



Food Science and Engineering Research

*Official Journal of Atatürk University, Agricultural Faculty, Department of Food Engineering
Formerly: ATA-Food Journal*

Volume 4 • Issue 2 • September 2025

EISSN 2980-1451

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/foodscience>

Food Science and Engineering Research

Editor in Chief

Mustafa ŞENGÜL

Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey
E-Mail: msengul@atauni.edu.tr

Associate Editors

Elif DAĞDEMİR

Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey
E-Mail: elifdag@atauni.edu.tr

Mehmet YÜKSEL

Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey
E-Mail: mehmet.yuksel@atauni.edu.tr

Statistics Editor

Aycan Mutlu YAĞANOĞLU

Department of Animal Science, Ataturk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey
E-Mail: myagan@atauni.edu.tr

Language Editor

Elif Feyza TOPDAŞ

Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey
E-Mail: efeyza.topdas@atauni.edu.tr



Food Science and Engineering Research

AIMS AND SCOPE

Food Science and Engineering Research is a peer reviewed, open access, online-only journal published by the Atatürk University. Food Science and Engineering Research is a biannual journal that is published in English, and Turkish in March and September. As of 2023, the journal has changed its title to Food Science and Engineering Research.

Current Title

Food Science and Engineering Research

EISSN: 2980-1451

Previous Title (2022)

ATA-Gıda dergisi

EISSN: 2822-2776

Food Science and Engineering Research is covered in EBSCO, CABI, Gale Cengage, and DOAJ.

Food Science and Engineering Research aims to contribute to the literature by publishing manuscripts at the highest scientific level. The journal publishes research articles and reviews that are prepared in accordance with ethical guidelines.

The scope of the journal includes, but is not limited to, topics relevant to milk and dairy products technology, meat and meat products technology, grain and grain products technology, fruit and vegetable technology, food chemistry and toxicology, food microbiology, food hygiene and sanitation, food ethics and legislation, food biotechnology, food safety, and all other related interdisciplinary theoretical research.

The target audience of the journal includes researchers and specialists who are interested or working in all fields within the journal's scope.

Disclaimer

The statements or opinions expressed in the manuscripts published in the journal reflect the views of the author(s) and not the views of the editors, editorial board, and/or publisher. The editors, editorial board, and publisher are not responsible for the content of the manuscripts and do not necessarily endorse the views expressed in them. It is the responsibility of the authors to ensure that their work is accurate and well-researched, and the views expressed in their manuscripts are their own. The editors, editorial board, and publisher simply provide a platform for the authors to share their work with the scientific community.

Open Access Statement

Food Science and Engineering Research is an open access publication.

Starting on March 2023, all content published in the journal is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) 4.0 International License which allows third parties to use the content for non-commercial purposes as long as they give credit to the original work. This license allows for the content to be shared and adapted for non-commercial purposes, promoting the dissemination and use of the research published in the journal.

The content published before March 2023 was licensed under a traditional copyright, but the archive is still available for free access.

All published content is available online, free of charge at <https://dergipark.org.tr/en/pub/foodscience>

You can find the current version of the Instructions to Authors at <https://dergipark.org.tr/en/pub/foodscience>



Editor in Chief:

Mustafa ŞENGÜL

Department of Food Engineering, Atatürk University, Faculty of Agriculture, Erzurum, Turkey

✉ msengul@atauni.edu.tr

🌐 <https://avesis.atauni.edu.tr/msengul>

☎ +90 0442 231 2489

Contact (Publisher) / İletişim (Yayıncı)

Atatürk University

Atatürk University, Erzurum, Turkey

Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü 25240 Erzurum, Türkiye

✉ ataunijournals@atauni.edu.tr

🌐 <https://bilimseldergiler.atauni.edu.tr>

☎ +90 442 231 15 16

Food Science and Engineering Research

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

RESEARCH ARTICLES / ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- 40** Farklı Çözücülerle Elde Edilen Yeşil Çay Ekstraktlarının Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid ve Antioksidan Kapasiteleri
Total Phenolic Compound, Total Flavonoid and Antioxidant Capacities of Green Tea Extracts Obtained with Different Solvents
Zeynep BEYAZBULUT, Memnune ŞENGÜL, İsa Arslan KARAKÜTÜK
- 49** Gıda Takviyesi Kullanımına İlişkin Bilgi ve Tutumların Değerlendirilmesi: Ölçek Geliştirme ve Üniversite Öğrencileri
Assessment of Knowledge and Attitudes on Dietary Supplement Use: Scale Development and Application Among University Students
Yusuf ÖZTÜRK
- 60** Buğday Kepeği İlavesinin Dondurmanın Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi
Effect of Wheat Bran Fortification on the Quality Attributes of Ice Cream
Bayram ÜRKEK, Hüseyin Ender GÜRMERİÇ, Hüseyin ÇELİK
- 69** Yağı Azaltılmış Sığır Eti Köftelerinde Yağ Yerine Kuruyemiş Kullanımının Fizikokimyasal, Dokusal ve Duyusal Etkileri
Physicochemical, Textural, and Sensory Effects of Using Nuts as Fat Replacers in Reduced-Fat Beef Patties
Mine KIRKYOL



Farklı Çözücülerle Elde Edilen Yeşil Çay Ekstraktlarının Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid ve Antioksidan Kapasiteleri

Total Phenolic Compound, Total Flavonoid and Antioxidant Capacities of Green Tea Extracts Obtained with Different Solvents

Zeynep
BEYAZBULUT¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

Memnune
ŞENGÜL¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

İsa Arslan
KARAKÜTÜK¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Erzurum, Türkiye



Bu çalışma Zeynep BEYAZBULUT'un yayınlanmamış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was derived from the unpublished master's thesis of Zeynep BEYAZBULUT.

Geliş Tarihi/Received 12.05.2025
Revizyon Talebi / Revision Requested 10.07.2025
Son Revizyon / Last Revision 18.07.2025
Kabul Tarihi/Accepted 06.08.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 15.10.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Memnune ŞENGÜL

E-mail: memnune@atauni.edu.tr

Cite this article: Beyazbulut, Z., Şengül,

M. & Karakütük, İ.A., (2025). Farklı Çözücülerle Elde Edilen Yeşil Çay Ekstraktlarının Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid ve Antioksidan Kapasiteleri, *Food Science and Engineering Research*, 4(2), 40-48.

Öz

Yeşil çay (*Camellia sinensis*), fermente edilmeden üretilen ve yüksek antioksidan kapasitesine sahip bir üründür. İçerdiği biyoaktif bileşimler sayesinde yeşil çay, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek kanser, kardiyovasküler hastalıklar, Alzheimer, Parkinson ve diyabet gibi kronik hastalıkların oluşma riskini azaltabilmektedir. Bu çalışmada, yeşil çay yapraklarının toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid (TF) içerikleri ile antioksidan kapasiteleri üzerine farklı çözücülerin (%80 etanol, %80 metanol, distile su) etkileri incelenmiştir. Ekstraktların TFM miktarları Folin-Ciocalteu yöntemiyle, TF miktarları kolorimetrik yöntemle, antioksidan kapasiteleri DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenmiştir. TFM miktarları 84,82±0,90 ile 195,86±8,76 mg GAE/g; TF miktarları 76,14±2,96 ile 178,28±1,22 mg QE/g arasında değişmiştir. DPPH değerleri 74,77±2,10 (%80 etanol ekstraktı) – 87±0,70 (su ekstraktı), ABTS değerleri 114,80±6,55 (su ekstraktı) – 192,14±3,45 (%80 metanol ekstraktı), CUPRAC 0,84±0,03 (su ekstraktı) – 1,50±0,048 (%80 metanol ekstraktı), FRAP ise 5,09±0,164 (su ekstraktı) – 11,42±0,052 (%80 etanol ekstraktı) arasında belirlenmiştir. Sonuçlar, %80 etanol ve %80 metanolün TFM, TF ve antioksidan kapasite açısından suya kıyasla daha etkili çözücüler olduğunu göstermektedir. Yeşil çay, bu özellikleriyle gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisinde değerli bir doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil çay, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, antioksidan kapasite, ekstraksiyon

ABSTRACT

Green tea (*Camellia sinensis*) is a non-fermented product known for its high antioxidant capacity. Due to the bioactive compounds it contains, green tea can neutralize free radicals and reduce the risk of chronic diseases such as cancer, cardiovascular diseases, Alzheimer's, Parkinson's, and diabetes. In this study, the effects of different solvents (80% ethanol, 80% methanol, and distilled water) on the total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant capacities of green tea leaves were investigated. The TPC of the extracts was determined using the Folin-Ciocalteu method, TFC was measured using a colorimetric method, and antioxidant capacities were evaluated using DPPH, ABTS, FRAP, and CUPRAC assays. TPC values ranged from 84.82±0.90 to 195.86±8.76 mg GAE/g; TFC values ranged from 76.14±2.96 to 178.28±1.22 mg QE/g. DPPH values ranged from 74.77±2.10 (80% ethanol extract) to 87±0.70 (water extract), ABTS values from 114.80±6.55 (water extract) to 192.14±3.45 (80% methanol extract), CUPRAC from 0.84±0.03 (water extract) to 1.50±0.048 (80% methanol extract), and FRAP from 5.09±0.164 (water extract) to 11.42±0.052 (80% ethanol extract). The results indicate that 80% ethanol and 80% methanol are more effective solvents than water in terms of TPC, TFC, and antioxidant capacity. These findings indicate that green tea is a valuable natural antioxidant source with potential applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

Keywords: Green tea, total phenolic content, total flavonoid, antioxidant capacity, extraction



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Food Science and Engineering Research

Giriş

Camellia sinensis bitkisinden elde edilen çay, ilk olarak binlerce yıl önce Çin'de üretilmiştir (Khan vd., 2025). Çay, nemli iklimlerde yetişen küçük boylu bir ağaçtır. Dünya üzerinde yetiştirildiği bölgelerin iklim özelliklerine bakıldığında çay bitkisinin yarı tropik bir bitki olduğu söylenebilir, ancak bununla beraber mikroklima özelliğine sahip bölgelerde de yetiştirilebilir. Çay tüketimi tıbbi ve keyfi nedenlerle ortaya çıkmıştır (Alikılıç, 2016). Dünya genelinde en yaygın tüketilen içeceklerden birisi olan çay, her yıl yaklaşık olarak 2,5 milyon ton üretilmektedir. Genel olarak çayın üretildiği ülkeler, Hindistan, Çin, Sri Lanka, Türkiye, Rusya ve Japonya'dır. Dünya üzerinde üretimi yapılan ve tüketilen çayın %78'si siyah çay, %20'si yeşil çay ve %2'si ise oolong çaydır (Tengilimoğlu ve Büyüktuncer, 2011). Üretim aşamasındaki oksidasyon seviyesine göre çay oksitlenmemiş yeşil çay, yarı oksitlenmiş oolong çay ve tam oksitlenmiş siyah çay olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Mehrabı vd., 2025). Yeşil çay fermentasyona uğratılmadan, diğer çaylara uygulanan kıvrırma, soldurma, parçalama işlemleri uygulanmadan üretilmektedir. Fermentasyon sırasında çay kateşinleri, polifenol oksidaz ve peroksidad gibi enzimlerin katalize ettiği oksidasyon ve polimerizasyona uğramakta ve böylece çay yaprağında bulunan flavanol miktarı azalmaktadır. Fermentasyonla beraber kateşin miktarında önemli azalma olduğundan fermente olmayan yeşil çay, oolong ve siyah çaydan daha fazla kateşin içermektedir (Chebbi, 2022).

Yeşil çay, dünyada tüketimi fazla olan bir içecek olup (Meterc vd., 2007), Doğu Asya ülkelerinde büyük tüketici kitlesine sahiptir. Sağlığa yararlı etkileri üzerine artan bilimsel araştırma sonuçları nedeniyle yeşil çay, dünya çapında popülerlik kazanmaktadır (Khan vd., 2025; Ünal, 2022). Fenolik asitler ve flavonoidler gibi birçok biyoaktif bileşiği içeren polifenolik maddeler açısından zengin olan yeşil çay yapraklarında, polifenoller yaklaşık olarak %30 oranında bulunmaktadır (Khan vd., 2025). Yeşil çayda bulunan başlıca polifenoller; kateşinler, flavonoller, flavonlar, proantosiyanidinler ve flavonoidlerdir (Chebbi, 2022). Taze çay yapraklarında bulunan en önemli polifenoller, monomerik flavonoidlerin bir alt sınıfı olan kateşinler olup, epigallokateşin gallat, epigallokateşin, epikateşin gallat, epikateşin ve izomerleridir (Mehrabı vd., 2025). Kateşinler, yeşil çay kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturmaktadırlar (Chebbi, 2022).

Polifenoller, antioksidan özellik göstermekte olup, bu sayede serbest radikalleri nötralize etme ve böylece hidrojenasyon mekanizmaları ile oksidasyon reaksiyon zincirini engelleyebilmektedirler (Mehrabı vd., 2025).

Polifenolik maddeler güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle vücudu, kalp-damar hastalıkları, çeşitli kanserler, hipertansiyon, nörodejeneratif hastalıklar ve yaşlanmayla ilişkili süreçlerin patogeneğinde yer alan serbest radikallerin olumsuz etkilerine karşı korurlar. Bu bileşikler ayrıca, mide koruyucu, karaciğeri koruyucu ve hücre çoğalmasını önleyici aktiviteler gösterirler ve metabolik bozuklukların önlenmesinde önerilebilirler. Yapılan çalışmalar, yeşil çay ekstraktlarının antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antikarsinogenik, antifungal antiapoptotik, antidiyabetik ve antimutajenik ve benzeri birçok etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Pekal vd., 2012; Średnicka-Tober vd., 2017).

