



T.C.

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MOLEKÜLER TIP ANABİLİM DALI

SPİRULİNA PLATENSİS KATKILI YOĞURDUN ANTİOKSİDAN VE
PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELİF NUR GÖKÇURAK

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖNDER İDİL

AMASYA

ŞUBAT 2022

T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MOLEKÜLER TIP ANABİLİM DALI

***SPİRULİNA PLATENSİS* KATKILI YOĞURDUN ANTİOKSİDAN VE
PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Elif Nur GÖKÇURAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Önder İDİL

AMASYA
ŞUBAT 2022

ELİF NUR GÖKÇURAK tarafından hazırlanan “*SPİRULİNA PLATENSİS* KATKILI YOĞURDUN ANTİOKSİDAN VE PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Amasya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Moleküler Tıp** Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Önder İDİL

Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan : Prof. Dr. Birsen AYDIN KILIÇ

Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yeliz GENÇ BEKİROĞLU

Bafra Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 08 / 02 / 2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Recep KÜRKÇÜ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Çok sevdiğim anneme ve babama

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Elif Nur GÖKÇURAK

08/02/2022

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince katkılarından dolayı danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Önder İDİL'e,

Çalışmalarına katkılarından dolayı Arş. Gör. Dr. Umut ÇELİKOĞLU ve Arş. Gör. Emine ÇELİKOĞLU'na,

Tez çalışmamın her aşamasında maddi manevi desteğini her zaman hissettiğim, ikinci evim olan çok değerli arkadaşım, hayal ortağım Merve YEMİŞ'e,

Laboratuvar ortamında desteklerini esirgemeyen, iyi bir ekip olduğumuz sevgili çalışma arkadaşlarım Merve KARAARSALAN, Melike KARATAŞ, Habibe CENİKLİOĞLU'na,

Deneylerimin son aşamasında destek ve yardımlarından dolayı Alperen DURAN'a

Laboratuvar günlerimde kolaylık sağlayan iş arkadaşlarıma,

Tez dönemim boyunca tüm sıkıntılara karşı çok sabırlı olan ve eğitim hayatım boyunca her zaman olduğu gibi desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme,

Ve bütün zorluklara, aksiliklere rağmen pes etmeden, iş yerim ve laboratuvar arasında geçen bir buçuk yıl boyunca gece gündüz çalışarak yüksek lisans tezimi başarıyla tamamlayabildiğim ve ideallerimden birini daha gerçekleştirdiğim için en çok da kendime teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLolar DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Fonksiyonel Gıda	2
2.2. Yoğurt	3
2.2.1. Probiyotik yoğurt	5
2.2.2. Yoğurtta prebiyotiklerin rolü	6
2.3. <i>Spirulina platensis</i>	6
2.4. Fikosiyanin.....	9
2.5. Serbest Radikaller	11
2.6. Antioksidanlar.....	13
3. GEREÇ VE YÖNTEM	17
3.1. Gereç	17
3.1.1. Süt	17
3.1.2. Yoğurt kültürü.....	17
3.1.3. <i>Spirulina platensis</i> tozu	17
3.1.4. Fikosiyanin.....	17
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Fikosiyaninin ekstraksiyonu	18
3.2.2. Yoğurtların standardizasyonu	20
3.2.3. Fizikokimyasal analizler	22
3.2.4. Spektrofotometrik analizler	26
3.2.5. Mikrobiyal analizler.....	29
4. BULGULAR	32
4.1. Yoğurt Standardizasyonu.....	32

4.2. Yoğurt Örneklerine Ait Fizikokimyasal Analizler	33
4.2.1. Titrasyon asitliği tayini	33
4.2.2. Serum ayrılması tayini	34
4.2.3. Protein miktar tayini	34
4.2.4. Yağ miktar tayini	35
4.2.5. Kuru madde miktar tayini	35
4.3. Yoğurt Örneklerine Ait Spektrofotometrik Analizler.....	36
4.3.1. Antioksidan aktivite tayini.....	36
4.3.2. Toplam fenolik madde miktar tayini	44
4.3.4. Toplam flavonoid madde miktar tayini	47
4.4. Mikrobiyal Analizler.....	49
4.5. Duyusal Analiz Sonuçları	51
5. TARTIŞMA.....	53
6. SONUÇ	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ	71

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Yoğurtlarda Duyusal Analiz Tablosu	30
Tablo 4.1. Yoğurt Örneklerine Ait Titrasyon Asitlik Değerleri	33
Tablo 4.2. Yoğurt Örneklerine Ait Ayrılan Serum Miktarı (%)	34
Tablo 4.3. Yoğurt Örneklerine Ait Protein Miktarları (%)	35
Tablo 4.4. Yoğurt Örneklerine Ait Yağ Miktar Değerleri (%)	35
Tablo 4.5. Yoğurt Örneklerine Ait Kuru Madde Miktar Tayini (%)	36
Tablo 4.6. Yoğurt örneklerinin CUPRAC metoduna göre mg ŞAE/g cinsinden	38
değerleri	
Tablo 4.7. Yoğurt örneklerinin IC ₅₀ değerleri (mg/ml)	41
Tablo 4.8. Yoğurt örneklerinin toplam antioksidan aktivite (DPPH) (mg BHAE/g)	41
cinsinden değerleri	
Tablo 4.9. Yoğurt örneklerinin mg BHTE/g cinsinden değerleri	44
Tablo 4.10. Yoğurt örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g) değerleri	46
Tablo 4.11. Yoğurt örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı (mg KE/g) değerleri ...	48
Tablo 4.12. Yoğurt örneklerindeki probiyotik bakteri sayısına ait logaritmik sayım	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fikosiyaninin Yapısı.....	10
Şekil 4.1. Şiringik Asitin Cu(II) İndirgeme Antioksidan Aktivite Eğrisi	37
Şekil 4.2. Kontrol Yoğurt Örneğinin Cu(II) İndirgeme Antioksidan Aktivite Eğrisi	37
Şekil 4.3. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurt Örneğinin Cu (II) İndirgeme Antioksidan.....	
Aktivite Eğrisi	37
Şekil 4.4. Fikosiyanin Katkılı Yoğurt Örneğinin Cu(II) İndirgeme Antioksidan.....	
Aktivite Eğrisi	38
Şekil 4.5. BHA Örneğinin Demir İndirgeme (DPPH) Antioksidan Aktivite Eğrisi	39
Şekil 4.6. Kontrol Yoğurt Örneğinin Demir İndirgeme (DPPH) Antioksidan.....	
Aktivite Eğrisi	40
Şekil 4.7. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurt Örneğinin Demir İndirgeme (DPPH).....	
Antioksidan Aktivite Eğrisi	40
Şekil 4.8. Fikosiyanin Katkılı Yoğurt Örneğinin Demir İndirgeme (DPPH).....	
Antioksidan Aktivite Eğrisi	40
Şekil 4.9. BHT (Standart) ABTS Antioksidan Aktivite Eğrisi	42
Şekil 4.10. Kontrol Yoğurt Örneğinin ABTS Antioksidan Aktivite Eğrisi	43
Şekil 4.11. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurt Örneğinin Abts Antioksidan Aktivite.....	
Eğrisi.....	43
Şekil 4.12. Fikosiyanin Katkılı Yoğurt Örneğinin ABTS Antioksidan Aktivite Eğrisi.....	43
Şekil 4.13. Gallik Asitin Toplam Fenolik Madde Miktar Eğrisi.....	44
Şekil 4.14. Kontrol Yoğurt Örneğinin Toplam Fenolik Madde Miktarı Eğrisi	45
Şekil 4.15. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurt Örneğinin Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	
Eğrisi.....	46
Şekil 4.16. Fikosiyanin Katkılı Yoğurt Örneğinin Toplam Fenolik Madde Miktarı Eğrisi	46
Şekil 4.17. Katesin (Standart) Flavonoid Miktar Eğrisi.....	47
Şekil 4.18. Kontrol Yoğurt Örneğinin Flavonoid Miktar Eğrisi	47
Şekil 4.19. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurt Örneğinin Flavonoid Miktar Eğrisi	48
Şekil 4.20. Fikosiyanin Katkılı Yoğurt Örneğinin Flavonoid Miktar Eğrisi	48

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1 <i>Spirulina platensis</i> Tozu	17
Resim 3.2. Liyofilizatör Cihazı.....	18
Resim 3.3. Süpernatantı Alınmış Fikosiyanin Örneği	19
Resim 3.4. Liyofilizatör İçin Hazırlanmış Sulu Fikosiyanin Örnekleri	19
Resim 3.5. Liyofilize Edilmiş Fikosiyanin Örnekleri	19
Resim 3.6. Kontrol Yoğurdu Fermentasyon Standardizasyonu.....	21
Resim 3.7. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurt Fermentasyon Standardizasyonu	21
Resim 3.8. Fikosiyanin Katkılı Yoğurt Fermentasyon Standardizasyonu	22
Resim 3.9. Kontrol Yoğurdunun Titrasyon Asitliği Tayini	22
Resim 3.10. <i>Spirulina platensis</i> Katkılı Yoğurdun Titrasyon Asitliği Tayini	23
Resim 3.11. Fikosiyanin Katkılı Yoğurdun Titrasyon Asitliği Tayini	23
Resim 3.12. Gerber Santrifüj Cihazı	25
Resim 3.13. Yağ Tayini Yapılış Örneği.....	25
Resim 3.14. Örneklerin Etüvde Kurutulması.....	26
Resim 3.15. Nano Spektrofotometre Cihazı	27
Resim 4.1. Optimizasyonu Tamamlanan Fonksiyonel Yoğurt Örnekleri.....	33
Resim 4.2. DPPH Reaktifinin Eklenmesini Takiben Kademeli Renk Değişimini.....	
Gösteren %DPPH, 96 Kuyucuklu Mikroplaka.....	39
Resim 4.3. ABTS Reaktifinin Eklenmesini Takiben Kademeli Renk Değişimini.....	
Gösteren % Abts, 96 Kuyucuklu Mikroplaka.....	42
Resim 4.4. Folin Reaktifinin Eklenmesini Takiben Kademeli Renk Değişimini.....	
Gösteren 96 Kuyucuklu Mikroplaka.....	45
Resim 4.5. Besiyerlerinde İnkübasyona Bırakılan Yoğurt Bakterileri (8. Gün).....	49
Resim 4.6. Maya ve Küf Tespiti İçin Besiyerlerine Ekilen Yoğurt.....	
Bakterileri (8. Gün).....	51

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

B

Bükülme

α

Makaslama

°

Derece

Kısaltmalar

Açıklama

mM

Milimolar

mg

Miligram

IU

Uluslararası Ünite

M

Molar

μL

Mikrolitre

ILSI

Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü

ROS

Reaktif Oksijen Türü

LAB

Laktik Asit Bakterileri

CFU

Koloni Oluşturan Birim

mL

Mililitre

GRAS

Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınan

PEM

Protein Enerji Yetersiz Beslenmesini

PEW

Protein Enerji İsrafını

MDA

Malondialdehid

SBP

Sistolik Kan Basıncı

DBP

Diyastolik Kan Basıncı

RCT

Randomize Kontrollü Deneme

LDL

Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

HDL

Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

T2D	Tip (II) Diyabet
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
NAFLD	Nonalkolik Yağlı Karaciğer Hastalığı
NADPH	İndirgenmiş Nikotinamid Adenin Dinükleotid
	Fosfat
HIV	İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü
HOMA-IR	İnsülin Direnci
PC	Fikosiyanin
PBP	Fikobiliprotein
PBS	Fikobilizom
ADS	Antioksidatif Savunma Sistemleri
SOD	Süperoksit Dismutaz
CAT	Katalaz
GPx	Glutasyon Peroksidaz
GRx	Glutasyon Redüktaz
IgG	İmmünglobulin G
Se	Selenyum
TPN	Toplam Parenteral Beslenme
EPA	Eikosapentaenoik Asit
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
ALA	Alfa-Linolenik Asit
MEGEP	Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi
CUPRAC	Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite
DPPH	Difenil pikrilhidrazil
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)
BHA	Beta Hidroksi Asit
BHAE	Beta Hidroksi Asit Eşdeğeri
TFMM	Toplam Fenolik Madde Miktar
Mg	Magnezyum
IC₅₀	%50'sini inhibe eden konsantrasyon
GA	Gallik Asit
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
KE	Kateşin Eşdeğeri

Kob	Koloni Oluşturan Birim
MSNF	Yağ Olmayan Süt Katkıları
GRAS	Genellikle Güvenli Olarak Tanınan



ÖZET

SPIRULINA PLATENSIS KATKILI YOĞURDUN ANTİOKSİDAN VE PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Elif Nur GÖKÇURAK

Amasya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Moleküler Tıp Anabilim Dalı, Yüksek Lisans, Şubat/2022
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Önder İDİL

Fonksiyonel gıdalar arasında yer alan probiyotik yoğurtların zenginleştirilmesi ile insan sağlığına olumlu etkilerinin artırılması oldukça yaygınlaşan bir alandır. *Spirulina platensis*'in zengin besin içeriğine sahip olmasından dolayı son zamanlarda beslenmede ve gıdalara katkı olarak kullanılması yaygınlaştırmıştır. *Spirulina platensis*'te bulunan mavi renkli protein pigmenti olan fikosiyanin yüksek antioksidan içeriği sayesinde gıdaların fonksiyonelliğini artıracakı düşünülmektedir. Bu çalışmada sadece probiyotik kültür ilaveli (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*) katkısız kontrol yoğurdu, probiyotik kültürlerin yanı sıra *Spirulina platensis* tozu katkılı yoğurt ve *Spirulina platensis*'ten ekstraksiyon yoluyla elde edilen fikosiyanin ilave ederek sağlığa faydaları artırılmış besin içeriği zengin fonksiyonel yoğurtlar elde edildi. Elde edilen üç fonksiyonel yoğurt türünde; titrasyon asitlik tayini, kuru madde miktar tayini, serum ayrılma miktar analizi, protein miktar tayini, yağ miktar tayini, toplam antioksidan aktivite tayini, toplam fenolik madde miktar tayini, toplam flavonoid tayini, küf ve maya sayımı, *Lactobacillus sp.* sayımı analizlerini gerçekleştirilmiştir. Yoğurtların depolama süresi 22 gün boyunca devam etmiştir. 1, 8, 15, ve 22. günlerde çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre *Spirulina platensis* ve fikosiyanin katkılarının yoğurtlarda 1.gün bakteri sayılarını artırdığı gözlenmiştir. Aynı zamanda titrasyon asitlik değerlerini de yükselttiği tespit edilmiştir. *Spirulina platensis* ve fikosiyanin katıların kuru madde ve su tutma kapasitelerini artırarak yoğurdun kalite özelliğini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Fikosiyanin katkılı yoğurtlarda protein miktarı oldukça yüksek bulunmuştur. Fonksiyonel yoğurtlarda antioksidan aktivite değerleri katkısız kontrol yoğurduna göre oldukça yüksek bulunmuştur. Probiyotik kültür ilaveli yoğurtlara *Spirulina platensis* ve fikosiyanin ilave edilmesinin yoğurtlarda oldukça olumlu özellikler sağlayarak fonksiyonelliğini artırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel gıda, Fikosiyanin, *Spirulina platensis*, Yoğurt

ABSTRACT

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT AND PROBIOTIC PROPERTIES OF YOGURT WITH *SPIRULINA PLATENSIS*

Elif Nur GÖKÇURAK

Amasya University, Health Sciences Institute
Department of Molecular Medicine, MSc, February/2022
Advisor: Assistant Professor Member Önder İDİL

Enriching probiotic yoghurts, which are among functional foods, and increasing their positive effects on human health is a widespread area. Due to the rich nutritional content of *Spirulina platensis*, its use in nutrition and as an additive to foods has recently become widespread. It is thought that phycocyanin, the blue colored protein pigment found in *Spirulina platensis*, will increase the functionality of foods thanks to its high antioxidant content. In this study, pure control yoghurt with added probiotic culture (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*), yoghurt with *Spirulina platensis* powder added as well as probiotic cultures, and phycocyanin obtained by extraction from *Spirulina platensis* added functional yoghurts with enhanced nutritional content. was done. Three functional types of yoghurt obtained; titration acidity determination, dry matter amount, serum separation amount analysis, protein assay, fat amount, total antioxidant activity, total phenolic substance assay, total flavonoid assay, mold and yeast count, *Lactobacillus sp.* count analyzes were performed. The storage period of the yoghurts continued for 22 days. Various analyzes were carried out on the 1, 8, 15 and 22nd days.

According to the results obtained, it was observed that *Spirulina platensis* and phycocyanin additives increased the number of bacteria in yoghurts on the first day. At the same time, it was determined that it increased the titration acidity values. It was determined that *Spirulina platensis* and phycocyanin increased the dry matter and water holding capacities of solids and positively affected the quality of yoghurt. Protein content was found to be quite high in phycocyanin added yogurts. Antioxidant activity values in functional yoghurts were found to be considerably higher than in additive-free control yoghurts. It has been determined that the addition of *Spirulina platensis* and phycocyanin to yoghurts with probiotic culture added provides very positive properties in yoghurts and increases their functionality.

Key Words: Functional food, Phycocyanin, *Spirulina platensis*, Yogurt

1. GİRİŞ

Yoğurt, bilim ve teknolojiyi diyet yoluyla sağlık ve zindeliğe dönüştüren fermente gıda ürünleri yelpazesinde her zaman önemli besinlerden biri olmuştur. Probiyotikler ve prebiyotik endüstrileri geliştikçe, tüketicilerin en yüksek kaliteye ve faydaya sahip ürünlere yatırım yapma olasılığı daha da yükselmektedir. Probiyotiklerin ve prebiyotiklerin ürünlerin işlevselliğini artırma, duyuşal özelliklerini geliştirme, raf ömrünü uzatma özelliklerinden dolayı simbiyotik yoğurt üretimi giderek yaygınlaşmaktadır. Ayrıca, gıda ve memnuniyet ilişkisi, sağlığın korunması için fonksiyonel bileşenler olarak işlev görmek üzere yoğurt çeşitlerine biyoaktif fitokimyasalların dahil edilmesiyle daha da geliştirilmiştir [1].

Son zamanlarda, probiyotiklerin canlılığını artırıcı faaliyetleri, fonksiyonel ürün özelliklerini arttırmak ve aynı zamanda beslenme özelliklerini geliştirmek için fermente sütlere siyanobakteri eklemeye yönelik bir eğilim başlamıştır [2]. ‘*Spirulina*’ ve ‘*Chlorella*’, yüksek antioksidan bileşenler, bol amino asitler, yüksek kaliteli proteinler, demir (Fe), kalsiyum (Ca), doymamış yağ asitleri ve A, B2, B6, B8, E ve K vitamini dahil birçok vitamin türü içeren siyanobakterilerdir. Antiviral, antiinflamatuvar ve antitümöral etkileri vardır. Kan lipid profilini, kan şekerini, vücut ağırlığını ve yara iyileşme süresini azaltırlar. Bu nedenle, terapötik ve fonksiyonel gıda olarak bilinirler [3]. Mikroalglerin ve probiyotiklerin birlikte eklenmesinin büyümeyi uyardığı ve probiyotik bakterilerin canlılığını ve asit üretimini arttırdığı belirtilmiştir [4].

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Fonksiyonel Gıda

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, temel gıda kavramı da yalnızca insanların hayatta kalmaları için temel ihtiyaçlarını karşılamaktan ziyade, insanların sağlıklı kalmasına ve hastalıkları önlemesine yardımcı olmaya doğru değişiyor. Halk sağlığı yetkilileri, tüketiciler ve gıda endüstrisinden insanlar tarafından gıda ve sağlık arasındaki ilişkiye karşı ilgi giderek artmaktadır. Fonksiyonel gıdalar ve nutrasötikler son yıllarda artan gıdalarda popüler olmaya başlamıştır [5].

Fonksiyonel gıdaların evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı yoktur; bununla birlikte, birkaç kuruluş ortaya çıkan bu gıda kategorisini tanımlamaya çalışmıştır. Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi, fonksiyonel gıdaları temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayan gıdalar olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, fonksiyonel gıdaları, fizyolojik olarak aktif gıda bileşenleri sayesinde temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayan gıdalar olarak tanımlayan Kuzey Amerika Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü'nün (ILSI) tanımına benzerdir. Health Canada, fonksiyonel gıdaları “görünüşte geleneksel bir gıdaya benzer, olağan beslenmenin bir parçası olarak tüketilen, kanıtlanmış fizyolojik faydaları olan ve/veya temel beslenme fonksiyonlarının ötesinde kronik hastalık riskini azaltan” olarak tanımlamaktadır. Ulusal Bilimler Akademisi Tıp Enstitüsü, fonksiyonel gıdaları, sağlıklı bir diyetle katkılarını artırmak için bir veya daha fazla bileşenin konsantrasyonlarının manipüle edildiği veya değiştirildiği gıdalarla sınırlandırır [6].

Fonksiyonel gıdalar olarak bilinen bazı gıda türlerinin, genel beslenme etkilerinin ötesinde, çeşitli sağlık bozukluklarının önlenmesi ve tedavisi gibi ekstra sağlık yararları sağladığı belgelenmiştir. Bu besinler, sağlıklı ve doğal bir yaşam tarzı sağlayabilir ve ayrıca tıbbi harcamaları azaltabilir [7]. Fonksiyonel gıda geliştirme fikri, sağlığın korunması ve hastalıkların önlenmesinde diyetlerin rolünü değiştirmiştir. Fonksiyonel gıdalar basit doğal gıdalar olabilir veya biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş olabilir. Geleneksel gıdalar, biyoaktif gıda bileşenleri ile doğal veya kimyasal olarak geliştirilebilir.

Son zamanlarda yapılan araştırmalar, fonksiyonel gıdaların yararlı rolünü destekleyen birçok kanıta sahiptir ve bunların sağlığı geliştirici etkileri hakkında daha fazla araştırma yürütülmektedir. Diyabet, hipertansiyon, hiperkolesteremi, hiperglisemi ve gastrointestinal problemler gibi sağlık sorunları bu fonksiyonel gıdaların hedefi olarak alınmaktadır [8 ve 9]. Antioksidan etkiler, diyabet, obezite, kanser, osteoporoz, ateroskleroz ve kardiyovasküler

hastalıklar dahil olmak üzere çeşitli kronik bozuklukların inhibisyonundan sorumludur [9 ve 10]. Fonksiyonel gıdalarda ve nutrasötiklerde bulunan fitokimyasalların içerdiği bileşenler, hastalıkların önlenmesinde sinerjik etkilerinde önemlidir. Örnek olarak, bu bileşiklerin birçoğu kanserin başlamasının önlenmesinde aktifken, bazıları tümör gelişimini ve doku hasarını önleyebilir. Diğer olaylar tarafından indüklenen tümör gelişimi, genel olarak bitkisel gıdalarda ve özellikle fonksiyonel gıda bileşenleri ve nutrasötiklerde bulunan bir madde veya bileşiklerin bir karışımı tarafından da engellenebilir.

Fenolik bileşikler, etkilerini antioksidasyon ve oksidatif stresten kurtulma yoluyla gösterebilen fitokimyasallar arasındadır. Genel olarak, her gün yaklaşık 3,5 kg oksijen tüketilmektedir. Fakat bunun bir kısmı harcanmadan vücutta kalmaktadır. Bu oksijen vücutta tamamen azalmadığı için serbest radikallerin ve süperoksit, hidroksil radikali gibi diğer reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna yol açmaktadır. Bu nedenle, vücudumuzda her yıl birkaç kilogram peroksit ve diğer ROS üretilebilir [11 ve 12]. Reaktif oksijen türlerini önlemek ve etkilerine karşı koymak için antioksidanlara ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Endojen antioksidan savunmalar (süperoksit dismutazlar, H_2O_2 giderici enzimler, metal bağlayıcı proteinler) hasarı tamamen önlemek yeterli değildir. Bu nedenle diyet kaynaklı antioksidanlar sağlığın korunmasında önemli olduğu bilinmektedir [12]. Fonksiyonel gıdalardaki fenoliklerin antioksidan etkisi doğrudan serbest radikal süpürücü aktivitesinden dolayı ve prooksidan metal iyonlarının şelasyonundan kaynaklanan dolaylı bir etkiden kaynaklandığı bildirilmiştir [13].

