

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKÇAAĞAÇ ŞURUBU İLE TATLANDIRILAN YOĞURTLARIN
KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE *Chlorella vulgaris*'in ETKİSİ

Zeynep Tuba ERDAŞ

Danışman: Doç.Dr. Filiz YANGILAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2023

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKÇAAĞAÇ ŞURUBU İLE TATLANDIRILAN YOĞURTLARIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE *Chlorella vulgaris*'in ETKİSİ

Zeynep Tuba ERDAŞ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Filiz YANGILAR

Bu çalışma sürdürülebilir bir beslenme için doğal bir tatlandırıcı olan akçaağaç şurubunun ve besinsel içeriği zengin *Chlorella vulgaris*'in her yaş grubundaki bireyin severek tükettiği yoğurtla zenginleştirilerek sağlığı koruyucu-önleyici yeni bir ürün geliştirilebilmesi amacıyla planlanmıştır. Bu amaçla, *Chlorella vulgaris*'in farklı konsantrasyonları (%0,50, %0,75 ve %1) %1 akçaağaç şurubu ile birlikte kullanılarak kontrol grubunda dahil olmak üzere 4 farklı yoğurt çeşidi üretilerek mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubunun yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Yoğurt örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı depolama boyunca 10^7 kob/g altına düşmemiştir. Depolama süresince yoğurtların *Lactobacillus* ve *Streptococcus* canlı sayıları sırasıyla 6,97-8,51 ve 7,23-8,22 $\log_{10}$ kob/g arasında saptanmıştır. Yoğurt örneklerinde akçaağaç şurubu ve *Chlorella vulgaris* konsantrasyonunun kurumadde, yağ, titrasyon asitliği, protein, su tutma kapasitesi ve b^* değerini artırdığı; pH, serum ayrılması, L^* ve a^* değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir ($p<0,05$). Yoğurtların viskozite değerleri 1063-2405 cP arasında olup *Chlorella vulgaris* konsantrasyonuna bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli tespit edilmiştir ($p<0,05$). *Chlorella vulgaris* ile üretilen yoğurtların toplam fenolik madde değerleri ve antioksidan aktiviteleri kontrol yoğurduna göre yüksek bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin en düşük toplam şeker değeri (%7,37) depolamanın 21. gününde K örneğinde en yüksek değeri (%16,58) ise C örneğinde saptanmıştır. Duyusal analiz sonuçları, *Chlorella vulgaris* ilavesinin yoğurtların görünüş, tat, renk, koku, kıvam, asidik tat ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Kontrol grubu başta olmak üzere %0,50 *Chlorella vulgaris* ve %1 akçaağaç şurubu ile üretilen A grubu örneği panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir.

2023, 94 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Akçaağaç şurubu, Antioksidan aktivite, *Chlorella vulgaris*, Fenolik içerik, Terapötik ürün, Yoğurt

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF *Chlorella vulgaris* ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF YOGURTS SWEETENED WITH MAPLE SYRUP

Zeynep Tuba ERDAŞ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof.Dr. Filiz YANGILAR

This study was planned in order to develop a new product that protects and prevents of health by enriching natural sweetener maple syrup and nutrient-rich *Chlorella vulgaris* with yogurt that is consumed by individuals of all age groups. For this purpose, different concentrations of *Chlorella vulgaris* (0.50%, 0.75% and 1%) were used together with 1% maple syrup and 4 different types of yogurt including the control group were produced and their microbiological, physico-chemical and sensory properties were investigated. The effects of *Chlorella vulgaris* and maple syrup on the microbiological properties of yogurt samples were found to be significant ($p<0.05$). The total number of mesophilic aerobic bacteria in yogurt samples did not decrease below 10^7 cfu/g during storage. *Lactobacillus* and *Streptococcus* viable numbers of yogurts during storage were found to be between 6.97-8.51 and 7.23-8.22 $\log_{10}$ cfu/g, respectively. Maple syrup and *Chlorella vulgaris* concentrations increased the dry matter, fat, titration acidity, protein, water holding capacity and b^* values of the samples, while decreasing pH, syneresis, L^* and a^* values ($p<0.05$). The viscosity of yogurts was between 1063-2405 cP and statistically significant depending on the *Chlorella vulgaris* concentration ($p<0.05$). Total phenolic content and antioxidant capacities of yogurts produced with *Chlorella vulgaris* were higher than control yogurt. The lowest total sugar value (7.37%) of the yogurt samples was determined in the K sample on the 21st day of storage, and the highest value (16.58%) in the C sample. Sensory analysis results showed that the effect of *Chlorella vulgaris* addition on the appearance, taste, color, odor, consistency, acidic taste and general acceptability values of yogurts was statistically significant ($p<0.05$). The panelists more preferred sample with 0.50% *Chlorella vulgaris*+1% maple syrup and especially the control group.

2023, 94 Pages

Keywords: Maple syrup, Antioxidant activity, *Chlorella vulgaris*, Phenolic content, Therapeutic product, Yogurt

TEŞEKKÜR

Çalışmamda bana yol gösteren, bütün bilgi ve birikimi ile emeklerini esirgemeyen, sürekli yeni bir şeyler öğrenmemi sağlayan, laboratuvar çalışmalarım esnasında beni cesaretlendiren, her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyacağım tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Filiz YANGILAR' a özel şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında projeme maddi destek sağlayan Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2021-805) teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak hayatım boyunca beni destekleyen, her zaman benim için en iyisini isteyen, zorlu şartlarda bile pes etmememi sağlayan anneme ve babama; hayata daha umutla bakmamı sağlayan, mutluluğum için hep uğraşan ablam, abim ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep Tuba ERDAŞ

Şubat, 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Yoğurt üretimi	15
3.2.2. Mikrobiyolojik analizler	16
3.2.2.1. Örneklerin hazırlanması.....	16
3.2.2.2. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayımı	16
3.2.2.3. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> sayımı	17
3.2.2.4. <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> sayımı	17
3.2.2.5. Maya ve küf sayımı.....	17
3.2.2.6. Koliform grubu bakteri sayımı.....	17
3.2.3. Fiziko-kimyasal analizler.....	17
3.2.3.1. Çiğ sütte yapılan analizler.....	17
3.2.3.2. Yoğurtta yapılan analizler	19
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	22
4.1. Çiğ Sütün Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri.....	22
4.2. Mikrobiyolojik Özellikler.....	23
4.2.1. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) sayısı	23
4.2.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i> sayısı	25
4.2.3. <i>Streptococcus thermophilus</i> sayısı.....	27
4.2.4. Maya ve küf sayısı	29
4.2.5. Koliform grubu bakteri sayısı	30

4.3. Yoğurtların Fiziko-Kimyasal Özellikleri	30
4.3.1. Kurumadde	30
4.3.2. Yağ.....	32
4.3.4. pH	36
4.3.5. Protein.....	38
4.3.6. Su Tutma Kapasitesi (STK).....	40
4.3.7. Serum ayrılması	43
4.3.8. Viskozite	45
4.3.9. Toplam antioksidan madde miktarı	47
4.3.10. Toplam fenolik madde değerleri.....	49
4.3.11. Toplam şeker	52
4.3.12. Renk değerleri.....	55
4.3.12.1. L* Değerleri	55
4.3.12.2. a* Değerleri	57
4.3.12.3. b* Değerleri	59
4.4. Yoğurt Örneklerinin Duyusal Analiz Değerleri	61
4.4.1. Görünüş.....	61
4.4.2. Tat.....	63
4.4.3. Renk.....	66
4.4.4. Koku	68
4.4.5. Kıvam	70
4.4.6. Asidik tat.....	72
4.4.7. Genel kabul edilebilirlik	74
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Mikroalg üretiminin geleneksel sistemi	4
Şekil 1.2.	Mikroalgler tarafından sentezlenen ürünler ve potansiyel uygulama alanları	5
Şekil 3.1.	Akçaağaç şurubu ile tatlandırılan <i>Chlorella vulgaris</i> 'li yoğurt örneklerine ait üretim akış şeması	16
Şekil 4.1.	TMAB sayılarına ait yoğurt çeşidi x depolama arasında interaksiyon	25
Şekil 4.2.	<i>L. bulgaricus</i> sayılarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	27
Şekil 4.3.	<i>S. thermophilus</i> sayılarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	29
Şekil 4.4.	Kurumadde değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	32
Şekil 4.5.	Yağ değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	34
Şekil 4.6.	Titrasyon asitliği değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	36
Şekil 4.7.	pH değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	38
Şekil 4.8.	Protein değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	40
Şekil 4.9.	Su tutma kapasitesi değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	42
Şekil 4.10.	Serum ayrılması değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	44
Şekil 4.11.	Viskozite değerlerine (50 rpm) ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	47
Şekil 4.12.	Toplam antioksidan aktivitelerine (DPPH) ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	49
Şekil 4.13.	Toplam fenolik madde değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	52
Şekil 4.14.	Toplam şeker miktarlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	54
Şekil 4.15.	<i>L*</i> değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	56
Şekil 4.16.	<i>a*</i> değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	58
Şekil 4.17.	<i>b*</i> değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon	60
Şekil 4.18.	Yoğurt örneklerinin duyuşal sunumları	61

Şekil 4.19.	Görünüş puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	63
Şekil 4.20.	Tat puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	65
Şekil 4.21.	Renk puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	67
Şekil 4.22.	Koku puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	69
Şekil 4.23.	Kıvam puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	71
Şekil 4.24.	Asidik tat puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	73
Şekil 4.25.	Genel kabul edilebilirlik puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksyon	76



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Mikroalglerin ve bazı gıdalara ait besinler bileşimi.....	2
Tablo 1.2. Farklı mikroalg türlerinde bulunan biyoaktif bileşikler ve sağlığa yararları.....	3
Tablo 4.1. Çiğ inek sütünün bazı fiziko-kimyasal özellikleri	23
Tablo 4.2. Yoğurtların TMAB sayılarına ait varyans analiz sonuçları	23
Tablo 4.3. Yoğurtların TMAB sayılarının depolama boyunca değişimi.	24
Tablo 4.4. Yoğurtların <i>L. bulgaricus</i> sayısına ait varyans analiz sonuçları.....	25
Tablo 4.5. Yoğurtların <i>L. bulgaricus</i> sayılarının depolama boyunca değişimi.....	26
Tablo 4.6. Yoğurtların <i>S. thermophilus</i> sayısına ait varyans analiz sonuçları	27
Tablo 4.7. Yoğurtların <i>S. thermophilus</i> sayılarının depolama boyunca değişimi.....	28
Tablo 4.8. Yoğurtların kurumadde değerlerine ait varyans analiz sonuçları	30
Tablo 4.9. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen kurumadde değerleri	31
Tablo 4.10. Yoğurtların yağ değerlerine ait varyans analiz sonuçları	32
Tablo 4.11. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen yağ değerleri.....	33
Tablo 4.12. Yoğurtların titrasyon asitlik oranlarına ait varyans analiz sonuçları	34
Tablo 4.13. Yoğurtların depolama süresince titrasyon asitliği değerleri	35
Tablo 4.14. Yoğurtların pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	37
Tablo 4.15. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen pH değerleri.....	37
Tablo 4.16. Yoğurtların protein değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	39
Tablo 4.17. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen protein değerleri	39
Tablo 4.18. Yoğurtların su tutma kapasitelerine ait varyans analiz sonuçları	41
Tablo 4.19. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen su tutma kapasitesi değerleri.....	42
Tablo 4.20. Yoğurtların serum ayrılması değerlerine ait varyans analiz sonuçları	43
Tablo 4.21. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerleri.....	44
Tablo 4.22. Yoğurtların viskozite değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	45
Tablo 4.23. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen viskozite değerleri	46
Tablo 4.24. Yoğurtların DPPH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	47
Tablo 4.25. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen DPPH değerleri	48
Tablo 4.26. Yoğurtların toplam fenolik maddelere ait varyans analiz sonuçları.....	50
Tablo 4.27. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen toplam fenolik madde değerleri ...	51

Tablo 4.28.	Yoğurtların toplam şeker değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	53
Tablo 4.29.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen toplam şeker miktarı değerleri ..	54
Tablo 4.30.	Yoğurtların L^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	55
Tablo 4.31.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen L^* değerleri	56
Tablo 4.32.	a^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	57
Tablo 4.33.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen a^* değerleri	58
Tablo 4.34.	Yoğurtların b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	59
Tablo 4.35.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen b^* değerleri	60
Tablo 4.36.	Yoğurtların görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları	62
Tablo 4.37.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen görünüş değerleri.....	62
Tablo 4.38.	Yoğurtların tat değerlerine ait varyans analiz sonuçları	64
Tablo 4.39.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen tat değerleri	65
Tablo 4.40.	Yoğurtların renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları	66
Tablo 4.41.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen renk değerleri	67
Tablo 4.42.	Yoğurtların koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları	68
Tablo 4.43.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen koku değerleri	69
Tablo 4.44.	Yoğurtların kıvam değerlerine ait varyans analiz sonuçları	70
Tablo 4.45.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen kıvam değerleri	71
Tablo 4.46.	Yoğurtların asidik tat değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	72
Tablo 4.47.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen asidik tat değerleri.....	73
Tablo 4.48.	Yoğurtların genel kabul edilebilirlik değerlerine ait varyans analizleri	74
Tablo 4.49.	Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen genel kabul edilebilirlik değerleri	75

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
H_2SO_4	Sülfürik Asit
HCl	Hidroklorik Asit
<i>Kob</i>	Koloni Oluşturan Birim
<i>Log</i>	Logaritma
<i>N</i>	Normalite
$NaCl$	Sodyum Klorür
$NaOH$	Sodyum Hidroksit

Kısaltmalar

DPPH	1,1-difenil-2- pikrilhidrazil
FCR	Folin Ciocalteau reaktifi
GAE	Gallik asit eşdeğer
MRS	De Man, Rogosa and Sharpe
PCA	Plate Count Agar
PDA	Potato Dextrose Agar
pH	Hidrojen iyon konsantrasyonu
STK	Su tutma kapasitesi
TAMB	Toplam Aerobik Mezofil Bakteri
VRB	Violet Red Brilliant

1. GİRİŞ

Alg ismi ilk olarak 1753'te sistematik bir bitki tanımlanmasında kullanılmıştır. Bu kategori alglerle birlikte likenleri ve briyofitleri de kapsamaktadır (Pereira, 2022). Alg türlerinin sayısının 30.000 ile 1 milyon arasında olduğu ve Guiry'e (2012) göre tahmini 350 milyon tanımlı türünün olduğu hatta internet veri tabanı AlgBase sisteminde 150,000'in üzerinde türünün bulunduğu da bilinmektedir (Guiry ve Guiry, 2018; Ścieszka ve Klewicka, 2019). Bulunan taksonomik standartlar, bu organizmaların 16 sınıfını içermektedir. Bunlar arasında en çok diatomlar (*Bacillariophyceae*), yeşil algler (*Crysoophyceae*) ve altın algler yer almaktadır (*Chrysophyceae*). Özellikle yeşil algler, siyanobakteriler (*Cyanophyceae*) ve diatomlar biyoteknolojik kullanım açısından daha değerlidirler (Jacob-Lopes, 2019).

Morfolojik özelliklerine göre algler; tek hücreli, iplikli, mikroskobik boyuttan birkaç metre uzunluğa ulaşabilen, basit yapılı, sucul ve yarı sucul ortamlar gibi çok geniş alanlarda bulunabilen, hücre çeperlerinde selüloz içeren, fotosentetik ve çoğunluğu ökaryotik olan bir canlı grubudur (Pereira ve Neto, 2014). Zengin biyoçeşitlilikleri ve büyük biyokütleri ile alternatif gıda kaynakları arasında değerlendirilmektedirler. Yapı ve boyutları değişkenlik gösteren algler 3-10 µm boyutlarına sahip ve günde 50 cm büyüyerek yaklaşık 70 m uzunluğa ulaşan su yosunlarıdır (El Gamal, 2010).

Yapılarına göre algler; Cyanophyta ve Prochlorophyta gibi prokaryotik ile Glaucophyta, Rhodophyta, Heterokontophyta, Haptophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Chlorarachniophyta ve Chlorophyta gibi ökaryotik olan iki grupta yer alırlar (Tomaselli, 2004; Uzuner ve Haznedar, 2020). Taşıdıkları pigment maddelerine bağlı olarak kahverengi, kırmızı, yeşil algler ve siyanobakteriler olarak gruplandırılmaktadırlar (Ak, 2015; Alçay vd., 2017). Ayrıca algler genel sınıflandırılmalarına göre "Mikroalg" ve "Makroalg" olarak da tanımlanabilmektedir. Makroalgler çok hücreli, daha büyük boyuta sahip olan, gözle görülebilen ve kendi içerisinde kahverengi (Phaeophyta), yeşil (Chlorophyta) ve kırmızı (Rhodophyta) olan algleri; mikroalgler ise mikroskobik yapıda olup prokaryotik olan siyanobakterileri (Chloroxybacteria) veya ökaryotik olan yeşil algleri (Chlorophyta) kapsamaktadır (Khan vd., 2018).

Mikroalg türünün 50.000'i aşan çeşidi okyanus ve tatlı sularda bulunmaktadır (Milledge, 2011). Ayrıca mikroalgler %40-70 protein, %12-30 karbonhidrat, %4-20 lipid, %8-14 karoten ve önemli miktarlarda da B grubu, D, E ve K vitaminlerini içermektedirler (Ejike vd., 2017). Bazı mikroalg ve gıda maddelerine ait besinsel bileşimleri Tablo 1.1'de verilmiştir (Hudson, 2008).

Tablo 1.1. Mikroalglerin ve bazı gıdalara ait besinsel bileşimi

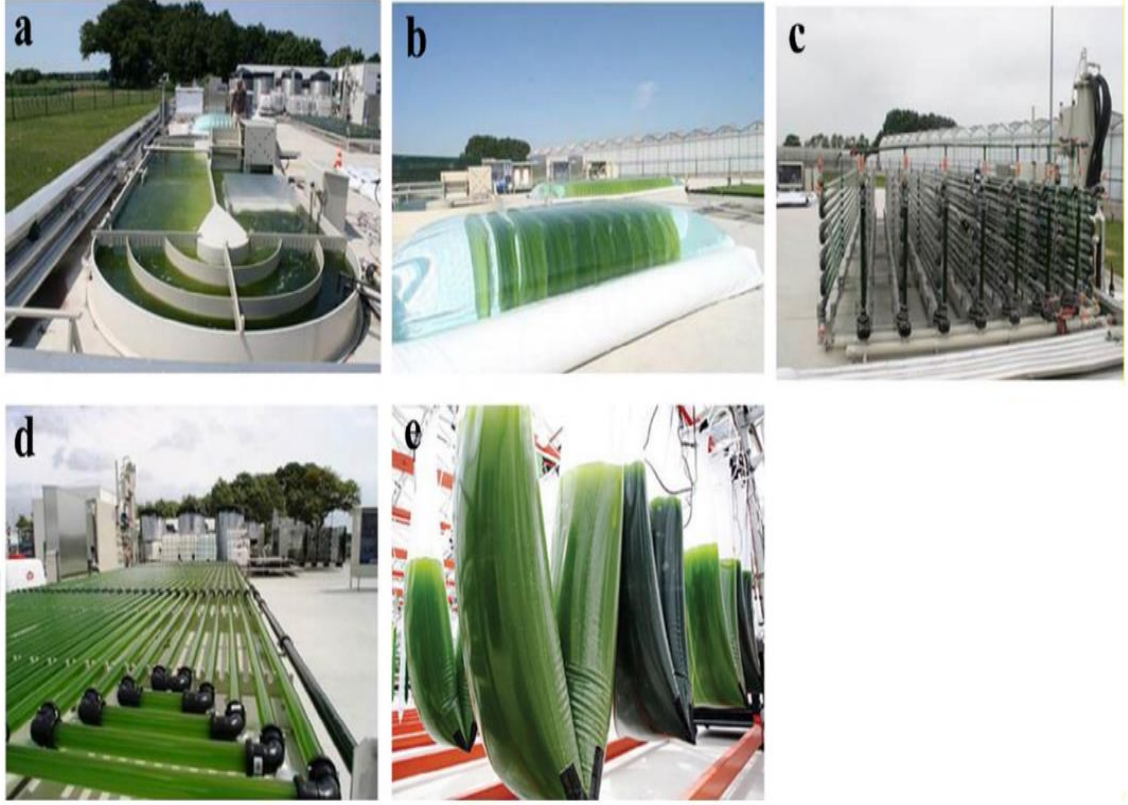
Bileşen	<i>Spirulina</i>	<i>Dunaliella</i>	<i>Haematococcus</i>	<i>Chlorella</i>	Yumurta	Süt	Et
Protein (%)	63	7,4	23,6	64,5	47	26	43
Yağ (%)	4,3	7,0	13,8	10,0	41	28	34
Karbonhidrat (%)	17,8	29,7	38,0	15,0	4	38	1

Çoğu mikroalg türü, linolenik, eikosapentaenoik, dokosaheksaenoik, linoleik, gammalinolenik (GLA) ve araşidonik gibi fazla miktarda yağ asidi içeriğine sahiptir. Algleri insanlar için daha değerli kılan esansiyel olan bileşiklerin kaynağı olmalarıdır (Jacob-Lopes vd., 2019). Mikroalgler biyoaktif etkili ve fonksiyonel özellikte pigmentleri, doğal boyaları, polisakkaritleri, antioksidanları içeren biyoürünler üretirler (Hemantkumar ve Rahimbhai, 2019; Costa vd., 2020, Tablo 1.2). Bu alglerin antioksidan etkileri; flavonoidler, fenolik bileşikler, β -karoten, askorbik asit, fikosiyeninler, α - tokoferol, glutatyon, hidrokinonlar, prolin ve poliaminler gibi biyoaktif bileşiklerinden kaynaklanmaktadır (Gökpınar vd., 2006). Antibakteriyel aktivitelerinde ise çoklu doymamış yağ asitleri ve kolesterol gibi bileşiklerin rolü tartışılmaz olup antimikrobiyal aktivite yağların zincir uzunluğuna ve doymamışlık derecesine göre değerlendirilmektedir (Jüttner, 2001; Akyıl vd., 2016).

Tablo 1.2. Farklı mikroalg türlerinde bulunan biyoaktif bileşikler ve sağlığa yararları

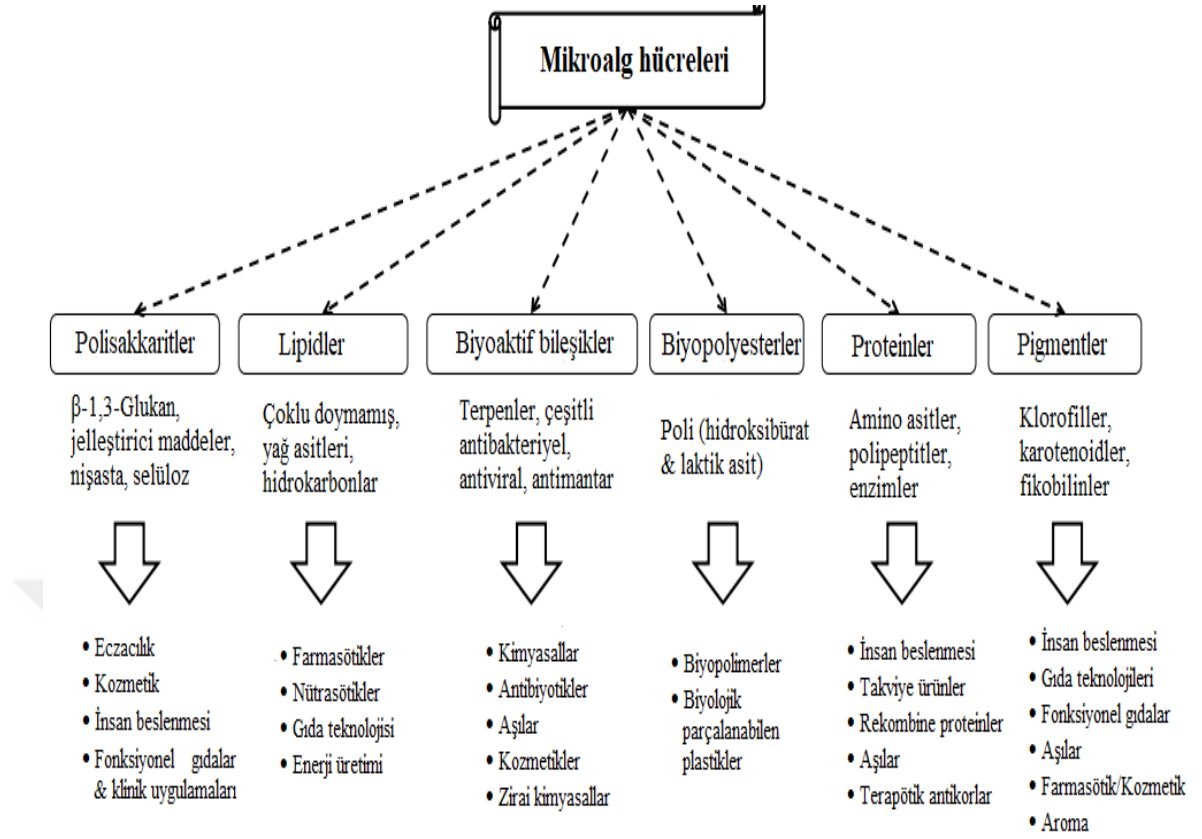
Mikroalg türü	Biyoaktif bileşikler	Yararları
<i>C. vulgaris</i>	Santaksantin	Antioksidan aktivite ve renklendirici
	Lutein	Antioksidan, antikanser ve kalp hastalıklarına karşı koruyucu
	Sülfonatlanmış polisakkariter	Antikanser, antiviral ve antioksidan aktivite
	EPA	Gıda takviyesi
	Glukoprotein	Anti-enflamatuar etki
<i>H. pluvialis</i>	Vitamin C	Kalp hastalıklarına karşı koruyucu etki
	Astaksantin	Antikanser, güçlü antioksidan aktivite ve anti-enflamatuar etki
<i>Dunaliella spp</i>	β -karoten	Antikanser, antioksidan aktivite ve gıda renklendiricisi
	Glutation	Antioksidan ve antikanser aktivite ile kalp krizi ve Parkinson hastalıklarına karşı koruyucu etki
<i>Spirulina spp</i>	γ -linolenik asit (GLA)	Gıda takviyesi
	Fikosiyanin	Antioksidan aktivite ve doğal gıda boyası

Yıllık üretimi yaklaşık 7,5 milyon ton olan mikroalg üretiminin dünya pazarındaki değerinin ise yaklaşık 6,5 milyar dolar olduğu bilinmektedir. Bu üretimin yaklaşık 2,5 milyar doları gıda ve sağlık alanlarında, 1,5 milyar doları ise dokozahegzanoik asit (DHA, C22:6n-3) üretiminde ve 700 milyon doları da su ürünleri yetiştiriciliğinde değerlendirilmektedir (Hemantkumar ve Rahimbhai, 2019). Mikroalg üretiminin geleneksel sistemi Şekil 1.1’de sunulmuştur (De Vree vd., 2015; Koller, 2015; Vo vd., 2018; Li vd., 2019).



Şekil 1.1. Mikroalg üretiminin geleneksel sistemi: (a) Havuzlar; (b) Düz panel fotobiyoreaktörleri; (c) Dikey borufotobiyoreaktörleri; (d) Yatay borufotobiyoreaktörleri; (e) Yumuşak çerçeve fotobiyoreaktörleri

Çoğunlukla fototrofik ömürleri yüksek oranda oksijen ve serbest radikal streslerine maruz kalmalarına yol açtığı için oksidatif ve radikal stres faktörlerine karşı çok sayıda koruyucu sistemleri mevcuttur. Bu sistemleri içerisinde yüksek antioksidan ve koruyucu özelliklere sahip karotenler, klorofiller ve fikobiliproteinler gibi pigmentleri yer almaktadır (Pulz ve Gross, 2004). Gıda teknolojisi, kimyasallar, farmasötik, besinsel amaçlı ve ziraat gibi çeşitli uygulama alanlarıyla ilgili pigmentlerinin, lipidleri, proteinleri, polisakkaritleri ve biyoaktif bileşikleri içeren mikroalg ürünlerinin ve türev bileşiklerinin mikroalg "hücre fabrikası" üretim şeması Şekil 1.2'de sunulmuştur (Koller, 2014; Matos, 2017).



Şekil 1.2. Mikroalgler tarafından sentezlenen ürünler ve potansiyel uygulama alanları

Dünya nüfusundaki artmaya bağlı olarak 2050 yılında nüfusun yaklaşık 9.8 milyara ulaşacağı ve beraberinde gıda ile ilgili sorunlarla birlikte, enerji krizlerinin, küresel ısınma, toksik gaz emisyonları, sera etkileri ve iklim değişiklikleri gibi ciddi risk faktörlerini de ortaya çıkaracağı bir gerçektir (Aratboni vd., 2019). Günümüzde ise, nüfustaki ani dalgalanmalar, çeşitli çevresel parametreler ve kronik rahatsızlıklar araştırmacıları alternatif besin kaynaklarına yönelik çalışmalar yapmaya mecbur bırakmıştır. Gıda alanındaki çalışmalardan bir kaynağı oluşturan algler, Dünya'da yaşayan en kapsamlı besin zinciri halkaları arasında yer almaktadır. Alternatif gıda kaynağı olarak önerilme nedenleri, belirli şartlar altında bir gün içerisinde ağırlıklarının yaklaşık olarak 2-3 katına kadar çıkabilmeleri ve yetiştirilme ortamlarının kolay, ekonomik olması ayrıca tüketildiklerinde yan etki göstermemeleridir (Alçay vd., 2017). Ticari öneme sahip olan mikroalgler arasında *Chlorella*, *Haematococcus*, *Dunaliella*, *Botryococcus*, *Chaetoceros*, *Cryptocodinium*, *Isochrysis*, *Nannochloris*, *Nitzschia*, *Schizochytrium*, *Skeletonema* *Spirulina*, *Phaeodactylum*, *Porphyridium* ve *Tetraselmis* yer almaktadır (Sathasivam vd., 2019).