Genel olarak su infüzyonu haliyle tüketilen çay, izole edilmiş çay özleri ve tek tek çay bileşikleri şeklinde de diyet takviyesi olarak yaygın kullanıma sahiptir (Rusak vd., 2008). Ticari çay ekstraktları son dönemlerde gıda antioksidanı, gıda takviyesi, kozmetik ve ilaç sanayiinde kullanılmaktadırlar (Ünal, 2022). Gıda ve ilaç sanayiinde doğal antioksidanların kullanımının artması için, bitki polifenollerinin etkili ve uygun ekstraktlarını hazırlamaya yönelik araştırmaların artması gerekmektedir (Khan vd., 2025). Ayrıca son zamanlarda bitkisel ürünlerden, tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen antioksidanların değerlendirilmesine yönelik ilgi de artmaktadır (Aktaş ve Malayoğlu, 2019).

Bitkisel materyallerden biyoaktif bileşiklerin üretimi ve saflaştırılması sırasında ekstraksiyon işlemi uygulanmakta olup (Çamuroğlu, 2018), bu işlem kozmetik, bitkisel kaynaklı ilaç ve gıda endüstrileri için çok önemlidir (Şengül ve Topdaş, 2019). Ekstraksiyon, seçici çözücüler kullanılarak bitki veya hayvan dokularındaki katı veya sıvı halde bulunan biyoaktif bileşenlerin aktif olmayan kısımlardan ayrılarak sıvı faza geçmesi ile gerçekleşmektedir (Handa, 2008; Yağcıoğlu, 2015). Bitkilerin ekstraksiyonunda çözücü olarak genellikle metanol, etanol, aseton, petrol eter, hekzan ve bunların farklı konsantrasyonları kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2015). Tüm ekstraksiyon yöntemlerinde genel amaç; seçiciliği geliştirmek, istenilen bileşiği ekstrakte etmek, fonksiyonel bileşikler kullanılabilecek hale getirmektir (Çamuroğlu, 2018). Bitkilerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanılan klasik yöntemler, Soxhlet ekstraksiyonu, maserasyon ve hidrodistilasyondur. Modern yöntemler ise, ultrason yardımlı ekstraksiyon, enzim yardımlı ekstraksiyon, mikrodalga yardımlı ekstraksiyon, darbeli elektrik alanı yardımlı ekstraksiyon, süperkritik akış ekstraksiyonu ile basınçlı sıvı ekstraksiyonu olarak sınıflandırılmaktadır (Topdaş, 2018). Klasik ekstraksiyon yöntemi bitkisel kaynaklardan antioksidan ve fenolik madde ekstraksiyonlarında, uzun yıllardır uygulanan yöntemlerden biridir. Ekstraksiyon verimi birçok faktöre bağlıdır.

Kullanılan çözücünün türü ve kimyasal yapısı, çözünen maddenin bağ türleri ve sayısı, pH, katı-sıvı oranı ve sıcaklık gibi parametreler bu faktörlerdendir. Hedef bileşiğin ayrışmasına etki eden en önemli faktör doğru çözücü seçimidir. Çünkü hedef bileşiğin çözünürlüğü, çözücü türüne bağlıdır. Hedeflenen bileşiğin polaritesi, çözücü seçimi için en önemli faktördür (Bosiljkov vd., 2017).

Daha önceki çalışmalarda öğütülmüş bitki materyallerinden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunun daha kolay ve hızlı geçiş sağladığı belirlenmiştir (Coşkun, 2022; Şengül vd., 2024). Bu yüzden yapılan çalışmada, öğütülmüş yeşil çay yapraklarının farklı çözücülerle (su, etanol:su ve metanol:su) elde edilen ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri (DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC yöntemleriyle), toplam fenolik madde (TFM) ve toplam flavonoid (TF) miktarları açısından mukayesesi amaçlanmıştır. Bu sayede farklı çözücülerin yeşil çayda bulunan biyoaktif bileşikler ne kadar ekstrakte ettikleri, bu bileşiklerin ekstrakta ne kadar geçtikleri belirlenmiş olacaktır. Böylece dünya genelinde son yıllarda oldukça fazla tüketilen yeşil çayın su infüzyonunun içecek olarak tüketilmesinin yanı sıra farklı çözücülerle (etanol:su ve metanol:su) elde edilen ekstraktlarının da antioksidan aktiviteleri, TFM ve TF miktarları belirlenerek, bu ekstraktların gıda, ilaç ve kozmetik sanayiinde kullanımına katkıda bulunulacaktır.

Materyal ve Metod

Materyal

Araştırmada kullanılan organik yeşil çay, Çaykur Çay İşletmesi'nden (Erzurum/Türkiye) temin edilmiştir.

Metot

Öğütme ve Eleme

Yeşil çay yaprakları waring blender (HGBWTS3, USA) yardımıyla öğütüldükten sonra 1 mm çapındaki elekten geçirilmiş ve ekstraksiyonda kullanılmıştır.

Ekstraksiyon İşlemi

Ekstraksiyon işlemi Topdaş tarafından önerilen metoda (2018) göre gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyonda saf su, %80 etanol (etanol:su, 80:20 v/v) ve %80 metanol (metanol:su, 80:20 v/v) çözücüler kullanılmıştır. Ekstraksiyon için öğütülmüş ve elenmiş yeşil çay yapraklarından 2'şer g tartılarak 100'er mL'lik erlenmayerlere aktarılmıştır. Üzerlerine ayrı ayrı; 30'ar mL saf su, etanol: su, metanol: su ilave edilmiş ve ağzları parafilm ile kapatılarak 35°C'de 20

saat çalkalamalı su banyosunda (JSSB-30T, JSR, Korea) 90 rpm'de karıştırılmıştır. Daha sonra kaba filtre kağıdı yardımıyla süzülen ekstraktlar 6.000 rpm'de, 4°C'de, 15 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen ekstraktlar Whatman No: 1 filtre kağıdından süzülerek analizler yapılncaya kadar -20°C'de karanlıkta muhafaza edilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Tayini (TFM)

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemi Meda et al., belirttikleri yöntem (2005) göre belirtilen saptanmıştır. Bu amaçla 0,1 mL ekstrakt tüplere aktarıldıktan sonra üzerlerine 2,5 mL 0,2 N FCR (Folin-Ciocalteu reaktifi) eklenerek tüp içerikleri vorteks (Heidolph Reax Top, D-91126 Schwabach, Germany) yardımı ile karıştırılmıştır. Daha sonra tüpler 3 dakika inkübasyona bırakılmış ve ardından 2 mL %7,5 Na₂CO₃ ilave edilerek tekrar vortekslenmiştir. Örnekler ışık almayan bir ortamda oda sıcaklığında 2 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra, UV-görünür spektrofotometrede (PG Instruments T60V, İngiltere) 760 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarı, farklı konsantrasyonlarda (10-500 ppm) gallik asit standardı kullanılarak hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi yardımıyla elde edilen denklem ($y=0,01x-0,0055$, $r^2=0,9951$) kullanılarak sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) olarak hesaplanmıştır.

Toplam Flavonoid (TF) Tayini

Toplam flavonoid tayini için ekstraktlardan 0,25 mL tüplere alınarak üzerlerine 1,25 mL saf su, 0,075 mL 0,05 g/mL NaNO₂ eklenip vortekslenerek 6 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra üzerlerine 0,15 mL 0,1 g/mL AlCl₃·6H₂O ilave edilen tüpler vortekslenerek 5 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Ardından 0,5 mL 1 mol/L NaOH ilave edilip tekrar vortekslenerek 15 dakika karanlıkta oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda, örneklerin absorbansları 510 nm dalga boyunda spektrofotometrede (PG Instruments T60V, İngiltere) okunmuştur. Toplam flavonoid içeriğini hesaplamak için 10-500 mg/L kuersetin çözeltileri hazırlanarak kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve toplam flavonoid içeriği, bu kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklemle mg kuersetin eşdeğeri (mg QE/g) olarak hesaplanmıştır (Koçak vd., 2018; Zor vd., 2023).

Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

Analiz prensibi, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikalinin inhibisyonu sonucunda renkte oluşan değişimlerin 517 nm dalga boyunda ölçülmesine dayanmaktadır. DPPH çözeltisi (0,1 mM) metanolle hazırlanmıştır. İlk olarak 0,025 mL ekstrakt tüplere aktararak üzerlerine 2,475 mL 0,1 mM DPPH çözeltisi eklenip tüpler vortekslenildikten sonra 30 dakika karanlık ortamda, oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonrası absorbanslar, spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Kontrol olarak DPPH çözeltisi kullanılmıştır (Topdas vd., 2020).

Ekstraktların antioksidan aktivitesi inhibisyon yüzdesi olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir:

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [1 - (A_0/A_1)] \times 100$$

A₀: numunenin absorbansı

A₁: DPPH'in absorbansı

0,5-2,5 mM aralığında hazırlanan Trolox çözeltisi ile bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Sonuçlar, kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem kullanılarak mM Trolox eşdeğeri (TE)/100g olarak hesaplanmıştır.

ABTS Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu)) radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren bir örneğin eklenmesi sonucu radikalın temizlenmesine dayalı bir metottur. ABTS analizi, Re et al., önerdikleri metoda (1999) göre gerçekleştirilmiştir. Analizde 10-30 µg/mL ekstrakt tüplere aktarıldıktan sonra son hacim 2.5 mL olacak şekilde ABTS+ çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra karışım vortekslenerek 6 dakika karanlıkta oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmış ve sürenin sonunda örneklerin absorbansları 734 nm dalga boyunda spektrofotometrede saf sudan oluşan köre karşı okunmuştur.

Ekstraktların antioksidan aktivitesi inhibisyon yüzdesi olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir:

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [1 - (A_0/A_1)] \times 100$$

A₀: numunenin absorbansı

A₁: ABTS'nin absorbansı

0,5-2,5 mM aralığında hazırlanan Trolox çözeltisi ile bir kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve antioksidan aktivite kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem kullanılarak mM Trolox eşdeğeri (TE)/100g olarak hesaplanmıştır.

Analizde ekstraktlardan tüplere 25 µL aktarılmış ardından FRAP çözeltisi ile tüplerin son hacmi 2,5 mL'ye tamamlanarak tüpler vortekslenmiş ve 4 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyondan sonra spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Trolox çözeltisi ile kalibrasyon eğrisi çizilerek sonuçlar mM TE/g olarak verilmiştir.

CUPRAC Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

CUPRAC (bakır (II) iyonu indirgenme antioksidan kapasitesi) metodu için, 100 µl ekstrakta sırasıyla 1 mL saf su 1 mL 10 mm bakır (II) klorür, 1 mL 7,5 mm neokuproin ve 1 mL 1 M amonyum asetat ilave edilip hacim 4.1 mL olmuştur. Vortekslenen deney tüpleri oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dakika inkübasyona bırakıldıktan sonra spektrofotometrede 450 nm dalga boyunda absorbansları köre karşı okunmuştur. Kör olarak etanol kullanılmış, trolox standart eğrisi kullanılarak örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri belirlenmiştir. Sonuçlar mM TE/g olarak ifade edilmiştir (Kamiloğlu, 2019).

İstatistiksel Analiz

Üç tekrarlar elde edilen veriler SPSS 20.0 (IBM SPSS Corp., Armonk, NY, ABD) programında analiz edilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar standart sapmayla ortalama değerler (±SD) olarak ifade edilmiştir. Ortalamalar arasındaki anlamlı grup farklılıklarını ($p < .05$, $p < .01$) belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış, ortalama değerleri karşılaştırmak için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

Tartışma

Toplam Fenolik Madde (TFM) ve Toplam Flavonoid (TF) Miktarları

Farklı çözücüler kullanılarak elde edilen yeşil çay ekstraktlarının TFM, TF miktarları ve antioksidan aktivitelerine (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) ait analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.*Yeşil çay ekstraktlarının TFM, TF miktarları ve antioksidan aktiviteleri (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC)*

Çözücü	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g)	Toplam Flavonoid (mg QE/g)	DPPH (mM TE/100g)	ABTS (mMTE/100g)	FRAP (mM TE/g)	CUPRAC (mM TE/g)
Etanol: su	195,86±8,76 ^a	178,28±1,22 ^a	74,77±2,10 ^a	190,35±7,20 ^a	11,42±0,05 ^a	1,33±0,01 ^b
Metanol:su	177,29±9,21 ^b	155,92±4,13 ^b	61,48±3,01 ^b	192,14±3,45 ^a	10,68±1,01 ^a	1,50±0,05 ^a
Su	84,82±0,90 ^c	76,14±2,96 ^c	29,87±0,70 ^c	114,80±6,55 ^b	5,09±0,16 ^b	0,84±0,03 ^c
Önem Seviyesi	**	**	**	**	**	**

Ortalamaları verilen örneklerin istatistiksel olarak önem seviyesi $**p<,01$ düzeyinde çok önemli seviyededir. a-c Aynı sütundaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir. DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, ABTS: 2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu), FRAP: Demir (III) indirgeme Antioksidan Gücü, CUPRAC: Bakır (II) iyonu indirgenme antioksidan kapasitesi

Tablo 2.*Yeşil çay ekstraktlarının TFM, TF miktarları ve antioksidan aktivitelerine (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) ait korelasyon sonuçları*

Özellikler	Toplam Fenolik Madde	Toplam Flavonoid	DPPH	ABTS	FRAP
Toplam Flavonoid	0,999*				
DPPH	0,991	0,997			
ABTS	0,984	0,974	0,952		
FRAP	0,999*	0,995	0,983	0,992	
CUPRAC	0,918	0,896	0,856	0,974	0,937

*: $p<,05$ düzeyinde önemli seviyededir. DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, ABTS: 2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu), FRAP: Demir (III) indirgeme Antioksidan Gücü, CUPRAC: Bakır (II) iyonu indirgenme antioksidan kapasitesi

Çay ekstraktlarının TFM ve TF miktarlarının çözücü çeşidine göre istatistiki olarak $p<,01$ seviyesinde farklı olduğu belirlenmiştir. Ekstraktların TFM içeriği en yüksek etanol ekstraktında (195,86±8,76 mg GAE/g), en düşük (84,82±0,90 mg GAE/g) ise su ekstraktında tespit edilmiştir (Tablo 1). Polifenolik bileşiklerin yeşil çay yapraklarından ayrılmasında, ekstraksiyonda kullanılan çözücünün önemli etkisi vardır. Çünkü çözücü ile çözünen maddeler arasındaki etkileşim, verim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Donlao ve Ogawa, 2018; Lorenzo ve Muneke, 2016). Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılan çözücünün polaritesi belirleyici bir faktördür. Polifenoller yapılarından dolayı farklı derecelerde polariteye sahip olabilirler. Su gibi yüksek polar çözücüler, gallik asit ve bazı kateşinler gibi düşük molekül ağırlıklı ve hidrofilik fenolik bileşikler çözmede etkilidirler. Ancak daha lipofilik yapıya sahip flavonoid aglikonları veya kompleks polifenollerin çözünmesinde yetersiz kalabilir. Buna karşılık, orta düzeyde polariteye sahip etanol-su ve metanol-su çözeltileri hem polar hem de orta derecede apolar bileşikler çözebildiğinden, daha fazla çeşitte fenolik maddelerin ekstrakte edilmesini sağlar. Bu durum çalışmada etanol-su ekstraktlarının ve metanol-su ekstraktlarının TFM içeriğinin, yalnızca su kullanılan ekstraktlara göre yüksek olmasını açıklamaktadır.

