır. Barkallah vd. (2017), kontrol ve %0,25 *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurtta a^* değerlerini yaklaşık olarak sırasıyla -4,4 ve -6,4 bulmuşlardır. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer olarak, *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinde benzer sonuçlar elde edilse de sınırlı varyasyonların nedeni farklı oranlarda ve farklı kaynaklardan elde edilen *Spirulina platensis* kullanımı olabilir.

Toz hâline getirilmiş *Spirulina platensis* ilâvesinin *Lactobacillus acidophilus* ve *Mentha longifolia* L. içeren peynirlerin fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi, buzdolabında depolama sırasında incelenmiştir. Peynir starter kültürleri (% 1 w/v) ve *Lactobacillus acidophilus* (%2 w/v); *Mentha longifolia* L. (%0,5 ve %1 w/v) ve *Spirulina platensis* (%0, 0,3 0,5 ve 0,8 w/v) ile birlikte süte ilave etmişleridir. Üretilen peynirler 4 °C'de 45 gün saklanmış ve mikrobiyal, tekstürel ve besinsel yönleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, renk analizlerinde *Spirulina platensis* içeriği arttıkça kızarıklığın (a^*) azaldığını rapor etmişlerdir (Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, 2016).

b^* değeri.

Yoğurt örneklerine ait b^* değeri sonuçları Tablo 8'da gösterilmiştir. b^* değeri mavilik/sarılık oranını göstermektedir. b^* değeri 0'dan negatif (-) değere gittikçe mavilik artarken, pozitif (+) değere gittikçe sarılık artış göstermektedir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılabacağı gibi en yüksek b^* değeri 15,07 ile K %0,9 örneğinde, en düşük değer 8,06 ile KK örneğinde tespit edilmiştir.



Şekil 21. Yoğurtta renk analizine ait b^* değeri sonuçları.

Şekil 21 incelendiğinde b^* değerinin *Spirulina platensis* miktarındaki artışla birlikte arttığı görülmektedir.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in b^* değerleri üzerine olan etkisi istatistiksel olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

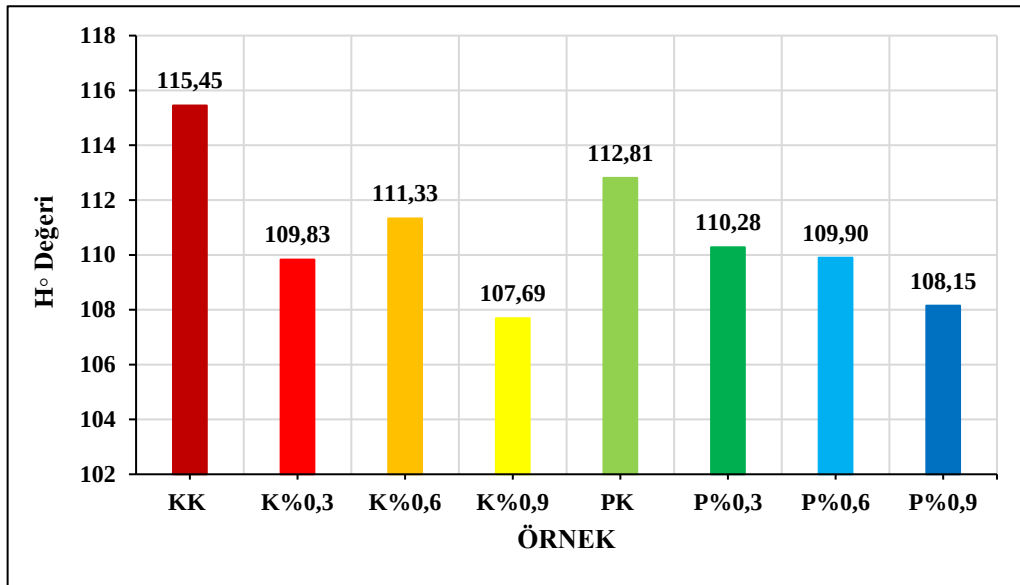
Yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre; renk değerlerinden b^* değeri K %0,9 ve P %0,9 kodlu örnekler ile K %0,3 ve K%0,6 örnekleri arasında istatistiksel olarak farksız, diğer örneklerde ise önemli derecede farklı çıkmıştır ($p < 0,01$). K%0,9 ve P%0,9 yoğurt örneklerinin renk özellikleri incelendiğinde diğer örneklerle kıyasla en yüksek b^* değerine sahip oldukları görülmektedir.

Shin vd. (2008), kontrol yoğurdu ve %0,25, %0,50 ve %1 *Spirulina platensis* tozu ilave edilen yağsız süttten hazırlanan yoğurtların b^* değerlerini sırasıyla 10,76, 7,97, 8,17, 8,17 olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, kontrol grubu dışındaki diğer örneklerde ölçülen b^* değerlerindeki değişiklikleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Barkallah vd. (2017), kontrol ve %0,25 *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurtların b^* değerlerini yaklaşık olarak sırasıyla 7,7 ve 11,2 bulmuşlardır. İnceledikleri renk parametreleri ile ilgili elde edilen verilerin değerlendirilmesine dayanarak, *Spirulina platensis* pigmentlerinin süt ürünlerinde doğal renklendirici olarak faydalı olabileceğini iddia etmişlerdir.

Toz hâline getirilmiş *Spirulina platensis* ilâvesinin *Lactobacillus acidophilus* ve *Mentha longifolia* L. içeren peynirlerin fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi, buzdolabında depolama sırasında incelenmiştir. Peynir starter kültürleri (% 1 w/v) ve *Lactobacillus acidophilus* (% 2 w/v); *Mentha longifolia* L. (% 0,5 ve % 1 w/v) ve *Spirulina platensis* (%0, 0,3 0,5 ve 0,8 w/v) ile birlikte süte ilave etmişlerdir. Üretilen peynirler 4 °C'de 45 gün saklanmış ve mikrobiyal, tekstürel ve besinsel yönleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak, renk analizlerinde *Spirulina platensis* içeriği arttıkça sarılığın (b^*) arttığını rapor etmişlerdir (Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, 2016).

H° değeri.

Kırmızıdan sarıya doğru artış gösteren dönme açısı " H° " (derece cinsinden), rengin bir ölçüsüdür. Örneğin $H^\circ = 90^\circ$ sarı bir renk tonunu, $H^\circ = 0^\circ$ kırmızı bir renk tonunu ve $H^\circ = 270^\circ$ mavi bir renk tonunu ifade etmektedir (Hunterlab, 1995). Yoğurt örneklerinin H° değerleri Tablo 8 ve Şekil 22'de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, en yüksek H° değeri 115,45 ile KK örneğinde, en düşük değer 107,69 ile K %0,9 örneğinde tespit edilmiştir.



Şekil 22. Yoğurtta renk analizine ait H° değeri sonuçları.

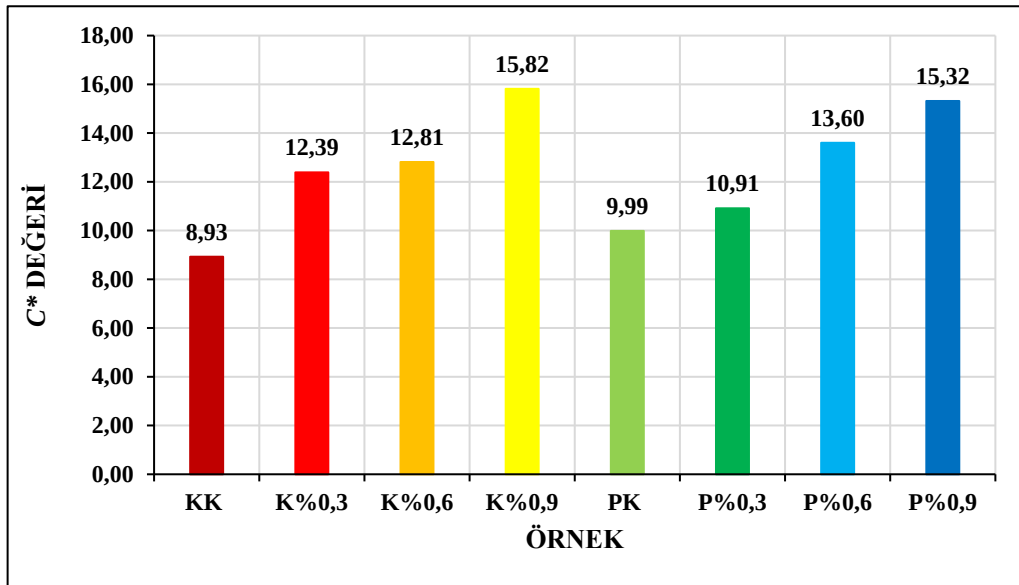
Şekil 22 incelendiğinde H° değerinin özellikle %0,3 oranında ilave ile belirgin biçimde düştüğü görülmektedir.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in H° değeri üzerine olan etkisi istatistiksel olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre; K%0,3, P%0,3 ile P%0,6 örneklerinde belirlenen H° değerleri arasındaki fark önemsizdir ($p > 0,05$). Klasik ve probiyotik yoğurtlar karşılaştırıldığında, aynı oranda *Spirulina platensis* içeren (K%0,3, P%0,3 ve K%0,6 ve P%0,6) örneklerin istatistiksel açıdan benzer H° değerlerine sahip olduğu görülmektedir. İncelenen yoğurt örneklerinin H° değerleri (107,69-115,45) 90° ve 100° arasında olması nedeniyle sarı-yeşil bölgede, sarıya daha yakın bir renk tonunu temsil etmektedir.

C* değeri.

Chroma, netlik ya da yoğunluk değeri, görsel renk algılamasında rengin saflık oranını gösterir. Chroma, rengin matlık ya da canlılık özelliğini tarif eder. Rengin saf renge ya da griye ne kadar mesafede olduğunu gösterir. Hue değerinden bağımsızdır. Yoğurt örneklerinin C^* değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı gibi en yüksek C^* değeri 15,817 ile K%0,9 örneğinde, en düşük değer 8,927 ile KK örneğinde tespit edilmiştir.



Şekil 23. Yoğurtta renk analizine ait C* değeri sonuçları.

Şekil 23 incelendiğinde C* değerinin *Spirulina platensis* miktarındaki artışla birlikte arttığı görülmektedir. K%0,9 ve P%0,9 yoğurt örneklerinin renk özellikleri incelendiğinde diğer örneklerle kıyasla en yüksek C* değerine sahip oldukları görülmektedir.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in C* değerleri üzerine olan etkisi istatistiksel olarak $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre; C* değeri K%0,9 ve P%0,9 kodlu örnekler ile K%0,3 ve K%0,6 örnekleri arasında istatistiksel olarak farksız, diğer örneklerde ise önemli derecede farklı çıkmıştır ($p < 0,01$).

Tablo 9. Yoğurt Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kuru Madde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>H</i> ^o	<i>C</i> *
Örnek	7	240,778**	9,220**	1,678*	336,696**	41,258**	102,163**	54,029**	101,858**
Hata Genel									

** : p<0,01, * : p<0,05

Tablo 10. Yoğurt Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları*

		Kuru Madde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Renk Analizleri				
					<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>H</i> ^o	<i>C</i> *
ÖRNEK	KK	14,50±0,057 ^d	4,23±0,024 ^d	2,500±0,058 ^b	98,15±0,725 ^a	-3,84±0,154 ^a	08,06±0,381 ^f	115,45±1,163 ^a	08,93±0,371 ^f
	K%0,3	14,53±0,104 ^d	4,27±0,091 ^d	2,500±0,000 ^b	85,97±1,269 ^c	-4,20±0,293 ^b	11,65±0,684 ^c	109,86±1,501 ^d	12,39±0,668 ^c
	K%0,6	14,89±0,000 ^c	4,30±0,082 ^{cd}	2,525±0,050 ^b	85,22±1,397 ^c	-4,66±0,176 ^c	11,94±0,471 ^c	111,34±0,667 ^c	12,81±0,479 ^c
	K%0,9	15,44±0,029 ^a	4,56±0,083 ^{ab}	2,600±0,000 ^a	74,67±1,353 ^f	-4,81±0,284 ^c	15,07±1,211 ^a	107,69±1,055 ^e	15,82±1,210 ^a
	PK	14,41±0,004 ^e	4,21±0,144 ^d	2,350±0,058 ^c	96,25±1,018 ^b	-3,78±0,139 ^a	09,20±0,418 ^e	112,84±0,962 ^b	09,99±0,396 ^e
	P%0,3	14,61±0,058 ^d	4,33±0,161 ^{cd}	2,388±0,025 ^c	86,48±2,032 ^c	-3,87±0,105 ^a	10,24±0,462 ^d	110,30±0,933 ^d	10,91±0,449 ^d
	P%0,6	14,91±0,006 ^c	4,43±0,039 ^{bc}	2,500±0,070 ^b	81,62±1,016 ^d	-4,63±0,129 ^c	12,79±0,227 ^b	109,90±0,517 ^d	13,60±0,230 ^b
	P%0,9	15,25±0,000 ^b	4,59±0,061 ^a	2,625±0,050 ^a	78,05±0,692 ^e	-4,77±0,199 ^c	14,56±1,024 ^a	108,18±0,531 ^e	15,32±1,033 ^a

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Depolama Süresince Yoğurt Örneklerinin Bazı Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Titrasyon asitliği.

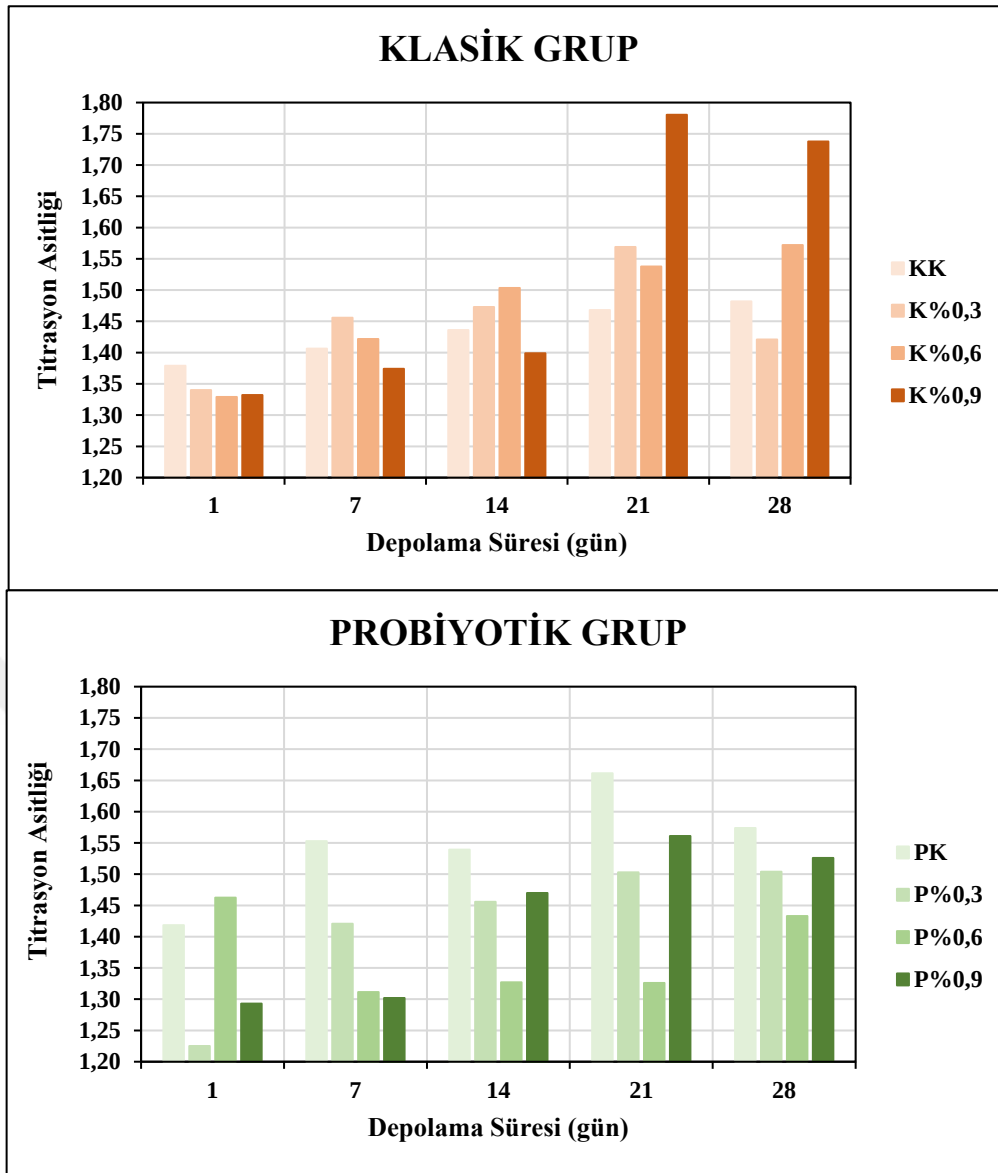
Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği (%laktik asit) değerleri Tablo 11’da verilmiştir. Yoğurt örneklerinde en düşük titrasyon asitliği değeri %1,23 ile depolamanın 1. gününde P%0,3 örneğinde, en yüksek değer ise %1,78 ile depolamanın 21. gününde K%0,9 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 11. Yoğurt Örneklerinin Titrasyon Asitliği Sonuçları

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	1,38±0,02	1,41±0,04	1,44±0,03	1,47±0,01	1,48±0,00	1,43±0,04
K%0,3	1,33±0,02	1,46±0,02	1,42±0,00	1,47±0,02	1,57±0,02	1,45±0,08
K%0,6	1,33±0,02	1,42±0,01	1,50±0,02	1,54±0,03	1,57±0,01	1,47±0,09
K%0,9	1,33±0,07	1,37±0,01	1,40±0,02	1,78±0,04	1,74±0,01	1,52±0,20
PK	1,42±0,02	1,55±0,01	1,54±0,02	1,66±0,01	1,57±0,02	1,55±0,08
P%0,3	1,23±0,00	1,42±0,01	1,46±0,01	1,50±0,01	1,50±0,06	1,42±0,11
P%0,6	1,46±0,03	1,31±0,02	1,33±0,00	1,33±0,01	1,43±0,01	1,37±0,07
P%0,9	1,29±0,00	1,30±0,01	1,47±0,02	1,56±0,04	1,53±0,00	1,43±0,12
En Düşük	1,23±0,00	1,30±0,01	1,33±0,00	1,33±0,01	1,42±0,00	1,37±0,07
En Yüksek	1,46±0,03	1,55±0,01	1,54±0,02	1,78±0,04	1,74±0,01	1,55±0,08
Ort.	1,35±0,02	1,41±0,02	1,45±0,02	1,54±0,02	1,55±0,02	1,46±0,10

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin % titrasyon asitliği değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim Şekil 24’te verilmiştir. Şekil incelendiğinde klasik grup yoğurtlarda genel olarak depolama süresince bir artış olduğu, depolama sonunda *Spirulina platensis* içeren örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin kontrol gruba göre nispeten daha yüksek bulunduğu görülmektedir. Probiyotik grupta ise depolamanın tüm günlerinde en yüksek asitlik değerlerinin PK örneğinde tespit edildiği göze çarpmaktadır.



Şekil 24. Depolama süresince titrasyon asitliğinde belirlenen değişim.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin titrasyon asitliği üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 17’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu Tablo 18’de verilmiştir.

En yüksek titrasyon asitliği değerleri depolamanın tüm günlerinde, PK örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,01$). Bu durumun probiyotik kontrol örneğinin sahip olduğu yüksek LAB popülasyonu ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

Yoğurtların üretiminde farklı konsantrasyonlarda kullanılan *Spirulina platensis*’in titrasyon asitliği üzerine olan etkisi $p<0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Klasik grup yoğurtlarda artan *Spirulina platensis* oranının titrasyon asitliğini arttırdığı tespit edilmiştir.

Probiyotik grupta ise *Spirulina platensis* içeren örneklerin titrasyon asitliği kontrol örnekten daha düşük bulunmuştur ($p<0,01$). P %0,8 ve P %0,9 kodlu örnekler arasındaki fark ise önemsizdir. Tüm yoğurt örneklerinde belirlenen titrasyon asitliği değerleri TS 1330 yoğurt standardı ile uyumludur. Depolama değişkeni göz önünde bulundurulduğunda, en düşük titrasyon asitliği değerleri depolamanın ilk gününde, en yüksek asitlik değerleri ise depolamanın sonunda tespit edilmiştir ($p<0,01$).

Bu çalışma sonucunda elde edilen titrasyon asitliği değerleri, Bakırcı, & Arslaner (2007), Mahmoudi, Bajalanlou, Ghajarbeygi ve Pakbin, (2016) tarafından bildirilen değerlerden yüksek; Damin, Minowa, Alcantara ve Oliveira, (2008) tarafından rapor edilen değerlere benzerlik göstermektedir. Debbabi vd. (2018), bu çalışmada belirlenen sonuçlara benzer olarak, *Spirulina platensis* ile zenginleştirdikleri klasik yoğurt örneklerinde titrasyon asitliğinin, kontrol gruptan daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

pH.

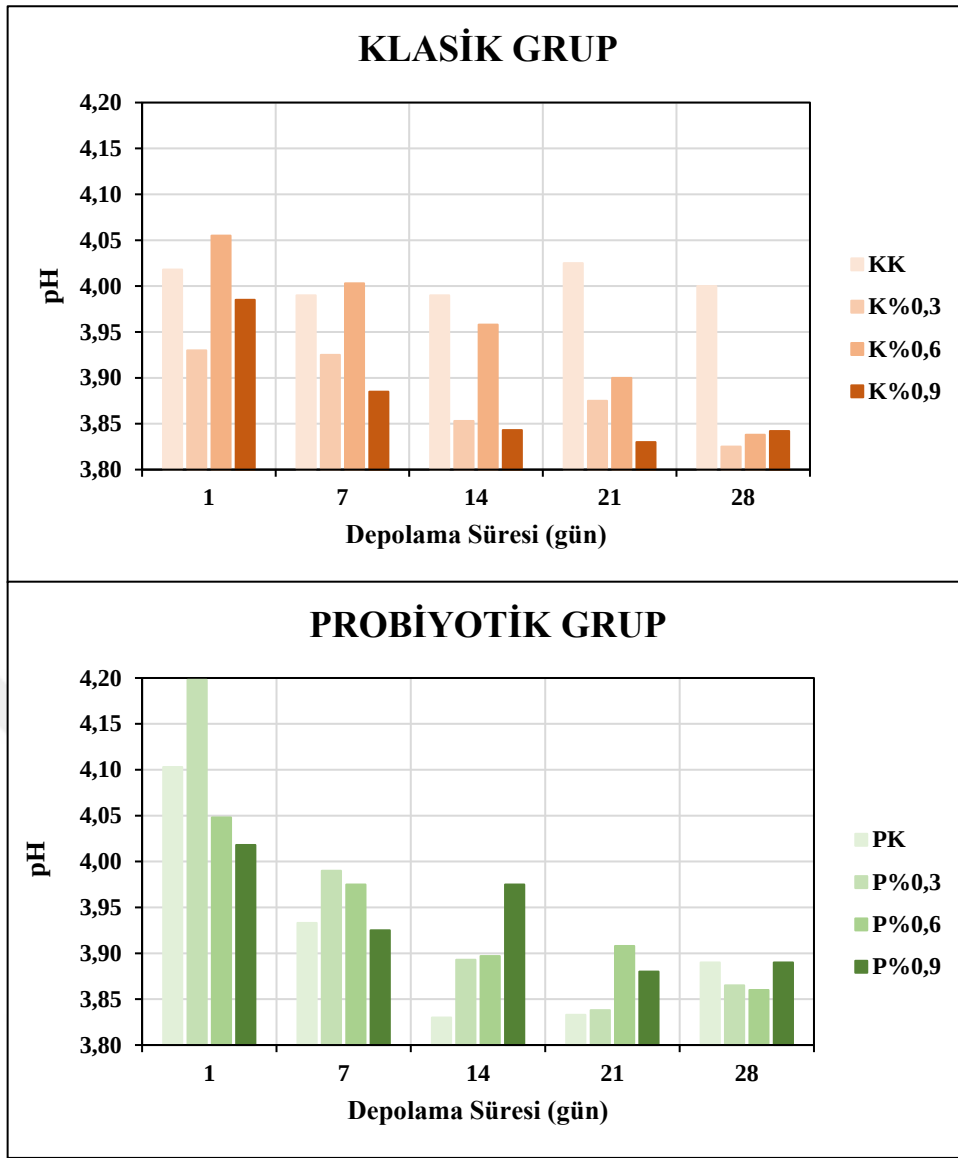
Yoğurt örneklerine ait pH değerleri Tablo 12’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi yoğurt örneklerine ait en yüksek pH değeri 4,20 ile depolamanın 1. gününde P%0,3 örneğinde, en düşük değer ise 3,83 ile depolamanın 14 ve 28. gününde sırasıyla PK ve K%0,3 örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 12. Yoğurt Örneklerinin pH Değerleri*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	4,02±0,03	3,99±0,03	3,99±0,04	4,03±0,02	4,00±0,08	4,00±0,04
K%0,3	3,93±0,01	3,93±0,04	3,85±0,01	3,88±0,02	3,83±0,00	3,88±0,05
K%0,6	4,06±0,01	4,00±0,03	3,96±0,03	3,90±0,02	3,84±0,01	3,95±0,08
K%0,9	3,99±0,04	3,89±0,01	3,84±0,02	3,83±0,02	3,84±0,02	3,88±0,06
PK	4,10±0,01	3,93±0,01	3,83±0,00	3,83±0,01	3,89±0,01	3,92±0,10
P%0,3	4,20±0,04	3,99±0,02	3,89±0,02	3,84±0,00	3,87±0,02	3,96±0,14
P%0,6	4,05±0,06	3,98±0,08	3,90±0,01	3,91±0,00	3,86±0,00	3,94±0,08
P%0,9	4,02±0,03	3,93±0,04	3,98±0,01	3,88±0,02	3,89±0,01	3,94±0,06
En Düşük	3,93±0,01	3,89±0,01	3,83±0,00	3,83±0,01	3,83±0,00	3,88±0,05
En Yüksek	4,20±0,04	4,00±0,03	3,99±0,04	4,03±0,02	4,00±0,08	4,00±0,04
Ort.	4,05±0,03	3,96±0,03	3,91±0,02	3,89±0,01	3,88±0,02	3,93±0,08

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin pH değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim Şekil 25’te verilmiştir. Şekil incelendiğinde yoğurtlarda genel olarak depolama süresince pH değerlerinde bir azalış olduğu görülmektedir. Depolamanın 21. gününden sonra pH’daki düşüşün yavaşladığı ve en düşük değerlerine ulaştığı görülmektedir.



