



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (3):345-355  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1414830>

Hatice SİÇRAMAZ<sup>1\*</sup>

Gülşah KARABULUT<sup>1</sup>

Semanur YILDIZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,  
54050, Serdivan, Sakarya, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[haticesicramaz@sakarya.edu.tr](mailto:haticesicramaz@sakarya.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** *Chlorella vulgaris*,  
erişte, kalite özellikleri, mikroalg,  
zenginleştirme

**Keywords:** *Chlorella vulgaris*, erişte,  
quality properties, microalgae, fortification

# *Chlorella vulgaris* mikroalg ilavesiyle zenginleştirilmiş erişte üretimi

Production of erişte enriched with the addition of  
*Chlorella vulgaris* microalgae

Received (Alınış): 05.01.2024

Accepted (Kabul Tarihi): 01.06.2024

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma *Chlorella vulgaris* ilaveli erişte formülasyonu geliştirmeyi ve mikroalg ilavesinin eriştenin besinsel, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

**Materyal ve Yöntem:** Erişteye mikroalg ilavesinin kalite ve besinsel özelliklere etkisinin incelenmesi için, sade erişteye *C. vulgaris* mikroalgi %0.5 ve %2 konsantrasyonlarında eklenmiştir. Eriştenin besinsel bileşenleri (protein ve biyoaktif bileşik içeriği), pişirme özellikleri, sertliği ve duyuşal özellikleri analiz edilmiştir. Pişirme özellikleri belirlenirken, makarna için önerilen uluslararası yöntemler uygulanmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Sade eriştede (kontrol grubu), %0.38 antioksidan aktivite ve 3.1 mg GAE/100 g kuru ağırlık fenolik içeriği belirlenmiştir. *C. vulgaris* eklenerek hazırlanan %0.5 ve %2 konsantrasyonlarındaki erişte örneklerinde ise antioksidan aktivite sırasıyla %12 ve %60 oranında artmış ve toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 64.0 ve 76.3 mg GAE/100 g kuru ağırlık olarak saptanmıştır. Mikroalg ilavesiyle pişirme kayıplarında artış görülürken, ağırlık ve hacim parametrelerinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bununla birlikte, sade eriştenin protein içeriği, %2 mikroalg takviyesiyle %13 oranında artış göstermiştir. Eriştenin sertliği de mikroalg ilavesiyle artmıştır.

**Sonuç:** Bu çalışma, *C. vulgaris*'in eklenmesinin sadece sade eriştenin kalitesini korumakla kalmayıp aynı zamanda biyoaktif bileşiklerle zenginleştirdiğini göstermektedir. Gelecek çalışmalar mikrobiyolojik ve toksikolojik incelemeleri içermeli ve ticarileştirilmesi için potansiyel kullanım alanları göz önünde bulundurulmalıdır.

## ABSTRACT

**Objective:** This study aims to develop *Chlorella vulgaris* added erişte formulation and examine the effects of microalgae addition on the nutritional, physicochemical, and sensory properties of erişte.

**Material and Methods:** To examine the effect of microalgae addition on the quality and nutritional properties of erişte, *C. vulgaris* microalgae were added to plain product at concentrations of 0.5% and 2%. The nutritional components (protein and bioactive compound content), cooking properties, hardness, and sensory characteristics of the erişte were analyzed. International methods recommended for pasta were used to determine cooking properties.

**Results:** In the control group (plain erişte), 0.38% antioxidant activity and 3.1 mg GAE/100 g dry weight of phenolic content were determined. In erişte samples prepared by adding *C. vulgaris* at concentrations of 0.5% and 2%, antioxidant activity increased by 12% and 60% respectively; and the total phenolic content was determined as 64.0 and 76.3 mg GAE/100 g dry weight respectively. The addition of microalgae has caused an increase in cooking losses, but there has been no significant change in weight and volume parameters. The protein content of plain erişte has increased by 13% with the addition of 2% microalgae. The hardness of the erişte has also increased with the addition of microalgae.

**Conclusion:** This study demonstrates that the addition of *C. vulgaris* not only preserves the quality of plain erişte but also enriches it with bioactive compounds. Future studies should include microbiological and toxicological examinations and consider potential areas of use for commercialization.

## GİRİŞ

Erişte, bileşenleri ve üretim tekniğindeki benzerlikleri nedeniyle "Türk tipi noodle" olarak adlandırılan bir tahıl ürünüdür (Yılmaz Tuncel et al., 2017). Erişte hamuru; buğday unu, su ve tuz karışımıyla hazırlanmakta; bazı yörelerde ise formülasyona yumurta da eklenmektedir. Hazırlanan hamur, inceltildikten sonra uzun şeritler halinde kesilmekte ve akabinde istenilen uzunluğa küçültülerek kurutulmaktadır (Bilgiçli et al., 2011). Türkiye'de yaygın olarak üretilen bir ürün olmasına rağmen, Türk Gıda Kodeksi'nde "erişte" adıyla özel bir tanımı bulunmamaktadır. Ancak 2022 yılında, "Erzurum erişteleri" coğrafi işaretleme statüsü kazanmıştır (ETB, 2022). Coğrafi işaretleme un türü belirtilmediği sürece erişte hem *Triticum durum* hem de *Triticum aestivum* buğdaylarından üretilmektedir.