Turkmen vd. (2007) yürüttükleri çalışmada etanol, metanol ve bunların %50 sulu çözeltileriyle siyah çay ekstraktı hazırlamışlardır. Çalışma sonucunda %50 etanol kullanılarak elde edilen ekstraktın, %50 metanol kullanılarak elde edilene göre daha yüksek miktarda TFM içerdiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, en düşük polifenolik madde miktarı %100 etanol ve metanol çözücülerini kullanılarak elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonuçlarına göre kullanılan çözücünün polaritesine göre, çeşitli ekstraktların polifenol içeriklerinin farklılaştığını ve saf çözücülere oranla sulu olanlarının toplam fenolik bileşiklerin elde edilmesinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Lapornik vd. (2005) yaptıkları çalışmada, siyah ve kırmızı frenk üzümü yan ürünlerinden ekstrakte edilen örneklerin antioksidan ve TFM değerlerine çözücünün ve ekstraksiyon süresinin etkisini araştırmışlardır. Kırmızı frenk üzümü ekstraktlarının 24 saatlik ekstraksiyon sonrasında TFM içeriklerinin en yüksekten düşüğe doğru %70 etanol, %70 metanol ve su olduğunu belirlemişlerdir. Otağ (2023), farklı oranlarda etanol-su (%50, %80 ve %96) ve su ile ekstrakte edilen siyah çay ve siyah çay atığı ekstraktları arasında en yüksek TFM içeriğini %80 etanol içeren ekstraktlarda, en düşük TFM içeriğini ise su ekstraktlarında belirlemiştir. Arıduro ve Arabacı (2013) yaptıkları çalışmada ciğertaze otu (*Salvia officinalis*) bitkisinin etanol, metanol, aseton ve etil asetat

ekstraktlarının TFM miktarlarını belirlemişlerdir. Çiğertaze otu ekstraktlarının TFM içerikleri, en yüksek etanol ekstraktında (43.55 mg GAE/g ekstrakt) daha sonra metanol ekstraktında (23.62 (mg GAE/g ekstrakt) belirlenmiştir. Yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarla (Ariduru ve Arabacı, 2013; Lapornik vd., 2005; Otağ, 2023; Turkmen vd., 2007) benzerlik göstermektedir. Mevcut çalışmamızda da etanol-su çözücüsünün metanol-su ve su çözücülerine göre polifenolik maddeleri daha iyi çözdüğü belirlenmiştir (Tablo 1).

Erol vd. (2009) yaptıkları çalışmada, etanol, metanol ve su ile elde ettikleri yeşil çay ekstraktlarında TFM konsantrasyonlarını metanol (283,6±3,96 mg GAE/g)>etanol (276,5±11,70 mg GAE/g) > su (204,4±3,02 mg GAE/g) olarak belirlemişlerdir. Donlao and Ogawa (2018) yaptıkları çalışmada, kurutulmuş ve öğütülmüş yeşil çayları %70'lik (v/v) metanolle ve sıcak su ile ekstrakte etmişler ve metanol ekstraksiyonunun sıcak su ekstraksiyonundan daha verimli olduğunu belirlenmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da daha önceki araştırma (Donlao ve Ogawa, 2018; Erol vd., 2009) sonuçlarına benzer olarak metanol ve etanol ekstraktlarının suya göre daha yüksek polifenolik madde geçişine neden olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Yapılan çalışmada TF içeriği en yüksek etanol ekstraktlarında (178,28±1,22mg QE/g) tespit edilmiş, bunu metanol ekstraktı (155,92±4,13 mg QE/g) ve saf su ekstraktı (76,14±2,96 mg QE/g) takip etmiştir (Tablo 1). Friedman et al. (2006) yaptıkları çalışmada %80 etanol ekstraktlarında, sadece sıcak su ekstraktlarına göre HPLC yöntemi ile daha yüksek miktarda flavonoid tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Bayram ve Topuz (2023)'ün madımak (*Polygonum cognatum Meissn.*) ile ilgili yaptıkları çalışmada, %50 metanol ekstraktının TF içeriğinin saf su ve %100 metanol ekstraktlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmamızda da etanol-su ekstraktının metanol-su ve su ekstraktlarına göre daha yüksek miktarda TF içermesiyle (Tablo 1) Friedman vd. (2006) ve Bayram ve Topuz (2023)'ün sonuçlarıyla uyum içindedir. Friedman et al., (2006) yaptıkları çalışmada su-etanol ile daha yüksek ekstraksiyon verimliliğinin sağlanmasının nedeninin hem çay türünden hem de bireysel flavonoidlerin kimyasal yapısından kaynaklanıyor olabileceğini bildirmişlerdir.

Antioksidan Aktivite

Öğütülmüş yeşil çay ekstraktlarının DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenen antoksidan aktiviteleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de ekstraktların antioksidan aktivitelerinin çözücüye göre istatistiki olarak $p<0.01$ seviyesinde çok önemli seviyede farklı olduğu

görülmektedir. Ekstraktların DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi en yüksek etanol-su, en düşük ise su ekstraktlarında tespit edilirken; CUPRAC metoduna göre en yüksek antioksidan aktivite metanol-su ve en düşük su ekstraktlarında tespit edilmiştir. ABTS ve FRAP aktiviteleri en yüksek metanol-su ve etanol-su ekstraktlarında istatistiksel olarak birbirine benzer ve su ekstraktlarından daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Yani, bu araştırmada uygulanan dört antioksidan tayin yönteminde de su ile ekstrakte edilen örneklerin etanol-su ve metanol-su ekstraktlarından daha düşük antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 1).

Lapornik vd. (2005), yaptıkları araştırmada etanol ve metanol ekstraktlarının, su ekstraktlarına göre daha yüksek toplam polifenol, flavonoid ve antioksidan aktivite gösterdiğini, bunun nedeninin de, metanol ve etanolün sudan daha az polar çözücüler olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu da, etanol ve metanolün polar olmayan karakterdeki hücrelerden, hücre duvarlarının parçalanması ile polifenollerin salınmasında daha etkili oldukları anlamına gelmektedir.

Etanol ve metanol birçok antioksidan bileşik sınıfını çok iyi çözen birer çözücüdürler ancak su ile ekstraksiyon çok daha hızlı, daha ucuzdur ve su ekstraktındaki herhangi bir çözücü kalıntısı insan sağlığı için herhangi bir toksik etkiye neden olmamaktadır (Campanella vd., 2006).

Turkmen et al. (2006)'nın yaptıkları araştırmada, farklı organik çözücülerin (su, aseton, dimetilformamid, etanol, metanol) farklı konsantrasyonları (%50, %80 ve %100) ile hazırlanan siyah ve mate çaylarının en yüksek antioksidan aktiviteyi %50 etanol ekstraktlarının gösterdiği, bunu %50 metanol ve ardından suyun takip ettiği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada DPPH radikallerine karşı en güçlü özellikleri metanol özütleri göstermiştir, en zayıf aktiviteyi yeşil çayın su özütleri göstermiştir (Druzyńska vd., 2007). Balaban vd. (2022), siyah çay üretiminin farklı aşamalarında çay örneklerinin bazı fiziksel ve biyoaktif özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, taze siyah çay yapraklarının etanol ekstraktlarının DPPH aktivitelerinin saf su ekstraktlarının DPPH aktivitelerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yu vd. (2005), yeşil çay etanol ekstraktlarının (2,46±0,03 mM Trolox/mM toplam fenolik) su ekstraktlarına (1,91±0,03 mM Trolox/mM toplam fenolik) göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Otağ (2023), yaptığı çalışmada, en yüksek ABTS antioksidan aktivitesini %80 etanol ile ekstrakte edilen siyah çay (2,59±0,06 $\mu\text{mol TE/mg}$) ve siyah çay atığında (2,23 $\mu\text{mol TE/mg}$) belirlerken, en düşük antioksidan kapasiteyi su ile ekstrakte edilen siyah çay atığında

(0,72±0,02 µmol TE/mg) belirlemiştir. Donlao and Ogawa (2018), yaptıkları çalışmada, öğütülmüş kurutulmuş yeşil çay örneklerini %70'lik (v/v) metanolle ve sıcak su ile ekstrakte etmişlerdir. %70 metanol ekstraktında, DPPH ve FRAP aktiviteleri sırasıyla, 1454 µmol TE/g kuru örnek ve 3370 µmol FeSO₄/g kuru örnek; sıcak su ekstraktında ise DPPH ve FRAP sırasıyla 930 µmol TE/g kuru örnek ve 2609 µmol FeSO₄/g kuru örnek olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada Campanella vd. (2006), yeşil çay, siyah çay ve açainin ekstraksiyonunda su ve metanol çözücülerini kullanmışlardır. Tüm çayların metanol ekstraktlarının en yüksek toplam antioksidan aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yaptığımız araştırmada elde ettiğimiz sonuçların, daha önce yapılan araştırmalara benzer olarak, etanol ve metanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin su ekstraktlarından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Toplam fenolik madde miktarı ile toplam flavonoid miktarı arasında $p<0,05$ seviyesinde önemli düzeyde pozitif korelasyon ($r=0,999$) tespit edilmiştir (Tablo 2). Kamiloğlu (2019)'nun yaptığı bir araştırmada da toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarları arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir ($r=0,838$). Ayrıca mevcut çalışmada toplam fenolik madde miktarı ile FRAP aktivitesi arasında $p<0,05$ seviyesinde önemli düzeyde pozitif korelasyon ($r=0,999$) bulunmuştur (Tablo 2). Donlao ve Ogawa (2018), polifenolik içeriği yüksek çay ekstraktı örneklerinin yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduklarını göstermiştir. Buna göre yeşil çay ekstraktlarındaki polifenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteye önemli düzeyde katkıda bulunduğu söylenebilir.

Sonuç ve Öneriler

Yeşil çay içeriğindeki biyoaktif bileşenler nedeniyle güçlü antioksidan özellik göstermekte olup, bu nedenle oksidatif stresi önleme ve vücudu birçok hastalığa karşı koruma özelliğine sahiptir. Yapılan bu araştırmada da farklı çözücülerle (etanol:su, metanol:su ve su) ekstrakte edilen yeşil çayın polifenolik madde ve antioksidan aktivitesi araştırılmış; araştırma sonucunda farklı çözücülerin polifenolik maddeleri ve diğer antioksidan maddeleri farklı seviyelerde ekstrakte ettiği; etanol:su ve metanol:su ekstraktlarının, su ekstraktlarından daha fazla olmak üzere, yüksek miktarda TFM, TF içerdikleri ve yüksek antioksidan aktivitesine sahip oldukları tespit edilmiştir. Böylece, yeşil çayın su infüzyonunun içecek olarak kullanılmasının yanı sıra, etanol:su ve metanol:su ekstraktlarının da yüksek antioksidan aktivite, TFM, TF içerikleri nedeniyle gıda, sağlık ve kozmetik alanlarında kullanımı artırılarak hem üretici hem tüketici açısından toplumsal katkı sağlanabilir. Ayrıca, daha kapsamlı araştırmalarla, farklı çözücü, konsantrasyon ve ekstraksiyon süresi vb. parametrelerle yapılacak olan

analizlerle, çayın içerdiği fonksiyonel maddelerin ekstraksiyonunun optimize edilmesi gerekmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir-M.Ş.; Tasarım- Z.B., İ.A.K.; Denetleme- M.Ş.; Kaynaklar- Z.B.,İ.A.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi Z.B.; Analiz ve/veya Yorum- Z.B.,İ.A.K.; Literatür Taraması- Z.B.; Yazıyı Yazan-M.Ş.,Z.B.; Eleştirel İnceleme- M.Ş.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma Atatürk Üniversitesi BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2024-13944. İsa Arslan KARAKÜTÜK, TÜBİTAK BİDEB 2211/A Ulusal Doktora Burs Programı tarafından desteklenmektedir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept-M.Ş.; Design-Z.B., İ.A.K.; Supervision-M.Ş.; Resources-Z.B.,İ.A.K.; Data Collection and/or Processing-Z.B.; Analysis and/or Interpretation-Z.B.,İ.A.K.; Literature Search-Z.B.; Writing Manuscript -M.Ş.,Z.B.; Critical Review-M.Ş.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: This study was supported by the Atatürk University Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP), Project No: FYL-2024-13944. İsa Arslan KARAKÜTÜK is supported by the TÜBİTAK BİDEB 2211/A National Doctoral Scholarship Program.