Arkeolojik veriler, M.Ö. 14000 yılında ilk kez Şili’de yaşamış halkın algleri gıda kaynağı olarak kullandığı bilgisini paylaşmaktadır. Binlerce yıldır pek çok kültürün beslenmesinde istifade edilen bir kaynak olan algler günümüzde de farklı toplulukların beslenmesinde hala kullanılmaya devam etmektedir (Wells vd., 2017). Algler fonksiyonel gıdalar veya nutrasötikler olarak piyasada ulaşılabilir (Bagchi, 2006; Hafting vd., 2012). FDA’nın GRAS statüsünde değerlendirdiği sadece birkaç mikroalg türü vardır. *Arthrospira platensis*, *Auxenochlorella protothecoides*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella bardawil* ve *Euglena gracilis* bu statüdedir. Bir alg türünün GRAS olarak kabul edilebilmesi için bazı güvenlik şartlarını sağlaması gerekir (Torres-Tiji vd., 2020). En çok gıda sanayinde kullanılan mikroalgler: *Cyanophyceae* (mavi-yeşil alg), *Chlorophyceae* (yeşil alg), *Bacillariophyceae* (diatoms), ve *Chrysophyceae* (altın alg)’dır (Carlsson vd., 2007). İnsan beslenmesinde esansiyel bileşenler ve protein açısından zengin olan *Arthrospira*, *Chlorella* ve *Aphanizomenon* türleri olup (Becker, 2007; Liu ve Hu, 2013) antioksidan/karotenoidlerce zengin olan türler ise *Dunaliella* ve *Haematococcus*’tur (Del Campo vd., 2000; Wu vd., 2010; Niccolai vd., 2019). Özellikle dünya genelinde *Spirulina* ve *Chlorella*’nın büyük ölçekte üretimi gerçekleştirilmektedir. Bilinen en yaygın mikroalg içeren gıdalar genel olarak iki ana grupta gösterilebilir:

1. Başlıca *Chlorella* ve *Spirulina* türleri olmak üzere kurutulmuş mikroalgler, doğrudan diyet takviyeleri olarak pazarlanabilmekte veya yenilikçi gıda ürünlerin imalatında önemli bir hammadde kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Wells vd., 2017; Bhalamurugan vd., 2018).
2. Mikroalg biyokütlesi veya mikroalglerden elde edilen bileşikler içeren ürünler, omega-3, dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) gibi yağ asitleri, astaksantin gibi pigmentler, β -karoten gibi antioksidanlar bakımından zenginleştirilmiş ürünlerden oluşmaktadır (Lafarga, 2020).

Chlorella yeşil ve küçük anlamına gelen Yunanca chloros ve Latince ella'dan türetilmiştir. *Chlorella* mikroalgleri 2,5 milyar yıl önce Kambriyen dönemi öncesinden itibaren yeryüzünde bulunan mikroalg türünü oluşturmaktadır. Günümüzde Japonya *Chlorella* mikroalg tüketiminde dünya lideridir (Andrade vd., 2018). *Chlorella* küre şeklinde, yaklaşık 2 ila 10 μ m çapında ve kamçısız tek hücreli bir organizmadır. Klorella,

kloroplastında yeşil fotosentetik pigmentler olan klorofil a ve b'yi içermektedir. *Chlorella vulgaris* astaksantin, kantaksantin ve az miktarda da β -carotene ve lutein dahil renklendiricileri içeren yeşil bir alg türüdür (Zielke vd., 1978; Beheshtipour vd., 2012). Fotosentez yapan bu canlıların çoğalmaları için karbondioksit, su, güneş ışığı ve az miktarda da mineral maddelere ihtiyaçları vardır (Scheffler, 2007).

Chlorella vulgaris; zengin bir protein içeriği, B kompleksi vitaminleri, askorbik asit, potasyum, sodyum, magnezyum, demir, kalsiyum gibi önemli mineral maddeleri, klorofil, β -karoten, *Chlorella* büyüme faktörü (CGF) ve sağlık için elzem birçok bileşikler içermektedir (Rodriguez-Garcia ve Guil-Guerrero, 2008). *Chlorella* çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar; %38,94) açısından iyi bir kaynaktır ve toplam lipidlerin %13,32'sini içermektedir. *Chlorella*'nın palmitik asit içeriği %15,41, EPA (20:5n-3) içeriği %3,23 ve dokosapentaenoik asit içeriği %3,11'dir. *Chlorella* çok fazla miktarda dokosaheksaenoik asit (C22:6n-3; %20,94) içeriğine sahiptir. *Chlorella*'nın toplam omega-3 (n-3) seviyesi %29,21'dir (Tokuşoğlu ve Ünal, 2003; Beheshtipour vd., 2013).

Chlorella diyabet, hipertansiyon, mide ülseri, yanık yaraları, kabızlık giderici ve anemi gibi çoğu hastalık için sağlığı teşvik edici bir rol oynamaktadır (de Mello-Sampayo vd., 2013). *Chlorella* antibakteriyel ve antiviral etki gibi immünolojik özellikler gösterdiği paylaşılmıştır. Ayrıca kadmiyum kaynaklı toksisiteyi, toksin kaynaklı oksidatif stresi ve hücresel hasarı önlediği de bilinmektedir (Blas-Valdivia vd., 2011). *Chlorella* insan tüketimi için güvenli olarak kabul edilir, ancak *Chlorella*'nın onaylanmış türleri ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Örnek olarak *Chlorella protothecoides* ABD ve Japonya'da, *C. sorokiniana* ve *C. regularis* AB ve Çin'de, *Euglena gracilis* Çin, Japonya ve Kanada'da, *C. sorokiniana* ve *C. regularis* Kanada'da güvenli olarak kabul edilmektedir. *Chlamydomonas reinhardtii* bu ülkelerin hiç birinde güvenli tür olarak kabul edilmemiştir. *Dunaliella bardawil* türü de güvenli olarak değerlendirilmezken *Dunaliella salina* Çin ve Kanada'da onaylanmıştır (Torres-Tiji vd., 2020).

Yoğurt, dünyada en fazla tüketilen fermente süt ürünlerinden birisidir. Çoğu kişi tarafından sevilerek tüketilen yoğurdun sağlığı koruyucu özellikteki biyoaktif içeriğiyle ve günlük alınması gereken besin öğelerinin vücuda sağlanabilmesi için ideal bir araç olduğu bilinmektedir (Gahrue vd., 2015). Fonksiyonel gıda endüstrisi bu nedenlerle yoğurda çok daha fazla ilgi duymaktadır (Dias vd., 2017). Bu amaçla yoğurda kurkumin

(E100) (Almeida vd., 2018), enkapsüle echium yağı, fitosteroller ve sinapik asit (Comunian vd., 2017), enkapsüle balık yağı (Ghorbanzade vd., 2017), papatya ve rezeneden elde edilen doğal katkı maddelerinin (Caleja vd., 2016) amaca uygun olarak ilave edilmesinin sağlığın korunmasında önemli olduğunu ifade eden çeşitli çalışmalar mevcuttur. Mikroalglerin süt ürünlerinde kullanılmasında da daha çok yoğurt ve içilebilir fermente süt ürünleri tercih edilmektedir.

Günümüzde tüketici eğilimi kilo kontrolü, fiziksel ve ruhsal sağlığın korunup devamlılığı gibi çeşitli nedenlerden dolayı düşük kalorili ürünlere yönelmiştir (Serdaroğlu ve Tömek, 1995; Siro vd., 2008; Bayarri ve Costell, 2009; Munsters ve Saris, 2014). Tatlandırıcılar düşük veya hiç enerji içermeyen ayrıca sükroza göre tatlılık oranı daha fazla olan kimyasal ürünlerdir (Muslu ve Kermen, 2020). Doğal tatlandırıcılar hem vitamin hem de mineral maddeler açısından zengin olup en iyi örnekleri arasında bal, hindistan cevizi nektarı/şekeri, meyve ve sebzeler, şeker alkoller, stevia ve son yıllarda yaygın olarak kullanılan akçaağaç şurubu yer almaktadır (Shankar vd., 2013). Günümüz problemlerinden obezite ve diyabet gibi hastalıklarının kontrol altına alınmasında uzun vadede kanserojen etki sağlayabilen tatlandırıcıların dışında akçaağaç şurubu daha çok kabul edilmektedir. Genellikle kış sonu veya ilkbahar başında olgun ağaçların [akçaağacın (*Acer saccharum* Marsh.)] özündeki suyun uzaklaştırılması amacıyla kaynatılıp şeker içeriğinin 66-67° Brix kadar konsantre edilmesiyle üretilen koyu ve tatlı bir şuruptur (Legault vd., 2010; Singh vd., 2014; Mohammed vd., 2022). Akçaağaç şurubunda glikoz, fruktoz ve yüksek molekül ağırlıklı kompleks karbonhidratlarla birlikte başlıca bulunan karbonhidrat sükrozdur (yaklaşık %60-66) (Storz vd., 1986; Zhang vd., 2014). Beyaz şekerden yaklaşık %25 daha fazla tatlılık oranına sahip olduğu bilinmektedir (Anonim, 2023). Akçaağaç şurubu, dekstroz, mısır şurubu ve kahverengi pirinç şurubu ile karşılaştırıldığında düşük kan glukoz düzeyi ve insülin salınımı etkisiyle rafine şekerlere oranla daha sağlıklı bir ikame ürün oluşturmaktadır (St-Pierre vd., 2014; Mellado-Mojica vd., 2016; Saraiva vd., 2022). Akçaağaç şurubu K, Ca, Mg, Na, Mn, Al, Zn ve Fe gibi zengin mineral madde; riboflavin, niasin, tiamin gibi vitaminler ayrıca arginin, treonin, prolin gibi önemli amino asit içeriğiyle antioksidan gücü, antiradikal, antimutajenik etkileri, fenolik bileşikler gibi biyoaktif maddeleri ve antiproliferatif etkileriyle diğer doğal tatlandırıcılara göre oldukça değerli bir tatlandırıcıdır (Perkins ve Van den Berg, 2009; Phillips vd., 2009; González-Sarrias vd.,

2012; Erejuwa vd., 2012; Biesaga ve Pyrzynska, 2013; Caderby vd., 2013; Singh vd., 2014; Aytay, 2017). Akçaağaç şurubu anti-kanser, anti-bakteriyel ve anti-diyabetik etki sağlayan yaklaşık 50'den fazla antioksidan bileşiğe sahiptir (Legault vd., 2010; Li ve Seeram, 2010). Maisuria vd. (2015) fenolik madde açısından zengin olan akçaağaç şurubu ekstraktının antimikrobiyal etkilerini inceledikleri çalışmalarında *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerinin dış zar geçirgenliğini artırdığı ve inhibe etki sağladığı bildirilmiştir. Son zamanlarda marketlerde sterilize ve pastörize edilmiş akçaağaç suyunu içeren akçaağaç türevli gıda ürünleride bulunmaktadır (Yuan vd., 2013).

Kronik rahatsızlıkların gittikçe yaygınlaşması gıda ürünlerinin yeniden tasarlanmasına yönelik çalışmalardan özellikle şeker içermeyen veya şeker oranı azaltılmış ürünlerle biyoaktif bileşenler yönünden zengin olan hammaddelerin fonksiyonel ürünlerde hazırlanmasına yönelik çalışmalara ivme kazandırmıştır. Bu çalışmada da doğal tatlandırıcılardan akçaağaç şurubunun biyoaktif bileşenleri açısından zengin bir içeriğe sahip olan *Chlorella vulgaris*'in farklı konsantrasyonlarının (%0,50, %0,75 ve %1) kullanılmasıyla üretilen fonksiyonel özellikteki yoğurtların bazı fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Günümüzde mikroalglerin gıda matrislerinde kullanımı ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Çeşitli ürünlerde farklı mikroalg türlerinin kullanıldığı bildirilmiştir. Sakızda *Isochrysis galbana* ve *Nannochloropsis oculata*, yoğurtta *Spirulina platensis* ve *Pavlova lutheri*, ekmekte *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis suecica*, *Scenedesmus almeriensis* ve *Nannochloropsis gaditana* türlerini ve makarnada *Isochrysis galbana* ve *Diacronema vlkianum* kullanılmıştır. Bu çalışmalar ürünlerin beğenilirliğini artırmak, fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla gıda formülasyonlarında mikroalglerin kullanılabileceğini göstermiştir (Beheshtipou vd., 2013).

Güldaş ve Irkin (2010), *S. platensis* ilave ederek ürettikleri yoğurtlarda bu mikroalgin yoğurt bakterileri ve *Lb. acidophilus* üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda *S. platensis* (%0,5-%1,0) tozunu içeren yoğurt örneklerini 4°C'de 30

gün süreyle depolamışlar ve laktik asit bakteri sayılarının mikroalg içeren örneklerde daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Beheshtipour vd. (2012) *Chlorella vulgaris* ve *Arthrospira platensis* farklı konsantrasyonlarını (%0,25, %0,5 ve %1) ilave ederek ürettikleri probiyotikli yoğurtlarda en yüksek canlı *L. acidophilus* ve *Bifidobacteria* sayısının %1 *A. platensis* ve *C. vulgaris* mikroalglerini içeren örneklerde olduğunu fakat depolama süresi boyunca 10^7 kob/g'dan fazla canlı probiyotik örnek içeriğine sahip olan grubun ise %0,5'lik mikroalgleri içeren örnekler olduğunu belirtmişlerdir. Mikroalg ile üretilen bütün yoğurt uygulamalarının kontrole göre daha düşük duyuşal kabul edilebilirlik puanı aldığını, *A. platensis* ile üretilen yoğurtların *C. vulgaris* ile üretilen yoğurtlardan daha fazla hoş olmayan tada sahip olduğunu ve en düşük tat puanını ise %1 *A. platensis* ilaveli örneğin aldığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar *A. platensis*'li örneklerin diğer örneklere nazaran pH değerlerinin daha düşük, asitliğin daha hızlı arttığı ve inkübasyon süresinin uzadığını da belirtmişlerdir.

Fadaei vd. (2013), *S. platensis*'in toz formunu ıspanaklı probiyotik yoğurt üretiminde kullanarak *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus* üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yoğurtların 21 günlük depolamaları sonunda *S. platensis*'in laktik asit bakteri sayılarında artışa destek olduğunu ve sayılarının $6 \log_{10}$ kob/mL'den fazla bulunduğunu bildirmişlerdir.

Robertson vd. (2016) *Pavlova lutheri*'nin (%0,25 ve %0,50) yağ asidi ekstraktlarını kullanarak ürettikleri yoğurtların 21 günlük depolama süresince bileşim, viskozite, pH, starter kültür canlılığı ve serum ayrılması üzerinde önemli etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. *P. lutheri*'nin yağ asidi ekstraktının in vitro şartlarda yüksek biyoaktif pigment içeriği, yüksek omega-3 ve güçlü anti-enflamatuar aktivite gösterdiğini bulmuşlardır. Ayrıca duyuşal analiz sonuçlarına göre ekstraktın yoğurt örneklerin kabul edilebilirliğini düşürdüğünü de paylaşmışlardır.

Winarni Agustini vd. (2016), *S. platensis*'in %0, %0,6 ve %1,2 farklı konsantrasyonlarını dondurma üretiminde ve %0; 0,5; 1 ve 1,5 farklı konsantrasyonlarında yumuşak peynir üretiminde kullanarak örneklerin fiziksel ve duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. %1,5 konsantrasyonlu yumuşak peynir örneği ve %1,2 konsantrasyonlu dondurma örneği

duyusal yönden daha çok beğenilmiştir. Araştırmacılar *S. platensis*'in yağ, protein, β karoten, su ve doku özelliklerini yumuşak peynir örneklerinde; yağ, toplam kurumadde, protein, toplam şeker, overrun ve erime noktası gibi özelliklerini de dondurma örneklerinde etkilediğini tespit etmişlerdir.

O'sullivan vd. (2016) *Ascophyllum nodosum*'un %100 H₂O (AN₁₀₀), %80 ethanol : %20 H₂O (AN_{80e}) ve *Fucus vesiculosus*'un %60 ethanol : %40 H₂O (FV_{60e}) sulu ve etanol ekstraktlarının farklı konsantrasyonlarını (%0,25 ve %0,50) kullanarak yoğurt üretmişlerdir. Yoğurt çeşitlerinin kompozisyonunun benzer olduğunu bulmuşlardır. *A. nodosum*'un sulu ekstraktları [AN₁₀₀ (%0,25) ve AN₁₀₀ (%0,5)] diğer örnekler ile karşılaştırıldığında düşük '*a**' değerine ayrıca AN_{80e} (%0,5), FV_{60e} (%0,25) ve FV_{60e} (%0,5) ekstraktlarının diğer yoğurtlara göre daha yüksek '*b**' değerine sahip olduğunu saptamışlardır. Ayrıca duyusal analiz sonucuna göre AN₁₀₀ (%0,25) ve AN₁₀₀ (%0,5) örneklerinin daha çok beğenildiğini de paylaşmışlardır.

Barkallah vd. (2017) *Spirulina* tozunun farklı konsantrasyonlarıyla (%0,25, %0,50, %0,75 ve %1,00) ürettikleri yoğurt örneklerinin kontrol grubuna göre daha fazla kurumadde, protein, yağ ve kül değerleri içerdiğini bildirmişlerdir. Kontrol örneğinin serum ayrılması değerleri yüksek bulunurken *Spirulina* ile zenginleştirilen yoğurtların su tutma kapasitelerinin daha yüksek olduğunu ve %0,25 konsantrasyonlu örneğin en yüksek duyusal puanlar aldığını tespit etmişlerdir. 28 günlük depolama süresince renk parametrelerinin (*L**, *a** ve *b**) yüksek stabilite gösterdiğini ve %0,25 konsantrasyonlu yoğurdun en küçük *a** ve *b** değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca *Spirulina*'nın klorofil, karotenoid ve fiyokininin içeriğinin yüksek olmasından dolayı antioksidatif etkilerinin daha iyi olduğunda ($p < 0,001$) vurgulamışlardır.

Sengupta ve Bhowal (2017) soya sütünü ve *S. platensis*'i (%0,1 ile %1,5) kullanarak ürettikleri yoğurtları 8-16 saat ve 35-45°C arasında fermentasyona tabi tuttıkları çalışmalarında proses şartlarının örneklerin fizikokimyasal özelliklerini etkilediğini bildirmişlerdir. *S. platensis*'li yoğurtların pH değerlerini 3,43-5,55 ve toplam asitlik değerlerini ise %0,64 ile %2,32 arasında bulmuşlardır. Duyusal değerlendirmede tat, koku, renk, görünüm ve genel kabul edilebilirlik puanlarını sırasıyla 5,04-7,34; 4,08-8,74; 3,64-9,25; 3,22-7,46 ve 3,21-8,01 olarak tespit etmişlerdir.

Agustini vd. (2017) *Spirulina platensis*'i %0,5, %0,75, %1, %2 ve %3 farklı konsantrasyonlarda yoğurt üretiminde kullanmışlardır. %1 *S. platensis*'li örneklerin panelistler tarafından daha çok kabul gördüğünü ve görünüş, tat, koku ve kabul edilebilirlik puanlarını ise sırasıyla 8,07; 7,93; 7,80 ve 8,33 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar %1 konsantrasyonlu örneklerin protein ve viskozite içerikleriyle toplam laktik asit bakteri sayılarının kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($p<0,05$) gösterdiğini bildirmişlerdir. Protein sonuçlarını %1 *S. platensis*'li örnekte %3,55 ve kontrol örneğinde %2,29 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca %1 *S. platensis* katkılı örneklerin asitlik düzeyini 70 SH ve kontrol grubunda ise 62 SH olarak bulmuşlardır.

Sengupta vd. (2018) *Spirulina platensis*'in farklı konsantrasyonlarını (%0,5, %1,0 ve %1,5) kullanarak ürettikleri soya yoğurdunu farelerin rasyonlarına ilave etmişler ve hiperkolesterolemik etkilerini incelemişlerdir. *Spirulina platensis* katkılı soya yoğurdunun bu farelerde serum kolesterol seviyelerinde azalmaya ve serum HDL konsantrasyonlarında artmaya neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, *Spirulina platensis* ile zenginleştirilen soyalı yoğurt numunelerinin süperoksit dismutaz (SOD), böbrek katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) gibi hepatik antioksidan enzimlerinde artışla birlikte serum aspartat amino transferaz (AST), alkalen fosfataz (AP), alanin aminotransferaz (ALT) ve gama glutamil transferaz (GGT) gibi bazı biyokimyasal parametrelerde önemli azalmalara neden olduğunu da vurgulamışlardır.

Suzery vd. (2018) *Spirulina*'nın %1 ve %1,2 konsantrasyonlarını kullanarak ürettikleri yoğurtların protein değerinin 10,13 - 10,35 arasında olduğunu ve en yüksek değerin %1,0 konsantrasyonlu örnekte tespit edildiğini bildirmişlerdir. Yağ içeriğinin en yüksek (%4,45) kontrol grubunda en düşük (%3,48) %1,2 konsantrasyonlu örnekte bulunduğunu belirtmişlerdir. Duyusal parametrelerin *Spirulina*'lı örneklerde kabul edilebilir puanlar aldığını ayrıca yoğurt üretiminde %1 ve %1,2 konsantrasyonlarının kullanılabilceğinden rapor etmişlerdir.

da Silva vd. (2019) maltodekstrin ve mikroenkapsüle *S. platensis*'in yoğurt üretiminde kullanılmasında anti-enflamatuar aktiviteyi daha iyi sağladığını ve daha homojen bir yoğurt yapısı kazandığını bildirmişlerdir. Ayrıca mikroenkapsülasyon uygulamasıyla *S. platensis*'den kaynaklanan balık kokusunun yoğurtta hissedilmesini önlediğini de vurgulamışlardır.

Çelekli vd. (2019) *S. platensis*'in (0, %0,25 %0,5 ve %1) farklı konsantrasyonlarda probiyotikli ayran örneklerine ilave edilmesinin *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* gelişimlerini desteklediğini bildirmişlerdir. *S. platensis* ilavesinin örneklerin pH değerlerinde düşmeye neden olduğunu ayrıca titrasyon asitliği üzerinde önemli etkiler sağladığını ($p<0,05$) ve konsantrasyon arttıkça bu değerin düştüğünü bulmuşlardır. %0,25 *S. platensis*'li örneğin kontrol örneğiyle benzer duyusal puanlar aldığını ve konsantrasyon arttıkça duyusal değerlerde azalma olduğunu da açıklamışlardır.

Aydemir ve Öner (2020) *S. platensis*' in farklı konsantrasyonlarını (%0,25, %0,50, %0,75 ve %1) kullanarak ürettikleri yoğurt örneklerinde 21 günlük depolama süresince kurumadde, yağ ve titrasyon asitliğinde önemli değişiklikler olduğunu bildirmiştir ($p<0,05$). Toplam fenolik madde miktarını %1 oranında *S. platensis* içeren yoğurtlarda 26,65 mg GAE/100 mL ve kontrol grubunda 11,38 mg GAE/100 mL olarak tespit etmişlerdir. DPPH değerini en yüksek %1 *S. platensis*'li örnekte (%31,78) ve en düşük kontrol örneğinde (%17,85) belirlemişlerdir. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde %0,25 *S. platensis* ilaveli yoğurt örneğinin kontrol grubuna göre en yüksek puana sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Pan-utai vd. (2020) *Arthrospira (Spirulina) platensis*'in fırında kurutulmuş (%0,1, %0,3 ve %0,5) ve taze (%1, %5, %10) olmak üzere farklı konsantrasyonlarını kullanarak ürettikleri yoğurtlarda fırında kurutulmuş ve taze olanının benzer besinsel içeriklere fakat fırında kurutulmanın daha yüksek C- fiyokininin içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Nazir vd. (2022) *Spirulina platensis*'in farklı konsantrasyonlarıyla (%1,5, %2,5 ve %3,5) hazırladıkları yoğurtların nem ve viskozite değerlerinin depolama süresince (0., 14. ve 28. gün) azaldığını buna karşılık kül içeriğinin konsantrasyon artışına bağlı olarak arttığını paylaşmışlardır. Konsantrasyon artışına bağlı olarak örneklerin asitlik değerlerinde artma (%1,08-%1,38) ve pH değerlerde düşme eğilimiyle 3,96-4,47 arasında olduğunu bulmuşlardır. Duyusal değerlendirme sonuçlarında %1,5 ve %3,5 konsantrasyon kullanılarak üretilen örneklerin kabul edilebilirliğinin daha düşük olduğunu ayrıca yoğurtların kalsiyum, magnezyum, çinko ve demir içeriklerinin depolama süresince arttığını bildirmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarını ise en düşük

kontrol örneğinde (4,74 µgGAE/mL) ve en yüksek %2,5 *Spirulina platensis*'li örnekte (28.28 µgGAE/mL) tespit etmişlerdir.

Tatlandırıcı kullanılmasına yönelik yürütülen çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Lisak vd. (2011) üç farklı konsantrasyonda (%3, %4,5 ve %6) sakkaroz, stevia ve sakkaroz+stevia kombinasyonunu kullanarak çilek aromalı yoğurt ürettikleri çalışmalarında panelistlerin tatlılık derecelerini sakkaroz>sakkaroz+stevia>stevia olarak belirlediklerini bildirmişlerdir. Ayrıca panelistler çilekli yoğurt üretiminde tavsiye edilen tatlandırıcı miktarını 4,5 g/100 g olarak önermişlerdir.

Weber ve Hekmat (2013), %0,12 stevia, %0,12 stevia-inülin-krom, %1,0 sukraloz, %5,0 sakkaroz, %6,0 ksilitol gibi farklı tatlandırıcıları kullanarak ürettikleri 6 adet probiyotik yoğurtun *Lactobacillus rhamnosus* GR-1'in gelişmesi ve canlılığı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bütün örneklerde *Lactobacillus rhamnosus* GR-1'in gelişiminin 28 günlük depolama süresince 1×10^8 kob/g olduğunu tespit etmişlerdir ($p > 0,05$). Stevia ve ksilitol içeren örneklerde depolamanın 28. gününde 1×10^9 kob/g gelişme gösterdiğini belirlemişlerdir. Duyusal özelliklerinde ise (lezzet, tat, doku, görünüm ve genel kabul edilebilirlik) en yüksek puanı steviyalı örneğin aldığını bildirmişlerdir.

Narayanan vd. (2014) doğal vanilya kullanarak tatlandırıdıkları sade ve az yağlı yoğurtları inceledikleri çalışmalarında sükroz, aspartam, eritritol ve %95 *Stevia rebaudiana* A, maltodekstrin ve %95 steviol glikozid, steviol glikozitleri ve soğuk su stevia özütünün farklı konsantrasyonlarını kullanmışlardır. Araştırmacılar özellikle maltodekstrin ve steviol glikozid karışımının daha kabul edilebilir sonuçlar gösterdiğini ve stevia tipi ile konsantrasyon seçiminin dikkatli yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Genel olarak duyusal değerlendirmede tüketicilerin tatlılık ve acılık gibi iki duyusal parametre üzerinde durduklarını ve aspartam ile ticari steviya tatlandırıcılı yoğurtları sevmediklerini tespit etmişlerdir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

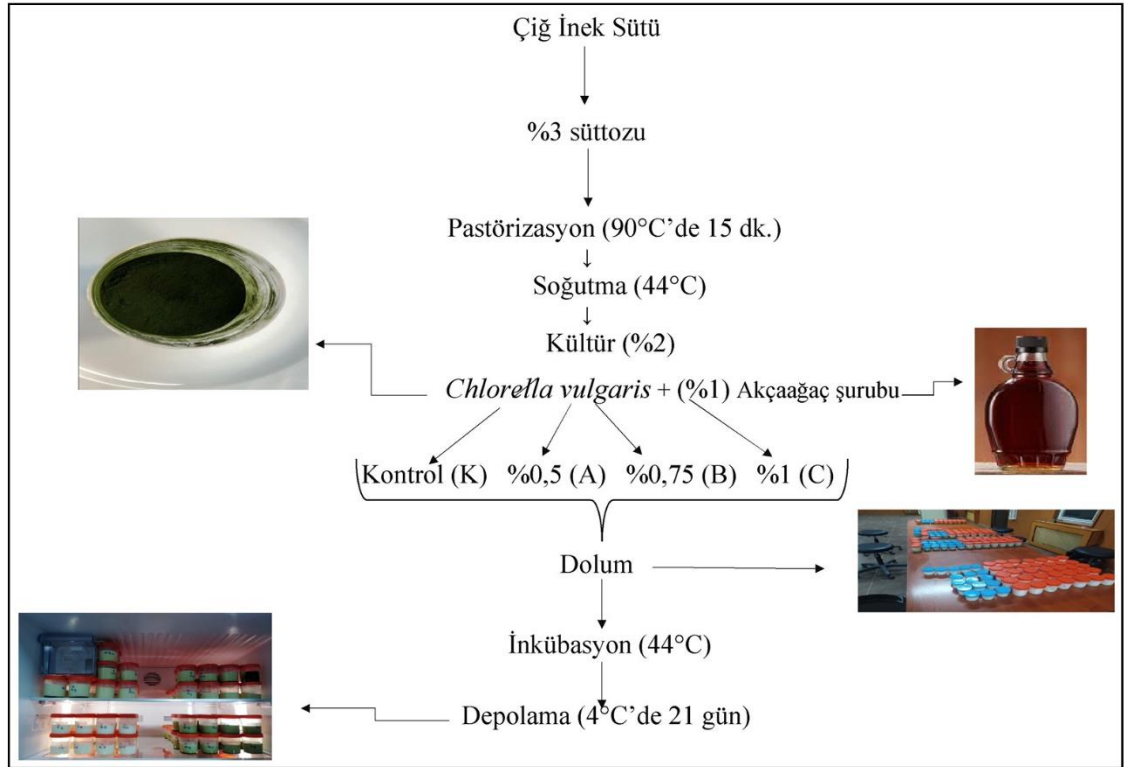
3.1. Materyal

Yoğurt üretiminde kullanılan çiğ inek sütü Balacan Süt Mamulleri firmasından, starter kültür (*Lb. bulgaricus* ve *Str. thermophilus*) Peyma Hansen'den, akçaağaç şurubu, yağsız süt tozu ve *Chlorella vulgaris* ise piyasadan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yoğurt üretimi

Yoğurt üretimi Erzincan ilinde faaliyet gösteren Balacan Süt Fabrikasında yapılmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda %1 akçaağaç şurubu konsantrasyonunun kullanılması uygun görülmüştür. Çalışmada farklı konsantrasyonlarda (%0,50, %0,75 ve %1,0) *Chlorella vulgaris*'li örneklerle %1 akçaağaç şurubu ilavesi yapılmıştır. Süt örnekleri 90°C'de 15 dakika pastörize edilmiş, daha sonra 44°C'ye soğutulup, %2 oranında ticari yoğurt kültürü ve farklı oranlarda *Chlorella vulgaris*+akçaağaç şurubu ilave edilerek dolum işlemleri yapılmıştır. Örnekler yaklaşık 44°C'de pH'ları 4.6'ya gelinceye kadar inkübe edilmiş daha sonra analizleri yapılmak üzere +4 °C 'de 1., 7., 14. ve 21. gün depolama sürelerince muhafaza edilmiştir. *Chlorella vulgaris*+akçaağaç şuruplu yoğurt üretimi Şekil 3.1'deki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Akçaağaç şurubu ile tatlandırılan *Chlorella vulgaris*'li yoğurt örneklerine ait üretim akış şeması

3.2.2. Mikrobiyolojik analizler

3.2.2.1. Örneklerin hazırlanması

Yoğurt örneklerinden 10 g stomacher poşetine aseptik şartlarda tartılıp üzerine 90 ml serum fizyolojik tuzlu su (%0,85 NaCl) ilave edilerek iyice homojenize edilerek 10^{-1} 'lik dilüsyonu elde edilmiştir. Bu dilüsyondan 1 ml alınarak 9 ml fizyolojik su içeren tüplere desimal seyreltme işlemleri uygulanarak 10^{-7} 'lik dilüsyona ulaşılmıştır. Ayrıca sayım sonuçlarında dilüsyon faktörü göz önüne alınmıştır.

