



Özgün Araştırma / Original Article

**Mavi-Yeşil Alg *Spirulina platensis*'in Buğday Ekmeğinde
Kimyasal, Duyusal ve Antifungal Etkisi**

**Chemical, Sensory and Antifungal Effect of the Blue-Green Algae
Spirulina platensis on the Wheat Bread**

Elif İLHAN^{1*}, Ayşe Nur BÜYÜKİZGİ², Ertan ERMİŞ³

¹ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL, TÜRKİYE
ORCID ID 0000-0001-7502-5884

² İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL, TÜRKİYE
ORCID ID 0000-0003-2119-7116

³ Dr. Öğr. Üyesi; İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL, TÜRKİYE
ORCID ID 0000-0002-1461-7357

*:Yazışmalardan sorumlu yazar /Corresponding author; elifilhn34@gmail.com

Geliş Tarihi : 10.03.2020

Kabul Tarihi : 23.07.2020

Öz

Amaç: Bu çalışmada *Spirulina platensis* tozunun ekmekte kullanım potansiyeli araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Ekmek hamuruna değişen oranlarda (%0,1-0,5-1,0-3,0 ağırlıkça) *Spirulina platensis* tozu ilave edilerek elde edilen ekmeklerde çeşitli kimyasal, fizikokimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Bulgular ve Sonuç: Duyusal analiz sonuçlarına göre %0,1 *Spirulina platensis* tozu katkılı ekmeğin kabul edilebilirliği daha yüksek bulunmuştur. *Spirulina platensis* tozu katkılı ekmek örneklerinde protein ve toplam fenolik madde miktarı ilave edilen *Spirulina platensis* tozu miktarı ile orantılı olarak artmıştır. Kontrol örneği ve değişen miktarlarda *Spirulina platensis* tozu katkılı ekmeğin protein miktarları %7,54-9,97 aralığında bulunmuştur. Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının 118,22-167,61 mmol GAE/g aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, ekmek formülasyonlarına değişen oranlarda ilave edilen *Spirulina platensis* tozunun küf gelişimini %29,17-50,52 oranlarında inhibe ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Spirulina platensis*, Ekmek, Antifungal Etki, Toplam Fenolik Madde

Abstract

Objective: In this study, the usage potential of *Spirulina platensis* powder in bread was investigated.

Materials and Methods: Various chemical, physicochemical, sensory and microbiological analyzes were carried out on bread obtained by adding *Spirulina platensis* powder in varying proportions (%0,1-0,5-1,0-3,0 by weight) to the dough.

Result and Conclusion: According to sensory analysis results, bread added 0,1% *Spirulina platensis* powder was found to be more acceptable. The amount of protein and total phenolic substance in bread samples with *Spirulina platensis* powder increased in proportion with the additional amounts of *Spirulina platensis* powder. The protein content of the control sample and breads with changing amounts of *Spirulina platensis* powder ranged from 7,54-9,97%. It has been determined that total phenolic amount of bread samples varies to bread formulations in varying proportions has been found to inhibit mold growth by 29,17-50,52%.

Keywords: *Spirulina platensis*, Bread, Antifungal Effect, Total Phenolic Substance

1.Giriş

Gün geçtikçe tüketicilerin sağlıklı bir yaşam sürmek için besleyici değeri yüksek ve fonksiyonel özellikte olan (zenginleştirilmiş) gıdalara olan talebi artmaktadır. Protein, insanların büyümesi, gelişmesi açısından çok önemlidir. Özellikle gelişmemiş olan ülkelerde protein eksikliği ve yetersiz beslenmeye dayalı çeşitli sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle gıdaların besleyici değerini artıran katkı maddelerinin (özellikle protein içeriği yüksek) kullanılması üzerine çalışmalara ihtiyaç vardır. Ülkemizde ekmek tüketimi kişi başına yıllık 121 kg'dır. Ekmek, karbonhidratça zengin olup protein içeriğinin büyük bir kısmı gluten yapısındadır. Ekmeğin ekonomik olması, doyurucu olması, kolay temin edilebilmesi ve lezzetinin de güzel olmasından dolayı sıklıkla tüketilen bir üründür. Ancak ekmeğin raf ömrünün kısa olması (küflenme ve bayatlama nedeni ile) %4,9 oranında israf edilmesine neden olmaktadır (Anonim 2018).

Ekmek eski çağlardan bu yana insanların çok fazla tükettiği ve temel besin maddelerini içeren bir üründür. Ekmek, buğday ununa; su, tuz ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ilave edilip tekniğine uygun olarak; yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan üründür (Şen 2013). Ekmeğin karbonhidrat içeriğinin diğer bileşenlere göre daha fazla olması, tüketimine

bağlı olarak fazla kilo alımı ve obeziteye neden olabilmektedir. Ekmek hamuru yapısından dolayı çeşitli katkılar (tahıl, bakliyat, bitki ekstraktları vb.) katılarak zenginleştirilebilir özelliktedir (Anonim 2012).