Kaynaklar

- Aktaş, B., & Malayoğlu, H. B. (2019). Comparison of phenolic compounds and antioxidant activities of the extracts of grape seed, rosemary, green tea and olive leaf. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1), 81-90. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.431192>
- Alikılıç, D. (2016). Çay'ın Karadeniz Bölgesi için önemi ve tarihi seyri. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 11(21), 269-280. <https://doi.org/10.18220/kid.277672>
- Arıdur, R., & Arabacı, G. (2013). Ciğertaze otu (*Salvia officinalis*) bitkisinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 241-246.
- Balaban, O. T., Kamiloğlu, A., & Kara, H. H. (2022). Changes of some bioactive and physicochemical properties during the black tea processing. *Journal of Food Science*, 87(6), 2474-2483. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16151>
- Bayram, M., & Topuz, S. (2023). Madımaktan (*Polygonum cognatum* Meissn.) yanıt yüzey yöntemi kullanılarak fenolik bileşik ekstraksiyonunun optimizasyonu. *Gıda*, 48(1), 118-129. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22104>
- Bosiljkov, T., Dujmić, F., Bubalo, M. C., Hribar, J., Vidrih, R., Brnčić, M., Zlatic, E., Redovniković, I. R., & Jokić, S. (2017). Natural deep eutectic solvents and

- ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins. *Food and Bioproducts Processing*, 102, 195-203. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.12.005>
- Campanella, L., Martini, E., Rita, G., & Tomassetti, M. (2006). Antioxidant capacity of dry vegetal extracts checked by voltammetric method. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 4(1), 135-144.
- Çamuroğlu, A. G. (2018). *Nar kabuğu ve siyah havuç posasından fenolikbileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyonu: Kinetik modelleme ve optimizasyon* (Tez No. 547398). [Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Chebbi, H. (2022). *Farklı hasat döneminde toplanmış taze çay yaprağının biyoaktif bileşiklerinin optimize edilerek belirlenmesi ve invitro biyoerişilebilirliğinin araştırılması* (Tez No. 739403). [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Coşkun, B. A. (2022). *Bazı yenilebilir çiçeklerin bitkisel çay olarak kullanımı* (Tez No. 739627). [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Donlao, N., & Ogawa, Y. (2018). Impacts of processing conditions on digestive recovery of polyphenolic compounds and stability of the antioxidant activity of green tea infusion during gastrointestinal digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 648-656. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.051>
- Drużyńska, B., Stępniewska, A., & Wołosiak, R. (2007). The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(1), 27-36.
- Erol, N., Sarı, F., Polat, G., & Velioğlu, Y. S. (2009). Taze çay yaprağı ve yeşil çayın ekstrakt ve fraksiyonlarının antioksidan ve antibakteriyel etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(4), 371-378. <https://doi.org/10.1501/Tarimbil.0000001113>
- Friedman, M., Levin, C. E., Choi, S. H., Kozukue, E., & Kozukue, N. (2006). HPLC analysis of catechins, theaflavins, and alkaloids in commercial teas and green tea dietary supplements: comparison of water and 80% ethanol/water extracts. *Journal of Food Science*, 71(6), 328-337. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00090.x>
- Handa, S. S. (2008). An Overview of Extraction Techniques for Medicinal and Aromatic Plants In S. S. Handa, S. P. S. Khanuja, G. Longo, & D. D. Rakesh (Eds.), *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants* (pp. 21-33). United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology.
- Kamiloğlu, S. (2019). Endüstriyel dondurma işlemi ve in vitro gastrointestinal sindirim sırasında taze fasulyenin fenoliklerinde, flavonoidlerinde ve antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler. *Akademik Gıda*, 17(2), 176-184. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613559>
- Khan, S. U., Khan, S. U., Alissa, M., Kamreen, H., Khan, W. U., Alghamdi, S. A., Al-Shahari, E. A., Albakri, G. S., Abouzied, A. S., & Khan, D. (2025). Comparative analysis of polyphenol contents in green tea infusions extracted by conventional and modern extraction techniques and optimization of the ultrasonic-assisted extraction parameters by response surface methodology. *Microchemical Journal*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.112380>
- Koçak, E., Demircan, E., & Özçelik, B. (2018). Antioxidant capacities and phenolic profiles of Ottoman strawberry fruit and Ottoman strawberry jam. *Ecological Life Sciences*, 13(3), 119-130. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.5A0101>
- Lapornik, B., Prošek, M., & Wondra, A. G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71(2), 214-222. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.036>
- Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(8), 709-719. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.06.010>
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>
- Mehrabi, M., Amiri, M., Razavi, R., Najafi, A., & Hajian-Tilaki, A. (2025). Influence of varied processing methods on the antioxidant capacity, antibacterial activity, and bioavailability of Iranian black, oolong, and green leafy teas. *Food Chemistry*, 464, 141793. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141793>
- Meterc, D., Petermann, M., & Weidner, E. (2007). Extraction of green tea and drying with a high pressure spray process. *Hemijaska industrija*, 61(5), 222-228.

- <https://doi.org/10.2298/HEMIND0704222M>
- Otağ, M. (2023). Siyah Çay ve Siyah Çay Atığı Örneklerinin Farklı Çözgen konsantrasyonlarında Elde Edilen Ekstraktlarının Biyoaktif Özellikleri ve Antimikrobiyel Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(1), 80-87. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226432>
- Peğal, A., Drózd, P., Biesaga, M., & Pyrzynska, K. (2012). Screening of the antioxidant properties and polyphenol composition of aromatised green tea infusions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2244-2249. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5611>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rusak, G., Komes, D., Likic, S., Horzic, D., & Kovac, M. (2008). Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*, 110(4), 852-858. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.072>
- Şengül, M., Aksoy, S., & Karakütük, İ. A. (2024). İnfüze Zeytin Yapağı Çayının Bazı Fiziksel Özellikleri ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine İnfüzyon Sıcaklığı ve Partikül Büyüklüğünün Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(3), 1128-1143. <https://doi.org/10.21597/jist.1441476>
- Şengül, M., & Topdaş, E. F. (2019). Katı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılan modern teknikler ve bu teknikler arasında ultrason yardımcı ekstraksiyonun yeri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 201-216. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.466649>
- Średnicka-Tober, D., Kazimierczak, R., Rembiałkowska, E., Stok, T., Świąder, K., & Hallmann, E. (2017). Bioactive compounds in organic apple juices enriched with chokeberry and green tea extract. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 62(4).
- Tengilimoğlu, M. M., & Büyüktuncer, Z. (2011). Çay ve sağlıkla ilişkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 39(1-2), 59-65.
- Topdaş, E. F. (2018). *Çaşırın (Ferula orientalis L.) esansiyel yağı ile farklı ekstraktlarının antioksidan, antimikrobiyal ve in vitro nöroprotektif aktivitelerinin araştırılması*, Atatürk Üniversitesi
- Fen Bilimleri Enstitüsü* (Tez No. 512042). [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Topdas, E. F., Sengul, M., Taghizadehghalehjoughi, A., & Hacimuftuoglu, A. (2020). Neuroprotective potential and antioxidant activity of various solvent extracts and essential oil of *Ferula orientalis* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(1), 121-138. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1729247>
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99(4), 835-841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.034>
- Turkmen, N., Velioglu, Y. S., Sari, F., & Polat, G. (2007). Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules*, 12(3), 484-496. <https://doi.org/10.3390/12030484>
- Ünalın, D. (2022). *Yeşil çay yaprağından fenolik maddelerin box-behnken deneme deseni kullanılarak ekstraksiyonu ve çay polifenollerile zenginleştirilmiş kraker üretiminin araştırılması* (Tez No. 739402). [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yağcıoğlu, P. (2015). *Farklı ekstraksiyon metotları ile adaçayı (Salvia officinalis L.) bitkisinden antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu* (Tez No. 421022). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yu, J. M., Ahmedna, M., & Goktepe, P. (2005). Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. *Food Chemistry*, 90(1-2), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.048>
- Zor, M., Şengül, M., Karakütük, İ. A., & Aksoy, S. (2023). Investigation about Various Infusion Conditions on Physical, Chemical and Antioxidant Properties of *Clitoria ternatea* L. Tea. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 1738-1754. <https://doi.org/10.21597/jist.1267541>

Assessment of Knowledge and Attitudes on Dietary Supplement Use: Scale Development and Application Among University Students

Gıda Takviyesi Kullanımına İlişkin Bilgi ve Tutumların Değerlendirilmesi: Ölçek Geliştirme ve Üniversite Öğrencileri

Yusuf ÖZTÜRK¹



Department of Hotel, Restaurant and Catering Services, Ardahan University, Vocational School of Technical Sciences, Ardahan, Türkiye



ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate university students' attitudes and understanding about the usage of vitamin and mineral supplements. The study was conducted on 359 students studying at Ardahan University using a cross-sectional descriptive method. Data were collected through a questionnaire, and the validity and reliability of the measurement tool were analyzed. Exploratory Factor Analysis was performed to validate the structure and reliability of the measurement tool, with Cronbach's Alpha values confirming its robustness. For statistical analyses, t-tests and chi-square tests were used. According to the findings, 22.6% of the participants reported using supplements. The most preferred supplements were vitamin B12 (23.7%) and iron (19.8%). The most common reason for supplement use was health protection and improvement (35.9%). Additionally, 33% of the students with adequate knowledge about nutrition used supplements, while only 15.9% of those with inadequate knowledge used supplements ($p < .001$). These results indicate that the level of awareness significantly affects the use of supplements. The study concludes that awareness levels play a critical role in the use of supplements and highlights the need to increase awareness of healthy nutrition among university students. It emphasizes the importance of educational programs to promote conscious supplement use and healthy eating habits among young adults.

Keywords: dietary supplements, students, vitamins, attitude to health, nutritional status

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, üniversite öğrencilerinin vitamin ve mineral takviyesi kullanımına yönelik tutumlarını ve bilgi düzeylerini incelemektir. Çalışma, Ardahan Üniversitesi'nde öğrenim gören 359 öğrenci üzerinde kesitsel tanımlayıcı yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler anket yoluyla toplanmış ve ölçüm aracının geçerlilik ve güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Ölçüm aracının yapı ve güvenilirliğini doğrulamak için Açıklayıcı Faktör Analizi uygulanmış ve Cronbach Alfa değerleri ölçme aracının kullanılabilirliğini doğrulamıştır. İstatistiksel analizler için t-testi ve ki-kare testi kullanılmıştır. Bulgulara göre, katılımcıların %22,6'sı gıda takviyesi kullanmaktadır. En çok tercih edilenler %23,7 ile B12 vitamini ve %19,8 ile demir olmuştur. Takviye kullanımının en yaygın nedeni %35,9 ile sağlık koruma ve iyileştirme olarak belirlenmiştir. Ayrıca, beslenme konusunda yeterli bilgiye sahip öğrencilerin %33'ü takviye kullanırken, yetersiz bilgiye sahip olanların yalnızca %15,9'u takviye kullanmıştır ($p < ,001$). Sonuçlar, farkındalık düzeyinin takviye kullanımını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Sağlıklı beslenme farkındalığının artırılması, bilinçli takviye kullanımını teşvik etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, genç yetişkinler arasında bilinçli takviye tüketimini ve sağlıklı beslenme alışkanlıklarını teşvik etmeye yönelik eğitim programlarına duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: gıda takviyeleri, öğrenciler, vitaminler, sağlığa karşı tutum, beslenme durumu

Geliş Tarihi/Received 24.06.2025
Revizyon Talebi / Revision Requested 24.09.2025
Son Revizyon / Last Revision 24.09.2025
Kabul Tarihi/Accepted 29.09.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 15.10.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Yusuf ÖZTÜRK

E-mail: yusufozturk000@hotmail.com

Cite this article: Öztürk, Y. (2025).

Assessment of Knowledge and Attitudes on Dietary Supplement Use: Scale Development and Application Among University Students. *Food Science and Engineering Research*, 4(2), 49-59.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Introduction

Food supplements are defined as products that are concentrations, metabolites, compounds or combinations of one or more vitamins, minerals, plants (excluding tobacco) or amino acids consumed for dietary support by the 'American Dietary Supplement Health and Education Administration' in 1994 (Geller et al., 2015; Rautiainen et al., 2016). Vitamins D, E, A, C, B6, B12, thiamine, biotin, niacin, folate, riboflavin and pantothenic acid; minerals, chromium, iron, manganese, zinc, magnesium, calcium, selenium, copper and iodine; plants, garlic, ginkgo, dandelion, chamomile, thistle, pepper, valerian, yohimbe, and guarana; amino acids; and a variety of food supplements, including bone meal, fish oil, bee pollen, blue-green algae and melatonin, are all included in the 1994 Dietary Supplements Health and Education Act (DSHEA) (Camire & Kantor, 1999).

The concentrated nutrients found in nutritional supplements can prevent, relieve, improve, or affect the body's physiological functions (Barnes et al., 2016). For a variety of performance-enhancing, aesthetic, or health issues, including balancing their diet, making up for vitamin deficits in their diet or exercise, or enhancing their look, health, or mental state, people may also resort to food supplements (Petroczi et al., 2011).

