

PAPER DETAILS

TITLE: Farkli Konsantrasyonlarda Spirulina platensis Eklenmis Yogurtlarin Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

AUTHORS: SümeYra AYDEMİR,Zübeyde ÖNER

PAGES: 553-565

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/661462>

Farklı Konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* Eklenmiş Yoğurtların Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

SümeYra AYDEMİR^{*1}, Zübeyde ÖNER²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: **.**.20**, Kabul / Accepted: **.**.20**, Online Yayınlanma / Published Online: **.**.20**)

Anahtar Kelimeler

Spirulina platensis,
Yoğurt,
Fonksiyonel ürün

Özet: Bu çalışmada, dört farklı konsantrasyonda (0,25, 0,50, 0,75 ve %1) mavi-yeşil alg türü olan *Spirulina platensis*'in yoğurdun içine katılmasıyla, yoğurdun fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri üzerindeki etkisi depolama süresi boyunca incelenmiştir. *Spirulina platensis* kullanılarak üretilen set tipi yoğurtlarda, kimyasal analiz sonuçlarının bazılarında önemli bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Ancak yoğurt üretiminde *Spirulina platensis* kullanımının 21 günlük depolama süresi boyunca kuru madde, yağ ve titrasyon asitliği değerleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına bakıldığında ise *Spirulina platensis* ilavesinin, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayılarını istatistiki açıdan etkilemediği görülmüştür ($p > 0,05$). *Spirulina platensis* ile hazırlanan yoğurtların, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan kapasite değeri kontrol yoğurdundan daha yüksek bulunmuştur. *Spirulina platensis* ilavesi yoğurtlardaki protein miktarını arttırmıştır. Duyuşsal analiz sonuçlarına göre ise, panelistler tarafından en yüksek puanı kontrol yoğurdu alırken bunu %0,25 *Spirulina platensis* katkılı yoğurt örneği izlemiştir. Tüm bu sonuçlar, set tipi yoğurtların kimyasal özelliklerinin geliştirilmesi için *Spirulina platensis*'in kullanılabileceğini göstermiştir.

Physical and Chemical Properties of *Spirulina platensis* Added Yoghurts in Different Concentrations

Keywords

Spirulina platensis,
Yogurt,
Functional product

Abstract: In this study, the effect of four different concentrations (0.25, 0.50, 0.75 and %1) of the blue-green algae species *Spirulina platensis* on the physical, chemical, microbiological and sensory properties of the yogurt were investigated during storage time. It was determined that there was no significant difference in some of the chemical analysis results in the set yoghurts produced using *Spirulina platensis*. However, the effect of *Spirulina platensis* use on dry matter, fat and titratable acidity values during 21 days of storage was found to be statistically significant ($p < 0.05$). On the basis of microbiological analysis, the addition of *Spirulina platensis*, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* numbers were not statistically significant ($p > 0.05$). Total phenolic content and total antioxidant capacity of yogurts prepared with *Spirulina platensis* were higher than control yogurt. Protein values also increased with the addition of *Spirulina platensis* compared to control yogurt. According to the results of the sensory analysis, while the highest score was taken the control yoghurt, it was followed by %0.25 *Spirulina platensis* added yoghurt. All these results indicated that *Spirulina platensis* can be used to improve the chemical properties of the set type yogurt.

*İlgili yazar: sumeyra-aydemir@hotmail.com

1.Giriş

Türk Gıda Kodeksi'ne göre yoğurt, fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanmaktadır [1]. Sütte, özellikle fermente süt ürünlerinde, bazı özel proteinler, vitaminler, biyoaktif peptidler, organik asitler ve oligosakkaritler içeren çok sayıda biyoaktif bileşik mevcuttur [2]. Yoğurt mükemmel bir kalsiyum, protein ve potasyum kaynağıdır [3].

Yoğurdun tedavi amaçlı kullanıldığı hastalıklar; mide asit sekresyonunun yetersiz olduğu durumlar (pernisiyoz anemi vs.), diyare (bakteriyel, viral), kronik kabızlık, irritabl bağırsak sendromu ve diğer fonksiyonel gastrointestinal rahatsızlıklardır. Yoğurt, yukarıda sıralanan hastalıkların yanında çeşitli hastalıkların tedavisinde de antimikrobiyal, antikanserojenik, antikolesterolemik etkiler gösterir [4-6]. Yapılan literatür taramasında yoğurdun çeşitli gıda maddeleriyle zenginleştirilip besin değerinin artırılmasına yönelik birçok çalışmaya rastlanmıştır.

Dal Bello ve diğerleri (2015) yoğurtta bulunan ω -3 çoklu doymamış yağ asitlerinin konsantrasyonunu, keten tohumu, *Camelina sativa* (ketencik), ahududu, frenk üzümü ve *Echium plantagineum* (kırkbatıran)'dan elde edilen 5 farklı bitkisel yağ kullanarak artırmışlardır. Depolamanın sonunda, en yüksek α -linolenik asit içeriğini keten tohumu ve frenk üzümü yağları ilave edilen yoğurtlarda tespit etmişlerdir [7].

Ghorbanzade ve diğerleri (2017), kapsüllenmiş balık yağını yoğurda eklemiş ve kapsüllü balık yağı ilave edilen yoğurdun, serbest balık yağı içeren yoğurttan daha yüksek dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir [8].

Öztürkoğlu-Budak ve diğerleri (2016) yoğurda ceviz, fındık, badem ve antepfıstığı eklemişlerdir. Zenginleştirilmiş bu yoğurtların, kontrol yoğurduna kıyasla daha yüksek protein içerdiği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca ceviz haricindeki diğer kabuklu yemişlerin eklenmesi *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* sayılarını artırmıştır. Zenginleştirilmiş yoğurtlarda, folik asit, α -tokoferol, selenyum ve ω -3 ve ω -6 yağ asitleri, ilgili kabuklu yemiş türlerinde bulunan değerlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur [9].

Robertson ve diğerleri (2016) yoğurdu bir mikroalg türü olan *Pavlova lutheri* (%0,25 ve %0,50) ile zenginleştirmişlerdir. *Pavlova lutheri* eklenmesi, yoğurtta toplam ω -3 konsantrasyonunu artırmıştır. Duyusal analiz sonuçları, mikroalg ile zenginleştirilmiş yoğurtların kontrol yoğurduyla karşılaştırıldığında panelistler tarafından kabul edilmediğini ortaya koymuştur [10].

Son dönemlerde yaygın şekilde diyet takviyesi olarak kullanılan bir mikroalg türü olan *Spirulina platensis*'in, 16. yy' dan beri gıda maddesi olarak Texcoco Gölü etrafında yaşayan Aztek uygarlığı tarafından kullanıldığı; Afrika ve Meksika'daki yerli halk tarafından tüketilen geleneksel gıdalar arasında yer aldığı; günümüzde ise, halen Çad gölü kıyısında yaşayan Kanembu kabilesi yerlileri tarafından besin maddesi olarak tüketildiği bilinmektedir [11,12].