Spirulina platensis yüksek protein içeriği ve vitamin, mineral gibi değerli bileşenleri içeren bir mikroalgdir (Vonshak ve Richmond 1988). *Spirulina*'nın yüksek protein, vitamin, mineral, yağ asitleri içermesi, uygun koşullar sağlandığında her yerde yetişebilen bir alg türü olması ve gıdalarda kullanıma uygun olması gıdalarda katkı maddesi olarak kullanımını uygun kılmaktadır (Duru 2014).

Bu çalışmada, özellikle ülkemizde severek tüketilen ekmek ürününe *Spirulina platensis* tozu ilave edilmesinin ekmeğin bazı özelliklerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu şekilde *Spirulina* tozunun ekmeklerde kullanılması ile ekmeklerin hem besleyici değerinin artırılması hem de bazı fonksiyonel özelliklerinin zenginleştirilmesi düşünülmüştür.

2.Materyal ve Yöntem

Ekmek yapımında *Spirulina platensis* tozu internet ortamında satış yapan bir firmadan temin edilmiştir (Şekil 1). Un, yaş maya ve tuz bölgesel bir marketten temin edilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan *Spirulina platensis* tozu

Ekmeğin üretimi

Ekmeğin formülasyonuna un esasına göre değişen oranlarda ağırlıkça (%0,1, 0,5, 1,0, 3,0) *Spirulina platensis* tozu eklenmiştir. Ekmeğin formülasyonu; un esasına göre %60 su (hacim/ağırlık), %1,5 tuz ve %2 yaş maya şeklinde belirlenmiştir (Yavuz 2019). Tüm bileşenler eklenerek hamur belirlenen kıvama gelene kadar 10 dakika boyunca yoğrulduktan sonra 100'er gram olacak şekilde parçalara ayrılarak hamurlara yuvarlak şekil verilmiştir. Daha sonra 25 dakika süre ile oda sıcaklığında, ön dinlendirme amacıyla üzeri nemli bir bez ile kapatılarak bekletilmiştir. Dinlendirilen hamurlar inkübatörde

30°C'de 50 dakika fermantasyona bırakılmıştır. Fermente edilen hamurlar 220°C'de 20 dakika pişirilmiştir (Gerçekaslan 2012). *Spirulina platensis* tozu ilave edilerek üretilen ekmeğin maliyeti *Spirulina platensis* tozu (%0,1-0,5-1,0-3,0) oranına göre sırasıyla 1,2 - 1,6 - 2,16 ve 4,48 TL, kontrol ekmeğinin maliyeti ise 1 TL'dir.

Protein tayini

Spirulina platensis katkılı ekmek örneklerinin protein içeriği Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Anonim 2005).

Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde miktarı için ekmeğe örneklerine metanol ekstraksiyonu uygulanmıştır. Bu amaçla, örneklerden 3 gram alınarak 25 ml saf metanolle homojenizatörde 3 dakika homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnek +4°C'de 1 gece bekletilmiştir. Bir sonraki gün santrifüjde 10000 rpm de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Üstteki faz pipet ile alınarak ışık geçirmeyen şişelerde -20°C'de muhafaza edilmiştir (Erdoğan 2010).

Ekmeğe örneklerinde gallik asit denklığı (GAE) cinsinden toplam fenolik bileşik miktarı, Folin-Ciocalteu metodu kullanılarak analiz edilmiştir (Çakır ve Gülseren 2017). Gallik asit, referans bileşiği kullanılmıştır. Standart bir grafik hazırlamak için farklı gallik asit konsantrasyonları kullanılmıştır. 1 ml gallik asit çözeltisi veya numunesi 45 ml su ile karıştırılmış ve 1 ml Folin-Ciocalteu reaktifi hemen bu karışıma eklenmiştir. Üç dakika sonra, 3 ml Na₂CO₃ çözeltisi (%3) eklenmiş ve karışım 50 ml'ye tamamlanmıştır. Son karışımlar oda sıcaklığında karıştırılmış ve soğurma değerleri ölçülmüştür (720 nm, UV-1280 spektrofotometre, Shimadzu). Kalibrasyon eğrisine dayanarak, numunelerin gallik asit eşdeğeri (GAE) belirlenmiştir.

Küf sporlarının izolasyonu

Buğday ekmeği belirli bir süre oda sıcaklığında bekletilerek küflendirilmiştir. Ekmeğe örneği yüzeyinde üreyen küflerden yeşil renkte olan bir koloniden PDA (patates dekstrozu agar) besiyerine çizme yöntemi ile ekim yapılarak 25°C'de 4 gün inkübasyona bırakılmıştır. PDA besiyerinde oluşan küf sporları 50 g steril kum kullanılarak hasat edilmiştir. Kum üzerine tutunmuş küf sporları ile birlikte PBS (Fosfat tamponlu tuz) çözeltisine aktararak çalkalandıktan sonra santrifüj ile spor içeren sıvı kısım ayrılmış ve ekim yapılana kadar +4°C'de kapaklı tüp içerisinde muhafaza edilmiştir. PBS çözeltisindeki küf sporları Thoma lamında sayım yapılarak spor sayısı/ml olarak belirlenmiştir.