Şekil 25. pH değerlerinin depolama süresince değişimi.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin pH üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 17’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu Tablo 18’de verilmiştir.

Klasik grupta, *Spirulina platensis* içermeyen KK (0 g/100 g *Spirulina platensis*) örneğinde depolamanın 14, 21 ve 28. günlerinde B, C ve D örneklerine göre daha yüksek pH değerleri tespit edilmiştir ($p<0,01$). Probiyotik grupta ise PK örneği depolamanın 7, 14 ve 21. günlerinde en düşük pH değerine, en yüksek pH değeri depolamanın 1 ve 7. günlerinde P%0,3 örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,01$). Barkallah vd. (2017), farklı *Spirulina platensis* oranlarına sahip örnekler arasındaki pH farklılığının, farklı tamponlanma kapasitesi etkilerine

atfedilebileceğini bildirmiş, *Spirulina platensis* içeren numunelerin, fermantasyon işlemi sırasında daha düşük tamponlama kapasitesi sergilediğini rapor etmiştir.

Depolama süresince, en yüksek pH değerleri depolamanın 1. gününde, en düşük değerler ise depolamanın 21 ve 28. gününde tespit edilmiştir ($p<0,01$).

Spirulina platensis 'in, laktik asit bakterilerinin canlılığını ve büyüme oranlarını önemli ölçüde uyardığı bildirilmiştir (Beheshtipour, Mortazavian, Haratian, & Darani, 2012). Bu çalışma bulgularına benzer şekilde, Barkallah vd. (2017) tarafından, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* karışık kültürü ile aşıl原因 ve *Spirulina platensis* içeren sütlerde, fermantasyon süresi boyunca kontrol örneklerine göre pH değerlerinin daha hızlı düştüğü bildirilmiştir. Farklı bir sonuç olarak Ataallah vd. (2020) %1 oranında *Spirulina platensis* içeren yoğurtların pH değerlerinin (4,84), kontrol grupta belirlenen pH oranından (4,29) daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Viskozite (C_p).

Viskozite fermente süt ürünlerinde duysal kaliteyi etkileyen önemli parametrelerdendir. Yoğurt örneklerine ait viskozite değerleri Tablo 13'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde en yüksek değerin 4845 ile depolamanın 28. gününde PK örneğinde, en düşük değer 2476 ile depolamanın 1. gününde P%0,9 örneğinde tespit edildiği görülmektedir. Genel bir değerlendirme ile *Spirulina platensis* ilavesinin viskozite değerlerini düşürdüğü, viskozitenin depolama süresince bir artış eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Benzer şekilde Bakırcı ve Arslaner (2007) tarafından, süt tozuna ikame olarak PAS tozu kullanılan klasik yoğurtlarda vizkozite değerlerinin depolama süresince arttığı bildirilmiştir. Burada elde edilen viskozite değerleri Bakırcı ve Arslaner (2007) tarafından yoğurt örneklerinde tespit edilen ortalama değerlerden (1396-2580 C_p) yüksek bulunmuştur.

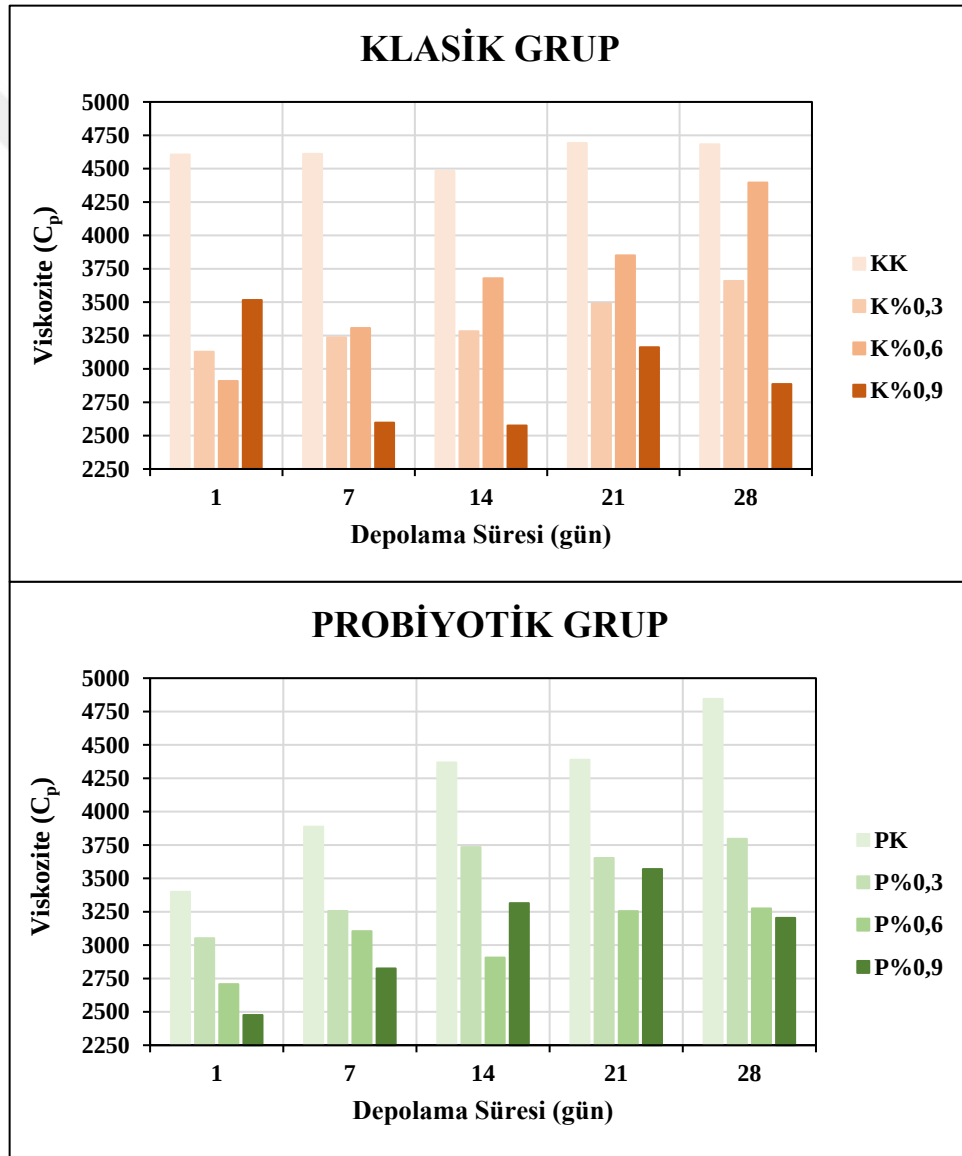
Tablo 13. Yoğurt Örneklerinin Viskozite (C_p) Değerleri*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	4607±240,02	4611±91,64	4482±112,64	4692±23,09	4682±46,69	4614±137,10
K%0,3	3128±81,06	3236±136,00	3282±118,91	3490±291,20	3658±105,00	3359±243,76
K%0,6	2910±50,10	3306±163,74	3679±118,29	3850±85,01	4396±32,33	3628±523,20
K%0,9	3516±49,10	2597±136,37	2576±23,55	3162±72,26	2886±139,85	2947±375,18
PK	3399±331,31	3888±216,15	4368±142,66	4389±177,95	4845±324,75	4178±552,89
P%0,3	3052±107,83	3256±91,21	3734±87,24	3652±177,03	3796±109,01	3498±317,48
P%0,6	2708±64,17	3105±60,08	2906±180,36	3254±129,22	3275±102,21	3050±244,31
P%0,9	2476±79,87	2825±126,03	3314±329,87	3570±288,47	3204±73,18	3078±436,50
En Düşük	2476±79,87	2597±136,37	2576±23,55	3162±72,26	2886±139,85	2947±375,18
En Yüksek	4607±240,02	4611±91,64	4482±112,64	4692±23,09	4845±324,75	4630±137,10
Ort.	3225±125,43	3353±127,65	3543±139,19	3757±155,53	3843±116,63	3544±353,80

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinde depolama boyunca meydana gelen değişim Şekil 26 üzerinden incelendiğinde, klasik gruptan KK, K 0,3 K0,6 kodlu örneklerde; probiyotik gruptan PK ve P0,6 kodlu örneklerin viskozite değerlerinde depolamanın 14. gününden sonra düzenli bir artış görülmektedir. Diğer örneklerden farklı olarak, %0,9 oranında *Spirulina platensis* ile katkılanmış örneklerde (K %0,9 ve P %0,9) depolamanın 21. gününden sonra viskozite değerlerinde belirgin bir düşüş göze çarpmaktadır.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin viskozite üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Analiz sonuçları Tablo 17’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu Tablo 18’de verilmiştir.



Şekil 26. Viskozite değerlerinin depolama süresince değişimi.

Genel olarak depolama günlerine ait maksimum viskozite değerleri *Spirulina platensis* ihtiva etmeyen kontrol grup örneklerde belirlenmiştir ($p<0,01$). *Spirulina platensis* depolama boyunca pıhtının kırılması için gereken enerjiyi düşürmüştür. En düşük ortalama viskozite değerinin belirlendiği K %0,9 kodlu örnek istatistiksel olarak tüm örneklerden farklıdır ($p<0,01$). Probiyotik grupta en düşük değerlerin belirlendiği P %0,6 ile P %0,9 kodlu örnekler ise istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p>0,01$).

Bu çalışmada elde edilen bulgulardan farklı olarak, Ataallah vd. (2020) yaptıkları çalışmada, peynir altı suyu protein konsantratu, Ca-kazeinat ve *Spirulina platensis* katkılı yoğurtların viskozite değerlerini karşılaştırmış; %1 *Spirulina platensis* ilaveli yoğurdun kontrolden daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğunu belirlemiştir. Barkallah vd. (2017) ise, *Spirulina platensis* ile zenginleştirilen yoğurt örneklerinde kontrol yoğurda göre daha düşük sertlik değerleri belirlendiğini ve *Spirulina platensis* içeren örneklerin duyuşal panelde daha düşük tekstür puanları aldığını bildirmişlerdir. Çalışmalar arasındaki farklılıkların yoğurt örneklerinin fizikokimyasal niteliklerindeki farklılıklar ve farklı oranlarda *Spirulina platensis* kullanımından kaynaklandığı söylenebilir.

Serum ayrılması.

Yoğurt ürünlerinde istenmeyen bir özellik olan “sinerezis” olarak bilinen serum ayrılması, depolama sırasında yoğurt kalitesini gösteren en önemli parametrelerden biri olarak kabul edilir (Senaka Ranadheera, Evans, Adams, & Baines, 2012). “Serum ayrılması, ürünlerdeki protein ağında tutulan sıvı fazın herhangi bir dış zorlama olmaksızın jel yapısından kendiliğinden ayrılması” şeklinde oluşan yapısal kusurdur. Yüksek inkübasyon sıcaklığı ve hızlı asitlik değişimleri serum ayrılmasını hızlandıran temel nedenler arasındadır (Pearse, & Mackinlay, 1989; Bakırcı vd., 2015). Üreticiler, yoğurt üretiminde kullanılan sütün kuru madde oranını arttırarak, stabilizatör ekleyerek veya sütü yüksek ısı ile işleme maruz bırakarak su bağlama kapasitesini yükseltmeye çalışmaktadırlar (Lucey, 2002).

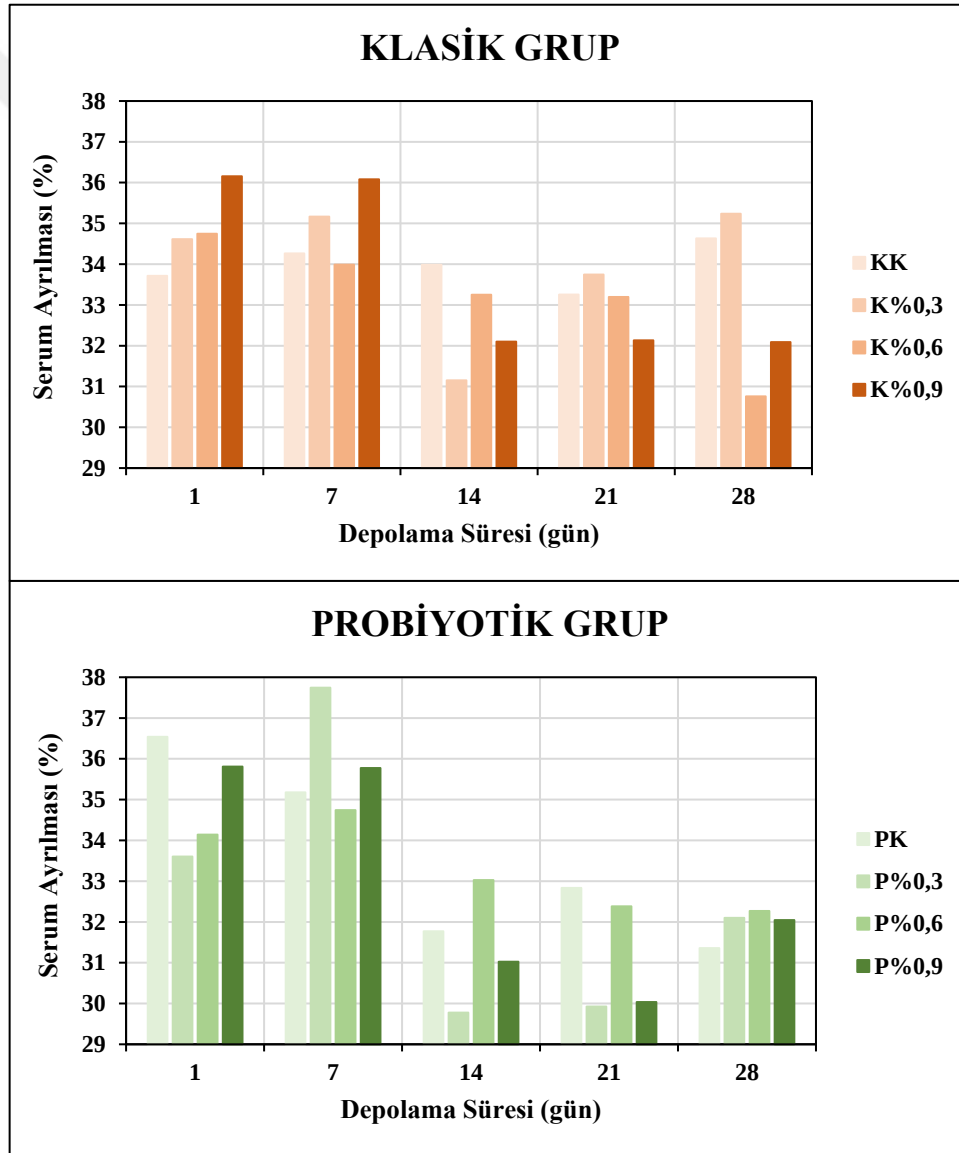
Yoğurt örneklerine ait serum ayrılması değerleri Tablo 14’te verilmiştir. Yoğurt örneklerinde sinerezis değerleri %29,8-37,7 arasında değişmiştir. En düşük serum ayrılması değeri %29,8 ile depolamanın 14. gününde, en yüksek serum ayrılması değeri de %37,7 ile depolamanın 7. gününde P%0,3 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin sinerezis değerlerine ilişkin sonuçlara göre, klasik grupta %0,6 ve %0,9 oranında *Spirulina platensis* içeren örneklerle; probiyotik grubun tamamında depolamanın sonunda tespit edilen serum ayrılması değerleri ilk günden daha düşüktür.

Tablo 14. Yoğurt Örneklerinin Serum Ayrılması Değerleri*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	33,7±0,10	34,3±3,32	34,0±0,00	33,2±0,07	34,6±1,05	34,0±1,47
K%0,3	34,6±0,51	35,2±0,37	31,2±0,00	33,7±0,03	35,2±1,60	34,0±1,70
K%0,6	34,7±1,38	34,0±2,21	33,2±0,71	33,2±0,71	30,8±0,43	33,2±1,77
K%0,9	36,2±2,79	36,1±1,08	32,1±0,29	32,1±0,01	32,1±0,00	33,7±2,34
PK	36,5±0,03	35,2±0,74	31,8±0,35	32,8±0,12	31,4±1,74	33,5±2,19
P%0,3	33,6±0,64	37,7±0,00	29,8±0,80	29,9±0,60	32,1±0,40	32,6±3,04
P%0,6	34,1±0,01	34,7±0,10	33,0±0,27	32,4±0,00	32,3±2,14	33,3±1,32
P%0,9	35,8±0,00	35,8±0,00	31,0±0,00	30,0±0,71	32,0±0,57	32,9±2,51
En Düşük	33,6±0,64	34,0±2,21	29,8±0,80	29,9±0,60	30,8±0,43	32,6±3,04
En Yüksek	36,5±0,03	37,7±0,00	34,0±0,00	33,7±0,03	35,2±1,60	34,0±1,70
Ort.	34,9±0,70	35,4±1,00	32,0±0,30	32,2±0,30	32,6±1,00	33,4±2,00

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin serum ayrılması değerlerinde depolama boyunca meydana gelen değişim Şekil 27’de görülmektedir.



Şekil 27. Sinerezis değerlerinin depolama süresince değişimi.

Şekil 27 incelendiğinde, klasik ve probiyotik grupta depolama sürecinde farklı bir seyir göze çarpmaktadır. Klasik grup örneklerde depolamanın 14. gününde serum ayrılması değerlerinde hafif, probiyotik grupta ise güçlü bir düşüş görülmektedir. KK ve KK%0,3 dışındaki tüm örneklerde depolama sonunda belirlenen serum ayrılması oranları ilk gün değerlerinden düşüktür.

Yoğurt örneklerinin serum ayrılması değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 17’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, farklı oranlarda *Spirulina platensis* ilavesinin yoğurt örneklerinin sinerezis değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Benzer biçimde depolama günleri arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,01$). Örnekler ve depolama günleri arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Genel olarak *Spirulina platensis* ilavesinin serum ayrılması oranını azalttığı söylenebilir ($p<0,01$). Depolama süresince değişime göre, en yüksek serum ayrılması değerleri depolamanın 1 ve 7. günlerine aittir ($p<0,01$).

Bu çalışma bulgularına benzer olarak, Aydemir (2019), *Spirulina platensis* ilaveli yoğurtlarda serum ayrılması değerlerinin %31,71-34,13 arasında değiştiğini belirlemiş; ancak bu parametrenin örnek ve depolama değişkeninden etkilenmediğini ifade etmiştir. Ataallah vd. (2020), %1 *Spirulina platensis* ilaveli yoğurtlarda serum ayrılması oranının, kontrol grup yoğurtlarda belirlenenden daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar, Guzman-Gonzalez vd. (1999) ve Barkallah vd. (2017) tarafından da rapor edilmiştir. Araştırmacılar bu durumu, *Spirulina platensis*’in yüksek yağ, protein ve diyet lifi içeriğine bağlamıştır.

Su tutma kapasitesi.

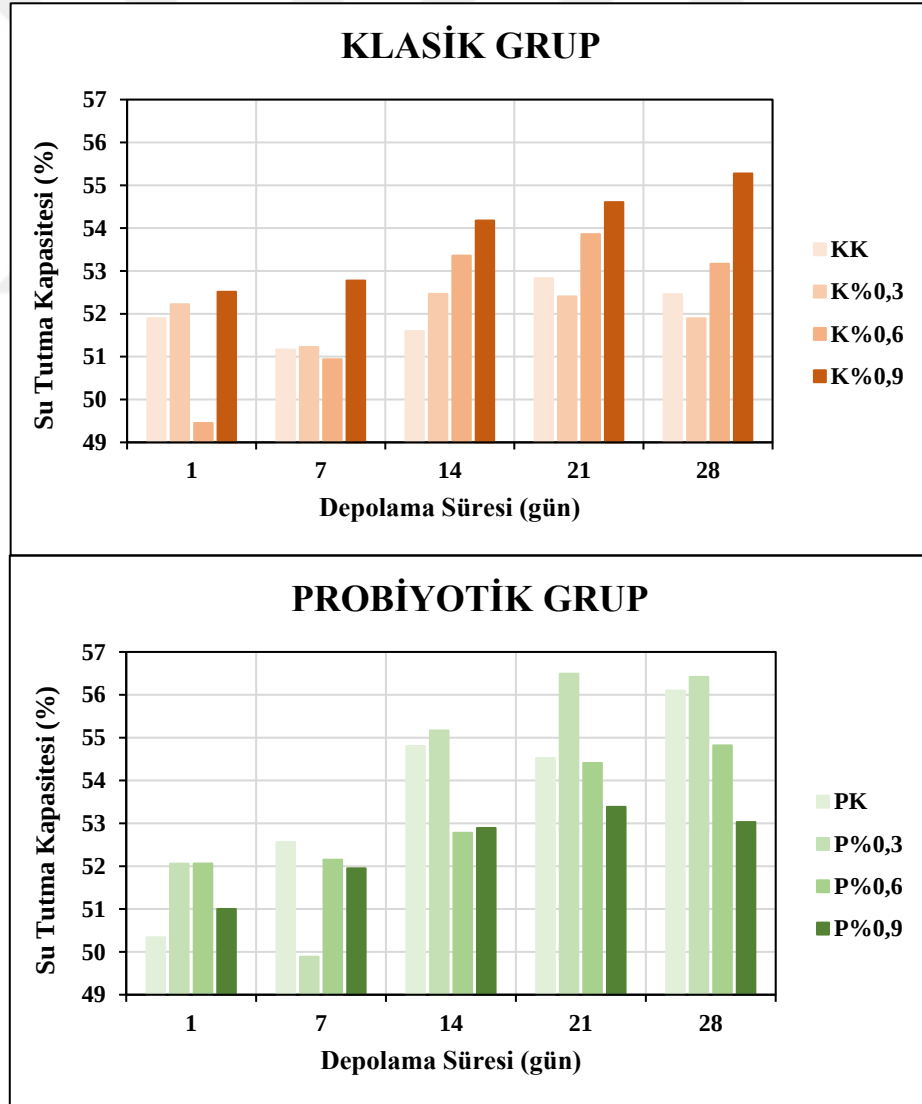
Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri Tablo 15’de verilmiştir. Yapılan analiz sonucu, klasik ve probiyotik grupta elde edilen su tutma kapasitesi oranları %49,4-56,5 arasında belirlenmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi (STK) değeri %56,5 ile depolamanın 21. gününde P%0,3 örneğinde, en düşük değer %49,4 ile depolamanın 1. gününde K%0,6 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 15. Yoğurt Örneklerinin Su tutma Kapasitesi Değerleri*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	51,9±0,14	51,2±0,33	51,6±0,14	52,8±0,50	52,5±0,00	52,0±0,66
K%0,3	52,2±0,26	51,2±0,23	52,5±0,36	52,4±0,24	51,9±0,31	52,0±0,53
K%0,6	49,4±0,36	50,9±0,64	53,4±0,13	53,9±0,00	53,2±0,05	52,2±1,75
K%0,9	52,5±0,48	52,8±0,01	54,2±0,60	54,6±0,18	55,3±0,24	53,9±1,14
PK	50,3±0,64	52,6±1,53	54,8±2,52	54,5±0,26	56,1±1,13	53,7±2,43
P%0,3	52,1±0,22	49,9±1,32	55,2±0,37	56,5±0,28	56,4±0,24	54,0±2,74
P%0,6	52,1±0,52	52,2±0,13	52,8±0,01	54,4±0,28	54,8±0,00	53,2±1,21
P%0,9	51,0±0,76	52,0±0,00	52,9±0,00	53,4±0,20	53,0±0,15	52,4±0,94
En Düşük	49,4±0,36	49,9±1,32	51,6±0,14	52,4±0,24	51,9±0,31	52,0±0,66
En Yüksek	52,5±0,48	52,8±0,01	55,2±0,37	56,5±0,28	56,4±0,24	54,0±2,74
Ort.	51,4±0,42	51,6±0,52	53,4±0,52	54,1±0,24	54,2±0,27	52,9±1,43

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin STK değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim Şekil 28'de görülmektedir. Şekil 28 incelendiğinde su tutma kapasitesi değerlerinin depolamanın 1. gününe kıyasla 28. gün arttığı görülmektedir.



Şekil 28. Su tutma kapasitesi değerlerinin depolama süresince değişimi.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin su tutma kapasitesi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 17’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu Tablo 18’de verilmiştir. Klasik yoğurt grubunda en yüksek STK oranı, en yüksek *Spirulina platensis* katkısı yapılan K %0,9 örneğinde tespit edilmiştir. K%0,9, PK ve P%0,3 örneklerinin su tutma kapasitesi açısından aralarında fark olmadığı saptanmıştır. K%0,3 ve K%0,6 örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir. Probiyotik grupta ise %0,6 ve üstündeki oranlarda *Spirulina platensis* katkısının STK’ni negatif yönde etkilediği söylenebilir.

Depolama süresince belirlenen en düşük STK değerleri 1. güne aittir. Depolama periyodu baz alındığında, %54,06 ve %54,14’lük değerler ile depolamanın 21 ve 28. günlerinde su tutma kapasitesinde en yüksek sonuçlar elde edilmiştir ($p>0,05$). İstatistiksel olarak farksız en düşük su tutma kapasitesi değerleri ise depolamanın 1 ve 7. günlerinde tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Wu, Hulbert ve Mount (2001) yoğurt proteinlerinin ve diyet liflerinin, su tutma kapasitesiyle arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ayrıca, süt yağı globüllerinin de su tutmada önemli bir rol oynayabileceğini öne sürülmüşlerdir.

Su aktivitesi (a_w).