Fonksiyonel gıdalar, içerdikleri bileşenler sayesinde sürekli önleyici mekanizma ile sağlık sistemi üzerindeki artan yükü azaltmak için katkı sağlamaktadır. Bitkisel kaynaklı gıdalarda olduğu kadar deniz ürünlerinde ve diğer hayvansal ürünlerde de çok sayıda fitokimyasal ve biyoaktif bulunmaktadır. Kaynak materyallerde bulunan biyoaktiflerin bir kombinasyonunun sağladığı sinerjik etkiler fonksiyonel gıdaların formülasyonunda ve sağlıklı bir diyetle olumlu etkisi olan önemli faktörlerdir [13].

2.2. Yoğurt

"Yoğurt" kelimesi Türkçe "jugurt" kelimesinden türetilmiştir. Yoğurt, Balkanlar ve Orta Doğu'da geleneksel bir yiyecek ve içecek iken popülaritesi artık Avrupa'ya ve dünyanın birçok yerine yayılmıştır. Bu verilerden, yoğurdun, özellikle Bulgaristan'da olmak üzere bazı Avrupa topluluklarının beslenmesinde önemli bir rol oynadığı ve diğer birçok ülkenin diyetlerine giderek daha önemli bir katkı sağladığı açıktır [14].

Genel olarak yoğurdun besin bileşimi, başlangıç kültürü olarak kullanılan suşlar, kullanılan süt türleri (tam, yarım veya yağsız süt), elde edilen süt türleri (örneğin inek, keçi, koyun, manda, koyun, deve), fermentasyon işleminin koşulları, tatlandırıcılar ve aroma gibi eklenen diğer bileşenler ile değişmektedir. Yoğurdun; protein, kalsiyum, riboflavin, B₆ vitamini ve B₁₂ vitamini bakımından zengin olduğu için sütte daha fazla besinsel faydaya sahip olduğu düşünülmektedir [15]. Ayrıca, sindirim sürecine yardımcı, bağışıklığı artırıcı, ishali hafifletici ve kansere karşı koruyucu özelliklere sahip olduğu bilinmektedir [16]. Beslenmede yoğurda yeterince yer vermek kilo yönetimini sağlamada etkilidir. Bir araştırma, yüksek (haftada en az 7 porsiyon) yoğurt tüketiminin, düşük (haftada 1 ila 2 porsiyon) tüketime kıyasla daha düşük obezite insidansı ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur [17]. Ayrıca, yıllarca sürekli diyet yapıldığında (yani 4 yıllık bir tüketim süresi boyunca) kilo alımının azalmasına katkısı olduğu belirtilmiştir [18]. Yoğurt ürünlerinden yüksek süt alımı, enerji dengesi üzerinde süt kalsiyum alımını artırarak vücut ağırlığının veya vücut yağ kütlelerinin azalmasına neden olur [19].

Özellikle yoğurt bakterilerinin laktoz sindirimine yardımcı olduğu, ishal olaylarını azalttığı veya önlediği ve konağın bağışıklık savunmasını güçlendirdiği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Dolayısıyla yoğurt bakterilerinin insan gastrointestinal sistemi boyunca kalıcı oldukları ve canlı kaldıkları bilinmektedir [20].

Yoğurttaki yüksek antioksidan aktivite, istenmeyen kimyasal bileşiklerden ve istenmeyen aroma oluşumundan sorumlu olabilecek lipid oksidasyon sürecini azaltması açısından olumlu olabileceği belirtilmiştir [21].

Üretim bazında yoğurt, set ve karıştırılmış tip yoğurt olmak üzere ikiye ayrılır. Set tipi yoğurt, sütün laktik asit bakterileri (LAB) tarafından tüketici kaplarında kültürlenmesiyle yapıp, pıhtının jel yapısı tüketilene kadar korunur. Karıştırmalı tip yoğurt imalatında önce büyük tanklarda yoğurt jeli elde edilir, karıştırılarak veya çalkalanarak pıhtı kırılır, daha sonra pazarlama için kaplara pürüzsüz ve kıvamlı yoğurt paketlenir. Her iki yoğurt türü de doğal/sade yoğurt, meyveli yoğurt, aromalı yoğurt ve fonksiyonel yoğurt vb. gibi başka ticari kategorilere ayrılır [14].

Set tipi yoğurt için üretim süreci; standardizasyon, homojenizasyon pastörizasyon, inkübasyon sıcaklığına soğutma, LAB starter kültürünün aşılınması, paketlenme, fermentasyon için inkübasyon (pH 4.60'a kadar), soğutma ve depolama (4°C) gibi çeşitli proses adımlarını içerir, sütün özelliklerini geri dönüşümsüz olarak değiştirir [22].

Sütün homojenizasyonu, 15-20 MPa basınçta ve 60-70°C sıcaklıkta yüksek basınçlı homojenizatör ile gerçekleştirilir [23]. Sütten yağın yerçekimi ile ayrılmasını en aza indirmek için kullanılır. Aynı zamanda homojen dağılmış aroma ile beyaz ve viskoz yoğurt üretilir [24]. Homojenizasyondan sonra süt yağ globüllerinin yüzey alanı artar, bu nedenle protein partikülleri ile etkileşimleri değiştirir. Homojenizatörde sonradan kontaminasyon sorununu önlemek için çoğunlukla süt ısıl işlemden önce homojenize edilir [25].

Isıl işlemin temel amacı çiğ sütteki patojen mikroorganizmaları öldürmektir. Ancak yoğurt üretimi için süt, normal pastörizasyon sıcaklığının üzerinde işlenir (15 saniye için 72°C). Bu, κ kazeinin yüzeyinde peynir altı suyu proteininin (β -globulinler) denatürasyonu nedeniyle yoğurdun dokusunu ve su tutma kapasitesini geliştirir. Yoğurt üretiminde pastörizasyon için iki tip zaman sıcaklık işlemi uygulanabilir. Biri toplu pastörizasyon (30 dakika boyunca 80-85°C) ve diğeri sürekli pastörizasyon (5 dakika boyunca 90-95°C) olarak bilinir [14]. Yoğurt kültürü oksijene duyarlıdır ve bu nedenle ısıl işlem, çözünmüş oksijenin uzaklaştırılmasıyla sonuçlanır, dolayısıyla kültürün büyümesine yardımcı olur.

Pastörizasyondan sonra süt inkübasyon sıcaklığına (42-43°C) soğutulur ve 1:1 zincir oranında inokulasyon için LAB karışım kültürü (*S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*) kullanılır. Süt örnekleri ise 43°C'lik optimum sıcaklıkta yaklaşık 4 saat inkübe edilir. Genel olarak, fermentasyon süresi, inokulasyon hızına ve inkübasyon sıcaklığına bağlıdır. Yoğurt numunelerinin pH'ı 4.60'a düştüğünde, soğutma ile fermentasyon hızla durdurulur. Yoğurt üretiminde kullanılan iki soğutma yöntemi vardır; tek fazlı soğutmada, yoğurt örnekleri fermentasyondan sonra 5°C'ye soğutulur ve saklanır. İki fazlı soğutmada ise sıcaklık önce 37°C'ye, ardından 10°C'ye düşürülür ve son olarak tüketime kadar 4°C'de depolanır [26].

2.2.1. Probiyotik yoğurt

Probiyotik, bağırsak yolundaki etkileri ile sağlığa fayda sağlayan canlı mikrobiyal gıda takviyesi olarak tanımlanmaktadır [27]. Probiyotik ürünler, yararlı etkilerini belgelemek için tüketim sırasında en az 10 ila 10^7 CFU/mL arasında yeterli sayıda canlı hücre içermelidir. Çoğu probiyotik, laktik asit üreten bakteriler olarak bilinen organizma grubuna girer ve günlük beslenmede yoğurt, fermente sütler veya diğer fermente gıdalar şeklinde tüketilir [28]. Lactobacilli ve Bifidobacteria'nın çeşitli türleri, probiyotik ürünlerin %90'ından fazlasında formüle edilmiştir. Bu bakteriler sağlık bilincine sahip tüketiciler arasında oldukça popülerdir [29]. Ayrıca Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınan (GRAS) gıda olarak kabul edilir [30]. Süt fermentasyonunda probiyotikler, laktik asit ve antimikrobiyal bileşikler

üretmek sütün korunmasına yardımcı olmada rol oynar [31 ve 32]. Genel olarak probiyotik suşlar, probiyotik yoğurdun raf ömrünü, dokusunu ve görünümünü etkileyebilecek diğer olumlu özelliklerin yanı sıra güvenlik, besin değeri ve sağlığı geliştirici özellikleri dikkate alınarak seçilir. Ayrıca probiyotik suşların seçim kriterleri, depolama sırasında performanslarını ve hayatta kalmalarını optimize etmek için suşlar ve süt ürünleri ile starter kültür bakterileri arasındaki olası etkileşimleri de dikkate alınmalıdır [33].

Canlı probiyotik mikroorganizmalar içeren gıdalar, ishalin azaltılması ve önlenmesi, antimikrobiyal etkiler yoluyla bağırsak mikrobiyota dengesinin iyileştirilmesi, laktoz intoleransı semptomlarının ve gıda alerjisinin azalması, bağışıklık gücünün artması, anti-tümörojenik aktiviteler ve azaltılmış kolon kanseri riski gibi sağlık açısından çeşitli faydaları olduğu belirtilmiştir [34].

2.2.2. Yoğurтта prebiyotiklerin rolü

Prebiyotikler, kolondaki bir veya sınırlı sayıda bakterinin büyümesini ve/veya aktivitesini seçici olarak uyararak konakçıyı faydalı bir şekilde etkileyen ve böylece konakçının sağlığını iyileştiren sindirilemeyen gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır [35].

Prebiyotikler yoğurтта, probiyotik bakterilerin büyümesi için bir substrat görevi görür ve probiyotiklerin çoğalmalarını olumlu yönde etkiler. Bu sayede gastrointestinal fonksiyonları ve bağışıklık sistemini geliştirir. Prebiyotikler ayrıca kalsiyum ve magnezyum emilimini artırıcı, kan şekeri düzeylerini dengeleyici ve plazma lipidlerini iyileştirici özelliklere sahiptir [35]. Prebiyotiklerin en yaygın çeşitleri; soya fasulyesi, inülin kaynakları (Kudüs enginarı ve hindiba kökü gibi), çiğ yulaf, olgunlaşmamış buğday, olgunlaşmamış arpa, soğan, muz, kuşkonmazdır [36].Yapılan bir çalışmada prebiyotik etki nedeniyle sade yoğurdda kıyasla pirinçle karıştırılmış yoğurтта Bifidobacterium hücre sayısında artış gözlenmiştir. Aynı şekilde Amarakoon vd. [37] pişmiş pirincin Bifidobacteria dahil probiyotik bakterilerin büyümesini ve hayatta kalmasını kolaylaştırabileceğini göstermiştir.

2.3. *Spirulina platensis*

Spirulina (Arthrospira platensis),biyoremediasyon, nitrifikasyon ve karbon dioksit (CO₂) fiksasyonu için yararlı, sürdürülebilir ve çevre dostu bir mikroalg olarak önerilen mikroskobik ve filamentli bir siyanobakteridir. Biyoremediasyon bağlamında, *Spirulina platensis*, ağır metaller ve fenol gibi toksik maddelerin uzaklaştırılması için bir örnek olarak

kabul edilir [38-40]. Ayrıca *Spirulina*, siyanobakteriler içinde en yüksek CO₂ fiksasyon oranı ile maksimum biyokütle üretkenliği göstermiştir [41]. Bu özelliğinden dolayı kentsel atık sularda idrardan nitrifikasyon için önerilmiştir [42]. Çevre dostu *Spirulina platensis* verimli topraklara ihtiyaç duymaz, hızlı büyür. Soya ve mısır proteinlerine göre kilogram başına daha az enerji harcar ve daha az su kullanır. Yüksek protein içeriğine sahip olmasından dolayı insanlarda Protein Enerji Yetersiz Beslenmesini (PEM) ve Protein Enerji İsrafını (PEW) önlemek için sürdürülebilir bir yaklaşım olarak önerilmiştir [43]. *Spirulina platensis* uygun maliyetle üretilip protein açısından yüksek besin değerine sahip olmasından dolayı et üretimini ve kalitesini iyileştirmek için hayvan yemi olarak sıkça kullanılmıştır [44].

Öte yandan *Spirulina platensis*, hipolipidemik, hipoglisemik ve antihipertansif özelliklere sahiptir. Bu bağlamda *Spirulina platensis* birçok çalışmada plazma lipid konsantrasyonlarını azaltmıştır. Buna göre, 7 Randomize Kontrollü Denemenin (RCT) yakın tarihli bir meta analizinin [45] sonuçları, *Spirulina platensis* ile takviyenin toplam kolesterol (-46.76mg/dL , $p < 0.001$), düşük yoğunluklu lipoprotein plazma konsantrasyonlarını azaltmada önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. LDL kolesterol (-41.32mg/dL , $p < 0.001$) ve trigliseritler (-44.23mg/dL , $p < 0.001$) ve HDL kolesterol seviyelerini yükselttiği belirtilmiştir. ($+6.06\text{mg/dL}$, $p = 0.001$). Fazla kilolu deneklerde ve dislipidemili T2D hastalarında lipid profilindeki iyileşmeye kan basıncında bir azalmanın eşlik ettiği belirtilmiştir [45-47]. Sıçanlar üzerinde yapılan farklı bir çalışmada *Spirulina platensis*'in antihiperglisemik etkisinin; mekanizmanın, adacık β -hücrelerinden pankreatik insülin sekresyonunun güçlenmesi yoluyla veya periferik dokuya kan glukoz taşınmasının artırılması sayesinde olabileceği belirtilmiştir [48]. Sıçanlarda yapılan çalışmalar, *Spirulina platensis*'in lipoprotein lipaz aktivitesini ve insülinin pankreas salgısını arttırdığını ileri sürmüştür [49]. Yapılan son çalışmalarda, *Spirulina platensis*'ten izole edilen fikosiyanın ile tedavi edilen farelerde kolesterol, trigliseritler ve malondialdehidde (MDA) azalma ve serum toplam antioksidan kapasitesinde artış olduğu gözlemlenmiştir [50]. Öte yandan, oral uygulama *Spirulina* ile saflaştırılan ve gastrointestinal proteazlar tarafından in vitro sindirime dirençli bir antihipertansif peptit, spontan hipertansif sıçanlarda hem sistolik (SBP) hem de diyastolik (DBP) kan basıncını düşürdüğü belirtilmiştir [51].

Tüm bu etkilerin metabolik sendromun önlenmesinde de faydalı olduğu düşünülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, yüksek serum trigliserit düzeyi, düşük serum yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterol düzeyi, hipertansiyon ve yüksek açlık kan şekeri, beş risk faktöründen dördü (gerekli beşten üçü) metabolik

sendromun teşhisi için kabul edilen kriterlerdendir. Metabolik sendrom, subklinik düşük dereceli inflamasyon, oksidatif stres ve bağırsak disbiyozu ile ilişkilidir ve gut mikrobiyotasının nutrasötikler için bir hedef olabileceği öne sürülmüştür [51]. Bu bağlamda, in vitro antimikrobiyal aktivite ve *Spirulina platensis* için probiyotiklerin büyümesini iyileştirme kapasitesi bildirilmiştir [52-54].

Ayrıca *Spirulina platensis*, fenolik fitokimyasallar [55-57] ve phycobiliprotein C-phycocyanin dahil olmak üzere antioksidan ve anti inflamatuvar aktivitelere sahip birçok fonksiyonel biyoaktif bileşen içerir. *Spirulina platensis*, proteinler, esansiyel amino asitler, mineraller, esansiyel yağ asitleri, vitaminler ve yağda çözünen antioksidan (E vitamini ve karotenoidler) içeriği nedeniyle yüksek besin değerlerine sahiptir [58 ve 59]. Beslenme yetersizliği olan 550 çocuk üzerinde yapılan bir çalışmada *Spirulina platensis* takviyesinin, diğer protein takviyelerine göre çocuklarda kilo kaybı sorununu daha çabuk düzelttiği belirtilmiştir [60]. *Spirulina platensis*'in karbon tetraklorür (CCl₄), metaller (arsenik, cıva klorür, krom, kadmiyum ve florür) tarafından indüklenen toksisiteye karşı antioksidan aktivitesinin açıkladığı öne sürülmüştür [61-63].

Spirulina platensis'in Lactobacilli büyümesi ve canlılığı üzerindeki etkisinden dolayı yoğurtların pH'ında düşüğe neden olduğu iyi bilinmektedir [64 ve 65]. Yüksek besin değeri nedeniyle *Spirulina platensis*, yetersiz beslenen çocuklarda ve hastalarında anemi ve yetersiz beslenme tedavisinde kullanılmıştır [66-68]. *Spirulina platensis*'in 1 g/gün ve 200 g/gün arasındaki dozlarda kullanıldığında çocuklarda koşucularda, yaşlılarda, hastalarda anemiye karşı olumlu etkileri bildirilmiştir [69 ve 70].

Ayrıca, bazı araştırmalar sağlıklı gönüllülerde [12], NAFLD, [T2D [ve HIV ile enfekte antiretroviral yerli hastalarda *Spirulina platensis* takviyesinden sonra glikoz ve insülin direnci (HOMA-IR) düzeylerinin düştüğünü göstermiştir. Genel olarak, *Spirulina platensis*, adaptif bağışıklıktan daha fazla doğuştan gelen bağışıklığı etkilediği belirtilmiş, ancak *Spirulina platensis* 'in insanlarda bağışıklık düzenleyici aktivitesi için daha fazla araştırma gerektiği belirtilmiştir [71 ve 72].

Bununla birlikte, sitokinler ve lenfositlerin proliferasyonu üzerindeki etkiler yaşa, cinsiyete ve vücut ağırlığı farklılıklarına bağlı olarak değişkendir. Bu bağlamda, yaşlanma, obezite ve metabolik sendrom sadece kronik düşük dereceli inflamasyonla değil, aynı zamanda bağışıklık bozukluğuyla da (tekrarlayan enfeksiyon ve düşük aşı etkinliği) ilişkilidir [73-75]. Bu nedenle antijenik uyaranlara karşı artan bağışıklık yanıtı, yaşlılarda koruyucu olabileceği tahmin edilmektedir [76].

2.4. Fikosiyanin

Fikosiyanin (PC); kokusuz, toksik olmayan, suda çözülebilen, yüksek antioksidan ve güçlü floresan özelliğine sahip, mavi renkli bir toz olup ticari adı "lina mavisi" olarak adlandırılan bir pigment maddesidir. Bu pigment ışığa olan hassasiyeti ile bilinmektedir. Bu sebeple pigmentin rengini kaybetmemesi için ürünün ışıktan korunması önemlidir [77].

PC, phycobiliprotein (PBP) ailesinden bir proteindir [77]. Bu, tilakoid zarın yüzeyine monte edilen, fikobilizom (PBS) adı verilen çevresel bir yardımcı ışık toplama kompleksidir. Bu pigment, siyanobakterilerde, Rhodophyta ve Cryptomonads gibi ökaryotik alglerde bulunmaktadır [78]. Fikosiyanin; siyanobakterilerden elde edilen C-PC, kırmızı alglerden elde edilen R-PC ve *Synechococcus* türlerinden elde edilen R-PCII olarak üç sınıfa ayrılmıştır [79]. *Spirulina platensis* yapısındaki C-PC, karakteristik yeşil-mavi rengini sağlar [80].

PBP'ler birçok siyanobakteri ve alglerde en bol bulunan proteinlerdir. Siyanobakteriler arasında en önemli fikosiyanin üreticisi fototrofik bir siyanobakteri türü olan *Spirulina platensis*'tir. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar fikosiyanin üretimi açısından birçok siyanobakteri türünün (*Spirulina maxima*, *Spirulina fusiformis*, *Anabaena* sp., *Synechococcus* sp., *Aphanothece halophytica*, *Nostoc* sp., *Oscillatoria quadripunctulata*, *Phormidium ceylanicum*) fikosiyanine sahip olduğunu göstermiştir [80].

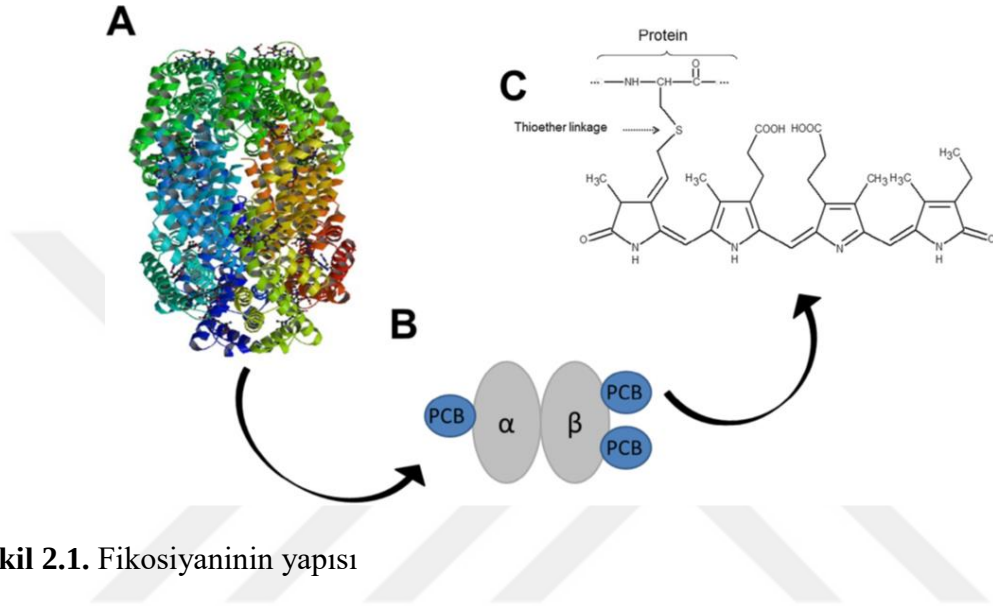
Bir dizi bozulmuş fizyolojik durumun, C-PC uygulaması ile düzeltilebildiği ve birçok vakadaki sağlık üzerine olan bu olumlu etkinin, C-PC'nin antioksidan ve radikal parçalayıcı etkisi sayesinde olduğu ifade edilmiştir. C-PC'nin NADH oksidaz gibi diğer bazı enzimleri de inhibe ederek, memeli hücrelerinde ve deney farelerinde gen düzenlenmesini etkilediği, hücre çoğalmasını önlediği ve kanserojenik hücrelerde apoptozisi (programlı hücre ölümü) uyardığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar neticesinde nutrasötik veya farmasötik olarak C-PC kullanımına olan ilgi giderek artmaktadır [80].

Bununla birlikte, PBP'lerin, nitrogen yoksun bırakıldığında bozundukları için hücre işlevi için gerekli olmadığı varsayılmıştır. Bu nedenle, PBP'ler bir nitrogen depolama kaynağı olarak kabul edilir [80 ve 81].

PC saflığı A_{620} / A_{280} absorbans oranına göre değerlendirilir. 620 ve 280 nm'deki absorbans sırasıyla PC ve toplam proteine karşılık gelir [82]. $A_{620} / A_{280} \leq 0,7$ olduğunda PC gıda sınıfı, A_{620} / A_{280} 0,7 ile 3,9 arasında olduğunda reaktif sınıfı ve $A_{620} / A_{280} \geq 4,0$ olduğunda analitik sınıf olarak kabul edilir [83].