Spirulina platensis tozunun antifungal etkisinin belirlenmesi

Steril edilerek soğutulmuş PDA (40°C) içerisine *Spirulina platensis* tozu belirlenen konsantrasyonlarda (%0,1-0,5-1,0-3,0) karıştırılmıştır. PDA 9 cm çaplı petri kaplarına (20 ml olacak şekilde) aktarılmıştır. Daha önce ekmeğe izole edilmiş olan küf sporları besiyeri yüzeyine yayma yöntemi ile ekim yapılarak 7 gün 25°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda gelişen koloniler sayılmış ve küf gelişim inhibisyon oranı belirlenmiştir (Özcan ve ark. 2013).

Duyusal analiz

Ekmeğe örneklerinin duyusal analizi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü 4. Sınıf öğrencilerinden rastgele seçilen 10 kişilik panel tarafından iç renk, dış renk, gözenek yapısı, tekstürel özellik, koku, çiğnenebilirlik, lezzet ve genel beğeni açısından değerlendirilmiştir (Topkaya 2017). 1 ile 5 arasında (1-hiç beğenmedim, 2-beğenmedim, 3-normal, 4-beğendim, 5-çok beğendim) olacak şekilde puanlanmış ve elde edilen puanların ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanarak örümcek ağı diyagramında raporlanmıştır (Bernat ve ark. 2015).

İstatistiksel analizler

Analiz için denemeler 3 paralel 3 tekerrür olarak planlanmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için Minitab (Version 17, State College, PA, ABD) paket programı kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutularak ortalama değerler arasındaki farkların istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (p<0,05).

3. Tartışma ve Sonuç

Kontrol ekmeğe ve *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğelerin iç görünümü Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Kontrol ekmeğe ve *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğelerin iç görünümü (a:Kontrol ekmeğe, b:%0,1 SPT katkı ekmeğe, c:%0,5 SPT katkı ekmeğe, d: %1 SPT katkı ekmeğe, e: %3 SPT katkı ekmeğe) SPT: *Spirulina platensis* tozu

Kontrol ekmeğin iç yapısı *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğe göre daha homojen bir yapıdadır. Kontrol ekmeğe ve %0,1-0,5-1,0-3,0 oranlarında

Spirulina platensis tozu katkı ekmeğelerin protein değerleri Çizelge 1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Kontrol grubu ve *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğelerde protein ve toplam fenolik madde miktarı (ekmeğe nem miktarı: %38)

Ekmeğe	Protein miktarı (%)	Toplam fenolik madde (mmol GAE /g)
Kontrol	7,54±0,57c	118,22±5,01b
%0.1 SPT katkı	8,53±0,08b	139,43±11,37ab
%0.5 SPT katkı	8,64±0,09b	152,15±10,77a
%1 SPT katkı	9,18±0,07b	162,76±12,87a
%3 SPT katkı	9,97±0,08a	167,61±16,02a

SPT: *Spirulina platensis* tozu. Aynı sütunda belirtilen farklı harfler anlamlı farklılıkları ifade etmektedir (p<0,05)