Tüketicilerin sağlıklı beslenmeye olan ilgisi, zenginleştirilmiş vegan ürünlere olan talebi artırmış ve bu doğrultuda ürün yelpazesini çeşitlendirme yönünde araştırmalar yoğunlaşmıştır. Literatürde, lif ve protein açısından zenginleştirilmiş eriştelere üzerine çeşitli çalışmalar bulunmakta olup (Yılmaz Tuncel et al., 2017; Göksel Saraç, 2021) farklı amaçlar için yulaf, mercimek, karabuğday ve siyez buğdayı gibi un kaynaklarıyla zenginleştirilen erişte çeşitleri geliştirilmiştir (Bilgiçli et al., 2011; Levent, 2019). Günümüzde üretilen gıda ürünlerinin sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesinin ötesinde, sürdürülebilir yaşam biçimlerine olan katkılarının araştırılması da büyük bir önem arz etmektedir. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak, alternatif ve sürdürülebilir besin kaynaklarına yönelik arayış her geçen gün artmaktadır. Bu alternatif kaynakların gıda üretim sistemlerine entegre edilmesi ve yeni ürün geliştirme çalışmalarının yürütülmesi son derece kritik bir öneme sahiptir. Sürdürülebilir ürünler, azaltılmış karbon ayak izi ve enerji verimliliği gibi özelliklerle daha düşük çevresel etkilere sahiptirler. Bu kapsamda, sürdürülebilir besin kaynaklarından biri olarak dikkat çeken mikroalglerin farklı ürün formülasyonlarında kullanımları farklı diyet taleplerini karşılama ve çevre-dostu gıda üretim stratejileri geliştirme açısından önem arz etmektedir.

Mikroalgler, milyonlarca yıl boyunca dünya okyanuslarında evrimleşen ve fotosentez yoluyla enerji üreten mikroskobik bitkisel organizmalardır. Geçmişten günümüze çeşitli alanlardaki araştırmalara konu olan alglerin özellikle çevresel sürdürülebilirlik, biyoyakıt üretimi ve su arıtma gibi amaçlarla kullanım potansiyeli keşfedilmiştir üzerine birçok çalışma yürütülmüştür (Brennan & Owende, 2010). Bu bağlamda, mikroalgler, gıda bilimi ve teknolojisi alanında da büyük ilgi görmekte olup farklı açılardan besleyici bir hazine olarak kabul edilmekte ve insan tüketimi için potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.

Besinsel açıdan, mikroalgler yüksek düzeyde protein, omega-3 yağ asitleri, vitaminler ve mineraller içermektedirler. Özellikle vegan ve vejetaryen beslenme tarzını benimseyenler için değerli bir bitkisel protein kaynağı olarak öne çıkmaktadırlar. Bu özellikleri sayesinde, mikroalgler dengeli ve sağlıklı bir beslenme için önemli bir rol oynamaktadırlar (Zhou et al., 2022). Ayrıca, mikroalglerin antioksidan özellikleri ve bağıışıklık sistemini destekleyici etkileri bilimsel araştırmalarla da doğrulanmış olup bu özellikleri sayesinde vücudu zararlı serbest radikallere karşı koruma ve bağıışıklık sistemini güçlendirme potansiyeli taşımaktadırlar (Moura et al., 2022). Mikroalglerin kullanımı yalnızca gıda takviyeleri ile sınırlı değildir; aynı zamanda gıdaların besin içeriğini zenginleştirmek amacıyla da çalışmalar yürütülmektedir (Spolaore et al., 2006). Mikroalg yardımıyla yetiştirilen salata ve marulun, besin değerlerinin arttığı da belirlenmiştir (Acun & Bozokalfa, 2020). Mikroalglerin, makarna, atıştırmalık gıdalar, şekerleme ve sakızlar, içecekler gibi çeşitli gıda ürünlerine eklenerek besin değerinin artırılması, böylece daha sağlıklı ürünlerin üretilmesi güncel bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır (Bhatnagar et al., 2024).

Mikroalglerin besinsel bileşimi, türlerine ve yetiştirme tekniklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Zenginleştirilmek istenen özelliğe göre, uygun mikroalg türü belirlenmektedir. Bazı mikroalgler proteince daha zenginken, bazılarının esansiyel yağ içeriği yüksek olmaktadır (Patel et al., 2022). Özellikle *Chlorella vulgaris* (*C. vulgaris*) gibi mikroalgler, yüksek protein içeriğiyle (%45-60) dikkat çekmektedirler. Ayrıca, hücre duvarlarının lifçe zengin oluşu ve içerdikleri esansiyel yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve antioksidan özellikteki biyoaktif bileşenler nedeniyle, fonksiyonel ürünler için iyi bir hammadde kaynağı olarak kabul edilmektedirler (Tokuşoglu & Unal, 2003; Uzuner & Haznedar, 2020). Artan nüfus oranları ve yeni hastalıkların ortaya çıkması nedeniyle, toplumun genel beslenme ihtiyaçları

sürekli olarak artmakta olup mikroalgler bu ihtiyaçları karşılamak için sürdürülebilir bir alternatif olarak kullanılabilirler. Mikroalgler ile fonksiyonel gıdaların üretimi alanında çalışmaların artması ise, mikroalg üretim kapasitelerinin artırılmasına yön verebilecektir (Udayan et al., 2021). Geleneksel ürünlere alternatif oluşturması açısından farklı besin kaynaklarıyla yeni gıda formülasyonlarının geliştirilmesi ve zenginleştirilmesi için bilimsel çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu kapsamda literatüre katkı sunması amaçlanan bu çalışmanın amacı, *C. vulgaris* mikroalginin erişte üretim formülasyonunda kullanılması potansiyelinin değerlendirilmesi ve ürünlerdeki kalite özellikleri üzerine olan etkisinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda, *C. vulgaris* eklenmiş erişte üretimi yapılmış ve ürünün fizikokimyasal, tekstürel, duyu ve biyoaktif bileşenler açısından özellikleri incelenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyalin Temini ve Erişte Üretimi

Kontrol grubu (K) olarak üretilen erişte için tek bir parti üretiminde 250 g Söke sarı un (%13.3 protein, %66.2 karbonhidrat, %1.3 yağ) ve 2.5 g sofr tuzu kullanılmıştır. 150 g içme suyu yavaşça eklenerek karışım, bir hamur yoğurma makinesi (Kitchenaid, USA) kullanılarak 1. devirde 10 dakika boyunca yoğurulmuştur. Oluşturulan hamur, makinede açıldıktan sonra erişte kesme aparatı kullanılarak homojen bir şekilde, 3.0 x 0.4 x 0.4 cm boyutlarında kesilmiştir. Kesilen erişte parçaları, bir etüvde 60°C sıcaklıkta 1 gece boyunca kurumaya bırakılmıştır.