PC gıda sınıfı genel olarak tatlılar, pasta süsleme, milkshake, sakız, jöle ve dondurma gibi gıda ürünlerinin formülasyonunda ve ayrıca kozmetikte, alkollü içeceklerde, biyoteknolojide ve tıpta boya olarak kullanılan güvenli (GRAS) gıda olarak kabul edilmektedir [83 ve 84].

Fikosiyanin yapısı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Fikosiyaninin yapısı

Şekil 2.1’de gösterilen (A) Heksamer biçiminde *Spirulina platensis*'ten fikosiyaninin (PC) kristal yapısı. (B) PC montajının şematik gösterimi. İki protein alt biriminden oluşur, α ve β zincirleri, bir fikosiyanobilin (PCB) α alt birimine ve iki PCB β alt birimine bağlanır. (C) PCB'nin kimyasal yapısı, PC'nin mavi renginden sorumlu kromojen [85].

Günümüzde gıda sanayisinde özellikle içecek ve şekerleme sanayisinde sentetik mavi renkli boyaların kullanımı azaltılmakta ve doğal mavi renkli boyaların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Doğal pigment maddesi olan fikosiyaninin, gıda, ilaç ve kozmetik sanayinde, kanserojen olduğundan şüphe edilen sentetik pigmentlerin yerine kullanılabileceği bildirilmiştir [86].

Farklı siyanobakterilerden elde edilen saf fikosiyaninin antioksidan ve radikal uzaklaştırıcı aktivitesi olduğu ve bu bağlamda saflaştırılmış C-PC'nin nutrasötik ve farmasötik olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir [86]. Siyanobakterilerden ekstrakte edilen fikosiyaninin bağışıklık sistemini artırıcı, kolesterol düşürücü, antioksidan, antiinflamatuvar, antiviral ve antikanser özellikler de gösterdiği belirlenmiştir [87].

2.5. Serbest Radikaller

Atomik yörüngede bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron bulunan molekül serbest radikal olarak adlandırılır [88]. ROS; serbest radikalleri ve radikal olmayan reaktif türevlerini genel olarak ifade etmektedir. Radikaller, reaktiviteleri genellikle daha güçlü olmasına rağmen, radikal olmayan türlere göre daha az kararlıdır. Bu moleküller ya diğer moleküllere bir elektron bağışlayabilir ya da başka moleküllerden bir elektron kabul edebilirler, bu nedenle oksidan veya indirgeyici olarak davranırlar [89].

Serbest radikaller ve diğer ROS, insan vücudundaki normal temel metabolik süreçlerden veya X ışınlarına, sigara içimine, hava kirleticilerine ve endüstriyel kimyasallara maruz kalma gibi dış kaynaklardan türetilir [90].

Serbest radikal oluşumu hücrelerde sürekli olarak meydana gelir. Hücrelerde ROS ve RNS oluşumu enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar halinde iki şekilde gerçekleşebilir. Serbest radikal üreten enzimatik reaksiyonlar arasında; solunum zinciri, fagositoz, prostaglandin sentezi ve sitokrom P450 sistemi ile ilgili reaksiyonlar yer alır. Örneğin, süperoksit anyon radikali (O_2^-), NADPH oksidaz, ksantin oksidaz, peroksidazlar gibi çeşitli hücresel oksidaz sistemleri yoluyla üretilir. Oluştuktan sonra, hidrojen peroksit, hidroksil radikali ($OH \bullet$), peroksinitrit ($ONOO^-$), hipokloröz asit ($HOCl$), vb. gibi çeşitli ROS ve RNS veren çeşitli reaksiyonlara katılır [91].

Serbest radikallerin oluşmasının bir diğer yolu da enzimatik olmayan reaksiyonlardır. Enzimatik olmayan süreç, mitokondride oksidatif fosforilasyon (yani aerobik solunum) sırasında meydana gelebilir [92].

Serbest radikal aktivitesini nötralize eden güçlü antioksidatif savunma sistemleri (ADS) mevcuttur. Bu, oksidan maddeler ve ADS arasında bir oksidatif denge vardır. ADS işlevi başarısız olduğunda veya aşırı serbest radikaller üretildiğinde "oksidatif stres" olarak bilinen durum ortaya çıkar [93].

Oksidatif stres, serbest radikal oluşumu ve antioksidan savunmalar arasındaki kritik denge elverişsiz olduğunda ortaya çıkan oksidatif hasar durumunu tanımlamak için kullanılır [94]. Serbest radikal üretimi ve antioksidan savunmalar arasındaki dengesizliğin bir sonucu olarak ortaya çıkan oksidatif stres, lipidler, proteinler ve nükleik asitler dahil olmak üzere çok çeşitli moleküler türlere zarar verir [95]. Travma, enfeksiyon, ısı yaralanması, hipertoksi, toksinler ve aşırı egzersiz sonucu yaralanan dokularda kısa süreli oksidatif stres meydana gelebilir. Bu hasarlı dokular, fagositlerin artan radikal üreten enzimler (örn., ksantin oksidaz, lipojenaz, siklooksijenaz) aktivasyonu, serbest demir salınımı, bakır

iyonları veya oksidatif fosforilasyonun elektron taşıma zincirlerinde bir bozulma meydana getirerek fazla ROS üretir. Kanserin başlaması, ilerlemesi, radyasyon ve kemoterapinin yan etkileri, ROS ve antioksidan savunma sistemi arasındaki dengesizlikle ilişkilendirilmiştir. ROS, diabetes mellitus, yaşa bağlı göz hastalığı ve Parkinson hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıkların indüksiyonunda ve komplikasyonlarında rol oynamaktadır [96].

Proteinler oksidatif olarak üç şekilde modifiye edilebilir: spesifik amino asidin oksidatif modifikasyonu, serbest radikal aracılı peptid bölünmesi ve lipid peroksidasyon ürünleri ile reaksiyona bağlı olarak protein çapraz bağının oluşumu. Metiyonin, sistein, arginin ve histidin gibi amino asitleri içeren proteinler oksidasyona karşı en savunma görünmektedir [97]. Protein ürünlerine oksidatif hasar, enzimlerin, reseptörlerin ve membran taşınmasının aktivitesini etkileyebilir. Oksidatif olarak zarar görmüş protein ürünleri hücresel birçok işleyişin zarar görmesine neden olabilecek çeşitli reaktif gruplar içerebilir. Protein oksidasyonu, yaşlanmaya neden olan sinyal iletim mekanizmasını, enzim aktivitesini, ısı stabilitesini ve proteoliz duyarlılığını etkiler [98].

Lipid peroksidasyonu, aldehitler, karboksilik asitler, alkanlar, ketonlar ve polimerizasyon ürünleri gibi toksik yan ürünlerin oluşmasına neden olan aşırı miktarda serbest radikal varlığında hücre zarlarının fosfolipid bileşiklerinin oksitlenmesi olarak tanımlanır. Bu toksik yan ürünler, oksidan etkiler gösterir ve oksidatif ajanlar olarak işlev görür [99]. Lipid peroksidasyonu, aşırı serbest radikal oluşumuna bağlı olarak artar ve bu bileşiklerin daha fazlasına yol açar, bu daha sonra serbest radikal oluşumunu daha da arttırır ve bu sayede oksidatif stresi yoğunlaştırır [100].

Karbonhidratların serbest radikal kaynaklı oksidasyonu, proteinlerle serbest radikal reaksiyonundan daha az bir ölçüde incelenmiştir. Glikoz, mannoz ve deoksi şekerler gibi şekerler, monosakkarit otoksidasyonundan üretilen 10^{-8} M oksoaldehitlerin hücre içi seviyelerine katkıda bulunan H_2O_2 üretmek için otoksidize olup diyabet, kanser ve sigara ile ilişkili kronik hastalıkların patogeneğinde rol oynar. Monosakkarit otoksidasyonunun protein çapraz bağlanmasına aracılık ederek protein agregasyonuna ve bazal membran kalınlaşmasına neden olarak diyabetik katarakt ve mikroanjyopatinin gelişmesine neden olabileceği öne sürülmüştür [101]. Floresan IgG kompleksleri ve floresan albümin kompleksleri de diabetes mellituslu hastaların serumlarında bulunur. Bu floresans oksijen radikalleri tarafından üretilir, ancak glikozun bu proteinlere kovalent bağlanması aracılığıyla gerçekleşir. Bu nedenle kanser ve yaşlanma olaylarında etkisi vardır [102].

2.6. Antioksidanlar

Vücut, antioksidanlar üreterek oksidatif strese karşı koymak için çeşitli mekanizmalara sahiptir; bunlar ya doğal olarak insan vücudunda üretilir (endojen antioksidanlar) ya da dışarıdan gıdalardan sağlanır (eksojen antioksidanlar). Antioksidanların görevleri, serbest radikallerin fazlasını nötralize etmek, hücreleri toksik etkilerine karşı korumak ve hastalıkların önlenmesine katkıda bulunmaktır [103].

Hücrelerdeki endojen bileşikler enzimatik antioksidanlar ve enzimatik olmayan antioksidanlar olarak sınıflandırılmaktadır [103].

Doğrudan ilgili başlıca antioksidan enzimler ROS ve RNS'nin nötralizasyonu: süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx) ve glutatyon redüktazdır (GRx) [104 ve 105]. SOD, serbest radikallere karşı ilk savunma hattı, katalizler süperoksit anyon radikalinin (O_2^-) indirgeme yoluyla hidrojen peroksit (H_2O_2). Oluşan oksidan (H_2O_2), katalaz (CAT) veya glutatyon peroksidaz (GPx) ile su ve oksijene (O_2) dönüştürülür. Selenoprotein GPx enzimi, indirgenmiş glutatyonu (GSH) oksitlenmiş glutatyon (GSSG) oksitlemek için kullanarak H_2O_2 'yi uzaklaştırır [106-108].

Enzimatik olmayan antioksidanlar metabolik antioksidanlar ve besleyici antioksidanlar olarak ikiye ayrılır. Endojen antioksidanlara ait metabolik antioksidanlar vücutta metabolizma yoluyla üretilirler; lipoid asit, glutatyon, L-ariginin, koenzim Q10, melatonin, ürik asit, bilirubin, metal şelatlayıcı proteinler, transferrin bunlara örnektir. Eksojen antioksidanlara ait besleyici antioksidanlar vücutta üretilemeyen ve E vitamini, C vitamini, karotenoidler, eser metaller (selenyum, manganez, çinko), flavonoidler, omega-gibi besinler veya takviyeler yoluyla sağlanması gereken bileşiklerdir. Omega - 3 ve omega-6 yağ asitleri bunlara örnektir.

Diyetimizdeki antioksidanlar, oksidatif stresin nötralizasyonu için endojen antioksidanlara yardımcı olmada önemli bir rol oynar. Besin antioksidan eksikliği, birçok kronik ve dejeneratif patolojinin nedenlerinden biridir. Her besin, yapısı ve antioksidan işlevi açısından benzersizdir [104 ve 109].

E vitamini: E Vitamini, yüksek antioksidan potansiyele sahip, yağda çözünen bir vitamindir. E Vitamini, sekiz stereoizomer içeren kiral bir bileşiktir: α , β , γ , δ tokoferol ve α , β , γ , δ tokotrienol sentroizomerleridir. α -tokoferol, insanlarda en iyi biyoaktif formudur. Hem hayvanlarda hem de insanlarda yapılan çalışmalar doğal dekstrorotary d- α -tokoferolün sentetik rasemik dl- α -tokoferolden neredeyse iki kat daha etkili olduğunu belirtmektedir [110]. Yağda çözünebildiği için α -tokoferol, hücre zarlarını serbest radikallerin neden

olduğu hasara karşı korur.. Kolon, prostat ve meme kanserlerinde, bazı kardiyovasküler hastalıklar, iskemi, katarakt, artrit ve bazı evrolojik bozukluklarda revizyon için E vitamini önerilmiştir [111]. Bununla birlikte, yakın tarihli bir çalışma, 400 IU veya daha fazla günlük α -tokoferol dozlarının ölüm riskini artırabileceğini ve bundan kaçınılması gerektiğini ortaya koymuştur. Aksine, günde 200 IU veya daha az dozda artan ölüm riski yoktur ve hatta faydalı olabileceği düşünülmektedir [112]. E vitamininin beslenme kaynakları bitkisel yağlar, buğday tohumu yağı, kepekli tahıllar, kabuklu yemişler, tahıllar, meyveler, yumurtalar, kümes hayvanları, ettir. Pişirme ve depolama, gıdalardaki doğal d- α -tokoferolu yok edebilir [104].

C vitamini: Askorbik asit olarak da bilinen C vitamini, suda çözünen bir vitamindir. Kolajen, karnitin ve nörotransmitter biyosentezi için gereklidir [113]. Doğal C vitamini kaynakları asit meyveler, yeşil sebzeler ve domatestir. Askorbik asit kararsız bir moleküldür, bu nedenle pişirme sırasında kaybolabilir [113]. C vitamininin; antioksidan, anti-aterojenik, anti-karsino-genik, immünomodülatör etkileri ile sağlığa faydaları bilinmektedir. C vitamininin olumlu etkisi, mide kanseri insidansını azaltmada ve akciğer ve kolorektal kanseri önlemede yatar. C vitamini, serbest radikalleri söndürmek için E vitamini ile sinerjik olarak çalışır ve ayrıca indirgenmiş E vitamini formunu da yeniler. Yüksek dozda C vitamini alımı (2000 mg veya daha fazla / gün), nihai prooksidan veya kanserojen özelliği nedeniyle tartışma konusu olmuştur [113 ve 114].

Beta karoten: Beta-karoten, aktif A vitaminine dönüştürülebildikleri için provitamin olarak kabul edilen karotenoidlerin yağda çözünen bir üyesidir. Beta-karoten, görme için gerekli olan retinole dönüştürülür. Güçlü bir antioksidandır ve singlet oksijenin en iyi söndürücüsüdür [115]. Beta-karoten; meyve, tahıl, yağ ve sebze (havuç, yeşil bitkiler, kabak, ıspanak) gibi birçok besinde bulunmaktadır [104].

Likopen: Bir karotenoid olan likopen, insanlarda antikanser aktivitesi tartışmalı olmasına rağmen, hayvanlarda ve göğüs, prostat ve akciğer hücre hatları üzerindeki in vitro çalışmalarda antioksidan ve antiproliferatif özelliklere sahiptir. Likopenin özellikle prostat kanseri için çok koruyucu olduğu bulunmuştur. Bazı kohort çalışmaları, yüksek likopen alımı ile azalmış prostat kanseri insidansı arasında ilişki bulmuştur, ancak tüm çalışmalar tutarlı sonuçlar vermemiştir [116 ve 117]. Likopenin başlıca diyet kaynağı domates olup, pişmiş domates, domates suyu ve domates sosundaki likopen, çiğ domatestekinden daha fazla biyoyararlanıma sahiptir [109].

Selenyum (Se): Se toprakta, suda, sebzelerde (sarımsak, soğan, tahıllar, kuruyemişler, soya fasulyesi), deniz ürünleri, et, karaciğer, mayada bulunan eser bir mineraldir [104]. Glutasyon peroksidaz dahil birçok antioksidan enzimin aktif bölgesini oluşturur. Düşük dozda, Se'nin sağlık yararları antioksidan, anti-kanserojen ve immünomodülatördür [118]. Selenyum, tiroid fonksiyonu için de gereklidir. Tolere Edilebilir Üst Alım Seviyesinin 400 µg Se / gün aşılması selenoza neden olabilir [119]. Se'nin alımının kanserin önlenmesindeki rolü, son çalışmalarda belirtilmiştir. Özellikle akciğer, prostat ve kolorektal kanser türlerinin insidansını azaltmıştır [119 ve 120].

Flavonoidler: Flavonoidler, çoğu bitkide bulunan polifenolik bileşiklerdir. Kimyasal yapıya göre 4000'den fazla flavonoid tanımlanmış ve flavanoller, flavanonlar, flavonlar, izoflavonlar, kateşinler, antosiyaninler, proantosiyanidinler olarak sınıflandırılmıştır. Flavonoidlerin başlıca insan sağlığı üzerindeki faydalı etkileri güçlü antioksidan aktivitelerinde bulunur [121]. Flavonoidlerin kanser, kardiyovasküler gibi dejeneratif rahatsızlıklar, artrit, yaşlanma, katarakt, hafıza kaybı, felç, Alzheimer hastalığı, iltihaplanma, enfeksiyon gibi sbir dizi kronik hastalığı önlediği veya geciktirdiği bildirilmiştir. Her bitki benzersiz bir flavonoid kombinasyonu içerir [122]. Doğal flavonoid kaynakları arasında yeşil çay, üzüm (kırmızı şarap), elma, kakao (çikolata), ginkgo biloba, soya fasulyesi, zerdeçal, çilek, soğan, brokoli vb. gösterilebilir.

Örneğin yeşil çay, özellikle flavonoller (kateşinler) ve kersetin olmak üzere zengin bir flavonoid kaynağıdır. Yeşil çayda kateşin seviyeleri siyah çaya göre 4-6 kat daha fazladır. Yeşil çayın birçok sağlık yararı, antioksidan, antikarsinogenik, antihiperkolesterolemik, antibakteriyel (diş çürüğü), antienflamatuar aktivitelerinde bulunur [123].

Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri: Uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleridir çünkü insan vücudu bunları sentezleyemez. Bu nedenle sadece gıdalardan elde edilirler. Omega-3 yağ asitleri yağda bulunabilir. Balık (somon, ton balığı, pisi balığı, sardalya, pollock), kril, yosun, ceviz, fındık yağı ve keten tohumu omega-3 kaynaklarındandır [124]. Omega-3 yağ asitlerinin üç ana diyet türü vardır: eikosapentaenoik asit (EPA), dokosaheksaenoik asit (DHA) ve alfa-linolenik asit (ALA). EPA ve DHA balıklarda bol miktarda bulunur ve doğrudan vücut tarafından kullanılır; ALA kuruyemişlerde bulunur ve vücut tarafından DHA ve EPA'ya dönüştürülmesi gerekir. Omega-6 yağ asitlerinin (linoleik asit) diyet kaynakları arasında bitkisel yağlar, kabuklu yemişler, tahıllar, yumurtalar, kümes hayvanları bulunur. Bu önemli Diyet omega-3/omega-6 oranını dengelemek gerekmektedir [124 ve 125]. Omega-3 yağ asitleri iltihabı azaltmaya yardımcı olur ve çoğu omega-6 yağ asidi

iltihabı destekleme eğilimindedir. Bu temel yağ asitlerinin uygun olmayan dengesi, hastalığın gelişmesine katkıda bulunurken, uygun bir denge sağlığın korunmasına ve hatta iyileştirilmesine yardımcı olur. Sağlıklı bir diyet, omega-6'lerden yaklaşık 2-4 kat daha fazla omega-3'ten oluşmalıdır. Amerikan diyetinde, omega-6'lar, omega-3'lerden 14-25 kat daha fazladır ve bu, ABD'de inflamatuvar bozuklukların artan oranını açıklamaktadır [124]. Omega-3'ün iltihabı azalttığı, kalp hastalığı, felç, hafıza kaybı, depresyon, artrit, katarakt, kanser gibi kronik rahatsızlıkları önlediği bildirilmiştir. Omega-6'nın diyabetik nöropati, egzama, sedef hastalığı, osteoporozu iyileştirdiği ve kanser tedavisini desteklediği bilinmektedir. [124 ve 125].

L-arginin gibi bazı endojen antioksidanlar dokuz, koenzim Q-10, melatonin son zamanlarda bazı kronik ve dejeneratif hastalıkların önlenmesi veya tedavisi için takviye olarak kullanılmaktadır [126 ve 127].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Süt

Yoğurt üretiminde, Amasya bölgesinde piyasada bulunan “Birşah” markalı homojenize edilmiş tam yağlı günlük süt kullanılmıştır.

3.1.2. Yoğurt kültürü

Yoğurt kültürü olarak *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* bakterilerini içeren “Büyüyo” markalı starter yoğurt kültürü kullanılmıştır.

3.1.3. *Spirulina platensis* tozu

Çalışmada kullanılan *Spirulina platensis* tozu (Resim 3.1) <https://www.eltabia.de/> internet sitesinden temin edilmiştir. Kullanım süresinde +4°C’de muhafaza edilmiştir.



Resim 3.1. *Spirulina platensis* tozu

3.1.4. Fikosiyanin

Çalışmada kullanılan fikosiyanin; *Spirulina platensis* tozundan dondurma çözündürme yöntemi ile ekstrakte edilmiştir. Dondurup çözündürme sonucunda sıvı içerisinde çözünmüş fikosiyanin Resim 3.2’de gösterilen liyofilizatör (LABCONCO) cihazında kurutulularak elde edilen kuru hali kullanılmıştır.

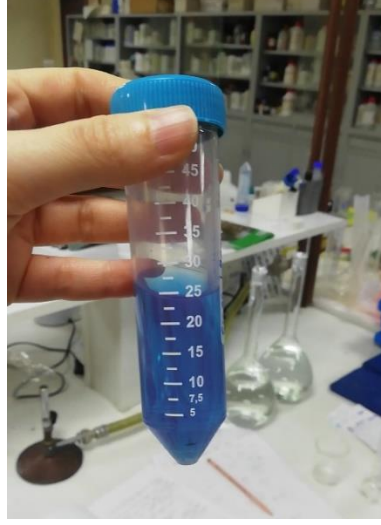


Resim 3.2. Liyofilizatör cihazı

3.2. Yöntem

3.2.1. Fikosiyaninin ekstraksiyonu

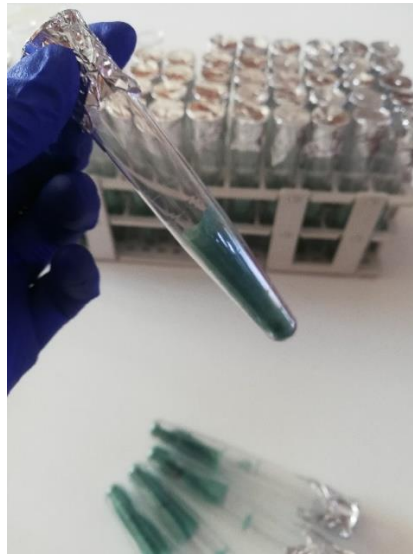
Fikosiyanin dondurma çözme yöntemi ile ekstrakte edildi. 100 mg *Spirulina platensis* tozu 10 ml suda çözdürüldü. Daha sonra -80°C 'de 30 dakika donduruldu. Donmuş karışım oda sıcaklığında su altında hızla eritildi. Sıvı hale gelen karışım 12.000 devir ile 5°C 'de 15 dakika santrifüj edildi. Falcon tüpte üst yüzeyde biriken süpernatant Resim 3.3'te gösterildiği gibi ayrı bir falcon tüpte toplandı. Bu işlem 2 döngü olacak şekilde tekrarlandı. 2 döngü sonucunda toplanılan süpernatant sıvısı 5 ml olacak biçimde Resim 3.4'te gösterildiği gibi farklı tüplere konuldu. Bu tüpler liyofilizatöre alındı. 3 gün boyunca 40°C 'de içerisindeki su uçurularak Resim 3.5'te gösterildiği gibi kuru fikosiyanin elde edildi. Yoğurtlarda, elde edilen bu kuru fikosiyanin kullanıldı.