3.2.2.2. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayımı

TMAB sayımı için Plate Count Agar (PCA) kullanılmıştır. Yayma kültür yöntemi kullanılarak uygun dilüsyonlardan besiyerine ekim yapılmış ve $30 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda gelişen koloniler sayılarak toplam canlı mezofilik aerobik bakteri sayıları tespit edilmiştir (Harrigan, 1998).

3.2.2.3. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayımı

L. bulgaricus sayımında 0,1 ml Man–Rogosa–Sharpe (MRS) agara yayma kültür yöntemiyle ekim yapılarak anaerobik jarda petriler $37\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de ve 48 saat süreyle inkübasyona alınmıştır. Gelişen koloniler sayılarak canlı laktik asit bakteri sayıları belirlenmiştir (Speck, 1994).

3.2.2.4. *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* sayımı

S. thermophilus sayımında 1 ml M-17 agar kullanılarak yayma kültür yöntemiyle ekim yapılan petriler aerobik ortamda $32\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de ve 48 saat süreyle inkübe edilmiş ve gelişen koloniler sayılarak canlı *S. thermophilus* bakteri sayıları bulunmuştur (Rybka ve Kailasapathy, 1996; Vinderola ve Reinheimer, 1999).

3.2.2.5. Maya ve küf sayımı

Steril %10 tartarik asit ilave edilerek asitlendirilmiş (pH $3,5\pm0,1$) Patates Dekstroz Agara (PDA) dilüsyonlardan yayma kültür yöntemiyle ekim yapılmış ve $20-25^{\circ}\text{C}$ 'de 5-7 gün süreyle inkübasyon uygulanmıştır. Gelişen koloniler sayılarak maya-küf sayıları tespit edilmiştir (Harrigan, 1998).

3.2.2.6. Koliform grubu bakteri sayımı

Fekal bulaşma kaynağı olarak kabul edilen koliform grubu bakterilerin belirlenmesinde Violet Red Bile Agar (VRB) (Merck 1.10275) besiyeri kullanılmıştır. Petri kutularına 1 ml ekim yapıldıktan sonra steril besiyerinden önce 13-15 ml daha sonra 10 ml döküldükten sonra $37\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de ve 24-48 saat süreyle inkübasyon uygulanmıştır. 0,5 mm'den çapı büyük olan ve pembe/kırmızı koloniler koliform grubu bakteri olarak sayılmıştır (Harrigan, 1998).

3.2.3. Fiziko-kimyasal analizler

3.2.3.1. Çiğ sütte yapılan analizler

3.2.3.1.1. pH

Çiğ sütün pH değerleri pH-metre (Eutech PH 150 Model) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3.1.2. Kurumadde

Kurumadde analizinde kullanılan kurutma kapları 105 ± 1 °C’de etüvde önce 30 dakika boyunca sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde soğutularak homojen hale getirilen örnekten 3 ml kadar tartılmış ve sabit ağırlığa gelinceye kadar 105 ± 1 °C’deki etüvde kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde soğutulduktan sonra % kurumadde miktarı aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır (AOAC, 2012).

$$\%Kurumadde = [(m_2 - m) / (m_1 - m)] \times 100$$

m = Kurutma kabının ağırlığı (g)

m_1 = Kurutulmuş örnek ve kurutma kabının ağırlığı (g)

m_2 = Örnek ve kurutma kabının ağırlığı (g)

3.2.3.1.3. Titrasyon asitliği

Süt örneklerinden 10 ml behere konulup üzerine birkaç damla fenolftalein indikatörü damlatılarak 0,1 N ayarlı NaOH ile titre edilmiştir (kalıcı pembe renk elde edilinceye kadar). % laktik asit cinsinden harcanan NaOH miktarı aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplama işlemi yapılmıştır (AOAC, 2000).

$$\%Asitlik = (v \times 0,009 / m) \times 100$$

v : Harcanan 0,1 N NaOH miktarı (mL)

m : örnek miktarı (mL)

3.2.3.1.4. Kül

Süt örneklerinin kül içerikleri gravimetrik (porselen krezellerle karşılaştırma numunesi olmaksızın) yöntem kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 1984).

3.2.3.1.5. Yağ

Süt örnekleri homojenize edildikten sonra bütirometreye sırasıyla 10 mL H₂SO₄ (Merck, d=1.825±0.002 g/mL), 11 mL süt ve 1 mL amil alkol (d= 0.810±0.002 g/mL) eklenmiştir. Yaklaşık 5 dakika santrifüj işlemi uygulandıktan sonra bütirometre üzerindeki değer okunarak % yağ oranı belirlenmiştir (Kurt vd., 2012).

3.2.3.2. Yoğurtta yapılan analizler

3.2.3.2.1. Kurumadde

Çiğ sütün kurumadde analizinde kullanılan yöntem yoğurt örneklerinin kurumadde değerlerinin belirlenmesinde de kullanılmıştır (AOAC, 2012).

3.2.3.2.2. Yağ oranı

Yoğurt örneklerinin yağ içerikleri Gerber yöntemine göre belirlenmiştir (Kurt vd., 2012).

3.2.3.2.3. Titrasyon asitliği

Çiğ süt örneklerinin asitlik değerinin tespitinde kullanılan yöntem yoğurt örneklerinde de uygulanmıştır (AOAC, 2000).

3.2.3.2.4. pH oranı

Yoğurt örneklerinin pH ölçümleri kalibrasyonu yapılmış Eutech PH 150 Model bir pH metre kullanılarak yapılmıştır (Dave ve Shah, 1997).

3.2.3.2.5. Su Tutma Kapasitesi (STK)

Yoğurt örneklerinden santrifüj tüplerine 5 g tartılarak 4500 rpm’de 10°C sıcaklıkta 30 dk. kadar santrifüj edilmiştir (Nüve NF 048, Türkiye). Santrifüj tüpünde kalan süpernatant kısım uzaklaştırılıp, kalan pelet ağırlığı aşağıdaki formül kullanılarak su tutma kapasitesi % olarak hesaplanmıştır (Dönmez vd., 2017).

$$STK (\%) = (Pelet\ ağırlığı / Örnek\ ağırlığı) \times 100$$

3.2.3.2.6. Serum ayrılması

25 g yoğurt örneği $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 120 dakika süreyle filtre kağıdından süzülerek serum değerleri belirlenmiştir (Tamime ve Robinson, 2007).

3.2.3.2.7. Viskozite

Brookfield marka viskozimetre cihazı (Model DV-1, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA, USA) kullanılarak yoğurt örneklerinin viskozite değerleri okunmuş ve sonuçlar centipoise (cP) cinsinden verilmiştir (Abrahamsen ve Holmen, 1980).

3.2.3.2.8. Renk

Yoğurt örneklerinin renk analizleri HunterLab (Colorflex-EZ, Hunterlab, Virginia, USA) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir (Kahyaoğlu vd., 2005). Cihaz okuma öncesinde siyah ve beyaz seramik kalibrasyon plaklarıyla kalibre edilmiştir. L^* , a^* , b^* 'den oluşan üçlü renk parametresi kullanılarak ($L=100$ beyaz, $L=0$ siyah; $+a$ renk kırmızı, $-a$ renk yeşil; $+b$ renk sarı ve $-b$ renk mavi olarak) örneklerin renk değerleri belirlenmiştir.

3.2.3.2.9. Toplam şeker

Yoğurt örneklerinin şeker analizinde Lane ve Eynon (1923) yöntemi uygulanmıştır. 100 ml'lik balon jojeye 50 g numune tartılmış 1'er ml Carrez I ve II eklenerek tamamlama çizgisine kadar saf su ilave edilip kaba filtre kâğıdı kullanılarak filtrelenmiştir. Bu süzüntüden 50 ml alınarak 5 ml HCl eklenmiş ve su banyosunda ($65-67^{\circ}\text{C}$) 7-8 dk kadar bekletilmiştir. Daha sonra zaman kaybetmeden soğutulmuş ve yaklaşık 5-6 damla fenolftalein indikatörü kullanılarak NaOH ile titre edilmiştir. Erlene 5'er ml fehling I, fehling II ve 10 ml kadar saf su eklenerek bek alevinde kaynatılmıştır. 1 ml %2'lik metilen mavisi kaynayan karışıma ilave edilmiştir. Örnek ile titre işleminde harcanan miktar belirlenmiş ve aşağıdaki formül kullanılarak % toplam şeker oranı bulunmuştur.

$$\%Toplam\ şeker = [V_2 \times F / m \times V_1] \times 100$$

F: Faktör

m: Örnek ağırlığı (g)

*V*₁: Örnek sarfiyatı (mL)

*V*₂: Sulandırılan Hacim (mL)

3.2.3.2.10. Biyokimyasal analizler

3.2.3.2.10.1 Örneklerin ekstraksiyonu

Yoğurt örneklerinin fenolik madde ve antioksidan aktivite tayinlerinde kullanılacak ekstraksiyonlar Jung vd. (2016)'na göre hazırlanmıştır. Bunun için yoğurt örnekleri homojenize edildikten sonra yaklaşık 2 g kadar alınıp 20 ml %70'lik etil alkol [(ethanol/water, 70:30, v/v)] ilave edilmiş ve 3 dakika 12000 rpm hızda manyetik karıştırıcıda (Heidolph/ MR-Hei-Standard, Germany) iyice karıştırılmıştır. Bu karışım oda sıcaklığında 20 dak kadar bekletildikten sonra yaklaşık 10 dak 12000 rpm'de 4 °C'de santrifüj (Universal 32R Hettich Centrifuge, Germany) edilmiştir. Örnek ekstraktları 0,45 µm selüloz asetat filtrelerden (Milex, Millipore Millex, Bedford, MA, USA) geçirildikten sonra koyu renkli viallere alınarak kullanılıncaya kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.3.2.10.2. Antioksidan aktivite

Yoğurt örneklerinin antioksidan aktivitesinin tespitinde DPPH (2,2 difenil-2-pikrilhidrazil) yöntemi uygulanmıştır. Test tüpüne aktarılan 100 µL örnek üzerine 63,4 µM 2,2 difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) aktarılmıştır. Yaklaşık 30 dakika kadar karanlık bir ortamda bekletilmiştir. 517 nm dalga boyunda örneğin metonele karşı spektrofotometredeki (UV- Genesys™ 10S UV-VIS, Thermo Scientific, USA) absorbans değerleri okunmuştur. Aşağıdaki formül kullanılarak sonuçlar serbest radikallerin inhibisyon yüzdesi şeklinde hesaplanmıştır (Apostolidis vd., 2007).

$$\% \text{ Antiradikal aktivite} = (A_k - A_o / A_k) \times 100$$

A_k: Kontrol grubun absorbansı

A_o: Örneğin absorbansı

3.2.3.2.10.3. Toplam fenolik madde

Yoğurt ekstraktlarının fenolik madde içerikleri Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. 100 µl alınan ekstarkt 7,5 ml saf su ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Üzerine Folin Ciocalteu reaktifi (FCR)'nden 500 µl kadar eklenmiştir. Daha sonra bu karışım 3 dak. bekletilmiş ve sonra 1 ml %20'lik sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisi ve 900 µl saf su eklenerek 2 saat kadar karanlık bir ortamda bekletilmiştir. 760 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometre cihazı (Genesys™ 10S UV-VIS, Thermo Scientific, USA) kullanılarak absorbans değerleri okunmuştur. Gallik asit standart eğrisi (calibration curve linearity range: R²=0.99) kullanılarak mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak toplam fenolik madde içerikleri 100 gram örnekte hesaplanmıştır (Singleton vd., 1999).

3.2.3.2.11. Duyusal analizler

Yoğurt örneklerinin duyusal değerlendirmeleri 12 kişilik panelist tarafından duyusal değerlendirme formlarında bulunan görünüş, tat, renk, koku, kıvam, asidik tat ve genel kabul edilebilirlik parametrelerine göre depolama süresince 1'den 9'a kadar puanlama sistemi uygulanarak belirlenmiştir (Bodyfelt vd., 1988).

3.2.3.2.12. İstatistiksel analizler

Araştırma, 4 farklı muamele [kontrol, %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu, %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu] x 4 farklı depolama süresi (1., 7., 14. ve 21. gün) olmak üzere 2 tekerrürlü tam şansa bağlı deneme planına göre düzenlenmiş ve yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar SPSS paket programında (Version 22.00, SPSS, IBM, NY, USA) istatistiki analizleri yapılmış ve ortalamaları önemli bulunanlara Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çiğ Sütün Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri

Çiğ inek sütünün bazı fiziko-kimyasal özellikleri Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Çiğ inek sütünün bazı fiziko-kimyasal özellikleri

Örnek	pH	Kurumadde (%)	Asitlik (%)	Kül (%)	Yağ (%)
Süt	6,32±0,17	11,96±0,65	0,17±0,01	0,73±0,09	3,77±0,03

“Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütler Tebliği (No: 2019/12)”ne göre kullanılan çiğ inek sütünün analiz sonuçları tebliğde ifade edilen değerler aralığında bulunmuştur.

4.2. Mikrobiyolojik Özellikler

4.2.1. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) sayısı

Toplam mezofilik aerob bakteri sayısı gıdalar için önemli olup gıdalardaki bozulma süreci ve raf ömrü hakkında bilgi vermektedir (Doğan ve Tükel, 2000, Vural-Yıldız, 2019). Yoğurtların TMAB sayılarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurup ilavesi, depolama ve depolama x örnek interaksiyonunun toplam mezofilik aerob bakteri sayıları üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4.2. Yoğurtların TMAB sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	1,743	3	0,581	212,907	0,000
Depolama	1,028	3	0,343	125,594	0,000
DepolamaxÖrnek	1,091	9	0,121	44,424	0,000
Hata	0,044	16	0,003		
Toplam	1926,680	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Örnekler arasındaki farklılığın kaynağını ve depolamanın toplam mezofilik aerob bakteri sayıları üzerindeki etkisinin tespiti için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir. Özellikle *Chlorella vulgaris*’in %0,75 konsantrasyonu toplam mezofilik aerob bakteri canlılığı üzerinde daha fazla etkili olmuştur. Aydemir ve Öner (2020) yoğurt üretiminde *Spirulina platensis*’in farklı konsantrasyonlarını kullanmalarının TMAB sayılarına istatistiksel olarak önemli bir etki göstermediğini

($p>0,05$); O'Sullivan vd. (2014) *Ascophyllum nodosum* ve *Fucus vesiculosus* ekstraktları ile hazırladıkları süt örneklerinin TMAB sayılarının 3,3 ve 5,6 $\log_{10}$ kob/g arasında olduğunu fakat istatistiksel olarak etkilenmediği sonuçlarını paylaşmışlardır.

Tablo 4.3. Yoğurtların TMAB sayılarının depolama boyunca değişimi ($\log_{10}$ kob/g)

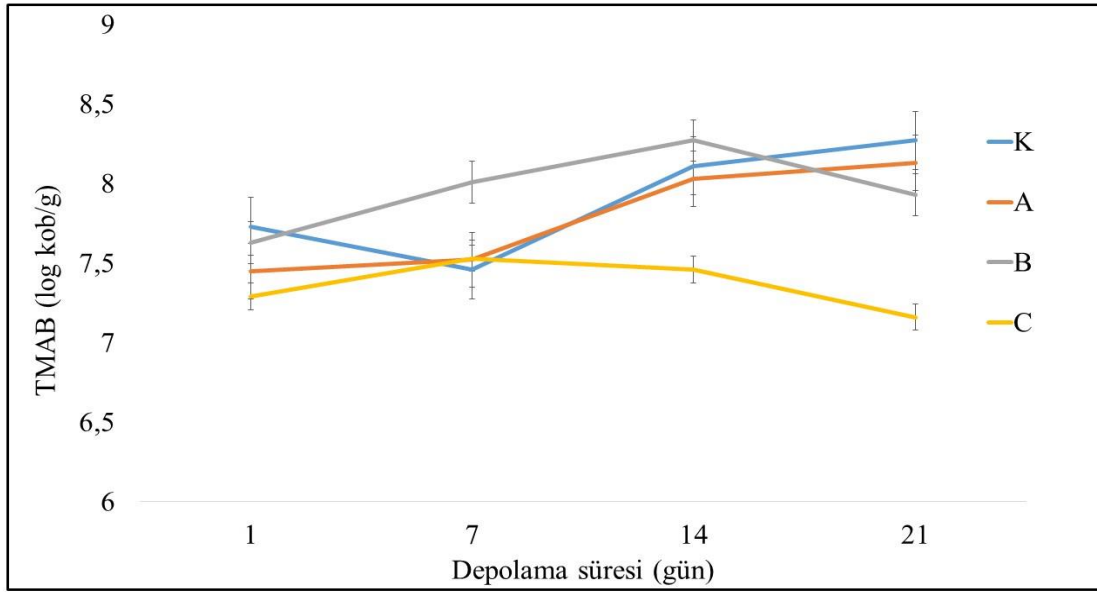
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	7,73±0,02 ^{a,C}	7,46±0,00 ^{b,D}	8,11±0,04 ^{b,B}	8,28±0,04 ^{a,A}
A	7,45±0,07 ^{b,B}	7,52±0,10 ^{b,B}	8,03±0,03 ^{b,A}	8,14±0,03 ^{b,A}
B	7,63±0,07 ^{a,C}	8,01±0,01 ^{a,B}	8,27±0,04 ^{a,A}	7,93±0,03 ^{c,B}
C	7,29±0,04 ^{b,B}	7,53±0,04 ^{b,A}	7,46±0,05 ^{c,A}	7,16±0,04 ^{d,B}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolama periyodunun TMAB sayıları üzerinde etkisi önemli tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yoğurtların en düşük TMAB sayısı (7,16 $\log_{10}$ kob/g) C örneğinde depolamanın 21. gününde, en yüksek sayısı ise (8,28 $\log_{10}$ kob/g) K örneğinin 21. gününde belirlenmiştir. TMAB sayıları içinde laktik asit bakterileri de yer aldığı için laktik asit bakterilerinin gelişmesine bağlı olarak toplam bakteri sonuçlarında da değişiklik olabilmektedir (Aloğlu, 2010). Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin TMAB sayıları üzerindeki değişimleri Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. TMAB sayılarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.2.2. *Lactobacillus bulgaricus* sayısı

Yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarını gösteren varyans analiz sonuçları Tablo 4.4'te sunulmuştur. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın *Lb. bulgaricus* sayılarına olan etkisi önemli tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Benzer şekilde, örnek x depolama interaksiyonunun da *Lb. bulgaricus* sayıları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 4.4. Yoğurtların *L. bulgaricus* sayısına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	0,070	3	0,023	7,612	0,002
Depolama	9,728	3	3,243	1056,671	0,000
Depolama x Örnek	0,127	9	0,014	4,586	0,004
Hata	0,049	16	0,003		
Toplam	2063,097	32			

* $p < 0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin *Lb. bulgaricus* sayılarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesinin ve

depolama süresinin *Lb. bulgaricus* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4.5. Yoğurtların *L. bulgaricus* sayılarının depolama boyunca değişimi ($\log_{10}$ kob/g)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	8,36±0,01 ^{a,A}	8,38±0,05 ^{ab,A}	8,42±0,04 ^{a,A}	7,09±0,04 ^{a,B}
A	8,25±0,07 ^{a,B}	8,51±0,05 ^{a,A}	8,37±0,04 ^{a,AB}	7,04±0,04 ^{a,C}
B	8,32±0,02 ^{a,A}	8,26±0,07 ^{b,A}	8,22±0,02 ^{b,A}	6,97±0,03 ^{a,B}
C	8,36±0,07 ^{a,A}	8,32±0,03 ^{b,AB}	8,15±0,06 ^{b,B}	7,11±0,09 ^{a,C}

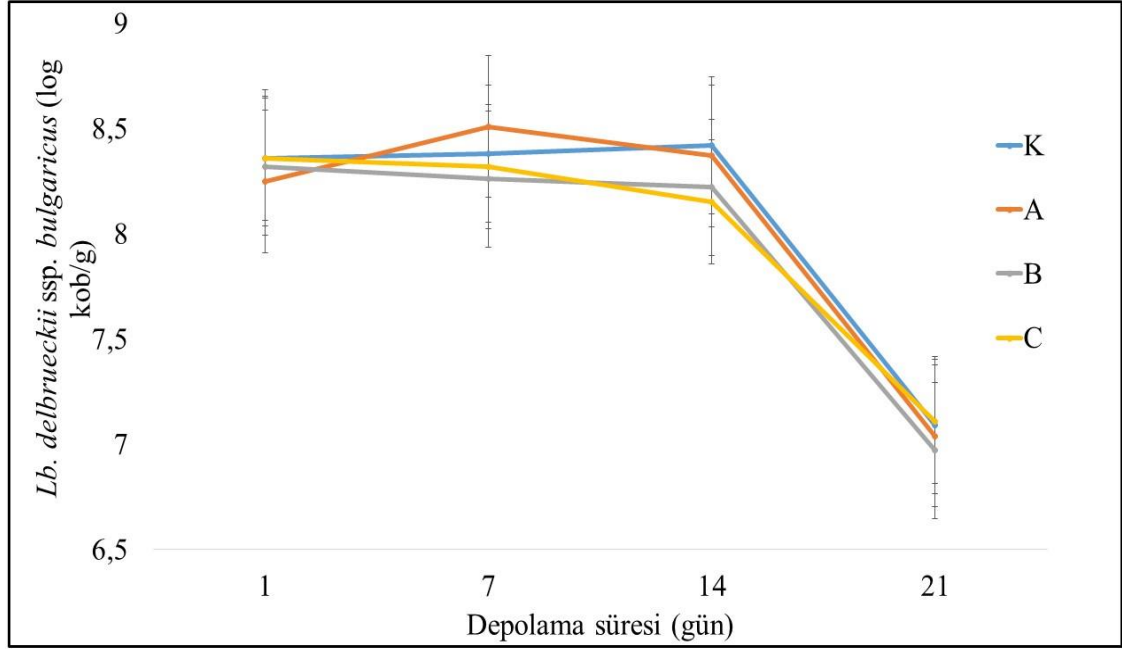
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d} Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D} Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesinin ve farklı depolama sürelerinin *Lb. bulgaricus* sayısı üzerindeki değişimleri Şekil 4.2’de verilmiştir. *L.bulgaricus* sayıları özellikle depolamanın 21. gününde bütün yoğurtlarda azalma göstermiştir. Yoğurtlardaki *Lb. bulgaricus*’un en yüksek sayısı (8,51 $\log_{10}$ kob/g) A örneğinde depolamanın 7. gününde, en düşük sayısı ise (6,97 $\log_{10}$ kob/g) B örneğinin 21. gününde saptanmıştır. Agustini vd. (2017) yoğurt örneklerinin *Spirulina platensis* ile takviye edilmesinin mikroalgin yüksek yağ, protein, vitamin ve diyet lifi içeriği nedeniyle basillerin canlı kalma oranını artırdığını vurgulamışlardır. Güler (2022) farklı oranlarda (%0, %0,3, %0,6, %0,9) *Spirulina platensis* içeren 4 klasik ve 4 probiyotik yoğurt çeşidini ürettiği çalışmasında *Lb. bulgaricus*’un en yüksek sayısını depolamanın 14. gününde 8,58 $\log_{10}$ kob/g olarak klasik kontrol grubunda, en düşük sayısını ise depolamanın 28. gününde 7,37 $\log_{10}$ kob/g olarak %0,9 *Spirulina platensis*’li probiyotikli örnekte belirlemiştir. Araştırmacı *Spirulina platensis* takviyesi ve depolama değişkeninin istatistiksel açıdan *Lb. bulgaricus* sayısı üzerindeki etkisini önemli bulmuştur ($p<0,01$). Fadaei vd. (2013) *S. platensis* tozunun yoğurtların 7. günündeki depolanmasında *L. bulgaricus* sayısı için önemli bir artış sağladığını bildirmişlerdir ($p<0,05$). Araştırmacıların sonuçlarından farklı olarak Aydemir ve Öner (2020) *Spirulina platensis*’in yoğurt örneklerine ilavesinde *Lb. bulgaricus* sayılarının 6,27-7,94 $\log_{10}$ kob/g

arasında olduğunu ve *Spirulina platensis*'in laktobasiller üzerine pozitif bir etki göstermediğini paylaşmışlardır.



Şekil 4.2. *L. bulgaricus* sayılarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.2.3. *Streptococcus thermophilus* sayısı

Yoğurtların *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* sayılarının varyans analizleri Tablo 4.6'da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt çeşidi, depolama süresi, yoğurt çeşidi x depolama süresi interaksiyonu aralarındaki farklılık $p < 0,05$ seviyesinde önemli tespit edilmiştir.

Tablo 4.6. Yoğurtların *S. thermophilus* sayısına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	0,400	3	0,133	38,790	0,000
Depolama	0,687	3	0,229	66,694	0,000
Depolama x Örnek	2,057	9	0,229	66,541	0,000
Hata	0,055	16	0,003		
Toplam	1903,714	32			

* $p < 0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin *S. thermophilus* sayılarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. *C. vulgaris* konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yoğurt örneklerinde *S. thermophilus* sayılarında dalgalanmaların olduğu fakat depolamanın tüm günlerinde canlı organizma sayısının 7,00 log₁₀ kob/g üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Aydemir ve Öner (2020) *Spirulina platensis*’in yoğurtların 21 günlük depolama süresince *S. thermophilus* bakteri sayılarını 6,03-8,28 log₁₀ kob/g arasında belirlemişlerdir. Araştırmacılar *Spirulina platensis* ilavesinin *S. thermophilus* sayılarını arttırdığını fakat bu değişimin istatistiksel anlamda önemli olmadığını (p>0,05) ayrıca depolama süresinin istatistiksel yönden önemli bir etki sağladığını belirtmişlerdir (p<0,05). GÜLDAŞ ve İRKIN (2010) çalışmalarında *Spirulina platensis*’in (%0,5 ve %1,0) yoğurt bakterilerinin canlılıklarını teşvik ettiğini bildirmişlerdir. GÜLER (2022) *S. thermophilus*’un en yüksek sayısını 8,77 log₁₀ kob/g olarak klasik kontrol grubunda depolamanın 1. gününde, en düşük sayısını ise 6,00 log₁₀ kob/g olarak probiyotikli %0,6 *Spirulina platensis*’li ve probiyotikli %0,9 *Spirulina platensis*’li örneklerde (sırasıyla depolamanın 7. ve 21. günlerinde) belirlemiştir. Bchir vd. (2019) ise *Spirulina*’nın (*Arthrospira platensis*) taze ve kurutulmuş formunu kullanarak ürettikleri yoğurtlarda konsantrasyon arttıkça depolama boyunca *S. thermophilus* canlılığının azaldığını bildirmişlerdir (p<0.05).

Tablo 4.7. Yoğurtların *S. thermophilus* sayılarının depolama boyunca değişimi (log₁₀ kob/g)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	8,22±0,02 ^{a,A}	7,35±0,03 ^{b,D}	8,03±0,02 ^{ab,B}	7,59±0,06 ^{a,C}
A	7,71±0,04 ^{b,B}	8,08±0,10 ^{a,A}	7,92±0,03 ^{b,A}	7,49±0,01 ^{ab,C}
B	7,67±0,04 ^{b,B}	8,12±0,10 ^{a,A}	7,61±0,02 ^{c,B}	7,36±0,07 ^{b,C}
C	7,31±0,03 ^{c,C}	7,23±0,03 ^{b,C}	8,04±0,06 ^{a,A}	7,52±0,08 ^{ab,B}

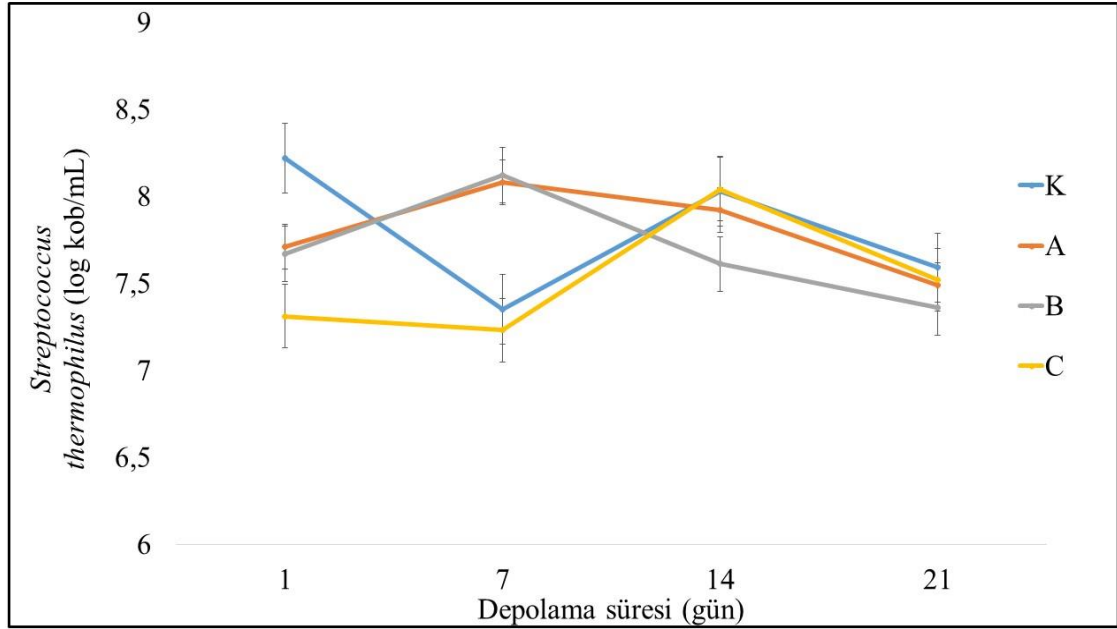
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesinin ve depolamanın *S. thermophilus* sayıları üzerindeki etkisi önemli (p<0,05) bulunmuştur. Buna göre, tüm örnekler için bütün depolama sürelerindeki *S. thermophilus* sayıları birbirinden farklı tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerine ait en düşük *S. thermophilus* sayısı

(7,23 log₁₀ kob/g) C örneğinde depolamanın 7. gününde, en yüksek sayısı ise (8,22 log₁₀ kob/g) K örneğinin 1. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin *S. thermophilus* sayıları üzerindeki değişimleri Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. *S. thermophilus* sayılarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.2.4. Maya ve küf sayısı

Örneklerin tamamında maya ve küf sayısı depolama süresince tespit edilebilir seviyenin (<2 log₁₀ kob/g) altında bulunmuştur. İlhan vd. (2020) farklı konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* ilavesiyle ürettikleri ekmek formülasyonlarındaki küf gelişiminin %29,17-%50,52 oranlarında inhibe edildiği sonucunu paylaşmışlardır. Güler (2022) *Spirulina platensis* içeren probiyotik ve klasik yoğurtların tamamında maya-küf sayısının tespit edilebilir sınırın (<2 log₁₀ kob/g) altında bulunduğunu, Barkallah vd. (2017) depolama süresince *Spirulina platensis* ilaveli yoğurtlarda maya-küf tespit etmediklerini, Ertem ve Çakmakçı'da (2018) Gobdinli probiyotik yoğurtların tamamında 21 günlük depolama süresince maya ve küfe rastlamadıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacıların bulguları bu çalışma sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Bu sonuçlar, yoğurt üretim işlemlerinin hijyenik şartlarda yürütüldüğünü göstermektedir.