Eski çağlardan beri besin olarak kullanılan bu doğal ürünün bilimsel çalışmalara konu olması ve ticari anlamda kültüre edilmesi, 1963 yılında Fransız Petrol Araştırma Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, bu ürünün sahip olduğu zengin besin içeriğinden dolayı, NASA (National Aeronautics and Space Administration) ve ESA (European Space Agency) tarafından uzun süreli uzay yolculuklarında esas yiyecek olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmalar devam etmiştir [13, 14]. 2000'li yıllarda ise, Birleşmiş Milletler ve Dünya Tarım Örgütleri tarafından bu besinin hem çocuklar hem de yetişkinler için oldukça faydalı bir diyetel takviye olduğu beyan edilmiştir [15]. Ülkemizde 2000'li yılların başlarında Ege Üniversitesi bünyesinde ilk defa havuzlarda *Spirulina* üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda Çukurova ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversiteleri'nde *Spirulina* üretimi yapılmıştır [16].

Tüm dünyada ilgi gören ve farklı tedavilerde kullanılan *Spirulina* diyet takviyesinin antilipidemik, antidiyabetik, antiviral, antihistaminik ve antikarsinojenik özellikleri yapılan birçok klinik araştırmayla ortaya koyulmuştur [14]. Ayrıca deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarla da *Spirulina*'nın, günlük hayatta maruz kalınan kimyasalların ya da terapötik amaçlı kullanılan bazı ilaçların neden olduğu doku harabiyetlerinde iyileştirici ve koruyucu etkisi olduğu gösterilmiştir [17].

Shin ve arkadaşları (2008) yaptıkları çalışmada, *Spirulina* içeren yoğurtların kalite özelliklerini ve antioksidan aktivitelerini değerlendirmişlerdir. *Spirulina* tozu eklenmesinin laktik asit bakterilerinin büyümesini desteklediği ve titre edilebilir asitliği artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. *Spirulina* içeren yoğurdun hidroksil radikal süpürücü aktivitesi, mikro ve makro besin miktarı kontrol yoğurdundan daha yüksek bulunmuştur [18].

Agustini ve diğerleri (2016), *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş yoğurdun kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik özelliklerini araştırmışlardır. *Spirulina platensis* ilavesi ile zenginleştirilen yoğurt, protein, viskozite ve toplam laktik asit bakterileri açısından kontrol ile önemli farklılıklar göstermiştir (p <0,05) [19].

Barkallah ve diğerleri (2017) yaptıkları çalışmada, *Spirulina*'nın yoğurda eklenmesiyle fermentasyon sürecinin hızlandırmış ve yoğurdun dokusal özellikleri ile duyusal kabul edilebilirliğini

koruduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca *Spirulina*, yoğurdun sadece beslenme kalitesini arttırmakla kalmayıp, aynı zamanda antioksidan aktivitesini ve nutrasötik özelliğini de arttırmıştır [20].

Bu çalışmaların ışığında, *Spirulina*'nın yoğurtla birlikte kullanımı hakkında hem deneysel olarak hem ticari olarak gelecek vaat eden bir uygulama olduğu söylenebilmektedir. Bu çalışmanın amacı faydalı bir diyetel takviye olduğu bilinen *Spirulina platensis* ile üretilen yoğurdun kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Hammadde

Araştırmada kullanılan süt Isparta Süleyman Demirel Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Cebeci Süt ve Süt Ürünleri Tarım Hayvancılık San. ve Tic. Ltd. Şti. işletmesinden temin edilmiş ve yoğurt üretimi 3 tekerrür halinde yapılmıştır. *Spirulina platensis* ise Ege Üniversitesi'nden temin edilmiştir. Yoğurt üretiminde kullanılan sütün bileşimine ait ortalama değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yoğurt üretiminde kullanılan sütün bileşimi

Özellikler	Süte Ait Değerler
Yağ(%)	3,50±0.08
Yağsız Kuru Madde(%)	8,64±0.12
Titrasyon Asitliği	7,27±0.33
Protein(%)	3,05±0.01
Toplam Kuru Madde(%)	11,53±0.08
Laktoz(%)	4,46±0.02
Kazein(%)	2,33±0.07
Laktik Asit(%)	0,14±0

2.2. Başlatıcı kültürlerin hazırlanması

Yoğurt üretimini gerçekleştirmek için, ticari kültür (Chr. Hansen, YO 190) temin edilmiştir. 110°C'de 15 dakika sterilize edilerek hazırlanan %10'luk yağsız süt tozu içeren (skimmilk powder) (Fluka, Sigma-Aldrich, Almanya) besiyerine %2 oranında aşılanmıştır. Daha sonra 42°C'de yaklaşık 4 saat inkübasyona bırakılmış ve pH 4,60 olduğunda inkübasyon işlemi sonlandırılıp +4°C'de muhafaza edilmiştir.

2.3. *Spirulina platensis*'in hazırlanması

Yoğurda eklenecek olan *Spirulina platensis*, tablet formunda temin edildikten sonra steril havanda toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen *Spirulina platensis* örneklerinde toplam canlı sayımı için PCA (Plate Count Agar, Merck) besiyeri, dilüsyon sıvısı olarak steril Ringer kullanılmıştır (1 g/9 mL). Gelişen bakteri değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Daha sonra *Spirulina platensis* örnekleri yoğurda ekleneceği oranlarda 150 mm çaplı petri kaplarına

porsiyonlanarak ince bir tabaka halinde yayılmış ve UV lambası (TL 20W/05, Philips. Co., Holland) altında mikroorganizmaların inaktif hale gelmesi sağlanmıştır. UV işlemi sonrası *Spirulina platensis* örneklerinde toplam canlı sayımı yapılmıştır. Gelişen bakteri değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. *Spirulina platensis*'in PCA'da gelişen bakteri miktarları (log₁₀kob/g)

EGERT	PCA sayımı sonuçları
1.tekerrür	3,29
2.tekerrür	3,96
3.tekerrür	3,11

Tablo 3. *Spirulina platensis*'in UV işlemi sonrası PCA'da gelişen bakteri miktarları (log₁₀kob/g)

EGERT	PCA sayımı sonuçları
1.tekerrür	<10
2.tekerrür	<10
3.tekerrür	<10

2.4. Yoğurt üretimi

Çalışmada bir kontrol grubu ve dört deneme grubu olmak üzere beş farklı şekilde yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4).

Üretimde kullanılan inek sütüne yağsız süttozu (%3) ilave edilmiştir. *Spirulina platensis* ilavesinden sonra örnekler ultraturaks (Micra D8, ART- moderne Labortechnik, Muellheim-Huegelheim, Almanya) (26500 devir/dk) ile yaklaşık 5 dk boyunca homojenize edilmiştir. 45°C'ye getirilen örneklerle, ticari yoğurt kültürü (Chr. Hansen, YO 190) %2 oranında inoküle edilerek plastik kaplara dolum yapıp 42° C'de 3-4 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra yoğurtlar 18-20° C'ye ön soğutma işlemi yapıp buzdolabı koşullarında (4±1°C) 3 hafta boyunca depolanmıştır. Depolamanın 1., 8., 15. ve 21. günlerinde yoğurtlara fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler uygulanmıştır.