Resim 3.3. Süpernatantı alınmış fikosiyanin örneği



Resim 3.4. Liyofilizatör için hazırlanmış sulu fikosiyanin örnekleri



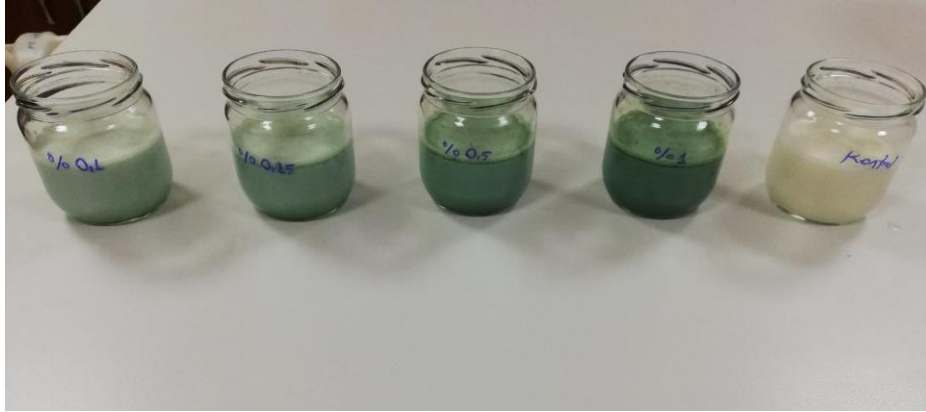
Resim 3.5. Liyofilize edilmiş fikosiyanin örnekleri

3.2.2. Yoğurtların standardizasyonu

Yoğurt mayalama işlemi için Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi (MEGEP) referans alınmıştır [128]. Çalışmada kullanılan standart yoğurtları elde etmek için birden fazla yoğurt mayalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Homojenizasyon işlemi yapılmış olan günlük pastörize süt tercih edilmiştir. İlk aşamada tam yağlı ve yarım yağlı iki farklı süt ile çeşitli yoğurt mayalanıp duysal ve fizikokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Duysal analizlerde jüri puanı yüksek olan yoğurt, tam yağlı süt ile mayalanmış yoğurt olmuştur. Fizikokimyasal analiz sonuçlarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Yoğurt üretiminde kullanılacak süt, bu şekilde tam yağlı süt olarak belirlenmiştir. Kontrol yoğurdu standardizasyonunun ikinci aşamasında yoğurtta kullanılacak starter kültür miktarı ve inkübasyon süresi belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda starter kültür kullanılarak 5 farklı kontrol yoğurt örneği Resim 3.6'da gösterildiği gibi mayalanmıştır. Bu yoğurt örnekleri farklı süre boyunca mayalanmaya bırakılmıştır. Duysal analiz ve fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre en uygun olacak kültür miktarı ve mayalanma süresi belirlenmiştir. İnkübasyon 45°C'de 9 saat olacak şekilde belirlenmiştir. Kontrol yoğurdu standardı ve mayalanma süresi belirlendikten sonra *Spirulina platensis* katkılı yoğurt standardizasyon aşamasına geçilmiştir. Resim 3.7'de görüldüğü gibi farklı oranlarda *Spirulina platensis* eklenen yoğurtlar duysal ve fizikokimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına göre en yüksek puanı alan yoğurt *Spirulina platensis* katkılı yoğurt standardı olmuştur. Fikosiyanin katkılı yoğurt standardını elde etmek için de aynı işlem basamakları gerçekleştirilmiştir. Resim 3.8'de görüldüğü gibi farklı oranlarda fikosiyanin eklenerek mayalanan yoğurtların duysal analiz ve fizikokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara göre en beğenilen yoğurt fikosiyanin katkılı yoğurt standardını oluşturmuştur. Bu standardizasyon aşamalarının sonucunda kontrol (katkısız), *Spirulina pilatensis* katkılı yoğurt ve fikosiyanin katkılı yoğurt olmak üzere 3 farklı yoğurt standardı elde edilmiştir.



Resim 3.6. Kontrol yoğurdu fermentasyon standardizasyonu



Resim 3.7. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt fermentasyonu standardizasyonu

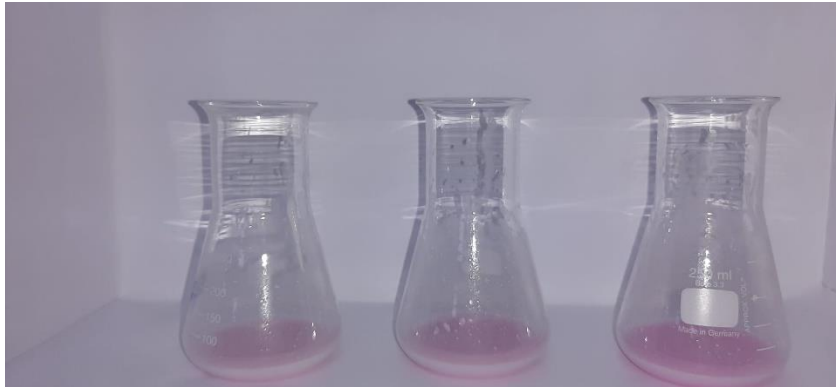


Resim 3.8. Fikosiyanin katkılı yoğurt fermentasyonu standardizasyonu

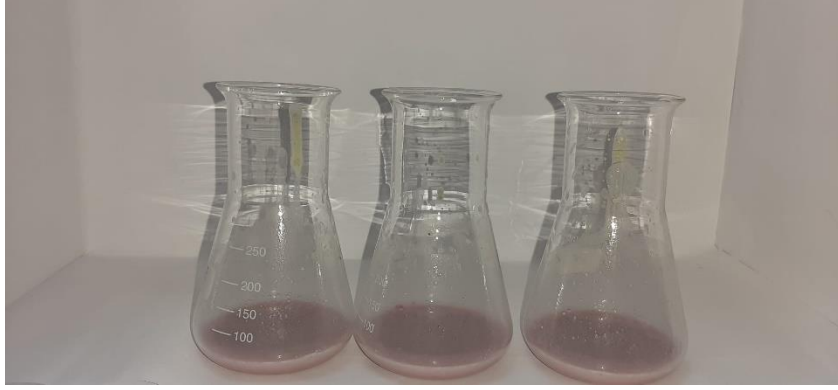
3.2.3. Fizikokimyasal analizler

3.2.3.1. Titrasyon Asitliği Tayini

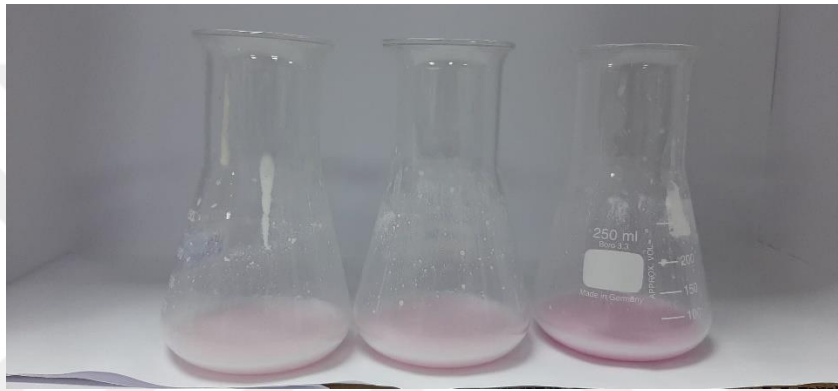
Yüzde laktik asit olarak ifade edilen ürünlerin toplam titre edilebilir asitliği Ketting vd. [129] metoduna göre uygulanmıştır. Yoğurtların titrasyon asitlik değerleri fenolftalein indikatörü (MERCK) ve 0.1 N sodyum hidroksit (NaOH) (MERCK) çözeltisi kullanılarak titrasyon yoluyla belirlendi. Sonuçlar g laktik asit / 100g şeklinde belirlendi. Yoğurt örnekleri 10 gr tartılarak erlenlere konuldu. Üzerine önceden kaynatılıp soğutulmuş saf su 10 ml olacak şekilde eklendi. Karışım homojen hale geldikten sonra 0.1 N NaOH ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edildi. Harcanan NaOH miktarı ile % asitlik değeri belirlendi. Her yoğurt örneği için üç tekrarlı olacak şekilde Resim 3.9, Resim 3.10, Resim 3.11’de gösterildiği gibi gerçekleştirildi.



Resim 3.9. Kontrol yoğurdunun titrasyon asitliği tayini



Resim 3.10. *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun titrasyon asitliği tayini



Resim 3.11. Fikosiyanin katkılı yoğurdun titrasyon asitliği tayini

3.2.3.2. Serum ayrılması tayini

Su tutma kapasitesi analizi Barkallah vd. [130] yaptıkları yöntem örnek alınarak gerçekleştirilmiştir. 20 g yoğurt 50 mL'lik tüplere tartılarak ölçüldü ve numuneler (3-30K, Sigma, Almanya) 4500 g'de 4 C'de 15 dakika santrifüjlendi. Süpernatant toplandı ve tartıldı. Su tutma kapasitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ ayrılan serum miktarı} = 1 - \frac{M_2}{M_1}$$

Burada $M_2(g)$ santrifüj sonrası peynir altı suyunun ağırlığı ve $M_1(g)$ yoğurdun başlangıç ağırlığıdır.

3.2.3.3. Protein miktar tayini

Yoğurt hazırlamada kullanılan süt ve hazırlanan yoğurt örneklerinin protein miktar tayini Formol titrasyon yöntemine göre belirlenmiştir [131].

Formol titrasyon yöntemi metodunun mekanizmasında; aminlerin titrasyon sabitleri, formaldehit çözeltilerinde azalan bazikliğe doğru kaydırılır. Sadece aminoasitlerin NaOH

titrasyon sabitleri formaldehit tarafından azaltılır. Bu nedenle amino asitlerin NaOH ile titrasyonları, amino asitlerin amino gruplarının reaksiyonlarıdır. Bu sayede oransal olarak protein içeriği belirlenir.

Protein tayini için yoğurt örnekleri 10 gr tartılıp erlenlere konuldu. Erlenlerdeki yoğurtların üzerine 10 mL saf su ilave edildi ve homojen hale gelinceye kadar karıştırıldı. Titrasyona başlamadan önce renk standardı oluşturuldu. Her yoğurt örneği için ayrı ayrı oluşturulan renk standardı su-yoğurt karışımının üzerine 1 mL potasyum oksalat ($K_2C_2O_4 \cdot H_2O$) çözeltisi ve %5'lik kobalt sülfat ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$) çözeltisi eklenip karıştırılarak elde edilmiştir. Titrasyon sonucunda elde edilen renk bu standart renge benzer olmuştur. Homojen ve sıvı hale getirilmiş yoğurt örneklerine 1 mL $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$ çözeltisi ve 0.25mL fenolftalein çözeltisi eklenip karıştırıldı. Daha sonra 0.1 N NaOH ile titrasyon yapıldı. Pembe renk alan karışıma 5mL % 40'lık formaldehit çözeltisi ilave edilerek pembe renk kayboldu. İkinci bir titrasyon 0.143 N NaOH ile standart renk olana kadar gerçekleştirildi. Harcanan NaOH miktarı % protein olarak ifade edildi. Her yoğurt örneği üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi.

3.2.3.4. Yağ miktar tayini

Yoğurt standartlarına göre yağ miktarı belirli aralıklarda olmalıdır. İlgili mevzuata uygunluğunu belirtmek ve yağ miktarlarını belirlemek için yağ tayini yapılmıştır. Yoğurt hazırlamada kullandığımız süt ve hazırlanan yoğurtlarda Gerber yöntemine göre yağ tayini yapılmıştır [132]. Süte özel bütirometre ve Gerber santrifüj cihazı (Resim 3.12) kullanılmıştır. Öncelikle bütirometreye 10mL sülfürik asit konuldu. Daha sonra 1:1 oranında karıştırılmış yoğurt-su karışımı 11mL olacak şekilde ilave edildi. Tüm bu karışıma 1mL amil alkol konulduktan sonra yavaşça çalkalandı. Tüm karışım çözündükten sonra bütirometreler gerber santrifüj cihazına konuldu. 65°C'de 5 dakika santrifüj edildi. Bütirometre skalasında okunan değer (Resim 3.13) 2 ile çarpılarak % yağ olarak değerler kaydedildi. Her yoğurt örneği üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi.



Resim 3.12. Gerber santrifüj cihazı



Resim 3.13. Yağ tayini yapıış örneği

3.2.3.5. Kuru madde miktar tayini

Yoğurt hazırlamada kullanılan süt ve hazırlanan yoğurt örneklerinden belirli miktarda alınıp etüvde 105 ± 2 °C’de sabit bir ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur (Resim 3.14). Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.



Resim 3.14. Örneklerin etüvde kurutulması

3.2.4. Spektrofotometrik analizler

Yoğurtlarda toplam antioksidan aktivite; CUPRAC, DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil) Radikal Söndürücü Kapasite Yöntemi, ABTS⁺ Radikal Katyon Yakalama Aktivitesi yöntemleriyle belirlenmiştir. Fenolik ve flavonoid tayinleri yapılmıştır.

3.2.4.1. Bakır (II) iyonu indirgeme esaslı antioksidan kapasite (CUPRAC) yöntemi

CUPRAC (Bakır (II) İyonu İndirgeme Esaslı Antioksidan Kapasite - Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) antioksidan ölçüm yöntemi, zincir kıran antioksidanlar ile redoks reaksiyonu sonucu oluşan Cu(I)-neocuproin (Nc) şelatının absorbens ölçümüne dayanmaktadır.

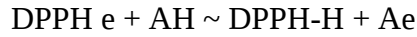
CUPRAC yöntemi, Apak vd [133] yöntemine göre gerçekleştirildi. Şiringik asit ile standart eğri grafiği oluşturuldu. Daha sonra yoğurt örnekleri analizleri gerçekleştirildi. Mikroplakadaki ilk ve ikinci kuyucuğa yoğurt numune özütü (50 µL) eklendi. Daha sonra dikey doğrultuda seyreltme yapıldı ve tüm kuyucuklara 50 µL 0.01 M CuCl₂.2 H₂O solüsyonu, 50 µL 0.0075 M neocuprein solüsyonu ve 50 µL 1 M amonyum asetat tamponu (pH = 7) eklendi. Ardından 30 dakika oda sıcaklığında inkübe edildi. 450 nm'deki absorbens, nano spektrofotometre (Resim 3.15.) (THERMO) kullanılarak sonuçlar kaydedildi. Antioksidan aktivite, şiringik asit standardı ile bir kalibrasyon eğrisi aracılığıyla, kuru ağırlığın gramı başına mg şiringik asit eşdeğeri (mg ŞAE/g) olarak ifade edildi. CUPRAC analizi, her yoğurt örneği için üç tekrar halinde gerçekleştirildi.



Resim 3.15. Nano spektrofotometre cihazı

3.2.4.2. DPPH yöntemi

Spesifik bileşiklerin veya ekstraktların antioksidatif aktivitesini değerlendirmek için, ikincisinin bir metanol çözeltisi içinde stabil bir radikal olan 2,2-Difenil pikrilhidrazil (DPPH) ile reaksiyona girmesine izin verilir. DPPH'nin aşağıda belirtildiği gibi azalmasını, reaksiyon sırasında karakteristik bir dalga boyunda absorbansındaki düşüşün izlenmesi takip eder. DPPH, radikal formunda 515 nm'de absorbe eder, ancak bir antioksidan (AH) veya bir radikal tür (Re) tarafından indirgeme üzerine absorpsiyon kaybolur.



DPPH radikal süpürme aktivitesi analizi, Ben Mansour vd. [134] örnek alınarak çeşitli yapıldı. BHT maddesi ile standart eğri grafikleri oluşturuldu. Daha sonra kontrol, *Spiriluna platensis* katkılı ve fikosiyanin katkılı yoğurt örneklerinde DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini yapıldı.

Yoğurt numuneleri mikroplaka içinde ilk ve ikinci kuyucuklara (100 µL) eklendi. Daha sonra mikroplakadaki tüm kuyucuklara 100 µL 63,4 µM DPPH• eklendi. Karışım daha sonra oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika inkübe edildi. 515 nm'de absorbans, nanospektrof tometre (THERMO) kullanılarak ölçüldü. Kuru ağırlık gramı başına MGBHT eşdeğerlerinin değeri (mg BHTE/g), serbest radikal temizleme aktivitesini ifade etmek için kullanıldı.

3.2.4.3. ABTS yöntemi

Bu yöntemde bir tür radikal üretilir ve numunenin radikale karşı antioksidan aktivitesi ölçülür. Burada renksiz bir molekülün, indirgenmiş ABTS'nin karakteristik bir mavi-yeşil $ABTS^+$ 'ya oksitlenmesi sağlanır. Renkli $ABTS^+$, oksitlenebilen herhangi bir madde ile karıştırıldığında tekrar orijinal renksiz ABTS formuna indirgenir; aksine, reaksiyona giren madde oksitlenir.

ABTS metodu Mansour vd [134] çalışmaları örnek alınarak gerçekleştirilmiştir. BHA maddesi ile standart eğri grafiği oluşturuldu. Daha sonra yoğurt örneklerinde ABTS metodu ile antioksidan aktivite tayini gerçekleştirildi. İlk olarak 7 mM ABTS çözeltisi hazırlandı. Bu çözelti için 36,02 mg ABTS bir miktar suda çözündürülüp daha sonra 10 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 2,45 mM $K_2S_2O_8$ (KPS) çözeltisi hazırlandı. Bu çözelti için 6,62 mg $K_2S_2O_8$ tartılıp bir miktar suda çözündürülükten sonra karışım 10 mL'ye tamamlanmıştır. $K_2S_2O_8$ çözeltisinden 2,5 mL, ABTS çözeltisinden 7,5 mL alınarak $ABTS^+$ kation çözeltisi elde edilmiştir. Bu karışım karanlık ortamda 1 gece boyunca karışır vaziyette bekletildi. Aynı zamanda pH=7,4 fosfat tampon çözeltisi de hazırlanmıştır. Analize başlamadan önce $ABTS^+$ çözeltisi, fosfat tampon çözeltisi ile seyreltilerek absorbands değeri 734 nm'de $0,7 \pm 0,2$ olacak şekilde ayarlanmıştır. Yoğurt örnekleri analizlerinde, yoğurt ekstraktları mikropiçin birinci ve ikinci kuyucuklarına 20 μ L olacak şekilde koyuldu. Daha sonra ikinci ve sonraki kuyucuklara dikey doğrultuda 20 μ L dH_2O eklendi. İkinci kuyucuktan itibaren dikey doğrultuda seyreltme gerçekleştirildi. Son olarak önceden hazırlanıp dalga boyu ayarlanan tampon çözelti-ABTS karışımı tüm kuyucuklara 180 μ L olacak şekilde eklendi. Karışım daha sonra 30 dakika oda sıcaklığında, karanlıkta inkübe edildi. Absorbans, spektrofotometre (THERMO) kullanılarak ölçüldü. Okunan değerler BHA ile bir kalibrasyon eğrisi yoluyla, kuru ağırlığın gramı başına mg BHA eşdeğeri (mg BHA/g) olarak ifade edildi. Tüm numuneler üç tekrarlı olacak şekilde analiz gerçekleştirildi.

3.2.4.4. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktar (TFMM) tayini Folin-Ciocalteu metoduna göre yapılmıştır [134]. Standart eğri grafiği galik asit maddesi ile oluşturulmuştur. Yoğurt örnekleri mikropiçin birinci ve ikinci kuyucuklarına 50 μ L olacak şekilde koyuldu. Daha sonra ikinci kuyucuğa 50 μ L dH_2O eklenip dikey doğrultuda seyreltme yapıldı. Devamında tüm kuyucuklara 50 μ L folin reaktifi, 150 μ L sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi, 1250 μ L

dH₂O eklendi. 25°C’de 2 saat inkübe edildi. Absorbans, spektrofotometre (THERMO) kullanılarak ölçüldü. Okunan değerler gallik asit ile bir kalibrasyon eğrisi yoluyla, kuru ağırlığın gramı başına mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) olarak ifade edildi. Tüm numuneler üç tekrarlı olacak şekilde analiz gerçekleştirildi.

3.2.4.5. Toplam flavonoid miktarının belirlenmesi

Toplam flavonoid miktar tayini Arslan vd. [135] çalışmaları örnek alınarak gerçekleştirilmiştir. Standart eğri grafiği kuersetin maddesi ile oluşturuldu. Daha sonra yoğurt örnekleri analiz edildi. Her bir ekstraktın girişlerinin alikotları (50 uL), 10 uL %10 alüminyum klorür (AlCl₃), 130 uL %96 etanol ve 10 uL 1 M sodyum asetat (NaOAc) içeren 96 oyuklu plakaya yerleştirildi. Karışımlar karanlıkta oda sıcaklığında 40 dakika inkübe edildi. 415 nm’de absorbans, nano spektrofotometre (THERMO) kullanılarak ölçüldü. TFC, kuersetin ile bir kalibrasyon eğrisi yoluyla, kuru ağırlığın gramı başına mg kuersetin eşdeğeri (mg KE/g) olarak ifade edildi. Tüm numuneler üç tekrarlı olacak şekilde analiz gerçekleştirildi.

3.2.5. Mikrobiyal analizler

3.2.5.1. *Lactobacillus* sp. sayımı

Lactobacillus sp. sayımı için MRS Agar besiyeri (MERCK) kullanılmıştır. Besiyerine dökme plak yöntemi, kullanılarak yoğurtlardan alınan örnekler ekilmiştir. 37°C’de 72 saat bekletildikten sonra oluşan koloniler sayılmıştır. Her konsantrasyon için 3 tekrar olacak şekilde yoğurt örnekleri ekimi yapılmıştır.

3.2.5.2. Maya ve küf sayımı

Maya ve küf sayımı için Sabouroud %2 Dextrose Agar (MERCK) besiyeri kullanılmıştır. Besiyerine dökme plak yöntemi, kullanılarak yoğurtlardan alınan örnekler ekilmiştir. 25°C’de 5 gün bekletildikten sonra koloni oluşumu incelenmiştir. Her konsantrasyon için 3 tekrar olacak şekilde yoğurt ekimi yapılmıştır.

3.2.6. Duyusal analizler

Örneklerin duyusal değerlendirilmeleri için 5 kişilik panelist grubu oluşturulmuştur. Puanlama kategorilerinin ana başlıkları renk ve görünüş, yapı ve tekstür, tat ve koku ve genel kabul edilebilirlik olup panelistlerden yoğurtlara bu kategorilere göre 1-10 arasında puanlar vermeleri istenmiştir (Tablo 3.1.). Panelistler farklı oranlarda katkı yapılan yoğurt standardı oluşturma aşamalarında ve standart hale getirilmiş 3 farklı yoğurdun kıyaslanması aşamasında puanlama yapmışlardır.

Tablo 3.1. Yoğurtlarda duyusal analiz tablosu

		ÖRNEK NO				Örnek 5
		Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	
TAT	Panelist puanı					
(10 tam puan)						
Kusurlar						
Ekşi/Asidik						
Yoğun						
Meyvemsi						
Tereyağımsı						
Ransit						
Kremamsı						
Kimyasal Madde						
Diğer						

		ÖRNEK NO				Örnek 5
		Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	
KOKU (10 tam puan)	Panelist Puanı					
Kusurlar						
Yoğun						
Ekşi						
Meyvemsi						
Tereyağlımsı						
Mayamsı						
Kremamsı						
Tatlımsı						
Diğer						
Kusurlar						
Yoğun						
Acımsı						
Ekşi/asidik						
Diğer						
YAPI - TEKSTÜR (10 tam puan)	Panelist Puanı					
Kusurlar						
Sıkı						
Kremamsı						
Viskoz						
Sünme yapan						
Pıhtılı yapı						
Ağzı kaplama						
Serum ayrılması						

4. BULGULAR

Yoğurt, insan beslenmesinde sıkça tüketilen gıdalardandır. Sindirim sistemi ve genel sağlık üzerine olumlu etkilerinin oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Fonksiyonel gıda türlerinden süt ve süt ürünleri yaygın olarak çalışılan bir alandır. İçeriği zenginleştirilmiş süt, ayran ve yoğurt süt ürünlerinde başlıca üretilen gıdalara örnek verilebilir. Fonksiyonel yoğurtlarda; probiyotik yoğurt, antioksidan özelliği yüksek yoğurt, lif içeriği veya protein içeriği yüksek yoğurt olarak farklı ürün geliştirmeler mevcuttur. Çalışmamızda besin içeriği yüksek antioksidan aktivitesi yüksek fonksiyonel yoğurtlar üretmeyi amaçlayarak ürettiğimiz fonksiyonel yoğurtların analizlerini gerçekleştirdik.