4.2.5. Koliform grubu bakteri sayısı

Yoğurt örneklerinin tamamında depolama süresince koliform grubu bakteri sayıları tespit edilebilir düzeyin ($<1 \log_{10}$ kob/g) altında belirlenmiştir. Barkallah vd. (2017) yoğurt örneklerinin 28 günlük depolama süresince koliform bakteri tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Aydemir ve Öner (2020) *Spirulina platensis*'li yoğurtlarda mikroalg ilave edilmesinin yoğurt örneklerindeki koliform grubu bakteri sayıları üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir ($p>0,05$). Araştırmacıların sonuçları bu çalışma bulgularıyla uyum göstermektedir. Çalışma sonuçları, koliform grubu bakterilerin belirlenmemesinde 4°C 'de 21 günlük depolama süresince yoğurtların güvenli ve hijyenik olduğunu aynı zamanda da muhafaza edildiğini göstermiştir.

4.3. Yoğurtların Fiziko-Kimyasal Özellikleri

4.3.1. Kurumadde

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubu ilave edilerek üretilen yoğurt örneklerine ait kurumadde oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.8'de sunulmuştur. *C. vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın kurumadde miktarları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.8. Yoğurtların kurumadde değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	51,183	3	17,061	142,324	0,000
Depolama	11,945	3	3,982	33,214	0,000
Depolama x Örnek	4,345	9	0,483	4,027	0,007
Hata	1,918	16	0,120		
Toplam	7582,932	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin kurumadde oranlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.9'da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artış ve

akçaağaç şurubu ilavesinin yoğurt örneklerinde kurumadde değerlerini artırdığı sonucu bulunmuştur. Barkallah vd. (2017) *Spirulina* ile zenginleştirdikleri yoğurtların kurumadde oranlarını; kontrol grubunda $22,47 \pm 0,03$ ve $0,25$ konsantrasyonlu grupta $22,62 \pm 0,07$ g/100 g olarak belirlemişlerdir. Ayrıca sonuçlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli bulunduğunu bildirmişlerdir ($p < 0,05$). Debbabi vd. (2018) *Spirulina platensis* ile zenginleştirdikleri yoğurt örneklerinde kurumadde oranının kontrol örneğinden daha yüksek olduğunu bu çalışma sonuçlarıyla benzer olarak paylaşmışlardır.

Tablo 4.9. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen kurumadde değerleri (n=3)

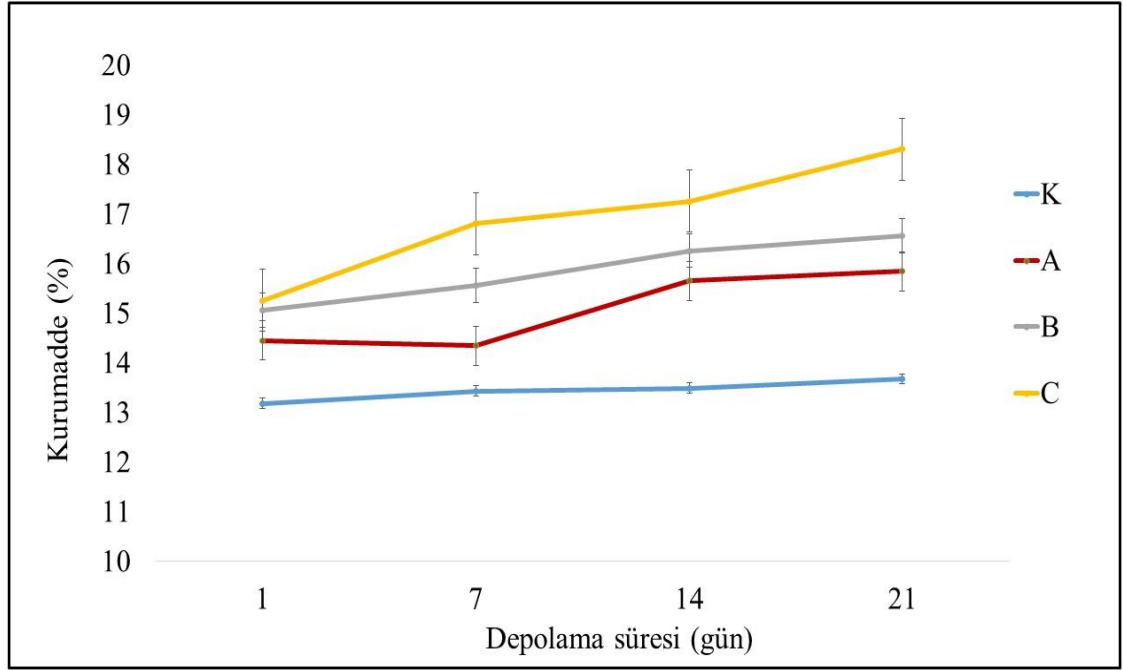
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	$13,18 \pm 0,26^{b,A}$	$13,43 \pm 0,02^{d,A}$	$13,49 \pm 0,14^{c,A}$	$13,67 \pm 0,17^{d,A}$
A	$14,45 \pm 0,07^{ab,B}$	$14,34 \pm 0,50^{c,B}$	$15,65 \pm 0,44^{b,A}$	$15,84 \pm 0,08^{c,A}$
B	$15,06 \pm 1,03^{a,A}$	$15,56 \pm 0,33^{b,A}$	$16,26 \pm 0,02^{b,A}$	$16,56 \pm 0,33^{b,A}$
C	$15,26 \pm 0,03^{a,D}$	$16,80 \pm 0,14^{a,C}$	$17,26 \pm 0,02^{a,B}$	$18,30 \pm 0,00^{a,A}$

K: Kontrol; A: $0,50$ *Chlorella vulgaris* + 1 akçaağaç şurubu; B: $0,75$ *Chlorella vulgaris* + 1 akçaağaç şurubu ve C: 1 *Chlorella vulgaris* + 1 akçaağaç şurubu.

^{a-d} Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D} Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesinin ve depolamanın kurumadde değerleri üzerindeki etkisinin önemli olduğu analiz edilmiştir ($p < 0,05$). Depolama süresince kurumadde değerleri bütün örneklerde birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük kurumadde değeri ($13,18$) K örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek değer ise ($18,30$) C örneğinin 21. gününde saptanmıştır. Ayrıca depolama süresi ilerledikçe yoğurt örneklerinin kurumadde değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin kurumadde değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Kurumadde değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.2. Yağ

Yoğurt örneklerine ait yağ oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.10’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve depolama x örnek interaksiyonunun yağ değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 4.10. Yoğurtların yağ değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.($*p$.)
Örnek	0,260	3	0,087	53,019	0,000
Depolama	0,811	3	0,270	165,453	0,000
Depolama x Örnek	0,151	9	0,017	10,249	0,000
Hata	0,026	16	0,002		
Toplam	425,163	32			

* $p < 0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin yağ değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.11’de verilmiştir. *C. vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt

örneklerinin yağ değerlerinde artış tespit edilmiştir. Genel olarak mikroalglerin omega-3 serili çoklu doymamış yağ asitlerinden olan (PUFA) eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) vb. esansiyel öğeleri fazla oranlarda içermelerinin de bu sonuca katkı sağladığı düşünülmektedir (Caporgno ve Mathys, 2018; Sasa vd., 2020). Sengupta vd. (2018) *Spirulina platensis*'in farklı konsantrasyonlarıyla ürettikleri soya yoğurtlarındaki yağ değerlerinin kontrol yoğurduna yakın değerler aldığını paylaşmışlardır. Bu çalışma sonuçlarındaki yağ değerleri (%3,14-3,91) Aydemir ve Öner (2020)'in *Spirulina platensis* ilave ederek ürettikleri yoğurtlardaki değerlerden (%2,9-3,10) yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.11. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen yağ değerleri (n=3)

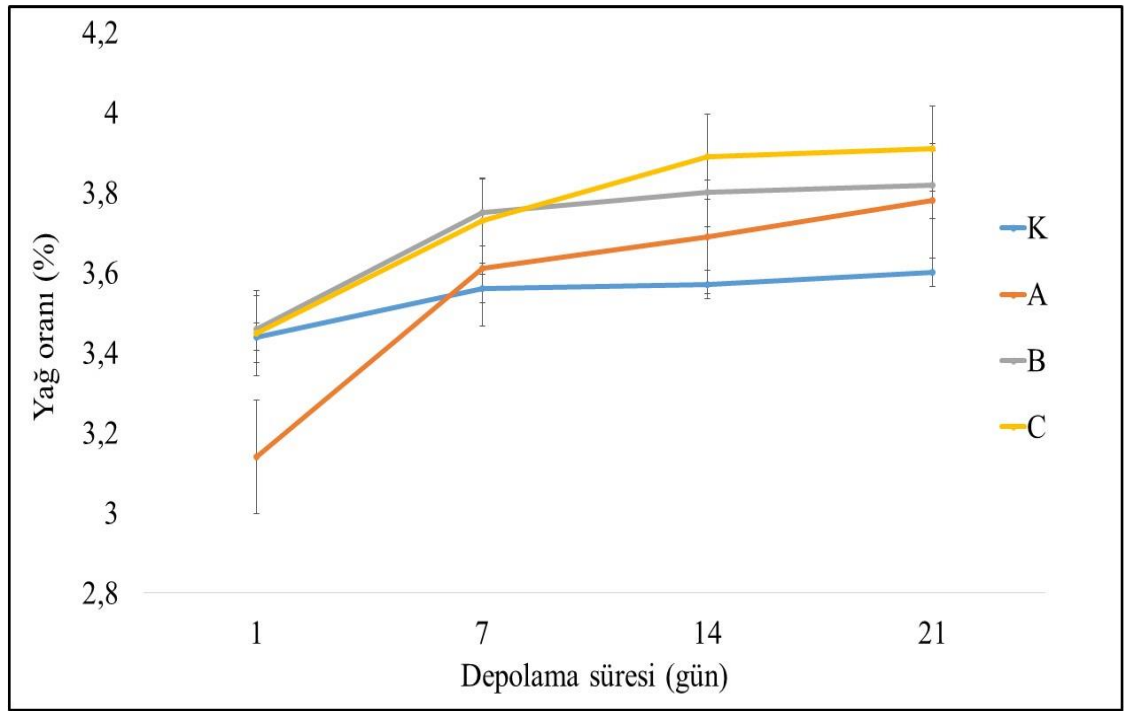
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	3,44±0,05 ^{a,B}	3,56±0,04 ^{b,A}	3,57±0,00 ^{d,A}	3,60±0,01 ^{c,A}
A	3,14±0,01 ^{b,D}	3,61±0,02 ^{ab,C}	3,69±0,01 ^{c,B}	3,78±0,02 ^{b,A}
B	3,46±0,01 ^{a,B}	3,75±0,07 ^{a,A}	3,80±0,02 ^{b,A}	3,82±0,03 ^{b,A}
C	3,45±0,06 ^{a,C}	3,73±0,08 ^{ab,B}	3,89±0,02 ^{a,A}	3,91±0,02 ^{a,A}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *C. vulgaris* ile akçaağaç şurubu katkısının ve depolama süresinin yağ oranlarına etkisi önemli ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinde yağ oranı en düşük olan 1. gün depolanan A örneğinde (%3,14), en yüksek değer (%3,91) ise 21. günde depolanan C örneğinde saptanmıştır. Sonuçlara bakıldığında; depolama süresi ilerledikçe tüm yoğurt örneklerinde yağ değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin yağ değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Yağ değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.3. Titrasyon asitliliği

Yoğurt örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.12’de aktarılmıştır. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi önemli düzeyde ($p < 0,05$) olduğu tespit edilirken, örnek x depolama interaksiyonunun etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) belirlenmiştir.

Tablo 4.12. Yoğurtların titrasyon asitlik oranlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	0,228	3	0,076	45,127	0,000
Depolama	0,441	3	0,147	87,339	0,000
Depolama x Örnek	0,036	9	0,004	2,345	0,066
Hata	0,027	16	0,002		
Toplam	70,736	32			

* $p < 0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin titrasyon asitliği değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.13’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde titrasyon asitliği değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Bütün yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleri TS 1330 yoğurt standardı ile uyum göstermektedir. Shin vd. (2008) *Spirulina*’lı yoğurtların en yüksek asitlik değerini %1 konsantrasyon ilave ederek hazırladıkları örnekte tespit etmişlerdir. Diğer yoğurtların °SH değerlerinin birbirine çok yakın değerlerde bulunduğunu paylaşmışlardır. Araştırmacı sonuçları bu çalışma bulgularıyla uyum göstermektedir. Pan-utai vd. (2020) taze ve fırında kurutarak elde ettikleri *Arthrospira* mikroalgisiyle ürettikleri yoğurtların asitlik değerlerinde artma sağladığını tespit etmişlerdir. Kurutulmuş %0,5 *Arthrospira*’lı örnek en yüksek (%0,78) asitlik değerini gösterirken taze *Arthrospira*’nın konsantrasyonlarıyla üretilen yoğurtlarda önemli bir farklılık oluşmadığını belirlemişlerdir. Bu sonucu; laktoz fermentasyonu sonucundaki laktik asit üretimi ile mikroorganizma metabolizmasının bir sonucu olarak pH’ın düşmesi ve titre edilebilir asitliğin artması ile açıklamışlardır.

Tablo 4.13. Yoğurtların depolama süresince titrasyon asitliği değerleri (n=3)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	1,30±0,01 ^{b,B}	1,45±0,04 ^{b,A}	1,51±0,02 ^{c,A}	1,24±0,01 ^{d,B}
A	1,30±0,03 ^{b,C}	1,49±0,12 ^{ab,AB}	1,60±0,00 ^{b,A}	1,32±0,02 ^{c,BC}
B	1,31±0,01 ^{b,C}	1,65±0,00 ^{a,A}	1,64±0,01 ^{b,A}	1,44±0,01 ^{b,B}
C	1,44±0,07 ^{a,C}	1,67±0,02 ^{a,AB}	1,74±0,01 ^{a,A}	1,55±0,00 ^{a,BC}

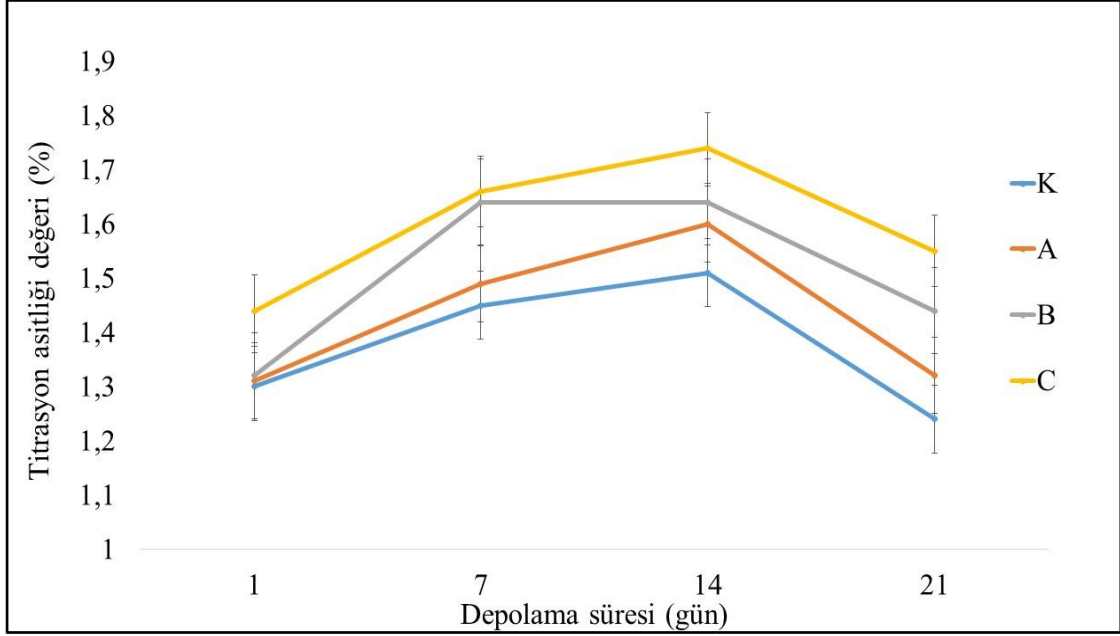
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d} Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D} Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirme işleminin ve depolama süresinin titrasyon asitlik değerlerine etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Örnekler arasında en yüksek titrasyon asitliği değeri 14. günde gözlenirken, en düşük titrasyon asitliği değeri 21. günde belirlenmiştir. Yoğurt örnekleri ve farklı

depolama sürelerinin titrasyon asitliği değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Titrasyon asitliği değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.4. pH

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubuyla takviye edilen yoğurt örneklerine ait pH değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.14’te verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın pH değerleri üzerine etkisi önemli bulunurken ($p < 0,05$), örnek x depolama interaksiyonunun etkisi istatistiksel yönden önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Tablo 4.14. Yoğurtların pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	0,198	3	0,066	17,532	0,000
Depolama	0,476	3	0,159	42,147	0,000
DepolamaxÖrnek	0,061	9	0,007	1,790	0,146
Hata	0,060	16	0,004		
Toplam	554,658	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin pH değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.15’de verilmiştir. *C. vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde pH değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçların elde edilmesinde akçaağaç şurubundan laktik asit üretiminin de etki sağlamış olabileceği paylaşılabılır. Benzer açıklama Jooyandeh vd. (2015) tarafından yoğurt örneklerinin 4°C’de 28 günlük depolamasındaki şekerlerden laktik asit üretiminin etkili olduğu şeklinde yapılmıştır. Barkallah vd. (2017) *Spirulina platensis*’in farklı oranlarıyla üretilen yoğurtlardaki pH farklılıklarının, farklı tamponlanma kapasitelerinin değişiminden oluşabileceğini ayrıca *Spirulina platensis*’li örneklerin fermantasyon işlemi sırasında daha düşük tamponlama kapasitesine sahip olduğunu da rapor etmişlerdir.

Tablo 4.15. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen pH değerleri (n=3)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	4,57±0,04 ^{a,A}	4,26±0,01 ^{a,B}	4,17±0,04 ^{a,AB}	4,09±0,04 ^{a,B}
A	4,39±0,19 ^{ab,A}	4,21±0,00 ^{a,AB}	4,13±0,01 ^{ab,AB}	4,01±0,00 ^{b,A}
B	4,24±0,01 ^{b,A}	4,16±0,01 ^{a,B}	4,08±0,02 ^{b,C}	4,01±0,02 ^{b,D}
C	4,18±0,02 ^{b,A}	4,10±0,11 ^{a,AB}	4,01±0,01 ^{a,B}	3,94±0,00 ^{c,B}

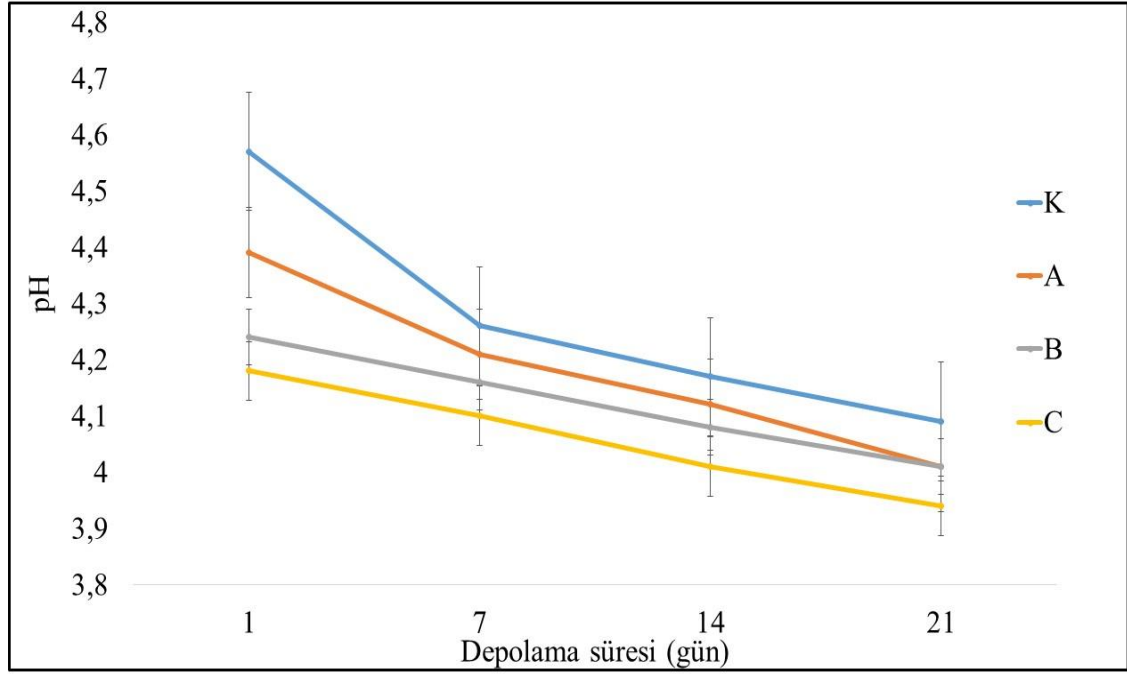
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *C. vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın pH üzerinde önemli (p<0,05) bir etki oluşturduğu tespit edilmiştir. pH değeri en düşük olan C örneği (3,94) olup depolamanın 21. gününde, en yüksek ise (4,57)

K örneği olup 1. gününde saptanmıştır. Depolama süresi ilerledikçe tüm yoğurt örneklerinde pH değerlerinde azalma belirlenmiştir. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin pH değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. pH değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.5. Protein

Zengin besin içeriğine sahip olan *Chlorella vulgaris*’in protein içeriği %61,6’dır (Rodriguez-Garcia ve Guil-Guerrero, 2008; Blas-Valdivia vd., 2011; Ahmad vd., 2020). Mikroalg türlerinin geneli yüksek protein içeriğine sahip olup *Chlorella vulgaris* ve *Arthrospira platensis* ise en iyi protein kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Pulz ve Gross, 2004). *C. vulgaris* ve akçaağaç şurubu ile elde edilen yoğurt örneklerine ait protein oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.16’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın protein değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli düzeyde etki sağlamıştır ($p<0,05$). Benzer şekilde, örnek x depolama interaksiyonunun da protein değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.16. Yoğurtların protein değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	9,562	3	3,187	4473,316	0,000
Depolama	0,701	3	0,234	327,936	0,000
DepolamaxÖrnek	0,190	9	0,021	29,694	0,000
Hata	0,011	16	0,001		
Toplam	714,903	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin protein değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt örneklerinde protein değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.

Tablo 4.17. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen protein değerleri (n=3)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	3,59±0,00 ^{c,D}	3,71±0,01 ^{d,C}	3,82±0,02 ^{d,B}	3,93±0,04 ^{d,A}
A	4,69±0,02 ^{b,B}	4,90±0,00 ^{c,A}	4,91±0,00 ^{c,A}	4,93±0,02 ^{c,A}
B	4,81±0,02 ^{a,D}	4,96±0,01 ^{b,C}	5,03±0,03 ^{b,B}	5,12±0,02 ^{b,A}
C	4,82±0,00 ^{a,D}	4,99±0,00 ^{a,C}	5,34±0,00 ^{a,B}	5,49±0,06 ^{a,A}

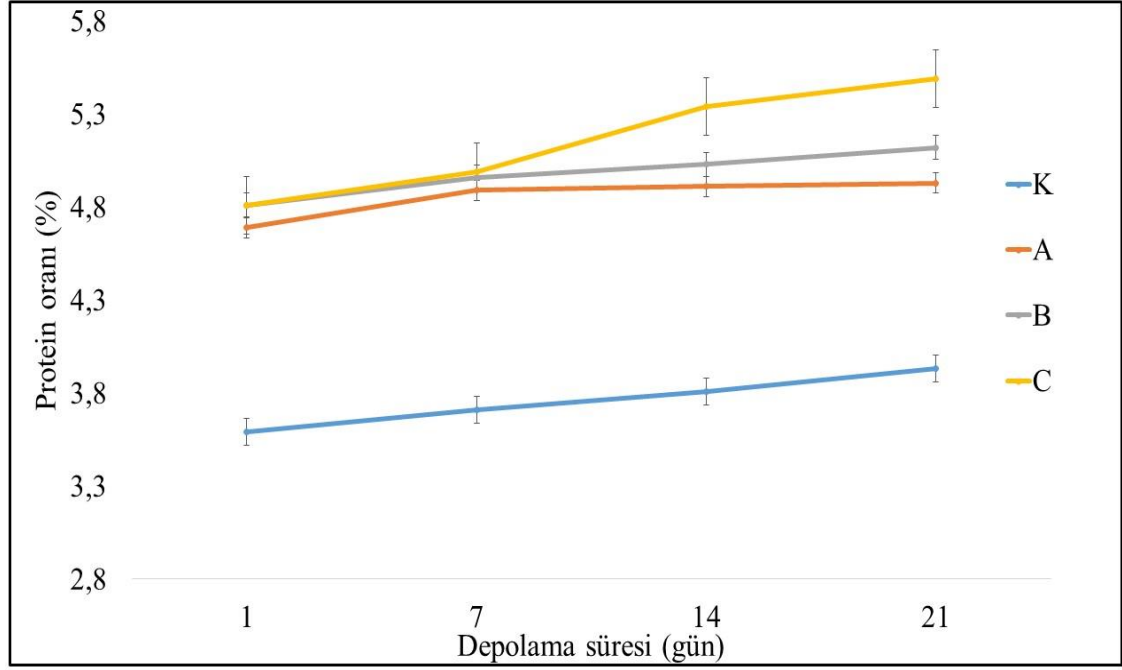
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *C. vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolama işleminin protein değerleri üzerinde etkileri önemli (p<0,05) tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerine ait en düşük protein değeri (%3,59) K örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek değer ise (%5,49) C örneğinin 21. gününde olduğu saptanmıştır. Depolama süresi ilerledikçe yoğurt örneklerinin tamamında protein değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Agustini vd. (2017) kontrol ve %1 *Spirulina platensis* ilavesiyle ürettikleri yoğurtların protein oranlarını sırasıyla 2,288 ve 3,551 olarak bulmuşlardır. Debbabi vd. (2018) *Spirulina platensis*’li yoğurt örneklerinde protein oranının kontrol grubundan daha

yüksek olduğunu rapor ettikleri çalışmaları mevcut çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin protein değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Protein değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.6. Su Tutma Kapasitesi (STK)

Yoğurtların su tutma kapasitelerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.18’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın su tutma kapasiteleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Ayrıca örnek x depolama interaksiyonunun yoğurtların su tutma kapasiteleri üzerindeki etkisi ise önemsiz ($p > 0,05$) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.18. Yoğurtların su tutma kapasitelerine ait varyans analiz sonuçları sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	235,209	3	78,403	41,753	0,000
Depolama	545,693	3	0,234	327,936	0,000
DepolamaxÖrnek	36,250	9	4,028	2,145	0,088
Hata	30,044	16	1,878		
Toplam	83043,061	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolamanın su tutma kapasitesi oranlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.19’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt örneklerinde su tutma kapasitesi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Güler (2022) en yüksek su tutma kapasitesi değerini (%56,5) depolamanın 21. gününde %0,3 *Spirulina platensis*’li probiyotik örneğinde, en düşük değeri ise (%49,4) depolamanın 1. gününde %0,6 *Spirulina platensis*’li klasik örnekte tespit etmiştir. Probiyotik örneklerde %0,6 *Spirulina platensis*’li ve üstündeki konsantrasyonların STK’ni olumsuz etkilediğini paylaşmıştır. Pan-utai vd. (2020) *Arthrospira* mikroalgi kullanarak ürettikleri yoğurtların su tutma kapasitesinin %53-62 arasında değiştiğini ve taze *Arthrospira*’lı yoğurt örneğinin en yüksek su tutma kapasitesi oranını gösterdiğini bulmuşlardır. Torrico vd. (2019) tagatoz ile tatlandırılan çilek aromalı yoğurt örneklerinde %100 sükroz içeren yoğurtların 28 günlük depolama sonrasında %20 tagatozlu yoğurt örneğine göre daha düşük WHC değerine sahip olduğunu paylaşmışlardır. Araştırmacılar bu durumu 28 günlük depolama periyodunda tagatoz ikameli yoğurt örneklerinin protein matriksinde minimal bir bozunma sağladığı bilgisiyle açıklamışlardır.

Tablo 4.19. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen su tutma kapasitesi değerleri (n=3)

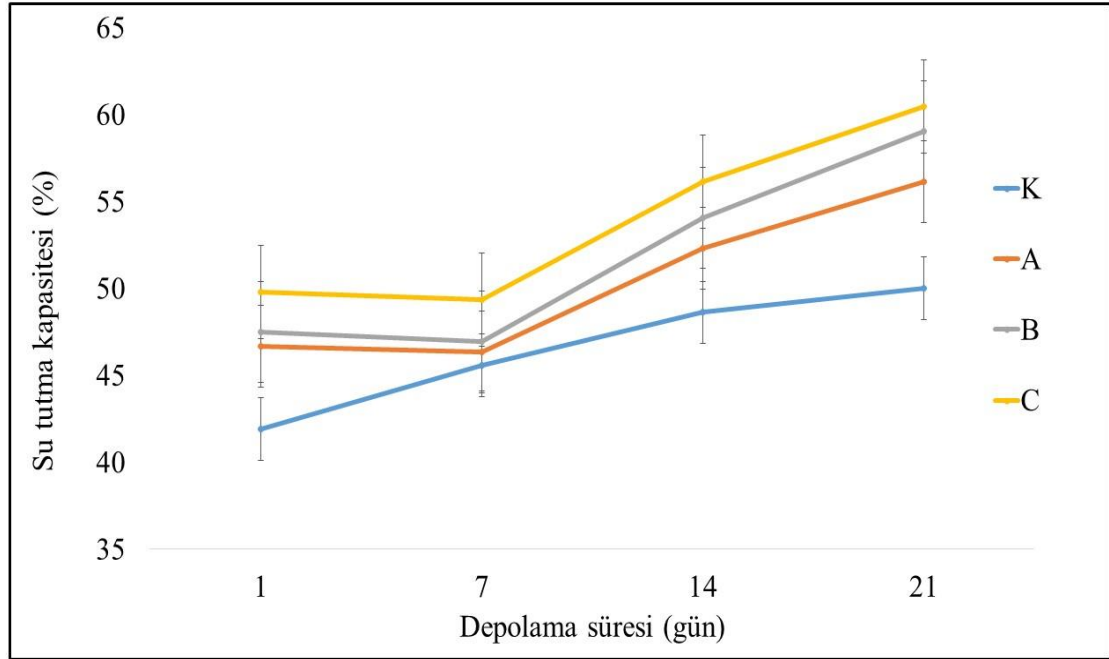
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	41,91±0,01 ^{c,D}	45,58±0,38 ^{b,C}	48,62±0,87 ^{b,B}	50,02±0,03 ^{c,A}
A	46,65±0,00 ^{b,C}	46,34±0,12 ^{b,C}	52,30±0,43 ^{ab,B}	56,13±0,18 ^{b,A}
B	47,49±1,42 ^{b,B}	46,96±1,93 ^{ab,B}	54,05±3,61 ^{ab,A}	59,05±0,63 ^{ab,A}
C	49,80±0,32 ^{a,C}	49,36±0,72 ^{a,C}	56,14±2,08 ^{a,B}	60,47±2,16 ^{a,A}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *C. vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın su tutma kapasitesi değerleri üzerinde önemli ($p<0,05$) etki oluşturduğu tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerine ait en düşük su tutma kapasitesi değeri (%41,91) K örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek değer ise (%60,47) C örneğinde depolamanın 21. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin su tutma kapasitesi değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Su tutma kapasitesi değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.7. Serum ayrılması

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubuyla takviye edilen yoğurt örneklerine ait serum ayrılması değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.20’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın serum ayrılması değerleri üzerine etkisi istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca örnek x depolama interaksiyonunun serum ayrılması değerleri üzerindeki etkisi ise önemsiz olarak belirlenmiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.20. Yoğurtların serum ayrılması değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	7,929	3	2,643	6,014	0,006
Depolama	6,835	3	2,278	5,185	0,011
Depolama x Örnek	8,578	9	0,953	2,169	0,085
Hata	7,031	16	0,439		
Toplam	762,000	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin serum ayrılması değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.21’de verilmiştir. *C. vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerlerinin de azaldığı sonucu belirlenmiştir. Bchir vd. (2019) taze ve kurutulmuş *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) ile zenginleştirilmiş yoğurtlarda konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak sineresiz oranının azaldığını ve en düşük sineresiz değerlerinin %0,5 oranında kurutulmuş (%51,05) ve taze (%54,22) *Spirulina* ilave örneklerde bulunduğunu rapor etmişlerdir. Mevcut çalışma bulgularına göre de *C. vulgaris* ilavesinin serum ayrılması değerlerini azalttığı ifade edilebilir ($p<0,05$). Dirican (2017) %2, %4 ve %6 konsantrasyonlarda çam balı kullanarak ürettikleri probiyotik yoğurt örneklerinde depolama süresince serum ayrılması değerlerinin azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca araştırmacı Duncan testi sonucunda depolama süresince yoğurtlardaki serum ayrılmalarının günlere göre ortalamalarının birbirlerinden farklı olduğunu da paylaşmıştır.