Tablo 4. Yoğurt grupları

Örnek Kodu	Yoğurt Çeşitleri
K	Kontrol grubu
1	%0,25 <i>Spirulina platensis</i> eklenmiş grup
2	%0,50 <i>Spirulina platensis</i> eklenmiş grup
3	%0,75 <i>Spirulina platensis</i> eklenmiş grup
4	%1 <i>Spirulina platensis</i> eklenmiş grup

2.5. Metot

2.5.1. Kimyasal ölçümler

Yoğurt numunelerinin pH'sı, analizden önce standart pH tampon çözeltileri (4,0, 7,0 ve 10,0) ile pH ölçerin (inolab WTW dijital pH metre) kalibrasyonundan sonra ölçülmüştür [21]. Yoğurtların titre edilebilir asitliği, indikatör olarak fenoltalein kullanılarak 10 g numune 0,25 N NaOH (Merck) çözeltisi ile titre edilerek belirlenmiştir [22]. Numunelerin toplam

kuru maddeleri, 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar numunelerin kurutulmasıyla belirlenmiştir [22]. Kül içeriği, örneklerin 550 ° C'de kül fırınında tamamen beyaz renk alana kadar yakılması sonucunda ölçülmüştür [23]. Protein içeriği, 6,38 azot dönüşüm faktörü kullanılarak Kjeldhal metodu ile tayin edilmiştir [23]. Yoğurt örneklerinin yağ tayinleri Gerber yöntemiyle yapılmıştır [24]. Sinerezis miktarı ise süzgecin üzerine tartılan 30 g örneğin 4±1°C'de 120 dakika süreyle süzülmesi sonucu beherin içinde toplanan su miktarı ve süzgeçteki pellet miktarı tartılarak bulunmuş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir [25]. Renk ölçümü, renk ölçüm cihazı (PCE-TCR 200, Çin) kullanılarak yapılmış, L*, a* ve b* değerleri CIE Lab renk aralığına göre belirlenmiştir [26]. Yoğurt örneklerinde toplam fenolik madde analizi Folin Ciocalteu metodu, toplam antioksidan aktivite analizleri ise DPPH (1,1 – Difenil – 2 Pikrilhidrazil) radikal yakalama metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir [27].

2.5.2. Mikrobiyolojik Analizler

Yapılan mikrobiyolojik analizler ise; *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*L. bulgaricus*), koliform grubu bakteri, toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) ve maya - küf sayımıdır [28, 29].

2.6. İstatistiksel Analiz

Analizler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Denemede üzerinde durulan özellikler bakımından elde edilen gözlemler faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile SPSS 23.0 programı (IBM Corporation, ABD) kullanılarak analiz edilmiştir (Repeated measurement ANOVA).

3. Bulgular

3.1. Kimyasal Analiz Sonuçları

Yoğurt örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. pH değerleri bakımından kontrol ve mikroalg tozu içeren numuneler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Benzer şekilde olan başka bir çalışmada, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* kültürü ile aşılanmış ve *Spirulina* içeren sütteki pH değerleri, kontrol numunelerinden daha hızlı düşmüştür. Bu durum, yoğurtların farklı tamponlama kapasitesi etkilerine bağlanmıştır [30]. O'Sullivan ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada, *Ascophyllum nodosum* ve *Fucus vesiculosus* içeren yoğurtların pH değerlerinde kontrol yoğurduna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir [31].

Tablo 5'e bakıldığında *Spirulina* eklenmesiyle titrasyon asitliği miktarındaki değişimlerin istatistik

olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Kontrol grubuna kıyasla *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurtlarda °SH değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Bu durumun, kullanılan *Spirulina platensis*'in asitliği hızlandıran nitelikte olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Shin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (2008), en yüksek asitliği % 1 *Spirulina* ekledikleri yoğurtlarda bulmuşlardır. Diğer örneklerdeki °SH değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur [18].

Spirulina ile zenginleştirilmiş yoğurdun (% 0,95) ve kontrol yoğurdunun (% 0,91) kül içeriğine bakıldığında istatistik olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$). O'Sullivan ve diğerleri (2016), yaptıkları çalışmada deniz yosunu özleri içeren yoğurdun, kül içeriği bakımından kontrol yoğurduna benzer değerler aldığı ve yoğurda eklenen deniz yosunu özünden etkilenmediği sonucuna varmışlardır [31]. Robertson ve diğerleri (2016), yoğurda farklı konsantrasyonlarda *Pavlova lutheri* cinsi mikroalg ekleyerek kül değerlerine baktıklarında, kül değerlerinde bir değişiklik olmadığını göstermişlerdir [10].

Yoğurtların kuru madde değerlerine bakıldığında kontrol ve % 1 *Spirulina*'lı yoğurtların değerleri sırasıyla % 13,33 ve % 13,89'dur. Bu sonuçlara göre kuru maddede iki örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Başka bir çalışmada, kontrol ve (%0,25 *Spirulina* eklenmiş yoğurdun kuru madde değerleri sırasıyla %22,47 ± 0,03 ve %22,62 ± 0,07 olarak bulunmuş ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$) [20].

Kontrol ve %1 *Spirulina*'lı yoğurt örneklerinin yağ içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Sengupta ve diğerleri (2018), farklı konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* ekleyerek yaptıkları soya yoğurtlarındaki yağ miktarının, sade soya yoğurduna benzer değerler aldığını tespit etmişlerdir [32]. Agustini ve diğerleri (2016), kontrol yoğurdu ve % 1 *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurdun yağ değerlerini birbirine oldukça yakın bulmuşlardır ($p > 0,05$). Bunun nedeni olarak ise *Spirulina*'nın az miktarda eklenmesi olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca yapılan varyans analizi sonucunda *Spirulina platensis* eklenmesiyle, yoğurt örneklerinin kurumaddede % yağ değerlerindeki değişimini istatistik olarak önemli bulmuşlardır ($p < 0,05$) [19].

Yoğurtların protein değerlerinde bakıldığında ise *Spirulina* eklenmiş yoğurtlarda kontrol yoğurduna kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun, *Spirulina*'nın yüksek protein değerleri protein içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir [33].