4.1. Yoğurt Standardizasyonu

Yoğurt mayalama işlemi için MEGEP referans alınmıştır. Çalışmada kullanılan standart yoğurtları elde etmek için birden fazla yoğurt mayalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan denemeler ve analizler sonucunda 200 ml süt örneği için 9 ml sıvı yoğurt mayası kullanılarak hazırlanan yoğurt, kontrol yoğurdu için standart olarak kabul edilmiştir. Fermentasyon süresi 9 saat, fermentasyon sıcaklığı 45°C olarak belirlenmiştir. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt için kullanılacak *Spirulina platensis* tozu % 0.5 olacak şekilde belirlendi. Fikosiyanin katkılı yoğurt için kullanılacak kuru fikosiyanin miktarı 4,4mg olarak belirlendi. Optimizasyonu gerçekleştirilen Resim 4.1'deki gibi hazırlanan yoğurtlar depolama süresi analizleri için +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Resim 4.1. Optimizasyonu tamamlanan fonksiyonel yoğurt örnekleri

4.2. Yoğurt Örneklerine Ait Fizikokimyasal Analizler

4.2.1. Titrasyon asitliği tayini

Üç yoğurt örneğine ait % titrasyon asitlik değerleri Tablo 4.1’de verildiği gibidir. 3 hafta boyunca titrasyon asitlik değerleri analiz edilmiştir.

Tablo 4.1. Yoğurt örneklerine ait % titrasyon asitlik değerleri

	1. gün	8. gün	15.gün	22.gün
Kontrol	12,13±0,18	12,40±0,21	12,90±0,2	13,3±0,18
<i>Spirulina platensis</i> katkılı	14,01±0,25	14,06±0,2	14,09±0,15	14,1±0,1
Fikosiyanin katkılı	13,87±0,12	14,0±0,18	14,20±0,2	14,41±0,24

Üç yoğurt arasında 1. gün analiz sonuçlarında titrasyon asitlik değerleri; kontrol yoğurdunun %12,3, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun %14,01 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun %13,87 olarak bulunmuştur. Depolama süresince tüm yoğurtların asitlik değerinin arttığı gözlenmiştir. 3 haftalık depolamanın son gün (22.gün) analizlerinde kontrol yoğurduna ait titrasyon asitlik değeri %13,3, *Spirulina platensis* katkılı yoğurda ait titrasyon asitlik değeri %14,1 ve fikosiyanin katkılı yoğurda ait titrasyon asitlik değeri %14,41 olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Serum ayrılması tayini

Üç yoğurt örneğinde, 1, 8, 15, ve 22. günlerde serum ayrılması tayini yapılmıştır. Elde edilen değerler % ayrılan serum olarak Tablo 4.2’de ifade edilmiştir.

Tablo 4.2. Yoğurt örneklerine ait ayrılan serum miktarı (%)

	1. gün	8. gün	15.gün	22.gün
Kontrol yoğurdu	7	6,4	5,8	5
<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	6,8	6,2	5,3	4,9
Fikosiyanin katkılı yoğurt	6,9	6,1	5,1	4,8

Yoğurt örneklerinde 1. gün serum ayrılması analizlerinde kontrol yoğurdunun serum ayrılma miktarı %7, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun serum ayrılma miktarı %6,8 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun serum ayrılma miktarı %6,9 olarak bulunmuştur. Depolama süresince tüm yoğurtlarda ayrılan serum miktarı giderek azalmıştır. 22. gün analizlerinde kontrol yoğurdunun serum ayrılma miktarı %5, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun serum ayrılma miktarı %4,9 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun serum ayrılma miktarı %4,8 olarak tespit edilmiştir.

4.2.3. Protein miktar tayini

Üç yoğurt örneğine ait 1. gün % protein değerleri Tablo 4.3’te verildiği gibidir.

Tablo 4.3. Yoğurt örneklerine ait protein miktarları

	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
% Protein	2,93±0,05	2,83 ± 0,70	8,03 ± 0,15

Yoğurt örneklerinde 1. gün protein tayini analizlerinde kontrol yoğurdunun protein değeri % 2,93, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun protein değeri %2,83 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun protein değeri %8,03 olarak bulunmuştur.

4.2.4. Yağ miktar tayini

Üç yoğurt örneğine ait 1. gün % yağ miktarı değerleri Tablo 4.4'te verildiği gibidir.

Tablo 4.4. Yoğurt örneklerine ait yağ miktar değerleri

	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
% Yağ miktarı	5,46 ± 1,13	16,2 ± 0,6	7,26 ± 1,61

Yoğurt örneklerinin 1.gün yağ analizlerinde kontrol yoğurdunun yağ miktarı %5,46, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun yağ miktarı %16,2 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun yağ miktarı %7,26 olarak bulunmuştur.

4.2.5. Kuru madde miktar tayini

Üç yoğurt örneğine ait 1 ve 22. gün % kuru madde değerleri Tablo 4.5'te verildiği gibidir.

Tablo 4.5. Yoğurt örneklerine ait kuru madde miktar tayini (%)

	1. gün	22.gün
Kontrol yoğurdu	10,39 $\pm$ 0,09	10,53 $\pm$ 1,15
<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	10,4 $\pm$ 0	10,93 $\pm$ 0,05
Fikosiyanin katkılı yoğurt	10,26 $\pm$ 0,11	10,92 $\pm$ 0,40

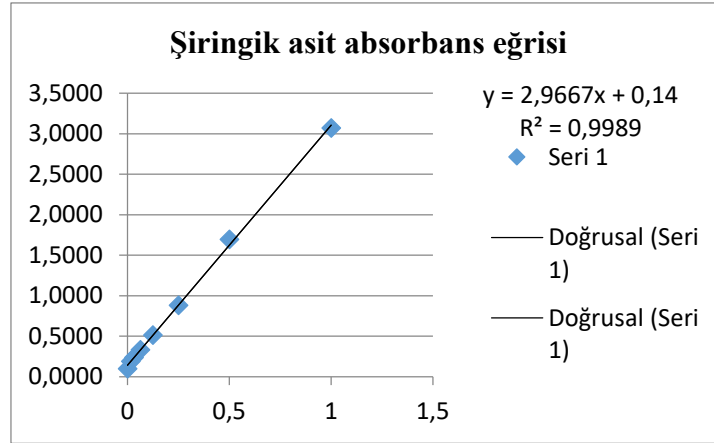
1. gün kuru madde analizlerinde kontrol yoğurdunun kuru madde miktarı %10,39, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun kuru madde miktarı %10,4 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun kuru madde miktarı %10,26 olarak bulunmuştur. Depolama sonunda, 22. gün analizlerinde kontrol yoğurdunun kuru madde miktarı %10,53, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun kuru madde miktarı %10,93 ve fikosiyanin katkılı yoğurdun kuru madde miktarı %10,92 olarak bulunmuştur.

4.3. Yoğurt Örneklerine Ait Spektrofotometrik Analizler

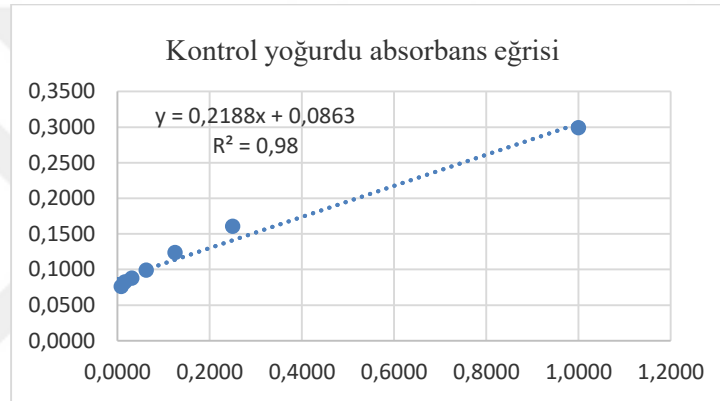
Antioksidan aktivite tayini analizleri Yoğurt örneklerinde CUPRAC, DPPH ve ABTS⁺ metodlarına göre antioksidan aktivite tayini gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Antioksidan aktivite tayini

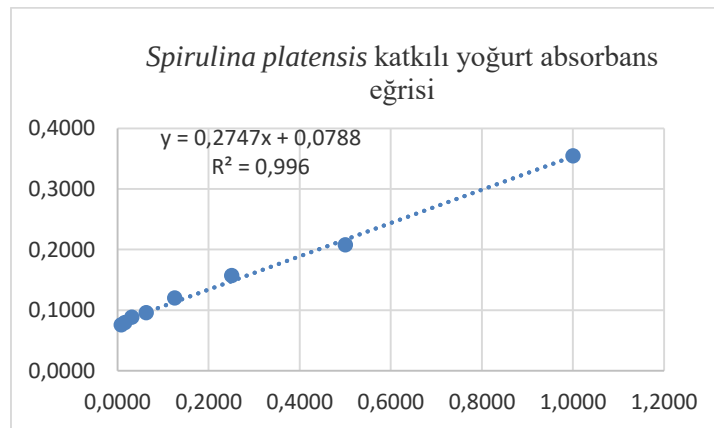
Yoğurt örneklerinde CUPRAC metoduna göre antioksidan aktivite tayini gerçekleştirilmiştir. Şiringik asit standart grafiği CUPRAC metoduna göre çizilmiştir. Şiringik asite ait antioksidan aktivite grafiği Şekil 4.1'deki gibidir. Yoğurt örneklerine ait grafikler Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4'te gösterildiği gibi bulunmuştur.



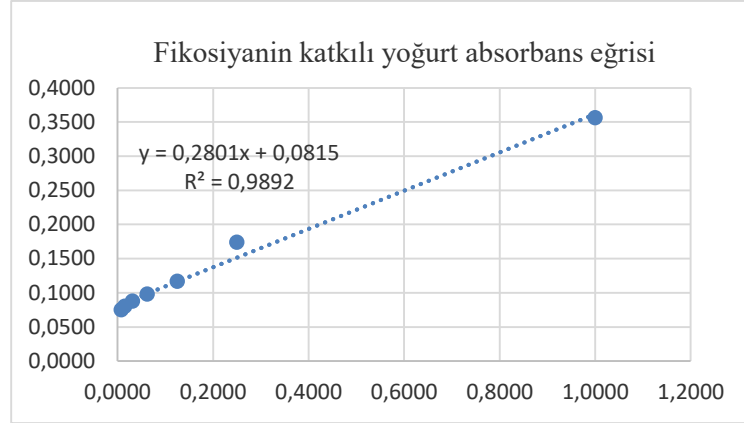
Şekil 4.1. Şiringik asitin Cu(II) indirgeme antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.2. Kontrol yoğurt örneğinin Cu(II) indirgeme antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.3. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt örneğinin Cu (II) indirgeme antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.4. Fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin Cu(II) indirgeme antioksidan aktivite eğrisi

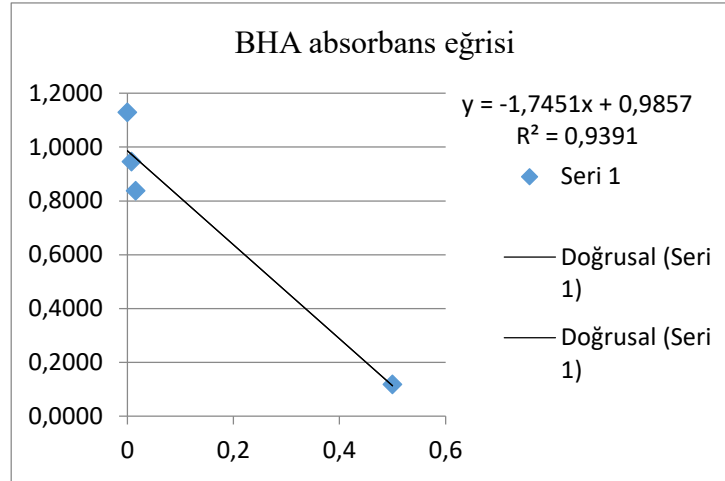
Yoğurt örneklerinin bakır indirgeme gücü şiringik asit eşdeğerinde mg ŞAE/g şeklinde ifade edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.6’da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.6. Yoğurt örneklerinin CUPRAC metoduna göre mg ŞAE/g cinsinden değerleri

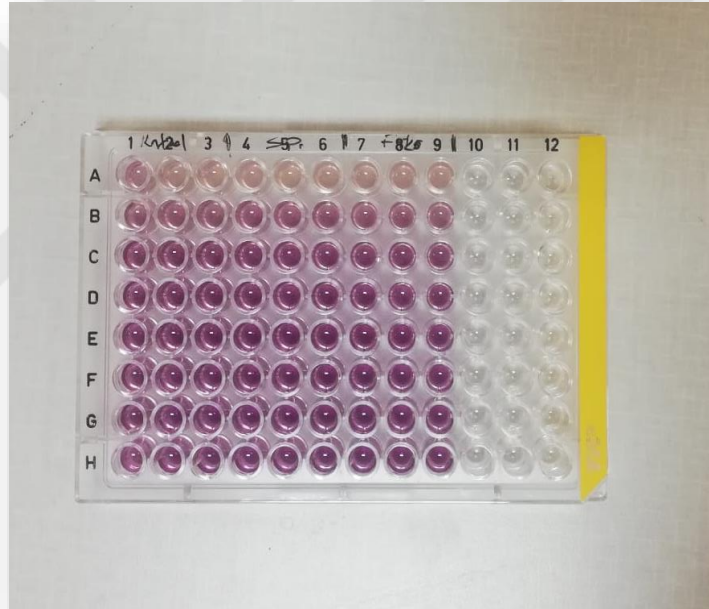
	Şiringik Asit	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
mg ŞAE/g	189,711	139,91	175,66	179,11

Cuprac metodu ile antioksidan aktivitesi belirlemede şiringik asit bakır indirgeme gücü 189,711 mg/g olarak bulunmuştur. Yoğurt örneklerinde; kontrol yoğurdunun bakır indirgeme gücünün şiringik asit cinsinden değeri 139,91 mg ŞAE/g, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun bakır indirgeme gücünün şiringik asit cinsinden değeri 175,66 mg ŞAE/g ve fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin bakır indirgeme gücünün şiringik asit cinsinden değeri 179,11 mg ŞAE/g olarak bulunmuştur.

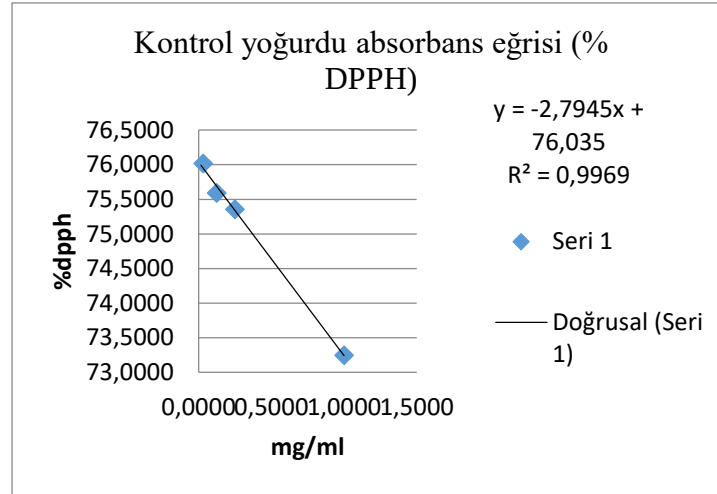
Yoğurt örneklerinde DPPH metoduna göre antioksidan aktivite tayini gerçekleştirilmiştir. BHA standart grafiği DPPH metoduna göre çizilmiştir. Elde edilen antioksidan aktivite değerleri % DPPH olarak gösterilmiştir. BHA’ya ait antioksidan aktivite grafiği Şekil 4.5’teki gibidir. Yoğurt örneklerine ait grafikler Şekil 4.6. Şekil 4.7, Şekil 4.8’de gösterildiği gibi bulunmuştur.



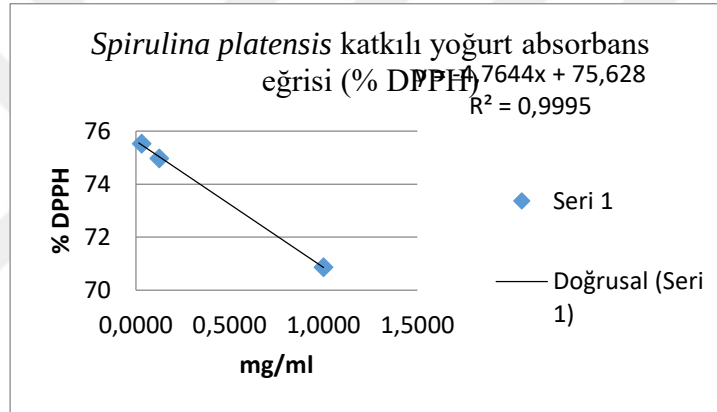
Şekil 4.5. BHA örneğinin demir indirgeme (DPPH) antioksidan aktivite eğrisi



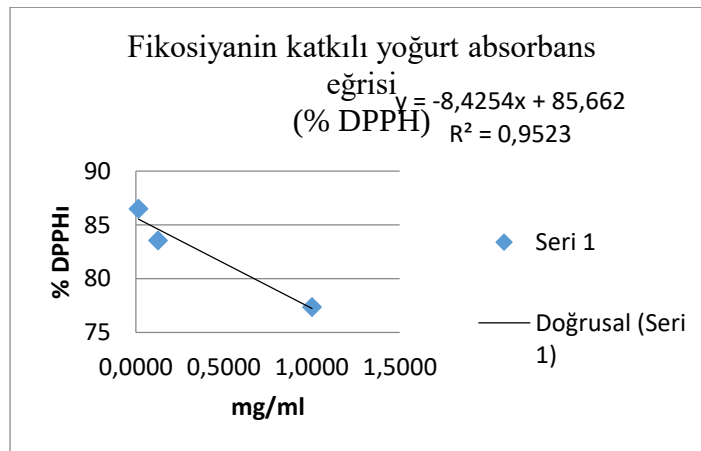
Resim 4.2. DPPH reaktifinin eklenmesini takiben kademeli renk değişimini gösteren % DPPH, 96 kuyucuklu mikroparka



Şekil 4.6. Kontrol yoğurt örneğinin demir indirgeme (DPPH) antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.7. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt örneğinin demir indirgeme (DPPH) antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.8. Fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin demir indirgeme (DPPH) antioksidan aktivite eğrisi

Örneklere ait ortamda bulunan DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden antioksidan maddesinin konsantrasyonu (IC₅₀) değerine göre hesaplanıp Tablo 4.6'da verildiği gibidir. IC₅₀ değeri ne kadar düşük ise antioksidan aktivite o kadar yüksek anlamını ifade etmektedir.

Tablo 4.7. Yoğurt örneklerinin IC₅₀ değerleri (mg/ml)

	BHA	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
IC ₅₀ (mg/ml)		9,316	5,379	4,232

Kontrol yoğurdunun IC değeri 9,316 mg/ml, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun IC değeri 5,379 mg/ml ve fikosiyanin katkılı yoğurdun IC değeri 4,232 mg/ml olarak bulunmuştur.

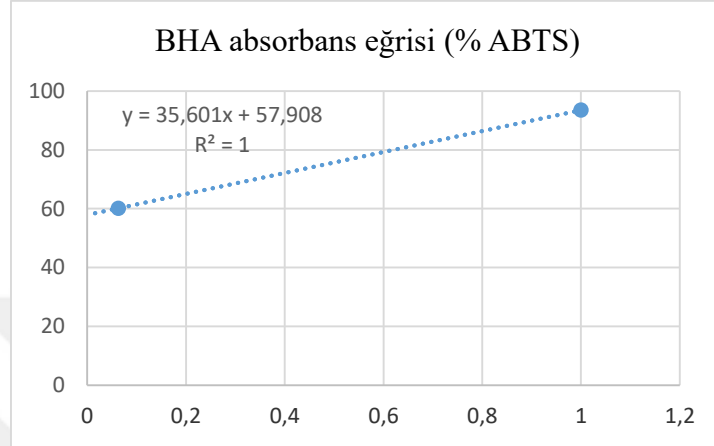
Yoğurt örneklerinin BHA eşdeğerinde antioksidan aktivite değerleri mg BHA/g şeklinde ifade edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.8'de verildiği gibidir.

Tablo 4.8. Yoğurt örneklerinin toplam antioksidan aktivite (DPPH) (mg BHA/g) cinsinden değerleri

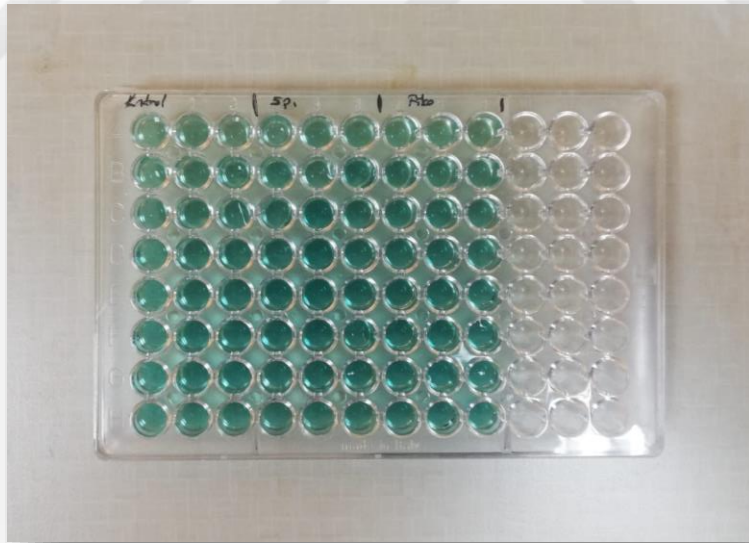
	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
mg BHA/g	135	33	27

DPPH metodu ile antioksidan aktivitesi belirlemede yoğurt örneklerinde; kontrol yoğurdunun BHA cinsinden değeri 135 mg BHA/g, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun BHA cinsinden değeri 33 mg BHA/g ve fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin BHA cinsinden değeri 27 mg BHA/g olarak bulunmuştur.

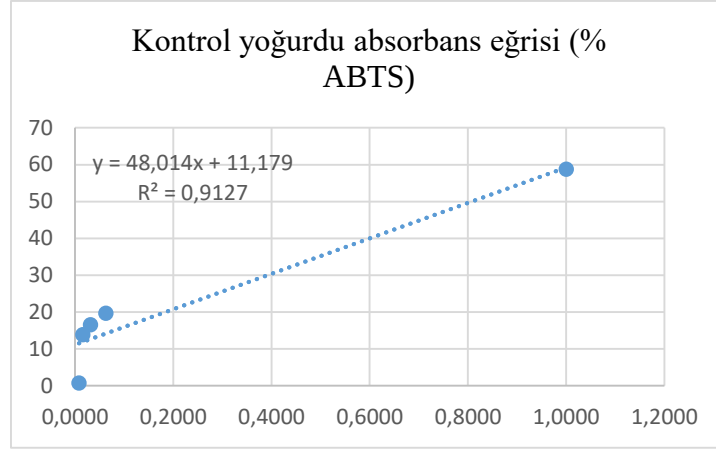
Yoğurt örneklerinde ABTS metoduna göre antioksidan aktivite tayini gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar % ABTS olarak grafiklerde ifade edilmiştir. BHT standart grafiği çizilmiştir ve Şekil 4.9'daki gibidir. Yoğurt örneklerine ait grafikler Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görüldüğü gibi bulunmuştur.