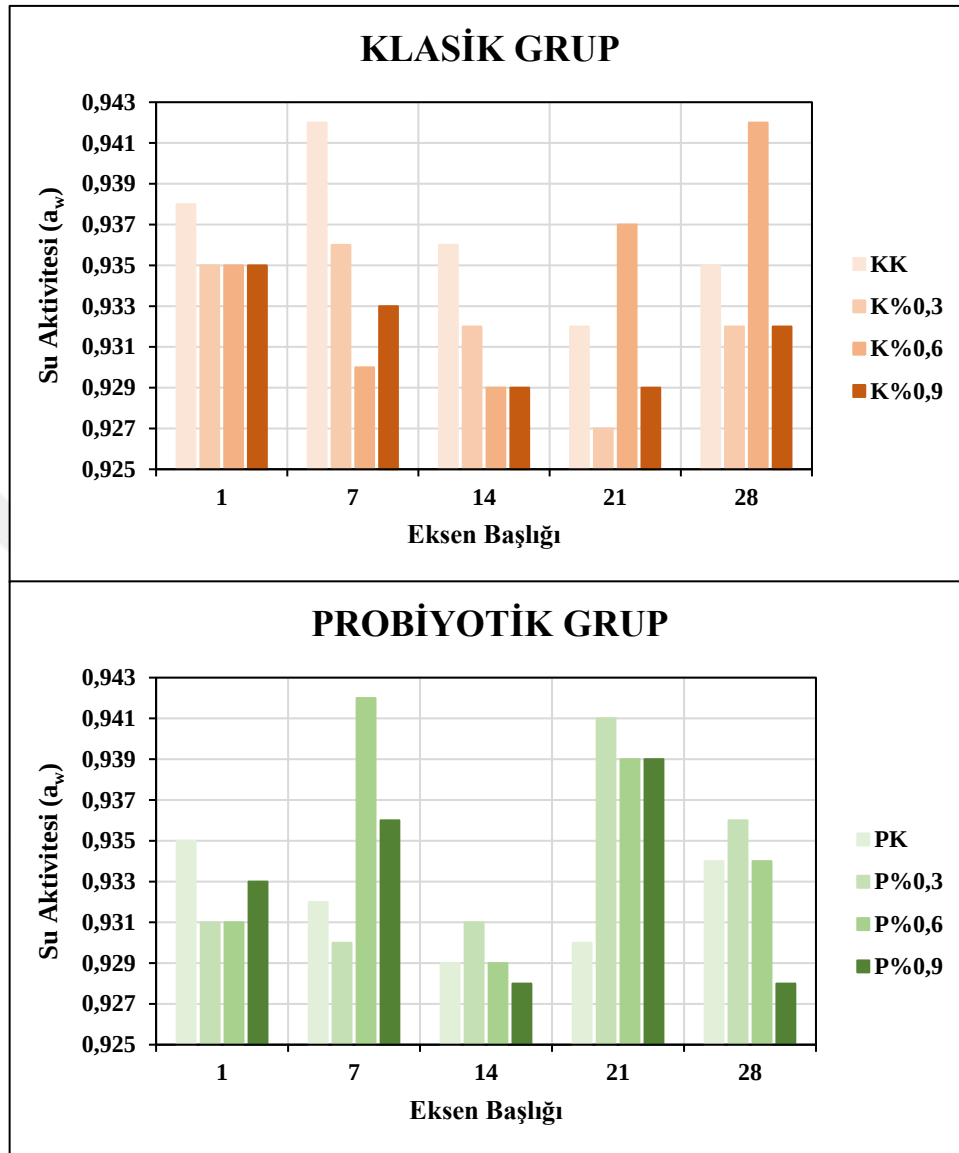
Yoğurt örneklerine ait a_w sonuçları Tablo 16’da gösterilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı gibi yoğurt numunelerinin 28 güne kadar olan depolama süresince a_w değerleri 0,927-0,942 gibi dar bir aralıkta değişim göstermiştir. En yüksek a_w değeri 0,942 ile depolamanın 7 ve 28. günlerinde sırasıyla KK, P%0,6 ve K%0,6 örneklerinde; en düşük değer 0,927 ile depolamanın 21. gününde K%0,3 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 16. Yoğurt Örneklerinin Su Aktivitesi (a_w) Değerleri*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	0,938±0,000	0,942±0,001	0,936±0,001	0,932±0,002	0,935±0,001	0,937±0,004
K%0,3	0,935±0,001	0,936±0,002	0,932±0,002	0,927±0,001	0,932±0,001	0,932±0,003
K%0,6	0,935±0,001	0,930±0,001	0,929±0,003	0,937±0,002	0,942±0,001	0,935±0,005
K%0,9	0,935±0,003	0,933±0,002	0,929±0,001	0,929±0,002	0,932±0,000	0,932±0,003
PK	0,935±0,000	0,932±0,002	0,929±0,001	0,930±0,002	0,934±0,003	0,932±0,003
P%0,3	0,931±0,001	0,930±0,000	0,931±0,002	0,941±0,000	0,936±0,000	0,934±0,004
P%0,6	0,931±0,000	0,942±0,001	0,929±0,002	0,939±0,000	0,934±0,003	0,935±0,005
P%0,9	0,933±0,000	0,936±0,002	0,928±0,000	0,939±0,000	0,928±0,001	0,933±0,004
En Düşük	0,931±0,000	0,930±0,000	0,928±0,000	0,927±0,001	0,928±0,001	0,932±0,003
En Yüksek	0,938±0,000	0,942±0,001	0,936±0,001	0,941±0,000	0,942±0,001	0,937±0,004
Ort.	0,934±0,001	0,935±0,001	0,930±0,002	0,934±0,001	0,934±0,001	0,934±0,004

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Probiyotik ve klasik grup yoğurt örneklerinde 28 günlük depolama boyunca farklı oranlardaki (%0, 0,3, 0,6, 0,9) *Spirulina platensis* miktarının su aktivitesine (a_w) olan etkisi Şekil 29’da görsel olarak da hazırlanmıştır.



Şekil 29. Su aktivitesi (a_w) değerlerinin depolama süresince değişimi.

Şekil 29’da görüldüğü gibi klasik ve probiyotik grup örnekler arasında depolamanın 14. gününe kadar benzer a_w değişimi, sonraki depolama günlerinde farklı bir seyir göstermiştir. 0,93-0,94 aralığında kalmakla birlikte, depolamanın 21 ve 28. günleri arasında klasik grupta a_w değerlerinde artış, probiyotik grupta *Spirulina platensis* içeren örneklerde azalış göze çarpmaktadır.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin a_w üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Analiz sonuçları Tablo 17’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını

belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu Tablo 18’de verilmiştir. Test sonuçlarına göre en yüksek a_w değeri *Spirulina platensis* içermeyen klasik kontrol örneğine aittir ($p<0,01$). Yine klasik grupta en düşük a_w değeri, en yüksek *Spirulina platensis* oranına sahip K %0,9 kodlu örnekte belirlenmiştir. Probiyotik grupta ise değişen *Spirulina platensis* oranının a_w üzerine negatif veya pozitif bir etkisi tespit edilememiştir. Klasik ve probiyotik gruptan aynı *Spirulina platensis* oranına sahip K %0,6 ve P %0,6 örneklerinin a_w değerleri ise istatistiksel açıdan farksızdır ($p>0,05$). Bu çalışmada belirlenen a_w değerlerinden daha yüksek değerler (0,96-0,98) rapor eden Barkallah vd. (2017), farklı oranlarda *Spirulina platensis* ilaveli örneklerde belirledikleri a_w değerlerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Depolama periyodu boyunca örneklerin a_w değerine bakıldığında en yüksek a_w değerinin 7. günde saptandığı, en düşük değerin ise 21. günde belirlendiği görülmektedir ($p<0,01$). Ayrıca örneklerin a_w değerleri depolamanın 1, 21 ve 28. günlerinde istatistiksel açıdan farksızdır ($p>0,05$).

Tablo 17. Yoğurt Örneklerinin Titrasyon Asitliği, pH, Viskozite, Serum Ayrılması, Su Tutma Kapasitesi ve a_w Analizlerine Ait Varyans Analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Asitlik (%)	pH	Viskozite (cP)	Serum Ayrılması (%)	Su Tutma Kapasitesi (%)	a_w
Örnek	7	166,070**	44,693**	279,243**	4,356**	37,870**	21,468**
Depolama	4	588,348**	197,303**	88,742**	76,597**	143,930**	38,524**
Örnek*Depolama	28	69,784**	13,780**	14,674**	7,395**	11,432**	23,152**
Hata	120						
Genel	160						

*: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$

Tablo 18. Yoğurt Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları*

		Asitlik (%)	pH	Viskozite (C _p)	Serum Ayrılması (%)	Su Tutma Kapasitesi (%)	a_w
ÖRNEK	KK	1,43±0,04 ^e	4,00±0,04 ^a	4614,75±137,10 ^a	33,97±1,47 ^a	51,99±0,66 ^d	0,937±0,004 ^a
	K%0,3	1,45±0,08 ^d	3,88±0,05 ^e	3358,80±243,76 ^e	33,98±1,70 ^a	52,04±0,53 ^{cd}	0,933±0,003 ^{cd}
	K%0,6	1,47±0,09 ^c	3,95±0,08 ^{bc}	3628,00±523,20 ^c	33,19±1,77 ^{bcd}	52,16±1,75 ^{cd}	0,935±0,005 ^{ab}
	K%0,9	1,52±0,20 ^b	3,88±0,06 ^e	2947,40±375,18 ^g	33,71±2,34 ^{ab}	53,87±1,14 ^a	0,932±0,003 ^e
	PK	1,55±0,08 ^a	3,92±0,14 ^d	4177,85±552,89 ^b	33,54±2,19 ^{abc}	53,66±2,43 ^a	0,932±0,003 ^e
	P%0,3	1,42±0,11 ^e	3,96±0,14 ^b	3498,00±317,48 ^d	32,63±3,04 ^d	54,00±2,74 ^a	0,934±0,004 ^{bc}
	P%0,6	1,37±0,07 ^f	3,94±0,08 ^c	3049,60±244,31 ^f	33,31±1,32 ^{abcd}	53,24±1,21 ^b	0,935±0,005 ^{ab}
	P%0,9	1,43±0,12 ^e	3,94±0,06 ^c	3077,70±436,50 ^f	32,94±2,50 ^{cd}	52,45±0,94 ^c	0,933±0,004 ^{cd}
DEPOLAMA (GÜN)	1	1,35±0,72 ^e	4,04±0,81 ^a	3224,38±636,66 ^e	34,92±1,46 ^a	51,44±1,10 ^c	0,934±0,003 ^b
	7	1,41±0,78 ^d	3,95±0,52 ^b	3352,94±613,46 ^d	35,37±1,71 ^a	51,58±1,13 ^c	0,935±0,005 ^a
	14	1,45±0,64 ^c	3,90±0,62 ^c	3542,56±646,24 ^c	32,01±1,36 ^c	53,40±1,42 ^b	0,930±0,003 ^c
	21	1,53±0,98 ^b	3,89±0,62 ^d	3757,41±533,09 ^b	32,19±1,43 ^{bc}	54,06±1,23 ^a	0,934±0,005 ^b
	28	1,55±0,12 ^a	3,88±0,58 ^d	3842,78±702,31 ^a	32,56±1,83 ^b	54,14±1,68 ^a	0,934±0,004 ^b

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Yoğurt Örneklerine Ait Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Üretilen yoğurt numunelerinde koliform grubu bakteri sayısı tespit edilebilir sınırın (<1 log kob/g) altında bulunmuş, yoğurt örneklerinde *Staphylococcus aureus*'a rastlanmamış (<2 log kob/g), *Escherichia coli* tespit edilmemiştir (<1 log kob/g). Depolama süresince analiz edilen tüm örneklerde maya-küf sayısı tespit edilebilir sınırın (<2 log kob/g) altında bulunmuştur. Bu durum yoğurt üretiminin hijyenik şartlarda gerçekleştirildiğini göstermektedir. Ayrıca İlhan vd. (2020), ekmek formülasyonlarına değişen oranlarda ilave edilen *Spirulina platensis* tozunun küf gelişimini %29,17-50,52 oranlarında inhibe ettiğini tespit etmişlerdir.

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus sayısı.

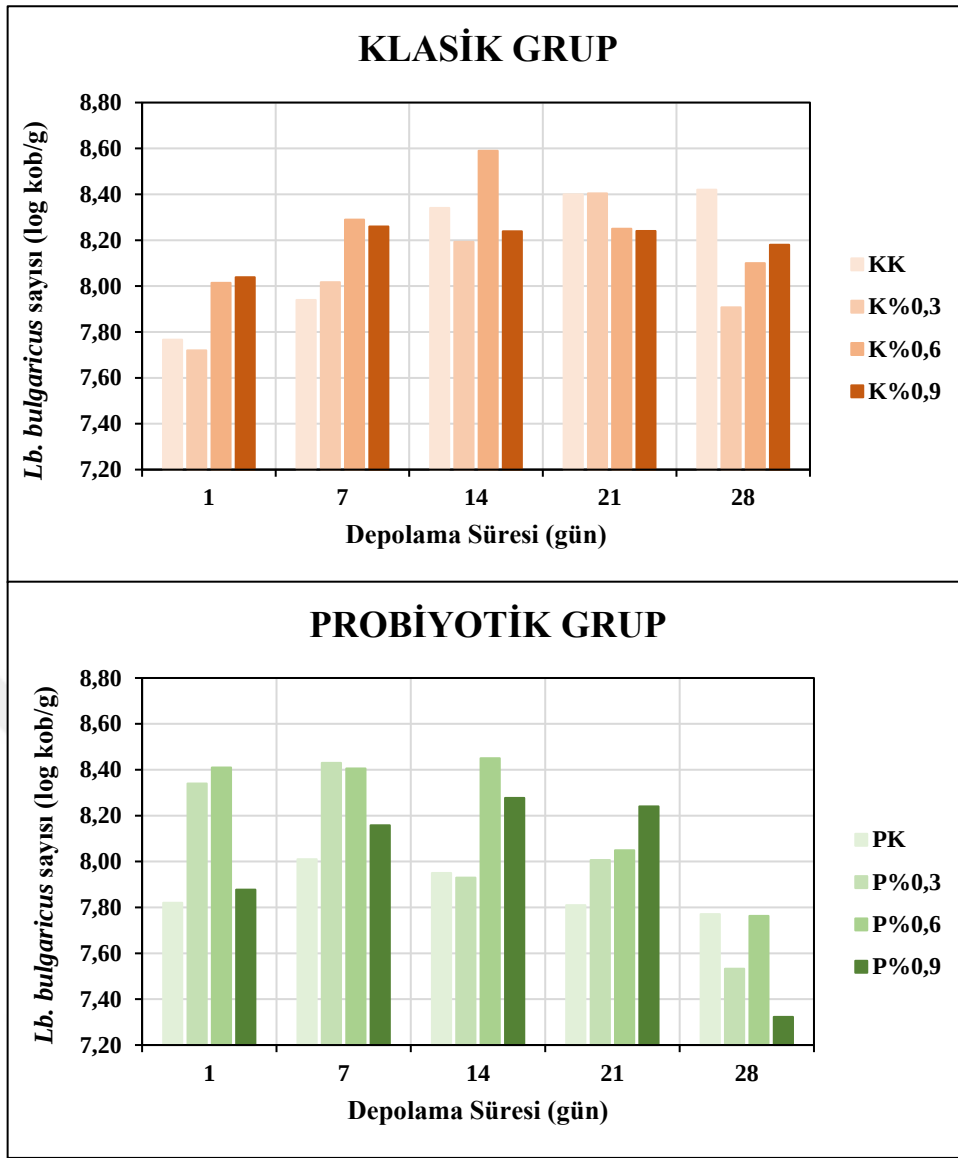
Yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* sayılarına ait ortalama değerler Tablo 19'da verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi değerler 7,32-8,58 log kob/g arasında değişmiştir. En yüksek *Lb. bulgaricus* sayısı 8,58 log kob/g ile depolamanın 14. gününde K%0,6 örneğinde, en düşük sayı ise ile depolamanın 28. gününde P%0,3 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 19. Yoğurt Örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* Sayıları (log kob/g)*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	7,77±0,226	7,94±0,240	8,34±0,064	8,40±0,000	8,42±0,021	8,17±0,307
K%0,3	7,72±0,480	8,02±0,181	8,19±0,161	8,40±0,018	7,91±0,185	8,09±0,296
K%0,6	8,01±0,263	8,29±0,175	8,58±0,113	8,25±0,087	8,10±0,034	8,25±0,244
K%0,9	8,04±0,378	8,26±0,095	8,24±0,056	8,24±0,000	8,18±0,025	8,19±0,177
PK	7,81±0,030	8,01±0,125	7,95±0,000	7,81±0,062	7,77±0,000	7,87±0,110
P%0,3	8,34±0,541	8,43±0,220	7,93±0,035	8,02±0,101	7,53±0,117	8,05±0,407
P%0,6	8,41±0,145	8,41±0,021	8,45±0,037	8,05±0,022	7,76±0,149	8,17±0,270
P%0,9	7,88±0,073	8,16±0,214	8,28±0,084	8,24±0,200	7,32±0,351	8,09±0,306
En Düşük	7,77±0,226	7,94±0,240	7,93±0,035	7,81±0,062	7,32±0,117	7,87±0,110
En Yüksek	8,41±0,541	8,43±0,220	8,58±0,113	8,40±0,000	8,42±0,021	8,25±0,244

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin serum ayrılması değerlerinde depolama boyunca meydana gelen değişim Şekil 30'da görülmektedir. Şekil incelendiğinde, *Lb. bulgaricus* sayısında tüm örneklerde benzer olarak 1 ve 7. günler arasında artış, 21. günden sonra ise azalışlar göze çarpmaktadır.



Şekil 30. *Lb. bulgaricus* sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimi.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin *Lb. bulgaricus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 22’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu (Tablo 23), en yüksek *Lb. bulgaricus* sayısının (8,25 log kob/g) belirlendiği K%0,6 örneği istatistiksel olarak tüm örneklerden farklı bulunmuştur ($p<0,01$). Bu örneğe en yakın *Lb. bulgaricus* sayımlarının yapıldığı K %0,9, KK ve P%0,6 kodlu örnekler arasındaki fark ise önemsizdir ($p>0,05$). En düşük *Lb. bulgaricus* (7,87 log kob/g) sayısı probiyotik kontrol (PK) örneğine aittir. Bu sonuçlara göre, *Spirulina platensis* ilavesinin *Lb. bulgaricus* canlılığını olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Benzer sonuçlar *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* sayısını 8,11- 8,51 log kob/g aralığında belirleyen Atallah vd. (2020) tarafından da ifade edilmiştir. Bu çalışmada yoğurt örneklerinde belirlenen laktobasil sayıları Aydemir (2019) tarafından rapor edilen değerlerden

(6,27-7,94 log kob/g) yüksektir. Araştırmacı, bu çalışma sonuçlarından farklı olarak *Spirulina platensis* ilavesinin laktobasiller üzerine pozitif bir etkisinden bahsetmemiştir.

En yüksek *Lb. bulgaricus* sayılarının belirlendiği 7, 14 ve 21. günler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır ($p>0,05$). Ortalama en düşük *Lb. bulgaricus* sayımları ($p<0,01$) depolamanın son gününde belirlenmesine karşın, 28. günde de yoğurt örneklerinde fermente süt ürünleri tebliğinde bildirilen spesifik bakteri sayısının (10^7 kob/g) altına düşmemiştir. Benzer şekilde, depolama süresince pH 'nın azalışına bağlı olarak yoğurt bakterilerinin sayısının azaldığı, Dave ve Shah (1997) ve Kailasapathy vd. (2008) tarafından da rapor edilmiştir.

***Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sayısı.**

Yoğurt örneklerinin *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sayılarına ait ortalama değerler Tablo 22'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi *S. thermophilus* sayısı 6,00-8,77 log kob/g arasında değişmiştir. En yüksek *S. thermophilus* sayısı 8,77 log kob/g ile depolamanın 1. gününde KK örneğinde, en düşük değer ise 6,00 log kob/g ile depolamanın 7. ve 21. günlerinde sırasıyla P %0,6 ve P%0,9 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 20. Yoğurt Örneklerinin *S. salivarius subsp thermophilus* Sayıları (log kob/g)*

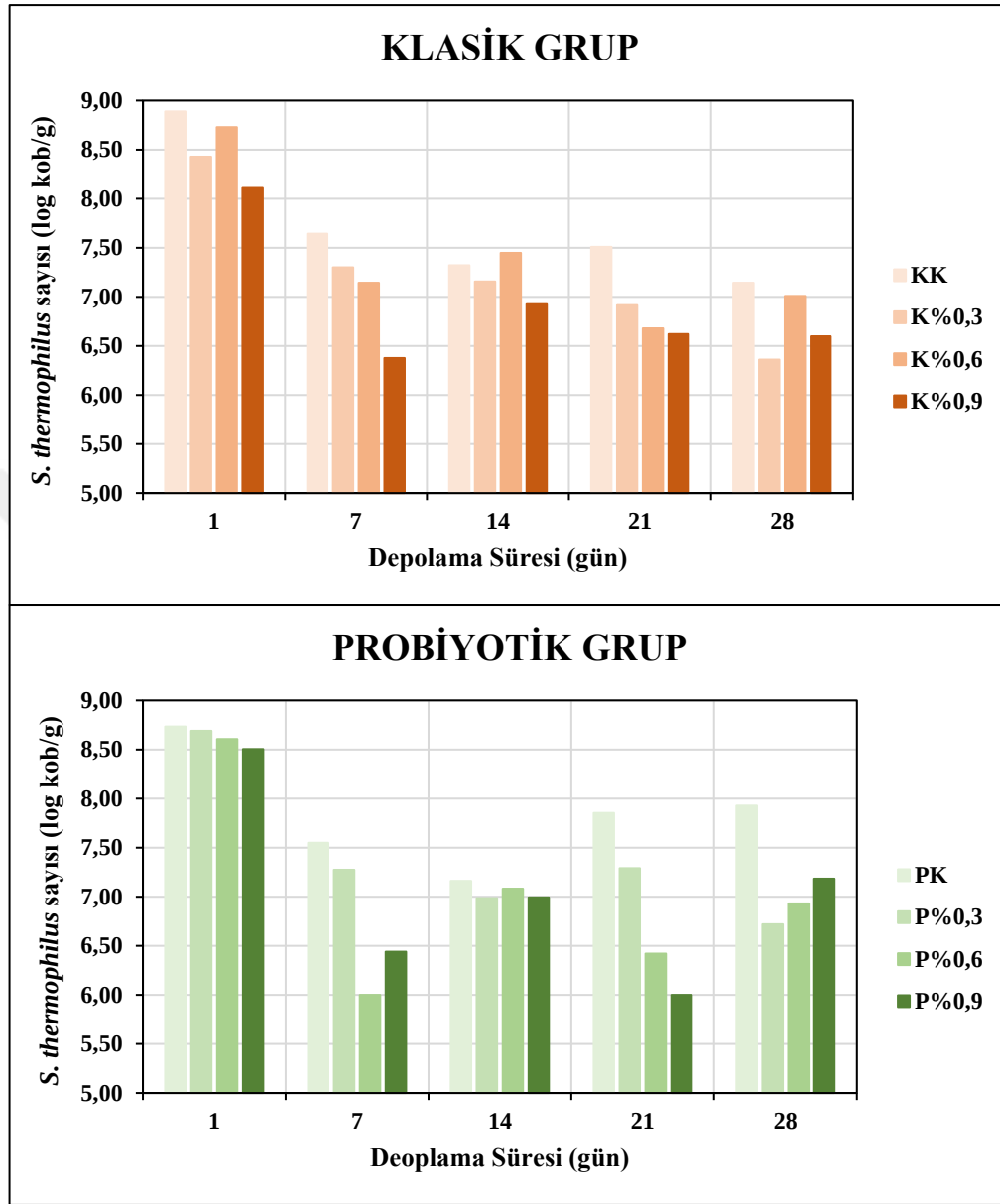
Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	8,77±0,060	7,64±0,132	7,32±0,768	7,51±0,323	7,14±0,345	7,70±0,757
K%0,3	8,43±0,194	7,30±0,246	7,16±0,258	6,92±0,102	6,36±0,179	7,23±0,719
K%0,6	8,73±0,281	7,14±0,038	7,45±0,266	6,68±0,072	7,01±0,091	7,40±0,951
K%0,9	8,11±0,136	6,38±0,174	6,92±0,063	6,62±0,342	6,60±0,438	6,93±0,664
PK	8,73±0,328	7,55±0,084	7,50±0,043	7,43±0,349	7,76±0,000	7,85±0,532
P%0,3	8,69±0,246	7,27±0,201	7,07±0,054	6,95±0,000	6,72±0,245	7,39±0,734
P%0,6	8,61±0,272	6,00±0,000	7,14±0,097	6,42±0,488	6,93±0,571	7,01±1,163
P%0,9	8,50±0,235	6,44±0,187	6,99±0,008	6,00±0,000	7,18±0,090	7,18±0,880
En Düşük	8,11±0,136	6,00±0,000	6,92±0,063	6,00±0,488	6,36±0,179	6,93±1,163
En Yüksek	8,77±0,060	7,64±0,132	7,50±0,043	7,51±0,323	7,76±0,091	7,85±0,757
Ort.	8,57±0,229	6,97±0,133	7,19±0,195	6,82±0,210	6,96±0,245	7,34±0,800

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerine *Spirulina platensis* ilavesinin, *S. thermophilus* sayısını nispeten olumsuz etkilediği söylenebilir. Ancak depolamanın tüm günlerinde canlı organizma sayısı 6,00 log kob/g ve üzerinde belirlenmiştir.

Yoğurt örneklerinin *S. thermophilus* sayısında depolama boyunca meydana gelen değişim Şekil 31'de görülmektedir. İlk güne ait yoğurt örnekleri ile kıyaslandığında, depolamaya bağlı *Streptococcus thermophilus* sayısında bir azalma gerçekleşmiştir. Tüm örneklerde en yüksek *S. thermophilus* sayısı depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Klasik

ve probiyotik gruptaki %0,6 ve %0,9 oranında *Spirulina platensis* içeren örneklerin depolama sürecinde gösterdikleri seyrin benzer olduğu görülmektedir. Ayrıca tüm örnekler için en yüksek sayımlar depolamanın ilk gününde kaydedilmiştir.



Şekil 31. *S. thermophilus* sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimi.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin *S. thermophilus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Analiz sonuçları Tablo 22’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre (Tablo 23) en yüksek *S. thermophilus* sayıları 7,702 ve 7,845 log kob/g ile sırasıyla KK ve PK kodlu örneklerde tespit edilmiştir ($p < 0,01$). *Spirulina platensis* içermeyen klasik kontrol ve probiyotik kontrol örneklerin *S. thermophilus* sayıları istatistiksel olarak benzerdir ($p > 0,05$).

En yüksek *S. thermophilus* sayısı 8,586 log kob/g ile 1. gün örneklerine, takip eden en yüksek sayım ortalamaları ise (7,134 log kob/g) 14. gün örneklerine aittir. *S. thermophilus* sayısı bakımından depolamanın 7, 21 ve 28. günlerinde belirlenen sonuçlar, depolamanın diğer günlerine göre $p<0,01$ seviyesinde düşük, kendi aralarında ise farksızdır ($p>0,05$).