*C. vulgaris* ile zenginleştirilmiş erişte üretimi için, toz formda %6.5 yağ, %58.3 protein ve %6.2 nem içeriğine sahip *C. vulgaris* mikroalg kullanılmıştır. Erişte formülasyonundaki un miktarı azaltılarak, eksilen miktar kadar toz formda mikroalg eklenmiştir. Literatürde mikroalg ilaveli makarna örnekleri baz alınarak erişte hamurunda mikroalg ağırlıkça %0.5 ve %2 olacak şekilde iki farklı oranda kullanılmıştır (Oliveira et al., 2023; Ribeiro et al., 2022; El-Baz et al., 2017). %0.5 mikroalg içeren erişte "E05" olarak, %2 mikroalg içeren erişte ise "E2" olarak kodlanmıştır. Ürünlerin üretim akış şemaları Şekil 1'de gösterilmiştir. Üretimler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Erişte örneklerinin üretim akış şeması.

Figure 1. Production flowchart of erişte samples.

## Genel Bileşim Analizleri

Örneklerin nem, protein (N x 5.70) ve kül analizleri sırasıyla AACC 44-01, 46-12 ve 08-01 referans yöntemlerine göre yapılmıştır (AACC, 2000).

## Pişme Testleri

Pişme testleri, AACC 66-50 (2000)'de tanımlanan yöntemlerden yararlanılarak aşağıdaki analizler ile gerçekleştirilmiştir:

### Pişme süresi

Erişte pişirme deneyinde, 1:10 (a: a, erişte: su) oranında kaynar suya eklenerek pişirilmiştir. Pişirme süreci sırasında, ilk 10 dakikanın sonunda her 2.5 dakikada bir, iki cam levha arasında sıkıştırılarak, mat görüntünün varlığı gözlenmiştir. Ürünün tamamı şeffaflaşınca kadar pişirmeye devam edilmiştir. Ürünün kaynar suya atıldığı andan sonra tamamen şeffaf görüntüsünün ilk olarak elde edildiği süre, pişme süresi olarak belirlenmiştir. Pişme süresi belirlendikten sonra, diğer pişirme testleri bu süre referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu testler arasında pişirme suyuna geçen madde miktarının belirlenmesi, su absorpsiyonu ve hacim artışı gibi özellikler değerlendirilmiştir.

### Pişirme suyuna geçen madde miktarı

Pişirme suyuna geçen nişasta, suda çözünen protein ve diğer bileşiklerin toplam miktarının düşük olması, makarna benzeri gıdalarda bir kalite göstergesidir. Analiz için 250 mL kaynamış suya 25 g erişte eklenerek pişirme süreci başlatılmıştır. Önceden belirlenen pişme süresi sonunda, elde edilen eriştelere 90 mL saf soğuk suyla yıkanarak süzgeçten geçirilmiştir. Süzme işlemi sonucunda elde edilen tüm süzüntü iyice karıştırılmış ve daha sonra etüvde 150°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında elde edilen madde miktarı, başlangıçtaki kuru erişte ağırlığına oranlanarak suya geçen madde miktarı yüzdesi olarak belirlenmiştir.

### Su absorpsiyonu

Pişirme sonrası elde edilen süzölmüş eriştenin ağırlığı ( $G_2$ ) ile başlangıçta tartılan kuru eriştenin ağırlığından ( $G_1$ ) yararlanılarak [1] numaralı eşitlik yardımıyla su absorpsiyon oranı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Su absorpsiyon oranı} = 100 \times (G_2 - G_1) / G_1 \quad [1]$$

### Hacim artışı

Pişirme suyuna geçen madde miktarı analizindeki yöntemle pişirilen makarnanın pişme öncesi hacmi ( $V_1$ ) ile pişme sonrası hacminin ( $V_2$ ) farkı ölçülü silindir yardımıyla belirlenmiştir. Hacim artışı Eşitlik [2]'ye göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Hacim artışı} = 100 \times (V_2 - V_1) / V_1 \quad [2]$$

### Renk Tayini

Pişme testlerinde uygulanan yöntemle pişirilen erişte örneklerinin renkleri, Lovibond RT300 tintometre (İngiltere) yardımıyla  $L^*$  (parlaklık (luminance), 0 (siyah), 100 (beyaz)),  $a^*$  (yeşil (-), kırmızı (+)),  $b^*$  (mavi (-), sarı (+)) cinsinden analiz edilmiştir. Ölçümler en az 6 tekrarlı olacak şekilde yapılmış olup örneklerin mikroalg içermeyen kontrol ürününe (sade erişteye) göre renk farklılıkları  $\Delta E^*$  cinsinden Eşitlik [3] ile hesaplanmıştır.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2} \quad [3]$$

Burada,  $\Delta E^*$ , Lab\* renk uzayında yer alan iki renk arasındaki uzaklığı;  $L_1^*$ ,  $a_1^*$  ve  $b_1^*$  örneğe ait parametreleri;  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  ve  $b_0^*$  kontrole ait parametreleri ifade etmektedir.

### Sertlik Analizi

Sertlik analizi, pişirme testlerinde belirtilen yöntemle pişirilmiş örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Brookfield CT3 (ABD) cihazı kullanılmış olup, bu cihaz 4.5 kg yük hücreli bir yapıya sahiptir. Kullanılan parametreler şu şekildedir: Tetikleyici kuvvet: 1.0 g; Uzaklık: 3.0 mm; Baskı testi prob hızı: 1 mm/s; Prob tipi: 12.7 mm çapında silindirik TA5 asetat probudur. Tüm testler 25°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiş ve ürünlerin sertlik değerleri Texture Pro CT V1.6 yazılımı ile "g" cinsinden ölçülmüştür. Sertlik analizleri için en az 6 farklı noktadan yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

### Duyusal Analiz

Erişte örnekleri, pişirme testlerinde belirtilen yöntemle göre pişirildikten sonra 25°C'de servis edilmek üzere duyusal analize tabi tutulmuştur. Analizde 1 ile 9 arasında bir hedonik skala kullanılmış ve panelistlerden 1: hiç beğenmedim, 9: çok beğendim skalasında değerlendirme yapmaları istenmiştir (Mpalanzi et al., 2023). Panelistler, Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü çalışanları arasından seçilmiş, yarı eğitilmiş 8 kişilik bir ekipten oluşturulmuştur. Toksikolojik etkileri henüz bilinmediği için panelistlere tadım yaptırılmamıştır. Panelistler, örnekleri koku, renk, elde sıkıştırma ile belirlenen sertlik ve görsel beğeni kriterleri açısından değerlendirerek puanlama yapmışlardır.