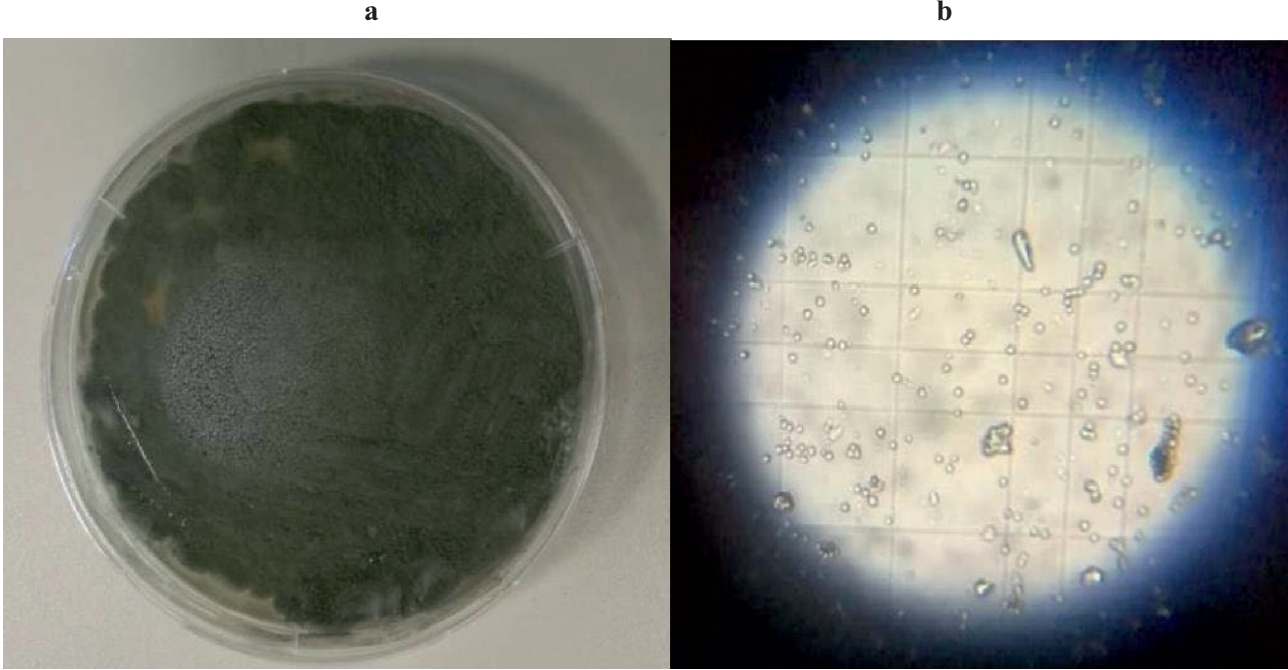
Spirulina platensis tozu %60 oranında protein içermektedir (Güroy 2019). Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ekmeğin protein değerleri arasında eklenen *Spirulina platensis* tozu miktarına göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edilmiştir (Çizelge 1) (p<0,05). Çizelge 1’e göre en fazla protein miktarı %9,97 ile %3 *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğe, en düşük protein miktarı ise %7,54 ile kontrol ekmeğinde bulunmuştur. Bunun nedeninin, *Spirulina* da bulunan yüksek protein içeriği olduğu söylenebilir. Karaağaoğlu ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada kontrol ekmeğelerinde protein miktarı %7,8-9,1 arasında bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ise kontrol ekmeğinde %8,18, %1 *Spirulina* tozu katkı ekmeğe %8,53 ve %3 katkı ekmeğe ise %9,98 oranında protein tespit edilmiştir (Hafsa ve ark. 2014). Gün (2019) çalışmasında *Spirulina platensis* ilaveli fonksiyonel bisküvi ve kraker üretmeyi amaçlamıştır. Bisküviye %2,5 ve %4 oranlarında, krakere ise %2,5 ve %5 oranlarında *Spirulina platensis* tozu ilave edilmiştir. Kontrol örneğinde %5,85 oranında protein, *Spirulina plantesis* ilaveli bisküvide ise %9,18 protein artışı ve kontrol örneği ile arasında %56,92 oranında fark, krakerde ise kontrol örneğinde %11,34, *Spirulina plantesis* ilaveli krakerde %16,27 protein artışı ve kontrol örneği ile arasında %43,47 oranında fark görülmüştür. Kısa (2019) tarafından yapılan çalışmada ise %30 oranında *Spirulina* tozu ilave edilen eriştede protein içeriği %29 olarak bulunmuş ve kontrol örneğine göre %100 oranında artış görülmüştür. Elde edilen bu sonucun *Spirulina* tozunun (%66-70) protein oranının

yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaptığımız çalışmada da literatürde yapılan çalışmalara benzer şekilde ekmeğe formülasyonuna katılan *Spirulina* tozu miktarının artması ile artan protein miktarı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, *Spirulina platensis* katkı ekmeğelerin buğday unundan hazırlanmış ekmeğelere göre protein miktarları daha yüksek olmuştur.

Kontrol ekmeğe ve %0,1- 0,5- 1,0- 3,0 oranlarında *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğelerin toplam fenolik madde miktarı Çizelge 1’de gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ekmeğin toplam fenolik madde miktarı değerleri arasında eklenen *Spirulina platensis* tozu miktarına göre istatistiksel olarak önemli değişimler tespit edilmiştir (Çizelge 1) (p<0,05). Çizelge 1’e göre en az toplam fenolik madde miktarı 118,22 mmol GAE /g olarak kontrol ekmeğe, en fazla toplam fenolik madde miktarı 167,61 mmol GAE /g olarak %3 *Spirulina platensis* tozu katkı ekmeğe bulunmuştur. Aydemir (2019) tarafından yapılan çalışmada *Spirulina platensis* ile hazırlanan yoğurtların kontrol grubu yoğurtlara göre toplam fenolik madde miktarı daha yüksek bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ise kontrol ve 5, 10, 20 g *Spirulina*/100 g un oranlarında *Spirulina* ilave edilmiş makarna formülasyonundaki toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 0,24, 0,55, 0,76, 1,05 mmol GAE /g olarak bulunmuştur. Makarna formülasyonuna ilave edilen *Spirulina* miktarının artması ile toplam fenolik bileşik madde miktarında arttığını belirtmişlerdir (Marco ve ark. 2014). Yaptığımız çalışmada da ekmeğe

formülasyonuna katılan *Spirulina platensis* tozu miktarı arttıkça *Spirulina platensis* tozu içerisinde bulunan fenolik bileşiklerden kaynaklı ekmekteki toplam fenolik madde miktarı da artmıştır.