Tablo 5. Fizikokimyasal analiz sonuçları

	K1	K21	11	121	21	221	31	321	41	421
pH	4,14±0,02 Aa	4,02±0,02A b	4,10±0,0 1Aa	4,02±0,00 Ab	4,10±0,00 Aa	3,99±0,0 1Ab	4,10±0,00Aa	3,99±0,02A b	4,08±0,00 Aa	3,99±0,01A b
SH°	40,63±0,5 7Ec	49,86±0,70 Ba	44,80±0, 40Dc	51,33±0,3 5Ba	47,06±0,4 8Cc	54,26±0, 58Aa	49,46±0,26B c	56,00±0,46 Aa	52,13±0,4 8Ab	56,13±0,35 Aa
Kül(g/100 g)	0,91±0,01 Aa	0,92±0,00A a	0,93±0,0 1Aa	0,91±0,02 Aa	0,95±0,04 Aa	0,94±0,0 1Aa	0,94±0,03Aa	0,97±0,02A a	0,95±0,01 Aa	0,93±0,00A a
Kuru Madde(g/100 g)	13,33±0,1 2Ba	13,22±0,07 Ba	13,26±0, 04Ba	13,26±0,2 4Ba	13,53±0,1 5ABa	13,50±0, 17Aa	13,66±0,08A Ba	13,36±0,05 ABa	13,89±0,0 4Aa	13,70±0,13 Aa
Yağ(g/100 g)	2,90±0,00 Ba	2,90±0,00B a	2,95±0,0 7ABa	2,97±0,03 ABa	3,02±0,03 ABa	3,00±0,0 0ABa	3,05±0,07AB a	3,02±0,03A Ba	3,10±0,00 Aa	3,10±0,00A a
Kuru maddede % yağ	21,75±0,0 3ABa	21,93±0,00 ABa	22,24±0, 02ABa	22,39±0,0 2Aa	22,30±0,0 0ABa	22,22±0, 00ABa	22,32±0,04A a	22,60±0,01 Aa	22,31±0,0 6Aa	22,62±0,01 Aa
Protein(g/100 g)	3,83	3,83	4,59	4,59	5,26	5,26	5,68	5,68	5,96	5,96
Sinerezis(g/100 g)	33,66±0,9 8Aa	33,66±0,98 Aa	31,79±0, 57Aa	31,79±0,5 7Aa	32,94±0,9 8Aa	32,94±0, 98Aa	34,16±0,92A a	34,16±0,92 Aa	33,84±1,0 6Aa	33,84±1,06A a

*Aynı satırda büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0,05).

**Aynı satırda küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar zamanlar arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0,05).

***K1(Kontrol 1. Gün), K21(Kontrol 21. Gün), 11(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 121(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 21(%0,50 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 221(%0,50 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 31(%0,75 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 321(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 41(%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 421 (%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün).

Affan ve diğerleri (2015) yaptıkları çalışmada, kültür besiyerinde yetiştirilen *Spirulina maxima* ve *S. platensis*'in protein içeriklerini değerlendirmiş ve *S. maxima*'nın protein içeriğinin *S. platensis*'ten daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [34]. Santos ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada, *Spirulina* ile zenginleştirilmiş, çalkalama tipi toz gıdaların geliştirilmesi amacıyla yaptıkları ürünlerde ortalama olarak %42 daha fazla protein içeriğine ulaşmışlardır [35].

Yoğurtların sinerezis değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre depolama süresinin 1. gününden itibaren birbirine oldukça yakın değerler aldığı gözlenmiştir. *Spirulina platensis* ilavesinin bütün yoğurt örneklerinin sinerezis değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Brignac ve Aryana (2012), antioksidan bileşiklerin (C vitamini, E vitamini ve β -karoten) eklenmesinin, yoğurtta peynir altı suyu ayrılmasını etkilemediğini bildirmişlerdir [36]. Robertson ve diğerleri (2016) de, kontrol ile (%0,25 ve %0,50 Pavlova *lutheri* eklenmiş yoğurtların 28 günlük depolama süresince, sinerezis değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark gözlememişlerdir [10].

3.1.1. *Spirulina platensis*'li Yoğurtların Antioksidan Aktivitesi

Mikroalglerin antioksidan aktivitesi, içerdiği sayısız serbest radikallerden kaynaklanmaktadır [20]. Mavi-yeşil bir alg olan *Spirulina (Arthrospira) platensis*, süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksit gibi antioksidan enzimlerinin yanı sıra suda çözünür fikosiyanın pigmentleri, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi değerli bir doğal antioksidan kaynağı olarak kabul edilir [37]. Yapılan yoğurtlarda depolama süresi boyunca meydana gelen toplam antioksidan madde değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Yoğurt örneklerinde toplam antioksidan değerleri 25,65 – 51,83 % DPPH arasında değişmiştir.

Farklı oranlarda *Spirulina platensis* ilavesi ile bütün gruplardaki yoğurt örneklerinin toplam antioksidan değerlerindeki artış net bir biçimde görülmüştür.

Beheshtipour ve diğerleri (2012) yaptıkları çalışmada, yoğurtların antioksidan aktivitesinin mikroalg varlığı ile arttığını açıkça göstermişlerdir. *Spirulina*'nın yoğurda katılmasının sonucu, serbest

radikal yakalamadaki artış, klorofil [38], karotenoid [39] ve fikosiyanın içeriğindeki artış ile ilişkilendirilmiştir [40].

Goiris ve diğerleri (2012), 32 mikroalgal biyokütle örneğini TEAC, FRAP ve AIOLA yöntemlerini kullanarak toplam antioksidan kapasitelerini araştırmışlardır. Mikroalglerin $53,90 \pm 0,76$ ile $69,40 \pm 1,14$ $\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$ arasında değişen değerleriyle yüksek toplam antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve bu nedenle potansiyel bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Bu çalışmada farklı türdeki ekstraktlardan elde edilen sonuçlar, karotenoid ve fenolik bileşiklerin, mikroalglerin antioksidan kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunduğunu açıkça göstermiştir [39].

3.1.2. *Spirulina platensis*'li Yoğurtların Toplam Fenolik Madde Değerleri

Yoğurtlarda depolama süresi boyunca meydana gelen toplam fenolik madde değerlerindeki değişim Şekil 1'deki gallik asit kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak Tablo 7'de gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir. Yoğurt örneklerinde toplam fenolik madde değerleri 51,57 – 80,49 mg GAE / g arasında değişmiştir. *Spirulina platensis* ilavesi ile bütün gruplardaki toplam fenolik madde değerlerindeki artış meydana gelmiştir. Li ve diğerlerinin (2007), birkaç tür mikroalgin farklı fraksiyonlarının antioksidan kapasitelerinin ve toplam fenolik içeriğinin değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, fenolik bileşiklerin bu mikroalglerin antioksidan kapasitelerine önemli bir katkı yapmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Mikroalglerin, diğer bitkilerden farklı türde antioksidan bileşikler içerebildiğini tespit etmişlerdir [40]. Ismaiel ve diğerlerinin (2016) yaptıkları bir çalışmada, *S. platensis*'in toplam fenolik madde içeriğini, pH 9,5'da 12,1 mg GAE / g ve pH 10,0'da 11,9 mg GAE / g olarak bulmuşlardır. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. *S. platensis*'in toplam fenolik maddde içeriğinin, pH ile değişebildiği sonucuna ulaşmışlardır [38]. O'Sullivan ve diğerleri (2014), *Ascophyllum nodosum* (%0,25) ve *Fucus vesiculosus* (%0,50) yosunlarının ekstratları ile zenginleştirilmiş süt örneklerinin toplam fenolik madde değerlerini sırasıyla $74,8 \pm 3,5$, $91,5 \pm 6,5$ mg GAE / g olarak bulmuşlardır [42].