Tablo 4.21. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen serum ayrılması değerleri (n=3)

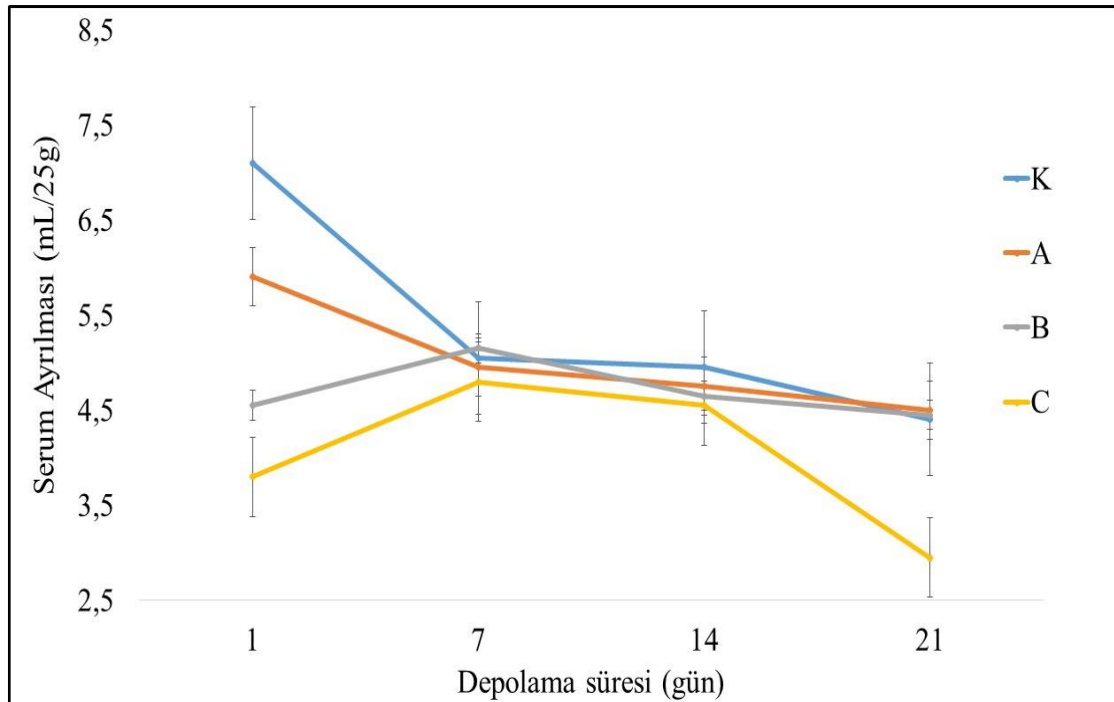
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	7,10±1,55 ^{a,A}	5,05±0,07 ^{ab,AB}	4,95±0,07 ^{a,AB}	4,40±0,14 ^{a,B}
A	5,90±0,56 ^{a,A}	4,95±0,07 ^{ab,B}	4,75±0,07 ^{b,B}	4,50±0,00 ^{a,B}
B	4,55±1,90 ^{a,A}	5,15±0,07 ^{a,A}	4,65±0,07 ^{b,A}	4,45±0,49 ^{a,A}
C	3,80±0,56 ^{a,B}	4,80±0,14 ^{b,A}	4,56±0,07 ^{b,AB}	2,95±0,07 ^{b,C}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d} Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D} Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın serum ayrılması üzerindeki etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Örnekler arasında en düşük serum ayrılması değeri (2,95 ml/25 g) C örneğinde depolamanın 21. gününde, en yüksek değer ise (7,10 ml/25 g) K örneğinin de depolamanın 1. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin serum ayrılması değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Serum ayrılması değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.8. Viskozite

Yoğurtlarda kalite parametreleri arasında yer alan viskozite özellikle duyusal kaliteyi etkilemektedir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla takviye edilen yoğurt örneklerine ait viskozite değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.22’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun viskozite değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.22. Yoğurtların viskozite değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	427811,094	3	142603,698	63,364	0,000
Depolama	1701637,844	3	567212,615	817,431	0,000
Depolama x Örnek	856255,531	9	95139,503	42,274	0,000
Hata	36008,500	16	2250,531		
Toplam	100913243,0	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin viskozite oranlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.23’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinde dalgalanmalar olduğu saptanmıştır. Torrico vd. (2019) tagatoz ile tatlandırılan çilek aromalı yoğurt örneklerinde tagatozun yoğurt viskozitelerini minimal düzeyde etkilediğini ve örneklerin viskozite değerlerinin 1. gün depolamada 6728,33-8123,33 cP olduğunu ve 28. gün depolamada da 4171,67-863,33 cP olduğunu belirtmişlerdir. Hanou vd. (2016) kurutulmuş *Spirulina* ile zenginleştirilmiş yoğurtların viskozitelerinde artış tespit etmişlerdir. Agustini vd. (2017) %1 *Spirulina* ile geliştirilen yoğurdun kontrole göre daha yüksek bir viskozite sergilediğini bildirmişlerdir. Atallah vd. (2020) Ca-kazeinat, peynir altı suyu protein konsantratu ve *Spirulina platensis* ile ürettikleri yoğurtların viskozite değerlerinde; %1 *Spirulina platensis*’li yoğurdun kontrol örneğine göre daha yüksek değer gösterdiğini bulmuşlardır. Nazir vd. (2022) *Spirulina platensis* konsantrasyonundaki artışla birlikte viskozite değerlerinde de artış olduğunu ve depolama süresi ilerledikçe örneklerin viskozitelerinin azaldığını paylaşmışlardır. Mohammadi-Gouraji vd. (2019) fikosiyanin

ile zenginleştirdikleri yoğurtlarda fikosiyaninin viskozite değerlerinde azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonucu; fikosiyaninin viskoziteyi ve dolayısıyla yüzey gerilimini düşürerek üç boyutlu ağın kırılmasına neden olabileceği ve fikosiyaninin ilave edilme prosesindeki yüksek hızda uygulanan karıştırma işleminden kaynaklanabileceği şeklinde açıklamışlardır. Hernández vd. (2022) ise viskozite değerlerindeki farklılığın, zenginleştirilmiş yoğurtların protein konsantrasyonundaki artışına bağlı olarak sistemin yapılanma sürecini destekleyen bir etki sağlamasıyla açıklamışlardır. Yoğurtta viskozite üzerine sütün çeşidi, depolama süresi, ısıtma işlemi, yağ içeriği, katkı maddeleri (hidrokolloidler, süttozu, peynir altı suyu tozu, kalsiyum vb.) etki edebilmektedir (Fernandez-Garcia ve McGregor, 1997; Akın ve Konar, 1999; Shaker vd., 2000; Augustin vd., 2003, Korel, 2003, Sodini vd., 2003, Velez-Ruiz vd., 2003). Bu çalışma ile araştırmacıların bulguları arasındaki farklılıkların *C. vulgaris*, akçaağaç şurubu ve proses işlemlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.23. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen viskozite değerleri (n=3)

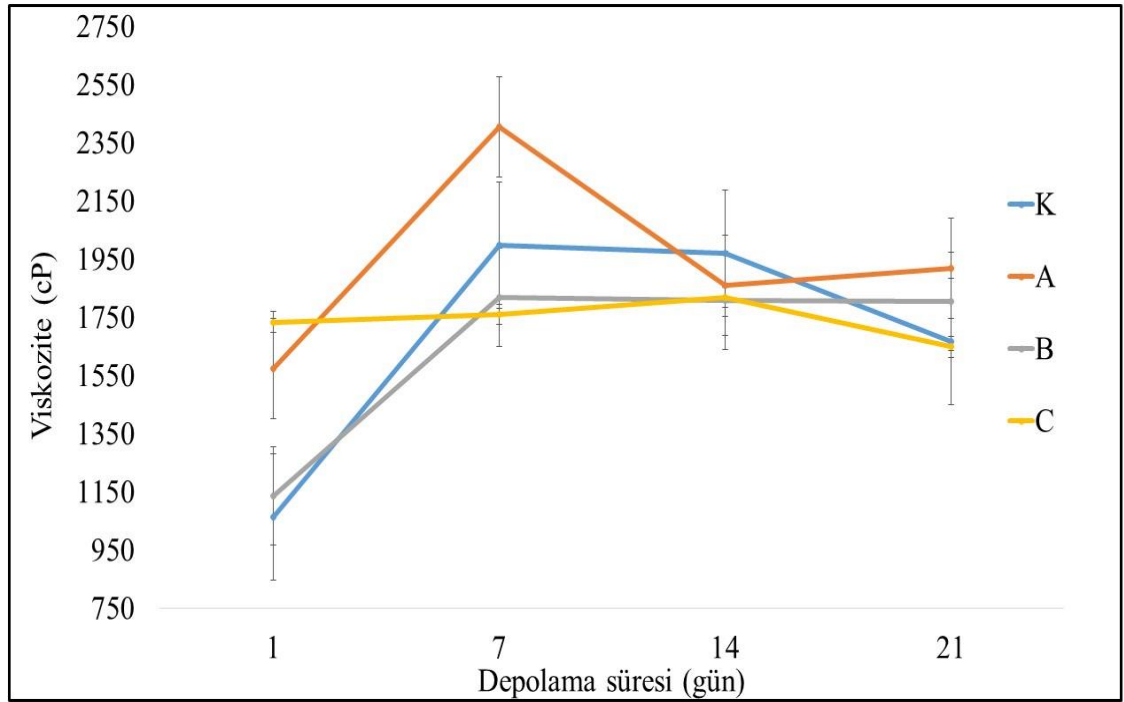
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	1063±2,12 ^{c,C}	1998±2,12 ^{b,A}	1969±43,84 ^{a,A}	1666±155,56 ^{b,B}
A	1574±50,20 ^{b,C}	2405±7,77 ^{a,A}	1859±13,43 ^{ab,B}	1920±34,64 ^{a,B}
B	1136±19,79 ^{c,B}	1819±1,41 ^{c,A}	1808±64,34 ^{a,A}	1805±5,65 ^{ab,A}
C	1733±4,94 ^{a,B}	1760±3,53 ^{d,B}	1818±28,29 ^{a,A}	1648±22,62 ^{b,C}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ile zenginleştirmenin ve depolamanın viskozite sonuçları üzerindeki etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Yoğurtlar arasında en düşük viskozite değeri (1063 cP) K örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek değer ise (2405 cP) A örneğinde depolamanın 7. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin viskozite değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Viskozite değerlerine (50 rpm) ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.9. Toplam antioksidan madde miktarı

Yoğurt örneklerinin toplam antioksidan kapasitelerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.24’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun toplam antioksidan madde miktarları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 4.24. Yoğurtların DPPH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	3320,298	3	1106,766	721,721	0,000
Depolama	793,396	3	264,465	172,458	0,000
Depolama x Örnek	158,192	9	17,577	11,462	0,000
Hata	24,536	16	1,534		
Toplam	59283,162	32			

* $p < 0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin antioksidan içeriklerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.25’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde toplam antioksidan madde miktarlarının da arttığı belirlenmiştir. Mesbah vd. (2022) *Spirulina platensis* ve süt protein konsantratıyla zenginleştirilmiş yoğurtların antioksidan aktivitelerinin diğer yoğurtlara göre önemli ölçüde arttığını ve bunun nedeninin *Spirulina* tozundaki yüksek antioksidan etkiye sahip bileşiklerin yoğunluğundan olabileceğini paylaşmışlardır. Aydemir ve Öner (2020) *Spirulina (Arthrospira) platensis* ile ürettikleri yoğurtların toplam antioksidan değerlerini %25,65-51,83 DPPH arasında bulmuşlardır. Araştırmacılar farklı oranlarda *Spirulina platensis* ilavesinin örneklerin tamamı için toplam antioksidan değerlerini artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca Ismaiel vd. (2016) *Spirulina* tozunun içerdiği yüksek seviyelerdeki klorofil ve karotenoid içeriğinin serbest radikal yakalamada artmaya neden olabileceğini de ifade etmişlerdir. Bununla birlikte mikroalgler suda çözünür fikosiyanin pigmentini, karotenoidleri, fenolik ve vitaminler gibi antioksidan bileşikleri içerdikleri için serbest radikal temizleyici etkide sağlamaktadırlar (Barka ve Blecker, 2016). Çalışma sonuçlarıyla uyumlu olan mevcut araştırma bulguları potansiyel bir antioksidan kaynağı olarak *Chlorella vulgaris*’in akçaağaç şurubu ile birlikte yoğurt örneklerinde kullanılabileceği bilgisini literatüre kazandırmıştır.

Tablo 4.25. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen DPPH değerleri (n=3)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	15,49±1,82 ^{d,C}	32,41±0,55 ^{c,A}	26,31±1,40 ^{d,B}	31,06±1,50 ^{d,A}
A	34,39±1,71 ^{c,C}	42,40±0,56 ^{b,A}	36,64±1,82 ^{c,BC}	40,18±0,26 ^{c,AB}
B	40,19±0,05 ^{b,D}	57,30±2,40 ^{a,A}	49,93±0,09 ^{b,B}	45,18±1,15 ^{b,C}
C	45,13±0,16 ^{a,D}	58,90±1,55 ^{a,A}	55,15±0,20 ^{a,B}	52,55±0,54 ^{a,C}

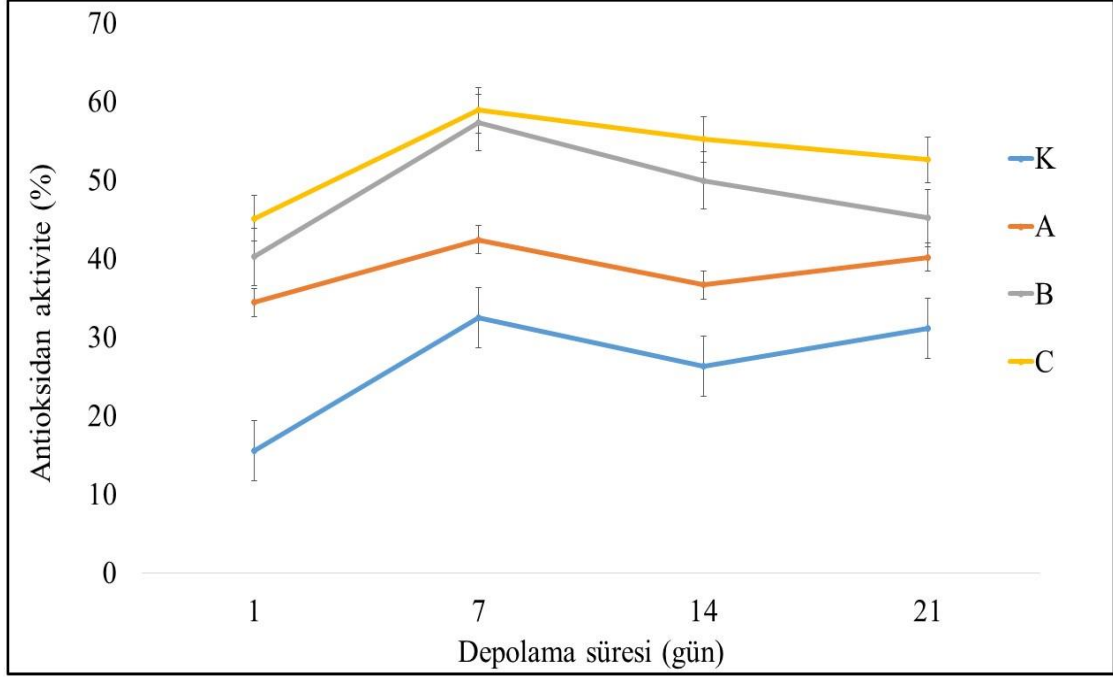
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *C. vulgaris* ve akçaağaç şurubu ile zenginleştirmenin ve depolamanın toplam antioksidan değerleri üzerinde önemli ($p<0,05$) olduğu tespit

edilmiştir. Yoğurt örneklerine ait en düşük toplam antioksidan değeri (%15,49) K örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek değeri ise (%58,90) C örneğinde depolamanın 7. gününde bulunmuştur. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin toplam antioksidan değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12. Toplam antioksidan aktivitelerine (DPPH) ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.10. Toplam fenolik madde değerleri

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubu ile zenginleştirilen yoğurt örneklerine ait toplam fenolik madde miktarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.26’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Benzer şekilde, örnek x depolama interaksiyonunun da toplam fenolik madde değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 4.26. Yoğurtların toplam fenolik madde içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	2416,978	3	805,659	4912,370	0,000
Depolama	130,618	3	43,539	265,473	0,000
DepolamaxÖrnek	29,294	9	3,255	19,846	0,000
Hata	2,624	16	0,164		
Toplam	123498,380	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin fenolik madde miktarlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.27’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde toplam fenolik madde değerlerinin de arttığı sonucu belirlenmiştir. Nazir vd. (2022) *Spirulina platensis* ile üretilen yoğurtların TPC değerlerine mikroalg konsantrasyonunun önemli ölçüde ($p<0,01$) etki sağladığını ve depolama sonunda en yüksek TPC değerinin %2,5 *Spirulina* içeren örnekte olduğunu bildirmişlerdir. O’Sullivan vd. (2014) %0,25 *Ascophyllum nodosum* ve %0,50 *Fucus vesiculosus* ekstraktları ile zenginleştirdikleri sütlerin toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla $74,8\pm3,5$ ve $91,5\pm6,5$ mg GAE/g olarak bulmuşlardır. Ayrıca mevcut çalışma sonucuyla uyumlu olarak Atik vd. (2021) badem ve soya sütü kefir örneklerinin *A. platensis* ile zenginleştirilmesinin önemli ölçüde fenolik madde içeriğinde artmaya neden olduğunu ve toplam fenolik madde değerlerinin 6,09 GAE/kg ile 112,76 mg GAE/kg arasında bulunduğunu paylaşmışlardır. *S. platensis* ve *C. vulgaris*’in fenolik asitler, terpenoidler, steroidler, flavonoidler, fikobilin vb. fenolik bileşikleri açısından zengin olması (Yılmaz-Ersan ve Kurdal, 2016) bu çalışma bulgularındaki toplam fenolik madde içeriğinin yüksek bulunma nedenleri arasında gösterilebilir.

Tablo 4.27. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen toplam fenolik madde değerleri (n=3)

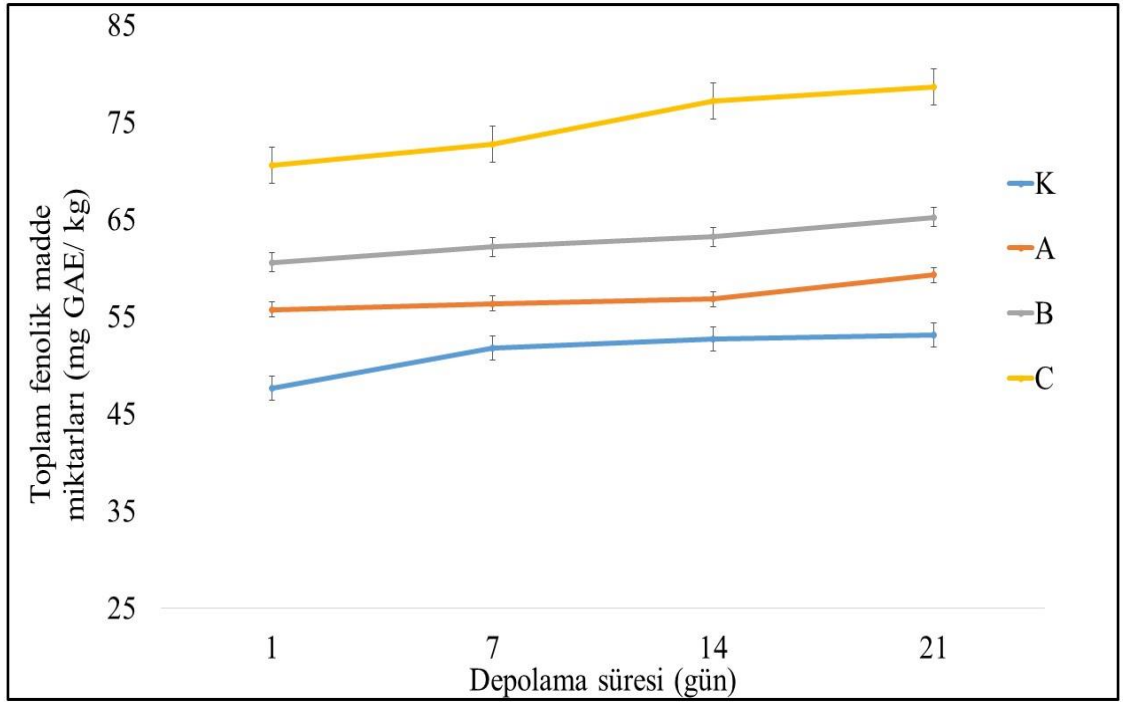
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	47,62±0,53 ^{d,C}	51,73±0,38 ^{d,B}	52,66±0,02 ^{d,AB}	53,10±0,14 ^{d,A}
A	55,73±0,18 ^{c,B}	56,36±0,19 ^{c,B}	56,80±0,02 ^{c,B}	59,28±0,79 ^{c,A}
B	60,56±0,79 ^{b,C}	62,17±0,24 ^{b,B}	63,20±0,28 ^{b,B}	65,22±0,31 ^{b,A}
C	70,55±0,35 ^{a,D}	72,75±0,35 ^{a,C}	77,16±0,22 ^{a,B}	78,62±0,53 ^{a,A}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın toplam fenolik madde miktarları üzerindeki etkisi önemli ($p<0,05$) tespit edilmiştir. En düşük toplam fenolik madde değeri K grubunda (47,62 mg GAE/g) depolamanın 1. gününde en yüksek değer ise depolamanın 21. gününde %1 *C. vulgaris* ilavesiyle üretilen C yoğurt çeşidinde (78,62 mg GAE/g) bulunmuştur. Yoğurtların ve farklı depolama sürelerinin toplam fenolik madde miktarları üzerindeki değişimleri Şekil 4.13'de verilmiştir. Farklı oranlarda *C. vulgaris* ilavesinin örneklerin tamamında toplam fenolik miktarlarında depolama süresince net bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Toplam fenolik madde değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.11. Toplam şeker

Günümüzde tatlandırıcıların gıda formülasyonlarında yaygın olarak kullanılması enerji içeriği azaltılmış, şekerli ve diyet ürünlerinin hazırlanmasında ve raf ömrünün geliştirilmesinde tatlandırıcıların şeker ikamesi olarak kullanılmasını sağlamıştır. Çoğu kronik rahatsızlıkların gittikçe artması yapılan araştırmaların tatlandırıcılar ile hazırlanmış süt ürünlerine odaklanmasını sağlamıştır (Aida, 2009; McCain vd., 2018). *C. vulgaris* ve akçaağaç şurubu ile üretilen yoğurtlara ait toplam şeker oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.28’de verilmiştir. *C. vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun toplam şeker değerleri üzerine etkisi önemli olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 4.28. Yoğurtların toplam şeker değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	302,582	3	100,861	6750,759	0,000
Depolama	3,265	3	1,088	72,854	0,000
DepolamaxÖrnek	5,142	9	0,571	38,237	0,000
Hata	0,239	16	0,015		
Toplam	5570,761	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolamanın toplam şeker değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.29’da verilmiştir. Akçaağaç şurubu yoğurt örneklerinde toplam şeker değerlerini artırmıştır. Dal (2016) kurutulmuş Trabzon hurmasıyla ürettikleri yoğurt örneklerinin şeker içeriklerini yaş meyveli yoğurtların şeker oranlarından daha yüksek olarak analiz etmiştir. Araştırmacı bu sonucun kuru meyvenin birim değerindeki şeker oranının daha fazla olmasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Bu çalışma bulguları incelendiğinde şeker miktarının kurumaddeye etkisinin olduğu ve böylece yoğurt örneklerinin kurumadde ve şeker değerleri arasında doğru bir orantı sağladığı paylaşılabılır. Reis vd. (2011) aspartam, asesulfame-K, siklamat, sakkarin, stevia ve sukraloz gibi çeşitli tatlandırıcı ve bunların kombinasyonlarını kullanarak ürettikleri çilek aromalı yoğurtların tatlılık derecelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar tatlılık oranını %11,5 oranında sakkaroz ile tatlandırılmış yoğurda eşdeğer tatlılıkta olacak şekilde belirlemişler ve siklamat/sakarın (2:1)/stevia (1,8:1) için bu oranı %0,043 şeklinde tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışma sonuçlarına göre çilek aromalı yoğurt üretimi için özellikle asesülfam-K ve stevianın farklı kombinasyonlarının kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Tablo 4.29. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen toplam şeker miktarı değerleri (n=3)

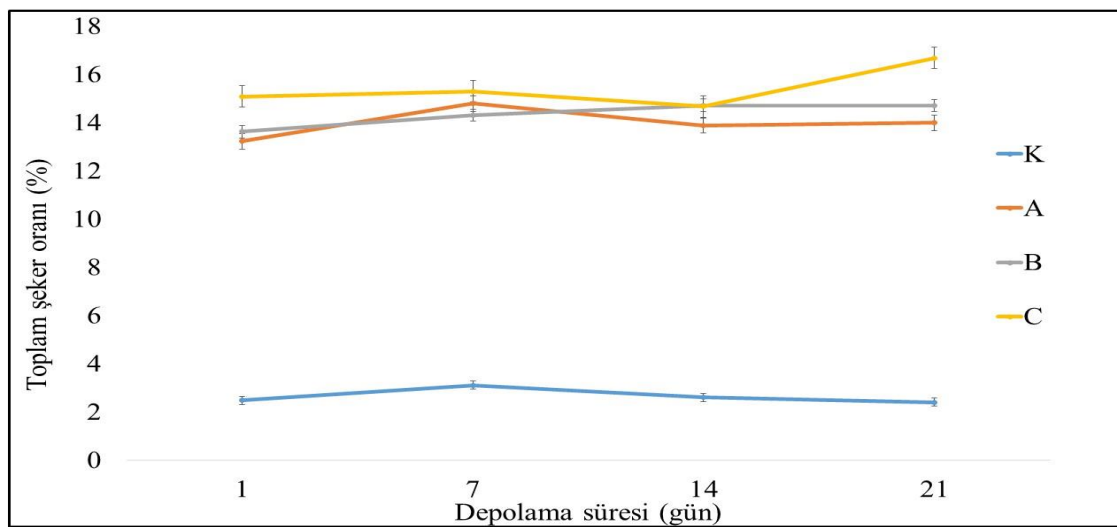
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	7,47±0,04 ^{d,C}	7,86±0,05 ^{d,A}	7,59±0,02 ^{c,B}	7,37±0,04 ^{d,C}
A	13,22±0,03 ^{c,D}	14,78±0,02 ^{b,A}	13,87±0,04 ^{b,C}	13,99±0,00 ^{c,B}
B	13,62±0,09 ^{b,C}	14,30±0,02 ^{c,B}	14,71±0,05 ^{a,A}	14,70±0,14 ^{b,A}
C	15,08±0,12 ^{a,BC}	15,30±0,28 ^{a,B}	14,66±0,08 ^{a,C}	16,58±0,30 ^{a,A}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın toplam şeker değerleri üzerine önemli ($p<0,05$) etki sağladığı analiz edilmiştir. Buna göre, örneklerin tamamında depolama süresi boyunca toplam şeker değerleri birbirinden farklı bulunmuştur. Deneme yoğurt örneklerine ait en düşük toplam şeker değeri (%7,37) K örneğinde depolamanın 21. gününde, en yüksek değer ise (%16,58) C örneğinde depolamanın 21. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin toplam şeker değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14. Toplam şeker miktarlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.12. Renk değerleri

Tüketicilerin gıdaları tercih etmelerinde renk özellikleri beğeni düzeylerini doğrudan etkilemektedir. Yoğurt örneklerinin renk değerlerinin tespitinde hem cihaz kullanılarak L^* , a^* ve b^* parametreleri tespit edilmiş hem de duyuşal açıdan panelistlerin renk değerlendirmeleri yapılmıştır.

4.3.12.1. L^* Değerleri

Yoğurtların L^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.30’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt çeşitlerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun L^* değerleri üzerine etkisi önemli tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.30. Yoğurtların L^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	6006,035	3	2002,012	28144,081	0,00
Depolama	26,154	3	8,718	122,557	0,00
Depolama x Örnek	22,301	9	2,478	34,883	0,00
Hata	1,138	16	0,071		
Toplam	142053,702	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin L^* değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.31’de verilmiştir. Kontrol örneklerinde *Chlorella vulgaris*+akçaağaç şurubu katkısı olmadığından, parlaklık değerleri diğer örneklere kıyasla anlamlı ve yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde L^* değerlerinin ise azaldığı sonucu belirlenmiştir. Konsantrasyon arttıkça L^* değerindeki azalma üzerinde *Chlorella vulgaris*’in yeşil renk pigmentlerince zenginliğinde etkili olduğu düşünülmektedir. Shin vd. (2008) *Spirulina* tozunun farklı konsantrasyonlarıyla (%0,25, %0,50 ve %1) ürettikleri yoğurtların L^* değerlerinin ($90,77\pm0,47$, $73,43\pm0,14$, $65,91\pm0,40$, $55,10\pm0,35$ sırasıyla) azaldığını bulmuşlardır. Barkallah vd. (2017) kontrol ve %0,25 *Spirulina platensis*’li yoğurt örneklerinin L^*

değerlerini sırasıyla 86 ve 59 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacıların sonuçları mevcut çalışma bulgularıyla uyum göstermektedir.