### Antioksidan Aktivite Tayini

Örneklerin antioksidan aktivitesi, DPPH radikalini giderme yüzdesi üzerinden hesaplanmıştır. Bu amaçla Wojdylo et al.(2007)'nin önerdiği yöntem modifiye edilerek ekstraktlar hazırlanmıştır. Ekstrakt çözeltisi hazırlamak için 1.5 gram kuru erişte, bir test tüpüne tartılmış ve üzerine 20 mL %75'lik metanol eklenerek 5 dakika boyunca vortekslenmiştir. Tüpler, 20°C'de 30 dk boyunca ultrasonik su banyosunda tutulduktan sonra 10 dakika boyunca 9000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Sıvı kısım, analizde kullanılmak üzere ekstrakt olarak ayrılmıştır. Analiz için Karabulut et al. (2022)'nin önerdiği yöntem modifiye edilmiştir. Hazırlanan ekstraktan 200 µL alınıp, deney tüplerine aktarılmıştır. Taze olarak %100 metanolde 0.2 mM olarak hazırlanan DPPH (Sigma-Aldrich, Almanya) çözeltisinden 3 mL ekstrakt tüplerine eklenmiş ve vortekslenildikten sonra oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dk bekletilmiştir. Bu sürenin ardından UV-VIS spektrofotometrede (Shimadzu UV-1240, Japan) 517 nm'de absorbans (A) ölçülmüştür. Örnekten elde edilen ekstrakt yerine %75'lik metanol çözeltisi kullanılarak aynı adımlar izlenmiş ve "kör" absorbansı da ölçülmüştür. Eşitlik [4] yardımıyla örneklerin antioksidan aktiviteleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Antioksidan aktivite} = 100 \times [A_0 - A_1 / A_0] \quad [4]$$

Burada;  $A_0$ , kontrol absorbansını ve  $A_1$ , örnek absorbansını ifade etmektedir.

### Toplam Fenolik Madde Miktarı

Toplam fenolik madde içeriği, Karabulut et al.(2022)'nin tarafından kullanılan Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemde modifikasyonlar yapılarak ölçülmüştür. Bu amaçla, antioksidan tayininde kullanılan taze ekstraktan 100 µL alınmış ve buna 0.2 mL Folin-Ciocalteu reaktifi (Sigma-Aldrich, Almanya) ve 2 mL saf su eklenmiştir. Karışım oda sıcaklığında 3 dakika boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra, 1 mL %20'lik sodyum karbonat (Merck, Almanya) eklenmiş ve karışım oda sıcaklığında 1 saat boyunca karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Süre sonunda, 765 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. Sonuçlar, gallik asit standardı kullanılarak hesaplanmış (0-1000 ppm,  $y=0.0096x-0.0327$ ,  $R^2= 0.992$ ) ve "mg gallik asit eşdeğeri (GAE) / 100 g kuru madde" cinsinden ifade edilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Örneklerin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesi için Minitab 16.0 yazılımı kullanılmış ve %95 güven aralığında Tukey'in HSD testi uygulanarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile gerçekleştirilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Fizikokimyasal Özellikler

Eriştelerin nem, protein ve kül içerikleri ile renk ve sertlik değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Erişte örneklerinin kuru maddede protein oranı, artan mikroalg ilavesiyle artmıştır. %2 oranında mikroalg ilavesi, kontrol eriştelerine göre protein oranında önemli bir artışa yol açmıştır. Kontrol erişte örneğindeki %14.10 protein oranı, %2 mikroalg ilavesiyle yaklaşık %13'lük bir artışla %15.90 protein oranına sahip mikroalg içeren erişte örneklerine ulaşmıştır. Bazarnova et al.(2021) %5 oranında toz formda *Chlorella sorokiniana* (*C. sorokiniana*) ilavesiyle ürettikleri gıda ürünlerinin protein miktarında %18'lik bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Lemes et al.(2012) ise %10.00 oranında *Spirulina platensis* (*S. platensis*) mikroalg ilavesinin son üründe %14.50'lik protein artışı sağladığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 1.** Erişte örneklerinin fizikokimyasal özellikleri

**Table 1.** The physicochemical properties of erişte samples

Ürün kodu (Product code)	% Nem (Moisture, %)	Protein (%, KM'de) (Protein (% DM))	Kül (%, KM'de) (Ash in% DM))	$\Delta E^*$ (Renk farkı) ( $\Delta E^*$ , Color difference)	Sertlik (g) (Hardness (g))
K	4.09 ± 0.18 a	14.10 ± 0.02 b	1.40 ± 0.15 a		521.81 ± 9.7 b
E05	3.69 ± 0.30 a	14.60 ± 0.27 ab	1.53 ± 0.32 a	16.0 ± 0.8 b	607.23 ± 6.2 ab
E2	3.99 ± 0.62 a	15.90 ± 0.57 a	1.84 ± 0.15 a	30.2 ± 0.9 a	696.32 ± 0.9 a

K: Kontrol, E05: %0.5 mikroalg içeren erişte, E2: %2 mikroalg içeren erişte

K: Control, E05: 0.5% microalgae containing erişte, E2: 2% microalgae containing erişte