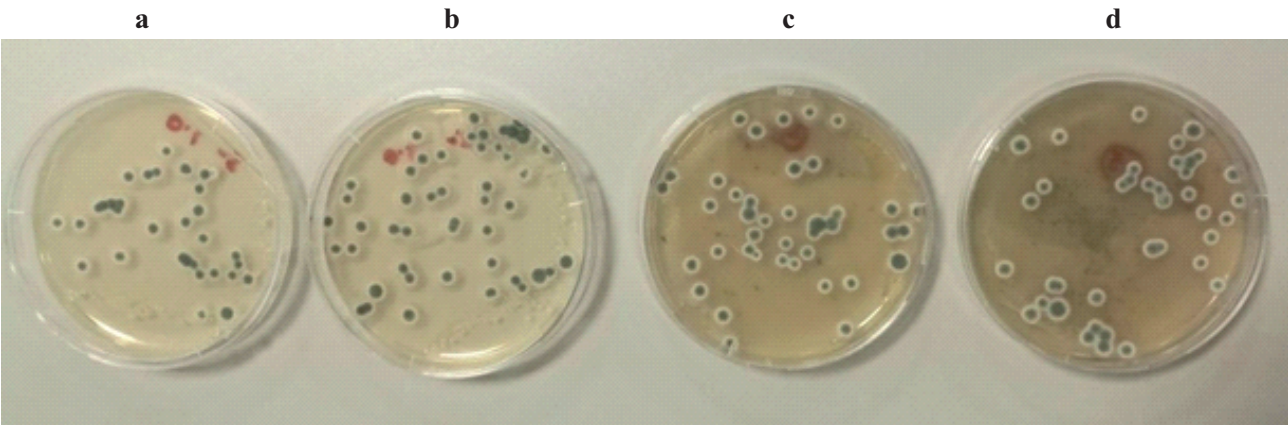
Tam buğday unlu ekmekten izole edilen küf türünün PDA besiyerinde görünümü ve sporlarının ışık mikroskopundaki görüntüsü Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. Tam buğday unlu ekmekten izole edilen küf türünün görüntüsü (a: PDA (patates dekstroz agar) besiyerindeki görünümü, b: İzole küf sporlarının ışık mikroskopundaki görünümü)

Thoma lamında yapılan sayım sonucunda tam buğday unlu ekmekteki küf sporu sayısı $6,4 \times 10^7$ kob/ml olarak bulunmuştur (Şekil 3-b). 10^{-5} oranında seyreltilmiş izole küf türünün spor sayıları %0,1 *Spirulina* tozu katkılı PDA besiyerinde $1,8 \times 10^7$

kob/ml, %0,5 *Spirulina* tozu katkılı PDA besiyerinde $2,5 \times 10^7$ kob/ml, %1,0 *Spirulina* tozu katkılı PDA besiyerinde $2,7 \times 10^7$ kob/ml ve %3,0 *Spirulina* tozu katkılı PDA besiyerlerinde $3,2 \times 10^7$ kob/ml olarak bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. 10^{-5} oranında seyreltilmiş izole küf sporlarının *Spirulina platensis* katkılı PDA (patates dekstroz agar) besiyerlerindeki görüntüsü (a:%0,1 SPT katkılı PDA besiyeri, b:%0,5 SPT katkılı PDA besiyeri, c: %1 SPT katkılı PDA besiyeri, d: %3 SPT katkılı PDA besiyeri)

SPT: *Spirulina platensis* tozu

Küf gelişimi inhibisyon oranları Çizelge 2'de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda *Spirulina platensis* tozu katkılı PDA besiyerlerinde izole küf türünün gelişim inhibisyon oranları arasında istatistiki olarak önemli değişimler

tespit edilmiştir (Çizelge 2) ($p < 0,05$). *Spirulina platensis* tozunun fikosiyanın verimi 575,12 mg/g iken fikosiyanın konsantrasyonu 2,35 mg/mL'dir (Güroy 2019). *Spirulina platensis* fenolik asitlerinin aktivitesi kimyasal yapıları ile ilgilidir; *Spirulina*

fenolik bileşiklerinin yapısal özelliklerine dayanarak, yaprak ekstraktları antifungal kapasiteler gösterebilir (Pagnussatt ve ark. 2014). Kontrol PDA besiyerindeki küf sporları sayısı ile farklı oranlarda *Spirulina platensis* tozu ilaveli PDA besiyerlerindeki küf sporları sayısı oranlanarak küf gelişim inhibisyon oranları bulunmuştur. %0,1 *Spirulina platensis* tozu katkılı PDA besiyerinde %29,17, %0,5 *Spirulina platensis* tozu katkılı PDA besiyerinde %40,11, %1,0 *Spirulina platensis* tozu katkılı PDA besiyerinde %42,19 ve %3,0 *Spirulina platensis* tozu katkılı PDA besiyerinde %50,52 oranında küf gelişimini inhibe ettiği bulunmuştur (Çizelge 2).

Spirulina'daki fenolik bileşiklerin antifungal etkisinin araştırıldığı bir çalışmada küf inhibisyonu üzerinde etkili olan kalsiyum propionatdan *Spirulina*'daki fenolik bileşiklerin etkinliğinin 1,5 kat daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. *Spirulina platensis*'in içerdiği fenolik bileşiklerin, küf gelişimini %20,2 oranında inhibe ettiğini belirtmişlerdir (Christ-Ribeiro ve ark. 2019).