Tablo 4.31. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen L^* değerleri (n=3)

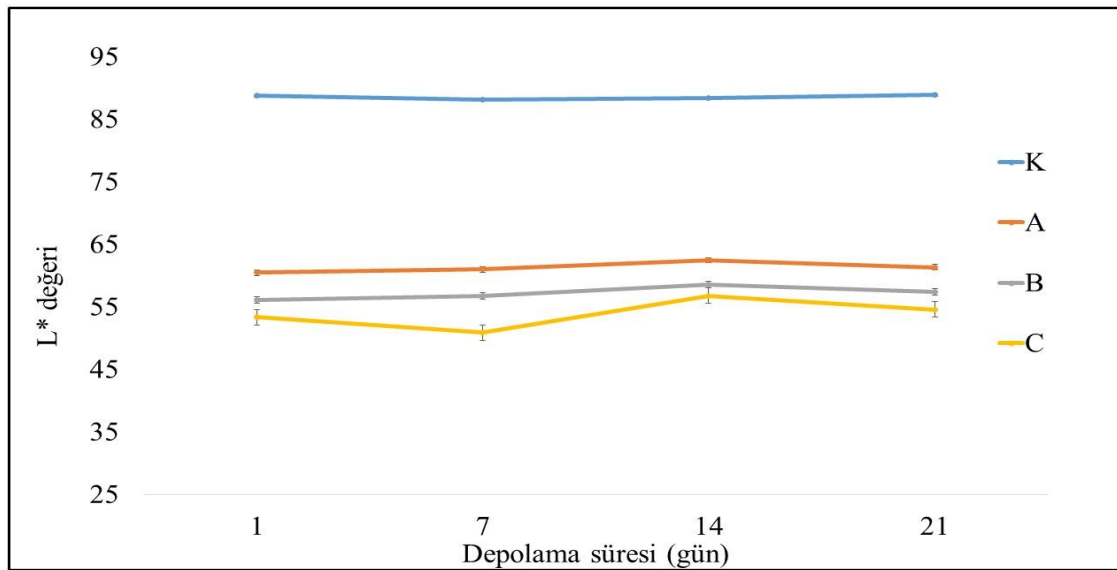
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	88,70±0,28 ^{a,AB}	88,05±0,07 ^{a,C}	88,32±0,02 ^{a,BC}	88,85±0,01 ^{a,A}
A	60,41±0,02 ^{b,C}	60,93±0,02 ^{b,BC}	62,40±0,42 ^{b,A}	61,30±0,42 ^{b,B}
B	56,02±0,03 ^{c,D}	56,71±0,01 ^{c,C}	58,51±0,02 ^{c,A}	57,37±0,18 ^{c,B}
C	53,31±0,79 ^{d,C}	50,83±0,01 ^{d,D}	56,75±0,05 ^{d,A}	54,57±0,09 ^{d,B}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın L^* değerleri üzerinde önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerine ait en düşük L^* değeri (50,83) C örneğinde depolamanın 7. gününde, en yüksek değer ise (88,85) K örneğinde depolamanın 21. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin L^* değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. L^* değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.12.2. a^* Değerleri

Yoğurt örneklerine ait a^* değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.32’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt çeşitleri, depolama ve örnek x depolama interaksiyonunun a^* değerleri üzerine etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Tablo 4.32. a^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(p .)
Örnek	6,433	3	2,144	3465,731	0,00
Depolama	5,970	3	1,990	3215,953	0,00
DepolamaxÖrnek	2,449	9	0,272	439,742	0,00
Hata	0,010	16	0,001		
Toplam	243,093	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolamanın a^* değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.33’de verilmiştir. a^* değerinin yorumlanmasında 0’dan negatif (-) değere doğru gittikçe yeşillik, pozitif (+) değere doğru gittikçe kırmızılık artış göstermektedir. *C. vulgaris* ilavesinin a^* parametre değerlerinde azalmaya yol açtığı ve en düşük yeşil renk tonunun (-4,31) C örneğinde olduğu belirlenmiştir. Bu bulguya klorofil pigmentini yüksek oranda içeren ve yeşil renk tonunda bulunan *C. vulgaris* konsantrasyon artışının etki ettiği düşünülmektedir. Barkallah vd. (2017) a^* değerlerini kontrol ve %0,25 *Spirulina platensis*’li örneklerde sırasıyla -4,4 ve -6,4 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular araştırmacı sonuçlarından farklı bulunmuştur. Kullanılan akçaağaç şurubunda bunda etkili olabileceği düşünülmektedir. Torrico vd. (2019) depolamanın 1. gününde tagatoz kullanımının yoğurtların a^* değerlerinin azalmasına ve depolamanın sonuna doğru ise a^* değerlerindeki artışa şeker kullanımının etki sağladığını paylaşmışlardır.

Tablo 4.33. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen a^* değerleri (n=3)

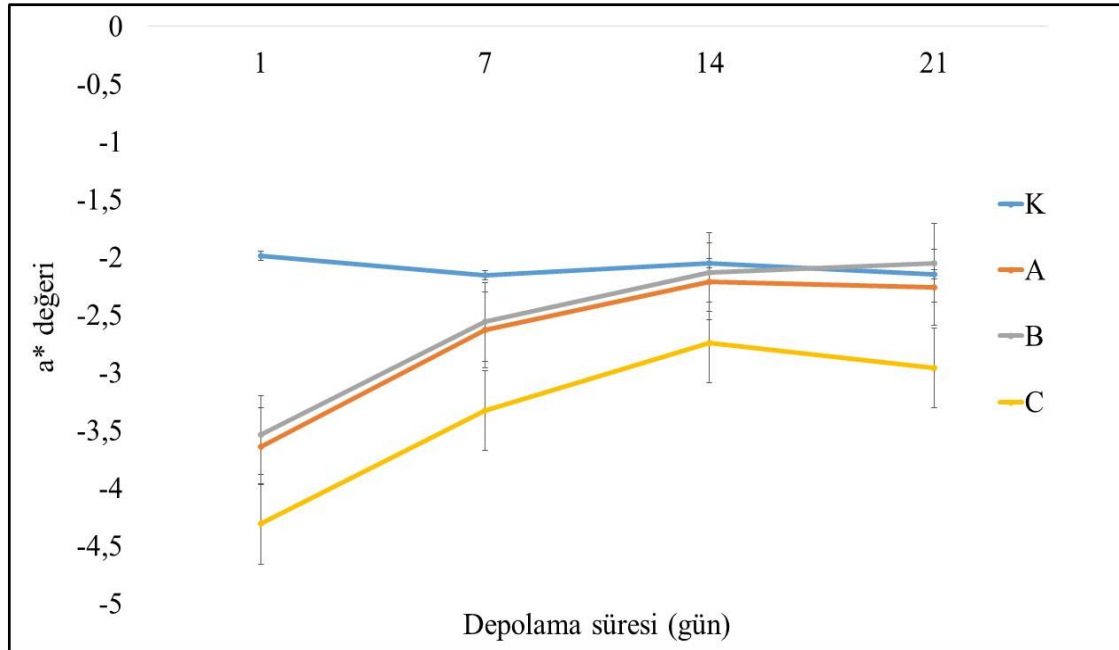
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	-1,99±0,01 ^{d,B}	-2,16±0,01 ^{d,A}	-2,02±0,03 ^{c,B}	-2,15±0,00 ^{c,A}
A	-3,64±0,03 ^{b,A}	-2,63±0,00 ^{b,B}	-2,21±0,01 ^{b,C}	-2,26±0,02 ^{b,C}
B	-3,54±0,03 ^{c,A}	-2,56±0,01 ^{c,B}	-2,13±0,02 ^{b,C}	-2,05±0,01 ^{d,D}
C	-4,31±0,02 ^{a,A}	-3,33±0,02 ^{a,B}	-2,74±0,04 ^{a,D}	-2,96±0,02 ^{a,C}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın a^* değerleri üzerine etkisinin $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Yoğurt örneklerine ait en yüksek a^* değeri (-1,99) depolamanın 1. gününde K örneğinde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin a^* değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. a^* değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.3.12.3. *b** Değerleri

Yoğurt örneklerine ait *b** değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 4.34’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun etkisi *b** değerleri üzerine önemli olarak belirlenmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4.34. Yoğurtların *b** değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig. (*p.)
Örnek	524,568	3	174,856	5621,816	0,00
Depolama	2,103	3	0,701	22,536	0,00
Depolama x Örnek	5,084	9	0,565	18,162	0,00
Hata	0,498	16	0,031		
Toplam	10262,727	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin *b** değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.35’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde pozitif *b** (sarılık) değerlerinin arttığı sonucu bulunurken *Chlorella vulgaris*+akçaağaç şurubu ilavesi olmayan kontrol yoğurtlarının daha açık sarı renge sahip olduğu saptanmıştır. Barkallah vd. (2017), *b** değerlerini kontrol ve % 0,25 *Spirulina* katkılı yoğurtlarda sırasıyla 11,2 ve 7,7 olarak bulmuşlardır. Shin vd. (2008) kontrol, %0,25, %0,50 ve %1 *Spirulina platensis*’li yoğurt örneklerinin *b** değerlerini sırasıyla 10,76, 7,97, 8,17 ve 8,17 olarak analiz etmişlerdir. Güler (2022) *Spirulina platensis*’in yoğurtların *b** değerleri üzerine olan etki düzeyini istatistiksel açıdan $p<0,01$ seviyesinde önemli bulmuştur. En yüksek *b** değerini (15,07) klasik grupta ve %0,9 *Spirulina platensis*’li örnekte, en düşük değeri ise 8,06 ile klasik kontrol örneğinde tespit etmiştir. Torrico vd. (2019) %100 tagatoz kullanılarak ürettikleri yoğurtların *b** değerlerinin (7.13-7.54) depolama süresince %100 sükröz örneklerinin değerlerinden (6.46-6.92) daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4.35. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen b^* değerleri (n=3)

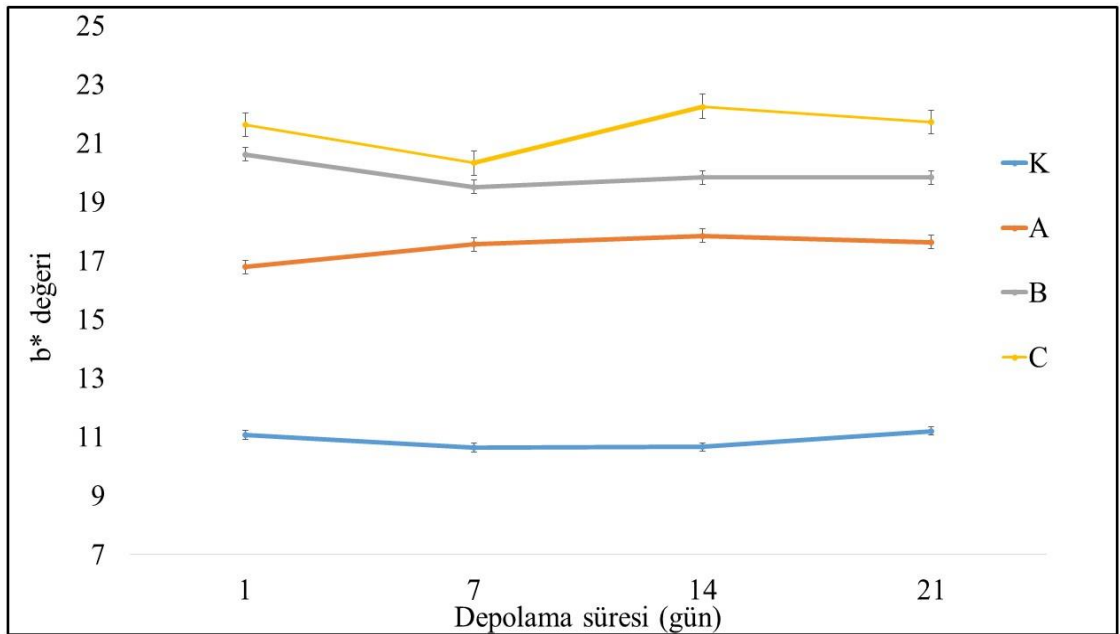
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	11,06±0,08 ^{d,A}	10,63±0,01 ^{d,B}	10,64±0,04 ^{d,B}	11,19±0,00 ^{d,A}
A	16,77±0,10 ^{c,C}	17,55±0,07 ^{c,B}	17,84±0,03 ^{c,A}	17,63±0,02 ^{c,B}
B	20,61±0,04 ^{b,A}	19,50±0,00 ^{b,C}	19,83±0,02 ^{b,B}	19,82±0,03 ^{b,B}
C	21,63±0,67 ^{a,A}	20,31±0,02 ^{a,B}	22,25±0,05 ^{a,A}	21,71±0,02 ^{a,A}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

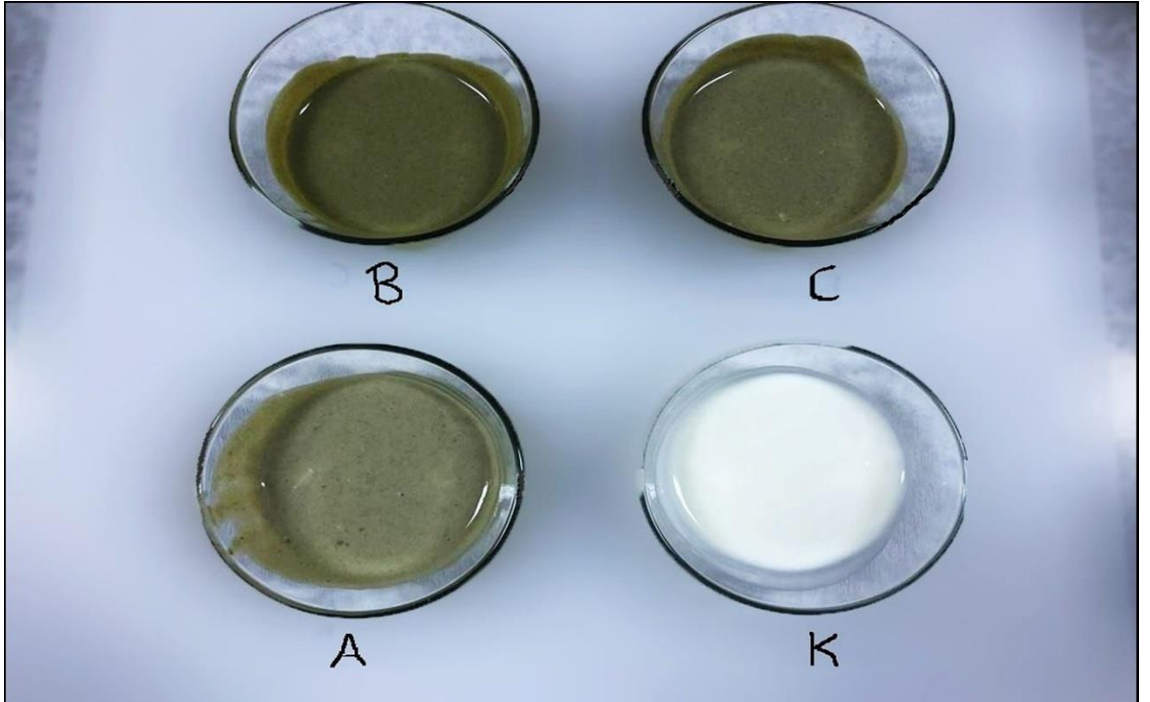
Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın b^* değerleri üzerine etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Yoğurtlara ait en düşük b^* değeri (10,63) K örneğinde depolamanın 7. gününde, en yüksek değer ise (22,25) C örneğinde depolamanın 14. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin b^* değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. b^* değerlerine ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4. Yoğurt Örneklerinin Duyusal Analiz Değerleri

Duyusal özellikler insan duyuları tarafından değerlendirilen, tüketicilerin gıdaları kabul veya reddetmesinde etkili olan özellikleridir. Görünüş, tat, renk, koku, kıvam, asidik tat ve genel kabul edilebilirlik gibi duysal parametrelere göre yoğurtların değerlendirilmesini yapan panelistlerin verdikleri puanların ortalama değerleri ve sonuçları aşağıda verilmiştir. Yoğurt örneklerinin duysal sunumlarına ait görsel Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Yoğurt örneklerinin duysal sunumları

4.4.1. Görünüş

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubu ile takviye edilen yoğurt örneklerine ait görünüş puanlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.36’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksyonunun görünüş puanları üzerine etkisi önemli olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 4.36. Yoğurtların görünüş değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	30,708	3	10,236	4199,340	0,000
Depolama	13,183	3	4,394	1802,868	0,000
DepolamaxÖrnek	3,366	9	0,374	153,418	0,000
Hata	0,039	16	0,002		
Toplam	1423,846	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolamanın görünüş puanlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.37’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artış panelistlerin görünüş puanlarına verdiği puanlarda farklılığa neden olmuştur. Agustini vd. (2017) %1 *Spirulina platensis*’li yoğurtların görünüş ve kıvam parametreleri açısından kontrol grubundan daha çok tercih edildiğini paylaşmışlardır. Araştırmacılar yoğurtların görünüm, lezzet, tat, kıvam ve toplam kabul edilebilirlik puanlarını istatistiksel yönden önemli tespit etmediklerini bildirmişlerdir (p>0,05). Shalaby ve Amin (2019) *Ulva lactuca* (%1 ve %2 oranında) ile ürettikleri yoğurtların görünüm puanları açısından panelistler tarafından iyi puanlar aldığını paylaşmışlardır.

Tablo 4.37. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen görünüş değerleri (n=3)

Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	6,95±0,06 ^{c,A}	8,81±0,02 ^{a,A}	8,68±0,09 ^{a,A}	8,22±0,04 ^{b,A}
A	5,14±0,02 ^{d,C}	7,31±0,02 ^{a,B}	6,99±0,01 ^{b,B}	6,48±0,02 ^{c,B}
B	5,54±0,05 ^{d,B}	7,13±0,04 ^{a,C}	6,21±0,07 ^{b,C}	5,00±0,00 ^{c,D}
C	4,86±0,07 ^{c,D}	6,08±0,01 ^{a,D}	5,78±0,07 ^{b,D}	5,72±0,03 ^{b,C}

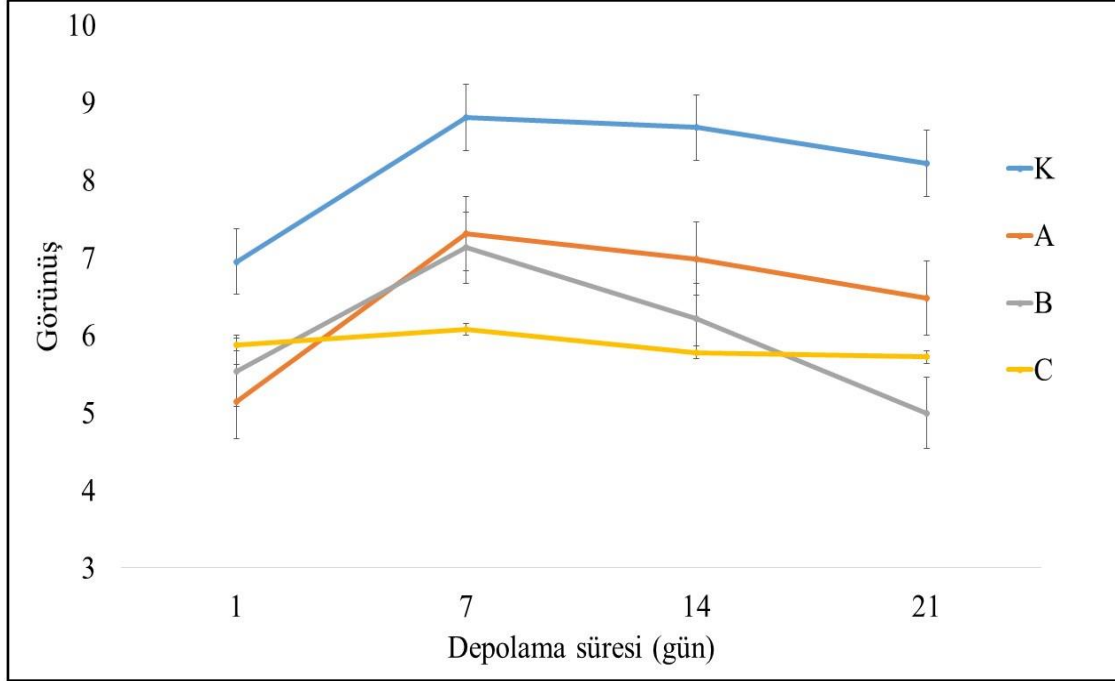
K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d} Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D} Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın görünüş puanları üzerine etkisinin p<0,05 düzeyinde önemli olduğu

belirlenmiştir. Yoğurt örneklerine ait en düşük görünüş puanı (4,86) C örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek puan ise (8,81) K örneğinde depolamanın 7. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin görünüş puanları üzerindeki değişimleri Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Görünüş puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4.2. Tat

Yoğurtların tat puanlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.38’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örnekleri ve depolama tat puanları üzerine önemli düzeyde etki sağlamıştır ($p < 0,05$). Benzer şekilde, örnek x depolama interaksiyonunun da tat puanları üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$).

Tablo 4.38. Yoğurtların tat değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	30,708	3	10,236	4199,340	0,000
Depolama	13,183	3	4,394	1802,868	0,000
DepolamaxÖrnek	3,366	9	0,374	153,418	0,000
Hata	0,039	16	0,002		
Toplam	1423,846	32			

*p<0,05 seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolamanın tat puanlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.39’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt örneklerinde tat puanlarının azaldığı sonucu belirlenmiştir. Güler (2022) yoğurtların tat puanlarını 3,40 ile 4,90 arasında analiz etmiştir. En yüksek tat puanını (4,90) probiyotik ve klasik kontrol grubunda (depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde), en düşük puanı (3,40) ise %0,9 *Spirulina platensis*’li klasik ve %0,9 *Spirulina platensis*’li probiyotik örneklerinde (depolamanın 7, 21 ve 28. günlerinde) bulmuştur. Robertson vd. (2016) farklı konsantrasyonlarda *Pavlova lutheri* ekstraktlarını (%0,25 ve %0,50) kullanarak ürettikleri yoğurtların tadının balığımsı bir tattan dolayı negatif bir korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar su ürünleri uçucu yağıyla zenginleştirilen ürünlerin, mikroenkapsülasyon yöntemi kullanılarak duyu kalitelerinin geliştirilebileceğini de belirtmişlerdir (Estrada vd., 2011; Tamjidi vd., 2012). Beheshtipour vd. (2012) *Arthrospira platensis*’li yoğurtların *C. vulgaris*’li örneklerden daha hoş gitmeyen tat skorları aldığını paylaşmışlardır. Bu durumu mikroalgin kendi kompozisyonundaki sadece prooksidantlardan değil aynı zamanda metalik bir tadın oluşumunda farklı minerallerin miktarından da etkilenebileceği çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonundan kaynaklanabileceği şeklinde açıklamışlardır (Varga vd., 2002; de Caire vd., 2000; Shimamatsu, 2004). Mohammadi-Gouraji vd. (2019) farklı konsantrasyonlarda fikosiyenin tozu (%2, %4 ve %8) içeren yoğurtların %4’lük konsantrasyonunun panelistler tarafından tat değerleri açısından daha beğenilir olduğunu ifade etmişlerdir.

Tablo 4.39. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen tat değerleri (n=3)

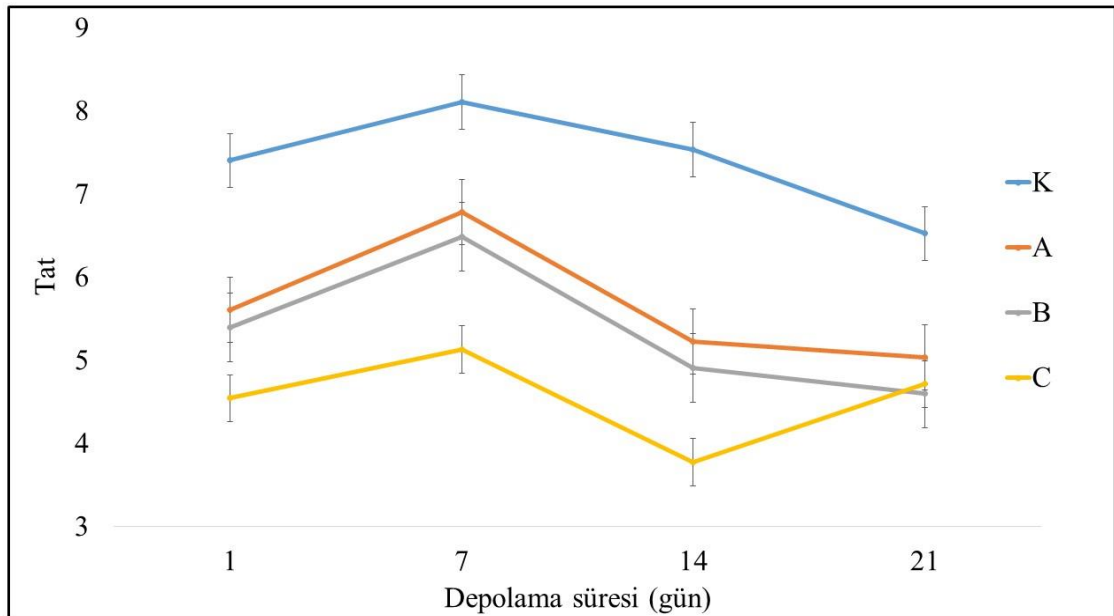
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	7,40±0,02 ^{b,A}	8,10±0,07 ^{a,A}	7,53±0,06 ^{b,A}	6,52±0,07 ^{c,A}
A	5,60±0,08 ^{b,B}	6,78±0,07 ^{a,B}	5,22±0,03 ^{c,B}	5,03±0,04 ^{d,B}
B	5,39±0,03 ^{b,C}	6,48±0,02 ^{a,C}	4,90±0,07 ^{c,C}	4,60±0,07 ^{d,C}
C	4,54±0,06 ^{c,D}	5,13±0,04 ^{a,D}	3,77±0,02 ^{d,D}	4,72±0,05 ^{b,C}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın tat puanları üzerine etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, örneklerin tamamı için bütün depolama sürelerindeki tat puanları birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük tat puanı (3,77) C örneğinde depolamanın 14. gününde, en yüksek puan ise (8,10) K örneğinde depolamanın 7. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin tat puanları üzerindeki değişimleri Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20. Tat puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4.3. Renk

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubuyla üretilen yoğurt örneklerine ait renk puanlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.40’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun renk puanları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4.40. Yoğurtların renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	34,640	3	11,547	3699,021	0,000
Depolama	9,601	3	3,200	1025,293	0,000
Depolama x Örnek	2,660	9	0,296	94,668	0,000
Hata	0,050	16	0,003		
Toplam	1099,361	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin renk değerlerine ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.41’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde renk değerlerinde farklılık tespit edilmiştir. Beheshtipour vd. (2013) *Chlorella* özlü içilebilir yoğurtların diğer örneklerle göre renk, tat, ağızda kalan tat ve genel kabul edilebilirlik puanları açısından daha çok tercih edildiğini bulmuşlardır. Durmaz vd. (2020) farklı konsantrasyonlarda (0,10, 0,20 ve 0,30 g/100 g) sprey kurutulmuş *Nannochloropsis oculata*, *Porphyridium cruentum* ve *Diacronema vlkianum* mikroalgleriyle dondurma üretmişlerdir. *Porphyridium cruentum* algisiyle üretilen dondurma örneklerinin yeşil rengin dışında dondurma örneklerine pembe bir renk kazandırdığını ve daha çok beğenildiğini açıklamışlardır. Mikroalg konsantrasyonu arttıkça *N. oculata* ve *D. vlkianum* katkılı örneklerde tüketildikten sonra acı bir tat olduğu ayrıca kurutmadan önce veya sonra vakum altında düşük sıcaklıkta uygulanacak koku giderme işleminin duyu sonuçlarında olumlu değişikliklere neden olabileceğini de beyan etmişlerdir.

Tablo 4.41. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen renk değerleri (n=3)

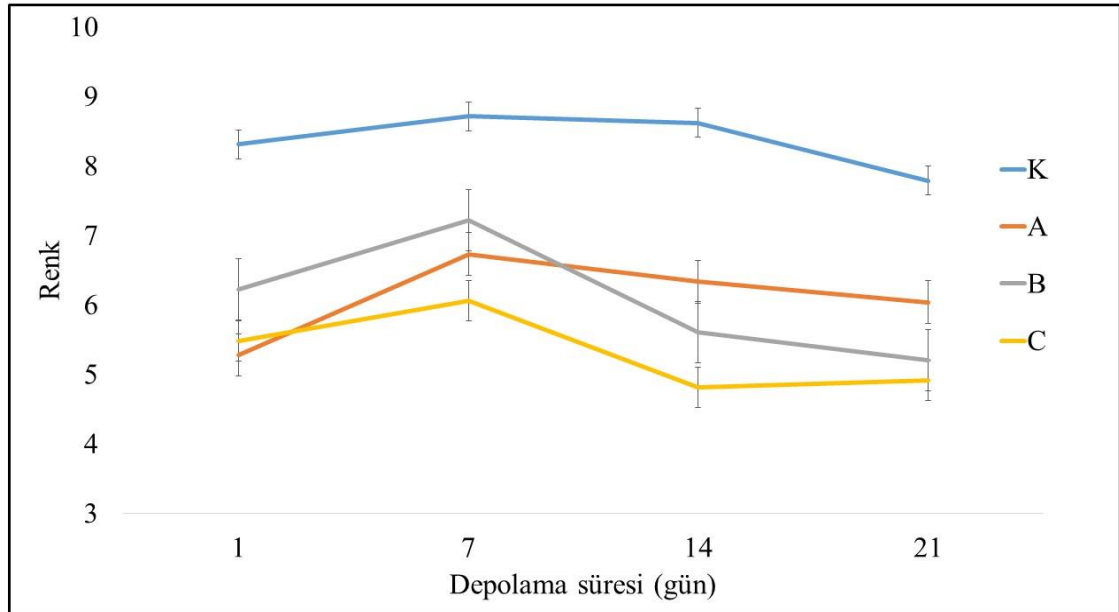
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	8,31±0,02 ^{b,A}	8,71±0,05 ^{a,A}	8,62±0,06 ^{a,A}	7,95±0,06 ^{c,A}
A	5,28±0,06 ^{c,D}	6,73±0,02 ^{a,C}	6,33±0,46 ^{d,B}	6,04±0,05 ^{b,B}
B	6,22±0,03 ^{b,B}	7,23±0,04 ^{a,B}	5,61±0,06 ^{c,C}	5,20±0,05 ^{d,C}
C	5,48±0,02 ^{b,C}	6,06±0,02 ^{a,D}	4,81±0,02 ^{d,D}	4,92±0,01 ^{c,D}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın renk değerleri üzerine etkisinin $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu analiz edilmiştir. Buna göre, tüm örnekler için bütün depolama sürelerindeki renk değerleri birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük renk puanı (4,81) C örneğinde depolamanın 14. gününde, en yüksek puan ise (8,71) K örneğinde depolamanın 7. gününde saptanmıştır. Depolama süresi arttıkça tüm yoğurt örneklerinde renk puanlarının azaldığı gözlenmiştir. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin renk değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21. Renk puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4.4. Koku

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubuyla üretilen yoğurt örneklerine ait koku puanlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.42’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksyonunun koku puanları üzerine etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Tablo 4.42. Yoğurtların koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	42,885	3	14,295	917,643	0,000
Depolama	5,907	3	1,969	126,401	0,000
Depolama x Örnek	3,671	9	0,408	26,187	0,000
Hata	0,249	16	0,016		
Toplam	1392,392	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin koku puanlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.43’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde koku değerlerinde farklılık belirlenmiştir. Mohammadi-Gouraji vd. (2019) farklı konsantrasyonlarda fikosiyanin tozu %2, %4 ve %8 içeren yoğurtların özellikle %2 ve %4 içerenlerin panelistler tarafından daha yüksek koku puanları aldığını paylaşmışlardır.