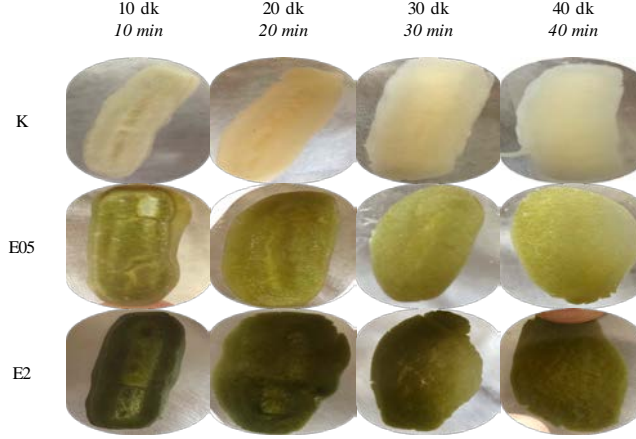
Erişte örneklerinin kül miktarı %1.40-1.84 arasında ölçülmüş olup örnekler arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ). Mikroalg ilaveli makarnalarla yapılan başka bir çalışmada ise, pişmemiş sade makarnada %1.2 olan kül miktarının, %2 toz mikroalg ilavesiyle önemli ölçüde artarak %1.8'e yükseldiği, fakat pişirme işlemi sırasında minerallerin suya geçmesi ile mikroalgli makarnalarda kül oranında önemli kayıplar gözlemlendiği belirlenmiştir (Fradique et al., 2010). Erişte örneklerinin rutubet analizi sonuçları %3.69 ile %4.09 arasında değişmektedir ve bu sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $P > 0.05$ ).

Renk değerlerinin kontrol örneğinden farklılığı,  $\Delta E^*$  birimi cinsinden incelendiğinde, mikroalg ilavesiyle önemli ölçüde renk değişimleri gözlenmiştir.  $\Delta E^* > 3$  olan ürünler, bireyler tarafından renk farkı olarak algılanabilmektedir (Bodart et al., 2008). Çalışmamız kapsamında, %0.5 mikroalg ilavesiyle başlayan renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değeri 16.0 iken, %2 mikroalg ilavesiyle 30.2'ye yükselmiştir. Bir çalışmada, mikroalg ilavesinin sentetik renklendiriciler kullanmadan ürünlere hoş bir renk kazandırabildiği belirtilmiştir. Ancak %5'in üzerindeki kullanımların ürünlere balık kokusuna benzer bir aroma kattığı için kullanım oranının duyu analizlerle belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır (Bazarnova et al., 2021). Uribe-Wandurraga et al. (2021)'nin *S. platensis* ve *C. vulgaris* ilavesiyle ürettikleri hamurlarda %0.5 mikroalg ilavesiyle  $\Delta E^*$  değerleri 19 olup, kullanım oranı %2'ye çıkarıldığında mikroalg ilavesinin ürüne kazandırdığı renkte farklılık gözlenmiştir; *S. platensis* ile üretilen hamurun  $\Delta E^*$  değeri 38, *C. vulgaris* ile üretilen hamurun ise 35 olarak rapor edilmiştir.

Erişte üretiminde un miktarı azaltılarak eklenen mikroalgın konsantrasyonu arttıkça, ürünlerin sertlik değerinde önemli bir artış gözlenmiştir. Testin uygulandığı koşullarda, sade erişte için sertlik değeri 521.8 g olarak ölçülmüşken, %0.5 ve %2 mikroalg ilaveli ürünlerde sırasıyla 607.2 ve 696.3 g sertlik ölçülmüştür. *C. vulgaris* ilavesiyle zenginleştirilen bisküvi hamurlarında da sertlik değerinde artış gözlenmiş ve bu artışın, mikroalgın zengin protein içeriğinden kaynaklanabileceği daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Batista et al., 2017; Letras et al., 2022).

## Pişme Testleri

Kaynamış suya atılan eriştelerin, iki cam levha arasında her 2.5 dakikada bir yapılan pişme kontrolüne göre pişme süreleri 40 dakika olarak belirlenmiştir. Ürünlerin pişme testinde elde edilen 10., 20., 30. ve 40. dakikaya ait görüntüleri Şekil 2'de sunulmuştur. Bu teste göre, mikroalg ilavesi ürünlerin pişme sürelerini etkilememiştir. Daha önce bir makarna çalışmasında, %0.5 oranında *Spirulina maxima* ilavesinin makarnanın pişme süresini değiştirmedeği, ancak kullanım miktarı %2'ye çıktığında pişme süresinin 5 dakikadan 6 dakikaya çıktığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada, %0.5 ve %2 oranında *C. vulgaris* ilavesiyle pişme sürelerinin sırasıyla 6 ve 7 dakika olarak belirlendiği ifade edilmiştir (Fradique et al., 2010).



**Şekil 2.** Erişte örneklerinin farklı pişme sürelerinde (10, 20, 30 ve 40 dakika) iki cam levha arasındaki görüntüleri.

**Figure 2.** Images of erişte samples between two glass plates at different cooking times (10, 20, 30, and 40 min).

K: Kontrol, E05: %0.5 mikroalg, E2: %2 mikroalg içeren erişte

K: Control, E05: 0.5% microalgae, E2: 2% microalgae containing erişte

Erişte örneklerinin pişme suyuna geçen madde miktarları ile su absorpsiyonu ve hacim artışı değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Suyu geçen madde miktarı, makarna ve benzeri ürünlerde pişirme sırasında suya geçen katı madde kaybını göstermektedir. Ürünün kabul edilebilir sınırlarda olabilmesi için, bu kayıpların 100 gram ürün için 8 gramdan az olması beklenmektedir (Foschia et al., 2015). Çalışmamız kapsamında üretilen tüm erişte örneklerinin suya geçen madde miktarlarının %8'in altında olduğu saptanmıştır. Pişirme suyuna geçen madde miktarları açısından incelendiğinde, kontrol (K) ürünü %3.5 kayıp ile erişte örnekleri içerisinde en yüksek kalitedeki ürün olarak öne çıkmıştır. Bunu sırasıyla %2 ve %0.5 mikroalg ilavesi ile elde edilen ürünler takip etmiştir. Makarna hamurunun *C. sorokiniana* ile zenginleştirildiği bir çalışmada, pişme suyuna geçen madde miktarının %2.5 mikroalg ilavesiyle %5.0'den 5.2'ye çıktığı, %5.0 oranında mikroalg ilavesiyle ise %5.0 olarak kaldığı bildirilmiştir (Bazarnova et al., 2021). *C. vulgaris* ilaveli makarna ile yapılan bir çalışmada, pişirme sonucunda gözlenen kayıp, %0.5 ve %2 mikroalg ilaveli ürünlerde kontrol ürünü ile benzer düzeydedir ve %3.1 ile %3.5 arasında ölçülmüştür (Fradique et al., 2010).