Ekmeklere eklenen mikroalg sayesinde ekmeğin su tutma kapasitesinin artmasıyla raf ömrünün uzadığı görülmüştür (Danesi ve ark. 2010).

Ak ve ark. (2016) tarafından *Spirulina* ilave edilerek zenginleştirilen ekmeğin besinsel ve fizikokimyasal niteliklerini araştırdıkları çalışma sonucunda, oda koşullarında depolanan *Spirulina* tozu katkılı ekmekte küf gelişimi olmamasına rağmen, kontrol grubundaki toplam küf sayımı $2,74 \pm 0,06 \log \text{ kob} / \text{g}$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç ise Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde tanımlanan ekmeğin için $1,0 \times 10^2 \log \text{ kob} / \text{g}$ sınırından daha fazladır (Anonim 2011). %10 *Spirulina* ilavesinin ekmeğin raf ömrünü olumsuz olarak etkilemeden beslenme kalitesini artırabileceğini belirlemişlerdir. *Spirulina* ilavesinin oda koşullarında saklanan ekmeğin küf gelişiminin engellenmesi üzerinde olumlu etkileri

olduğunu tespit etmişlerdir. Ekmeğe katılan *Spirulina platensis* tozu oranının artması ile küf gelişimi inhibisyon oranının arttığı tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise *Spirulina* tozu ilave edilmesi fonksiyonel ekmeklerin, ekmeğin kalite özelliklerini iyileştirmesi ve uzun süre depolanması amaçlanmıştır. Toplam bileşen miktarına üç farklı *Spirulina* tozu (%0,4- 0,8- 1,2) ilave edilmiş ve %0,4, %0,8 ve %1,2 *Spirulina* tozu ilave edilen ekmekler, sırasıyla 1 gün, 5 gün ve 7 gün süreyle saklandığını belirtmişlerdir (Ji-Yeon ve ark. 2011). Çalışmada ilave edilen *Spirulina* miktarı arttıkça raf ömrünün de arttığı görülmektedir. *Spirulina*'nın antifungal özellik gösterdiği yaptığımız çalışmada da görülmektedir. Zlateva ve Chochkov (2019) tarafından yapılan çalışmada *Spirulina platensis* içerdiği hidrokolloidlerin unlu mamüllerin depolanması sırasında nem kaybını azaltarak ekmeğin raf ömrünü uzattığı, hamur özelliklerini ve ekmeğin kıvrımının dokusunu iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Una ağırlıkça %2 ve %4 miktarında *Spirulina platensis*'in ilave edilmesinin, ekmeğin kıvrımının plastik özelliklerinde iyileşme olduğunu ve kontrol örneğinden daha uzun süre raf ömrüne sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da literatürde yapılan çalışmalara benzer şekilde ekmeğe ilave edilen *Spirulina platensis*'in içerdiği fikosiyaninlerden dolayı izole edilen küf türünün gelişimini belli oranlarda inhibe ettiği görülmektedir. *Spirulina platensis* tozu ilave edilen ekmeklerin fark edilebilirliğini ve kabul edilebilirliğini belirlemek için yapılan duyu analizi sonuçları panelistlerin duyu değerlendirme formunda tanımlanan iç ve dış renk, gözenek yapısı, tekstürel özellik, koku, çiğnenebilirlik, lezzet özellikleri ve genel beğeni gibi kelimelerin bulunduğu cetvelde verdikleri cevapların istatistiksel değerlendirmeleri sonucu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kontrol grubu ve *Spirulina platensis* tozu katkılı ekmeklerin duyu analiz sonuçları ortalaması ve standart sapması

	Kontrol	SPT 0,1%	SPT 0,5%	SPT 1%	SPT 3%
İç Renk	4,9±0,3a	4,3±0,9ab	3,5±1,1bc	3,4±1,1bc	2,4±1,3c
Dış Renk	4,7±0,7a	4,4±1,0a	3,8±1,4a	3,3±1,4ab	2,3±1,2b
Gözenek Yapısı	4,2±0,8a	4,3±0,7a	4,3±0,7a	3,6±0,5ab	2,8±1,2b
Tekstürel Özellik	4,3±0,5a	3,9±0,6ab	3,7±0,5ab	3,1±0,7b	3,0±1,2b
Koku	4,5±0,7a	4,1±0,9a	3,7±0,8ab	3,4±1,1ab	2,8±1,2b
Çiğnenebilirlik	4,6±1,0a	4,2±0,8ab	4,4±0,5abc	3,4±1,0bc	3,2±0,9c
Lezzet	4,6±0,5a	4,2±1,0a	3,9±1,4ab	3,3±1,2ab	2,8±0,9b
Genel Beğeni	4,5±0,5a	4,2±0,9ab	3,8±0,9ab	3,2±0,9bc	2,7±0,9c