Bu çalışma sonuçlarından farklı olarak Güldaş ve İrkin'in (2010) *Spirulina platensis* tozunun (%0,5 ve %1,0) yoğurt bakterilerinin canlılıkları üzerinde olumlu etki yaptığını rapor etmişlerdir.

***Lactobacillus acidophilus* sayısı.**

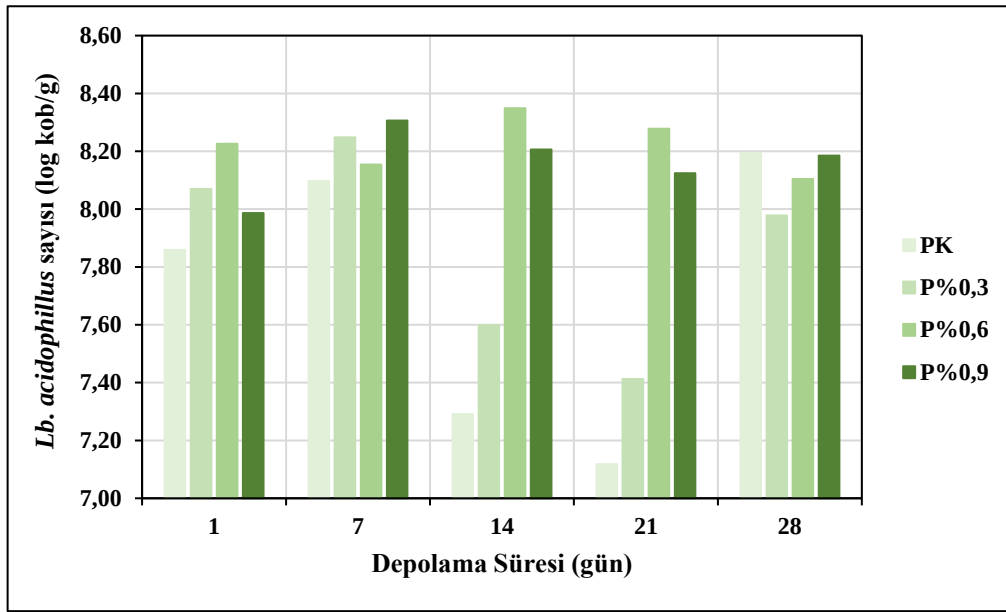
Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin *Lactobacillus acidophilus* sayılarına ait ortalama değerler Tablo 21'de verilmiştir Tablo'da görüldüğü gibi *Lactobacillus acidophilus* sayıları 7,12-8,43 log kob/g arasında değişmiştir. En yüksek sayı 8,43 log kob/g ile depolamanın 7. gününde P%0,6 örneğine, en düşük sayı 7,12 log kob/g ile depolamanın 21. gününde PK örneğine aittir. Depolama süresince genel olarak *Spirulina platensis* ilaveli örneklerde kontrol gruba göre daha yüksek *Lactobacillus acidophilus* sayıları belirlenmiştir.

Tablo 21. Yoğurt Örneklerinin *Lactobacillus acidophilus* Sayıları (log kob/g)*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
PK	7,80±0,148	7,98±0,078	7,29±0,118	7,12±0,032	8,19±0,155	7,68±0,431
P%0,3	8,07±0,207	8,25±0,282	7,60±0,357	7,41±0,216	7,95±0,137	7,86±0,386
P%0,6	8,23±0,187	8,43±0,057	8,35±0,068	8,28±0,026	8,10±0,025	8,28±0,140
P%0,9	8,04±0,060	8,31±0,067	8,21±0,028	8,12±0,039	8,19±0,025	8,17±0,101
En Düşük	7,80±0,148	7,98±0,078	7,29±0,118	7,12±0,032	7,95±0,137	7,68±0,431
En Yüksek	8,23±0,187	8,43±0,057	8,35±0,068	8,28±0,026	8,19±0,155	8,28±0,140
Ort.	8,04±0,151	8,24±0,121	7,86±0,143	7,73±0,078	8,11±0,086	8,00±0,265

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Yoğurt örneklerinin *Lactobacillus acidophilus* sayısında depolama boyunca meydana gelen değişim Şekil 32'de görülmektedir Şekil incelendiğinde probiyotik kontrol örnekte 28. gün dışındaki tüm günlerde, *Spirulina platensis* katkılı örneklerden daha düşük *Lactobacillus acidophilus* gelişimi kaydedildiği görülmektedir.



Şekil 32. *Lb. acidophilus* sayılarının (log kob/g) depolama süresince değişimi.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin *Lb. acidophilus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 22’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre; *Spirulina platensis* ilavesi tüm örneklerin *Lactobacillus acidophilus* sayılarını önemli derecede farklılaştırmıştır ($p<0,01$). En yüksek *Lactobacillus acidophilus* sayısının belirlendiği P%0,6 örneği PK ve diğer örneklerden önemli derecede farklıdır. En düşük ortalama *Lactobacillus acidophilus* sayısının (7,676 log kob/g) PK örneğinde tespit edilmesi, *Spirulina platensis*’in *Lb. acidophilus*’un canlılığını önemli derecede desteklediğini göstermektedir ($p<0,01$). Benzer olarak, GÜLDAŞ ve İRKIN’ın (2010) *Spirulina platensis* tozunun *acidophilus* sütünün mikrobiyotası üzerindeki etkisi araştırdığı çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* sayısının, kontrol grupta daha düşük bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ancak, araştırmacıların depolama sonunda belirlediği *Lb. acidophilus* sayıları bu çalışmada belirlenen sayıların altındadır.

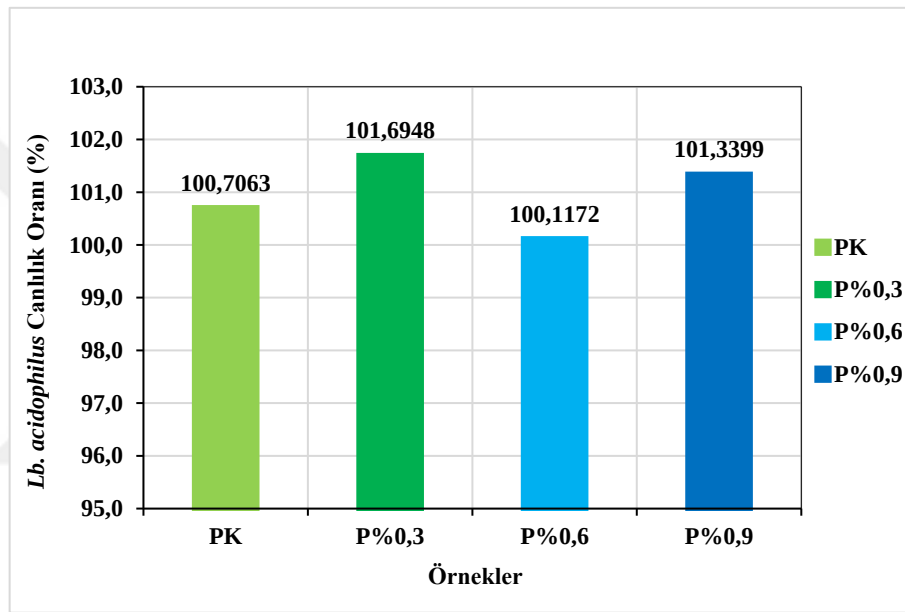
Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre en yüksek sayıların yapıldığı 2. gün sonuçları depolamanın tüm günlerinden önemli derecede farklıdır ($p<0,01$). 1. gün ve 28. gün belirlenen sonuçlar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur. 7. ve 21. günlerde nispeten daha düşük sayımlar alınmış olsa da 28 günlük depolama süresince belirlenen *Lb. acidophilus* sayısı probiyotik ürünlerde istenen terapötik etkiyi sağlayacak düzeyin ≥ 6 log kob/g üzerinde bulunmuştur.

Canlılık oranı.

Probiyotik yoğurt örneklerinde *Lactobacillus acidophilus* canlılık oranları Tablo 23 ve Şekil 33'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde en yüksek canlılık oranı %101,70 ile P%0,3 ve %101,34 ile P%0,9 örneklerinde, en düşük canlılık oranları ise; %100,71 ve %100,12 ile sırasıyla PK ve P%0,6 örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 23. Yoğurt Örneklerine Ait *Lactobacillus acidophilus* Canlılık Oranları (%)*

Örnek	% Canlılık
PK	100,71
P%0,3	101,70
P%0,6	100,12
P%0,9	101,34



Şekil 33. *Lactobacillus acidophilus*'un canlılık oranı.

Şekil 33 incelendiğinde, *Spirulina platensis*'in 0,3 g/100 g ve 0,9 g/100 g oranlarında ilavesinin canlılık oranına olumlu etkisi görülmektedir. Ayrıca, *Lactobacillus acidophilus* 'un canlılığını P%0,6 kodlu örnekte de son güne kadar stabil tutmayı başardığı anlaşılmaktadır.

Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, (2016), tarafından *Spirulina platensis* ilâvesinin *Lactobacillus acidophilus* ve nane içeren peynirlerin fizikokimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmanın sonucuna göre, *Spirulina platensis*'in depolama süresince *Lactobacillus acidophilus* 'un hayatta kalması üzerine olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, %0,8 *Spirulina platensis* tozu ilavesinin canlılık üzerindeki etkisinin, %0,5 içeren numunelere benzer olduğunu bildirmiştir (Mazinani, Fadaei, & Khosravi-Darani, 2016).

Tablo 22. Yoğurt Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizlerinin Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	<i>Lb. bulgaricus</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. acidophilus</i>
Örnek	7	10,458**	43,952**	33449,328**
Depolama	4	25,359**	247,751**	29,268**
Örnek*Depolama	28	7,010**	14,164**	14,158**
Hata	120			
Genel	160			

*: p<0,05, **: p<0,01

Tablo 23. Yoğurt Örneklerinin Mikrobiyal Analizlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

		<i>Lb. bulgaricus</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. acidophilus</i>
ÖRNEK	KK	8,174±0,307 ^{ab}	7,702±0,757 ^a	-
	K%0,3	8,086±0,296 ^{bc}	7,232±0,719 ^c	-
	K%0,6	8,246±0,244 ^a	7,402±0,951 ^b	-
	K%0,9	8,192±0,177 ^{ab}	6,926±0,664 ^{de}	-
	PK	7,871±0,110 ^d	7,845±0,532 ^a	7,676±0,431 ^d
	P%0,3	8,049±0,407 ^c	7,392±0,734 ^{bc}	7,856±0,386 ^c
	P%0,6	8,170±0,270 ^{ab}	7,009±1,163 ^d	8,276±0,140 ^a
	P%0,9	7,975±0,306 ^{cd}	7,025±0,880 ^d	8,171±0,101 ^b
DEPOLAMA (GÜN)	1	7,994±0,336 ^b	8,586±0,294 ^a	8,032±0,151 ^b
	7	8,188±0,235 ^a	6,966±0,586 ^{bc}	8,238±0,121 ^a
	14	8,246±0,225 ^a	7,134±0,335 ^b	7,862±0,143 ^c
	21	8,174±0,200 ^a	6,912±0,950 ^{bc}	7,734±0,079 ^d
	28	7,875±0,351 ^c	6,984±0,600 ^{bc}	8,108±0,086 ^b

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Yoğurt Örneklerine Ait Tekstür Analiz Sonuçları

Yoğurt örneklerinin, depolama periyodu süresince 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerde tekstürel değerlendirilmesi; sertlik, yüzey yapışkanlığı, iç yapışkanlık ve elastikiyet parametreleri üzerinden yapılmıştır.

Sertlik (hardness) (g).

Gıdalara uygulanan herhangi bir etkiye karşı koyma gücüdür. Başka bir ifadeyle katı gıdaların öğütücü dişler arasında ve yarı katı gıdaların damak ve dil arasındaki basınca karşı koyması için gerekli güçtür (Abbott, 1972; Andrew, 1999; Szczesniak, 2002; Tekinşen & Keleş, 1994; Zhang, Daubert & Foegeding, 2005).

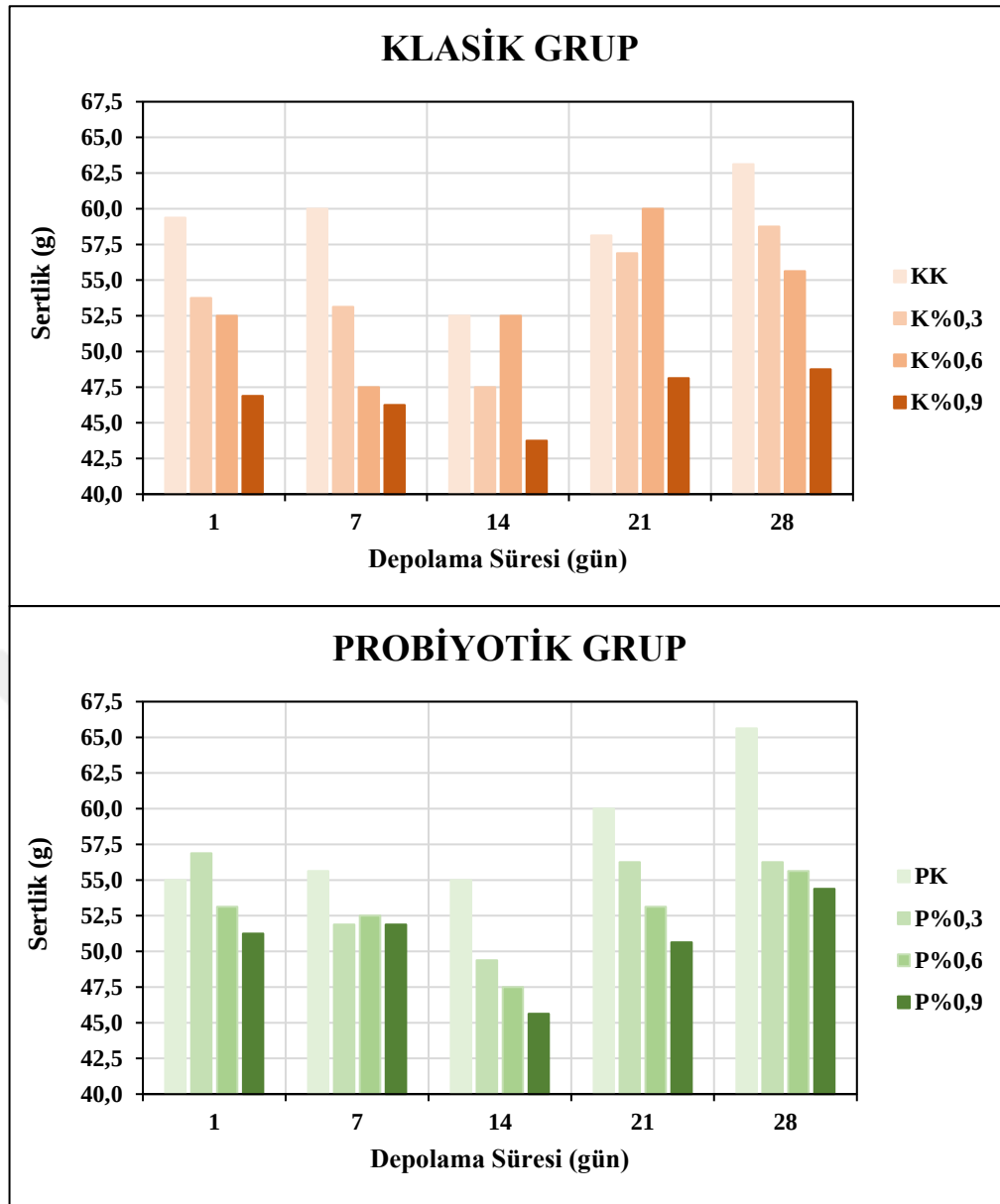
Yoğurt örneklerine ait sertlik değerleri Tablo 24’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, sertlik değerlerinin 43,75 g ile 65,63 g arasında ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek sertlik değeri probiyotik grupta yer alan ve *Spirulina platensis* içermeyen PK kodlu örnekte (65,63 g), en düşük değer ise klasik grupta yer alan K%0,9 örneğinde ölçülmüştür (43,75 g).

Tablo 24. Yoğurt Örneklerinin Sertlik (Hardness) Değerleri (g)*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	59,38±5,630	60,00±5,976	52,50±7,071	58,13±10,670	63,13±7,990	58,63±8,085
K%0,3	53,75±3,536	53,13±4,581	47,50±4,629	56,88±5,303	58,75±8,763	54,00±6,622
K%0,6	52,50±5,976	47,50±5,976	52,50±5,976	60,00±14,880	55,63±6,232	53,63±9,128
K%0,9	46,88±4,581	46,25±5,176	43,75±5,825	48,13±7,039	48,75±6,409	46,75±5,834
PK	55,00±5,345	55,63±6,781	55,00±3,780	60,00±6,547	65,63±10,155	58,25±7,725
P%0,3	56,88±9,234	51,88±7,530	49,38±3,204	56,25±4,432	56,25±8,345	54,13±7,240
P%0,6	53,13±8,425	52,50±5,345	47,50±5,976	53,13±7,039	55,63±6,781	52,38±6,979
P%0,9	51,25±2,315	51,88±5,303	45,63±4,173	50,63±4,955	54,38±7,763	50,75±5,723
En Düşük	46,88±4,581	46,25±5,176	43,75±5,825	48,13±7,039	48,75±6,409	46,75±5,834
En Yüksek	59,38±5,630	60,00±5,976	55,00±3,780	60,00±14,880	65,63±10,155	58,63±8,085
Ort.	53,60±5,630	52,35±5,834	49,22±5,079	55,39±7,608	57,27±7,805	53,57±7,167

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

İncelenen örnekler arasında depolama periyodu boyunca sertlik değerlerindeki değişimi daha iyi görmek amacıyla Şekil 34 düzenlenmiştir.



Şekil 34. Sertlik (Hardness) değerlerinin depolama süresince değişimi.

Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin sertlik değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 28’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 29’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde kontrol numuneleri (KK & PK) istatistiksel açıdan aralarında fark bulunmazken ($p<0,01$), sertlik açısından en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde 0,6 g/100 g *Spirulina platensis* oranına sahip kontrol ve probiyotik grup örnekler (K%0,6 & P%0,6) arasında istatistiksel açıdan farkı yoktur ($p<0,01$). Yine 0,3 g/100 g *Spirulina platensis* oranına sahip klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin (K%0,3 & P%0,3) istatistiksel açıdan benzerlik taşıdığı anlaşılmaktadır ($p<0,05$). En düşük sertlik değerinin tespit edildiği K%0,9 örneği diğer tüm örneklerden istatistiksel açıdan farklı çıkmıştır. Elde edilen bulgular,

Spirulina platensis ilavesinin yoğurtta sertlik değerlerini düşürdüğünü göstermektedir. Bu veriler, viskozite ölçümlerinden elde edilen sonuçlarla paraleldir. Barkallah vd. (2017), klasik yoğurda ilave ettikleri *Spirulina platensis* tozunun, sertlik değerlerini bir haftalık depolama sonunda önemli derecede düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Depolama periyodunun yoğurt örneklerinin sertlik değerlerine olan etkisi önemlidir ($p<0,01$). En yüksek ortalama sertlik değerine 28. günde ulaşıldığı görülmektedir (57,27 g). Benzer biçimde en yüksek viskozite değerleri de depolama periyodunun 28. Gününde ölçülmüştür. 14. günde elde edilen sertlik sonuçları diğer tüm günlerde belirlenen değerlerden önemli derecede düşüktür ($p<0,01$).

Yüzey yapışkanlığı (adhesiveness) (mJ).

Yüzey yapışkanlığı, besin yüzeyi ile besinlerin ilişkide olduğu dil, diş, damak gibi yüzeylerin arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koymak için gerekli olan güçtür (Szczesniak, 1963).

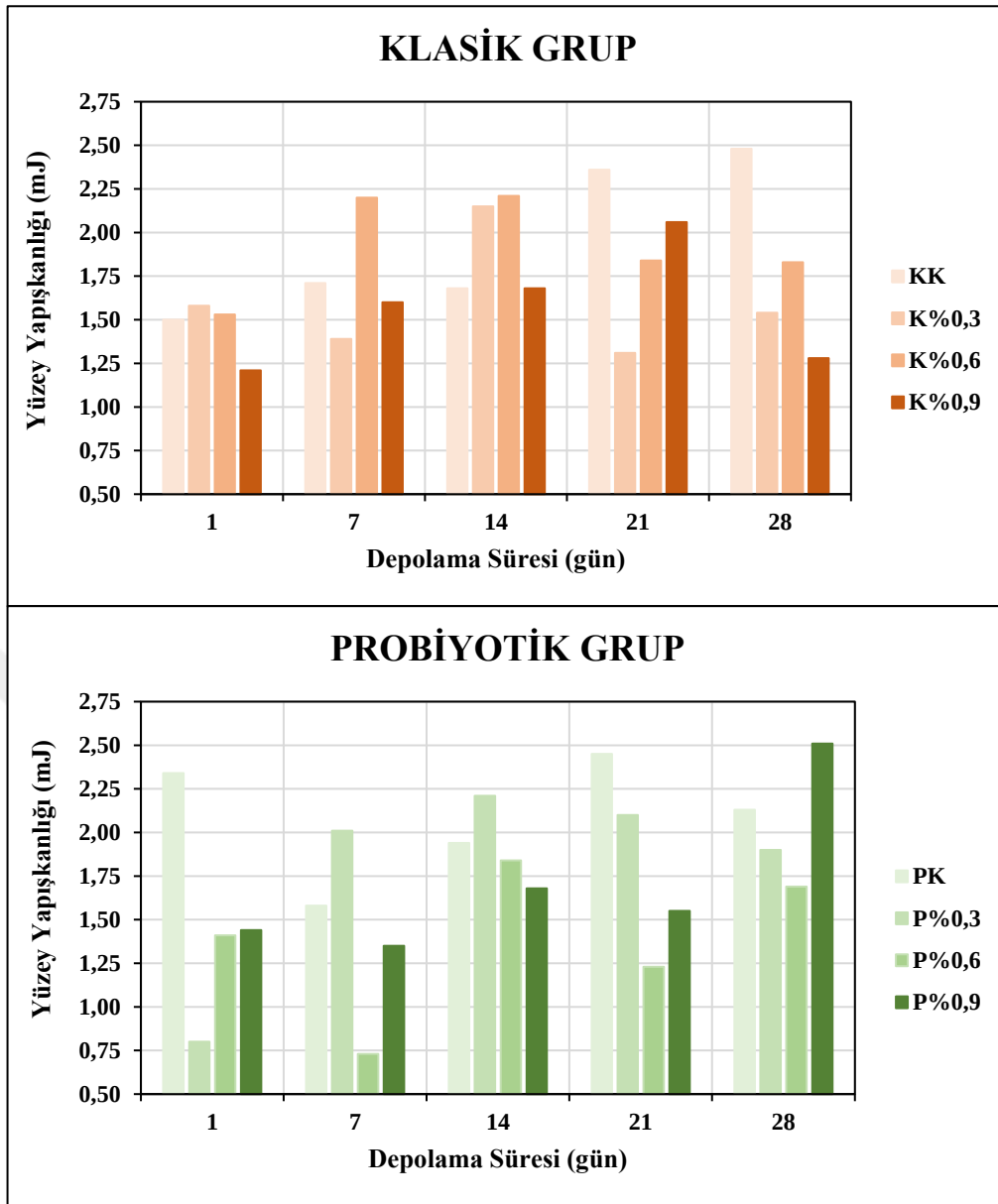
Yoğurt örneklerine ait yüzey yapışkanlığı değerleri Tablo 25’da verilmiştir. Tablo incelendiğinde yapışkanlık değerlerinin 0,73 mJ ile 2,48 mJ arasında seyrettiği görülmektedir. En yüksek yüzey yapışkanlığı değeri (2,48 mJ) klasik grupta yer alan ve *Spirulina platensis* içermeyen KK örneğinde 28. gün tespit edilmiş, en düşük değer ise probiyotik grupta yer alan P%0,6 örneğinde 7. gün ölçülmüştür (0,73 mJ).

Tablo 25. *Yoğurt Örneklerinin Yüzey Yapışkanlığı (Adhesiveness) Değerleri (mJ)**

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	1,50±1,160	1,71±1,123	1,68±1,012	2,36±1,247	2,48±1,066	1,95±1,138
K%0,3	1,58±0,512	1,39±1,097	2,15±0,941	1,31±0,248	1,54±0,272	1,59±0,732
K%0,6	1,53±0,932	2,20±0,826	2,21±0,856	1,84±0,923	1,83±1,414	1,92±0,995
K%0,9	1,21±0,734	1,60±1,119	1,68±0,715	2,06±1,448	1,28±1,308	1,57±1,092
PK	2,34±0,867	1,58±0,528	1,94±1,255	2,45±1,134	2,13±0,641	2,09±0,933
P%0,3	0,80±0,510	2,01±1,490	2,21±0,757	2,10±1,114	1,90±1,307	1,80±1,161
P%0,6	1,41±1,080	0,73±0,365	1,84±0,667	1,23±0,916	1,69±1,406	1,38±0,987
P%0,9	1,44±0,737	1,35±0,893	1,68±0,453	1,55±1,017	2,51±0,903	1,71±0,888
En Düşük	0,80±0,510	0,73±0,365	1,68±0,453	1,23±0,916	1,28±1,308	1,38±0,987
En Yüksek	2,34±0,867	2,20±0,826	2,21±0,856	2,45±1,134	2,48±1,066	2,09±0,933
Ort.	1,48±0,817	1,57±0,930	1,92±0,832	1,86±1,006	1,92±1,040	1,75±0,991

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince yüzey yapışkanlığı değerlerinde meydana gelen değişim *Şekil 35*’te görülmektedir.



Şekil 35. Yüzey yapışkanlığı değerlerinin depolama süresince değişimi.

Yüzey yapışkanlığı (adhesiveness) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Analiz sonuçları Tablo 28’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 29’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde en yüksek değerin (2,08 mJ), probiyotik grupta yer alan ve *Spirulina platensis* ihtiva etmeyen PK örneğinde olduğunu görülmektedir. KK ve K%0,6 örneklerinde yüzey yapışkanlığı bakımından benzer değerler ölçülmüştür ($p > 0,05$). Yine; K%0,3, K%0,9, P%0,3 ve P%0,9 örnekleri istatistiksel açıdan farksızdır ($p > 0,05$). Depolama süresince en düşük ortalama yüzey yapışkanlığı değerlerinin belirlendiği P%0,6 örneği ise diğer örneklerden farklıdır ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama yapışkanlık değerleri, istatistiksel olarak da benzer olan 14, 21 ve 28. günlerde belirlenmiştir (1,92, 1,86 ve 1,92 mJ). Bununla birlikte en düşük ortalama yapışkanlık değerinin tespit edildiği 1. gün ve onu takip eden 7. gün değerleri depolamanın tüm günlerinden farklıdır ($p<0,01$).