Su absorpsiyonu değeri, ürünlerin pişme sonrası kütle artışını gösteren bir değerdir ve "pişme verimi" olarak da adlandırılabilir. Çalışmamız kapsamında erişte örneklerinin su absorpsiyonu %147.2-149.1 aralığında belirlenmiştir. Mikroalg ilavesinin ürünün su absorpsiyon değerini önemli ölçüde etkilemediği gözlenmiştir ( $P > 0.05$ ). Benzer şekilde literatürde yer alan *C. vulgaris* ilaveli makarnalar üzerine yapılan bir çalışmada, 5-6 dakika süren pişirme işlemi sonucunda, *C. vulgaris* eklenmesiyle su absorpsiyon değeri %69'dan %92-94 aralığına yükselmiştir; mikroalg konsantrasyonunun %0.5'ten %2'ye çıkışı bu değişim üzerinde etkili olmamıştır (Fradique et al., 2010).

Hacim artışı, ürünlerin su absorpsiyonu neticesinde hacminde meydana gelen değişikliği ifade eden bir değerlendirme ölçütüdür. Mikroalg ilavesinin, erişte örneklerinde hacim artış değerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Ürünler, uygulanan pişirme düzeninde %14.9 ile %15.8 arasında hacim artışına uğramıştır.

**Çizelge 2.** Erişte örneklerinin pişme özellikleri

**Table 2.** The cooking properties of erişte samples

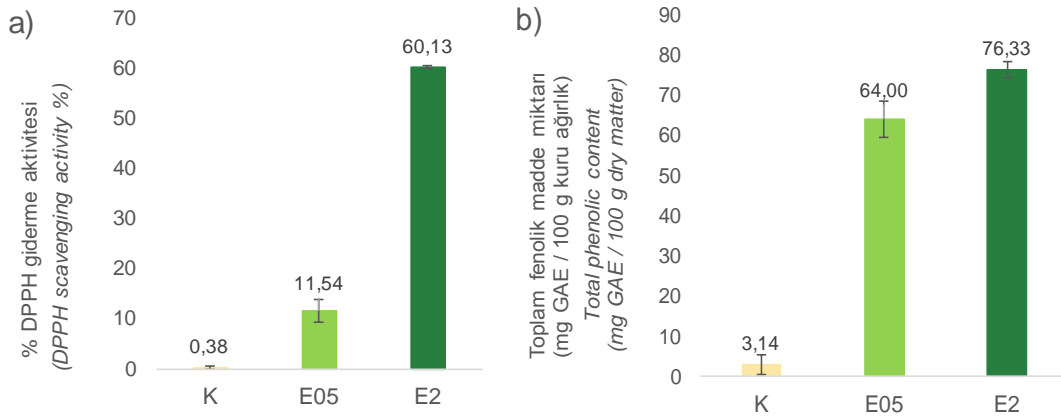
Ürün kodu (Product code)	Suya geçen madde miktarı (%) (Cooking loss (%))	Su absorpsiyonu (%) (Weight increase (%))	Hacim artışı (%) (Volume increase (%))
K	3.5 ± 0.3 c	149.1 ± 0.7 a	15.0 ± 1.4 a
E05	5.1 ± 0.3 a	147.2 ± 2.8 a	14.9 ± 1.4 a
E2	4.3 ± 0.4 b	147.2 ± 2.8 a	15.8 ± 1.4 a

K: Kontrol, E05: %0.5 mikroalg içeren erişte, E2: %2 mikroalg içeren erişte

K: Control, E05: 0.5% microalgae containing erişte, E2: 2% microalgae containing erişte

### Biyoaktif Özellikler

Yapılan bir çalışmada, mikroalglerin toplam fenolik madde miktarının yetiştirme tekniğindeki değişimlerden büyük oranda etkilendiği bildirilmiş ve analiz edilen *Chlorella* ekstraktının 1 gramında 13.3 mg GAE değerinde toplam fenolik madde tespit edilmiştir (Ferdous et al., 2023). Çalışmamız kapsamında, biyoaktif bileşenlerin zenginleştirilmesi amacıyla üretilen mikroalg ilaveli eriştelerin antioksidan aktiviteleri ile toplam fenolik madde miktarları Şekil 3'te sunulmuştur.



**Şekil 3.** Erişte örneklerinin antioksidan aktiviteleri (a) ve toplam fenolik madde miktarları (b).

**Figure 3.** Antioxidant activities (a) and total phenolic contents (b) of erişte samples.

K: Kontrol, E05: %0.5 mikroalg içeren erişte, E2: %2 mikroalg içeren erişte

K: Control, E05: 0.5% microalgae containing erişte, E2: 2% microalgae containing erişte