Tablo 6. Toplam Antioksidan Madde analiz sonuçları (%DPPH)

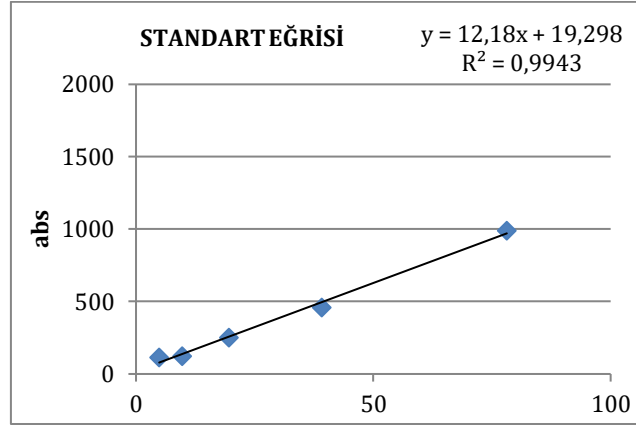
	K1	K21	11	121	21	221	31	321	41	421
Toplam Antioksidan(%DPPH)	25,65	26,17	28,27	32,98	35,07	39,26	40,83	45,02	47,12	51,83

*K1(Kontrol 1. Gün), K21(Kontrol 21. Gün), 11(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 121(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 21(%0,50 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 221(%0,50 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 31(%0,75 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 321(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 41(%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 421(%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün)

Tablo 7. Toplam Fenolik Madde analiz sonuçları (mg GAE/ g)

	K1	K21	21	221	41	421
Toplam Fenolik Madde (mg GAE / g)	51,57	53,49	62,82	64,79	72,65	80,49

*K1(Kontrol 1. Gün), K21(Kontrol 21. Gün), 21(%0,50*Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 221(%0,50*Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün, 41(%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 421(%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün).

**Şekil 1.** Gallik asit kurvesi.

3.2. Renk Analizi Sonuçları

Renk, ürünlerin niteliğini ve kalitesini belirleyen önemli özelliklerden biridir. Süt ürünlerinde renklerin, tüketici kabulü üzerinde önemli etkisi vardır [43]. Bu nedenle bu çalışmada yoğurt örneklerinin renk analizi PCE-TCR 200 (Çin) renk ölçüm cihazına göre sonuçlar ise L*, a* ve b* parametrelerine göre değerlendirilmiştir. CIE sisteminde L* aydınlık a* kırmızı ve yeşil renk yoğunluğunu b* ise sarı ve mavi renk yoğunluğunu belirtmektedir [44].

Yoğurt örneklerine ait L*, a* ve b* değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Yoğurt gruplarında depolama boyunca en düşük L* değeri depolamanın 1. gününde 49,59 değeriyle 4 numaralı gruptaki yoğurtlarda; en yüksek L* değeri ise depolamanın 21. gününde 90,85 ile K grubu yoğurtlarda bulunmuştur. Farklı oranlarda *Spirulina platensis* ilavesinin yoğurt örneklerinin L* değerleri üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). 21 günlük depolama süresinin L* değeri üzerine etkisi, kontrol grubu hariç diğer bütün gruplardaki yoğurtlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Shin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2008), kontrol yoğurdu ve %0,25, %0,50 ve %1 *Spirulina* tozu ilave edilen yağsız süttten hazırlanan yoğurtların L* değerlerini sırasıyla 90,77±0,47, 73,43±0,14, 65,91±0,40, 55,10±0,35 olarak bulmuşlardır [18].

Barkallah ve diğerleri (2017) yaptıkları çalışmada, kontrol ve % 0,25 *Spirulina* eklenmiş yoğurdun L* değerlerini sırasıyla 86 ve 59 olarak bulmuşlardır. L*, a* ve b* değerleri, yoğurtta *Spirulina* renginin

baskın olduğunu göstermiştir. Yapılan istatistiksel analizler, kontrol ve *Spirulina* ile zenginleştirilen yoğurtlar arasında, depolama süresi boyunca L* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını göstermiştir ($p > 0,05$) [20].

Yoğurt gruplarının a* değerleri ise depolama süresince -4,91 ve -1,11 arasında değişiklik göstermiştir. Farklı konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* ilavesiyle hazırlanan yoğurt gruplarının 21 günlük depolama süresinin a* değerleri üzerine etkisi K grubu ve 1 numaralı gruptaki yoğurtlarda istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($p > 0,05$) 2, 3 ve 4 numaralı gruplarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Shin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (2008), %0,50 ve %1 *Spirulina* tozu ilave edilen yoğurt dışındaki diğer gruplarda ölçülen a* değerlerindeki değişiklikleri istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır ($p < 0,05$) [18]. Başka bir çalışmada, kontrol ve *Spirulina* ile zenginleştirilen yoğurtların depolama süresi boyunca a* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$) [20].

Yoğurt gruplarının b* değerleri ise 5,18 ile 6,96 aralığında değişiklik göstermiştir. *Spirulina platensis* ilavesinin b* değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Benzer bir çalışmada, yoğurtların b* değerleri sırasıyla 10,76±0,98, 7,97±0,13, 8,17±0,03, 8,17±0,03 olarak bulunmuştur. Kontrol grubu dışındaki diğer yoğurtlarda ölçülen b* değerlerindeki değişiklikler ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$) [18]. Bir başka çalışmada depolama süresince kontrol ve %0,25 *Spirulina* eklenmiş yoğurtların b* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$) [20].

Tablo 8. Renk analizi sonuçları

	K1	K21	11	121	21	221	31	321	41	421
L*	89,63±0,71Aa	90,85±0,53Aa	66,45±0,71Bc	72,76±0,53Ba	61,46±0,71Cb	63,38±0,53Ca	55,23±0,71Dc	60,18±0,53Da	49,59±0,71Ec	57,37±0,53Da
a*	-1,11±0,29Aa	-1,29±0,19Aa	-3,79±0,29Ba	-3,57±0,19Ba	-4,77±0,29Cc	-3,21±0,19Ba	-4,91±0,29Cc	-3,57±0,19Ba	-3,66±0,29Bb	-3,11±0,19Ba
b*	5,57±0,41Ab	6,61±0,50Aa	6,68±0,41Aa	5,18±0,50Ab	6,28±0,41Aa	6,33±0,50Aa	6,74±0,41Aa	6,04±0,50Aab	6,96±0,41Aa	6,40±0,50Aab

* Aynı satırda büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0,05).

** Aynı satırda küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar zamanlar arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0,05).

** K1(Kontrol 1. Gün), K21 (Kontrol 21. Gün), 11(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 121(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 21(%0,50 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 221(%0,50 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 31(%0,75 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 321(%0,25 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün), 41(%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 1. Gün), 421 (%1 *Spirulina platensis*'li yoğurt 21. Gün).