İç yapışkanlık, bağlılık (cohesiveness) (g).

İç yapışkanlık (Cohesiveness) (g), besin maddesinin iç yapısını şekillendiren iç bağların güçlülüğü ya da dayanıklılığıdır (Kilcast, 2004).

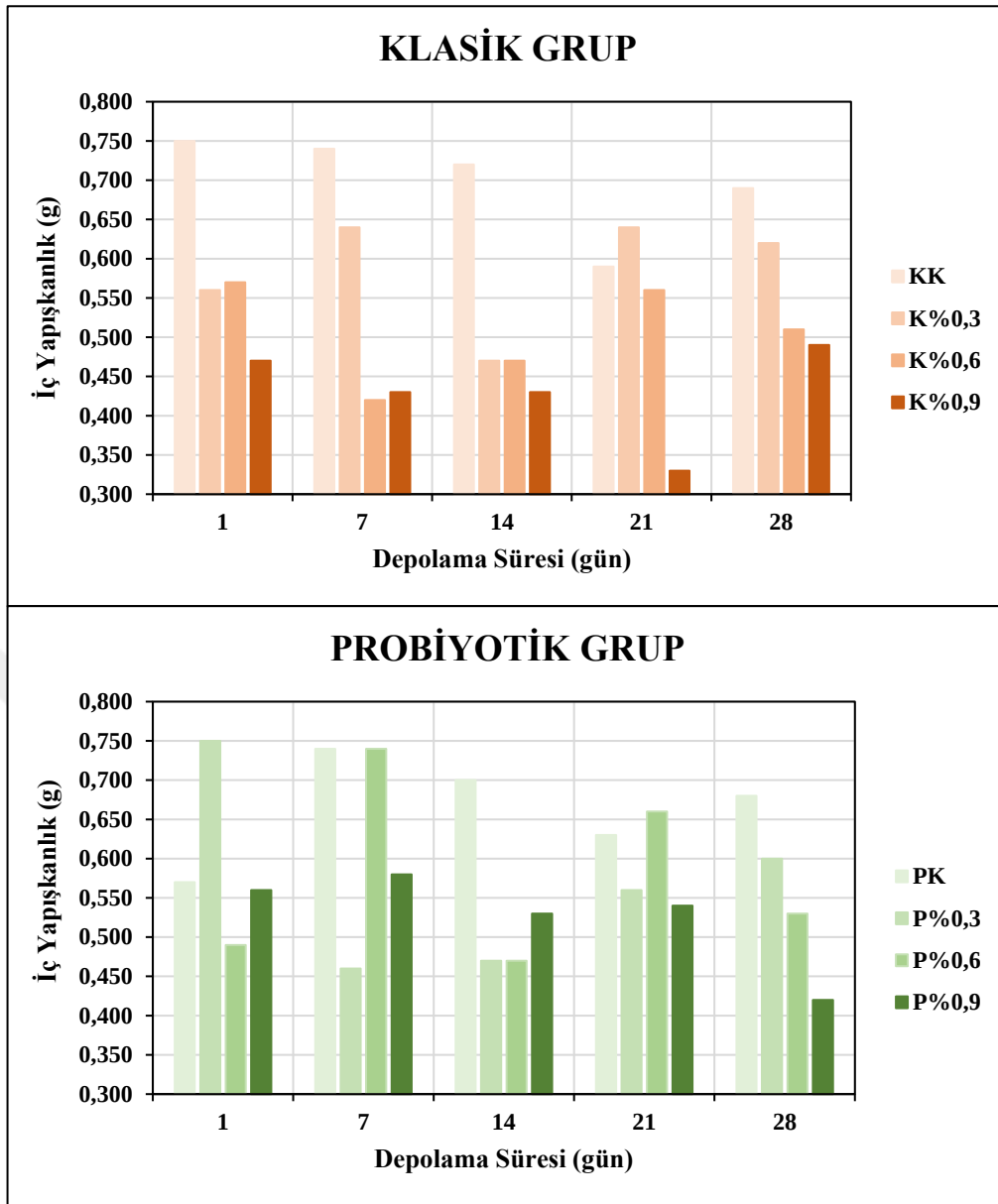
Yoğurt örneklerine ait iç yapışkanlık değerleri Tablo 26'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde iç yapışkanlık değerlerinin 0,33 g ile 0,75 g arasında değiştiği görülmektedir. Tabloya göre en yüksek iç yapışkanlık değeri *Spirulina platensis* içermeyen klasik kontrol (KK) örneğinde ve %0,3 *Spirulina platensis* içeren probiyotik yoğurt örneğinde (P %0,3) belirlenmiş (0,75 g); en düşük değer yine klasik grupta yer alan K%0,9 örneğinde ölçülmüştür (0,33 g).

Tablo 26. Yoğurt Örneklerinin İç Yapışkanlık (Cohesiveness) Değerleri (g)*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	0,75±0,139	0,74±0,153	0,72±0,152	0,59±0,252	0,69±0,143	0,70±0,174
K%0,3	0,56±0,172	0,64±0,297	0,47±0,258	0,64±0,031	0,62±0,085	0,59±0,197
K%0,6	0,57±0,207	0,42±0,256	0,47±0,164	0,56±0,208	0,51±0,298	0,51±0,226
K%0,9	0,47±0,253	0,43±0,314	0,43±0,243	0,33±0,412	0,49±0,550	0,43±0,358
PK	0,57±0,143	0,74±0,065	0,70±0,229	0,63±0,145	0,68±0,111	0,66±0,152
P%0,3	0,75±0,104	0,46±0,352	0,47±0,220	0,56±0,188	0,60±0,237	0,57±0,247
P%0,6	0,49±0,333	0,74±0,101	0,47±0,202	0,66±0,218	0,53±0,303	0,58±0,255
P%0,9	0,56±0,149	0,58±0,184	0,53±0,110	0,54±0,195	0,42±0,255	0,53±0,184
En Düşük	0,47±0,253	0,42±0,256	0,43±0,243	0,33±0,412	0,42±0,255	0,43±0,358
En Yüksek	0,75±0,139	0,74±0,153	0,72±0,152	0,66±0,218	0,69±0,143	0,70±0,174
Ort.	0,59±0,188	0,59±0,215	0,53±0,197	0,56±0,206	0,57±0,248	0,57±0,224

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince iç yapışkanlık değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 36'da görülmektedir. KK ve PK örneklerinin, 21. gün hariç depolama boyunca genel olarak *Spirulina platensis* katkılı örneklerle göre daha yüksek iç yapışkanlık değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 36. İç yapışkanlık değerlerinin depolama süresince değişimi.

İç yapışkanlık değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesinin etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Depolama periyodunun yoğurt örneklerinin iç yapışkanlık değerlerine olan etkisi istatistiksel açıdan önemsizdir ($p > 0,05$). Analiz sonuçları Tablo 28’de görülmektedir. Muameleler arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 29’de verilmiştir Buna göre; en yüksek iç yapışkanlık değerinin klasik kontrol (KK) örneğinde olduğu görülmektedir. K%0,3, P%0,3 ve P%0,6 örnekleri istatistiksel olarak benzerdir ($p > 0,05$). K%0,6 ile P%0,9 örneklerinde tespit edilen iç yapışkanlık değerleri arasında istatistiksel açıdan fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). En düşük iç yapışkanlık değerinin tespit edildiği K%0,9 örneği istatistiksel açıdan diğer tüm örneklerden farklılık göstermiştir ($p < 0,01$). Sonuçlara göre artan *Spirulina platensis* oranı, iç yapışkanlık değerlerini düşürmüştür. Buradaki bulgulardan

farklı olarak, Barkallah vd. (2017) kontrol grup ile *Spirulina platensis* içeren örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığını rapor etmiştir.

Hadde, Chen ve Chen (2020), tarafından yapılan bir çalışmada, sıvı viskozitesinin kohezivlik yani iç yapışkanlıkla ilişkili olduğu doğrulanmıştır. Araştırmacılar tarafından, algılanan iç yapışkanlığın, sıvıların maksimum uzama viskozitesi ve filament kırılma süresi ile en iyi şekilde bağıntılı olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada da en düşük ortalama viskozite değerinin belirlendiği K %0,9 kodlu örnek aynı zamanda en düşük iç yapışkanlık değerinin tespit edildiği örnektir. Dahası, en yüksek iç yapışkanlık değerinin belirlendiği klasik kontrol (KK) örneği en yüksek viskozite değerinin ölçüldüğü örnektir. Buradan hareketle, yoğurt örneklerinin iç yapışkanlık ve viskozite değerleri arasında pozitif bir bağlantı olduğu söylenebilir.

Elastikiyet (springiness) (mm).

Elastikiyet, besin maddesinde herhangi bir etkiden sonra oluşan şekil bozukluğunun etki kaldırıldığında kaybolmasıdır (Abbott, 1972; Andrew, 1999; Zhang vd., 2005). Yoğurt örneklerine ait elastikiyet değerleri Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Yoğurt Örneklerinin Elastikiyet (Springiness) Değerleri (mm)*

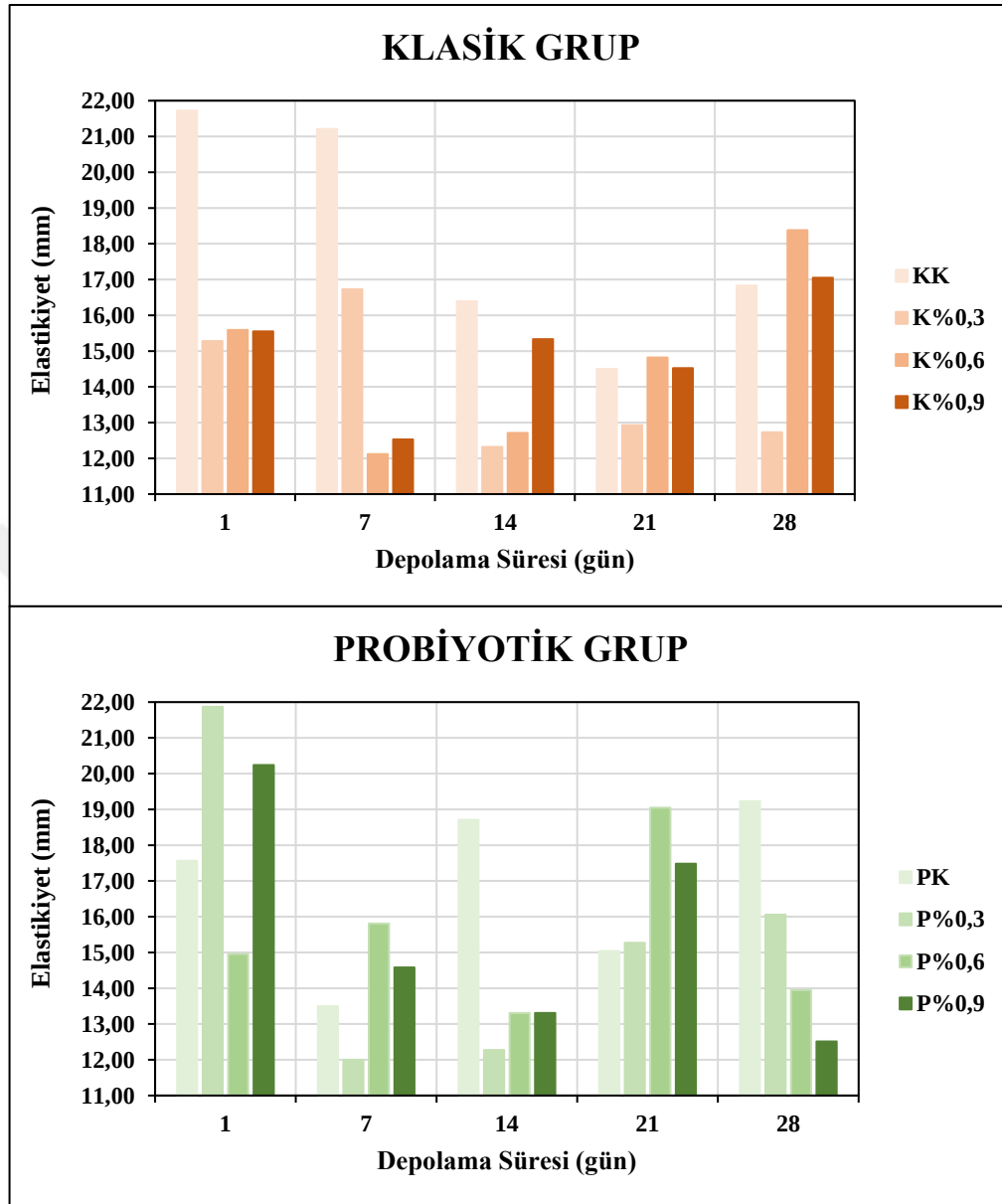
Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	21,72±13,897	21,21±11,961	16,39±8,377	14,50±2,906	16,83±8,688	18,13±9,811
K%0,3	15,28±7,148	16,73±7,989	12,32±0,677	12,93±0,427	12,73±0,464	14,00±4,878
K%0,6	15,59±7,803	12,12±0,792	12,71±0,389	14,82±6,866	18,38±10,583	14,72±6,689
K%0,9	15,55±8,575	12,53±1,326	15,33±6,434	14,52±9,212	17,05±9,177	15,00±7,317
PK	17,56±9,081	13,50±0,598	18,71±10,370	15,04±6,096	19,23±9,491	16,81±7,871
P%0,3	21,87±11,674	12,00±0,927	12,27±0,755	15,27±6,375	16,06±8,349	15,49±7,588
P%0,6	14,96±8,854	15,81±7,947	13,31±3,086	19,05±11,614	13,95±5,117	15,42±7,756
P%0,9	20,24±10,191	14,58±6,159	13,31±0,717	17,48±9,723	12,51±2,175	15,62±7,271
En Düşük	14,96±8,854	12,00±0,927	12,27±0,755	12,93±0,427	12,51±2,175	14,00±4,878
En Yüksek	21,87±11,674	21,21±11,961	18,71±10,370	19,05±11,614	19,23±9,491	18,13±9,811
Ort.	17,85±9,653	14,81±4,712	14,29±3,851	15,45±6,652	15,84±6,756	15,65±7,398

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Tablo incelendiğinde elastikiyet değerlerinin 21,87 mm ile 12,00 mm arasında değiştiği görülmektedir. Tabloya göre en yüksek elastikiyet değeri probiyotik grupta yer alan P%0,3 örneğinde 1. gün tespit edilmiş (21,87 mm); en düşük değer yine P%0,3 örneğinde 7. gün ölçülmüştür (12,00 mm).

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 37’de görülmektedir. Klasik ve probiyotik grup kendi aralarında kıyaslandığında *Spirulina platensis* oranı ve depolama süresine bağlı olarak ilk güne göre 28

günlük depolama süresi sonunda K%0,6, K%0,9 ve PK örnekleri hâriç tüm örneklerin elastikiyetlerinde azalma meydana gelmiştir.



Şekil 37. Elastikiyet değerlerinin depolama süresince değişimi.

Elastikiyet (springiness) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Analiz sonuçları Tablo 28’de görülmektedir. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 29’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama değer klasik kontrol örneğinde (KK), en düşük ortalama değer de KK %0,3 örneğinde olduğu görülmektedir ($p<0,01$). İstatistiksel olarak K%0,6, K%0,9, PK, P%0,3, P%0,6 ve P%0,9 örnekleri benzerlik göstermiştir ($p>0,05$). Sonuçlara göre *Spirulina platensis* ilavesinin klasik

grupta orandan bağımsız olarak elastikiyet değerlerini azattığı; probiyotik grupta ise önemli bir farklılık oluşturmadığı anlaşılmaktadır.

Depolama periyodunun yoğurt örneklerinin elastikiyet değerlerine olan etkisi önemlidir ($p<0,01$). En yüksek ortalama elastikiyet değeri depolamanın 1. gününde görülürken ($p<0,01$), 7 ve 14. günler kendi aralarında; 21 ve 28. günler ise kendi aralarında benzerdir ($p>0,05$). Ortalama elastikiyet değerlerinin depolamanın 1. gününden sonra azaldığı söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında belirlenen değerler, Barkallah vd. (2017), tarafından *Spirulina platensis* ilaveli yoğurt örneklerinde belirlenen minimum değerlerden (19,87 mm) düşük, maksimum değerlere (22,58 mm) benzerdir.

Tablo 28. Yoğurt Örneklerinin Tekstürel Özelliklerinin Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Hardness (Sertlik)	Adhesiveness (Yüzey Yapışkanlığı)	Cohesiveness (İç Yapışkanlık)	Springiness (Elastikiyet)
Örnek	7	12,917**	2,279**	5,419**	1,191
Depolama	4	13,030**	2,975*	0,728	2,237*
Örnek*Depolama	28	0,877	1,200	0,993	0,935
Hata	280				
Genel	320				

*: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Tablo 29. Yoğurt Örneklerinin Tekstürel Özelliklerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

		Sertlik (Hardness)	Yüzey Yapışkanlığı (Adhesiveness)	İç Yapışkanlık (Cohesiveness)	Elastikiyet (Springiness)
ÖRNEK	KK	58,62±8,085 ^a	1,94±1,138 ^{ab}	0,698±0,174 ^a	18,128±9,811 ^a
	K%0,3	54,00±6,622 ^b	1,59±0,732 ^{bc}	0,584±0,197 ^{bc}	13,996±4,878 ^b
	K%0,6	53,62±9,128 ^{bc}	1,92±0,995 ^{ab}	0,506±0,226 ^{cd}	14,725±6,690 ^{ab}
	K%0,9	46,75±5,834 ^d	1,56±1,092 ^{bc}	0,430±0,358 ^d	14,995±7,317 ^{ab}
	PK	58,25±7,725 ^a	2,08±0,933 ^a	0,663±0,152 ^{ab}	16,807±7,871 ^{ab}
	P%0,3	54,12±7,240 ^b	1,80±1,161 ^{bc}	0,566±0,247 ^{bc}	15,494±7,588 ^{ab}
	P%0,6	52,38±6,979 ^{bc}	1,38±0,987 ^c	0,579±0,255 ^{bc}	15,415±7,756 ^{ab}
	P%0,9	50,75±5,723 ^c	1,70±0,888 ^{bc}	0,524±0,184 ^{cd}	15,424±7,271 ^{ab}
DEPOLAMA (GÜN)	1	53,59±6,695 ^{bc}	148±0,895 ^b	0,591±0,213 ^a	17,846±9,723 ^a
	7	52,34±6,899 ^c	1,57±1,024 ^{ab}	0,592±0,260 ^a	14,809±6,574 ^b
	14	49,22±6,122 ^d	1,92±0,845 ^a	0,532±0,220 ^a	14,168±5,541 ^b
	21	55,39±8,950 ^{ab}	1,86±1,089 ^a	0,562±0,236 ^a	15,450±7,283 ^{ab}
	28	57,27±8,024 ^a	1,92±1,123 ^a	0,567±0,282 ^a	15,841±7,555 ^{ab}

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Yoğurt Örneklerine Ait Duyusal Analiz Sonuçları

Dış görünüş.

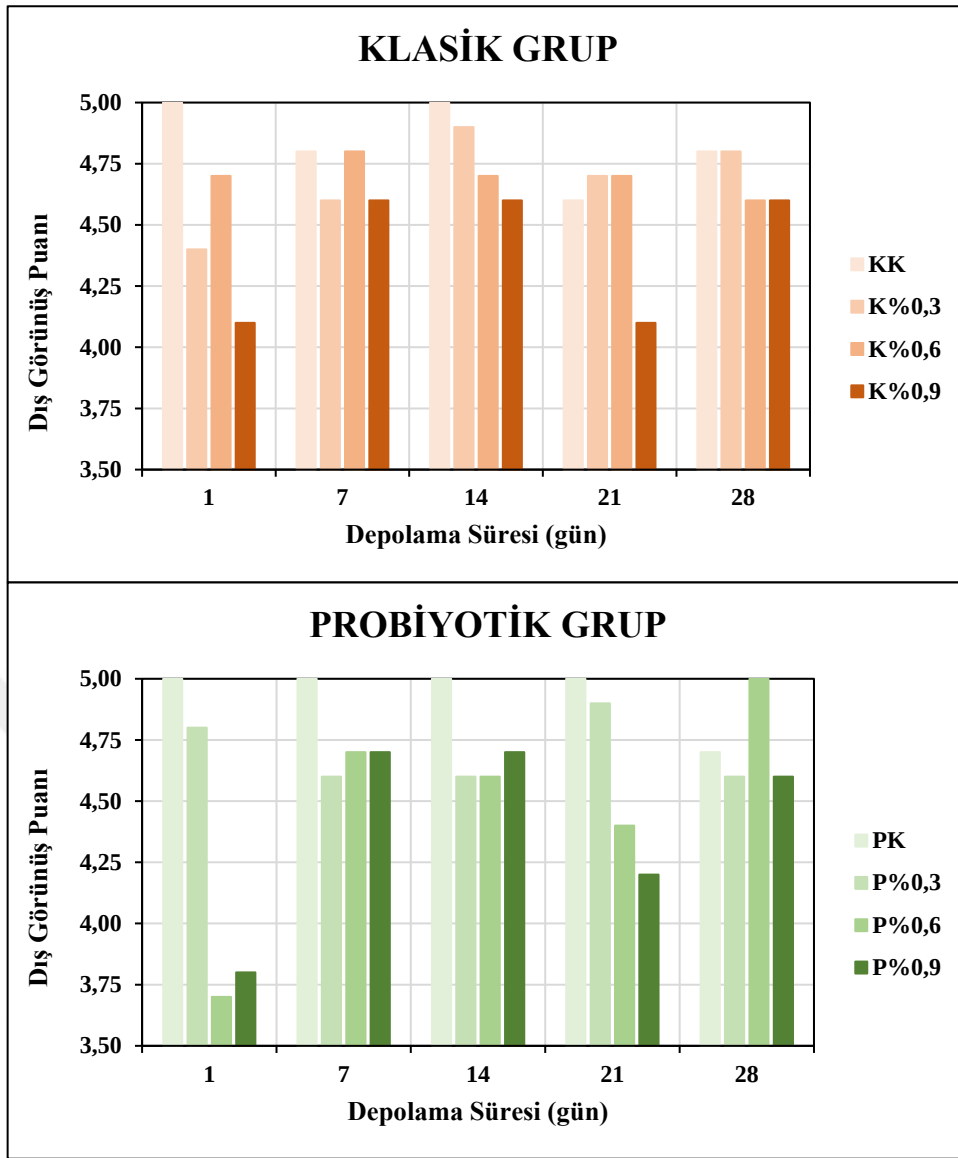
Yoğurt örneklerine ait dış görünüş puanları 3,70 ile 5,00 arasındadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi; yoğurt örneklerinde en yüksek dış görünüş puanları 5,00 ile depolamanın 1, 7, 14 ve 28. günlerinde PK, 14. günde KK ve 28. günde K%0,6 örneğinde; en düşük dış görünüş puanı 3,70 ile depolamanın 1. gününde K%0,6 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 30. *Yoğurt Örneklerinin Dış Görünüş Puanları**

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	5,00±0,00	4,80±0,63	5,00±0,00	4,60±0,70	4,80±0,42	4,84±0,47
K%0,3	4,40±0,70	4,60±0,70	4,90±0,32	4,70±0,48	4,80±0,42	4,68±0,55
K%0,6	4,70±0,48	4,80±0,42	4,70±0,48	4,70±0,48	4,60±0,84	4,60±0,54
K%0,9	4,10±0,99	4,60±0,97	4,60±0,70	4,10±0,99	4,60±0,84	4,40±0,90
PK	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	4,70±0,68	4,94±0,31
P%0,3	4,80±0,42	4,60±0,97	4,60±0,52	4,90±0,32	4,60±0,84	4,70±0,65
P%0,6	3,70±1,42	4,70±0,68	4,60±0,97	4,40±1,08	5,00±0,00	4,48±1,02
P%0,9	3,80±1,40	4,70±0,68	4,70±0,48	4,20±1,03	4,60±0,84	4,40±0,97
En Düşük	3,70±1,41	4,60±0,70	4,60±0,52	4,10±0,99	4,60±0,84	4,40±0,90
En Yüksek	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	4,94±0,31
Ort.	4,44±0,68	4,73±0,63	4,76±0,43	4,58±0,64	4,71±0,61	4,63±0,68

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince dış görünüş değerlerinde meydana gelen değişim *Şekil 38*'de görülmektedir.



Şekil 38. Dış görünüş puanının depolama süresince değişimi.

Dış görünüş değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda (Tablo 36), örnek değişkeninin dış görünüş puanı üzerine etkisi istatistiksel açıdan $p < 0,01$ seviyesinde, depolama periyodunun etkisi ise $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 37’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama değer in klasik grupta ve probiyotik grupta yer alan ve *Spirulina platensis* ihtiva etmeyen kontrol örneklerinde (KK & PK) olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak K%0,3, K%0,6, P%0,3 örnekleri benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). K%0,9, P%0,6 ve P%0,9 örnekleri de istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$).

En yüksek ortalama dış görünüş puanı, istatistiksel olarak aralarında fark olmayan ($p>0,05$) 1, 7, 14 ve 28. depolama günlerinde görülürken, en düşük ortalama dış görünüş puanı 21. günde belirlenmiştir ($p<0,05$).

Kıvam (kaşıkla).