Tablo 4.43. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen koku değerleri (n=3)

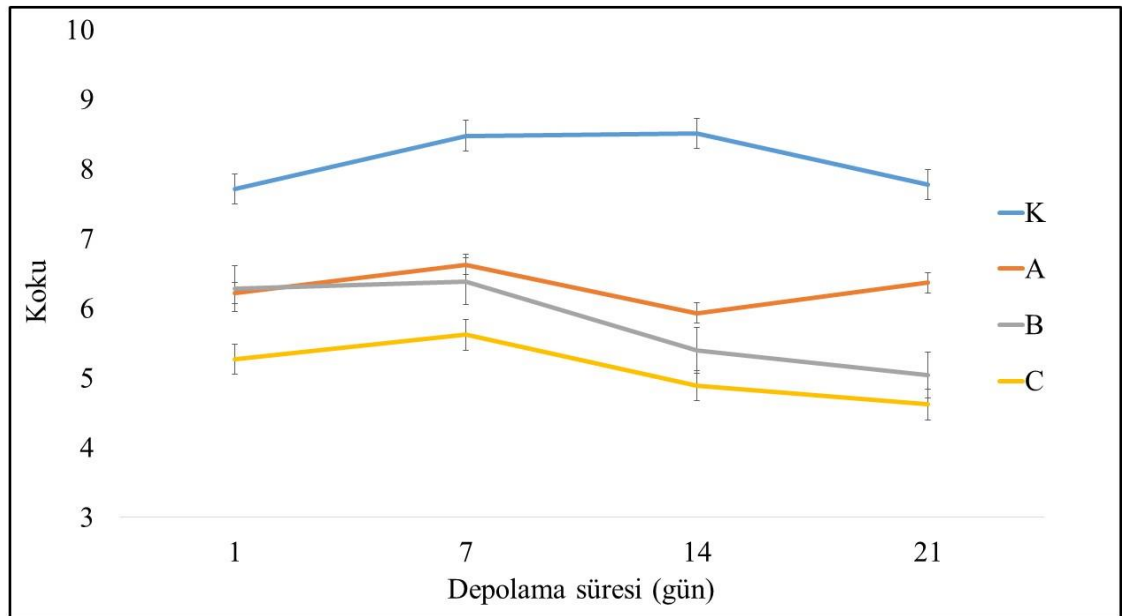
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	7,72±0,03 ^{b,A}	8,48±0,02 ^{a,A}	8,51±0,02 ^{a,A}	7,78±0,07 ^{b,A}
A	6,22±0,03 ^{b,B}	6,63±0,04 ^{a,B}	5,93±0,09 ^{c,B}	6,37±0,07 ^{b,B}
B	6,28±0,04 ^{b,B}	6,39±0,02 ^{a,C}	5,40±0,01 ^{c,C}	5,04±0,05 ^{d,C}
C	5,27±0,03 ^{b,C}	5,62±0,06 ^{a,D}	4,89±0,02 ^{c,D}	4,62±0,04 ^{d,D}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın koku değerleri üzerindeki etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, örneklerin tamamında bütün depolama sürelerinde koku puanları birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük koku puanı (4,62) C örneğinde depolamanın 21. gününde, en yüksek puan ise (8,51) K örneğinde depolamanın 14. gününde saptanmıştır. Depolama süresi ilerledikçe yoğurt örneklerinin tamamında koku puanlarının düştüğü belirlenmiştir. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin koku değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22. Koku puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4.5. Kıvam

Yoğurtların kıvam puanlarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.44’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksiyonunun kıvam puanları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4.44. Yoğurtların kıvam değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	40,225	3	13,408	5444,983	0,000
Depolama	2,943	3	0,981	398,367	0,000
Depolama x Örnek	2,451	9	0,272	110,603	0,000
Hata	0,039	16	0,002		
Toplam	1325,585	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin kıvam puanlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.45’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte yoğurt örneklerinde kıvam puanlarının azaldığı belirlenmiştir. Shalaby ve Amin (2019) ulvan polisakkariti ile üretilen yoğurtların duyu parametrelerinin kontrol yoğurdundan daha fazla kabul edilebilir puanlar ve 1-2% simbiyotik yoğurtun hem kontrol hem de %4’lük konsantrasyondan daha yüksek kıvam ve tekstür puanları aldığını da bildirmişlerdir.

Tablo 4.45. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen kıvam değerleri (n=3)

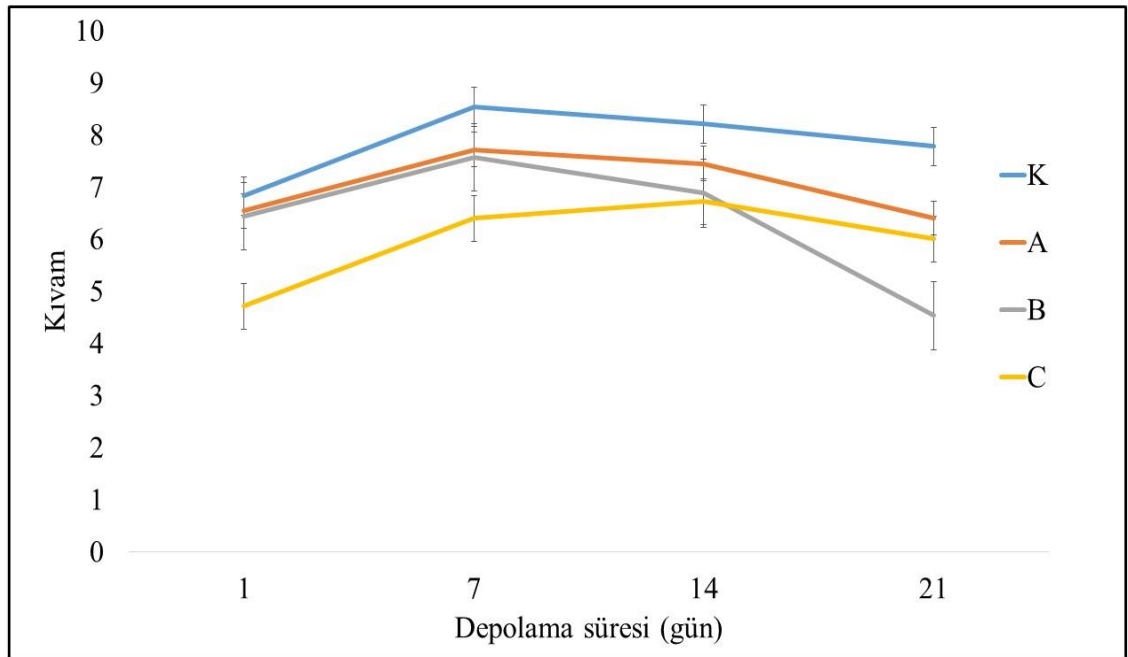
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	6,83±0,00 ^{c,A}	8,54±0,05 ^{a,A}	8,21±0,05 ^{b,A}	7,78±0,04 ^{c,A}
A	6,54±0,05 ^{c,B}	7,72±0,04 ^{a,B}	7,45±0,07 ^{b,B}	6,40±0,09 ^{c,B}
B	6,44±0,04 ^{c,B}	7,57±0,01 ^{a,C}	6,88±0,07 ^{b,C}	4,53±0,06 ^{d,D}
C	4,71±0,05 ^{d,C}	6,40±0,01 ^{b,D}	6,72±0,03 ^{a,C}	6,00±0,00 ^{c,C}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın kıvam değerleri üzerine etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, örneklerin tamamı için bütün depolama sürelerindeki kıvam puanları birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük kıvam puanı (4,53) B örneğinde depolamanın 21. gününde, en yüksek puan ise (8,54) K örneğinde depolamanın 14. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin kıvam puanları üzerindeki değişimleri Şekil 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.23. Kıvam puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4.6. Asidik tat

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubuyla takviye edilen yoğurt örneklerine ait asidik tat puanlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.46’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin ve depolamanın asidik tat puanları üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Benzer şekilde, örnek x depolama interaksyonunun da asidik tat puanları üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$).

Tablo 4.46. Yoğurtların asidik tat değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	16,315	3	5,438	1933,662	0,000
Depolama	13,375	3	4,458	1585,200	0,000
Depolama x Örnek	7,334	9	0,815	289,752	0,000
Hata	0,045	16	0,003		
Toplam	1515,118	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin asidik tat puanlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.47’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt örneklerinde asidik tat puanlarının azaldığı belirlenmiştir. Bilici (2017) propolis (%0,5), maca tozu (%5) ve hem maca tozu (%5) hem de propolis (%0,5) içeren yoğurtlarda asidik tat açısından 1. günde gruplar arası herhangi bir farklılık ortaya çıkmadığını ancak sade yoğurdun asiditesinin depolamanın 7. gününde, maca+propolis içeren ve sadece maca içeren yoğurtların asiditesine göre daha çok tercih edildiğini paylaşmıştır ($p<0,01$).

Tablo 4.47. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen asidik tat değerleri (n=3)

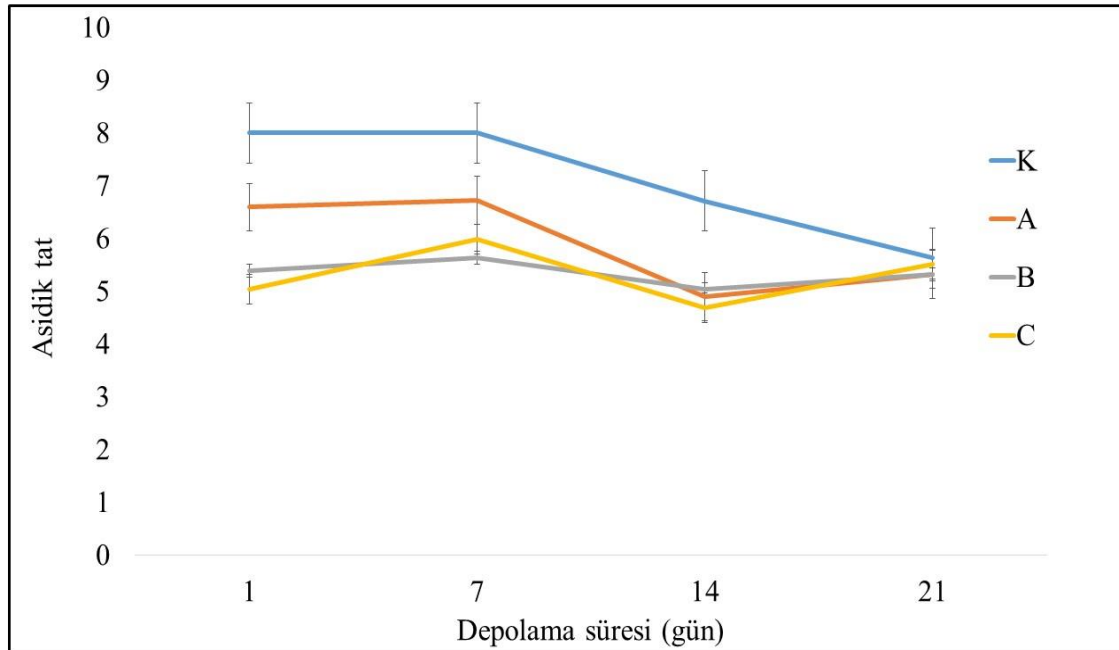
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	8,01±0,00 ^{a,A}	8,00±0,00 ^{a,A}	6,71±0,04 ^{b,A}	5,63±0,04 ^{c,A}
A	6,59±0,02 ^{b,B}	6,72±0,03 ^{a,B}	4,90±0,01 ^{d,C}	5,32±0,02 ^{c,C}
B	5,39±0,02 ^{b,C}	5,63±0,04 ^{a,D}	5,04±0,05 ^{c,B}	5,31±0,02 ^{b,C}
C	5,04±0,04 ^{c,D}	5,98±0,02 ^{a,C}	4,68±0,03 ^{d,D}	5,51±0,02 ^{b,B}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d}Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D}Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlar da *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın asidik tat puanları üzerine etkisinin $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu analiz edilmiştir. Yoğurt örneklerinin tamamında bütün depolama süreleri boyunca asidik tat puanları birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük asidik tat puanı (4,68) C örneğinde depolamanın 14. gününde, en yüksek puan ise (8,01) K örneğinde depolamanın 1. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin asidik tat değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.24. Asidik tat puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

4.4.7. Genel kabul edilebilirlik

Chlorella vulgaris ve akçaağaç şurubuyla takviye edilen yoğurt örneklerine ait genel kabul edilebilirlik puanlarının varyans analiz sonuçları Tablo 4.48’de verilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şuruplu yoğurt örneklerinin, depolamanın ve örnek x depolama interaksyonunun genel kabul edilebilirlik puanları üzerinde etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Tablo 4.48. Yoğurtların genel kabul edilebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	KT	SD	KO	F	Sig.(*p.)
Örnek	16,542	3	5,514	4998,424	0,000
Depolama	8,974	3	2,991	2711,640	0,000
DepolamaxÖrnek	6,133	9	0,681	617,723	0,000
Hata	0,018	16	0,001		
Toplam	1147,829	32			

* $p<0,05$ seviyesinde önemli KT: Kareler toplamı; SD: serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması; F: hesap değeri

Yoğurt çeşitleri ve depolama süresinin genel kabul edilebilirlik puanlarına ait Duncan çoklu test sonuçları Tablo 4.49’da verilmiştir. *Chlorella vulgaris* konsantrasyonundaki artışla birlikte deneme yoğurt örneklerinde genel kabul edilebilirlik puanlarının azaldığı sonucu belirlenmiştir. Malik vd. (2013) *Spirulina*’nın farklı konsantrasyonlarını kullanarak ürettikleri dondurmaların lezzet parametresi açısından en yüksek puanını %0,15 *Spirulina* ilavesiyle ürettikleri örneğin aldığını paylaşmışlardır. Torrico vd. (2019) tüketicilerin sağlıklarını koruyabilmek için şeker oranı azaltılmış yoğurt ürünlerini daha çok satın alma eğiliminin olduğu bilgisini paylaştıkları çalışmalarında; panelistlerin tagatoz ile tatlandırılan çilek aromalı yoğurt örneklerini satın alma algılarının daha çok %100 tagatoz ve %20 şeker + %80 tagatoz ile hazırlanan yoğurtlara doğru arttığını bildirmişlerdir. Sangian vd. (2022) *S. platensis*’ten ekstrakte edilen fikosiyanin ve içine hurma tozu ekleyerek ürettikleri yoğurtların duyu özelliklerini geliştirdiğini belirtmişlerdir. Debbabi vd. (2018) *Spirulina* ilavesinin yoğurtların duyu kalitesini olumsuz etkilemediğini ve yoğurtların besinsel kalitesini geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Nourmohammadi vd. (2020) *Spirulina* içeren yoğurtların kontrole göre daha düşük kabul edilebilirlik puanı aldığını bulmuşlardır. Ayrıca araştırmacılar mikrokapsüle işleminin

renk ve tat üzerinde baskılayıcı etkilerinden dolayı bu algin enkapsüle edilerek kullanılmasıyla tüketim kabullerinin artırılabilirliğini de bildirmişlerdir (Chen vd., 2015; Mohammadi-Gouraji vd., 2019).

Tablo 4.49. Yoğurtlarda depolama süresince belirlenen genel kabul edilebilirlik değerleri (n=3)

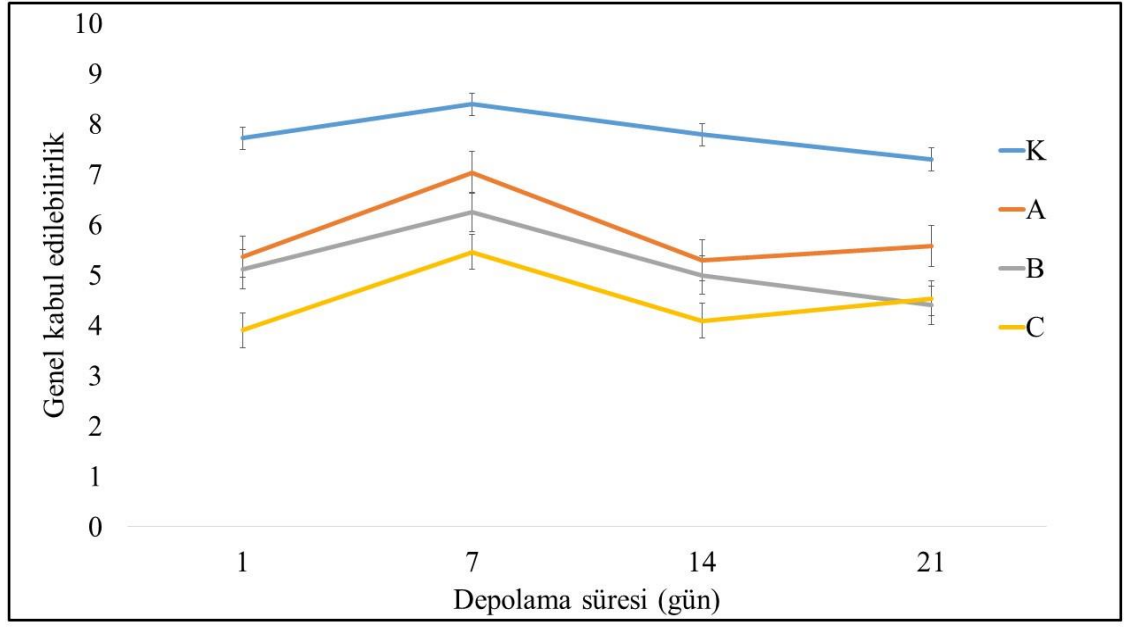
Yoğurt çeşitleri	Depolama Süresi (gün)			
	1	7	14	21
K	7,72±0,03 ^{b,A}	8,39±0,02 ^{a,A}	7,79±0,05 ^{b,A}	7,30±0,03 ^{c,C}
A	5,37±0,04 ^{c,B}	7,04±0,05 ^{a,B}	5,30±0,04 ^{c,B}	5,58±0,12 ^{b,B}
B	5,12±0,04 ^{b,C}	6,25±0,11 ^{a,C}	5,00±0,00 ^{b,C}	4,40±0,01 ^{c,A}
C	3,91±0,00 ^{d,D}	5,46±0,04 ^{a,D}	4,09±0,01 ^{c,D}	4,54±0,06 ^{b,A}

K: Kontrol; A: %0,50 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu; B: %0,75 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu ve C: %1 *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubu.

^{a-d} Aynı sütunda yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir.

^{A-D} Aynı satırda depolamalar arasındaki farklılığı göstermektedir.

Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubuyla zenginleştirmenin ve depolamanın genel kabul edilebilirlik puanları üzerinde önemli ($p<0,05$) etki sağladığı tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin tamamı için depolama süresi boyunca genel kabul edilebilirlik puanları birbirinden farklı bulunmuştur. Yoğurt örneklerine ait en düşük genel kabul edilebilirlik puanı (3,91) C örneğinde depolamanın 1. gününde, en yüksek puan ise (8,39) K örneğinde depolamanın 7. gününde saptanmıştır. Yoğurt örnekleri ve farklı depolama sürelerinin genel kabul edilebilirlik değerleri üzerindeki değişimleri Şekil 4.25’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Genel kabul edilebilirlik puanlarına ait yoğurt çeşidi × depolama arasındaki interaksiyon

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, besin içeriğini zenginleştirmekle birlikte özel gruptaki beslenme sorunları olan bireylere yönelik akçaağaç şurubu ve her yaş aralığına hitap eden sağlıklı bir yoğurt çeşidi üretimi amacıyla *Chlorella vulgaris*'in farklı konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu amaçla kontrol grubu dahil 3 farklı konsantrasyonda (%0,5, %0,75 ve %1) *Chlorella vulgaris*+%1 akçaağaç şurubuyla toplam 4 farklı yoğurt çeşidi üretimi yapılmıştır. 1., 7., 14. ve 21. depolama günlerinde örneklerin mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal, duyuşsal özellikleri araştırılmış ve aşağıda vurgulanan sonuçlar elde edilmiştir:

1. Yoğurt örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayıları 7,16-8,28 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesi ve depolama değişkeninin TMAB sayıları üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05).
2. Yoğurt örneklerinin *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları 6,97-8,51 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesi ile depolama değişkeninin *Lb. bulgaricus* sayısı üzerine etkisi önemli bulunmuştur (p<0,05). Ortalama en düşük *Lb. bulgaricus* sayımları (p<0,05) depolamanın son gününde tespit edilmiştir. Ayrıca *Lb. bulgaricus* canlı organizma sayısı 6 log₁₀ kob/g ve üzerinde belirlenmiştir.
3. Yoğurt örneklerinde *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* sayısı 7,23-8,22 log₁₀ kob/g arasında değişmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesi ve depolama değişkeninin *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* sayıları üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli olarak tespit edilmiştir (p<0,05). Depolamanın bütün günlerinde *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* canlı organizma sayısı 7 log₁₀ kob/g ve üzerinde belirlenmiştir.
4. Yoğurt örneklerinde maya ve küf sayısı ile koliform sayıları depolama süresince tespit edilebilir seviyenin altında kalmıştır. Sonuçlar yoğurt üretim işlemlerinin hijyenik şartlarda yürütüldüğünü göstermiştir.
5. Yoğurt örneklerinde, *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu uygulamasına göre, kurumadde oranları %13,18 ile %18,30 arasında tespit edilmiştir. İlave edilen akçaağaç

şurubu ve *Chlorella vulgaris* oranına bağlı olarak kurumadde değerlerinin arttığı ve *Chlorella vulgaris* ile zenginleştirmenin yoğurt örneklerinin kurumaddeleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

6. Yoğurtlara ait yağ oranları %3,14-3,91 arasında değişim göstermiştir. *Chlorella vulgaris*'in yağ içeriğinden dolayı yoğurt örneklerinin de depolama süresince yağ oranı üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

7. Yoğurt örneklerinde titrasyon asitliği değerleri %1,24-1,74 arasında belirlenmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu içeren örneklerin titrasyon asitliği değerleri kontrol grubundan nispeten yüksek olarak belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinin tamamında tespit edilen titrasyon asitlik değerleri TS 1330 yoğurt standardına uygun olarak saptanmıştır.

8. Yoğurtlara ait pH değerleri 3,94-4,57 arasında değişim göstermiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesi ve depolama değişkenleri pH üzerinde önemli etki sağlamıştır ($p<0,05$). Depolamanın 1. gününden sonraki günlerde artan *Chlorella vulgaris* oranına bağlı olarak daha düşük pH değerleri belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu içeren örneklerin arasındaki pH farklılığı farklı tamponlama kapasitesi etkileri sonucunda ortaya çıktığı çoğu araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir.

9. Analiz edilen yoğurt örneklerinde, özellikle *Chlorella vulgaris* ilavesine göre, protein oranları %3,59 ile %5,49 arasında bulunmuştur. Depolama süresi ilerledikçe ve *Chlorella* konsantrasyonu arttıkça yoğurt örneklerinin protein oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Yoğurtların protein değerleri üzerine özellikle protein içeriğinden dolayı *Chlorella vulgaris* ilavesinin etkisi $p<0,05$ düzeyinde önem sağlamıştır.

10. Yoğurt örneklerinin su tutma kapasiteleri %41,91-60,47 arasında belirlenmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu uygulaması ve depolama değişkeni örneklerin su tutma kapasiteleri üzerine istatistiksel yönden önemli etkiler sağlamıştır ($p<0,05$). Yoğurt gruplarında en yüksek STK *Chlorella vulgaris*'in en yüksek konsantrasyonuyla üretilen C örneğinde analiz edilmiştir.

11. Yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerleri %2,95-7,10 arasında belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesi ile depolama günlerinin yoğurt örneklerinin serum değerleri üzerindeki etkisinin önemli olduğu sonucu elde edilmiştir ($p<0,05$). Genel olarak *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesinin serum ayrılması değerlerini düşürdüğü paylaşılabılır.

12. Yoğurt örneklerinde, *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu uygulamasına göre, viskozite değerleri 1063 cP ile 2405 cP arasında tespit edilmiştir. Mikroalg ilavesi viskozite değerlerini etkilemiş ve depolama süresince sonuçlarda dalgalanma eğilimi belirlenmiştir. İlave edilen *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ve depolama periyodu örneklerinin viskoziteleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki sağlamıştır ($p<0,05$).

13. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu ilavesinin örneklerin renk değerleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan $p<0,05$ seviyesinde önemli olduğu sonucu sağlanmıştır. İlave edilen mikroalg oranına bağlı olarak L^* ve a^* değerlerinin azaldığı, b^* değerinin ise konsantrasyondaki artışla birlikte arttığı tespit edilmiştir.

14. Yoğurt örneklerinin, 21 günlük depolama periyodu boyunca duysal nitelikleri; görünüş, tat, renk, koku, kıvam, asidik tat ve genel kabul edilebilir parametreleri 1-9'a kadar puanlama yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. *Chlorella vulgaris* ve akçaağaç şurubu uygulaması ile depolama periyodunun duysal bütün parametreler üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). *Chlorella vulgaris* ilavesi tüm örneklerde duysal puanları düşürse de ortalama puanlar sadece C örneğinin genel kabul edilebilir puanı (3,91) ve C örneğinin tat puanı (3,77) hariç bütün depolama günlerinde 4 puanın altına düşmemiştir. Tüm parametrelerde en yüksek ortalama puanlar K grubu olmak üzere A grubu örneklerinde belirlenmiştir. Panelistler alışılmış bir tat olduğu için en çok kontrol grubu yoğurt örneğini daha sonra A grubu örneğini genel olarak beğenmişlerdir.

Özellikle yakın tarihte çok güçlü etkilere sahip endemik hastalıkla karşı karşıya kalınmasının da etkisiyle kalite standartları yüksek bir hayat beklentisi gıda ve sağlık arasındaki etkileşimin tekrar revize edilmesine ve üreticileri tüketicilerin güvenilir ürünlerin hazırlanmasına yöneltmesine neden olmuştur. Ayrıca özellikle günümüz

hastalıklarından obezite ve diyabetin önlenmesi/tedavisinde uzun vadede sağladığı kanserojen etkilerinden dolayı sentetik tatlandırıcıların ikamesi olabilecek doğal tatlandırıcılardan birisi olan akçaağaç şurubunun tanıtılması açısından bu çalışma bir değer olarak görülmektedir. Bununla birlikte açlığın önlenmesi ve sürdürülebilir bir beslenme programı için çok fazla arazi kullanılmasına gerek kalmadan tamamen çevre açısından olumlu katkılar sağlayan alglerin alternatif bir kaynak olarak kullanılabileceği bir gerçektir. Mikroalglerin besin bileşimlerinde; yüksek protein, yağ asitleri, mineral maddelerle birlikte vitaminleri sayesinde insanların beslenme programlarındaki potansiyelinin yüksek olmasıyla sağlığın sürdürülebilmesi için katkı sağlayacağı öngörüldüğünden özellikle yoğurt endüstrisinde kullanılmasının yaygınlaştırılması önem kazanmaktadır. Üç tarafının denizlerle çevrili olduğu ve iç su kaynaklarının fazla bulunduğu ülkemiz için algler önemli birer besin kaynağını oluşturmakta olup Ülkemizde bu alanda kurumların çalışmalarının desteklenerek regrasyon merkezlerinin kurulması son derece önem göstermektedir. Bununla birlikte organoleptik özellikleri ve de en önemlisi alglerin gıda olarak sosyal kabulünü artırmak için projelere ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketiciler tarafından ülkemizde zaten sınırlı olarak tüketilen alglerin beğenilmeyen belirgin tatlarının gıda işleme metotları ve değişik formülasyonlarla geliştirilerek kullanımı yaygınlaştırılabilir. Ayrıca yapılan literatür taramaları mikroalg türlerinin ve biyokütlelerinden elde edilen ekstraktların gıdalarda kullanımı için yasal ve düzenleyici mekanizmalara da ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abrahamsen, R. K. and Holmen, T. B. (1980) “Yoghurt from hyperfiltrated, ultrafiltrated and evaporated milk and from milk with added milk powder”, *Milchwissenschaft*, 35(7), 399-402.
- Agustini, T. W., Soetrisnanto, D. and Ma'ruf, W. F. (2017) “Study on chemical, physical, microbiological and sensory of yoghurt enriched by *Spirulina platensis*”, *International Food Research Journal* 24(1), 367-371.
- Ahmad, M. T., Shariff, M., Md. Yusoff, F., Goh, Y. M. and Banerjee, S. (2020) “Applications of microalga *Chlorellavulgaris* in aquaculture”, *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 328-346.
- Aida, F. M. N. A., Shuhaimi, M., Yazid, M. and Maaruf, A. G. (2009) “Mushroom as a potential source of prebiotics: a review”, *Trends in Food Science and Technology*, 20(11-12), 567-575.
- Ak, İ. (2015) “Sücul ortamın ekonomik bitkileri; makro algler”, *Dünya Gıda Dergisi*, 12, 88-97.
- Akın, S. and Konar, A. (1999) “A comparative study of physicochemical and organoleptic qualities of flavoured yogurts made from cow's and goat's milk and stored for 15 days”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(9), 557-566.
- Akyıl, S., İlter, I., Mehmet, K. O. Ç. ve Kaymak Ertekin, F. (2016) “Alglerden elde edilen yüksek değerlikli bileşiklerin biyoaktif/biyolojik uygulama alanları”, *Akademik Gıda*, 14(4), 418-423.
- Alçay, A. Ü., Bostan, K., Dinçel, E. ve Varlık, C. (2017) “Alglerin insan gıdası olarak kullanımı”, *Aydın Gastronomy*, 1(1), 47-59.
- Almeida, S., Raposo, A., Almeida-González, M. ve Carrascosa, C. (2018) “Bisfenol A: Gıdaya maruz kalma ve insan sağlığı üzerindeki etkisi”, *Gıda Bilimi ve Gıda Güvenliğinde Kapsamlı İncelemeler*, 17(6), 1503-1517.
- Aloğlu, H. Ş. (2010) “Yoğurttan biyoaktif peptit eldesi ve bu peptitlerin antimikrobiyel ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 167.
- Andrade, L. M. Andrade, C. J., Dias, M., Nascimento, C. and Mendes, M. A. (2018) “*Chlorella* and *Spirulina* microalgae as sources of functional foods”, *Nutraceuticals, and Food Supplements*, 6(1), 45-58.
- Anonim. (2023) “Agave şurubu sağlıklı mı?”, <https://diyetisyenemreuzun.com/agave-surubu-saglikli-bir-tatlandirici-mi/> Son erişim tarihi: 12.02.2023.