Natural foods and a balanced/adequate diet can help people maintain their health and vitality. People's diets may change for various reasons (such as high work pace and population growth) and they may need food supplements. On the other hand, as the communication network has grown, the need for dietary supplements has also increased. The perception that dietary supplements are all-natural, safe and widely available (no prescription needed, easily accessible online and/or in supermarkets) are other factors driving the growing demand (Kanak et al., 2021).

According to studies, almost 75% of people in developed nations use one or more dietary supplements, demonstrating the widespread use of these products (Bailey et al., 2011; Timbo et al., 2006). According to a survey done in Turkey, 40.8% of college students used nutritional supplements (Tunçer et al., 2020). The advantages of dietary supplements for different groups are unknown, despite their widespread use. Dietary supplements carry a number of known risks, such as ingredient contamination, unforeseen repercussions, and unanticipated adverse effects. Moreover, deceptive

nutritional labeling and health claims may be used in supplement advertising (Harrison et al., 2003; Harvey et al., 2008).

Today, many people use dietary supplements to make sure they get enough nutrients, to be healthier and more active, to cure or prevent diseases, or both. In other words, there is an uncontrolled use of dietary supplements. The safety of such uncontrolled use of dietary supplements should be questioned (ER, 2019).

This study examines university students' knowledge and attitudes toward vitamin and mineral use. The rising popularity of dietary supplements has led to increased consumption, particularly among young adults. However, unconscious use poses health risks. Identifying knowledge gaps in this group, despite their access to information, is crucial for individual and public health. The study aims to assess students' knowledge levels and reasons for supplement use. The study also aims to develop recommendations to raise awareness of the use of dietary supplements among university students.

Material and Methods

Material

This study was conducted on 359 students studying at Ardahan University to analyse the knowledge levels and attitudes of university students about the use of vitamin and mineral supplements. The sample size was calculated using a formula from raosoft.com website (*Sample Size Calculator by Raosoft, Inc.*, n.d.). The study was designed as a cross-sectional descriptive study. Data were collected using a questionnaire. For the application of the questionnaire, ethics committee approval was obtained from Ardahan University with the date: September 30, 2024, decision numbered E-67796128-819-2400031862. Consent was obtained from all participants in the study.

Participants

Random sampling was used to choose the participants, and enrollment at the university where the study was carried out was a requirement for inclusion. Demographic information (gender, age, height, weight, marital status, health status) and questions related to vitamin-mineral use were collected with a questionnaire form.

Data Collection Instruments

The questionnaire used for data collection consists of

four main sections:

General Information: It includes demographic data such as gender, age, health status, dieting status of the participants.

Vitamin and Mineral Use: It includes questions such as the frequency of using vitamin and mineral supplements, reasons, which products they use and where they obtain these products.

Knowledge: It consists of statements that measure the level of knowledge of the participants about vitamins and minerals. Participants were asked to evaluate these statements with 'True', 'False' or 'I don't know' options.

Opinions: It includes questions about attitudes towards vitamin and mineral supplements. Participants rated this section on a five-point Likert scale (from 'Strongly Disagree' to 'Strongly Agree') (Delikanlı Akbay & Karakullukçu, 2024; Zaremba & Conduit-Turner, 2025).

Assessment of Knowledge Test

While evaluating the answers to the questions in the 'Knowledge' section of the research, the answers given by the participants were scored and average knowledge scores were obtained. Knowledge scores were calculated by giving 1 point for the 'correct' answer and 0 points for 'wrong' and 'I don't know', as is commonly done in the literature; the total score was obtained as the arithmetic sum of the relevant items (Manzano-Felipe et al., 2022). After the scoring, total scores were calculated and analysed in the 'Knowledge' section consisting of 20 questions.

Validity and Reliability Analysis of the Measurement Instrument

Exploratory Factor Analysis (EFA) was used to assess the measurement tool's validity. Principal components analysis and direct oblique rotation were applied, assuming a relationship between elements. Sample adequacy was evaluated with the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test, and the Bartlett Sphericity Test assessed item correlations (Büyükoztürk et al., 2012).

Reliability analyses of the scales were performed with Cronbach Alpha coefficient. The accepted lower value for the coefficient was determined as 0.60 (Mallery & George, 2010).

Statistical Analysis

IBM statistical program SPSS 21.0 (IBM SPSS Corp., Armonk, NY, USA) was used to analyze the data that was gathered. To assess whether the data conformed to a normal distribution, the Kolmogorov-Smirnov test was employed. The Pearson chi-square (χ^2) test and descriptive statistics (frequency, percentage, and mean) were used for categorical data, whereas the T-test (t) was used to analyze non-categorical variables between groups. For $p < .05$, the results were deemed statistically significant.

Results

Considering the demographic characteristics of the participants, 82.2% were female and 17.8% were male. In the distribution of students according to body mass index (BMI) groups, 79.7% were classified as normal weight, 12.3% as underweight and 8.1% as overweight. Most of the students (93.6%) stated that they did not diet and 51.8% stated that they did not take a course on nutrition. In addition, 61.3% of the participants stated that they had sufficient knowledge about vitamin/mineral supplements. (Table 1).

Table 1.
Demographic and personal characteristics of the study participants

Variables		n	(%)
Gender	Female	295	82.2
	Male	64	17.8
BMI Group	Underweight	44	12.3
	Normal	286	79.7
	Overweight	29	8.1
Diets	Chron Diet	6	1.7
	No Diet	336	93.6
	Weight Loss Diet	6	1.7
	Other Diets	11	3.2
Taking Nutrition Course	Yes	173	48.2
	No	186	51.8
Age group	18-20	100	27.9
	21-30	258	71.9
	30-40	1	0.3
Knowledge of supplements	Sufficient	139	38.7
	Insufficient	220	61.3

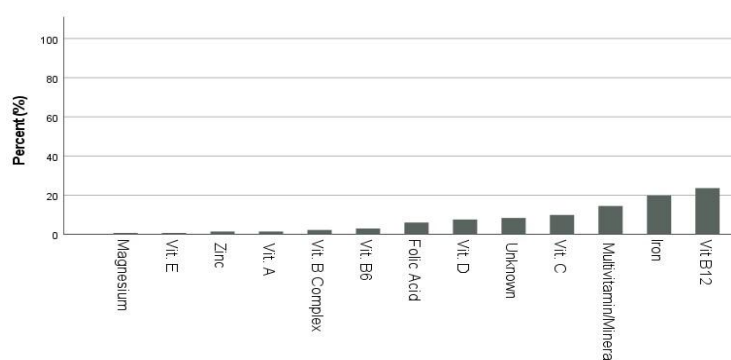
Among the main reasons for the use of vitamin and mineral supplements, 35.9% stated that they use supplements for health protection and improvement, 19% for energy supplementation and 14.8% for disease treatment. In addition, 24.6% of students who have anaemia problems also prefer these products (Table 2).

Table 2.
Reasons for Vitamin-Mineral Supplement Use of Participants

		n	(%)
Reasons for using vitamin/mineral supplements	Protecting and improving health	51	35.9
	Losing weight	1	0.7
	For Energy	27	19.0
	Anemia	35	24.6
	Physical appearance	7	4.9
	Treatment of disease	21	14.8

When the vitamin and mineral supplements used were analysed, 23.7% used vitamin B12, 19.8% used iron and 14.5% used multivitamin/mineral supplements. On the other hand, 8.4% stated that they did not have information about the content of supplements (Figure 1).

Figure 1.
Content of the vitamin-mineral supplement used



The data related to the results of the chi-square analysis performed by comparing the use of dietary supplements with various sociodemographic characteristics are as follows: 22.5% of the participants used dietary supplements, but there was no statistical difference in

terms of use according to gender. When the level of knowledge about supplements is evaluated, 33% of those with adequate knowledge use supplements and 67% do not use supplements. These rates were 15.9% and 84.1% in those with insufficient knowledge. The difference between supplement use and knowledge status was found to be statistically significant ($p < .001$) (Table 3).

Table 3.
Analysis of Sociodemographic Characteristics According to Dietary Supplement Use

		Supplementation Status	n	(%)	p
Gender	Male	Yes	14	21.8	.885
		No	50	78.1	
	Female	Yes	67	22.7	
		No	228	77.3	
Age group	18-20	Yes	25	25	.691
		No	75	75	
	21-30	Yes	56	21.7	
		No	202	78.3	
	30-40	Yes	0	0	
		No	1	100	
Diets	Yes	Yes	6	26	.676
		No	17	74	
	No	Yes	75	22.3	
		No	261	77.7	
BMI Group	Underweight	Yes	13	29.5	.285
		No	31	70.5	
	Normal	Yes	64	22.3	
		No	222	77.7	
	Overweight	Yes	4	13.7	
		No	25	86.3	
Taking Nutrition Course	Yes	Yes	36	20.8	.443
		No	137	79.2	
	No	Yes	45	24.1	
		No	141	75.9	
Knowledge of supplements	Sufficient	Yes	46	33	<.001*
		No	93	67	
	Insufficient	Yes	35	15.9	
		No	185	84.1	

*Results of chi-square analysis

Gender, chronic disease status, dieting status, taking a nutrition course and vitamin-mineral knowledge are important factors affecting the content of vitamin and mineral supplements used by students. Females used multivitamin/mineral ($p=.01$) and B12 ($p=.007$) supplements significantly more than males. Individuals with chronic diseases prefer iron ($p=.026$) and folic acid ($p<.001$) supplements more. Dietary status did not have a significant effect on supplement use in general. Students who did not take a nutrition course did not know the content of supplements and this was statistically significant ($p=.043$). Students with sufficient vitamin-mineral knowledge prefer multivitamin/mineral ($p=.025$), B12 ($p=.021$), vitamin C ($p=.021$), vitamin D ($p=.039$) and iron ($p<.0001$) supplements more (Table 4).

Table 4.*Analysis of the Vitamin-Mineral Supplement Content*

Supplement Content	Gender	Chronic Disease Condition	Diets	Taking Nutrition Course	Knowledge of supplements
	<i>p</i>				
Unknown	.421	.357	.712	.043*	.871
Multivitamin/Mineral	.01*	.382	.113	.136	.025*
Vitamin B6	.349	.582	.599	.356	.642
Vitamin B12	.007*	.053	.242	.250	.021*
B complex	.418	.634	.649	.611	.848
Folic Acid	.360	<.001*	.477	.644	.270
Vitamin C	.815	.224	.847	.881	.021*
Vitamin A	.509	.698	.711	.141	.074
Vitamin D	.694	.702	.401	.340	.039*
Vitamin E	.641	.784	.793	.334	.208
Iron	.193	.026*	.678	.314	<.001*
Magnesium	.641	.784	.064	.334	.208
Zinc	.233	.698	.711	.959	.074

***Results of chi-square analysis**

According to the other findings presented, gender, taking a nutrition course and vitamin-mineral knowledge have a important effect on students' knowledge scores. The knowledge scores of female participants were higher than those of male participants (mean 13.94 vs. 13.21), but this difference was not statistically significant. The knowledge scores of the students who took courses on nutrition were

significantly higher than those who did not (mean 15.06 vs. 12.64, $p<.001$). In addition, the knowledge scores of the students who thought that they had sufficient knowledge about vitamins and minerals were significantly higher than those who stated that they did not have sufficient knowledge ($p<.001$) (Table 5).

Table 5.*The Effect of Gender, Health Status and Other Factors on Knowledge Scores*

		n	Mean Knowledge Score	SD	<i>p</i>
Gender	Male	64	13.21	3.84	.118
	Female	295	13.94	3.22	
Chronic Disease Condition	Yes	25	13.96	3.96	.821
	No	334	13.80	3.30	

Table 5.*The Effect of Gender, Health Status and Other Factors on Knowledge Scores (Continued)*

Diets	Yes	23	14.21	3.37	.551
	No	336	13.78	3.35	
Taking Nutrition Course	Yes	173	15.06	2.78	<.001*
	No	186	12.64	3.41	
Knowledge of supplements	Sufficient	139	14.91	3.18	<.001*
	Insufficient	220	13.11	3.27	
Use of supplements	Yes	81	13.54	3.64	.411
	No	278	13.89	3.26	

*Results of the t-test analysis

Findings of the Validity and Reliability Analysis of the Scale

Exploratory Factor Analysis (EFA) was conducted to assess the construct validity and factor structure of the Vitamin and Mineral Knowledge Scale (VMKS) on vitamin and mineral supplement knowledge. Principal components analysis and direct oblique rotation were used, assuming variable correlation.

The sample was adequate for EFA, with a KMO value of **Figure 2.**

Results of the vitamin and mineral knowledge scale (VMKS) analysis

.803 and the lowest item-specific KMO at 0.881 (Field & Golubitsky, 2009). Bartlett's Test confirmed sufficient item correlations ($\chi^2(190) = 970.342$; $p < .05$).

EFA identified a 7-factor structure explaining 55.4% of the variance, with sub-dimensions contributing 18.8%, 7.8%, 6.5%, 5.8%, 5.7%, 5.4%, and 5.1%, respectively. Factor loadings were all ≥ 0.435 , validating item contributions (Figure 2).

Questions	Factors						
	1	2	3	4	5	6	7
q1		0.505					
q2			0.721				
q3				0.795			
q4			0.553				
q5							0.795
q6	0.624						
q7		0.501					
q8	0.517						
q9					0.622		
q10						0.594	
q11	0.447						
q12						0.652	
q13					0.645		
q14		0.751					
q15		0.652					
q16	0.478						
q17	0.435						
q18	0.712						
q19	0.738						
q20	0.666						
Explained Variance	18.8	7.8	6.5	5.8	5.7	5.4	5.1
Total explained variance: 55.40							

Cronbach's Alpha reliability analysis yielded $\alpha=0.751$, confirming VMKS as a reliable measurement tool, as values above 0.60 indicate sufficient reliability (Mallery & George, 2010).