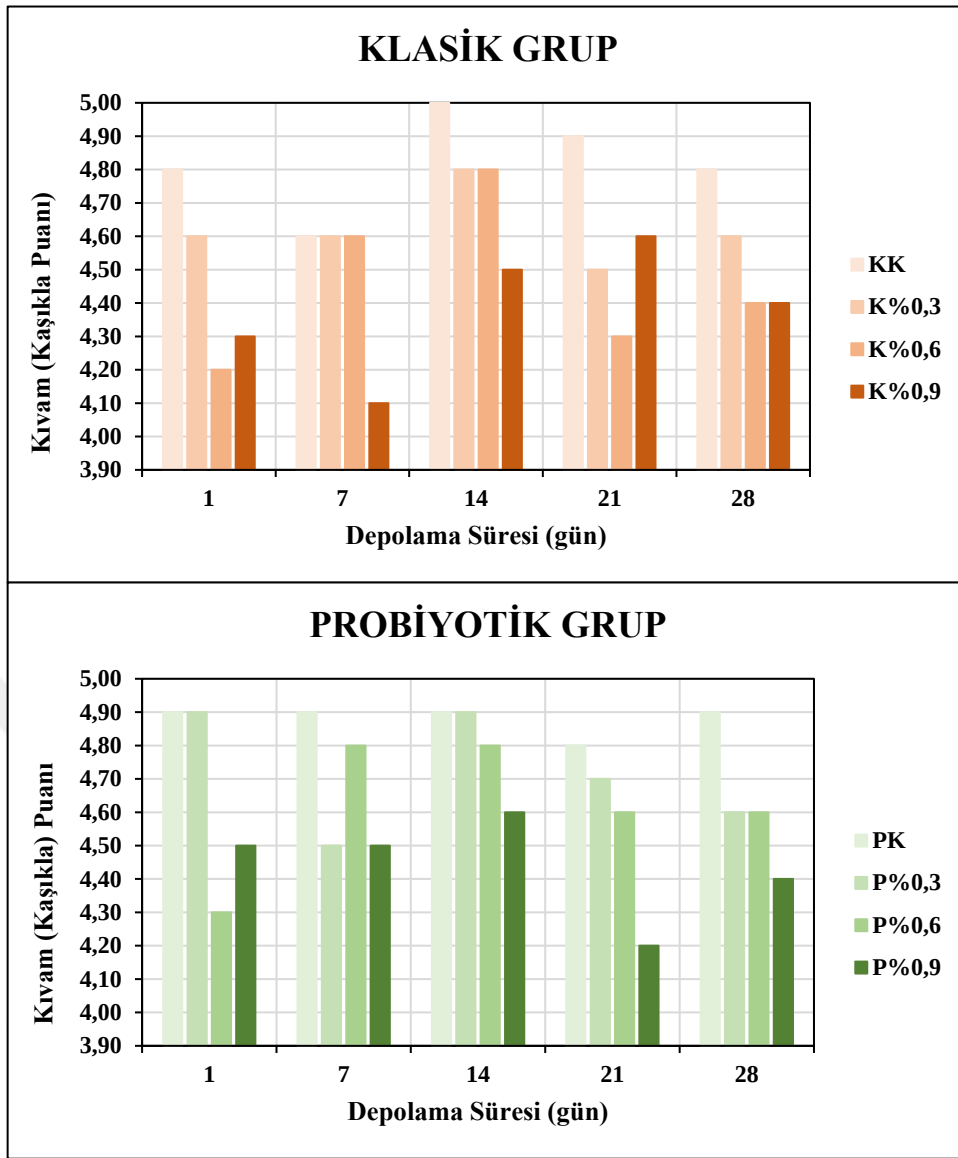
Yoğurt örneklerine ait kıvam (kaşıkla) puanları 4,10 ile 5,00 arasındadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi; yoğurt örneklerinde en yüksek kıvam (kaşıkla) puanları 5,00 ile depolamanın 14. günde KK örneğinde; en düşük kıvam (kaşıkla) puanı 4,10 ile depolamanın 7. gününde K%0,9 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 31. *Yoğurt Örneklerinin Kıvam (Kaşıkla) Puanları**

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	4,80±0,42	4,60±0,52	5,00±0,00	4,90±0,32	4,80±0,42	4,82±0,39
K%0,3	4,60±0,52	4,60±0,52	4,80±0,42	4,50±0,53	4,60±0,52	4,62±0,49
K%0,6	4,50±0,53	4,60±0,52	4,80±0,42	4,30±0,48	4,40±0,84	4,52±0,58
K%0,9	4,30±0,82	4,10±0,57	4,50±0,71	4,60±0,70	4,40±0,84	4,38±0,72
PK	4,90±0,32	4,90±0,32	4,90±0,32	4,80±0,42	4,90±0,32	4,88±0,33
P%0,3	4,90±0,32	4,50±0,53	4,90±0,32	4,70±0,48	4,60±0,84	4,72±0,54
P%0,6	4,30±0,68	4,80±0,42	4,80±0,42	4,60±0,52	4,60±0,52	4,62±0,53
P%0,9	4,50±0,53	4,50±0,53	4,60±0,52	4,20±0,79	4,40±0,84	4,44±0,64
En Düşük	4,30±0,68	4,10±0,57	4,50±0,71	4,20±0,79	4,40±0,84	4,38±0,72
En Yüksek	4,90±0,32	4,90±0,32	5,00±0,00	4,90±0,32	4,90±0,32	4,88±0,33
Ort.	4,60±0,52	4,58±0,49	4,79±0,39	4,58±0,53	4,59±0,64	4,63±0,53

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince kıvam (kaşıkla) değerlerinde meydana gelen değişim *Şekil 39*'da görülmektedir.



Şekil 39. Kıvam (kaşıkla) puanının depolama süresince değişimi.

Kıvam (kaşıkla) değerlerine uygulanan varyans analizi sonucunda (Tablo 36), örnek değişkeninin kıvam (kaşıkla) puanı üzerine etkisi istatistiksel açıdan $p < 0,01$ seviyesinde, depolama periyodunun etkisi ise $p < 0,05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 37’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama puanın probiyotik kontrol örneğinde (PK) olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak K%0,3 ve P%0,6 örnekleri benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). En düşük ortalama puanın belirlendiği K%0,9 örneği ise istatistiksel olarak diğer örneklerden farklıdır ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama kıvam (kaşıkla) puanı depolamanın 14. günde görülürken, depolamanın diğer tüm günlerinde (1, 7, 21 ve 28. gün) benzerliğin olduğu ortaya çıkmıştır ($p > 0,05$).

Kıvam (ağızla).

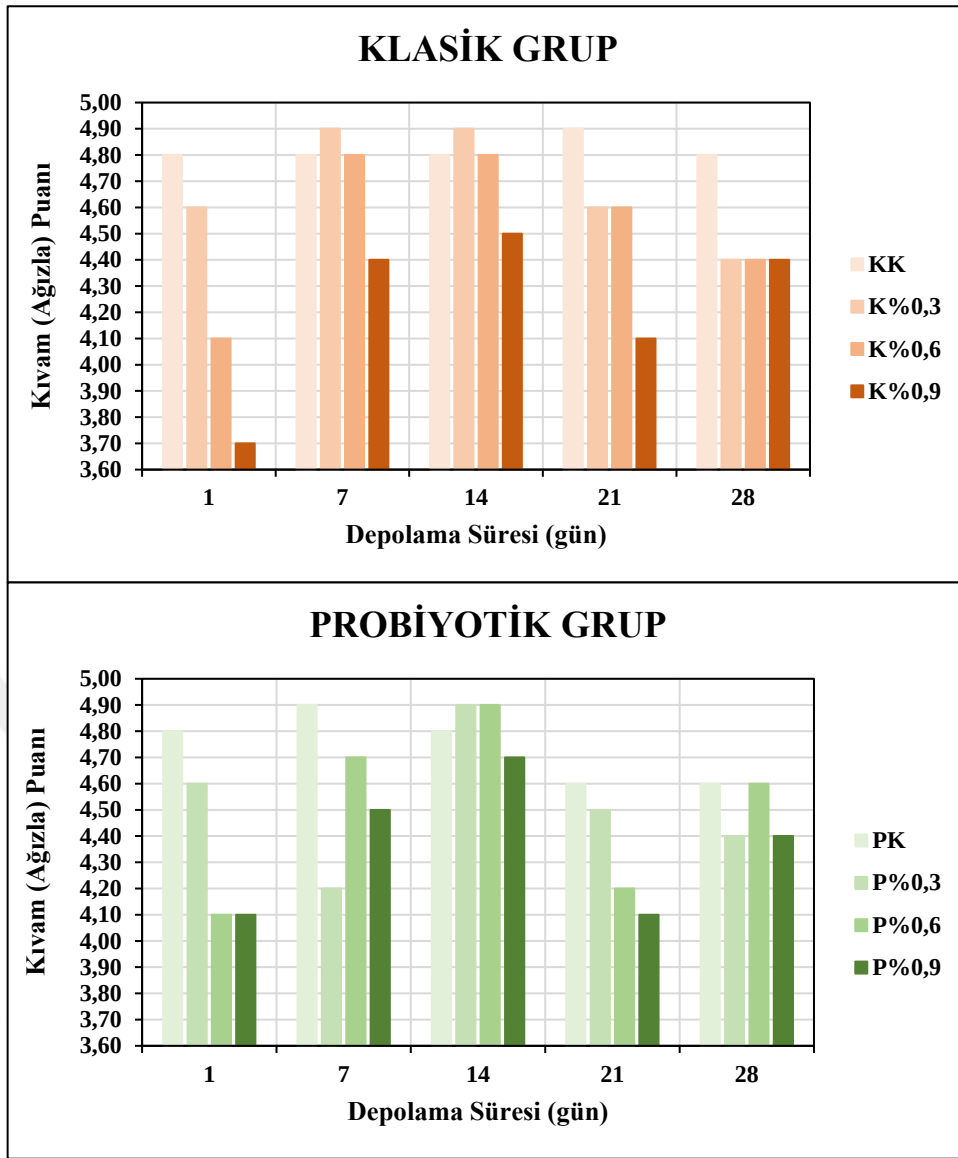
Yoğurt örneklerine ait kıvam (ağızla) puanları 3,70 ile 4,90 arasındadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi; yoğurt örneklerinde en yüksek kıvam (ağızla) puanları 4,90 ile depolamanın 7, 14 ve 21. günlerinde KK, K%0,3, PK, P%0,3 ve P%0,6 örneklerinde; en düşük kıvam (ağızla) puanı 3,70 ile depolamanın 1. gününde K%0,9 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 32. Yoğurt Örneklerinin Kıvam (Ağızla) Puanları*

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	4,80±0,42	4,80±0,42	4,80±0,42	4,90±0,32	4,80±0,42	4,82±0,39
K%0,3	4,60±0,52	4,90±0,32	4,90±0,32	4,60±0,52	4,40±0,52	4,68±0,47
K%0,6	4,60±0,52	4,80±0,42	4,80±0,42	4,60±0,52	4,40±0,84	4,64±0,56
K%0,9	3,70±1,16	4,40±0,70	4,50±0,53	4,10±0,59	4,40±0,84	4,22±0,82
PK	4,80±0,42	4,90±0,32	4,80±0,42	4,60±0,52	4,60±0,70	4,74±0,49
P%0,3	4,60±0,52	4,20±0,92	4,90±0,32	4,50±0,53	4,40±0,84	4,52±0,68
P%0,6	4,10±0,88	4,70±0,48	4,90±0,32	4,20±0,79	4,60±0,52	4,50±0,68
P%0,9	4,10±0,74	4,50±0,53	4,70±0,48	4,10±0,99	4,40±0,84	4,36±0,75
En Düşük	3,70±1,16	4,20±0,92	4,50±0,53	4,10±0,57	4,40±0,52	4,22±0,82
En Yüksek	4,80±0,42	4,90±0,32	4,90±0,32	4,90±0,32	4,80±0,42	4,82±0,39
Ort.	4,41±0,65	4,65±0,51	4,79±0,40	4,45±0,60	4,50±0,69	4,56±0,61

* Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince kıvam (ağızla) değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 40'ta görülmektedir.



Şekil 40. Kıvam (ağızla) puanının depolama süresince değişimi.

Yoğurt örneklerinin kıvam (ağızla) puanlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 36’de verilmiştir. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, örnek değişkeninin ve depolama periyodunun etkisi kıvam (ağızla) puanı üzerine etkisi istatistiksel açıdan $p < 0,01$ seviyesinde, önemli bulunmuştur. Örnekler arasındaki farklılığın kaynağını ve depolamanın kıvam (ağızla) üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır (Tablo 37). Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama puanın klasik kontrol örneğinde (KK) olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak K%0,3, K%0,6 ve PK örnekleri; P%0,3 ve P%0,6 örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). En düşük ortalama puan ise K%0,9 örneğinde çıktı ve istatistiksel olarak diğer örneklerden farklıdır ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama kıvam (ağızla) puanının depolamanın 14. gününde görülürken, depolamanın 21 ve 28. günlerinde benzerliğin olduğu ortaya çıkmıştır ($p > 0,05$). En düşük

ortalama kıvam (ağızla) puanının depolamanın 1. gününde olduğu ve istatistiksel olarak diğer günlerden farklı çıktığı görülmüştür.

Koku.

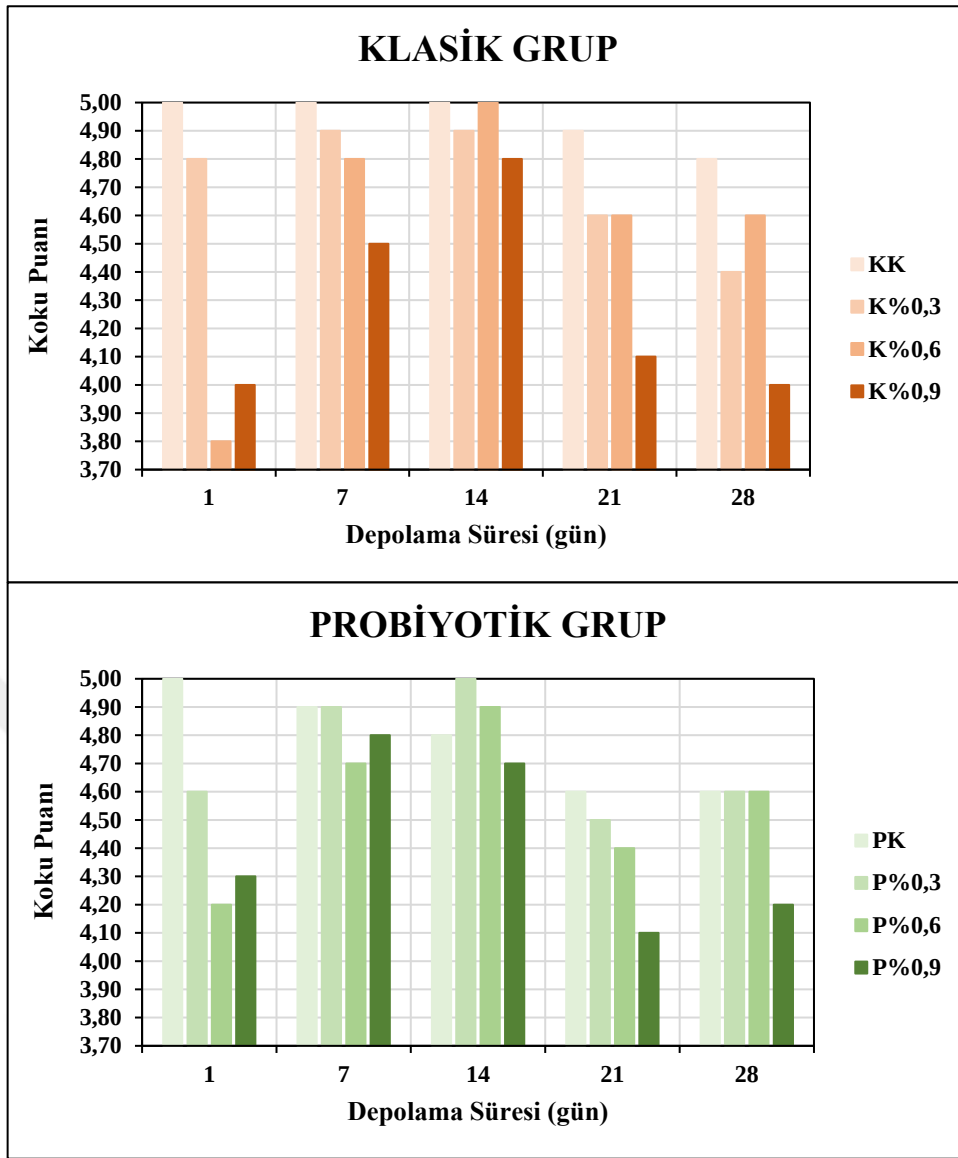
Yoğurt örneklerine ait koku puanları 4,00 ile 5,00 arasındadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi; yoğurt örneklerinde en yüksek koku puanları 5,00 ile depolamanın 1, 7 ve 14. günlerinde KK ve PK örneklerinde; en düşük koku puanı 4,00 ile depolamanın 1 ve 28. günlerinde K%0,9 örneğinde tespit edilmiştir.

Tablo 33. *Yoğurt Örneklerinin Koku Puanları**

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	4,90±0,32	4,80±0,42	4,94±0,24
K%0,3	4,80±0,42	4,90±0,32	4,90±0,32	4,60±0,70	4,40±0,84	4,72±0,57
K%0,6	4,80±0,42	4,80±0,42	5,00±0,00	4,60±0,52	4,60±0,84	4,76±0,52
K%0,9	4,00±1,05	4,50±0,71	4,80±0,42	4,10±0,32	4,00±1,16	4,28±0,83
PK	5,00±0,00	4,90±0,32	4,80±0,42	4,60±0,84	4,60±0,70	4,78±0,54
P%0,3	4,60±0,52	4,90±0,32	5,00±0,00	4,50±0,71	4,60±0,84	4,72±0,57
P%0,6	4,20±0,63	4,70±0,68	4,90±0,32	4,40±0,52	4,60±0,84	4,56±0,64
P%0,9	4,30±0,82	4,80±0,42	4,70±0,48	4,10±0,88	4,20±1,23	4,42±0,84
En Düşük	4,00±1,05	4,50±0,71	4,70±0,48	4,10±0,32	4,00±1,16	4,28±0,83
En Yüksek	5,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	4,90±0,32	4,80±0,42	4,94±0,24
Ort.	4,59±0,48	4,81±0,40	4,89±0,25	4,48±0,60	4,48±0,86	4,65±0,59

*Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince koku değerlerinde meydana gelen değişim *Şekil 41*'de görülmektedir.



Şekil 41. Koku puanının depolama süresince değişimi.

Koku puanlarına uygulanan varyans analizi sonucunda (Tablo 36), örnek değişkeninin ve depolama periyodunun koku puanı üzerine etkisi istatistiksel açıdan $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 37’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama koku puanının klasik kontrol örneğinde (KK) olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak K%0,3, K%0,6, PK ve P%0,3 örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). En düşük ortalama değer ise K%0,9 örneğinde çıkmış ve istatistiksel olarak diğer örneklerden farklı bulunmuştur ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama koku puanları depolamanın 7 ve 14. gününde görülürken, depolamanın 1, 21 ve 28. günlerinde benzerliğin olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$) ve en düşük ortalama koku değerinin depolamanın 28. gününde olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$).

Tat.

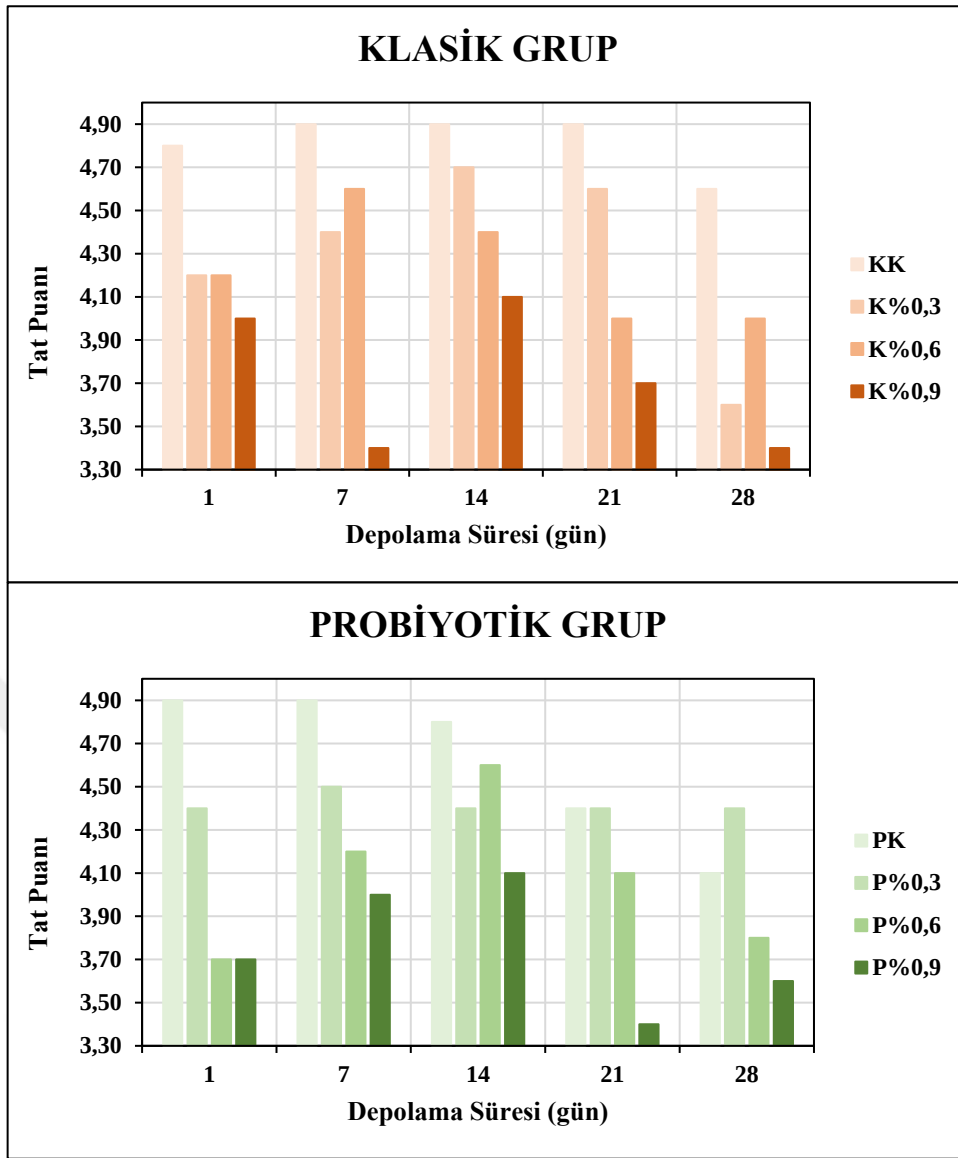
Yoğurt örneklerine ait tat puanları 3,40 ile 4,90 arasındadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi; yoğurt örneklerinde en yüksek tat puanları 4,90 ile depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde PK ve KK örneklerinde; en düşük tat puanı 3,40 ile depolamanın 7, 21 ve 28. günlerinde K%0,9 ve P%0,9 örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 34. *Yoğurt Örneklerine Ait Tat Puanları**

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	4,80±0,42	4,90±0,32	4,90±0,32	4,90±0,32	4,60±0,52	4,82±0,39
K%0,3	4,20±0,63	4,40±0,70	4,70±0,48	4,60±0,70	3,60±0,52	4,30±0,71
K%0,6	4,20±0,42	4,60±0,52	4,40±0,70	4,00±0,82	4,00±1,16	4,24±0,77
K%0,9	4,00±1,16	3,40±0,97	4,10±0,88	3,70±0,68	3,40±0,84	3,72±0,93
PK	4,90±0,32	4,90±0,32	4,80±0,42	4,40±0,84	4,10±0,74	4,62±0,64
P%0,3	4,40±0,70	4,50±0,53	4,40±0,70	4,40±0,70	4,40±0,84	4,42±0,67
P%0,6	3,70±1,06	4,20±0,92	4,60±0,52	4,10±0,88	3,80±0,79	4,08±0,88
P%0,9	3,70±1,06	4,00±1,16	4,10±0,74	3,40±1,17	3,60±0,84	3,76±1,00
En Düşük	3,70±1,06	3,40±0,97	4,10±0,74	3,40±1,17	3,40±0,84	3,72±0,93
En Yüksek	4,90±0,32	4,90±0,32	4,90±0,32	4,90±0,32	4,60±0,52	4,82±0,39
Ort.	4,24±0,72	4,36±0,68	4,50±0,60	4,19±0,76	3,94±0,78	4,25±0,75

*Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince tat değerlerinde meydana gelen değişim *Şekil 42*'de görülmektedir.



Şekil 42. Tat puanının depolama süresince değişimi.

Tat puanlarına uygulanan varyans analizi sonucunda (Tablo 36), örnek değişkeninin ve depolama periyodunun tat puanı üzerine etkisi istatistiksel açıdan $p < 0,01$ seviyesinde, önemli bulunmuştur. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 37’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama puanın 4,82 ile klasik kontrol (KK) örneğinde olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak K%0,3 ve K%0,6; K%0,9 ve P%0,9 örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). En düşük ortalama değer ise 3,72 ile K%0,9 örneğinde çıkmıştır. Geriye kalan örnekler de kendi aralarında ve diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklı çıkmıştır ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama tat puanının 4,50 ile depolamanın 14. gününde görüldüğü; depolamanın 1 ve 21. günlerinde benzerliğin olduğu ortaya çıkmıştır ($p>0,05$). En düşük ortalama tat değerinin 3,94 ile depolamanın 28. gününde olduğu tespit edilmiştir.

Toplam duyuşal analiz puanları.