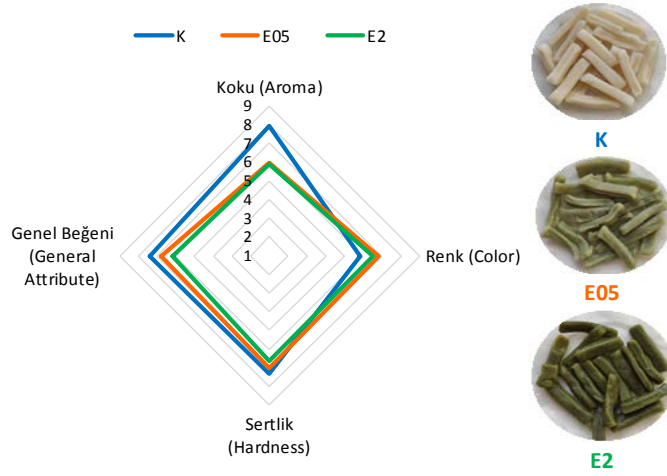
Mikroalg konsantrasyonundaki artış, ürünlerin biyoaktif madde miktarlarını önemli ölçüde artırmıştır. Sade erişte DPPH radikalini giderme oranı cinsinden antioksidan aktivite tespit edilememişken, %0.5 mikroalg ilavesi antioksidan aktiviteyi %12'ye çıkarmıştır. %2 mikroalg ilavesi ise %60 oranında antioksidan aktivite sağlamıştır. Toplam fenolik madde miktarları, %0.5 ve %2 mikroalg ilavesi sonucunda sırasıyla 64.0 ve 76.3 mg GAE / 100 g (kuru ağırlık) değerlerine ulaşmıştır. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, 100 gramında 24 mg GAE bulunan ekmeğin hamurunun toplam fenolik madde miktarının, un ikamesi olarak %5, %10 ve %20 oranlarında *Spirulina platensis* (*S. platensis*) eklenmesi sonucu sırasıyla 55 mg GAE, 76 mg GAE ve 105 mg GAE'ye yükseldiği bildirilmiştir (De Marco



et al., 2014). Yine makarna hamuruna *S. platensis* eklenen bir çalışmada, antioksidan aktivitenin %2 mikroalg ilavesiyle önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Zouari et al., 2011).

### Duyusal Özellikler

Erişte örneklerinin duysal analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Uygulanan pişirme yöntemi sonrası panele sunulan ürünler koku, renk, sertlik ve genel beğeni açısından değerlendirilmiştir. Pişmiş erişte örnekleri, belirtilen özelliklerinde "görsel beğeni" açısından derecelendirilmiştir. Buna göre %0.5 ve %2 mikroalg ilavesinin erişteelerde kontrol (sade) ürüne göre koku, renk, sertlik ve genel beğeni açısından önemli bir etkisi bulunmamıştır. Duyusal analizde mikroalg ilaveli ürünler, kontrol ürününe benzer beğeni sonuçları göstermiş olup koku özelliklerinde kontrole göre daha düşük puan almaları geliştirilen ürünlerde koku açısından çözümler geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.



Şekil 4. Erişte örneklerinin duysal değerlendirilmesi.

Figure 4. Sensory evaluation of erişte samples.

K: Kontrol, E05: %0.5 mikroalg içeren erişte, E2: %2 mikroalg içeren erişte

K: Control, E05: 0.5% microalgae containing erişte, E2: 2% microalgae containing erişte

Literatürde bisküvi hamuruna %2 oranında *C. vulgaris* eklenen bir çalışmada üretilen ürünlerin duysal olarak kabul edilebilir özelliklerde olduğu, ancak %6 oranında eklenen mikroalgin beğenilmediği ortaya konulmuştur (Batista et al., 2017). Bisküvi hamuruna %5 oranında *C. vulgaris* ve *S. platensis* eklenen bir çalışmada ise, üretilen ürünlerin her ikisinin de duysal özellikler açısından kontrolden daha düşük puanlar aldığı, ancak ticari ürün haline getirilmek istendiğinde *S. platensis* kullanımının mümkün olmadığı, *C. vulgaris* kullanımının ise uygun bulunduğu bildirilmiştir (Letras et al., 2022).

## SONUÇ

Bu çalışmada *C. vulgaris* mikroalginin erişte üretimine ilavesinin ürün kalitesi ve besin bileşimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Mikroalg ilavesinin, eriştenin antioksidan aktivitesini ve toplam fenolik madde miktarının artırdığı ve ürünün besinsel açıdan zenginleştiği gözlemlenmiştir. Özellikle, *C. vulgaris* ilavesiyle erişte, proteince daha zengin hale gelmiştir. Bununla birlikte, mikroalg ilavesinin erişteelerin analitik ölçümlerine göre sertliği artırdığı, ancak duysal özellikler üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı tespit edilmiştir. Mikroalg ilavesiyle erişteelerin pişirme sırasında suya geçen madde miktarını ve su absorpsiyonunu arttırmış; ancak, ürünün pişme verimini etkilememiştir. Bu çalışmanın bulguları erişte üretiminde formülasyona %0.5 ve %2 oranında mikroalg ilavesinin erişteelerin besinsel değerini artırdığını ve birçok kalite parametresinin korunduğunu göstermektedir. Gelecekteki çalışmalarda, mikrobiyolojik ve

toksikolojik incelemelerin yapılması ve ürünün ticarileşmesi için gerekli adımların atılması gerekmektedir. Bu çalışma, mikroalglerin gıda endüstrisinde kullanımına bir uygulama örneği ortaya koyarak, gelecekte daha sağlıklı ve besleyici ürünlerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

### **Veri Kullanılabilirliği**

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

### **Yazar Katkıları\***

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: HS, GK, SY; örnek toplama: HS, GK, SY; verilerin analizi ve yorumlanması: HS, GK, SY; istatistiksel analiz: HS, GK, SY; görselleştirme: HS, GK, SY; makalenin yazımı: HS, GK, SY.

### **Çıkar Çatışması**

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Etik Beyan**

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

### **Makale Açıklaması**

Bu makale Konu Editörü Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ tarafından düzenlenmiştir.