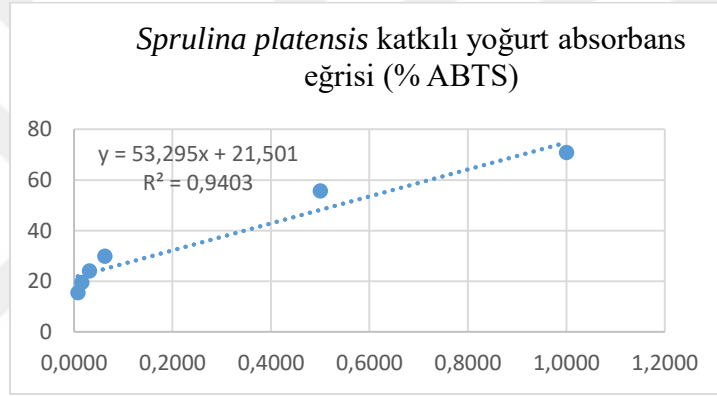
Şekil 4.9. BHT (standart) ABTS antioksidan aktivite eğrisi



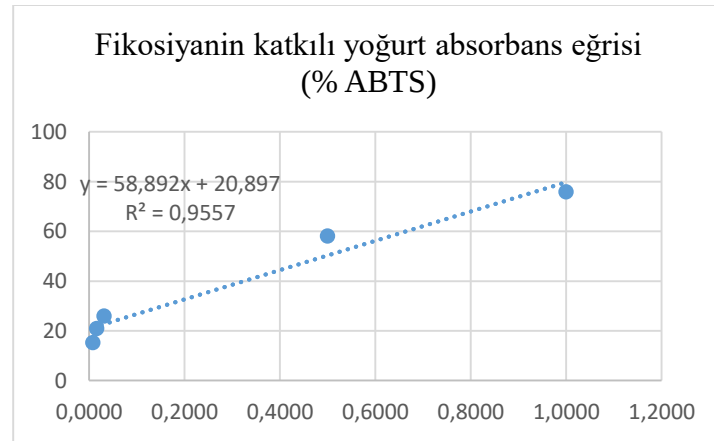
Resim 4.3. ABTS reaktifinin eklenmesini takiben kademeli renk değişimini gösteren % ABTS, 96 kuyucuklu mikroparka



Şekil 4.10. Kontrol yoğurt örneğinin ABTS antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.11. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt örneğinin ABTS antioksidan aktivite eğrisi



Şekil 4.12. Fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin ABTS antioksidan aktivite eğrisi

Yoğurt örneklerinin ABTS yöntemine göre hesaplanan toplam antioksidan miktarları BHT eşdeğerinde mg BHTE/g şeklinde ifade edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.14'te verildiği gibidir.

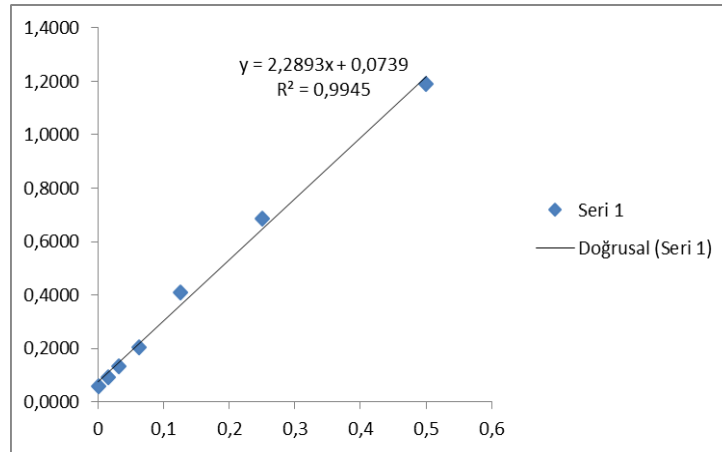
Tablo 4.9. Yoğurt örneklerinin mg BHT/g cinsinden değerleri

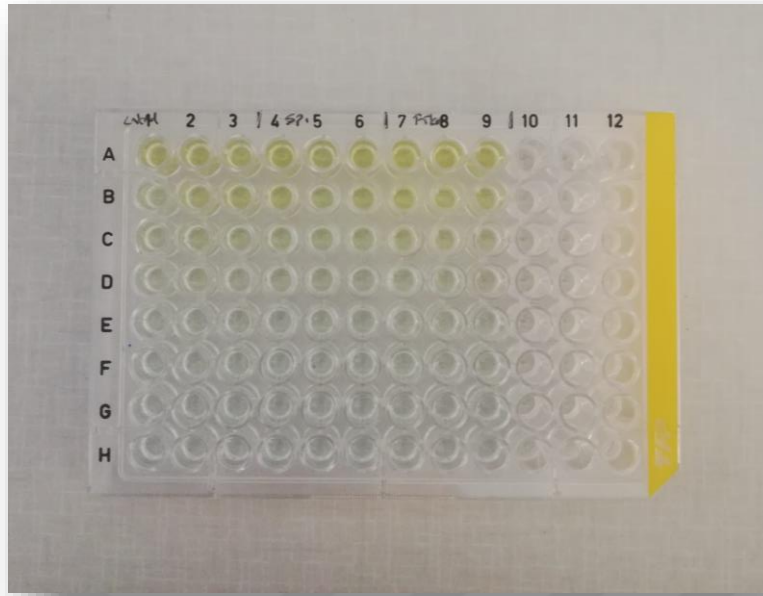
	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
mg BHT/g	141,5	146,6	137,1

ABTS metodu ile antioksidan aktivitesi belirlemede Yoğurt örneklerinde; kontrol yoğurdunun BHT cinsinden değeri 141,5 mg BHT/g, *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun BHT cinsinden değeri 146,6 mg BHT/g ve fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin BHT cinsinden değeri 137,1 mg BHT/g olarak bulunmuştur.

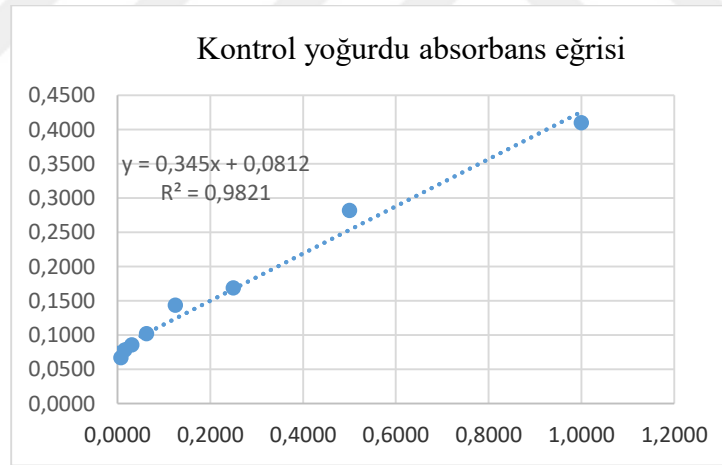
4.3.2. Toplam fenolik madde miktar tayini

Yoğurt örneklerinde uygulanan Folin metoduna göre fenolik madde miktar tayini gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde gallik asit standart alınmış ve elde edilen absorbans eğri grafiği Şekil 4.13'teki gibidir. Yoğurt örneklerine ait absorbans grafikleri Şekil 4.14, Şekil 4.15, ve Şekil 4.16'da gösterildiği gibi bulunmuştur.

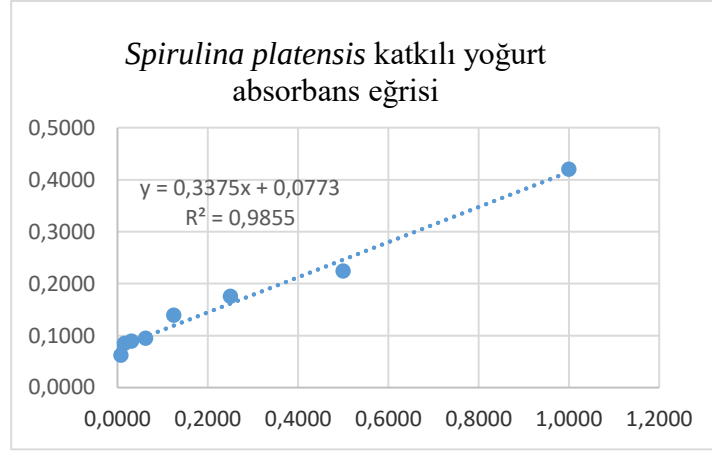
**Şekil 4.13.** Gallik asitin toplam fenolik madde miktar eğrisi



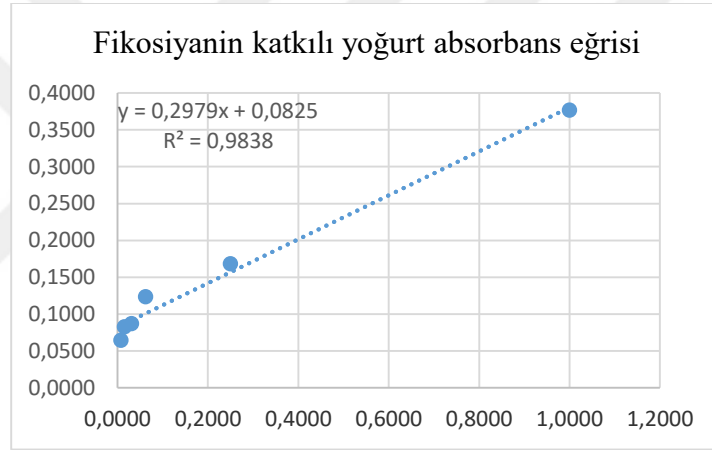
Resim 4.4. Folin reaktifinin eklenmesini takiben kademeli renk değişimini gösteren 96 kuyucuklu mikroparka



Şekil 4.14. Kontrol yoğurt örneğinin toplam fenolik madde miktarı eğrisi



Şekil 4.15. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt örneğinin toplam fenolik madde miktarı eğrisi



Şekil 4.16. Fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin toplam fenolik madde miktarı eğrisi

Yoğurt örneklerinin toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğerinde hesaplanarak mg GAE/g şekline ifade edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.10'da gösterildiği gibidir.

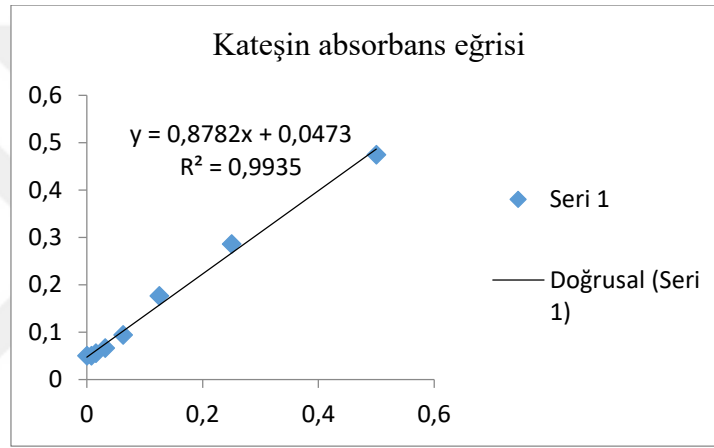
Tablo 4.10. Yoğurt örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g) değerleri

	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
mg GAE/g	663,5	678,3	768,4

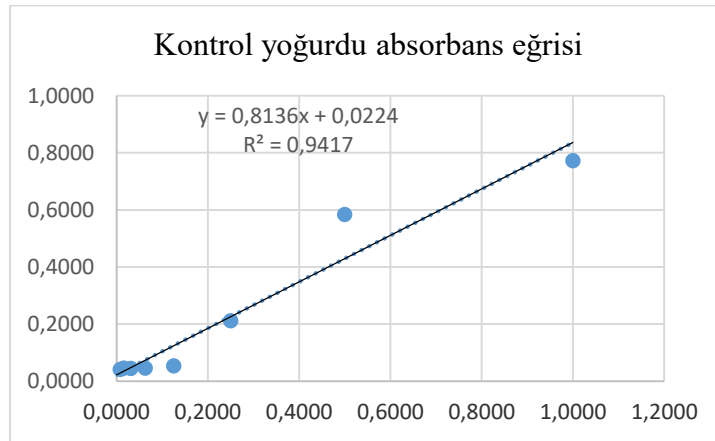
Folin metoduna göre analizi gerçekleştirilen yoğurt örneklerinde fenolik madde miktarları gallik asit eşdeğerinde (mg GAE/g) cinsinden değerleri kontrol yoğurdu için 663,5 mg/g, *Spirulina platensis* katkılı yoğurt için 678,3 mg/g ve fikosiyanin katkılı yoğurt için 768,4 mg/g olarak tespit edilmiştir.

4.3.4. Toplam flavonoid madde miktar tayini

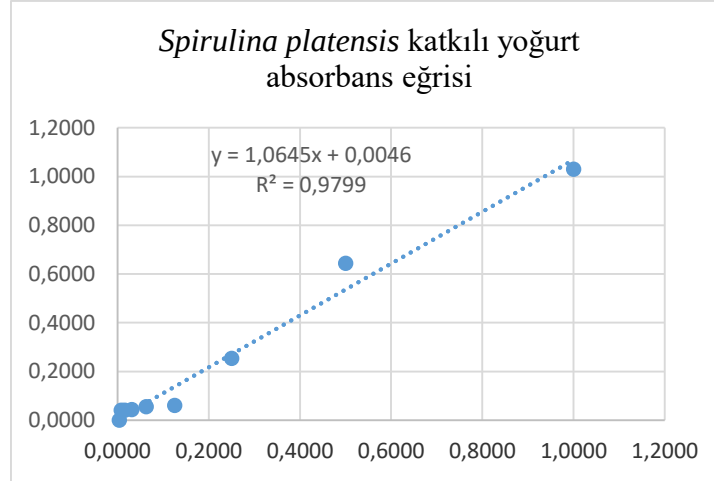
Yoğurt örneklerinde uygulanan toplam flavonoid miktar tayini kateşin standart alınarak gerçekleştirilmiştir. Kateşin absorbans grafiği Şekil 4.17'deki gibidir. Yoğurt örneklerine ait absorbans grafikleri Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterildiği gibi bulunmuştur.



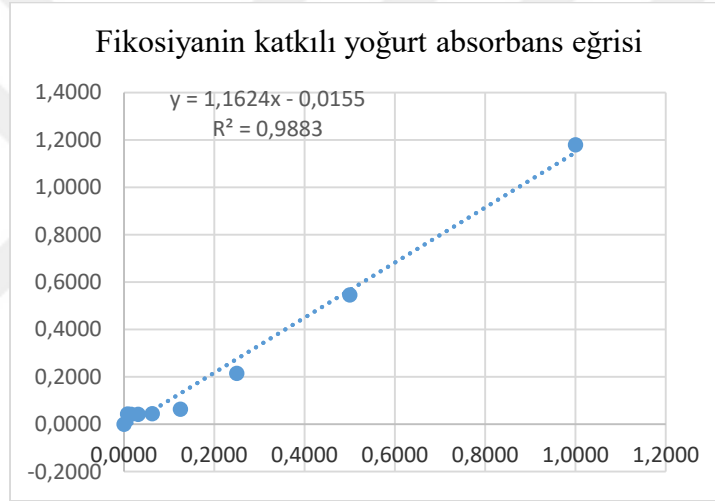
Şekil 4.17. Kateşin (standart) flavonoid miktar eğrisi



Şekil 4.18. Kontrol yoğurt örneğinin flavonoid miktar eğrisi



Şekil 4.19. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt örneğinin flavonoid miktar eğrisi



Şekil 4.20. Fikosiyanin katkılı yoğurt örneğinin flavonoid miktar eğrisi

Yoğurt örneklerine ait toplam flavonoid madde miktarları kateşin eşdeğerinde mg KE/g şeklinde ifade edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.11'deki gibidir.

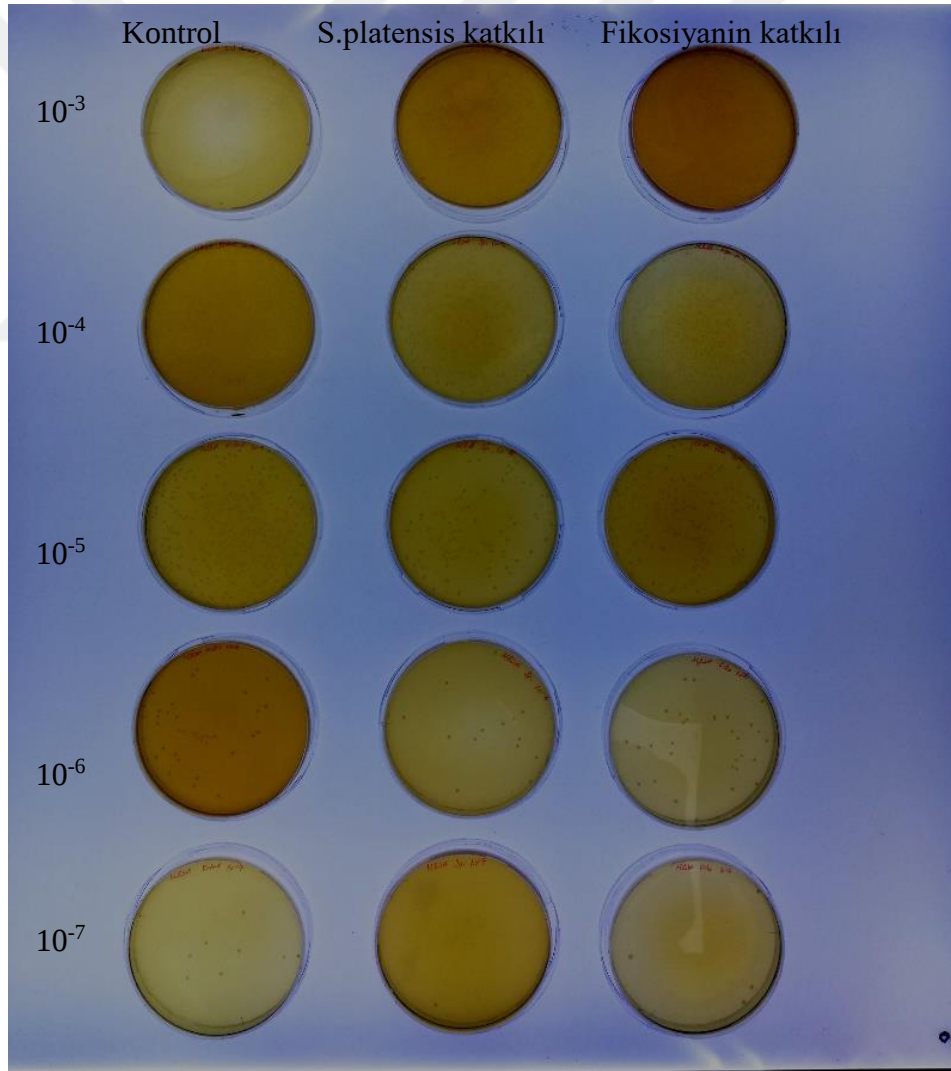
Tablo 4.11. Yoğurt örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı (mg KE/g) değerleri

	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosiyanin katkılı yoğurt
mg KE/g	107,9	82,4	75,5

Toplam flavonoid madde miktar analizi gerçekleştirilen yoğurt örneklerinde toplam flavonoid madde miktarları kateşin eşdeğerinde (mg KE/g) cinsinden değerleri kontrol yoğurdu için 107,9 mg KE/g, *Spirulina platensis* katkılı yoğurt için 82,4 mg KE/g ve fikosiyenin katkılı yoğurt için 75,5 mg KE/g olarak tespit edilmiştir.

4.4. Mikrobiyal Analizler

Lactobacillus sp. sayımı, yoğurt örneklerinin depolama süresi boyunca 1, 8, 15, ve 22. günlerde gerçekleştirilmiştir. Yoğurt örneklerinin 8. gününde bakteri sayımı yapılan petrilerin görüntüsü Resim 4.5'teki gibidir. Yoğurt örneklerindeki *Lactobacillus sp.* sayısına ait logaritmik sayım sonuçları Tablo 4.12'de gösterildiği gibidir.



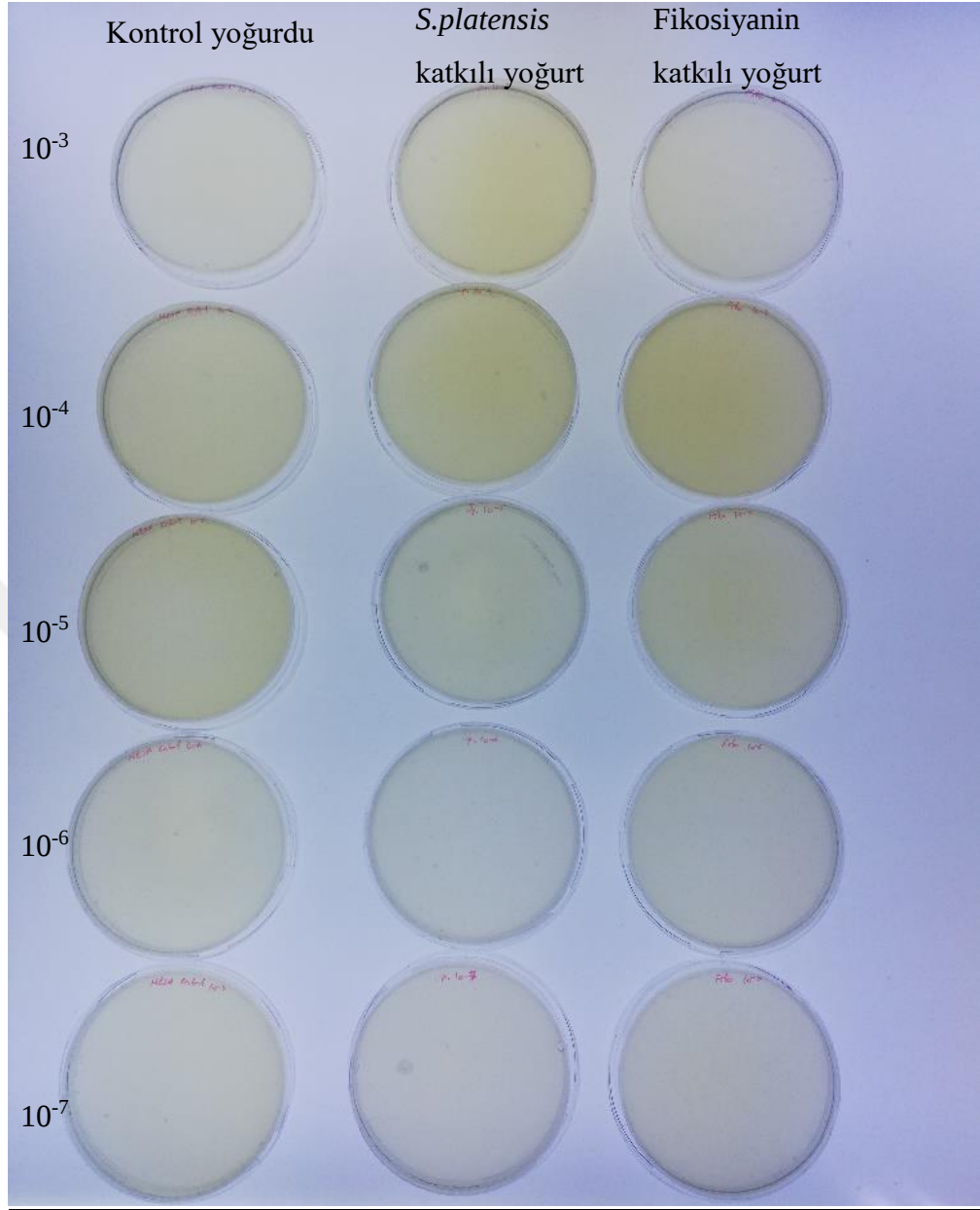
Resim 4.5. Besiye yerlerinde inkübasyona bırakılan yoğurt bakterileri (8. Gün)

Tablo 4.12. Yoğurt örneklerindeki *Lactobacillus sp.* sayısına ait logaritmik sayım sonuçları

	Kontrol yoğurdu	<i>Spirulina platensis</i> katkılı yoğurt	Fikosyanin katkılı yoğurt
1.gün	352	808	765,3
8.gün	520	264	296
15.gün	338,6	90,6	210,6
22.gün	42,6	13,3	2,6

Yoğurtlarda bulunan *Lactobacillus sp.* miktarları Tablo 4.17'deki gibi bulunmuştur. 1.gün bakteri sayımlarına bakıldığında *Lactobacillus sp.* sayısı logaritmik olarak ifade edildiğinde; kontrol yoğurdunda 352, *Spirulina platensis* katkılı yoğurtta 808 kob/g, ve fikosyanin katkılı yoğurtta 765 kob/g, olarak tespit edilmiştir. 8.gün bakteri sayımlarında *Lactobacillus sp.* sayısı; kontrol yoğurdunda 520, *Spirulina platensis* katkılı yoğurtta 264 kob/g ve fikosyanin katkılı yoğurtta 296 kob/g olarak bulunmuştur. 15.gün bakteri sayımlarına bakıldığında *Lactobacillus sp.* sayısı; kontrol yoğurdunda 338,6 kob/g *Spirulina platensis* katkılı yoğurtta 90,6 kob/g ve fikosyanin katkılı yoğurtta 210,6 kob/g olarak tespit edilmiştir. Depolamanın son gün (22.gün) *Lactobacillus sp.* sayımı sonuçlarında bakteri sayıları; kontrol yoğurdu 42,6 kob/g *Spirulina platensis* katkılı yoğurtta 13,3 kob/g ve fikosyanin katkılı yoğurtta 2,6 kob/g olarak tespit edilmiştir.