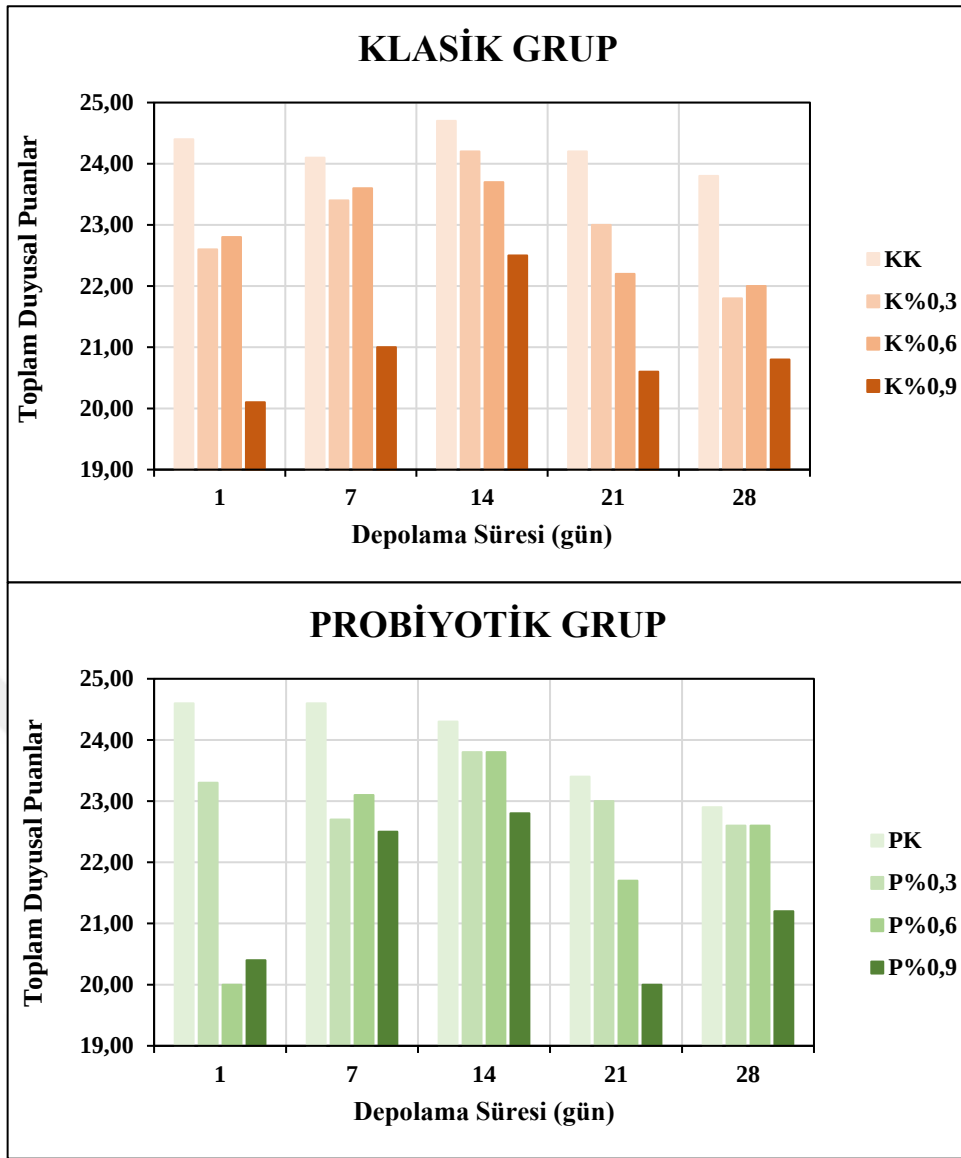
Toplam duyuşal analiz puanları depolama periyodu boyunca 25 puan üzerinden değerlendirilmiş ve Tablo 35’de verilmiştir. Yoğurt örneklerine ait toplam duyuşal analiz puanları 20,00 ile 24,70 arasındadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi; yoğurt örneklerinde en yüksek toplam duyuşal analiz puanları 24,70 ile depolamanın 14. günü KK örneğinde; en düşük toplam duyuşal analiz puanı 20,00 ile depolamanın 1 ve 21. günlerinde P%0,6 ve P%0,9 örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 35. *Yoğurt Örneklerinin Toplam Duyuşal Analiz Puanları**

Örnek	1. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün	Ort.
KK	24,40±0,84	24,10±1,15	24,70±0,48	24,20±1,87	23,80±2,04	24,24±1,44
K%0,3	22,60±1,58	23,40±1,43	24,20±1,14	23,00±2,67	21,80±2,15	23,00±1,97
K%0,6	22,80±1,55	23,60±2,01	23,70±1,25	22,20±1,62	22,00±4,37	22,86±2,44
K%0,9	20,10±3,90	21,00±2,91	22,50±1,78	20,60±2,17	20,80±4,24	21,00±3,12
PK	24,60±0,52	24,60±0,84	24,30±1,25	23,40±2,37	22,90±2,73	23,96±1,83
P%0,3	23,30±1,64	22,70±2,21	23,80±1,03	23,00±1,89	22,60±4,09	23,08±2,35
P%0,6	20,00±3,02	23,10±1,79	23,80±1,40	21,70±3,09	22,60±1,96	22,24±2,62
P%0,9	20,40±3,24	22,50±1,84	22,80±1,69	20,00±3,77	21,20±4,49	21,38±3,26
En Düşük	20,00±3,02	21,00±2,91	22,50±1,78	20,00±3,77	20,80±4,24	21,00±3,12
En Yüksek	24,60±0,52	24,60±0,84	24,70±0,48	24,20±1,87	23,80±2,04	24,24±1,44
Ort.	22,28±2,04	23,13±1,77	23,73±1,25	22,26±2,43	22,21±3,26	22,72±2,38

*Değerler iki tekerrür, dört paralel ortalamasıdır.

Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde depolama toplam duyuşal analiz puanlarında meydana gelen değişim *Şekil 43*’te görülmektedir.



Şekil 43. Toplam duyusal analiz puanının depolama süresince değişimi.

Toplam duyusal analiz puanlarına uygulanan varyans analizi sonucunda (Tablo 36), örnek değişkeninin ve depolama periyodunun tat puanı üzerine etkisi istatistiksel açıdan $p < 0,01$ seviyesinde, önemli bulunmuştur. Örnek ve depolama değişkenlerinde, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucu ise Tablo 37’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde istatistiksel açıdan en yüksek ortalama puanın 24,24 ile klasik kontrol (KK) örneğinde olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak K%0,3 ve P%0,3 örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir ($p > 0,05$). En düşük ortalama değer ise 21,00 ile K%0,9 örneğinde çıkmıştır. Geriye kalan örnekler de kendi aralarında ve diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklı çıkmıştır ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama toplam duyusal analiz puanlarının 23,73 ve 23,12 ile depolamanın 7 ve 14. günlerinde görüldüğü ve aralarında istatistiksel olarak benzerliğin ($p > 0,05$) olduğu; en

düşük ortalama toplam duyuşal analiz puanının 22,21 ile depolamanın 28. gününde olduğu tespit edilmiştir. 1, 21 ve 28. günler de kendi aralarında benzerlik taşıdığı görölmektedir ($p>0,05$).

Atallah vd. (2020), hazırlamış oldukları az yağlı yoğurtlarda duyuşal analiz (tat, koku & tekstür, dış görünüş ve toplam kabul edilebilirlik) gerçekleştirmişlerdir. En yüksek puanları WPC'lerle zenginleştirilmiş az yağlı yoğurtta ve ardından Ca-Cns'de gözlandı. En düşük puanlar ise *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş az yağlı yoğurtta elde edildi.

Barkallah vd. (2017), 4 farklı konsantrasyonda (%0,25, 0,50, 0,75 ve 1) *Spirulina platensis* ihtiva eden yoğurt örnekleri hazırlamış ve yapmış oldukları çalışmada %0,25 *Spirulina platensis* içeriğine sahip örneklerin duyuşal analizlerinin en yüksek puana; %1 *Spirulina platensis* içerikli örneklerin ise en düşük duyuşal puana sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Beheshtipour vd. (2012), *Chlorella vulgaris* ve *Arthrospira platensis* ilavesinin probiyotik bakterilerin yoğurtta canlılığı ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri ile ilgili yapmış oldukları çalışmada %0, 0,25, 0,50 ve 1 oranlarında *Chlorella vulgaris* ve *Arthrospira platensis* ilaveli yoğurtlar üretip duyuşal analizlerini yapmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre daha yüksek miktarlarda mikroalg içeren örnekler, kontrole kıyasla tüm duyuşal parametreler için daha zayıf duyuşal kabul edilebilirliğe sahip olmuştur. *Arthrospira platensis*, *Chlorella vulgaris* ile karşılaştırıldığında daha nahoş bir tat sergilemiş ve *Arthrospira platensis*'in %1'i ile yapılan işlem en düşük lezzet puanına sahip olmuştur. %1 mikroalg içeren örnekler, ağız tekstürü ve ağız hissi için en düşük duyuşal puana sahipti. Genel olarak, *Chlorella vulgaris* ile yapılan örnekler, *Arthrospira platensis* ile karşılaştırıldığında daha yüksek duyuşal puan elde etti. Her iki mikroalgden %0,25 veya %0,5 içeren uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir.

Özbal (2020), yapmış olduğu çalışmada dört farklı beyaz çikolata üretmiştir. %0, 0,05, 0,10 ve 0,20 *Spirulina platensis* ilaveli beyaz çikolatalar üretip bunları biyokimyasal, fiziksel, reolojik ve duyuşal analizlere tabi tutmuştur. Duyuşal özellikleri renk, tat, koku ve ağızda erime olarak değerlendirmiştir. Analiz sonuçlarına göre; %0,20 biyokütle eklentili beyaz çikolata için panelistlerin %72'si 3 puanını vermiştir (ne beğendim ne de beğenmedim), %0,05 için ise %61'i beğendim demiştir ve %0,1 *Spirulina platensis* ilaveli ürünler genel beğeni de iyi puanlar aldığını raporlamıştır.

Tablo 36. Yoğurt Örneklerinin Duyusal Niteliklerinin Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Dış Görünüş	Kıvam (Kaşık)	Kıvam (Ağız)	Koku	Tat	Genel Toplam
Örnek	7	4,018**	5,244**	5,469**	6,206**	13,212**	11,216**
Depolama	4	2,925*	2,258*	5,292**	8,015**	6,269**	6,374**
Örnek*Depolama	28	1,235	0,676	1,000	0,631	0,931	0,788
Hata	360						
Genel	400						

*: p<0,05, **: p<0,01

Tablo 37. Yoğurt Örneklerinin Duyusal Niteliklerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

		Dış Görünüş	Kıvam (Kaşık)	Kıvam (Ağız)	Koku	Tat	Genel toplam
ÖRNEK	KK	4,84±0,47 ^a	4,82±0,39 ^{ab}	4,82±0,39 ^a	4,94±0,24 ^a	4,82±0,39 ^a	24,24±1,44 ^a
	K%0,3	4,68±0,55 ^{ab}	4,62±0,49 ^{bcd}	4,68±0,47 ^{ab}	4,72±0,57 ^{ab}	4,30±0,71 ^{cd}	23,00±1,97 ^{bc}
	K%0,6	4,70±0,54 ^{ab}	4,52±0,58 ^{cde}	4,64±0,56 ^{ab}	4,76±0,52 ^{ab}	4,24±0,77 ^{cd}	22,86±2,44 ^c
	K%0,9	4,40±0,90 ^b	4,38±0,72 ^e	4,22±0,82 ^d	4,28±0,83 ^d	3,72±0,93 ^e	21,00±3,12 ^e
	PK	4,94±0,31 ^a	4,88±0,33 ^a	4,74±0,49 ^{ab}	4,78±0,54 ^{ab}	4,62±0,64 ^{ab}	23,96±1,83 ^{ab}
	P%0,3	4,70±0,65 ^{ab}	4,72±0,54 ^{abc}	4,52±0,68 ^{bc}	4,72±0,57 ^{ab}	4,42±0,67 ^{bc}	23,08±2,35 ^{bc}
	P%0,6	4,48±1,02 ^b	4,62±0,53 ^{bcd}	4,50±0,68 ^{bc}	4,56±0,64 ^{bc}	4,08±0,88 ^d	22,24±2,62 ^{cd}
	P%0,9	4,40±0,97 ^b	4,44±0,64 ^{de}	4,36±0,75 ^{cd}	4,42±0,84 ^{cd}	3,76±1,00 ^e	21,38±3,26 ^{de}
DEPOLAMA (GÜN)	1	4,44±0,95 ^a	4,60±0,56 ^b	4,41±0,76 ^c	4,59±0,67 ^b	4,24±1,06 ^b	22,27±2,84 ^b
	7	4,72±0,68 ^a	4,58±0,52 ^b	4,65±0,58 ^{ab}	4,81±0,45 ^a	4,36±1,16 ^{ab}	23,12±2,09 ^a
	14	4,76±0,53 ^a	4,79±0,44 ^a	4,79±0,41 ^a	4,89±0,31 ^a	4,50±0,74 ^a	23,73±1,43 ^a
	21	4,57±0,76 ^{ab}	4,57±0,57 ^b	4,45±0,65 ^{bc}	4,48±0,66 ^b	4,19±1,17 ^b	22,26±2,76 ^b
	28	4,71±0,66 ^a	4,59±0,67 ^b	4,50±0,69 ^{bc}	4,47±0,89 ^b	3,94±0,84 ^c	22,21±3,40 ^b

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, bileşimi zenginleştirme, besin değerini artırma amacıyla klasik ve probiyotik yoğurda ilave edilecek *Spirulina platensis* için teknolojik ve raf ömrü açısından en uygun muamele oranı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yoğurda işlenecek süt, 4 farklı oranda *Spirulina* tozu ile katkılanarak klasik ve probiyotik yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen yoğurt örneklerine ait çeşitli fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyu kalite kriterleri yapılan analizlerle, depolama periyodunun 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerinde belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde, *Spirulina platensis* tozu ilavesine göre, kurumadde oranları %14,41 ile %15,44 arasında tespit edilmiştir. İlave edilen *Spirulina platensis* tozu oranına bağlı olarak kurumadde değerlerinin arttığı, *Spirulina platensis* tozu ile katkılamanın yoğurt örneklerinin kurumaddesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).
2. Deneme klasik ve probiyotik yoğurtlara ait yağ oranları %2,50-2,625 arasında değişim göstermiştir. *Spirulina* ilavesi az da olsa örneklerin yağ oranlarında artışa neden olmuştur. Yoğurt üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in yağ oranı üzerine olan etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). Klasik ve probiyotik yoğurt örnekleri, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2009)'ne göre yarım yağlı yoğurt sınıfına girmektedir.
3. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde, *Spirulina platensis* tozu ilavesine göre, protein oranları %4,21 ile %4,59 arasında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *Spirulina* ilavesinin yoğurt örneklerinde protein miktarını artırdığını söylemek mümkündür. Yoğurt örneklerinin protein oranları üzerine *Spirulina* ilavesinin etkisi $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yoğurt standardına göre süt proteini oranı en az %3 olmalıdır (TS 1330). Tüm yoğurt örneklerinin protein oranları ilgili standartlarda verilen değerlere uygundur.
4. *Spirulina platensis* tozu ilavesinin renk değerleri (L^* , a^* , b^* , H° , C^*) üzerine etkisi istatistiksel olarak $p<0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. İlave edilen mikroalg oranına bağlı olarak L^* ve a^* değerlerinin azaldığı, b^* değerinin ise *Spirulina* miktarındaki artışla birlikte arttığı tespit edilmiştir. *Spirulina* ilavesine bağlı olarak

yoğurt örneklerinin sarımsı yeşile (fıstık yeşili) doğru hoş bir renk aldığı belirlenmiştir. *Spirulina* içeren (K %0,3, P %0,3 ve K %0,6 ve P %0,6) örneklerin istatistiksel açıdan benzer H° değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. İncelenen yoğurt örneklerinin H° değerleri (107,69-115,45) 90° ve 100° arasında olması nedeniyle sarı-yeşil bölgede, sarıya daha yakın bir renk tonunu temsil etmektedir. Yoğurt örneklerinin üretiminde kullanılan *Spirulina platensis*'in, netlik ya da yoğunluk değeri, görsel renk algılamasında rengin saflık oranını temsil eden C* değerleri üzerine olan etkisi istatistiksel olarak $p<0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek oranda mikroalg içeren yoğurt örneklerinin renk özellikleri incelendiğinde diğer örneklere kıyasla en yüksek C* değerine sahip oldukları görülmektedir.

5. Analize tabi tutulan klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde belirlenen titrasyon asitliği değerleri, %1,23-%1,78 arasında değişim göstermiştir. Klasik grup yoğurtlarda genel olarak depolama süresince bir artış olduğu, depolama sonunda *Spirulina platensis* içeren örneklerin titrasyon asitliği değerlerinin kontrol gruba göre nispeten daha yüksek bulunduğu belirlenmiştir. Probiyotik grupta ise depolamanın tüm günlerinde en yüksek asitlik değerleri PK örneğinde tespit edilmiştir, yine bu grupta da en yüksek asitlik değerleri depolamanın 28. gününe aittir. Tüm yoğurt örneklerinde belirlenen titrasyon asitliği değerleri TS 1330 yoğurt standardı ile uyumludur.
6. Deneme klasik ve probiyotik yoğurtlara ait pH değerleri 3,83-4,2 arasında değişim göstermiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin pH üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Depolamanın 1. gününden sonraki günlerde klasik grup örneklerde artan *Spirulina platensis* oranına bağlı olarak daha düşük pH değerleri, belirlenirken bu durum probiyotik grupta farklılık göstermiş artan *Spirulina* oranına bağlı olarak ya benzer veya daha yüksek pH değerleri tespit edilmiştir. Farklı *Spirulina platensis* oranlarına sahip örnekler arasındaki pH farklılığının, farklı tamponlama kapasitesi etkilerine bağlı olarak ortaya çıktığı, farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir.
7. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde, *Spirulina platensis* tozu ilavesine göre, viskozite değerleri $2476\pm79,87 C_p$ ile $4845\pm324,75 C_p$ aralığında değişim göstermiştir. Genel bir değerlendirme ile mikroalg ilavesinin viskozite değerlerini düşürdüğü, viskozitenin depolama süresince bir artış eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. İlave edilen *Spirulina platensis* tozu ve depolama periyodunun yoğurt örneklerinin viskozitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

- ($p<0,01$). %0,9 oranında *Spirulina* ile katkılanmış örneklerde (K %0,9 ve P %0,9) depolamanın 21. gününden sonra viskozite değerlerinde belirgin bir düşüş göze çarpmaktadır. Bu çalışma kapsamında yoğurt örneklerinde belirlenen viskozite değerleri, aynı şartlar (4 C ve 50 rpm) ve aynı spindle (6 nolu) ile ölçüm alan araştırmacıların (Bakırcı & Arslaner, 2007) ölçüm sonuçlarından yüksektir.
8. Yoğurt örneklerinde sinerezis değerleri %29,8-%37,7 arasında değişim göstermiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, farklı oranlarda *Spirulina platensis* ilavesinin yoğurt örneklerinin sinerezis değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Benzer biçimde depolama günleri arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,01$). Genel olarak *Spirulina platensis* ilavesinin serum ayrılması oranını azalttığı söylenebilir ($p<0,01$). Depolama süresince değişime göre, en yüksek serum ayrılması değerleri depolamanın 1 ve 7. günlerine aittir ($p<0,01$). Benzer bulgular elde eden araştırmacılar bu durumu, *Spirulina platensis*'in yüksek yağ, protein ve diyet lifi içeriğine bağlamıştır.
9. Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri %49,4-56,5 arasında belirlenmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin su tutma kapasitesi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Klasik yoğurt grubunda en yüksek STK oranı, en yüksek *Spirulina platensis* katkısı yapılan K %0,9 örneğinde tespit edilmiştir. K%0,9, PK ve P%0,3 örneklerinin su tutma kapasitesi açısından aralarında fark olmadığı saptanmıştır. K%0,3 ve K%0,6 örnekleri kendi aralarında benzerlik göstermiştir. Probiyotik grupta ise %0,6 ve üstündeki oranlarda *Spirulina platensis* katkısının STK'ni negatif yönde etkilediği söylenebilir.
10. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde aw değerleri 0,927-0,942 gibi dar bir aralıkta değişim göstermiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin aw üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). En yüksek aw değeri *Spirulina platensis* içermeyen klasik kontrol örneğine aittir ($p<0,01$). Yine klasik grupta en düşük aw değeri, en yüksek *Spirulina platensis* oranına sahip K %0,9 kodlu örnekte belirlenmiştir. Probiyotik grupta ise değişen *Spirulina platensis* oranının aw üzerine negatif veya pozitif bir etkisi tespit edilememiştir. Örneklerin aw değerleri depolamanın 1, 21 ve 28. günlerinde belirlenen değişim benzerdir.
11. Yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* sayıları 7,32-8,58 log kob/g arasında değişmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin *Lb. bulgaricus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Elde edilen

sonuçlara göre, *Spirulina platensis* ilavesinin *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* canlılığını olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Ortalama en düşük *Lb. bulgaricus* sayımları ($p<0,01$) depolamanın son gününde belirlenmesine karşın, 28. günde de yoğurt örneklerinde fermente süt ürünleri tebliğinde bildirilen spesifik bakteri sayısının (10^7 kob/g) altına düşmemiştir.

12. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sayısı 6-8,77 log kob/g arasında değişmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). *Spirulina platensis* içermeyen klasik kontrol ve probiyotik kontrol örneklerin *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sayıları istatistiksel olarak benzerdir ($p>0,05$). Yoğurt örneklerine *Spirulina platensis* ilavesinin, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sayısını nispeten olumsuz etkilediği söylenebilir. Ancak depolamanın tüm günlerinde *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* canlı organizma sayısı 6 log kob/g ve üzerinde belirlenmiştir. İlk güne ait yoğurt örnekleri ile kıyaslandığında, depolamaya bağlı *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sayısında bir azalma gerçekleşmiştir.
13. Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin *Lactobacillus acidophilus* sayıları 7,12-8,43 log kob/g arasında değişmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin *Lb. acidophilus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Probiyotik kontrol örnekte (PK), 28. gün dışındaki tüm günlerde, *Spirulina platensis* katkılı örneklerden daha düşük *Lactobacillus acidophilus* gelişimi kaydedildiği görülmektedir. En düşük ortalama *Lactobacillus acidophilus* sayısının (7,676 log kob/g) PK örneğinde tespit edilmesi, *Spirulina platensis*'in *Lb. acidophilus*'un canlılığını önemli derecede desteklediğini göstermektedir. Ayrıca, 28 günlük depolama süresince belirlenen *Lb. acidophilus* sayısı probiyotik ürünlerde istenen terapötik etkiyi sağlayacak düzeyin ≥ 6 log kob/g üzerinde bulunmuştur. Canlılık oran tüm örneklerde %100'ün üzerinde hesaplanmıştır. %0,3 ve %0,9 *Spirulina* içeren örneklerde ise canlılık oranı kontrol probiyotik örnekten daha yüksektir.
14. Yoğurt örneklerinin, depolama periyodu süresince 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerde tekstürel analizleri; sertlik, yüzey yapışkanlığı, iç yapışkanlık ve elastikiyet üzerinden değerlendirilmiştir. Sertlik değerlerinin 43,75 g ile 65,63 g arasında ölçülmüş, *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin sertlik değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). En yüksek ortalama sertlik değerine 28. günde

ulaşılmıştır (57,27 g). Benzer biçimde en yüksek viskozite değerleri de depolama periyodunun 28. gününde ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, *Spirulina platensis* ilavesinin yoğurtta sertlik değerlerini düşürdüğünü göstermektedir.

15. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde yüzey yapışkanlığı değerleri 0,73 mJ ile 2,48 mJ arasında değişmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). En yüksek ortalama yapışkanlık değerleri, istatistiksel olarak da benzer olan 14, 21 ve 28. günlerde belirlenmiştir (1,92, 1,86 ve 1,92 mJ). En yüksek yüzey yapışkanlığı değerinin (2,48 mJ) klasik grupta yer alan ve *Spirulina platensis* içermeyen KK örneğinde, tüm gün ortalamalarına göre en yüksek değerin (2,08 mJ), probiyotik grupta yer alan ve *Spirulina platensis* ihtiva etmeyen PK örneğinde belirlenmesi *Spirulina platensis* ilavesinin yüzey yapışkanlığını azalttığını göstermektedir. Depolamanın son üç haftasında ilk iki haftada belirlenenden daha yüksek yapışkanlık değerleri ölçülmüştür.
16. Klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinin iç yapışkanlık değerleri, 0,33 g ile 0,75 g arasında değişmiştir. Kontrol grubu örnekler, 21. gün hariç, depolama boyunca genel olarak *Spirulina platensis* katkılı örneklere göre daha yüksek iç yapışkanlık değerlerine sahip olmuştur. *Spirulina platensis* ilavesinin iç yapışkanlık değerlerine etkisi istatistiksel açıdan önemli önemlidir ($p<0,01$). Depolama periyodunun yoğurt örneklerinin iç yapışkanlık değerlerine olan etkisi ise önemsizdir ($p>0,05$). Sonuçlara göre artan *Spirulina platensis* oranı, iç yapışkanlık değerlerini düşürmüştür. Bu çalışmada da en düşük ortalama viskozite değerinin belirlendiği K %0,9 kodlu örnek aynı zamanda en düşük iç yapışkanlık değerinin tespit edildiği örnektir. Dahası, en yüksek iç yapışkanlık değerinin belirlendiği klasik kontrol (KK) örneği en yüksek viskozite değerinin ölçüldüğü örnektir. Buradan hareketle, yoğurt örneklerinin iç yapışkanlık ve viskozite değerleri arasında pozitif bir bağlantı olduğu söylenebilir.
17. Analiz edilen klasik ve probiyotik yoğurt örneklerinde elastikiyet değerlerinin 21,87 mm ile 12,00 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama değişkeninin elastikiyet (springiness) değerlerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). *Spirulina platensis* ilavesinin klasik grupta orandan bağımsız olarak elastikiyet değerlerini azalttığı; probiyotik grupta ise önemli bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.
18. Yoğurt örneklerinin, depolama periyodu süresince 1, 7, 14, 21 ve 28. günlerde duyu nitelikleri; dış görünüş, kıvam (kaşıkla), kıvam (ağızla), koku ve tat parametreleri ile

toplam duysal puanlar üzerinden değerlendirilmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ve depolama periyodunun tüm duysal parametreler üzerine etkisi istatistiksel açıdan ($p<0,01$; $p<0,05$) nemli bulunmuştur. *Spirulina platensis* ilavesi tüm örneklerde duysal puanları zayıflatsa da ortalama puanlar tüm gün ortalamalarında hiçbir örnekte 4 puanın altına düşmemiştir. Tüm parametrelerde en yüksek ortalama puanlar klasik grup örneklerde ve depolamanın 14. gününde belirlenmiştir.

19. Duysal analiz çalışmamıza göre kontrol örnekleri dışında en çok beğenilen rnmz *Spirulina platensis* içeriği %0,3 olan probiyotik ve klasik yoğurt örneklerinin olduğu ortaya çıkmıştır. *Spirulina platensis* miktarındaki artış, tat ve aromadaki artışa da doğrudan etki ettiğinden %0,6 ve %0,9 *Spirulina platensis* içeren rnekler %0,3 *Spirulina platensis* ihtiva eden örneklere göre daha düşük puan almışlardır. Fakat bu düşüklük genel olarak 21 puanın (toplam duysal analiz) altına düşmemiştir. Duysal analiz sonuçları, depolamanın 21. gününe kadar tüm örneklerin duysal genel kabul edilebilirlik açısından uygun olduğunu göstermektedir.