SPT: *Spirulina platensis* tozu. Aynı satırda belirtilen farklı harfler anlamlı farklılıkları ifade etmektedir (p<0,05)

Çizelge 3’de görüldüğü üzere ekmek örneklerinin duyuşal özelliklerine ait sonuçları incelediğinde farklı miktarlarda *Spirulina platensis* tozu içeren ekmeklerin duyuşal özelliklerinde istatistiki olarak önemli değişimler olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Duyusal analiz sonuçlarına göre ekmek formülasyonuna katılacak kabul edilebilir *Spirulina platensis* tozu oranı %0,1-0,5 olarak belirlenmiştir. Ji-Yeon ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada duyuşal analiz sonuçların göre kontrol ve *Spirulina* tozu katkılı ekmekler (%0,4- 0,8- 1,2) arasından %0,8 *Spirulina* tozu ilave edilen ekmeğın daha çok tercih edildiği görülmüştür. Yaptığımız çalışmada kabul edilebilir *Spirulina platensis* tozu oranının daha düşük bulunması duyuşal analizlerin öğrenciler üzerinde yapılması ve toplumların yemek kültürlerinin farklı olmasından kaynaklı olabileceği düşünölmektedir. Yaptığımız çalışmada uygulanan fermantasyon süresi ve sıcaklığı, Ak ve ark. (2016) tarafından ekmek üretiminde uygulananadan farklıdır. Dolayısıyla ekmeklerde fermantasyon sürecinde alkolömsü koku meydana gelmiştir. *Spirulina platensis* katkılı ekmeklerde oluşan kokudan dolayı da %0,1 katkılı ekmek panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada *Spirulina platensis* tozu katkılı ekmeklerde fizikokimyasal, duyuşal analizler yapılmış ve raf ömrünü belirlemek için antifungal etki incelenmiştir. Ekmek formülasyonuna protein ve fenolik miktarı yüksek olan *Spirulina platensis* tozu ilave edilerek fonksiyonel bir ürün hale getirilmesi

hedeflenmiştir. Duyusal analiz sonucuna göre ekmeğe ilave edilecek kabul edilebilir *Spirulina platensis* tozu oranının belirlenmesi için daha fazla kiři ile duyuşal analiz yapılması gerekmektedir. *Spirulina platensis* tozunun ilave edileceğe ürüne ve ürünün tüketileceği topluma göre kabul edilebilir oranın deęišeceęi düşünölmektedir. *Spirulina platensis* tozu katkılı ekmeklerde protein ve toplam fenolik madde miktarı ilave edilen *Spirulina platensis* tozu miktarı ile orantılı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Ekmek formülasyonuna eklenen *Spirulina platensis* tozunun ekmekteki fungal gelişimi zayıflatması üzerinde olumlu bir etkisi olmuştur. Bu sonuca göre ekmeğın raf ömrü üzerinde olumlu bir etki görölmese beklenmektedir. *Spirulina platensis* tozunun ekmeklerde kullanımı ile ölkemizde yetiştiriciliği artacak ve ekonomik açıdan yeni bir kaynak oluşturabilecektir. *Spirulina platensis* içerdiği yüksek protein içeriği ile veganlar için alternatif bir protein kaynağı olacağı düşünölmektedir. Biyolojik değeri yüksek bileşenlerce zengin olan *Spirulina platensis* tozunun ölkemizde önemli miktarlarda tüketilen ekmeğe ilave edilmesiyle hem sağlığı olumlu yönde destekleyeceği hem de ekonomiye katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

4. Teşekkür

Çalışma kapsamında yapılan analizlerde yapmış oldukları yardımlardan dolayı Arş. Gör. Hatice Ebrar KIRTIL ve Arş. Gör. Muhammed ÖZGÖLET’e teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

Ak, B., Avşaroğlu, E., Işık, O., Özyurt, G., Kafkas, E., Etyemez, M. and Uslu, L., 2016. Nutritional and Physicochemical Characteristics of Bread Enriched with Microalgae *Spirulina platensis*. Research Article, 6(12): 30-38.

Anonim, 2005. AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18 ed. VCH Publishers, Inc., pp: 309. Gaithersburg, Maryland, USA, A.O.A.C International.

Anonim, 2011. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği (Yönetmelik No: 2011/28157), <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm> (Görüntülenme tarihi: 10.05.2020).

Anonim, 2012. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği, (Tebliğ No: 2012/2), <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/01/20120104-6.htm> (Görüntülenme tarihi: 10.06.2019).

Anonim, 2018. Toprak Mahsulleri Ofisi. Ekmek İsrافی ve Tüketici Alışkanlıkları, 14 s. http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/ekmek/tmo_brosuryeni2.pdf (Görüntülenme Tarihi:tgk10.06.2019).

Aydemir, S., 2019. *Spirulina platensis* Katılarak Üretilmiş Yoğurtların Özellikleri. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanından Elde Edildi. (Tez no: 546355).

Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A. and González-Martínez, C., 2015. Probiotic Fermented Almond “Milk” as an Alternative to Cow-Milk Yoghurt. International Journal of Food Studies, 4(2).