Maya ve küf oluşumunu incelemek için depolama süresince yoğurtlardan alınan örnekler, 1, 8, 15 ve 22. günlerde petrilere ekilerek maya ve küf oluşumuna bakılmıştır. 8. Gün analizleri, Resim 4.6'da gösterildiği gibidir. 3 haftalık depolama süresince maya ve küf oluşumuna rastlanmamıştır.



Resim 4.6. Maya ve küf tespiti için besiyerlerine ekilen yoğurt bakterileri (8. Gün)

4.4. Duyusal Analiz Sonuçları

Duyusal analizler yoğurdun tüketilebilir olması için oldukça önemli bir parametredir. Duyusal analiz testinde farklı kategorilerde puanlama gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizlerde puanlanan özellikler tat, koku, yapı ve tekstür olarak gruplandırılmıştır. Her grup için 1-10 arasında puanlama yapılmıştır. Tüm kategorilerde en yüksek puanı alan yoğurtlar standart kabul edilmiştir.

Duyusal analiz sonuçlarına göre farklı miktarda mayalanan yoğurt örneklerinde en çok puan alan yoğurt 9 ml sıvı maya içeren yoğurt olmuştur. Farklı oranlarda (% 0,25, % 0,1, %

0,5, % 1) *Spirulina platensis* tozu eklenmiş yoğurtlar içerisinde en yüksek puanı alan yoğurt ise % 0.5 *Spirulina platensis* tozu içeren yoğurt olmuştur. Farklı miktarlarda (0,88 mg; 1,76 mg; 3,52 mg; 4,4 mg) fikosiyanin içeren katkılı yoğurtlar içerisinde en yüksek puanı alan yoğurt, 4,4 mg fikosiyanin içeren yoğurt olmuştur. Katkısız, *Spirulina platensis* katkılı ve fikosiyanin katkılı bu üç farklı yoğurt arasında en yüksek puanı alan yoğurt fikosiyanin katkılı yoğurt olmuştur.



5. TARTIŞMA

Fonksiyonel gıdalar son zamanlarda sıkça çalışılmaktadır. Doğal besinlerin hastalıktan korunmayı artırdığı veya tedavi süreçlerini olumlu etkilediği bilimsel olarak desteklendiğinden dolayı günümüzde fonksiyonel gıda üretimi de yaygınlaşmıştır. Fonksiyonel gıdalar günlük beslenmenin yanı sıra sağlığa çeşitli faydaları olan bileşenler içeren gıdalardır.

Spirulina platensis; vitamin, protein, esansiyel yağ asitleri ve çeşitli mineraller bakımından zengin içeriğe sahip bir siyanobakteri türüdür. Üretiminde diğer besinlere göre daha az su ve enerji harcandığı belirtilmiştir. Ekonomik oluşu ile dikkat çekmektedir. Aynı zamanda *Spirulina platensis*'te bulunan fikosiyanın; anti-inflamatuvar, antiplatelet, anti-kanser, nefroprotectie, hepatoprotectie ve antioksidan etkilerinin yanı sıra radikal süpürücü aktiviteleri olan bir protein pigmentidir.

Bu sebeplerden dolayı siyanobakteri türlerinden olan *Spirulina platensis* ve *Spirulina platenis*'ten ekstraksiyon yoluyla elde edilen fikosiyanın ilave edilerek fonksiyonel yoğurtlar elde ettik. Bu çalışmada piyasadan alınan ticari süt örneğine sadece maya ilave edilerek hazırlanan ve optimize edilen kontrol yoğurdu, optimizasyonu yapılarak belirlenen konsantrasyonda *Spirulina platensis* ilave edilen yoğurt ve optimizasyonu yapılarak ve en uygun konsantrasyonun belirlendiği fikosiyanın ilaveli yoğurt örnekleri kullanılmıştır.

Elde edilen fonksiyonel yoğurtların titrasyon asitliği, yağ tayini, protein miktar tayini, kuru madde miktar tayini, serum ayrılması tayini, antiokşdan aktivite tayinleri, fenolik madde miktar tayini, flavonoid miktar tayini analizleri ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilerek fonksiyonel yoğurdun özelliklerine bakılmıştır.

Burada yapılan titrasyon asitlik analizi çalışması 1, 8, 15, 22. günlerde örnek alınarak yapılmıştır. Üretilen yoğurtlarda depolamanın 1. günü titrasyon asitlik değerleri incelendiğinde, *Spirulina platensis* ve fikosiyanın katkılı yoğurtların asitlik değerlerinin kontrol yoğurduna göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca üç yoğurt türünde de titrasyon asitliği artarak devam etmiştir. Depolamanın son gün (22. gün) analizlerinde yine *Spirulina platenis* ve fikosiyanın katkılı yoğurtların titrasyon asitlik değerlerinin kontrol yoğurduna göre yüksek olduğu bulunmuştur. Fakat bunun yanında *Spirulina platensis* ve fikosiyanın katkılı yoğurtlar arasında anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir. Nitekim Mohammadi vd. [136] yaptıkları çalışmada fikosiyanın katkısının yoğurdun asitliğini artırdığı ve depolama süresince de artarak devam ettiğini belirtmişlerdir.

Asitliğin yüksek bulunmasının nedenini ise, *Spirulina platensis*'sin laktik asit bakterileri gelişimi üzerinde olumlu etkisinin olması ve bakterilerin proteinleri parçalayarak ortaya çıkardığı metabolitler ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Dolayısıyla yaptığımız çalışmada elde edilen asitlik değerleri benzer çalışma sonuçları ile paralellik göstermiştir.

Fonksiyonel yoğurtlar üzerinde yapılan ikinci analiz olarak serum ayrılma miktarı incelenmiştir. Burada yapılan analizler de 1, 8, 15 ve 22. günlerde gerçekleştirilmiştir. Depolama boyunca yapılan serum ayrılma miktarı analiz sonuçlarında katkılı yoğurtların serum ayrılma miktarı kontrol yoğurduna göre düşük değerde bulunmuştur. Fakat bunun yanında Fikosiyanın ve *Spirulina platensis* katkılı iki yoğurt arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Fonksiyonel yoğurt elde edilerek yapılan çalışmalarda serum ayrılma miktarına bakılmış ve katkılı yoğurtların serum ayrılma miktarının kontrol grubu yoğurt örneklerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Mohammadi vd. [136], Malik vd. [137], Szigei vd. [138], *Spirulina platensis* ve fikosiyanın katkılı yoğurt çalışmalarında katkılı yoğurtların serum ayrılma miktarının kontrol yoğurtlarına göre daha düşük değerde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla farklı çalışmalarda yapılan su tutma kapasitesi analiz sonuçları ile çalışmamızdaki serum ayrılma miktar analiz sonuçları benzer bulunmuştur.

Yoğurt, içerdiği probiyotik bakterilerden dolayı insan beslemesinde önemli yer tutmaktadır. Aynı zamanda içerdiği probiyotik bakteri miktarı yoğurt kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Çalışmamızda ürettiğimiz yoğurtlarda bulunan bakteriler arasından *Lactobacillus sp.*' sayımı gerçekleştirilmiştir. Mikrobiyal analizler depolama süresince 1, 8, 15, 22. günlerde *Lactobacillus sp.* sayımı gerçekleştirilerek yapılmıştır. Çalışma sonucunda yoğurtlarda *Lactobacillus sp.* yoğunluğunun depolama süresince azaldığı gözlenmiştir. Depolamanın 1. gününde en yüksek bakteri yoğunluğunun *Spirulina platensis* katkılı yoğurt, daha sonra fikosiyanın katkılı yoğurt en düşük ise kontrol yoğurt örneklerinde görülmüştür. Buna karşılık 8, 15 ve 22. günlerde bakteri yoğunluğuna bakıldığında (*Lactobacillus sp.*) 1.gün elde edilen sonuçların tam tersine *Spirulina platensis* ve fikosiyanın ilave edilen yoğurtlarda bakteri sayısının kontrol yoğurduna göre azaldığı belirlenmiştir. Mohammadi vd. [136] fikosiyanın katkılı yoğurt çalışmasında *Lactobacillus sp.* sayısının ilk hafta arttığı sonrasında depolama boyunca giderek azaldığı bildirilmiştir. Malik vd. [137] yaptıkları *Spirulina platensis* katkılı yoğurt çalışmasında da depolama süresince bakteri sayısının azaldığı gözlenmiştir.

Yoğurt örneklerinde depolamanın 1. gününde protein miktar tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek değere sahip yoğurt fikosiyanın

katkılı yoğurt olarak belirlenmiştir. *Spirulina platensis* katkılı yoğurt ile kontrol yoğurdu arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Fikosiyaninin protein pigmenti olmasından ötürü yoğurdun protein değerini artırdığı düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer olan Prayanka vd. [139] *Spirulina platensis* katkılı yoğurt çalışmasında katkılı yoğurdun protein değeri kontrol yoğurduna göre daha yüksek bulunmuştur. Fındık, fıstık, ceviz gibi kuruyemişler ilavesiyle elde edilen fonksiyonel yoğurtlarda protein değeri kontrol yoğurduna göre yüksek bulunmuştur [140]. Dolayısıyla *Spirulina platensis* veya farklı maddelerin yoğurda eklenmesi protein değerini olumlu yönde artırabileceği düşünülmektedir.

Yoğurtların yağ analizlerinde en yüksek yağ değerine sahip yoğurt *Spirulina platensis* katkılı yoğurt olmuştur. Bu değeri fikosiyanin katkılı yoğurt takip etmiştir ve en düşük yağ içeriğine sahip yoğurt kontrol yoğurdu olmuştur. Yapılan bir çalışmada chia tohumu eklenen yoğurtlarda yağ miktarı kontrol yoğurduna göre yüksek bulunmuştur [141]. Eklenen maddelerin yağ içeriğinin, yoğurdun yağ miktarını etkilediği belirtilmiştir. Bizim elde ettiğimiz fonksiyonel yoğurtlarda da eklediğimiz *Spirulina platensis* ve fikosiyaninin yoğurdun yağ miktarını artırdığı tespit edilmiştir.

Kuru madde miktarı yoğurt kalitesini belirlemede kullanılan bir fizikokimyasal özelliktir. Çalışmamızdaki kuru madde miktarı tayini analizleri depolamanın 1 ve 22. günlerinde gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1. günü analizlerinde üç yoğurt arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Depolamanın sonra gün analizlerinde *Spirulina platensis* ve fikosiyanin katkılı yoğurtların kuru madde miktarı kontrol yoğurduna göre fazla bulunmuştur. Dubey ve Kumari'nin [142] yaptığı bir çalışmada *Spirulina platensis* katkılı yoğurtlarda *Spirulina platensis* miktarı arttıkça kuru madde miktarının da arttığı belirtilmiştir. Dolayısıyla *Spirulina platensis* ilave edildiğinde yoğurtta kuru madde miktarının artması bizim çalışmamız ile paralellik göstermiştir.

Antioksidan miktarı tayini analizlerinde katkılı yoğurtların bakır indirgeme gücü aktivitesi kontrol yoğurduna göre yüksek bulunmuştur. Demir indirgeme gücü aktivitesi en yüksek olan yoğurt fikosiyanin katkılı yoğurt olarak bulunmuştur. En düşük değere sahip olan yoğurt ise kontrol yoğurt olmuştur. ABTS metoduna göre antioksidan aktivite sonuçları *Spirulina platensis* katkılı yoğurtlarda en yüksek bulunmuştur. Kontrol yoğurdu ve fikosiyanin katkılı yoğurtlarda ABTS radikal yakalama aktivitesi fikosiyanin katkılı yoğurda göre daha düşük bulunmuştur. Benzer çalışmada olan Barkallah vd. [130] çalışmasında *Spirulina platensis* katkılı yoğurdun kontrol yoğurduna göre antioksidan aktivitesinin daha

yüksek olduğu belirtilmiştir. Bizim çalışma sonuçlarımız da Bakarallah'ın çalışması ile paralellik göstermektedir.

DPPH yöntemiyle anitoksidan aktivite tayininde fikosiyanin katkılı yoğurdun DPPH söndürücü kapasitesi en yüksek olan yoğurt fikosiyanin katkılı yoğurt olarak belirlenmiştir. Bu değeri *Spirulina platensis* katkılı yoğurt takip etmiştir ve en az antioksidan aktiviteye sahip yoğurt kontrol yoğurdu olarak belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer bir başka çalışmada fındık kabuğu ilave edilen yoğurtlarda DPPH antioksidan aktivitesinin kontrol yoğurtlarına göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir [143].

Toplam fenolik madde miktarı analizlerinde en yüksek toplam fenolik maddeye sahip yoğurt, fikosiyanin katkılı yoğurt olarak tespit edilmiştir. En az fenolik madde içeren yoğurt ise kontrol yoğurdu olarak belirlenmiştir. DPPH ve Cuprac metodları ile antioksidan aktivite tayinlerinde benzer sonuçlar olmasından dolayı, toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite arasında anlamlı ilişki olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada tarçın ilavesiyle fonksiyonel yoğurt elde edilmiştir. Elde edilen katkılı yoğurtlarda fenolik madde miktarını kontrol yoğurduna göre fazla bulunduğunu belirtilmiştir [144]. Dolayısıyla eklenen maddeler ile yoğurdun fenolik madde içeriğinin yükselmesi bizim çalışmamız ile paralel sonuçlar vermiştir.

Toplam flavonoid madde miktarı katkılı yoğurtlarda kontrol yoğurduna göre daha düşük değerde bulunmuştur. Ancak *Spirulina platensis* ve fikosiyanin katkılı iki yoğurt arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Duyusal analizlerde en yüksek puanı alan yoğurt fikosiyanin katkılı yoğurt olmuştur. *Spirulina platensis* yoğurt ve kontrol yoğurdu arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Katkılı yoğurtların damak tadına uygunluğu ve tüketilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Farklı maddeler ilave edilerek hazırlanan fonksiyonel yoğurt çalışmalarından bazılarında mango ve meyve pulpları ilavesiyle elde edilen yoğurtların kontrol yoğurduna göre daha yüksek puan aldıkları bildirilmiştir [145]. Buna karşın üzüm posası ilavesiyle hazırlanan yoğurtlarda kontrol yoğurdu katkılı yoğurtlara göre daha yüksek puan almıştır [146]. Dolayısıyla eklenen maddeye göre genel kabul edilebilirlik değişmektedir. Çalışmamızda kullandığımız *Spirulina platensis* ve fikosiyanin katkılarının yoğurdun tüketilebilir olmasını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

6. SONUÇ

Spirulina platensis, proteinler, esansiyel aminoasitler, mineraller, esansiyel yağ asitleri, vitaminler ve yağda çözünen antioksidan (E vitamini ve karotenoidler) içeriği nedeniyle yüksek besin değerlerine sahiptir. Fikosiyanin, anti-inflamatuar, antiplatelet, anti-kanser, nefroprotectie, hepatoprotectie ve antioksidan etkilerinin yanı sıra radikal süpürücü aktiviteleri olan *Spirulina platensis*'in en önemli biyoaktif bileşiklerinden biridir. Bu çalışmada, bir siyanobakteri olan *Spirulina platensis* ve *Spirulina platensis* 'ten elde edilen fikosiyanin pigmenti katkılı fonksiyonel yoğurtlar elde edilmiştir. Elde edilen fonksiyonel yoğurtlar üzerindeki kalite testleri; duyu analizler, titrasyon asitliği tayini, serum ayrılma miktar tayini, protein miktar tayini, yağ miktar tayini, toplam fenolik madde miktar tayini, toplam flavonoid miktar tayini antioksidan aktivite analizleri ve yoğurt bakterileri sayımı yapılmıştır. Çalışma sonucunda;

Titrasyonun asitlik değerlerinin kontrol yoğurduna yakın değerlerde olduğu görülmüştür.

Serum ayrılma miktarı değerlerinin oldukça düşük olup yoğurda eklenen *Spirulina platensis* tozu ve fikosiyaninin yoğurt kalite özelliklerini arttırdığı görülmüştür

Kuru madde değerlerinin depolama süresince yüksek olduğu bu sayede yoğurdun kalite özelliğini artırdığı belirlenmiştir.

Fonksiyonel yoğurtlarda yağ miktarlarında fonksiyonel yoğurtların daha yüksek değerlere sahip olduğu bulunmuştur.

Fonksiyonel yoğurtlarda protein içeriği daha yüksek bulunmuştur. Bu sayede yüksek protein içerikli yoğurt elde edilmiştir.

Antioksidan aktivite değerleri fonksiyonel yoğurtlarda yüksek bulunmuştur. Antioksidan özelliği yüksek fonksiyonel yoğurtlar elde edilerek insan sağlığına faydalı ürünler geliştirilmiştir.

Fenolik madde miktarları fonksiyonel yoğurtlarda yüksek bulunmuştur. Fenolik madde miktarının yüksek olması antioksidan değerinin artmasını sağlamaktadır.

Flavonoid madde miktarları kontrol yoğurduna yakın değerde bulunmuştur.

Yoğurdun probiyotik özelliklerinin mikrobiyolojik incelemeleri yapıldığında *Lactobacillus sp.* bakterisinin yoğunluğu bakımından kontrol yoğurdu ve fonksiyonel yoğurtlar arasında önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir.

Duyusal analiz sonuçlarında fonksiyonel yoğurtların tüketilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçları, yoğurdun *Spirulina platensis* tozu ve fikosiyanin pigmenti için uygun bir matriks olduğunu göstermiştir. Yoğurt dokusunu iyileştirmekle kalmayarak, aynı zamanda protein içeriğini zenginleştirdiği, kuru madde miktarını artırarak ve serum ayrılma miktarını azaltarak yoğurt kalite özelliklerini artırdığı, aynı zamanda fenolik madde miktarlarını artırarak antioksidan özelliğini artırdığı sonuçlarına varılmıştır. Bu sayede insan beslenmesinde ve sağlık açısından bir yoğurttan daha fazla fayda sağlayacağı düşünölmektedir



KAYNAKLAR

1. Moreno Aznar, L. A., Cervera Ral, P., Ortega Anta, R. M., Díaz Martín, J. J., Baladia, E., Basulto, J., ... & Salas-Salvadó, J. (2013). Evidencia científica sobre el papel del yogur y otras leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2039-2089.
2. Varga, L., & Szigeti, J. (1998). Microbial changes in natural and algal yoghurts during storage. *Acta alimentaria*, 27(2), 127-135.
3. Fox, R. D. (1986). *Algoculture: la spirulina, un espoir pour le monde de la faim*. Edisud.
4. Shirota, M., Nagamatsu, N., & Takechi, Y. (1964). Method for cultivating lactobacilli. *US Pat*, (3,123,538).
5. Patel, D., Dufour, Y., & Domigan, N. (2008). Functional food and nutraceutical registration process in Japan and China. Similarities and differences. *J Pharm Pharmaceut Sci*, 11(4), 1-11.
6. Hasler, C. M., Bloch, A. S., Thomson, C. A., Enrione, E., & Manning, C. (2004). Position of the American Dietetic Association: functional foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(5), 814-826.
7. Khan, M. I., Arshad, M. S., Anjum, F. M., Sameen, A., & Gill, W. T. (2011). Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*, 44(10), 3125-3133.
8. Mirmiran, P., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2014). Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. *World journal of diabetes*, 5(3), 267.
9. Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2(5), 270-278.
10. Wu, F., Yang, N., Touré, A., Jin, Z., & Xu, X. (2013). Germinated brown rice and its role in human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(5), 451-463.
11. Shahidi, F. (Ed.). (1997). *Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications*. The American Oil Chemists Society.
12. Halliwell, B. (1996). Antioxidants in human health and disease. *Annual review of nutrition*, 16(1), 33-50.
13. Wettasinghe, M., & Shahidi, F. (1999). Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *Food chemistry*, 67(4), 399-414.
14. Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). *Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology*. Elsevier.

15. O'connell, J. E., & Fox, P. F. (2001). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 11(3), 103-120.
16. Shah, N. P. (2006). Microorganisms and health attributes (probiotics). *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Chandan, RC (Ed.), Blackwell Publishing Professional, Iowa, USA, 341-354.
17. Chandan, R. C., & Shah, N. P. (2008). Functional foods and disease prevention. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, 311.
18. Chandan, R. C., Gandhi, A., & Shah, N. P. (2017). Yogurt: Historical background, health benefits, and global trade. In *Yogurt in health and disease prevention* (pp. 3-29). Academic Press.
19. Madjd, A., Taylor, M. A., Mousavi, N., Delavari, A., Malekzadeh, R., Macdonald, I. A., & Farshchi, H. R. (2016). Comparison of the effect of daily consumption of probiotic compared with low-fat conventional yogurt on weight loss in healthy obese women following an energy-restricted diet: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 103(2), 323-329.
20. Shah, N. (2003). Yogurt| the product and its manufacture.
21. Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A. D. D. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-10.
22. Robinson, R. K., Lucey, J. A., & Tamime, A. Y. (2006). Manufacture of yoghurt. *Fermented milks*, 53-75.
23. Tekinsen, O. C. (2000). Sut urunleri teknolojisi. *Selcuk Universitesi Basimevi. Konya, Turkey*, 1, 86.
24. Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. (2006). Dairy science and technology second edition. *Food Science And Technology-New York-Marcel Dekker-*, 147.
25. Akın, N. (2006). *Modern yoğurt bilimi ve teknolojisi*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
26. Aureli, P., Capurso, L., Castellazzi, A. M., Clerici, M., Giovannini, M., Morelli, L., ... & Zuccotti, G. V. (2011). Probiotics and health: an evidence-based review. *Pharmacological research*, 63(5), 366-376.
27. Handa, S., & Sharma, N. (2016). In vitro study of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* F22 isolated from chhang—A traditional fermented beverage of Himachal Pradesh, India. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 14(1), 91-97.
28. Shah, N. P. (2000). Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal of dairy science*, 83(4), 894-907.