Tablo 9. Mikrobiyolojik analiz sonuçları

	K1	K21	11	121	21	221	31	321	41	421
M17	7,47±0,11Aa	6,10±0,67Ab	8,01±0,29Aa	6,13±1,01Ab	8,24±0,27Aa	6,75±0,6Ab	8,25±0,37Aa	6,04±0,58Ab	8,28±0,45Aa	6,03±0,42Ab
MRS	7,75±0,66Aa	6,27±0,18Ab	7,72±0,62Aa	6,91±0,06Ab	7,88±0,79Aa	6,89±0,23Ab	7,87±0,77Aa	6,67±0,56Ab	7,94±0,84Aa	6,62±0,22Ab
VRB	0,66±0,33Aa	<10Aa	<10Aa	<10Aa	0,66±0,33Aa	<10Aa	<10Aa	<10Aa	0,33±0,33Aa	<10Aa
PDA	0,33±0,33Aa	<10Aa	0,66±0,66Aa	<10Aa	0,66±0,33Aa	<10Aa	0,33±0,33Aa	<10Aa	0,66±0,33Aa	<10Aa
PCA	7,49±0,86Aa	7,58±0,43Aa	7,15±1,08Aa	6,90±0,60Aa	7,23±1,08Aa	7,17±0,60Aa	7,24±1,02Aa	6,83±0,76Aa	7,31±0,92Aa	6,77±0,81Aa

*Aynı satırda büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar yoğurt çeşitleri arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0,05).

**Aynı satırda küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar zamanlar arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0,05).

K1(Kontrol 1. Gün), K21 (Kontrol 21. Gün), 11(%0,25 *Spirulina platensis*’li yoğurt 1. Gün), 121(%0,25 *Spirulina platensis*’li yoğurt 1. Gün), 21(%0,50 *Spirulina platensis*’li yoğurt 1. Gün), 221(%0,50 *Spirulina platensis*’li yoğurt 21. Gün), 31 %0,75 *Spirulina platensis*’li yoğurt 1. Gün), 321(%0,25 *Spirulina platensis*’li yoğurt 21. Gün), 41(%1 *Spirulina platensis*’li yoğurt 1. Gün), 421(%1 *Spirulina platensis*’li yoğurt 21. Gün).

3.3. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin bakteri miktarlarında meydana gelen değişim Tablo 9'da verilmiştir. Yapılan yoğurtlarda 21 günlük depolama süresi boyunca meydana gelen laktokok bakteri sayıları 6,03 – 8,28 $\log_{10}\text{kob/g}$ arasında değişmektedir. Eklenen *Spirulina platensis*'in M17'de gelişen bakterileri bir miktar arttırdığı fakat bu değişimin istatistik bakımdan önemli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($p>0,05$). Ancak bakteri sayılarına, depolama süresinin istatistik bakımdan önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Güldaş ve İrkin (2010) yaptıkları çalışmada, kontrol ve *Spirulina* tozu ilave edilen yoğurtlarda, yoğurt starter kültürleri ve *Lactobacillus acidophilus*'un canlılığını araştırmış ve *S. platensis* tozu ilavesinin, tüm bakterilerin daha iyi büyümesi ile sonuçlandığını tespit etmişlerdir [45]. Bunun nedeni olarak Akalın ve diğerleri (2009) tarafından belirlenen *S. platensis*'in besleyici özelliklerinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir [46].

21 günlük depolama süresi boyunca laktobasil bakterileri sayısındaki değişim ise 6,27 – 7,94 $\log_{10}\text{kob/g}$ arasında değişmektedir. Depolama süresinin, MRS'de gelişen bakteri miktarları üzerine etkisi istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ancak yoğurt örneklerine farklı konsantrasyonlarda eklenen *Spirulina platensis*'in MRS'de gelişen bakteri miktarlarına istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunamamıştır ($p>0,05$).

Fadei ve diğerlerinin (2013) yaptıkları çalışmada, *S. platensis* tozunun yoğurda eklenmesi, depolamanın 7. gününde yoğurtlardaki *L. bulgaricus* sayısında istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Ancak depolama süresi arttıkça, yoğurtlardaki *L. bulgaricus* canlı sayısının belirgin bir şekilde düştüğü gözlenmiştir [47].

Mocanu ve diğerlerinin (2013) yaptıkları çalışmada *Spirulina* ile zenginleştirilmiş süt ve kontrol pastörize süt; iki farklı başlangıç kültürü (BB12 (*Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis*) ve LA-5(*Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis*)) kullanılarak üretilmiştir. BB12 grubu %0,5 *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurtlarda probiyotik bakteri sayılarını depolamanın ilk gününde 8,3 $\log_{10}\text{kob/g}$ iken 15. gününde 7,4 $\log_{10}\text{kob/g}$ olarak bulmuşlardır. %1 *Spirulina platensis* eklenmiş yoğurtlarda ise probiyotik bakteri sayılarını depolamanın ilk gününde 8,5 $\log_{10}\text{kob/g}$ iken 15. gününde 7,5 $\log_{10}\text{kob/g}$ olarak bulmuşlardır. Ancak bu farklar istatistiksel olarak önemsiz düzeyde bulunmuştur ($p>0,05$) [48].

Yoğurtların koliform grubu bakteri sayılarına bakıldığında ise 21 günlük depolama süresinin ve *Spirulina platensis* eklenmesinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Barkallah ve diğerlerinin (2017) yaptıkları çalışmada, 28 günlük depolama sırasında numunelerin hiçbirinde küf, maya veya koliform bakteri tespit edilmemiştir. Bu sonuçlar, 4°C'de 4 hafta boyunca depolandıktan sonra bile yoğurtların güvenli ve temiz olduğunu göstermiştir [20].

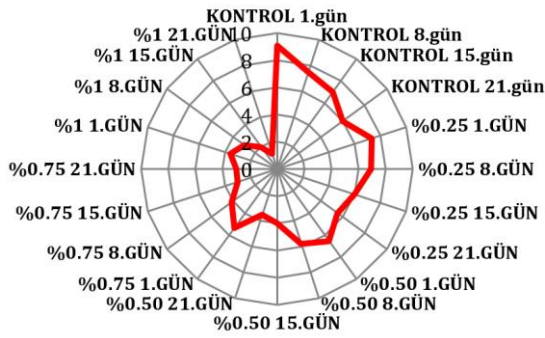
Yapılan yoğurtlarda 21 günlük depolama süresince meydana gelen maya ve küf sayılarındaki değişimlere, depolama süresinin ve *Spirulina platensis* eklenmesinin istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmamıştır ($p>0,05$). Varga ve diğerleri (2002), *Spirulina platensis* biyokütlesinin yoğurda eklenmesiyle, iki farklı sıcaklıkta depolanması sırasında probiyotik fermente süt ürünlerinin mikroflorası üzerindeki etkisini araştırmış ve tüm yoğurt gruplarında depolama süresince yapılan analizlerde maya, küf ve koliform tespit edilmediğini belirtmişlerdir. Sonuçların istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$), ancak *Spirulina* tozu eklenerek mikrobiyolojik kalitenin arttığını tespit etmişlerdir [49]. Malik (2011) yaptığı çalışmada kontrol ve %0,3 *Spirulina*'lı yoğurt numunesinin maya ve küf değerlerini sırasıyla 1.95 ve 1,94 $\log_{10}\text{kob/g}$ olarak bulmuştur. Sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$), ancak *Spirulina* tozu eklenerek mikrobiyolojik kalitenin arttığı sonucuna ulaşmıştır [50].