- AOAC. (1984) Standard Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 14nd ed., **S.W Williams (Ed)**, Washington, DC., 121.
- AOAC. (2000) Official Methods of Analysis of AOAC International 17nd ed., edition, Gaithersburg, **MD**, USA: Association of Analytical Communities, 2000.
- AOAC. (2012) Official Methods of Analysis of AOAC International 19nd ed., **AOAC** Washington.
- Apostolidis, E., Kwon, Y. I. and Shetty, K. (2007) “Inhibitory potential of herb, fruit and fungal-enriched cheese against key enzymes linked to type 2 diabetes and hypertension”, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 8(1), 46-54.
- Aratboni, H. A., Rafiei, N., Garcia-Granados, R., Alemzadeh, A. and Morones-Ramírez, J. R. (2019) “Biomass and lipid induction strategies in microalgae for biofuel production and other applications”, **Microbial Cell Factories**, 18, 178-194.
- Atallah, A. A., Morsy, O. M. and 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.
- Atik, D. S., Gürbüz, B., Bölük, E. and Palabıyık, İ. (2021) “Development of vegan kefir fortified with *Spirulina platensis*”, **Food Bioscience**, 42, 101050.
- Augustin, M. A., Cheng, L. J., Glagovskaia, O., Clarke, P. T. and Lawrence, A. (2003) “Use of blends of skim milk and sweet whey protein concentrates in reconstituted yogurt”, **Australian Journal of Dairy Technology**, 58(1), 30.
- Aydemir, S. ve Öner, Z. (2020) “Farklı konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 24(3), 553-565.
- Aytaç, F. (2017) “Doğal tatlandırıcıların (stevya ve akçaağaç grubu sütlü tatlıların fiziksel, kimyasal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, **Namık Kemal Üniversitesi**, Tekirdağ, 117.
- Bagchi D. (2006) “Nutraceuticals and functional foods regulations in the United States and around the World”, **Toxicology**, 221, 1-3.
- Barka, A. and Blecker, C. (2016) “Microalgae as a potential source of single-cell proteins. A review. Base”, **Biotechnology, Agronomy and Society and Environment**, 20(3), 427-436.

- Barkallah M., Dammak M., Louati I., Hentati F., Hadrich B., Mechichi T., Ayadi M.A., Fendri İ., Attia H. and 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.
- Bayarri, S. Y. and Costell, E. (2009) "Optimising the flavour of low-fat foods. En: Designing functional foods: Measuring and controlling food structure breakdown and nutrient absorption (Mc Clements D.J, y Decker D. Eds)", *Woodhead Publishing Limited and CRC Press*, 431-447, Cambridge, UK.
- Bchir, B., Felfoul, I., Bouaziz, M. A., Gharred, T., Yaich, H., Noumi, E. and Attia, H. (2019) "Investigation of physicochemical, nutritional, textural and sensory properties of yoghurt fortified with fresh and dried *Spirulina* (*Arthrospira platensis*)", *International Food Research Journal*, 26(5), 1565–1576.
- Becker, E. W. (2007) "Micro-algae as a source of protein", *Biotechnology Advances*, 25(2), 207-210.
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Haratian, P. and Darani, K. K. (2012) "Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties", *European Food Research and Technology*, 235(4), 719-728.
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S. and Khosravi-Darani, K. (2013) "Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(2), 144-154.
- Bhalamurugan, G. L., Valerie, O. and Mark, L. (2018) "Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: A review", *Environmental Engineering Research*, 23(3), 229-241.
- Biesaga, M. and Pyrzyńska, K. (2013) "Stability of bioactive polyphenols from honey during different extraction methods", *Food Chemistry*, 136(1), 46-54.
- Bilici, C. (2017) "*Lepidium Meyenii* tozu ve propolis ekstraktı ilave edilerek fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş yoğurt üretilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Blas-Valdivia, V., Ortiz-Butron, R., Pineda-Reynoso, M., Hernandez-Garcia, A. and CanoEuropa, E. (2011) "*Chlorella vulgaris* administration prevents HgCl₂-caused oxidative stress and cellular damage in the kidney", *Journal of Applied Phycology*, 23(1), 53-58.
- Bodyfelt, F.W., Tobias, J. and Trout, G.M. (1988) "The sensory evaluation of dairy products", *Van Nostrand Reinhold*, New York, 598.

- Caderby, E., Baumberger, S., Hoareau, W., Fargues, C., Decloux, M. and Maillard, M. N. (2013) "Sugar cane stillage: a potential source of natural antioxidants", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(47), 11494-11501.
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Carocho, M., Oliveira, M. B. P. P. and Ferreira, I. C. F. R. (2016) "Fortification of yoghurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives", *Food Chemistry*, 210, 262-268.
- Caporgno, M. P. and Mathys, A. (2018) "Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits", *Frontiers in Nutrition*, 5, 58.
- Carlsson, A. S., Van Beilen, J. B., Moller, R. and Clayton, D. (2007) "Micro- and macro-algae: utility for industrial applications. EPOBIO Project", <https://renewable-carbon.eu/news/micro-and-macro-algae-utility-for-industrial-applications/> Son erişim tarihi: 28.01.2023.
- Chen, B., Grandison, A. S. and Lewis, M. J. (2015) "Effect of seasonal variation on some physical properties and heat stability of milk subjected to ultra-high temperature and in-container sterilisation", *Food Chemistry*, 181, 227-234.
- Comunian, T. A., Chaves, I. E., Thomazini, M., Moraes, I. C. F., Ferro-Furtado, R., de Castro, I.A. and Favaro-Trindade, C. S. (2017) "Serbest ve kapsüllü ekium yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren fonksiyonel yoğurdun geliştirilmesi", *Gıda Kimyası*, 237, 948-956.
- Costa, J. A. V., Moreira, J. B., Fanka, L. S., da Costa Kosinski, R. and de Moraes, M. G. (2020) "Microalgal biotechnology applied in biomedicine", *In Handbook of Algal Science, Technology and Medicine* (429-439). Academic Press.
- Çelekli, A., Alslibi, Z. A. and Üseyin 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.
- da Silva, S. C., Fernandes, I. P., Barros, L., Fernandes, Â., Alves, M. J., Calhelha, R. C., and Barreiro, M. F. (2019) "Spray-dried *Spirulina platensis* as an effective ingredient to improve yogurt formulations: Testing different encapsulating solutions", *Journal of Functional Foods*, 60, 103427.
- Dal, Z. (2016) "Kurutulmuş ve taze trabzon hurması katkılı meyveli yoğurtların bazı özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, 38.
- Dave, R. I. and Shah, N. P. (1997) "Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures", *International Dairy Journal*, 7(1), 31-41.

- De Caire, G. Z., Parada, J. L., Zaccaro, M. C. and de Cano, M. M. S. (2000) “Effect of *Spirulina platensis* biomass on the growth of lactic acid bacteria in milk”, **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 16, 563-565.
- De Vree, J. H., Bosma, R., Janssen, M., Barbosa, M. J. and Wijffels, R. H. (2015) “Comparison of four outdoor pilot-scale photobioreactors”, **Biotechnology for Biofuels**, 8(1), 1-12.
- Debbabi, H., Boubaker, B., Gmati, T., Chouaibi, M., Boubaker, A. and Snoussi, A. (2017) “Yogurt enrichment with *Spirulina* (*Arthrospira platensis*): effect of storage on physicochemical parameters”, **In Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions: Proceedings of Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI-1)**, Tunisia, 1267-1268.
- Del Campo, J. A., Moreno, J., Rodríguez, H., Vargas, M. A., Rivas, J. and Guerrero, M. G. (2000) “Carotenoid content of chlorophycean microalgae: factors determining lutein accumulation in *Muriellopsis* sp. (Chlorophyta)”, **Journal of Biotechnology**, 76(1), 51-59.
- de Mello-Sampayo, C., Corvo, M. L., Mendes, R., Duarte, D., Lucas, J., Pinto, R., and Gouveia, L. (2013) “Insights on the safety of carotenogenic *Chlorella vulgaris* in rodents”, **Algal Research**, 2(4), 409-415.
- Dias, D. R., Botrel, D. A., Fernandes, R. V. D. B. and Borges, S. V. (2017) “Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods”, **Current Opinion in Food Science**, 13, 31-37.
- Dirican, L. K. (2017) “Probiyotik yoğurdun fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine çam balının etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tekirdağ, 56,
- Doğan, H. B. ve Tükel, Ç. İ. (2000) “Toplam (aerobik mezofilik) bakteri”, **Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları Kitabı**. İkinci baskı. Ankara: Sim Matbaacılık Ltd. Şti. 2000, 323-328.
- Dönmez, Ö., Mogol, B. A. and Gökmen, V. (2017) “Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders”, **Journal of Dairy Science**, 100(2), 901-907.
- Durmaz, Y., Kilicli, M., Toker, O. S., Konar, N., Palabiyik, I. and Tamtürk, F. (2020) “Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physico chemical and functional properties”, **Algal Research**, 47, 101811.
- Ejike, C.E.C.C., Collins, S.A., Balasuriya, N., Swanson, A. K., Mason, B. and Udenigwe, C.C. (2017) “Prospects of microalgae proteins in producing peptide-based functional foods for promoting cardiovascular health”, **Trends in Food Science and Technology**, 59, 30-36.

- El Gamal, A. A. (2010) "Biological importance of marine algae", *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1), 1-25.
- Erejuwa, O. O, Sulaiman, S. A. and Wahab, M. S. (2012) "Honey-A novel antidiabetic agent", *International Journal of Biological Sciences*, 8, 913-934.
- Ertem, H. and Çakmakçı, S. (2018) "Shelf life and quality of probiotic yogurt produced with *Lactobacillus acidophilus* and Gobdin", *International Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 776-783.
- Estrada, J. D., Boeneke, C., Bechtel, P. and Sathivel, S. (2011) "Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil", *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5760-5769.
- Fadaei, V., Mohamadi-Alasti, F. and 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.
- Fernandez-Garcia, E. and McGregor, J. U. (1997) "Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber", *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 204, 433-437.
- Gahruie, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G. and Hanifpour, M. A. (2015) "Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review", *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1-8.
- Ghorbanzade, T., Jafari, S. M., Akhavan, S. and Hadavi, R. (2017) "Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt", *Food Chemistry*, 216, 146-152.
- González-Sarrias A, Li L. and Seeram N. P. (2012) "Anti cancer effects of maple syrup phenolics and extracts on proliferation, apoptosis and cell cycle arrest of human colon cells", *Journal of Functional Foods*, 4, 185-196.
- Gökpınar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T. ve Durmaz, Y. (2006) "Algal antioksidanlar", *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23(1), 85-89.
- Guiry, M. D. (2012) "How many species of algae are there?", *Journal of Phycology*, 48(5), 1057-1063.
- Guiry, M. D. and G. M. Guiry. (2018) Algae base. World-wide electronic publication, <http://www.algaebase.org>. Son erişim tarihi: 18.05. 2022.
- Güldaş, M. and Irkin, R. (2010) "Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk", *Mljekarstvo*, 60(4), 237-243.
- Güler, Ç. (2022) "*Spirulina* ilaveli probiyotik (*Lb. acidophilus*) yoğurtların bazı kalite nitelikleri ve probiyotik raf ömrü", Yüksek Lisans Tezi, *Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Bayburt, 114.

- Hafting, J. T., Critchley, A. T., Cornish, M. L., Hubley, S. A. and Archibald, A. F. (2012) "On-land cultivation of functional seaweed products for human usage", ***Journal of Applied Phycology***, 24(3), 385-392.
- Hanou, S., Boukhemis, M., Benatallah, L., Djeghri, B. and Zidoune, M. N. (2016) "Effect of ginger powder addition on fermentation kinetics, rheological properties and bacterial viability of dromedary yogurt", ***Advance Journal of Food Science and Technology***, 10(9), 667-673.
- Harrigan, W. F. (1998) "Laboratory methods in food microbiology" 3rd Ed., ***Academic Press***, San Diego, CA.
- Hemantkumar, J. N. and Rahimbhai, M. I. (2019) "Microalgae and its use in nutraceuticals and food supplements", ***Microalgae-From Physiology to Application***, 10.
- Hernández, H., Nunes, M. C., Prista, C. and Raymundo, A. (2022) "Innovative and healthier dairy products through the addition of microalgae: A Review", ***Foods***, 11(5), 755.
- Hudson, E. (2008) "Spirulina-healthy, green, versatile", from: <http://www.portal.euromonitor.com.smsrad.net.ocs.mq.edu.au/passport/ResultsList.aspx>. Son erişim tarihi: 20.01.2023.
- Ismail, M. M. S., El-Ayouty, Y. M. and Piercey-Normore, M. (2016) "Role of pH on antioxidants production by *Spirulina (Arthrospira) platensis*", ***Brazilian Journal of Microbiology***, 47(2), 298-304.
- İlhan, E., Büyükizgi, A. ve Ermiş, E. (2020) "Mavi-yeşil alg *Spirulina platensis*'in buğday ekmeğinde kimyasal, duyuşal ve antifungal etkisi", ***Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi***, 24, 22-29.
- Jacob-Lopes, E., Maroneze, M. M., Deprá, M. C., Sartori, R. B., Dias, R. R. and Zepka, L. Q. (2019) "Bioactive food compounds from microalgae: an innovative framework on industrial biorefineries", ***Current Opinion in Food Science***, 25, 1-7.
- Jooyandeh, H., Mortazavi, S. A., Farhang, P. and Samavati, V. (2015) "Physicochemical properties of set-style yoghurt as effected by microbial transglutaminase and milk solids contents", ***Journal of Applied Environmental and Biological Sciences***, 4(11S), 59-67.
- Jung, J., Paik, H. D., Yoon, H. J., Jang, H. J., Jeewanthi, R. K. C., Jee, H. S. and Lee, S. K. (2016) "Physicochemical characteristics and antioxidant capacity in yogurt fortified with red ginseng extract" ***Korean Journal for Food Science of Animal Resources***, 36(3), 412.

- Jüttner, F. (2001) "Liberation of 5, 8, 11, 14, 17-eicosapentaenoic acid and other polyunsaturated fatty acids from lipids as a grazer defense reaction in epilithic diatom biofilms", *Journal of Phycology*, 37(5), 744-755.
- Kahyaoğlu, T., Kaya, S. and Kaya, A. (2005) "Effects of fat reduction and curd dipping temperature on viscoelasticity, texture and appearance of Gaziantep Cheese" *Food Science Technology International*, 11(3), 191-198.
- Khan, Z. U. H., Khan, A., Chen, Y. M., Shah, N. S., Khan, A. U., Muhammad, N., Tahir, K., Shah, H. U., Khan, Z. U., Shakeel, M., Nadeem, M., Imran, M. and Wan, P. (2018) "Enhanced antimicrobial, anti-oxidant applications of green synthesized AgNPs-an acute chronic toxicity study of phenolic azo dyes and study of materials surface using X-ray photoelectron spectroscopy", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 180, 208-217.
- Koller, M. (2015) "Design of closed photobioreactors for algal cultivation", In *Algal Biorefineries* (133-186). Springer, Cham.
- Koller, M., Muhr, A. and Brauneegg, G. (2014) "Microalgae as versatile cellular factories for valued products", *Algal Research*, 6, 52-63.
- Korel, F. (2003) "Production and evaluation of coffee-flavored yoğurt. session 14A-1, dairy foods, general developments in dairy technology I", *IFT Annual Meeting-Chicago*.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. ve Çağlar, A. (2012) *Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi* (10. Basım). Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.
- Lafarga, T. (2020) "Cultured microalgae and compounds derived thereof for food applications: Strain selection and cultivation, drying and processing strategies" *Food Reviews International*, 36(6), 559-583.
- Lane, J. H. and Eynon, L. (1923) "Methods for determination of reducing and nonreducing sugars", *Journal of Science*, 42, 32-37.
- Legault, J., Girard-Lalancette, K., Grenon, C., Dussault, C. and Pichette, A. (2010) "Antioxidant activity, inhibition of nitric oxide overproduction and in vitro antiproliferative effect of maple sap and syrup from *Acer saccharum*" *Journal of Medicinal Food*, 13(2), 460-468.
- Li, K., Liu, Q., Fang, F., Luo, R., Lu, Q., Zhou, W. and Ruan, R. (2019) "Microalgae-based wastewater treatment for nutrients recovery: a review", *Bioresource Technology*, 291, 121934.
- Li, L. and Seeram, N. P. (2010) "Maple syrup phytochemicals include lignans, coumarins, a stilbene and other previously unreported antioxidant phenolic compounds", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11673-11679.

- Lisak, K., Jeličić, I., Tratnik, L. and Božanić, R. (2011) "Influence of sweetener stevia on the quality of strawberry flavoured fresh yoghurt", **Mljekarstvo**, 61(3), 220.
- Liu, J. and Hu, Q. (2013) "*Chlorella*: industrial production of cell mass and chemicals", **Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology**, 329-338.
- Maisuria, V. B., Hosseinidoust, Z. and Tufenkji, N. (2015) "Polyphenolic extract from maple syrup potentiates antibiotic susceptibility and reduces biofilm formation of pathogenic bacteria", **Applied and Environmental Microbiology**, 81(11), 3782-3792.
- Malik, P., Kempanna, C. and Paul, A. (2013) "Quality characteristics of ice cream enriched with *Spirulina platensis* powder", **International Journal of Food and Nutrition Science**, 2(1), 44-50.
- Matos, Â. P. (2017) "The impact of microalgae in food science and technology", **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 94(11), 1333-1350.
- McCain H. R., Kaliappan S. and Drake M.A. (2018) "Invited review: sugar reduction in dairy products" **Journal of Dairy Science**, 101(10), 8619-8640.
- Mellado-Mojica, E., Seeram, N. P. and López, M. G. (2016) "Comparative analysis of maple syrups and natural sweeteners: carbohydrates composition and classification (differentiation) by HPAEC-PAD and FTIR spectroscopy-chemometrics", **Journal of Food Composition and Analysis**, 52, 1-8.
- Mesbah, E. E., Matar, A. A. and Karam-Allah, A. K. (2022) "Functional properties of yoghurt fortified with *spirulina platensis* and milk protein concentrate", **Journal of Food and Dairy Sciences**, 13(1), 1-7.
- Milledge, J. J. (2011) "Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review", **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, 10, 31-41.
- Mohammadi-Gouraji, E., Soleimanian-Zad, S. and Ghiaci, M. (2019) "Phycocyanin-enriched yogurt and its antibacterial and physicochemical properties during 21 days of storage", **LWT**, 102, 230-236.
- Mohammed, F., Sibley, P., Guillaume, D. and Abdulwali, N. (2022) "Chemical composition and mineralogical residence of maple syrup: A comprehensive review", **Food Chemistry**, 374, 131817.
- Munsters, M. J. M. and Saris, W. H. M. (2014) "Body weight regulation and obesity: dietary strategies to improve the metabolic profile" **Annual Review of Food Science and Technology**, 5, 39-51.
- Muslu, M. ve Kermen, S. (2020) "Çocuk ve adölesanlarda şeker ilaveli içeceklerin tüketimi ve sağlık üzerine etkileri", **Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 7(2), 225-230.

- Narayanan, P., Chinnasamy, B., Jin, L. and Clark, S. (2014) “Use of just-about-right scales and penalty analysis to determine appropriate concentrations of stevia sweeteners for vanilla yogurt”, *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3262-3272.
- Nazir, F., Saeed, M., Abbas, A., Majeed, M. R., Israr, M., Zahid, H. and Nasir, M. (2022) “Development, quality assessment and nutritive valorization of *Spirulina platensis* in yogurt spread”, *Food Science and Applied Biotechnology*, 5(2), 106-118.
- Niccolai, A., Zittelli, G. C., Rodolfi, L., Biondi, N. and Tredici, M. R. (2019) “Microalgae of interest as food source: biochemical composition and digestibility”, *Algal Research*, 42, 101617.
- Nourmohammadi, N., Soleimanian-Zad, S. and Shekarchizadeh, H. (2020) “Effect of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) microencapsulated in alginate and whey protein concentrate addition on physicochemical and organoleptic properties of functional stirred yogurt”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(14), 5260-5268.
- O'Sullivan, A. M., O'Callaghan, Y. C., O'Grady, M. N., Waldron, D. S., Smyth, T. J., O'Brien, N. M. and Kerry, J. P. (2014) “An examination of the potential of seaweed extracts as functional ingredients in milk”, *International Journal of Dairy Technology*, 67(2), 182-193.
- O'sullivan, A. M., O'grady, M. N., O'callaghan, Y. C., Smyth, T. J., O'brien, N. M. and Kerry, J. P. (2016) “Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 293-299.
- Pan-utai, W., Atkonghan, J., Onsamark, T. and Imthalay, W. (2020) “Effect of *arthrospira* microalga fortification on physicochemical properties of yogurt”, *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(2), 531-540.
- Pereira, L. (2022) “The name algae was first used as a systematic plant in 1753”, *Traditional Medicine Research*, 7(3), 30.
- Pereira, L. and Neto, J. M. (Eds.). (2014) “Marine algae: biodiversity, taxonomy. environmental assessment and Biotechnology”, *CRC Press*.
- Perkins T. D. and Van den Berg, A.K. (2009) “Maple syrup production, composition, chemistry and sensory characteristics” *Advances in Food and Nutrition Research*, 56, 101-143.
- Phillips, K. M., Carlsen, M. H. and Blomhoff, R. (2009) “Total antioxidant content of alternatives to refined sugar”, *Journal of the American Dietetic Association*, 109(1), 64-71.
- Pulz, O. and Gross, W. (2004) “Valuable products from biotechnology of microalgae”, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65(6), 635-648.

- Reis, R. C., Minim, V. P., Bolini, H. M., Dias, B. R., Minim, L. A. and Ceresino, E. B. (2011) "Sweetness equivalence of different sweeteners in strawberry-flavored yogurt", *Journal of Food Quality*, 34(3), 163-170.
- Robertson, R. C., Mateo, M. R. G., O'Grady, M. N., Guihéneuf, F., Stengel, D. B., Ross, R. P. and Stanton, C. (2016) "An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 237-246.
- Rodriguez-Garcia, I. and Guil-Guerrero, J. L. (2008) "Evaluation of the antioxidant activity of three microalgal species for use as dietary supplements and in the preservation of foods", *Food Chemistry*, 108(3), 1023-1026.
- Rybka, S. and Kailasapathy, K. (1996) "Media for the enumeration of yoghurt bacteria", *International Dairy Journal*, 6(8-9), 839-850. 96
- Sangian, M., Soltani, M., Hanifi, H. and Abdali, N. (2022) "Investigation of the effect of phycocyanin extracted from *spirulina platensis* and persimmon powder on physicochemical and sensory characteristics of yogurt", *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 53(1), 75-86.
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Ramos, F., Raheem, D., Lopes, M. and Raposo, A. (2022) "Maple syrup: chemical analysis and nutritional profile, health impacts, safety and quality control, and food industry applications", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13684.
- Sasa, A., Şentürk, F., Üstündağ, Y. ve Erem, F. (2020) "Alglerin gıda veya gıda bileşeni olarak kullanımı ve sağlık üzerine etkileri", *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 97-110.
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A. and Abd_Allah, E. F. (2019) "Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine", *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 709-722.
- Scheffler, J. (2007) "Underwater habitats", *Illumin*, 9(4), 1-9.
- Ścieszka, S. and Klewicka, E. (2019) "Algae in food: A general review", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(21), 3538-3547.
- Sengupta, S. and Bhowal, J. (2017) "Optimization of ingredient and processing parameter for the production of *Spirulina platensis* incorporated soy yogurt using response surface methodology", *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1081-1085.
- Sengupta, S., Koley, H., Dutta, S. and Bhowal, J. (2018) "Hypocholesterolemic effect of *Spirulina platensis* (SP) fortified functional soy yogurts on diet-induced hypercholesterolemia", *Journal of Functional Foods*, 48, 54-64.

- Serdaroğlu, M. ve Tömek, S. (1995) “Yağı azaltılmış et ürünleri üretim tekniği”, *Gıda*, 20(4).
- Shaker, R. R., Jumah, R. Y. and Abu-Jdayil, B. (2000) “Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk”, *Journal of Food Engineering*, 44(3), 175-180.
- Shalaby, M. S. and Amin, H. H. (2019) “Potential using of ulvan polysaccharides from *Ulva lactuca* as a prebiotic in symbiotic yogurt production” *Journal of Probiotics & Health*, 7, 1-9.
- Shankar, P., Ahuja, S. and Sriram, K. (2013) “Non-nutritive sweeteners: review and update” *Nutrition*, 29(11-12), 1293-1299.
- Shimamatsu, H. (2004) “Mass production of *Spirulina*, an edible microalga”, *Hydrobiologia*, 512(1-3), 39-44.
- Shin, Y. M., Son, C. W., Sim, H. J., Kim, M. H., Kim, M. Y., Kwon, O. Y. and Kim, M.R. (2008) “Quality characteristics and antioxidant activity of *Spirulina* added yogurt”, *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 24(1), 68-75.
- Singh A. S., Jones A. M. P. and Saxena P. K. (2014) “Variation and correlation of properties in different grades of maple syrup”, *Plant Foods for Human Nutrition*, 69, 50-56.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R. M. (1999) “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent”, *In Methods in Enzymology*, 299, 152-178. Academic press.
- Siro, I., Kápolna, E., Kápolna, B. and Lugasi, A. (2008) “Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review”, *Appetite*, 51(3), 456-467.
- Sodini, I., Montella, J. W. and Tong, P. S. (2003) “Influence of whey protein concentrates on yogurt texture and rheology”, *In 2003 IFT Annual Meeting-Chicago*.
- Speck, M. L. (1984) “APHA”, *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 2nd ed. Washington, DC: American Public Health Association, 5-99.
- Storz, G., Darvill, A. G. and Albersheim, P. (1986) “Characterization of polysaccharides isolated from maple syrup”, *Phytochemistry*, 25(2), 437-441.
- St-Pierre, P., Pilon, G., Dumais, V., Dion, C., Dubois, M. J., Dubé, P. and Marette, A. (2014) “Comparative analysis of maple syrup to other natural sweeteners and evaluation of their metabolic responses in healthy rats”, *Journal of Functional Foods*, 11, 460-471.
- Suzery, M., Sutanto, H. and Widiastuti, Y. (2018) “Improvement the yoghurt nutritional value, organoleptic properties and preferences by spirulina (*spirulina platensis*)

- supplementation”, **In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** (349(1) , 012040). IOP Publishing.
- Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (2007) “Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology”, **Elsevier**.
- Tamjidi, F., Nasirpour, A. and Shahedi, M. (2012) “Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil”, **Food Science and Technology International**, 18(4), 381-390.
- Tokuşoğlu, Ö. and Ünal, M. K. (2003) "Biomass nutrient profiles of three microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Isochrysis galbana*”, **Journal of Food Science**, 68(4), 1144-1148.
- Tomaselli, L. (2004) “The microalgal cell”, **Handbook of microalgal culture: Biotechnology and Applied Phycology**, 1, 3-19.
- Torres-Tiji, Y., Fields, F. J. and Mayfield, S. P. (2020) “Microalgae as a future food source”, **Biotechnology Advances**, 41, 107536
- Torrico, D. D., Tam, J., Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C. and Dunshea, F. R. (2019) “D-tagatose as a sucrose substitute and its effect on the physico-chemical properties and acceptability of strawberry-flavored yogurt”, **Foods**, 8(7), 256.
- Uzuner, S. ve Haznedar, A. (2020) “Fonksiyonel gıda için sağlıklı takviye: mikroalgler”, **Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 5(2), 212-226.
- Varga, L., Szigeti, J., Kovacs, R., Foldes, T. and Buti, S. (2002) “Influence of *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage”, **Journal of Dairy Science**, 85, 1031-1038.
- Velez-Ruiz, J. F., Sosa-Morales, M. E. and Alatrisme-Montiel, K. (2003) “Effect of yogurt fortification with calcium and fiber on physicochemical and rheological properties”, http://ift.confex.com/ift/2003/techprogram/paper_18386.htm. Son erişim tarihi: 10.02.2023.
- Vinderola, C. G. and Reinheimer, J. A. (1999) “Culture media for the enumeration of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus* in the presence of yoghurt bacteria”, **International Dairy Journal**, 9(8), 497-505.
- Vo, H. N. P., Ngo, H. H., Guo, W., Nguyen, T. M. H., Liu, Y., Liu, Y. and Chang, S. W. (2019) “A critical review on designs and applications of microalgae-based photobioreactors for pollutants treatment”, **Science of the Total Environment**, 651, 1549-1568.
- Vural-Yıldız, K. (2019) “Çiğ süttten üretilen yağı azaltılmış beyaz peynirin bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri üzerine ışınlamanın etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**, Şanlıurfa

- Weber, A. and Hekmat, S. (2013) "The effect of *Stevia rebaudiana* on the growth and survival of *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 and sensory properties of probiotic yogurt" ***Journal of Food Research***, 2(2), 136.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E. and Brawley, S. H. (2017) "Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding" ***Journal of Applied Phycology***, 29, 949-982.
- Winarni Agustini, T., Farid Ma'ruf, W., Widayat, W., Suzery, M., Hadiyanto, H. and 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), 245-251.
- Wu, Z., Chen, G., Chong, S., Mak, N. K., Chen, F. and Jiang, Y. (2010) "Ultraviolet-B radiation improves astaxanthin accumulation in green microalga *Haematococcus pluvialis*" ***Biotechnology Letters***, 32(12), 1911-1914.
- Yilmaz-Ersan, L. and Kurdal, E. (2014) "The production of set-type-bio-yoghurt with commercial probiotic culture" ***International Journal of Chemical Engineering and Applications***, 5(5), 402.
- Yuan, T., Li, L., Zhang, Y. and Seeram, N. P. (2013) "Pasteurized and sterilized maple sap as functional beverages: Chemical composition and antioxidant activities" ***Journal of Functional Foods***, 5(4), 1582-1590.
- Zhang, Y., Yuan, T., Li, L., Nahar, P., Slitt, A. and Seeram, N. P. (2014) "Chemical compositional, biological, and safety studies of a novel maple syrup derived extract for nutraceutical applications" ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, 62(28), 6687-6698.
- Zielke, H., Kneifel, H., Webb, L. E. and Soeder, C. J. (1978) "Stimulation of lactobacilli by an aqueous extract of the green alga *Scenedesmus acutus* 276-3a" ***European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology***, 6, 79-86.