Exploratory Factor Analysis (EFA) was conducted to assess the construct validity and factor structure of the Vitamin and Mineral Thinking Scale (VMTS) on vitamin and mineral supplements. Principal components analysis and direct oblique rotation were used, assuming variable correlation.

Figure 3.

Results of the vitamin and mineral thinking scale (VMTS) analysis

Questions	Factor 1	Factor 2
q1		0.605
q2	0.736	
q3	0.748	
q4		0.879
q5	0.702	
q6	0.684	
Eigenvalue	2.32	1.15
Explained Variance	38.73	19.21
Total explained variance : 57.94		

Cronbach's Alpha reliability analysis showed an overall reliability of $\alpha=0.607$, with factor 1 at $\alpha=0.705$ and factor 2 at $\alpha=0.30$. Despite factor 2's low reliability, VMTS was deemed a reliable measurement tool, as a Cronbach Alpha above 0.60 is generally acceptable (Mallery & George, 2010).

Discussion

Diet and nutrition is one of the most important environmental factors affecting individuals' development, psychophysical activity, learning capacity and general health as adults. Young people often follow a modern dietary pattern that is very different from dietary recommendations and does not allow them to fulfil their nutritional requirements. Most diet-related disorders are caused by vitamin and mineral deficiencies. Naturally, this leads to increased use of nutritional supplements (Kłosiewicz-Latoszek et al., 2008). The findings obtained in this study regarding the vitamin and mineral supplement usage habits, knowledge levels and attitudes of university students provide important findings when compared with other studies in the literature.

The sample was adequate for EFA, with a KMO value of 0.697 and a minimum item-specific KMO of 0.70 (Field & Golubitsky, 2009). Bartlett's test confirmed sufficient item correlations ($\chi^2(15) = 356.114$; $p < .05$).

EFA identified a two-factor structure for the six-item scale, explaining 57.94% of the variance—38.73% from the first factor and 19.21% from the second (Figure 3).

Our findings show that students most frequently used B12 and iron supplements (Figure 1). This finding is in line with Bailey et al. (2011) who found that B12 and iron deficiency is common especially among women and therefore these supplements are frequently preferred. This may be explained by the fact that iron deficiency in women is associated with anaemia due to iron loss through menstruation. In addition, the fact that 82.2% of the participants in our study were women may also be effective in the emergence of this result. In addition, the majority of participants who used multivitamins stated that they used these supplements to maintain their general health (Table 2). This result is in line with the Timbo et al. (2006) study, which showed that multivitamins are one of the supplements that are most often utilized.

According to our research, the majority of students (34.9%) used vitamin and mineral supplements primarily for health protection and enhancement (Table 2). This is consistent with research showing that taking vitamin and mineral supplements is a popular way to enhance overall health (Aina & Ojedokun, 2014; Alowais & Selim, 2019; Harrison et al., 2003; Kobayashi et al., 2017). Nonetheless, 24.6% of the students reported using these supplements to

address their anemia issue. The use of vitamins associated with anaemia, such as B12 and iron, is commonly associated with anaemia problems in the literature (Bailey et al., 2011).

Table 3 shows that the study population's rate of dietary supplement usage was 22.6%, which was lower than the study of Alim et al. (2021) (28.5%) but higher than certain studies of Turkish university students (11.2%, and 10.7%) (Ayranci et al., 2005; Kara, 2019). Furthermore, compared to the majority of the research currently available on US college students, which cites supplementing rates ranging from 53.6% to 80.0%, the prevalence of dietary supplement usage in our sample was substantially lower (Lieberman et al., 2015; Valentine et al., 2017). Female students were found to report higher supplement use compared to male students, but this difference was not statistically significant. This finding is consistent with results observed in other student populations (Steele & Senekal, 2005).

Regarding the usage of dietary supplements, there was no discernible difference between men and women by gender ($p = .885$) (Table 3). This finding contradicts the result of the study conducted by I. Bailey et al. (2011) that women use more supplements than men. However, Doğan et al. (2020) reported that gender had no significant effect on supplement use in a study conducted in Turkey, supporting our finding. The observation of differences between studies may be due to cultural and socioeconomic differences, dietary habits and gender roles in different countries. The results of studies conducted in different countries may therefore vary.

When the age groups were analysed, it was observed that there was no significant difference between the groups ($p = .691$) (Table 3). This result suggests that the supplement use habits of young adults are similar and age is not a determining factor, which is in line with some general trends in the literature (Alfawaz et al., 2017)

In terms of dieting status, it was found that the statistical difference for supplement use was not significant when the dieting students were compared with the non-dieting students ($p = .676$) (Table 3). This finding is in parallel with the result of the study conducted by Özüpek and Arslan (2021) that dieting does not directly affect supplement use.

There was no significant difference between the BMI groups for dietary supplement use ($p = .285$) (Table 3). This suggests that body weight alone is not sufficient in determining supplement use. Similarly, studies in the

literature suggest that the evidence for associations between BMI and dietary supplement use is not conclusive and further research is needed (Bailey et al., 2013; Egras et al., 2011; Kozłowska L. & Pol, 2013)

When the status of taking a nutrition course was evaluated, it was determined that the statistical difference for supplement use between the students who took the course and those who did not take the course was not significant ($p = .443$) (Table 3). This finding indicates that formal nutrition education does not have a direct effect on supplement use habits. Again, Doğan et al. (2020) provides support for this conclusion, because a similar effect was not observed in their study.

A strong association was established between the amount of knowledge about supplements and supplement use ($p < .001$) (Table 3). This finding emphasises the importance of educational programmes and information on supplement use and supports other studies in the literature. Similarly, Bailey et al. (2011) found that people who had information about supplements used supplements more consciously and regularly. In addition, Doğan et al. (2020) also stated that increasing the knowledge level of individuals positively affected their supplement use behaviours. This shows that information and education programmes play an important role in the acquisition of healthy eating habits (Table 5).

In our study, it was found that female students used multivitamin/mineral and vitamin B12 more than male students (Table 4). Similarly, in a study conducted in Canada in 2015, it was reported that women used vitamin-mineral supplements at higher rates than men (Keshavarz et al., 2021)

Our finding that individuals with chronic diseases use iron and folic acid supplements (Table 4) more frequently is also consistent with the literature. In the EPIC-Heidelberg cohort study, it was revealed that individuals who defined themselves as hyperlipidaemic were more regular vitamin-mineral users (Li et al., 2010). The study of Vatanparast et al. (2010) also states that chronic diseases are an important factor affecting supplement use. It is also consistent with the research indicating students who did not get information on nutrition had statistically significant deficiencies in their understanding of supplement content. The study of Vatanparast et al. (2010) showed that higher education level had a positive relationship with vitamin-mineral supplement use.

In our study, dieting did not have a significant effect on supplement use (Table 4). However, this result varies in the literature. For example Horst & Siegrist (2011) reported that healthy eating habits were associated with supplement use, but some users also took supplements to compensate for unhealthy diets. Similarly, Block et al. (2007) found that people who followed a healthy diet used more supplements, suggesting that diet may be a motivating factor for supplement use. This difference may be explained by the fact that the sample consisted of young university students and their motivations for dieting may be different.

In our study, it was observed that students who did not take nutrition courses had insufficient knowledge about the content of supplements (Table 5). A 2015 meta-analysis supports that individuals with nutrition education tend to use supplements more consciously (Angelo et al., 2015).

Conclusion

To sum up, this study investigated university students' knowledge and attitudes toward the use of vitamin and mineral supplements. The findings reveal that most students use supplements primarily to protect and improve their health, although the overall prevalence of supplement use remains relatively low. The most common products used were vitamin B12 and iron, often related to addressing anemia problems. Importantly, students with higher knowledge levels demonstrated more conscious and informed supplement use, while gender, dieting status, and BMI showed no significant influence.

From a broader perspective, the study highlights the crucial role of nutrition education in shaping conscious supplement use. Raising awareness and improving nutrition literacy among young adults is not only important for preventing vitamin and mineral deficiencies but also for fostering sustainable healthy eating behaviors that extend into adulthood. Gaining healthy dietary habits at an early age can help reduce the risk of diet-related chronic diseases such as obesity, cardiovascular disease, diabetes, and osteoporosis later in life.

In this respect, the contribution of the study to science lies in developing and validating reliable measurement tools (VMKS and VMTS) that can be used in future research to assess knowledge and attitudes about dietary supplements. Socially, the study provides guidance for educational programs and public health strategies aiming to promote healthy nutrition practices among university students, ensuring long-term benefits for both individual

and community health.

Limitations

This study is limited to Ardahan University students and the results may not be generalisable to populations with different demographic characteristics; furthermore, since the data is based on self-report, there is a possibility of bias in the participants' responses.

Etik Kurul Onayı: Etik kurul onayı Ardahan Üniversitesi Bilimsel Yayın ve Etik Kurulunca 30/09/2024 tarihli E-67796128-819-2400031862 sayılı karar numarasıyla alınmıştır.

Katılımcı Onamı: Çalışmaya katılan tüm katılımcılardan onam alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval was received by Ardahan University Scientific Publication and Ethics Committee with the decision number E-67796128-819-2400031862 dated 30/09/2024.

Informed Consent: Consent was obtained from all participants in the study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The author declared that this study has received no financial support.

References

- Aina, B., & Ojedokun, O. (2014). Knowledge and use of dietary supplements by students of College of Medicine, University of Lagos, Idi-Araba, Lagos, Nigeria. *Journal of Basic and Clinical Pharmacy*, 5(2), 34. <https://doi.org/10.4103/0976-0105.134952>
- Alfawaz, H., Khan, N., Alfaifi, A., Shahrani, F. M., Al Tameem, H. M., Al Otaibi, S. F., Abudigin, W. I., Al-Shayaa, M. S., Al-Ghanim, S. A., & Al-Daghri, N. M. (2017). Prevalence of dietary supplement use and associated factors among female college students in Saudi Arabia. *BMC Women's Health*, 17(1), 116. <https://doi.org/10.1186/s12905-017-0475-y>
- Alim, N. E., Karakaya, R., & Turk Fidan, O. (2021). Dietary supplement use and knowledge among students from a health science faculty in a Turkish University. *Food Research*, 5(5), 116–123. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).760](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).760)
- Alowais, M., & Selim, M. E.-H. (2019). Knowledge, attitude, and practices regarding dietary supplements in Saudi

- Arabia. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(2), 365. https://doi.org/10.4103/JFMPC.JFMPC_430_18
- Angelo, G., Drake, V., & Frei, B. (2015). Efficacy of multivitamin/mineral supplementation to reduce chronic disease risk: a critical review of the evidence from observational studies and randomized controlled. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(14), 1968–1991. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.912199>
- Ayranci, U., Son, N., & Son, O. (2005). Prevalence of nonvitamin, nonmineral supplement usage among students in a Turkish university. *BMC Public Health*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-5-47>
- Bailey, R. L., Gahche, J. J., Lentino, C. V., Dwyer, J. T., Engel, J. S., Thomas, P. R., Betz, J. M., Sempos, C. T., & Picciano, M. F. (2011). Dietary supplement use in the United States, 2003–2006. *Journal of Nutrition*, 141(2), 261–266. <https://doi.org/10.3945/JN.110.133025>
- Bailey, R. L., Gahche, J. J., Miller, P. E., Thomas, P. R., & Dwyer, J. T. (2013). Why US adults use dietary supplements. *JAMA Internal Medicine*, 173(5), 355–361. <https://doi.org/10.1001/JAMAINTERNMED.2013.2299>
- Barnes, K., Ball, L., Desbrow, B., Alsharairi, N., & Ahmed, F. (2016). Consumption and reasons for use of dietary supplements in an Australian university population. *Nutrition*, 32(5), 524–530. <https://doi.org/10.1016/J.NUT.2015.10.022>
- Block, G., Jensen, C. D., Norkus, E. P., Dalvi, T. B., Wong, L. G., Mcmanus, J. F., & Hudes, M. L. (2007). Usage patterns, health, and nutritional status of long-term multiple dietary supplement users: a cross-sectional study. *Nutrition Journal*, 6, 30. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-6-30>
- Büyükoztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2012). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (Vol. 11). Pegem Akademi Yayınları.
- Camire, M., & Kantor, M. (1999). Dietary supplements: nutritional and legal considerations. *Food Technology*, 53, 87–96.
- Delikanlı Akbay, G., & Karakullukçu, E. (2024). Nutritional health, supplement and herbal product use, and Mediterranean diet evaluation among Turkish university students. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 17(4), 335–347. <https://doi.org/10.1177/1973798X241289324>
- Doğan, S., Okumuş, E., Bakkalbaşı, E., & Cavidoğlu, İ. (2020). Tüketicilerin takviye edici gıdaları kullanım amacı, satın alma tercihleri, ürünlere olan güveni ve yasal düzenlemeler hakkındaki düşünceleri: Van ili örneği. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(4), 31–43. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.733454>
- Egras, A. M., Hamilton, W. R., Lenz, T. L., & Monaghan, M. S. (2011). An evidence-based review of fat modifying supplemental weight loss products. *Journal of Obesity*, 2011(1), 297–315. <https://doi.org/10.1155/2011/297315>
- ER, E. V. (2019). *Gıda Takviyeleri Kullanımının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma: Trakya Örneği* [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=WgBsoksEZWS33yYvi-7wVA&no=BzxcAoEZSW6HZG3bPp_LpA
- Field, M., & Golubitsky, M. (2009). *Symmetry in chaos: a search for pattern in mathematics, art, and nature*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Geller, A. I., Shehab, N., Weidle, N. J., Lovegrove, M. C., Wolpert, B. J., Timbo, B. B., Mozersky, R. P., & Budnitz, D. S. (2015). Emergency Department Visits for Adverse Events Related to Dietary Supplements. *New England Journal of Medicine*, 373(16), 1531–1540. <https://doi.org/10.1056/NEJMSA1504267>
- Harrison, R., Holt, D., Nutrition, D. P.-B. J. of, & 2004, undefined. (2003). Are those in need taking dietary supplements? A survey of 21 923 adults. *British Journal of Nutrition*, 91(4), 617–623. <https://doi.org/10.1079/BJN20031076>
- Harvey, K., Korczak, V., Marron, L., & Newgreen, D. (2008). Commercialism, choice and consumer protection: regulation of complementary medicines in Australia. *Medical Journal of Australia*, 188, 21–25.
- Kanak, E. K., Öztürk, S. N., Özdemir, Y., Asan, K., & Öztürk Yılmaz, S. (2021). Gıda takviyeleri kullanım alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 168–177. <https://doi.org/10.28948/ngmuh.783613>
- Kara, B. (2019). *Üniversite öğrencilerinin besin desteği kullanma durumlarının belirlenmesi* (Tez No: 539099). [Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=OT1VC-ZO7JLi8rxKm3FLQ&no=GLjrQ4-rxQFGaD59oPULFw>
- Keshavarz, P., Shafiee, M., Islam, N., Whiting, S. J., Vatanparast, H., Keshavarz, P., Shafiee, M., Islam, N., Whiting, S., & Vatanparast, H. (2021). Prevalence of vitamin-mineral supplement use and associated factors among Canadians: results from the 2015 Canadian Community Health Survey. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 46(11), 1370–1377. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0090>