Toplam mezofilik aerob flora sayısı, yoğurtta fazla veya düşük asitliğin yanı sıra, mukoz oluşması, istenmeyen tat, patojen varlığı ve genel kirlilik hakkında bilgi vermesi açısından sayım sonuçları dikkate alınmaktadır. Tüm yoğurt gruplarında 21 günlük depolama süresinin ve *Spirulina platensis* eklenmesinin PCA'da gelişen bakteri sayıları üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). O'Sullivan ve diğerleri (2014), *Ascophyllum nodosum* ve *Fucus vesiculosus* yosunlarının ekstratları ile zenginleştirilmiş süt örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayılarını, 11 günlük depolama süresi boyunca 3,3 ila 5,6 $\log_{10}\text{kob/g}$ arasında değiştiği ve bakteri sayılarının deniz yosunu özleri ilavesinden etkilenmediği sonucuna ulaşmışlardır [42].

3.4. Duyusal Analiz Sonuçları

Yoğurtların duyusal özelliklerine ait olan genel kabul edilebilirlikleri Şekil 2'de verilmiştir. Kontrol yoğurdundan sonra en yüksek puanı % 0,25 *Spirulina* içeren yoğurtlar almıştır. Daha yüksek mikroalgal konsantrasyonları (%0,50, %0,75 ve %1)

içeren yoğurtlar, kontrole kıyasla daha düşük duyusal kabul edilebilirliğe sahiptir ($p < 0,05$). *Spirulina* ilavesinin neden olduğu uygun olmayan lezzet, metalik aroma üretebilen minerallerin yanı sıra lipitlerin oksidasyonundan üretilen bileşiklerle de bağlantılıdır [51]. Genel olarak, (kontrol ve % 0,25 *Spirulina* ile yapılan yoğurtlar hariç) *Spirulina* eklenmiş yoğurtlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Malik ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada, farklı konsantrasyonlarda *Spirulina* ilavesiyle hazırlanan dondurma yapılan duyusal testler sonucunda en lezzetli olan grubun %0,15 *Spirulina* ilavesiyle hazırlanmış dondurma olduğu sonucuna varmışlardır [52]. Agustini ve arkadaşları (2016), panelistler tarafından yapılan duyusal testler sonucunda, % 1 *Spirulina platensis* ilavesinin kontrol yoğurduna göre daha çok tercih edildiğini göstermişlerdir. Bununla birlikte, örnekler arasında görünüm, lezzet, tat, kıvam ve toplam kabul edilebilirlik niteliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmediğini ifade etmişlerdir ($p > 0,05$) [19].



Şekil 2. Depolama süresince yoğurt gruplarının toplam kabul edilebilirlikleri.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, *Spirulina platensis* biyokütlesinin yoğurda eklenmesiyle, yoğurtta protein seviyesinin arttığını kanıtlamıştır. Protein bakımından zengin olan *Spirulina* gıdalarla birlikte vücuda alındığında dokularda faydalı etkilere neden olabilir. Ek olarak, mineral, protein ve esansiyel yağ asitleri bakımından çok zengin olduğu için, özellikle düşük kalorili diyetlere sahip olan insanlar için yararlı bir besindir. *Spirulina platensis*, yoğurdun antioksidan aktivitesini artırarak nutrasötik özelliğini de arttırmıştır. Bu sonuçlara göre, biyoaktif bileşiklerin bir kaynağı olan *Spirulina platensis*'in, tüketicilerde olumsuz etkilere neden olabilen sentetik ve kimyasal bileşiklerden oluşan katkı maddelerine alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, *Spirulina* tozu, iyi bir doğal renklendirici ve uygun konsantrasyonda lezzet verici madde kaynağı olduğundan yoğurt işlemede yenilikçi ve çekici katkı maddesi olarak etkin bir şekilde kullanılabilir.

Teşekkür

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2018-6745 no'lu yüksek lisans projesi kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Anonim, 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tebliğ No:2009/25, Ankara.
- [2] Akın, N. 2006. Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, 456s.
- [3] McGill, C.R., Fulgoni, V.L., DiRienzo, D., Huth, P.J., Kurilich, A.C. and Miller, G.D. 2008. Contribution of dairy products to dietary potassium intake in the United States population. The Journal of the American College of Nutrition, 27, 44-50.
- [4] Çakmakçı, S., Gündoğdu, E. 2005. Yoğurdun yararları ne kadar tekrarlınsa yine de az. Hasad Gıda, 20, 10-15.
- [5] McKinley, M.C. 2005. The nutrition and health benefits of yoghurt. International Journal of Dairy Technology, 58, 1-12.
- [6] Özden, A. 2009. İnsan beslenmesinde yoğurdun yararlı etkileri. Güncel Gastroenteroloji Dergisi, 13(4), 227-231.
- [7] Dal Bello, B., Torri, L., Piochi, M., Zeppa, G. 2015. Healthy yogurt fortified with n-3 fatty acids from vegetable sources. Journal of Dairy Science, 98(12), 8375-8385.
- [8] Ghorbanzade, T., Jafari, S.M., Akhavan, S., Hadavi, R. 2017. Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. Food Chemistry 216, 146-152.
- [9] Öztürkoğlu-Budak, S., Akal, C., Yetişemiyen, A. 2016. Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt. Journal of Dairy Science, 99(11), 8511-8523.