Christ-Ribeiro, A., Graça, S.C., Kupski, L., Badiale-Furlong, E. and Souza-Soares de, A.L., 2019. Cytotoxicity, Antifungal and Anti Mycotoxins Effects of Phenolic Compounds from Fermented Rice Bran and *Spirulina sp.* Process Biochemistry, 80: 190-196.

Çakır, B. and Gülseren, İ., 2017. Dissolution Kinetics of Polyphenol Bearing Calcium Pectate Hydrogels in Simulated Gastric or Intestinal Media and their Anti-Carcinogenic Capacities. *Food Hydrocolloids*, 70: 69-75.

Danesi, E.D.G., Navacchi, M.F.P., Katiuchia, K.P., Takeuchi, P., Frata, M.T. and Carvalho, J.C.M., 2010. Application of *Spirulina platensis* in Protein Enrichment of Manioc Based Bakery Products. *Journal of Biotechnology*. 150: 311.

Duru, M.D., 2014. Farklı Miktarlarda Yeme İlave Edilen *Spirulina platensis*'in Japon balığı'nın (*Carassius auratus*) renklenmesi ve Büyüme Performansı Üzerine Etkileri (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından elde edildi. (Tez no: 374400).

Erdoğan, S.S., 2010. Elma Posası Tozunun Antioksidan Aktivitesi ile Fenolik Bileşenlerinin Belirlenerek Ekmek Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 57-58.

Gerçekaslan, E.K., 2012. Vakfıkebir Ekmek Hamurundan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu-İdentifikasyonu ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilirlik İmkânları. (Yayımlanmamış Doktora Tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından elde edildi. (Tez no: 301732).

Gün, D., 2019. *Spirulina platensis* İlavesi ile Fonksiyonel Bisküvi ve Kraker Geliştirilmesi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından elde edildi. (Tez no: 596047).

Güroy, B., 2019. Determination of the Phycocyanin, Protein Content and Sensory Properties of Muffins Containing *Spirulina* Powder or Fresh *Spirulina*. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (23), 10-18.

Hafsa, Y.A., Amel, D., Saima, S. and Sidahmed, S., 2014. Evaluation of Nutritional and Sensory Properties of Bread Enriched with *Spirulina*. *Annals. Food Science and Technology*, Vol: 15, Issue 2.

Ji-Yeon, L., Sun-Hee, K., Mee-Ree, K., Ji-Yeon, L., Sun-Hee, K. And Mi-Ri, K., 2011. Changes in the Quality Characteristics and Antioxidant Activities of *Spirulina* Added Bread During Storage. *The Korean Society of Food Preservation*, 18: 111-118.

Karağaoğlu, N., Karabudak, E., Yavuz, S., Yüksek, O., Dinçer, D., Tosunbayraktar, G. ve Eren, F.H., 2008. Çeşitli Ekmeklerin Protein, Yağ, Nem, Kül, Karbonhidrat ve Enerji Değerleri. *Gıda/The Journal of Food*, 33(1): 19-25.

Kısa, H., 2019. Erişte Üretiminde Farklı Un Katkılarının (Balık Unu, Çekirge Unu, Un Kurdu Unu ve *Spirulina* Tozu) Kullanım İmkânlarının Araştırılması. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından elde edildi. (Tez no: 564817).

Marco, R.E., Steffolani, E.M., Martínez, S.C. and León, E. A., 2014. Effects of *Spirulina* Biomass on the Technological and Nutritional Quality of Bread Wheat Pasta. *Food Science and Technology*, 58: 102-108.

Özcan, S., Yılar, M., Bergüzar, S. ve Önen, H., 2013. *Teucrium polium* L. Uçucu Yağının Herbisidal ve Antifungal Etkileri ile Kimyasal İçeriğinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 5: 94-103.

Pagnussatt, A.F., Ponte, M.E., Garda-Buffon, J. and Badiale-Furlong, E., 2014. Inhibition of *Fusarium graminearum* Growth and Mycotoxin Production by Phenolic Extract from *Spirulina sp.* *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 108: 21-26.

Şen, H., 2013. Bazı Doğal Bitkisel Katkıların Ekmek Hamurunun Reolojik Özellikleri ile Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanından Elde Edildi. (Tez No: 341609).

Topkaya, C., 2017. Nar Kabuğu Tozu İlavesinin Keklerin Besinsel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanından Elde Edildi. (Tez No: 474189).

Vonshak, A. and Richmond, A., 1988. Mass Production of the Blue-green Alga *Spirulina*: An overview. *Biomass* 15(4): 233-247.

Yavuz, Z., 2019. Ekmeklik Unlara Diyet Lif Kaynağı Olarak İğde Tozu İlavesinin Hamur ve Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) YÖK Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanından Elde Edildi. (Tez No: 596854).

Zlateva, D. and Chochkov, R., 2019. Effect of *Spirulina platensis* on the Crumb Firming of Wheat Bread During Storage. *Ukrainian Food Journal*, Vol: 8, Issue 4.