- Kłosiewicz-Latoszek, L., Szostak, W. B., & Podolec, P. (2008). Epidemiology and prevention Polish Forum for Prevention Guidelines on Diet. *Kardiologia Polska*, 66(7), 812–814.
- Kobayashi, E., Sato, Y., Umegaki, K., & Chiba, T. (2017). The prevalence of dietary supplement use among college students: a nationwide survey in Japan. *Nutrients*, 9(11), 1250. <https://doi.org/10.3390/nu9111250>
- Kozłowska L., & Pol, P. (2013). Analysis of the use of supplements and foods supporting body mass reduction in a selected group of students. *Probl Hig Epidemiol*, 94(3), 626–629.
- Li, K., Kaaks, R., Linseisen, J., & Rohrmann, S. (2010). Consistency of vitamin and/or mineral supplement use and demographic, lifestyle and health-status predictors: findings from the European Prospective Investigation. *British Journal of Nutrition*, 104(7), 1058–1064. <https://doi.org/10.1017/S0007114510001728>
- Lieberman, H. R., Marriott, B. P., Williams, C., Judelson, D. A., Glickman, E. L., Geiselman, P. J., Dotson, L., & Mahoney, C. R. (2015). Patterns of dietary supplement use among college students. *Clinical Nutrition*, 34(5), 976–985. <https://doi.org/10.1016/J.CLNU.2014.10.010>
- Mallery, P., & George, D. (2010). *SPSS for windows step by step: A simple guide and reference* (4th ed.). Allyn & Bacon.
- Manzano-Felipe, M. Á., Cruz-Cobo, C., Bernal-Jiménez, M. Á., & Santi-Cano, M. J. (2022). Validation of the General and Sport Nutrition Knowledge Questionnaire (GeSNK) in Spanish Adolescents. *Nutrients*, 14(24), 5324. <https://doi.org/10.3390/nu14245324>
- Özüpek, G., & Arslan, M. (2021). Popüler diyet uygulama, beslenme okuryazarlığı ve beden kütle indeksi ilişkisinin değerlendirilmesi: beslenme ve diyetetik öğrencileri üzerine bir çalışma. *Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi*, 5(3), 340–350. <https://doi.org/10.25048/tudod.966511>
- Petroczi, A., Taylor, G., & Naughton, D. P. (2011). Mission impossible? Regulatory and enforcement issues to ensure safety of dietary supplements. *Food and Chemical Toxicology*, 49(2), 393–402. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2010.11.014>
- Rautiainen, S., Manson, J., & Lichtenstein, A. (2016). Dietary supplements and disease prevention—a global overview. *Nature Reviews*, 12(7), 407–420. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.54>
- Sample Size Calculator by Raosoft, Inc. (n.d.). Retrieved December 11, 2024, from <http://www.raosoft.com/samplesize.html>
- Steele, M., & Senekal, M. (2005). Dietary supplement use and associated factors among university students. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 18(1), 17–30.
- Timbo, B. B., Ross, M. P., McCarthy, P. V., & Lin, C. T. J. (2006). Dietary Supplements in a National Survey: Prevalence of Use and Reports of Adverse Events. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(12), 1966–1974. <https://doi.org/10.1016/J.JADA.2006.09.002>
- Tunçer, E., Taş Özdemir, V., Şimşek, H., Karaağaç, Y., & Yabancı Ayhan, N. (2020). Üniversite Öğrencilerinin Besin Desteği Kullanma Durumlarının Değerlendirilmesi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(2), 91–101.
- Valentine, A. A., Schumacher, J. R., Murphy, J., Yoon, &, & Ma, J. (2017). Dietary supplement use, perceptions, and associated lifestyle behaviors in undergraduate college students, student-athletes, and ROTC cadets. *Journal of American College Health*, 66(2), 87–97. <https://doi.org/10.1080/07448481.2017.1377205>
- van der Horst, K., & Siegrist, M. (2011). Vitamin and mineral supplement users. Do they have healthy or unhealthy dietary behaviours? *Appetite*, 57(3), 758–764. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2011.08.020>
- Vatanparast, H., Adolphe, J., & Whiting, S. (2010). Socio-economic status and vitamin/ mineral supplement use in Canada. *Health Reports*, 21(4), 19–25.
- Zaremba, S. M. M., & Conduit-Turner, K. (2025). Knowledge of vitamin D and practices of vitamin D supplementation in a Scottish adult population: A cross-sectional study. *Nutrition and Health*, 31(2), 715–728. <https://doi.org/10.1177/02601060241238824>

Effect of Wheat Bran Fortification on the Quality Attributes of Ice Cream

Buğday Kepeği İlavesinin Dondurmanın Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Bayram ÜRKEK¹



¹Gümüşhane University Şiran Mustafa Beyaz
Vocational School, Food Processing
Department. Gümüşhane, Türkiye

Hüseyin Ender
GÜRMERİÇ¹



¹Gümüşhane University Şiran Mustafa Beyaz
Vocational School, Food Processing
Department. Gümüşhane, Türkiye

Hüseyin ÇELİK¹



¹Gümüşhane University Şiran Mustafa Beyaz
Vocational School, Food Processing
Department. Gümüşhane, Türkiye



ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the impact of adding 2.5% wheat bran (WB2) and 5% wheat bran (WB5) on the physicochemical, rheological, color, and sensory properties of ice cream. Increases were observed in dry matter ash and acidity values, while decreases were observed in fat and pH values. The results of the physicochemical analysis showed the following values: 36.86-38.62% for dry matter, 0.57-0.61% for ash, 0.16-0.23% for acidity, 6.40-8.30% for fat, and 6.37-6.57 for pH. The WB5 sample showed higher dry matter and ash contents, whereas fat content decreased compared to the control (C). Increasing wheat bran levels were associated with increased acidity and decreased pH. The first dripping time of ice creams containing 5% bran increased, while their melting rate decreased. A substantial increase in apparent viscosity was revealed by rheological analysis with wheat bran addition at both 20 and 50 rpm, especially in WB5. Color measurements revealed that wheat bran significantly reduced the L^* and whiteness index (WI) values, while also increasing the a^* , b^* , chroma (C^*), and hue angle (H°) values. These changes resulted in darker coloration. Sensory evaluation showed a general decline in panel scores with higher wheat bran levels. Although the control had high scores, the scores of the ice creams with added wheat bran were also acceptable. Wheat bran, commonly utilized as animal feed, was chosen to investigate its potential application as a functional food in human diets.

Keywords: Ice cream, wheat bran, viscosity, sensory properties, color parameters

Öz

Bu çalışma ile, dondurmaya %2,5 buğday kepeği (WB2) ve %5 buğday kepeği (WB5) ilave edilmesinin fizikokimyasal, reolojik, renk ve duyuşal özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kepek ilavesi ile dondurmaların kuru madde, kül ve asitlik değerlerinde artışlar, yağ ve pH değerlerinde ise azalmalar gözlenmiştir. Fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre kuru madde %36,86-38,62, kül %0,57-0,61, asitlik %0,16-0,23, yağ %6,40-8,30 ve pH 6,37-6,57 aralıklarında ölçülmüştür. WB5 örneği daha yüksek kuru madde ve kül içeriği gösterirken, yağ içeriğinin kontrole (C) kıyasla azaldığı tespit edilmiştir. Buğday kepeği oranının artması ile asitliğin arttığı ve pH değerinin düştüğü gözlenmiştir. %5 kepek içeren dondurmanın ilk damlama süresi artarken, erime hızının azaldığı tespit edilmiştir. Reolojik analizde, hem 20 hem de 50 rpm'de özellikle WB5'te, belirgin viskozitenin artışı ortaya çıkmıştır. Renk ölçümleri, buğday kepeğinin L^* ve beyazlık indeksi (WI) değerlerini önemli ölçüde düşürdüğünü, aynı zamanda a^* , b^* , kroma (C^*) ve renk tonu açısı (H°) değerlerini de artırdığını göstermiştir. Bu değişiklikler kepek ilave edilen dondurmalarda daha koyu renklerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Duyusal değerlendirmede, daha yüksek buğday kepeği seviyeleri panelist puanlamalarında genel bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiştir. Kontrol yüksek puanlar almış olsa da buğday kepeği ilaveli dondurmaların puanları da kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Hayvan yemi olarak kullanılan kepeğin insan beslenmesinde fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmesi amacıyla buğday kepeği seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dondurma, buğday kepeği, viskozite, duyuşal test, renk değerleri

Geliş Tarihi/Received 29.07.2025
Revizyon Talebi / Revision Requested 24.09.2025
Son Revizyon / Last Revision 25.09.2025
Kabul Tarihi/Accepted 06.10.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 15.10.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
E-mail: hegurmeric@gumushane.edu.tr
Cite this article: Ürkek, B., Gürmeriç H.E. & Çelik, H. (2025). Effect of wheat bran fortification on the quality attributes of ice cream. *Food Science and Engineering Research*, 4(2), 60-68.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Introduction

Wheat has a 10,000-year history, and agricultural evolution reflects its nutritional importance. Today, wheat-based diets are increasing due to urbanization and industrialization, further amplifying global reliance on (Saini et al., 2023). Wheat (*Triticum* spp.), a globally significant cereal crop, belongs to the *Triticeae* tribe within the *Poaceae* family (Cheng et al., 2022). Derived from the outer layers of wheat grains, wheat bran (WB) is the major by-product of milling, constituting 15–20% of the grain's weight (Cheng et al., 2022; Onipe et al., 2015; Saini et al., 2023). Its availability positions it as a sustainable material (Cheng et al., 2022). It provides a complete profile of 18 amino acids, encompassing all essential varieties (Cheng et al., 2022). Additionally, WB is rich in nutritional elements such as minerals (Fe, Zn, Mg, P), vitamins (B₁, B₆, folate (B₉), and E), phytochemical components, and antioxidants (phenolic compounds) (Onipe et al., 2015; Stevenson et al., 2012).

Cereals serve as the primary source of dietary fiber for humans, contributing approximately 50% of total intake. Vegetables provide 30–40%, fruits supply 16%, and nuts account for the remaining 3% of dietary fiber requirements. The wheat is the richest among cereals, especially WB in wheat, in terms of dietary fibre (Sztupecki et al., 2023). WB contains high amount dietary fibre (about 50%) (Onipe et al., 2015; Sztupecki et al., 2023). The primary components of WB were 32.1 cellulose, 29.2% hemicellulose, 16.4% lignin, and 22.3% extracts (Cheng et al., 2022).

Dietary consists of polysaccharides, and bioactive compounds which having beneficial effects on human health (Wang et al., 2024). Wheat bran-derived dietary fiber exhibits significant physiological benefits, particularly in mitigating risks associated with metabolic and cardiovascular disorders, including coronary heart disease, obesity, glucose intolerance, T2DM, and specific cancer types (Budhwar et al., 2020; Wang et al., 2024).

With increasing awareness of health and nutrition, researchers and consumers are showing greater interest in natural food sources, non-toxic bioactive food components capable of mitigating oxidative stress and chronic disease progression (Onipe et al., 2015; Wang et al., 2024). WB has usually been used as an animal feed unit for a long time (Chen et al., 2024), whereas its consumption and use by humans have shown an increase in recent years (Onipe et al., 2015). The research number has increased regarding the use of WB in foods day to day (Shehata et al., 2022; Terpou et al., 2017).

The ice cream contains many nutritional elements such

as protein, fat, carbohydrate, vitamins, and minerals (Goff et al., 1999). The ice cream is high nutritional value and caloric, whereas it is poor in terms of dietary fibre. The number of research studies have increased to invent a new product due to the desires of consumers for healthy, natural, and functional ice cream. The different forms of fruits, vegetables, and byproducts are used in ice cream formulations for this goal (Soukoulis et al., 2014; Ürkek, 2025; Ürkek et al., 2022b). The nutritional and functional properties of ice cream added with herbal content improve, in addition to some quality properties (Sayar et al., 2022; Ürkek, 2021).