29. Oakey, H. J., Harty, D. W. S., & Knox, K. W. (1995). Enzyme production by lactobacilli and the potential link with infective endocarditis. *Journal of Applied Bacteriology*, 78(2), 142-148.
30. Ming, L. C., Halim, M., Rahim, R. A., Wan, H. Y., & Ariff, A. B. (2016). Strategies in fed-batch cultivation on the production performance of *Lactobacillus salivarius* I 24 viable cells. *Food science and biotechnology*, 25(5), 1393-1398.
31. Goudarzi, L., Kermanshahi, R. K., Moosavi-Nejad, Z., & Dalla, M. M. S. (2017). Evaluation of Antimicrobial Activity of Probiotic *Lactobacillus* Strains against Growth and Urease Activity of *Proteus* spp. *Journal of Medical Bacteriology*, 6(3-4), 31-43.
32. Casarotti, S. N., Monteiro, D. A., Moretti, M. M., & Penna, A. L. B. (2014). Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk. *Food Research International*, 59, 67-75.
33. McFarland, L. V. (2006). Meta-analysis of probiotics for the prevention of antibiotic associated diarrhea and the treatment of *Clostridium difficile* disease. *Official journal of the American College of Gastroenterology| ACG*, 101(4), 812-822.
34. Ozcan, T., & Kurtuldu, O. (2014). Influence of dietary fiber addition on the properties of probiotic yogurt. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(5), 397.
35. Csutak, E. (2010). Effect of various prebiotics on LA-5 and BB-12 probiotic bacteria multiplication, and on probiotic yoghurt production. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*, 3, 35-52.
36. Özyurt, V. H., & Ötleş, S. (2014). Prebiyotikler: metabolizma için önemli bir gıda bileşeni. *Akademik Gıda*, 12(1), 115-123.
37. Amarakoon, A. M. S. B. K., Jayawardane, I. N. T., Senaviratne, N. D., Ranadheera, C. S., Silva, K. F. S. T., & Vidanarachchi, J. K. (2013). Development of a rice incorporated symbiotic yogurt. *Proceedings of the Twenty Third Annual Student Research Sessions*, 5.
38. Fang, L., Zhou, C., Cai, P., Chen, W., Rong, X., Dai, K., ... & Huang, Q. (2011). Binding characteristics of copper and cadmium by cyanobacterium *Spirulina platensis*. *Journal of Hazardous Materials*, 190(1-3), 810-815.
39. Dotto, G. L., Gonçalves, J. O., Cadaval Jr, T. R. S., & Pinto, L. A. A. (2013). Biosorption of phenol onto bionanoparticles from *Spirulina* sp. LEB 18. *Journal of colloid and interface science*, 407, 450-456.
40. Singh, S. K., Rahman, A., Dixit, K., Nath, A., & Sundaram, S. (2016). Evaluation of promising algal strains for sustainable exploitation coupled with CO₂ fixation. *Environmental technology*, 37(5), 613-622.

41. Coppens, J., Lindeboom, R., Muys, M., Coessens, W., Alloul, A., Meerbergen, K., ... & Vlaeminck, S. E. (2016). Nitrification and microalgae cultivation for two-stage biological nutrient valorization from source separated urine. *Bioresource technology*, 211, 41-50.
42. Siva Kiran, R. R., Madhu, G. M., & Satyanarayana, S. V. (2015). Spirulina in combating protein energy malnutrition (PEM) and protein energy wasting (PEW)-A review. *J Nutr Res*, 1, 62-79.
43. Holman, B. W. B., & Malau-Aduli, A. E. O. (2013). Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(4), 615-623.
44. Serban, M. C., Sahebkar, A., Dragan, S., Stoichescu-Hogea, G., Ursoniu, S., Andrica, F., & Banach, M. (2016). A systematic review and meta-analysis of the impact of Spirulina supplementation on plasma lipid concentrations. *Clinical Nutrition*, 35(4), 842-851.
45. Iyer Uma, M., Sophia, A., & Mani Uliyar, V. (1999). Glycemic And Lipemic Responses Of Selected Spirulina-Supplemented Rice-Based Recipes In Normal Subjects. *Age (years)*, 22, 1-8.
46. Torres-Duran, P. V., Ferreira-Hermosillo, A., & Juarez-Oropeza, M. A. (2007). Antihyperlipemic and antihypertensive effects of Spirulina maxima in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids in Health and Disease*, 6(1), 1-8.
47. Iwata, K., Inayama, T., & Kato, T. (1990). Effects of Spirulina platensis on plasma lipoprotein lipase activity in fructose-induced hyperlipidemic rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 36(2), 165-171.
48. Muthuraman, P., Senthilkumar, R., & Srikumar, K. (2009). Alterations in beta-islets of Langerhans in alloxan-induced diabetic rats by marine Spirulina platensis. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 24(6), 1253-1256.
49. Ou, Y., Lin, L., Yang, X., Pan, Q., & Cheng, X. (2013). Antidiabetic potential of phycocyanin: Effects on KKAY mice. *Pharmaceutical biology*, 51(5), 539-544.
50. Lu, J., Ren, D. F., Xue, Y. L., Sawano, Y., Miyakawa, T., & Tanokura, M. (2010). Isolation of an antihypertensive peptide from alcalase digest of Spirulina platensis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(12), 7166-7171.
51. Peluso, I., Romanelli, L., & Palmery, M. (2014). Interactions between prebiotics, probiotics, polyunsaturated fatty acids and polyphenols: diet or supplementation for metabolic syndrome prevention?. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(3), 259-267.
52. Parada, J. L., de Caire, G. Z., de Mulé, M. C. Z., & de Cano, M. M. S. (1998). Lactic acid bacteria growth promoters from Spirulina platensis. *International journal of food microbiology*, 45(3), 225-228.

53. 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.
54. 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.
55. Machu, L., Misurcova, L., Vavra Ambrozova, J., Orsavova, J., Mlcek, J., Sochor, J., & Jurikova, T. (2015). Phenolic content and antioxidant capacity in algal food products. *Molecules*, 20(1), 1118-1133.
56. Jensen, G. S., Attridge, V. L., Beaman, J. L., Guthrie, J., Ehmann, A., & Benson, K. F. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory properties of an aqueous cyanophyta extract derived from *Arthrospira platensis*: Contribution to bioactivities by the non-phycocyanin aqueous fraction. *Journal of medicinal food*, 18(5), 535-541.
57. Riss, J., Décordé, K., Sutra, T., Delage, M., Baccou, J. C., Jouy, N., ... & Rouanet, J. M. (2007). Phycobiliprotein C-phycocyanin from *Spirulina platensis* is powerfully responsible for reducing oxidative stress and NADPH oxidase expression induced by an atherogenic diet in hamsters. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7962-7967.
58. Abdel-Daim, M. M. (2014). Pharmacodynamic interaction of *Spirulina platensis* with erythromycin in Egyptian Baladi bucks (*Capra hircus*). *Small Ruminant Research*, 120(2-3), 234-241.
59. Banji, D., Banji, O. J., Pratusha, N. G., & Annamalai, A. R. (2013). Investigation on the role of *Spirulina platensis* in ameliorating behavioural changes, thyroid dysfunction and oxidative stress in offspring of pregnant rats exposed to fluoride. *Food chemistry*, 140(1-2), 321-331.
60. Simpure, J., Kabore, F., Zongo, F., Dansou, D., Bere, A., Pignatelli, S., ... & Musumeci, S. (2006). Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing Spiruline and Misola. *Nutrition journal*, 5(1), 1-7.
61. Bashandy, S. A., El Awdan, S. A., Ebaid, H., & Alhazza, I. M. (2016). Antioxidant potential of *Spirulina platensis* mitigates oxidative stress and reprotoxicity induced by sodium arsenite in male rats. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016.
62. Karadeniz, A., Cemek, M., & Simsek, N. (2009). The effects of *Panax ginseng* and *Spirulina platensis* on hepatotoxicity induced by cadmium in rats. *Ecotoxicology and environmental safety*, 72(1), 231-235.
63. De Caire, G. Z., Parada, J. L., Zaccaro, M. C., & 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(6), 563-565.
64. Molnár, N., Gyenis, B., & Varga, L. (2005). Influence of a powdered *Spirulina platensis* biomass on acid production of lactococci in milk. *Milchwissenschaft*, 60(4), 380-382.

65. Sachdeva, R., Kaur, R., & Sangha, J. K. (2004). Effect of supplementation of Spirulina on the haematological profile and intellectual status of school girls (7-9 years). *Journal of Human Ecology*, 15(2), 105-108.
66. Mazokopakis, E. E., Papadomanolaki, M. G., Fousteris, A. A., Kotsiris, D. A., Lampadakis, I. M., & Ganotakis, E. S. (2014). The hepatoprotective and hypolipidemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population with non-alcoholic fatty liver disease: a prospective pilot study. *Annals of gastroenterology: quarterly publication of the Hellenic Society of Gastroenterology*, 27(4), 387.
67. Kaur, K., Sachdeva, R., & Kochhar, A. (2009). Effect of spirulina supplementation on the nutrient adequacy and health status of non-insulin-dependent diabetes mellitus (NIDDM) male subjects. *Studies on Ethno-Medicine*, 3(2), 119-126.
68. Kelkar, G., Subhadra, K., & Chengappa, R. K. (2008). Effect of antioxidant supplementation on hematological parameters, oxidative stress and performance of Indian athletes. *Journal of Human Ecology*, 24(3), 209-213.
69. Selmi, C., Leung, P. S., Fischer, L., German, B., Yang, C. Y., Kenny, T. P., ... & Gershwin, M. E. (2011). The effects of Spirulina on anemia and immune function in senior citizens. *Cellular & molecular immunology*, 8(3), 248-254.
70. Ferreira-Hermosillo, A., Torres-Duran, P. V., & Juarez-Oropeza, M. A. (2010). Hepatoprotective effects of Spirulina maxima in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a case series. *Journal of Medical Case Reports*, 4(1), 1-5.
71. Ngo-Matip, M. E., Pieme, C. A., Azabji-Kenfack, M., Moukette, B. M., Korosky, E., Stefanini, P., ... & Mbofung, C. M. (2015). Impact of daily supplementation of Spirulina platensis on the immune system of naïve HIV-1 patients in Cameroon: a 12-months single blind, randomized, multicenter trial. *Nutrition Journal*, 14(1), 1-7.
72. Magrone, T., & Jirillo, E. (2013). The interaction between gut microbiota and age-related changes in immune function and inflammation. *Immunity & ageing*, 10(1), 1-6.
73. Magrone, T., & Jirillo, E. (2015). Childhood obesity: immune response and nutritional approaches. *Frontiers in Immunology*, 6, 76.
74. Andersen, C. J., Murphy, K. E., & Fernandez, M. L. (2016). Impact of obesity and metabolic syndrome on immunity. *Advances in Nutrition*, 7(1), 66-75.
75. Løbner, M., Walsted, A., Larsen, R., Bendtzen, K., & Nielsen, C. H. (2008). Enhancement of human adaptive immune responses by administration of a high-molecular-weight polysaccharide extract from the cyanobacterium *Arthrospira platensis*. *Journal of Medicinal Food*, 11(2), 313-322.
76. Santiago-Santos, M. C., Ponce-Noyola, T., Olvera-Ramírez, R., Ortega-López, J., & Cañizares-Villanueva, R. O. (2004). Extraction and purification of phycocyanin from *Calothrix* sp. *Process Biochemistry*, 39(12), 2047-2052.

77. Glazer, A. N., & Stryer, L. U. B. E. R. T. (1983). Fluorescent tandem phycobiliprotein conjugates. Emission wavelength shifting by energy transfer. *Biophysical journal*, 43(3), 383-386.
78. Moliere, A., & Vigneron, E. (2013). *New developments in chromophore research*. Nova Science Publishers, Incorporated.
79. Eriksen, N. T. (2008). Production of phycocyanin—a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. *Applied microbiology and biotechnology*, 80(1), 1-14.
80. Sloth, J. K., Wiebe, M. G., & Eriksen, N. T. (2006). Accumulation of phycocyanin in heterotrophic and mixotrophic cultures of the acidophilic red alga *Galdieria sulphuraria*. *Enzyme and Microbial Technology*, 38(1-2), 168-175.
81. Patil, G., Chethana, S., Madhusudhan, M. C., & Raghavarao, K. S. M. S. (2008). Fractionation and purification of the phycobiliproteins from *Spirulina platensis*. *Bioresource technology*, 99(15), 7393-7396.
82. Antelo, F. S., Anschau, A., Costa, J. A., & Kalil, S. J. (2010). Extraction and purification of C-phycocyanin from *Spirulina platensis* in conventional and integrated aqueous two-phase systems. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(5), 921-926.
83. Kim, S. K., Ravichandran, Y. D., Khan, S. B., & Kim, Y. T. (2008). Prospective of the cosmeceuticals derived from marine organisms. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 13(5), 511-523.
84. Internet: Fikosiyanin kristal yapısı. URL: (<http://www.rcsb.org>) PDB ID 1GH0 (2011).
85. Soni, B., Trivedi, U., & Madamwar, D. (2008). A novel method of single step hydrophobic interaction chromatography for the purification of phycocyanin from *Phormidium fragile* and its characterization for antioxidant property. *Bioresource technology*, 99(1), 188-194.
86. Boussiba, S., & Richmond, A. E. (1979). Isolation and characterization of phycocyanins from the blue-green alga *Spirulina platensis*. *Archives of Microbiology*, 120(2), 155-159.
87. Halliwell, B. (2007). Cellular responses to oxidative stress: adaptation, damage, repair, senescence and death. *Free radicals in biology and medicine*, 187-267.
88. Cheeseman, K. H., & Slater, T. F. (1993). An introduction to free radical biochemistry. *British medical bulletin*, 49(3), 481-493.
89. Toz, A. (2018). *Ratlarda gürültünün oluşturduğu oksidatif strese karşı e vitaminin koruyucu etkisi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

90. Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39(1), 44-84.
91. Dröge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*.
92. Çetinsoy, A. Ş. (2019). *Siçanlarda Streptozotosin ile Oluşturulan Diyabetes Mellitus Modelinde Mikrorna'ların Kardiyomiyopatide Etkileri* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
93. Rock, C. L., Jacob, R. A., & Bowen, P. E. (1996). Update on the biological characteristics of the antioxidant micronutrients: vitamin C, vitamin E, and the carotenoids. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(7), 693-702.
94. McCord, J. M. (2000). The evolution of free radicals and oxidative stress. *The American journal of medicine*, 108(8), 652-659.
95. Rao, A. L. (2006). Bharani M. Pallavi V. *Role of antioxidants and free radicals in health and disease*, AdvPharmacolToxicol, 7, 29-38.
96. Lovell, M. A., Ehmann, W. D., Butler, S. M., & Markesbery, W. R. (1995). Elevated thiobarbituric acid-reactive substances and antioxidant enzyme activity in the brain in Alzheimer's disease. *Neurology*, 45(8), 1594-1601.
97. Freeman, B. A., & Crapo, J. D. (1982). Biology of disease: free radicals and tissue injury. *Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology*, 47(5), 412-426.
98. Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.
99. Fujita, Furukawa, S., Fujita, T., Shimabukuro, M., Iwaki, M., Yamada, Y., Nakajima, Y., ... & Shimomura, I. (2017). Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *The Journal of clinical investigation*, 114(12), 1752-1761.
100. M. J., & Sies, H. (2013). The early research and development of ebselen. *Biochemical pharmacology*, 86(9), 1248-1253.
101. Thornalley, P. J. (1985). Monosaccharide autoxidation in health and disease. *Environmental Health Perspectives*, 64, 297-307.
102. Rikans, L. E., & Hornbrook, K. R. (1997). Lipid peroxidation, antioxidant protection and aging. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1362(2-3), 116-127.
103. Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.

104. Willcox, J. K., Ash, S. L., & Catignani, G. L. (2004). Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(4), 275-295.
105. Valko, M. M. H. C. M., Morris, H., & Cronin, M. T. D. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current medicinal chemistry*, 12(10), 1161-1208.
106. Baborun, T., Soobrattee, M. A., Luximon-Ramma, V., & Aruoma, O. I. (2006). Free radicals and antioxidants in cardiovascular health and disease. *Internet Journal of Medical Update*, 1(2), 25-41.
107. Dröge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*.
108. Young, I. S., & Woodside, J. V. (2001). Antioxidants in health and disease. *Journal of clinical pathology*, 54(3), 176-186.
109. Donaldson, M. S. (2004). Nutrition and cancer: a review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition journal*, 3(1), 1-21.
110. Nguyen, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2006). Chiral drugs: an overview. *International journal of biomedical science: IJBS*, 2(2), 85.
111. Loprinzi, C. L., Barton, D. L., Sloan, J. A., Novotny, P. J., Dakhil, S. R., Verdirame, J. D., ... & Christensen, B. (2008). Mayo Clinic and North Central Cancer Treatment Group hot flash studies: a 20-year experience. *Menopause*, 15(4), 655-660.
112. Miller III, E. R., Pastor-Barriuso, R., Dalal, D., Riemersma, R. A., Appel, L. J., & Guallar, E. (2005). Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. *Annals of internal medicine*, 142(1), 37-46.
113. Li, Y., & Schellhorn, H. E. (2007). New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C. *The Journal of nutrition*, 137(10), 2171-2184.
114. Naidu, K. A. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition journal*, 2(1), 1-10.
115. Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.
116. Seren, S., Lieberman, R., Bayraktar, U. D., Heath, E., Sahin, K., Andic, F., & Kucuk, O. (2008). Lycopene in cancer prevention and treatment. *American journal of therapeutics*, 15(1), 66-81.
117. Dahan, K., Fennal, M., & Kumar, N. B. (2008). Lycopene in the prevention of prostate cancer. *Journal of the Society for Integrative Oncology*, 6(1).
118. Pham-Huy, C., Nguyen, P., Marchand, V., Dumery, B., Warnet, J. M., Thevenin, M., ... & Duc, H. T. (2001, July). Selenium and tobacco smoke tars: In vitro effects on different immunocompetent cells. In *Toxicology* (Vol. 164, No. 1-3, pp. 111-112).

119. Higdon, J., Drake, V. J., & Whanger, P. D. (2007). Selenium. *Linus Pauling Institute. Oregon State University. Micronutrient Information Center.*
120. Young, I. S., & Woodside, J. V. (2001). Antioxidants in health and disease. *Journal of clinical pathology*, 54(3), 176-186.
121. Miller, A. L. (1996). Antioxidant flavonoids: structure, function and clinical usage. *Alt Med Rev*, 1(2), 103-111.
122. Hanneken, A., Lin, F. F., Johnson, J., & Maher, P. (2006). Flavonoids protect human retinal pigment epithelial cells from oxidative-stress-induced death. *Investigative ophthalmology & visual science*, 47(7), 3164-3177.
123. Pham-Huy, L. A. N., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Green tea and health: an overview. *Journal of food, agriculture & environment*.
124. McKenney, J. M., & Sica, D. (2007). Prescription omega-3 fatty acids for the treatment of hypertriglyceridemia. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 64(6), 595-605.
125. Berquin, I. M., Min, Y., Wu, R., Wu, J., Perry, D., Cline, J. M., ... & Chen, Y. Q. (2007). Modulation of prostate cancer genetic risk by omega-3 and omega-6 fatty acids. *The Journal of clinical investigation*, 117(7), 1866-1875.
126. Logan, A. C. (2004). Omega-3 fatty acids and major depression: a primer for the mental health professional. *Lipids in health and disease*, 3(1), 1-8.
127. Barbul, A., & Uliyargoli, A. (2007). Use of exogenous arginine in multiple organ dysfunction syndrome and sepsis. *Critical care medicine*, 35(9), S564-S567.
128. Internet Gıda Teknolojisi Yoğurt URL:
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yo%C4%9Furt.pdf.
129. Balatoni, M., & Ketting, F. (1981). Tejipari kézikönyv. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*, 13-83.
130. Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., ... & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT*, 84, 323-330.
131. Northrop, J. H. (1926). A convenient method for the formol titration. *The Journal of general physiology*, 9(6), 767.
132. Horwitz, W. (2010). *Official methods of analysis of AOAC International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs/edited by William Horwitz*. Gaithersburg (Maryland): AOAC International, 1997..

133. Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7970-7981.
134. Ben Mansour, R., Ksouri, W. M., Cluzet, S., Krisa, S., Richard, T., & Ksouri, R. (2016). Assessment of antioxidant activity and neuroprotective capacity on PC12 cell line of *Frankenia thymifolia* and related phenolic LC-MS/MS identification. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016.
135. Arslan, M., Xiaobo, Z., Xuetao, H., Tahir, H. E., Shi, J., Khan, M. R., & Zareef, M. (2018). Near infrared spectroscopy coupled with chemometric algorithms for predicting chemical components in black goji berries (*Lycium ruthenicum* Murr.). *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(5), 275-286.
136. Mohammadi-Gouraji, E., Soleimani-Zad, S., & Ghiaci, M. (2019). Phycocyanin-enriched yogurt and its antibacterial and physicochemical properties during 21 days of storage. *LWT*, 102, 230-236.
137. Malik, P. R. I. Y. A. N. K. A. (2011). *Utilization of spirulina powder for enrichment of ice cream and yoghurt* (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis, Karnataka Veterinary, Animal and Fisheries Sciences University, Bidar).
138. 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.
139. Priyanka, M., Kempanna, C., & Narasimha, M. (2013). Quality characteristics of yoghurt enriched with *Spirulina* powder. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 47(2), 354-359.
140. Ozturkoglu-Budak, S., Akal, C., & Yetisemiyen, A. (2016). Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8511-8523.
141. Kowaleski, J., Quast, L. B., Steffens, J., Lovato, F., dos Santos, L. R., da Silva, S. Z., ... & Felicetti, M. A. (2020). Functional yogurt with strawberries and chia seeds. *Food Bioscience*, 37, 100726.
142. Dubey, R. P., & Kumari, P. (2011). Preparation of low fat and high protein frozen yoghurt enriched with papaya pulp and *Spirulina*.
143. Dinkçi, N., Aktaş, M., Akdeniz, V., & Sirbu, A. (2021). The Influence of Hazelnut Skin Addition on Quality Properties and Antioxidant Activity of Functional Yogurt. *Foods*, 10(11), 2855.
144. Helal, A. and Tagliazucchi, D. (2018). Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon-fortified yogurt. *LWT – Food science and Technology* 89, 164–170.

145. Bedani, R., Vieira, A. D. S., Rossi, E. A., ve Saad, S. M. I. 2014b. Tropical fruit pulps decreased probiotic survival to in vitro gastrointestinal stress in synbiotic soy yoghurt with okara during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 55(2), 436-443.
146. Zhao, Y. 2013. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*, 138, 356–365.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Elif Nur Gökçurak

Doğum Yeri:

Doğum Tarihi:

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Beslenme ve Diyetetik / Adnan Menderes Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi: Moleküler Tıp / Amasya Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

8. Uluslararası Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırmaları Kongresi (Sözlü bildiri – Aralık 2021)

Seminerler ve Kurslar

1. Moleküler Beslenme Kongresi (Türkiye Diyetisyenler Derneği – Ekim 2016)
2. Prof. Dr. Ayşe Baysal Beslenme Günleri Vitamin Mineral Destekleri Kursu (BESVAK – Ocak 2017)
3. II: Ulusal Beslenme ve Diyetetik Öğrenci Kongresi (Erciyes Üniversitesi – Mart 2017)
4. Karbonhidrat Sayımı Kursu (Erciyes Üniversitesi - Mart 2017)
5. Özel Gruplarda Menü Planlama Kursu (Erciyes Üniversitesi - Mart 2017)
6. Hacettepe Üniversitesi Beslenme Günleri / VI. Mezuniyet sonrası Eğitim Kursu (Mayıs 2017)
7. Sporcuda Beslenme Durumunun Değerlendirilmesi Kursu (Hacettepe Üniversitesi – Mayıs 2017)

Sertifkalar

Moleküler Beslenme Sertifikası (Ekim 2016)

Sporcularda Beslenme Durumunun Değerlendirilmesi Sertifikası (Mayıs 2017)

Karbonhidrat Sayımı Sertifikası (Mart 2017)

Özel Gruplarda Menü Planlama Sertifikası (Mart 2017)

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: 15. Piyade Er Eğitim Tugay Komutanlığı Mutfağı / Amasya
(2017-2018)

Uzman Diyet Mutfak – Klinik (2020- Devam etmekte)