- [10] Robertson, R.C., Mateo, M.R.G., O'Grady, M.N., Guihéneuf F., Stengel, D.B., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F., Kerry, J.P., 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.
- [11] Ciferri, O., Tiboni, O. 1985. The Biochemistry and Industrial Potential of *Spirulina*. *Annual Review of Microbiology*, 39, 503-526.
- [12] Pinero Estrada, J.E., Bermejo Bescos, P., Villar del Fresno, A.M. 2001. Antioxidant Activity of Different Fractions of *Spirulina platensis* Protean Extract. *Farmaco*, 56(5-7), 497-500.
- [13] Rossi, N., Derouiniot-Chaplain, M., Jaouen, P., Legentilhomme, P., Petit, I. 2008. *Arthrospira platensis* Harvesting with Membranes: Fouling Phenomenon with Limiting and Critical Flux. *Bioresour Technology*, 99(14), 6162-6167.
- [14] Karkos, P.D., Leong, S.C., Karkos, C.D., Sivaji, N., Assimakopoulos, D.A. 2011. *Spirulina* in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011, 1-4.
- [15] World Health Organization, 2004. WHO guidelines on safety monitoring of herbal medicines in pharmacovigilance systems. World Health Organization, 82s.
- [16] Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önalın, S.K., Akdoğan, P. 2013. *Algal Biyoteknoloji Çalışmaları*, Yunus Araştırma Bülteni, (4), 21-26.
- [17] Belay A. 2002. The Potential Application of *Spirulina* (*Arthrospira*) as a Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management. *JANA*, 5 (2), 27-48.
- [18] Shin, Y. M., Son, C. W., Sim, H. J., Kim, M. H., Kim, M. Y., Kwon, O. Y., Kim, M. R. 2008. Quality characteristics and antioxidant activity of *Spirulina* added yogurt. *Korean journal of food and cookery science*, 24(1), 68-75.
- [19] Agustini, T.W., Soetrisnanto, D. and Ma'ruf, W.F. 2016. Study on chemical, physical, microbiological and sensory of yoghurt enriched by *Spirulina platensis*. *International Food Research Journal*, 24(1), 367-371.
- [20] Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M.A., Fendri, İ., Attia, H., Abdelkafi, S. 2017. Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 323-330.
- [21] Dave, R.I., Shah, N.P. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. *International Dairy Journal*, 7, 31-41.
- [22] Anonim, 1999. T.S.1330, Yoğurt Standardı. (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.
- [23] AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th Ed., Association of Official Analysis Chemists: Arlington, VA, USA.
- [24] Anonim, 1990. Türk Standartları Enstitüsü, TS 8189, Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu.
- [25] Öner, Z., Karahan, A. G., Aydemir, S., Aloğlu, H. Ş. 2008. Effect of transglutaminase on physicochemical properties of set-style yogurt. *International Journal of Food Properties*, 11(1), 196-205.
- [26] Kahyaoğlu, T., Kaya, S., 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.
- [27] Selçuk, A.R., Yılmaz, Y. 2009. İşlenmiş uzum çekirdeği tozu ilavesinin lokum benzeri bir ürünün toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 7 (5), 56-61.
- [28] De Man, J. C., Rogosa, D., Sharpe, M. E. 1960. A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of applied Bacteriology*, 23(1), 130-135.
- [29] Terzaghi, B. E. ve Sandine, W. E. 1975. Improved medium for lactic streptococci and their bacteriophages *Applied and Environmental Microbiology Journal*. 29(6), 807-813.
- [30] Varga, L., Sziget, J., Ördög, V. 1999. Effect of a *Spirulina platensis* biomass enriched with trace elements on combinations of starter culture strains employed in the dairy industry. *Milchwissenschaft*. 54(5), 247-248.
- [31] O'Sullivan, A.M., O'Grady, M.N., O'Callaghan, Y.C., Smyth, T.J., O'Brien, N.M., Kerry, J. P. 2016. Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 293-299.
- [32] Sengupta, S., Koley, H., Dutta, S., Bhowal, J. 2018. Hypocholesterolemic effect of *Spirulina platensis* (SP) fortified functional soy yogurts on diet-induced hypercholesterolemia. *Journal of Functional Foods*, 48, 54-64.
- [33] Lupatini, A. L., Colla, L. M., Canan, C., Colla, E. 2017. Potential application of microalga *Spirulina platensis* as a protein source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 724-732.
- [34] Affan, M. A., Lee, D. W., Al-Harbi, S. M., Kim, H. J., Abdulwassi, N. I., Heo, S. J., Kang, D. H. 2015. Variation of *Spirulina maxima* biomass

- production in different depths of urea-used culture medium. Brazilian Journal of Microbiology, 46(4), 991-1000.
- [35] Santos, T.D., de Freitas, B.C.B., Moreira, J.B., Zanfonato, K., Costa, J.A.V. 2016. Development of powdered food with the addition of *Spirulina* for food supplementation of the elderly population. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 37, 216-220.
- [36] Brignac, B., Aryana, K. J. 2012. Influence of various antioxidants on the characteristics of plain yogurt. Food and Nutrition Sciences, 3, 1277-1280.
- [37] El-Baky, H.H.A., El Baz, F.K., El-Baroty, G.S. 2009. Enhancement of antioxidant production in *Spirulina platensis* under oxidative stress. Acta Physiologiae Plantarum, 31(3), 623-631.
- [38] Ismaiel, M.M. S., El-Ayouty, Y.M., Piercey-Normore, M. 2016. Role of pH on antioxidants production by *Spirulina (Arthrospira) platensis*. Brazilian journal of microbiology, 47(2), 298-304.
- [39] Goiris, K., Muylaert, K., Fraeye, I., Foubert, I., De Brabanter, J., De Cooman, L. 2012. Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. Journal of Applied Phycology, 24, 1477-1486.
- [40] Beheshtipour, H., Mortazavian, A.M., Haratian, P., Darani, K.K. 2012. Erratum to: Effects of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. European Food Research and Technology, 235(4), 719-728.
- [41] Li, H.B., Cheng, K.W., Wong, C.C., Fan, K.W., Chen, F.Y. 2007. Jiang Antioksidan kapasitenin değerlendirilmesi ve seçilen mikroalgelerin farklı fraksiyonlarının toplam fenolik içeriği. Food Chemistry, 102, 771-776.
- [42] O'Sullivan, A.M., O'Callaghan, Y.C., O'Grady, M.N., Waldron, D.S., Smyth, T. J., O'Brien, N.M., Kerry, J.P. 2014. An examination of the potential of seaweed extracts as functional ingredients in milk. International Journal of Dairy Technology, 67, 182-193.
- [43] Dönmez, Ö., Mogol, B. A., 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.
- [44] Şimşek, B., Gün, İ., Çelebi, M. 2010. Isparta Yöresinde Üretilen Süzme Yoğurtların Protein Profilleri ve Bunların Kimyasal Özelliklerle İlişkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3), 208-213.
- [45] Gölbaş, M., İrkin, R. 2010. Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk. Mljekarstvo, 60(4), 237-243.
- [46] Akalın, A. S., Ünal, G., Dalay, M. C. 2009. Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. Italian Journal of Food Science, 21(3), 357-364.
- [47] Fadei, V., Mohammad-Alasti, F., Khosravi-Darani, K. 2013. Influence of *Spirulina platensis* powder on the starter culture viability in probiotic yoghurt containing spinach during cold storage. European Journal of Experimental Biotechnology 3(3), 389-393.
- [48] Mocanu, G., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., Vlăsceanu, G. 2013. Influence of *Spirulina platensis* biomass over some starter culture of lactic bacteria. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 19(4), 474-479.
- [49] Varga, L., Szigeti, J., Kovács, R., Földes, T., Buti, S. 2002. Influence of a *Spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage (R1). Journal of Dairy Science, 85(5), 1031-1038.
- [50] Malik, P. 2011. Utilization of *Spirulina* powder for enrichment of ice cream and yoghurt. Karnataka Veterinary, Animal and Fisheries Sciences University, Doctoral dissertation, 151s.
- [51] Shimamatsu, H. 2004. Mass production of *Spirulina*, an edible microalga. Hydrobiologia, 512(1-3), 39-44.
- [52] Malik, P., Kempanna, C., Aman, P. 2013. Quality characteristics of ice cream enriched with *Spirulina* powder. International Journal of Food and Nutrition Science, 2(1), 44-50.