## **KAYNAKLAR**

- AACC, 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10th Ed.). St. Paul, MN.
- Acun, M. & M.K. Bozokalfa, 2020. Mikroalg uygulamalarının salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) ve marul çeşitlerinin (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) verim ve kalite özelliklerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57 (4): 555-562.
- Batista, A.P., A. Niccolai, P. Fradinho, S. Fragoso, I. Bursic, L. Rodolfi, N. Biondi, M.R. Tredici, I. Sousa & A. Raymundo, 2017. Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. Algal Research, 26: 161-171.
- Bazarnova, J., L. Nilova, E. Trukhina, M. Bernavskaya, Y. Smyatskaya & T. Aktar, 2021. Use of microalgae biomass for fortification of food products from grain. Foods, 10 (12): 3018.
- Bilgiçli, N., M.K. Demir, N. Ertuş & E.N. Herken, 2011. Effects of gluten and emulsifier on some properties of erişte prepared with legume flours. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 62 (1): 63-70.
- Bodart, M., R. de Peñaranda, A. Deneyer & G. Flamant, 2008. Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools. Building and Environment, 43 (12): 2046-2058.
- Brennan, L. & P. Owende, 2010. Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14 (2): 557-577.
- De Marco, E.R., M.E. Steffolani, C.S. Martínez & A.E. León, 2014. Effects of *Spirulina* biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. LWT-Food Science and Technology, 58 (1): 102-108.
- El-Baz, F. K., S. M. Abdo, & A. M. Hussein, 2017. Microalgae *Dunaliella salina* for use as food supplement to improve pasta quality. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 46 (2): 45-51.
- ETB, 2022. Erzurum Ticaret Borsası, Erzurum Eriştisi Coğrafi İşaret Tescil Belgesi, No. 1258.
- Ferdous, U.T., A. Nurdin, S. Ismail & Z.N. Balia Yusof, 2023. Evaluation of the antioxidant and cytotoxic activities of crude extracts from marine *Chlorella* sp. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 47: 102551.
- Foschia, M., D. Peressini, A. Sensidoni, M.A. Brennan & C.S. Brennan, 2015. How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta. LWT-Food Science and Technology, 61 (1): 41-46.
- Fradique, M., A.P. Batista, M.C. Nunes, L. Gouveia, N.M. Bandarra & A. Raymundo, 2010. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90 (10): 1656-1664.

- Göksel Saraç, M., 2021. Bitkisel ve hayvansal proteinlerin eriştenin tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkisi. Cukurova University, Agriculture Faculty, 36 (1): 23-36.
- Karabulut, G., H. Feng & O. Yemiş, 2022. Physicochemical and antioxidant properties of industrial hemp seed protein isolate treated by high-intensity ultrasound. Plant Foods for Human Nutrition, 77 (4): 577-583.
- Lemes, A.C., K.P. Takeuchi, J.C.M. de Carvalho & E.D.G. Danesi, 2012. Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. Brazilian Archives of Biology and Technology, 55 (5): 741-750.
- Letras, P., S. Oliveira,, J. Varela, M.C. Nunes & A. Raymundo, 2022. 3D printed gluten-free cereal snack with incorporation of *Spirulina (Arthrospira platensis)* and/or *Chlorella vulgaris*. Algal Research, 68: 102863.
- Levent, H., 2019. Performance of einkorn (*Triticum monococcum* L.) flour in the manufacture of traditional Turkish noodle. Gıda, 44 (5): 932-942.
- Moura, M.A.F.E., B.A. Martins, G.P. Oliveira & J.A. Takahashi, 2022. Alternative protein sources of plant, algal, fungal and insect origins for dietary diversification in search of nutrition and health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63 (31): 10691-10708.
- Mpalanzi, V., N. W. Alex & D. Chaula, 2023. Textural, cooking quality and sensory acceptability of noodles incorporated with Moringa Leaf and sardine powders. European Journal of Nutrition and Food Safety, 15 (10): 1-20.
- Oliveira, B. C., M. Machado, S. Machado, A. S. Costa, S. Bessada, R. C. Alves, & M. B. P. Oliveira, 2023. Algae incorporation and nutritional improvement: The case of a whole-wheat pasta. Foods, 12 (16): 3039.
- Patel, A., E. Krikigianni, U. Rova, P. Christakopoulos & L. Matsakas, 2022. Bioprocessing of volatile fatty acids by oleaginous freshwater microalgae and their potential for biofuel and protein production. Chemical Engineering Journal, 438: 135529 (1-17).
- Ribeiro, A. R., T. Madeira, G. Botelho, D. Martins, R. M. Ferreira, A. M. Silva & R. Costa, 2022. Brown algae *Fucus vesiculosus* in pasta: Effects on textural quality, cooking properties, and sensorial traits. Foods, 11 (11): 1561.
- Spolaore, P., C. Joannis-Cassan, E. Duran & A. Isambert, 2006. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering, 101 (2): 87-96.
- Tokuşoglu, O. & M.K. Unal, 2003. Biomass nutrient profiles of three microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris*, and *Isochrysis galbana*. Journal of Food Science, 68 (4): 1144-1148.
- Udayan, A., A. K. Pandey, P. Sharma, N. Sreekumar & S. Kumar, 2021. Emerging industrial applications of microalgae: challenges and future perspectives. Systems Microbiology and Biomanufacturing, 1: 411-431.
- Uribe-Wandurraga, Z.N., M. Igual, J. Reino-Moyón, P. García-Segovia & J. Martínez-Monzó, 2021. Effect of microalgae (*Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris*) addition on 3D printed cookies. Food Biophysics, 16 (1): 27-39.
- Uzuner, S. & A. Haznedar, 2020. Fonksiyonel gıda için sağlıklı takviye: Mikroalgler. Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5 (2): 212-226.
- Wojdyło, A., J. Oszmiański & R. Czemerys, 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry, 105 (3): 940-949.
- Yılmaz Tuncel, N., E. Kaya & M. Karaman, 2017. Rice bran substituted Turkish noodles (erişte): textural, sensorial, and nutritional properties. Cereal Chemistry Journal, 94 (5): 903-908.
- Zhou, Y., L. Liu, M. Li & C. Hu, 2022. Algal biomass valorisation to high-value chemicals and bioproducts: Recent advances, opportunities and challenges. Bioresource Technology, 344 (B): 126371.
- Zouari, N., M. Abid, N. Fakhfakh, M.A. Ayadi, L. Zorgui, M. Ayadi & H. Attia, 2011. Blue-green algae (*Arthrospira platensis*) as an ingredient in pasta: free radical scavenging activity, sensory and cooking characteristics evaluation. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 62 (8): 811-813.