Yapmış olduğumuz araştırmanın sonuçlarına göre bulunabileceğimiz neriler;

1. Artan dünya nüfusu ile protein ihtiyaı her geçen gün artmaktadır. *Spirulina* da içerdiği yüksek protein oranı ile bu konuda mutlak alternatif yollardan biridir. İhtiva ettiği protein sayesinde insan vücuduna katkısı yadsınamaz. İnsanların güvenle tüketebileceği bir gıda olduğunun açık kanıtıdır.
2. İnsanların gün geçtikçe daha az katkılı ve doğal gıdalara yönelmesi *Spirulina* açısından olumlu bir nedendir. Gerek katkı maddesi olarak gerekse alternatif gıda olarak tketilebileceğinin göstergesidir.
3. İçinde barındırdığı yüksek protein, yağ asiti, vitamin ve temel mineraller sayesinde (Ca ve K) *Spirulina platensis*'in mkemmел bir mineral kaynağı olarak insan diyetinde potansiyeli olan, sağlığa faydalı bir gıda olarak ve gıda endüstrisinde özellikle yüksek mineralli tüketilebilir ürünlerin kaynağı olarak dşnlebileceğinin kanıtıdır.
4. Bu mikroalgin insan beslenmesi ve insan sağlığına olumlu etkileri ile ilgili bulgular gıda katkı maddesi olarak kullanımı giderek artırmakla birlikte henüz ülkemizde gıda sektöründe gerekli ilgiyi görmediği açıktır. *Spirulina platensis*'in unlu mamuller, süt ürünleri, emülsiyon et ürünleri, tatlılar gibi gıda sanayinin birçok dalında kullanılma potansiyeli mevcuttur.

5. Yüksek ihtimalle yosun tadından dolayı tercih edilmeyen bu zengin bileşimli ucuz besin ve enerji kaynağının ülkemiz insanının damak tadına hitap edecek şekilde formülasyonlarla gıda sektörüne kazandırılması önem arz etmektedir.

Son zamanlarda hakkında yoğun olarak çalışılan ve artık ülkemizde de gündeme gelmeye başlayan Spirulina, belirtmiş olduğumuz tüm bu olumlu yanlarından ötürü son yıllarda ismiyle sık sık karşılaştığımız oldukça popüler, alternatif ve fonksiyonel bir gıda ürünüdür. Son olarak yapmış olduğumuz çalışmamız, *Spirulina platensis* biyokütlesinden edinilen ve çeşitli ticarî yollarla pazara sunulan bu mikroalgin, yoğurt gibi fermente bir süt ürününde hem ekonomik olarak hem ticarî olarak hem de insan sağlığı açısından güvenle eklenebileceğini göstermektedir.



KAYNAKÇA

- Abbott, J. A. (1972). Sensory assessment of food texture. *Food Technology*, 26(1), 40-49.
- Abrahamsen, R. K., & Holmen, T. B. (1981). Goat's milk yoghurt is made from non-homogenized ahomogenisedzmlklks, concentrated by different methods. *Journal of Dairy Research*, 48(3), 457-463.
- Agustini, T. W., Maâ, W. F., Widayat, W., Suzery, M., Hadiyanto, H., & Benjakul, S. (2016). Application of *Spirulina platensis* on ice cream and soft cheese with respect to their nutritional and sensory perspectives. *Jurnal Teknologi*, 78(4-2).
- Ahmad, I., Khalique, A., Junaid, M., Shahid, M. Q., Imran, M., & Rashid, A. A. (2020). Effect of polyphenol from apple peel extract on the survival of probiotics in yoghurt ice cream. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(6), 2580-2588.
- Akalın, A. S., Ünal, G., & Dalay, M. C. (2009). Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Italian Journal of Food Science*, 21(3), 357-364.
- Akın, N. (2006). *Modern yoğurt bilimi ve teknolojisi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü
- Amara, A. A., & Shibl, A. (2015). Role of Probiotics in health improvement, infection control and disease treatment and management. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 23(2), 107-114.
- Andrew, J.R. (1999). *Food Texture: Measurement and Perception*. USA: Aspen Publisher, pp. 3-16.
- AOAC, (1995). *Official Method International*, 15th edition, 930.33-941.08 Association of official analysis chemists, Washington, DC.
- Arslaner, A. (2016). Yoğurt ve sağlıklı beslenme. *Bilinçli Sağlıklı Yaşam Dergisi*, 12, 563-574.
- Arslaner, A., & Türkoğlu, Z. (2020). A potential antiviral and food-derived healthy ingredient: Resveratrol. *Food and Health*, 7(1), 54-63.
- Asghari, A., Fazilati, M., Latifi, A. M., Salavati, H., & Choopani, A. (2016). A review on antioxidant properties of *Spirulina platensis*. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 3(1), 345-351.
- Atallah, A. A., Morsy, O. M., & Gemiel, D. G. (2020). Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and *Spirulina platensis*. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1678-1691.
- Atamer, M., & Sezgin, E. (1987). İnkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesi üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 12(4), 213-220.
- Atasoy, F. A., Türkoğlu, H., & Özer, B. H. (2003). Şanlıurfa ilinde üretilen ve satışa sunulan süt, yoğurt ve urfa peynirlerinin bazı mikrobiyolojik özellikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3-4):77-83
- Aydemir, S. (2019). *Spirulina platensis Katılarak Üretilmiş Yoğurtların Özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 546355).
- Ayehunie, S., Belay, A., Baba, T. W., & Ruprecht, R. M. (1998). Inhibition of HIV1 replication by an aqueous extract of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*). *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes and Human Retrovirology*, 18(1):7-12.

- Ásványi-Molnár, N., Szigeti, J. F., & Varga, L. (2004). Effect of a spray-dried *Arthrospira* (*Spirulina platensis*) *platensis* biomass on acid development by various strains of *Lactococcus lactis* in milk.
- Bakırcı, İ., & Arslaner, A. (2007). The effect of partially-replacing skim milk power whit whey powder in set type yogurt manufacture. *Milk Science International*, 62(4), 434-438.
- Bakırcı, İ., Tohma, G. Ş., & Yüksel, A. K. (2015). Erzurum piyasasında satışa sunulan yoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Gıda*, 13(2), 127-134.
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M. A., Fendri, İ., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 323-330.
- Bayraktar Sofu, A. (2006). *Yoğurtların Depolama Esnasında Mikrobiyal ve Kimyasal Değişimlerinin Bilgisayarlı Görüntüleme Sistemiyle Belirlenmesi ve Elde Edilen Verilerin Yapay Sinir Ağlarıyla Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 185528)
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Haratian, P., & Darani, K. K. (2012). Erratum to: Effects of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology*, 235(6), 1213-1213.
- Berner, L. A., & O'Donnell, J. A. (1998). Functional foods and health claims legislation: applications to dairy foods. *International Dairy Journal*, 8(5-6), 355-362.
- Blanc, B. (1986). The nutritional value of yogurt. *International Journal of Immunotherapy*, 11(3), 25-47.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J., & Trout, G. M. (1988). *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. AVI Book, New York, 166-226.
- Bozkurt, H., & Aslım, B. (2004). İmmobilizasyonun probiyotik kültürlerde kullanımı. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 2(7), 1-14.
- Bruno, F. A., Lankaputhra, W. E. V., & Shah, N. P. (2002). Growth, viability and activity of *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing prebiotics. *Journal of food science*, 67(7), 2740-2744.
- Canbulat, Z. (2010). *Lactobacillus rhamnosus* Kültürü ile Probiyotik Yoğurt Üretimi (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 340077)
- Chamorro, G., Perez-Albiter, M., Serrano-Garcia, N., Mares-Samano, J. J., & Rojas, P. (2006). *Spirulina platensis maxima* Partially Protects Against 1-methyl-4-phenyl-1.2.3.6-Tetrahydropyridine Neurotoxicity. *Nutritional Neuroscience*, 9(5-6), 207-212.
- Chunthaworn, S., Achariyaviriya, S., Achariyaviriya, A., & Namsanguan, K. (2012). Color kinetics of longan flesh drying at high temperature. *Procedia Engineering*, 32, 104-111.
- Ciferri, O. (1983). *Spirulina platensis* the edible microorganism. *Microbiological reviews*, 47(4), 551-578.
- Ciarlet, M., & Estes, M. K. (2001). Interactions between rotavirus and gastrointestinal cells. *Current opinion in microbiology*, 4(4), 435-441.

- Coşkun, T. (2005). Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48(1), 61-84.
- Çakır, İ. (2003). *Lactobasillus ve Bifidobacterlerde Bazı Probiyotik Özelliklerin İncelenmesi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 131423)
- Çakıroğlu, F. P., & Uçar, A. (2018). Consumer attitudes towards purchasing functional products. *Age*, 18(25), 494.
- Çakmakçı, S., Çetin, B., Turgut, T., Gürses, M. & Erdoğan, A. (2012). Probiotic Properties, Sensory Qualities, and Storage Stability of Probiotic Banana Yogurts. *Turkish Journal Veterinary Animal Sciences*, 36(3), 231-237.
- Çelekli, A., Alslibi, Z. A., & Bozkurt, H. (2019). Influence of incorporated *Spirulina platensis* on the growth of microflora and physicochemical properties of ayran as a functional food. *Algal Research*, 44, 101710.
- Çelekli, A., Alslibi, Z. A., & Bozkurt, H. (2020). Boosting effects of *Spirulina platensis*, whey protein, and probiotics on the growth of microflora and the nutritional value of ayran. *Engineering Reports*, 2(9), e12235.
- Çetin, B., Atik, A., & Karasu, S. (2014). Kırklareli'nde üretilen yoğurt ve ayranların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi. *Akademik Gıda*, 12(2), 57-60.
- Çevik, G. B. (2013). *Peynir Altı Suyu Tozu ve Turunç Ekstresi İlavesinin Probiyotik Yoğurtların Bazı Özelliklerine Etkisinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 373909)
- Çınar Burak, Ş. (2016). *Probiyotik Yoğurt Üretiminde Ayva Tozu Kullanımının Ürünün Mikrobiyolojik ve Tekstürel Özelliklerinde Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 437816)
- Damin, M. R., Minowa, E., Alcantara, M. R., & Oliveira, M. N. (2008). Effect of cold storage on culture viability and some rheological properties of fermented milk prepared with yogurt and probiotic bacteria. *Journal of Texture Studies*, 39(1), 40-55.
- Hâşib, Y. H., & Dankoff, R. (1983). *Wisdom of royal glory: A Turco-Islamic mirror for princes*. University of Chicago Press.
- Dave, R. I., & Shah, N. P. (1997). Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. *International Dairy Journal*, 7(1), 31-41.
- Debbabi, H., Boubaker, B., Gmati, T., Chouaibi, M., Boubaker, A., & Snoussi, A. (2017). Yogurt enrichment with *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*): effect of storage on physicochemical parameters. In *Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration*, pp1267-1268
- Erbaş, M. (2006). Yeni bir gıda grubu olarak fonksiyonel gıdalar. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Fadaei, V., Mohamadi-Alasti, F., & Khosravi-Darani, K. (2013). Influence of *Spirulina platensis* powder on the starter culture viability in probiotic yoghurt containing spinach during cold storage. *European Journal of Experimental Biology*, 3(3), 389-393.
- FDA, (2012). Agency Response Letter - GRAS Notice No. 000417. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Food Additive Safety.
<https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm319628.html> (Erişim Tarihi: 15 Ağustos 2021).

- Fisberg, M., & Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition reviews*, 73(1), 4-7.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *The Journal of applied bacteriology*, 66(5), 365-378.
- Gomes, A. M., & Malcata, F. X. (1999). Bifidobacterium spp. and *Lactobacillus acidophilus*: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. *Trends in Food Science & Technology*, 10(4-5), 139-157.
- Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Burcu, A. K., Önalın, S. K., & Akdoğan, P. (2013). Algal biyoteknoloji çalışmaları. *Aquaculture Studies*, 2013(4).
- Guarner, F., Perdigon, G., Corthier, G., Salminen, S., Koletzko, B., & Morelli, L. (2005). Should yoghurt cultures be considered probiotic?. *British Journal of Nutrition*, 93(6), 783-786.
- Gupta, V., & Garg, R. (2009). Probiotics. *Indian journal of medical microbiology*, 27(3), 202-209.
- Gurr, M. I. (1992). Dietary lipids and coronary heart disease: Old evidence, new perspective. *Progress in Lipid Research*, 31(3), 195-243.
- Güldaş, M., & Irkın, R. (2010). Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and *acidophilus* milk. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 60(4), 237-243.
- Gürsoy, O., & Kayaardı, S. (1999). Diyet *acidophilus* bifidus yoğurdu ve diyet yoğurdun kalite niteliklerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(3), 1109-1114.
- Gürsoy, O., & Kınık, Ö. (2006). Peynir üretiminde probiyotik bakterilerin kullanımı: probiyotik peynir. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 105-116.
- Hadde, E. K., Chen, W., & Chen, J. (2020). Cohesiveness visual evaluation of thickened fluids. *Food Hydrocolloids*, 101, 105522, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105522>.
- Halkman, K. (2005). *Gıda mikrobiyolojisi uygulamaları*. Ankara: Başak Matbaacılık.
- Harrigan, W. F. (1998). *Laboratory methods in food microbiology*. Gulf professional publishing.
- Heidebach, T., Först, P., & Kulozik, U. (2012). Microencapsulation of probiotic cells for food applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(4), 291-311.
- Herdem, A. (2006). *Farklı Yörelere Toplanan Geleneksel Yöntemle Üretilen Yoğurt Örneklerinin Bazı Niteliklerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 183139)
- Huis in't Veld, J. J., Havenaar, R., & Marteau, P. (1994). Establishing a scientific basis for probiotic R&D. *Trends in Biotechnology (Regular ed.)*, 12(1), 6-8.
- Hunterlab, (1995). Colorimeters Versus Spectrophotometers. *Hunter Lab Applications Note*, 6 (5) p.1-2. (1996). CIE L*a*b* Color Scale. *HunterLab Applications Note*, 8 (7), p.1-4.
- Iwata, K., Inayama, T., & Kato, T. (1990). Effects of *Spirulina platensis* on plasma lipoprotein lipase activity in fructose-induced hyperlipidemic rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 36(2), 165-171.

- İlhan, E., Büyükizgi, A., & Ermiş, E. (2020). Mavi-yeşil alg *Spirulina platensis*'in buğday ekmeğinde kimyasal, duyuşsal ve antifungal etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (24), 22-29.
- Jain, C. (2000). Preparation of cake and bread rich in *Spirulina platensis* and Selenium. *Zhengzhou Grain College*, 1.
- Karahan, L. E. (2016). Batman'da tüketime sunulan yoğurtların bazı kimyasal ve tekstürel özellikleri. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/2), 59-65.
- Kavaz, A. (2012). *Farklı Prebiyotik Kombinasyonları ile Üretilen Probiyotik Yoğurtların Organik Asit Miktarı, Aroma Profili ve Diğer Kalite Özelliklerinin Tespiti* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 312933)
- Khan, M., Shobha, J. C., Mohan, I. K., Rao Naidu, M. U., Sundaram, C., Singh, S., Kuppusamy, P., & Kutala, V. K. (2005). Protective effect of *Spirulina platensis* against doxorubicin induced cardiotoxicity. *Phytotherapy Research*, 19(12), 1030-1037.
- Kırma, İ. (2016). *Gıda kaynaklı laktik asit bakterileri kullanılarak ekzopolisakkarit üretimi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 439472)
- Kilcast, D. (2004). *Texture in Food: Solid Foods*. USA: CRC Press, pp. 478-480
- Kosikowski, F. (1978). *Cheese and Fermented Milk Products*, FV Kosikow. And Ass. 2nd. Ed., New York, 711pp.
- Kumar, P., & Mishra, H. N. (2004). Yoghurt powder-a review of process technology, storage and utilization. *Food and Bioproducts Processing*, 82(2), 133-142.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., & Çağlar, A. (2012). *Süt ve mamülleri muayene ve analiz metotları rehberi* (10. Basım). Erzurum: ATATÜRK Üniversitesi Yayınları.
- Kurt, A., Ertugay, Z., Elgün, A., & Gökalp, Y. H., (2015). *Gıda Bilimi ve Teknolojisi*. Erzurum: ATATÜRK Üniversitesi Yayınları.
- Kwak, N. S., & Jukes, D. J. (2001a). Functional foods. Part 1: The development of a regulatory concept. *Food Control*, 12(2), 99-107.
- Kwak, N. S., & Jukes, D. J. (2001b) Functional Foods. Part 2: The Impact on Current Regulatory Terminology *Food Control*, 12 (2), 109-117
- Li, D. M., & Qi, Y. Z. (1997). *Spirulina platensis* industry in China: present status and future prospects. *Journal of applied Phycology*, 9(1), 25-28.
- Lilly, D. M., & Stillwell, R. H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659), 747-748.
- Litwin, N., Clifford, J., & Johnson, S. (2018). *Functional Foods for Health*, Colorado State University Extension, 9, 391.
- Lucey, J. A. (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 281-294.
- Mahdian, F. (2007). *Keten Tohumu Yağı ile Zenginleştirilmiş Sütten Yoğurt Üretimi* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 200637)
- Mahmoudi, R., Bajalanlou, F., Ghajarbeygi, P. & Pakbin, B. (2016). Chemical properties and sensory evaluation of probiotic yoghurt manufactured with aqueous extract of aloe vera. *Journal of Biology and Today's World*, 5(11), 197, 202.

- Malik, P., Kempanna, C., & Paul, A. (2013). Quality characteristics of ice cream enriched with *Spirulina platensis* powder. *International Journal of Food and Nutrition Science*, 2(1), 44-50.
- Matias, N. S., Padilha, M., Bedani, R., & Saad, S. M. I. (2016). In vitro gastrointestinal resistance of *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* Bb-12 in soy and/or milk-based synbiotic apple ice creams. *International Journal of Food Microbiology*, 234, 83-93.
- Mattila-Sandholm, T., Myllärinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., & Saarela, M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 173-182.
- Mckinley, M. C. (2005). The nutrition and health benefits of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 58(1), 1-12.
- Michaelson, K. F., Hoppe, C., Roos, N., Kaestel, P., Stougaard, M., Lauritzen, L., Molgaard, C., Girma, T., & Friis, H. (2009). Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(3), s343-404.
- Mocanu, G., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., & Vlăsceanu, G. (2013). Influence of *Spirulina platensis* biomass over some starter culture of lactic bacteria. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(4), 474-479.
- Nousia, F., Androulakis, P. I., & Fletouris, D. J. (2011). Survival of *Lactobacillus acidophilus* LMGP-21381 in probiotic ice cream and its influence on sensory acceptability. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1), 130– 136.
- Ouwehand, A. C., & Salminen, S. J. (1998). The health effects of cultured milk products with viable and non-viable bacteria. *International Dairy Journal*, 8(9), 749-758.
- Özbal, B. (2020). *Spirulina platensis ile Fonksiyonel Çikolata Ürünü Geliştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 645140).
- Özer, B. H. (2006). *Yoğurt bilimi ve teknolojisi*. Türkiye: Sidas Medya Ltd..
- Parikh, P., Mani, U., & Iyer, U. (2001). Role of *Spirulina platensis* in the control of glycemia and lipidemia in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Medicinal Food*, 4(4), 193-199.
- Parvez, S., Malik, K. A., Ah Kang, S., & Kim, H. Y. (2006). Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of applied microbiology*, 100(6), 1171-1185.
- Pearse, M. J., & Mackinlay, A. G. (1989). Biochemical Aspects of Syneresis: A Review. *Journal of Dairy Science*, 72(6), 1401–1407.
- Premkumar, K., Kavitha, S., Santhiya, S. T., & Ramesh, A. (2004). Interactive effects of saffron with garlic and curcumin against cyclophosphamide induced genotoxicity in mice. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 13(3).
- Priyanka, M., Kempanna, C., & Narasimha, M. (2013). Quality characteristics of yoghurt enriched with *Spirulina platensis* powder. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 47(2), 354-359.
- Rybka, S., & Kailasapathy, K. (1996). Media for the enumeration of yoghurt bacteria. *International Dairy Journal*, 6(8-9), 839-850.

- Salehifar, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., Behmadi, H., & Ferdowsi, R. (2013). Possibility of using microalgae *Spirulina platensis* powder in industrial production of Iranian traditional cookies. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(4), 63-72.
- Sanders, M. E., Guarner, F., Guerrant, R., Holt, P. R., Quigley, E. M., Sartor, R. B., Sherman, P. M., & Mayer, E. A. (2013). An update on the use and investigation of probiotics in health and disease. *Gut*, 62(5), 787-796.
- Santeramo, F. G., Carlucci, D., De Devitiis, B., Seccia, A., Stasi, A., Viscecchia, R., & Nardone, G. (2018). Emerging trends in European food, diets and food industry. *Food Research International*, 104, 39-47.
- Senanayake, S. A., Fernando, S., Bamunuarachchi, A., & Arsekularatne, M. (2013). Application of *Lactobacillus acidophilus* (LA 5) strain in fruit-based ice cream. *Food Science & Nutrition*, 1(6), 428-431.
- Senaka Ranadheera, C., Evans, C. A., Adams, M. C., & Baines, S. K. (2012). Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chemistry*, 135(3), 1411-1418.
- Shah, N. P. (2001). Functional foods from probiotics and prebiotics: functional foods from probiotics and prebiotics. *Food Technology (Chicago)*, 55(11), 46-53.
- Shin, Y. M., Son, C. W., Sim, H. J., Kim, M. H., Kim, M. Y., Kwon, O. Y., & Kim, M. R. (2008). Quality characteristics and antioxidant activity of *Spirulina platensis* added yogurt. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 24(1), 68-75.
- SPSS, (2022). SPSS 23.0 Statistical Package for the Social software. IBM Inc., 233 S. Wacker Dr., 11th Floor, Chicago, USA.
- Stanton, C., Gardiner, G., Meehan, H., Collins, K., Fitzgerald, G., Lynch, P. B., & Ross, R. P. (2001). Market potential for probiotics. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 476s-483s.
- Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics a. *Journal of Food Science*, 28(4), 385-389.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer*, (13), 215-225.
- Szmejda, K., Duliński, R., Byczyński, Ł., Karbowski, A., Florczak, T., & Żyła, K. (2018). Analysis of the selected antioxidant compounds in ice cream supplemented with *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) extract. *Biotechnology and Food Science*, 82(1).
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999). *Yogurt science and Technology* Woodhead Publishing Ltd and CRC Press Uc.
- Tarakçı, Z., & Demirkol, M. (2016). Yoğurdun fizikokimyasal özelliklerine kurutulmuş goji berry meyvesinin (*Lycium barbarum*) etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 136-145.
- Tekinşen, O. C., & Keleş, A. (1994). *Besinlerin Duyusal Muayenesi*. Konya: Selcuk Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Yayın Ünitesi.
- Torres-Duran, P. V., Ferreira-Hermosillo, A., & Juárez-Oropeza, M. A. (2007). Antihyperlipemic and antihypertensive effects of *Spirulina platensis* maxima in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids in Health and Disease*, 6(1), 1-8.

- Tunçtürk, Y., Zorba, Ö., & Özrenk, E. (2000). Farklı homojenizasyon basıncı derecelerinin set yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1), 45-52.
- Türk Gıda Kodeksi, (2009/25). T.C. Resmî Gazete, Fermente Süt Ürünleri Tebliği, 27143, 16 Şubat, 2009.
- Türk Gıda Kodeksi, (2009). T.C. Resmî Gazete, Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Türk Gıda Kodeksi, Tebliği No:2009/25 Sayı:27143.
- Türk Gıda Kodeksi, (2017). T.C. Resmî Gazete. Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği. Resmi Gazete Sayı:29960 (Erişim Tarihi:25.10.2018)
- Türkoğlu, Z. (2019). *Resveratrol İlavesinin Klasik ve Probiyotik Kültür Kullanılarak Üretilen Yoğurtların Bazı Kalite Nitelikleri Üzerine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 547645).
- Türk Standartları Enstitüsü, (2009). TS 1330, Yoğurt Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulusal Süt Konseyi, (2022.07.12). Süt ve süt ürünleri üretim raporu <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/uretimler/> adresinden edinilmiştir.
- Uymaz, B. (2010). Probiyotikler ve kullanım alanları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 95-104.
- Ünal, E., & Erginkaya, Z. (2010). Probiyotik mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonu. *Gıda*, 35(4), 297-304.
- Ünver, İ. H. (2014). *Saccharomyces Boulardii Kullanarak Probiyotik Yoğurt Üretimi ve Bazı Probiyotiklerin Yoğurtların Çeşitli Nitelikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 353784).
- 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.
- Yavaş Sarioğlu, A. (2004). *Probiyotik Yoğurt Üretimi ve Laboratuvar Koşullarında Bifidobacterium bifidum Kültürü Kullanılarak Üretilen Probiyotik Yoğurt ile Piyasada Satılan Probiyotik Yoğurtların Bakteriyel Kompozisyonuna İlişkin Karşılaştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 149984).
- Yaygın, H. (1981). Yoğurdun besleme değeri ve sağlıkla ilgili özellikleri. *Gıda*, 6(5).
- Yıldırım, Z., & Yıldırım, M. (2000). Probiyotik özellik gösteren bifidobakteriler. *Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri, VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, Editör: Mehmet Demirci, 266-271.
- Yılmaz-Ersan, L., & Kurdal, E. (2014). The production of set-type-bio-yoghurt with commercial probiotic culture. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(5), 402.
- Young, C. K., & Nelson, F. E. (1978). Survival of *Lactobacillus acidophilus* in "Sweet Acidophilus Milk" during refrigerated storage. *Journal of Food Protection*, 41(4), 248-250.
- Yöney, Z. (1967). *Yoğurt teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Yurdakök, M. (2015). *Yoğurdun öyküsü: Probiyotiklerin tarihi*. Güneş Tıp Kitabevleri.

Zhang, J., Daubert, C. R., & Foegeding, E. A. (2005). Characterization of polyacrylamide gels as an elastic model for food gels. *Rheol Acta*, 44: 622-630.



ÖZGEÇMİŞ

Çağrı GÜLER

~~Çağrı Güler~~nde İpek ve Çetin çiftinin ilk çocukları olarak dünyaya geldi. Orta gelirli bir memur ailenin mensubu olup ilköğretim ve ortaöğretimi İzmir'in Torbalı ilçesindeki Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda ve Torbalı Anadolu Lisesi'nde bitirdi. 2013-2014 eğitim-öğretim yılında Erzurum ATATÜRK Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak 2018-2019 eğitim-öğretim yılında mezun olmuştur. 2019-2020 eğitim-öğretim yılında ise Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında lisansüstü (ATATÜRK Üniversitesi ile ortak) eğitimine başladı. Hâlen Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında lisansüstü (ATATÜRK Üniversitesi ile ortak) eğitimine devam etmektedir.