In this research, WB was added to ice cream in different concentrations (2.5 and 5%), and the effects on the physicochemical, rheological, color and sensory properties of ice cream were investigated.

Material and Methods

Material

The UHT milk, skim-milk powder, sugar, and butter were obtained by local markets. The stabilizer and emulsifier were provided by the patisserie. The WB was obtained from a local flour plant. The WB was ground using a laboratory mill, and it was sifted out with a sieve (125 µm).

Ice cream production

The mix receipt of ice cream was arranged as 75% UHT milk, 16% sugar, 5% butter, 3.3% skim milk powder, 0.5% stabilizer (salep), and 0.2% emulsifier (mono-di gliserid). The ingredients were added to milk, successively butter, salep+sugar, skimmed milk powder+sugar, and emulsifier. Then, the mix was divided into equal parts (three). WB was added to mix different ratios before (2.5 and 5%) pasteurization at 85 °C for 1 min for the samples containing WB. The control sample was produced without WB and was coded as C. The codes of the other samples were WB2, containing 2.5% WB, and WB5, containing 5% WB. After pasteurization, the mixture was chilled to room temperature, and they were kept in a refrigerator (+4 °C) for one night. The ice samples were produced using the Breville BCI600 machine (Sage BSS., Australia). The samples were held in a deep freezer (-22°C), and then stored at -18 °C. The dry matter, ash, fat, protein, lactose, pH, and titratable acidity values were 11.94%, 0.54%, 3.1%, 3.0%, 4.7%, 6.72, and 0.16%, respectively. Some properties of WB were dry matter 92.43%, ash 3.60%, pH 5.87, and 1.41%, and water holding capacity 292.50%.

Methods

Physicochemical analysis

The gravimetric method was used to determine dry matter (%) and ash (%) content. The fat rate was obtained using Gerber method (AOAC, 2005). The pH values were measured with a WTW-3110 pH meter (Weilheim, Germany), while titratable acidity was titration methods using 0.1 N NaOH (Metin, 2009). The overrun calculation was performed following equal (Akbari et al., 2016):

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{(\text{weight of mix}) - (\text{weight of ice cream})}{\text{weight of ice cream}} \times 100 \quad (1)$$

The first dripping time of the ice creams was determined using the method reported by (Güven & Karaca, 2002). To evaluate the melting rate, the amount of melted ice cream was weighed at 10-minute intervals up to 90 minutes, and the results were analyzed using a regression curve (Öztürk-Yalçın et al., 2024).

Viscosity and rheological analysis

The viscosity of the ice cream samples was analyzed using a Brookfield Viscometer (Model DV-II, Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, MA, USA) with spindle no. 5. Measurements were taken at +4°C with a 30-second reading time, and the results were recorded in centipoise (cP). To determine the rheological properties of the samples, viscosity values were measured at shear rates ranging from 5 to 100 rpm, and the data were calculated with the power-law model. In this model, η represents apparent viscosity (Pa.s), K is the consistency coefficient (Pa.sⁿ), $\dot{\gamma}$ denotes shear rate (1/s), and n is the flow behavior index (Steffe J.F. 1967). The equation is in order:

$$\eta = K\dot{\gamma}^{(n-1)} \quad (2)$$

Colorimetric parameters

The color parameters of the ice cream samples were determined using a chroma meter (CR-200, Minolta Camera Co., Osaka, Japan). The instrument, calibrated with a standard white porcelain tile, measured the samples' brightness (L^* : 0=black, 100=white), redness/greenness (a^* : +/- values), and yellowness/blueness (b^* : +/- values). Hue angle (H°) was calculated according to the method described by (McLellan et al., 1995), while chroma (C^*) representing color saturation were determined using the method specified by (Cecchini et al., 2011). The whiteness index (WI) was calculated following the method employed by (Kurt & Atalar, 2018).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

Sensory test

The sensory evaluation of the samples was conducted by a semi-trained panel of 48 volunteers (20 female, 28 male, aged 25–45). Ice cream samples were assessed based on a 9-point hedonic scale (1: disliked extremely, 9: liked extremely) for color, gumming structure, icy structure, smooth structure, flavor, foreign flavor, meltdown in mouth, resistance to melting, and overall acceptability (Meilgaard et al., 1999).

Statistical analysis

The data obtained in the study were analyzed using the SPSS 21 statistical package (IBM SPSS Corp., Armonk, NY, USA). The effects of variances were evaluated by one-way Analysis of Variance (ANOVA), and differences between means were determined using Duncan's multiple range test at $p < .05$ significance level.

Results and Discussion

Physicochemical properties

The results of the physicochemical analysis of the ice creams are shown in Table 1. The dry matter content of the ice cream samples ranged from 36.08% to 38.62%. There was no significant difference between the control (37.08%) and the WB2 (36.86%) samples, whereas WB5 (38.62%) showed a statistically significant increase ($p < .05$). Qayyum et al. (2017) observed an increase in dry matter content following the inclusion of watermelon seed. Similarly, Dervisoglu (2006) reported a progressive rise in dry matter content with increasing levels of hazelnut flour. Taken together, these results are largely consistent with those obtained in the present study. The increase in dry matter content observed in bran-enriched samples can be attributed to the inherently high dry matter composition of wheat bran.

The ash content of the ice cream samples ranged from 0.57% to 0.71%. The C sample had the lowest ash content (0.57%), while the WB5 sample had the highest (0.71%). The inclusion of wheat bran had a statistically significant effect on ash content ($p < .05$). Higher bran concentrations corresponded to higher ash levels. Similar findings have been reported in the literature. Ürkek et al. (2021) found that adding ground chia seeds to ice cream formulations increased ash content. Similarly, Gürpınar et al. (2022) observed comparable increases in ash levels with higher

concentrations of apple, orange, and pumpkin fibers. These studies suggest that higher concentrations of plant-based additives tend to increase ash content in ice cream formulations.

Table 1.

Physicochemical properties of ice cream samples containing wheat bran

	C	WB2	WB5
Dry matter (%)	37.08 ± 0.15 ^A	36.86 ± 0.23 ^A	38.62 ± 0.11 ^B
Ash (%)	0.57 ± 0.01 ^A	0.60 ± 0.01 ^B	0.71 ± 0.01 ^C
Fat (%)	8.30 ± 0.14 ^B	7.00 ± 0.28 ^A	6.40 ± 0.57 ^A
Acidity (% lactic acid)	0.16 ± 0.02 ^A	0.20 ± 0.02 ^B	0.23 ± 0.01 ^B
pH	6.57 ± 0.01 ^C	6.46 ± 0.00 ^B	6.37 ± 0.01 ^A
First dripping time (s)	1950.00 ± 127.28 ^A	2070.00 ± 143.14 ^{AB}	2340.00 ± 84.85 ^B
Melting rate (g/min)	0.93 ± 0.02 ^B	0.90 ± 0.03 ^{AB}	0.84 ± 0.00 ^A
Overrun (%)	50.55 ± 2.90 ^A	50.55 ± 0.88 ^A	42.81 ± 3.88 ^A

^{A-C}: Means denoted by different letters are statistically different from each other at the $p < 0.05$ significance level. Values are expressed as mean ± standard deviation (n=3). Different superscript letters within the same row indicate significant differences among means ($p < 0.05$), according to Duncan's test. C: Control ice cream (without wheat bran); WB2: Ice cream with 2.5% wheat bran; WB5: Ice cream with 5% wheat bran.

Acidity ranged from 0.16% to 0.23%, while pH values varied between 6.57 and 6.37. When acidity and pH values are considered together, it can be observed that the C sample, which had the lowest acidity (0.16%), showed the highest pH value (6.57). Conversely, the WB5 sample, which had the highest acidity (0.23%), exhibited the lowest pH value (6.37). Trivedi et al. (2014) added basil as a flavoring agent in their ice cream formulation, while Gabbi et al. (2018) incorporated both ginger juice and ginger powder into ice cream compositions. In both studies, a slight increase in acidity and a corresponding decrease in pH were observed compared to the control group. The differences observed in acidity and pH in the present study are attributed to the addition of wheat bran.

The fat content of the ice cream samples varied across formulations. The C sample exhibited the highest fat content (8.30%), whereas the lowest fat content was recorded in the WB5 sample (6.40%). A similar reduction in fat content has been observed in several previous studies incorporating plant-based ingredients. For instance, Aloglu et al. (2018) added strawberry tree fruit

(*Arbutus unedo* L.) to ice cream and found that fat content decreased proportionally with increasing fruit concentration. Aliyev (2006) reported comparable findings in kefir-based ice creams enriched with blueberry, noting a decline in fat content with higher fruit concentrations. Overall, the current study indicates that increasing wheat bran concentration decreases fat content.

The values of the first dripping times of the ice cream samples ranged from 1950 to 2340 s, indicating statistically significant differences ($p < 0.05$) among the samples. Melting rates varied from 0.93 g/min to 0.84 g/min (Table 1). Ürkek et al. (2022b) reported first dripping times ranging from 1440 to 2190 seconds and melting rates from 1.32 to 1.90 g/min for ice creams produced with different plant powders Aloglu et al. (2018) found that increasing the concentration of strawberry tree fruit purée in ice cream resulted in a softer texture, longer first dripping times, and lower melting rates. According to Doğancı et al. (2024), raising the concentration of avocado purée improves the melting resistance of ice cream. Similarly, Moolwong et al. (2023) demonstrated that the water-binding capacity of dietary fibers reduces the melting rates of frozen desserts. In line with these findings, the current study showed that increasing wheat bran concentration extended the first dripping time and reduced the melting rate. This behavior is likely due to the presence of natural fibers in wheat bran, which may slow down melting by enhancing water retention within the ice cream matrix.

The overrun values of the ice cream samples ranged from 50.55% to 42.81%. Although the inclusion of wheat bran resulted in a reduction in overrun, this difference was not statistically significant. Several studies support the observation that plant-based additives may limit air incorporation in ice cream. For instance, Mesut Çınar & Çelik (2022) found that the addition of lemon balm extract reduced overrun compared to the control. Similarly, Trivedi et al. (2014) reported that, although basil juice did not have a statistically significant impact, it still led to a noticeable reduction. Qayyum et al. (2017) recorded overrun values ranging between 27.43% and 43.93% in ice creams enriched with watermelon seed powder, concluding that this ingredient negatively affected air incorporation. Ürkek et al. (2022b) found that plant

powder-enriched samples had lower overrun than powder-free samples, though the differences were not statistically significant. Overall, these findings suggest that the decrease in overrun observed in the current study may be due to the bran's interference with air entrapment during freezing, likely related to its fiber structure and water absorption capacity.

Rheological properties

Rheological properties of wheat bran-enriched ice cream samples are presented in Table 2. Apparent viscosity values increased significantly ($p < .05$) with the addition of wheat bran at both 20 rpm and 50 rpm. At 20 rpm, the control sample (C) exhibited a viscosity of 5386.52 cP, while samples containing 2.5% (WB2) and 5% (WB5) wheat bran showed higher viscosities of 7077.52 cP and 11599.80 cP, respectively. A similar trend was observed at 50 rpm. Viscosities increased from 2907.94 cP (C) to 3742.12 cP (WB2) and 6214.79 cP (WB5). All these differences were statistically significant ($p < .05$).

Table 2.

Rheological properties of wheat bran-enriched ice cream samples

Viscosity (cP)	C	WB2	WB5
20 rpm	5386.52 ± 217.05 ^A	7077.52 ± 225.59 ^B	11599.80 ± 174.90 ^C
50 rpm	2907.94 ± 18.12 ^A	3742.12 ± 82.19 ^B	6214.79 ± 194.91 ^C
K (Pa.s ⁿ)	39.39 ± 4.44 ^A	52.93 ± 4.71 ^A	79.73 ± 0.67 ^B
n	0.336 ± 0.027 ^A	0.320 ± 0.018 ^A	0.344 ± 0.003 ^A
R ²	0.9999	0.9991	0.9974

Results are presented as means ± standard deviations. Different letters (A, B, C, and D) within the same row indicate statistically significant differences between the means ($p < .05$). C: Ice cream without wheat bran (WB); WB2: Ice cream containing 2.5% WB; WB5: Ice cream containing 5% WB.

The addition of wheat bran significantly influenced the rheological behavior of the ice cream samples, as evidenced by increased viscosity values. The observed increase in apparent viscosity at both shear rates (20 and 50 rpm) with increasing wheat bran concentration may be due to wheat bran's high fiber content, as well as its water-binding and retention capacity. Therefore, wheat bran may cause low serum separation of ice creams. These properties contribute to a denser matrix that restricts flow and increases shear resistance. Similar rheological findings reported by Soukoulis et al. (2009), who observed significant improvement in viscosity and flow consistency

in ice cream formulations enriched with dietary fibers, including wheat, oat, apple, and inulin. Similarly, in another study, the addition of wheat germ caused positive improvements in the viscosity of the ice cream (Salem et al., 2016).

Regarding flow behavior, the consistency index (K) values increased significantly with wheat bran addition, from 39.39 Pa.sⁿ in the control to 79.73 Pa.sⁿ in WB5 ($p < .05$). An increase in the K value with wheat bran addition indicates that bran improves both the initial flow resistance and the structural strength of the ice cream matrix. This enhancement in structure may translate into a perception of increased creaminess or a fuller mouthfeel.

However, the flow behavior index (n) did not differ significantly among samples ($p > .05$), indicating consistent pseudoplastic behavior regardless of bran content, which aligns with the findings of Ürkek et al. (2022a).

Although significant changes were observed in viscosity and consistency, the n value remained statistically unchanged across all formulations. These findings indicate that the samples maintained the pseudoplastic (shear-thinning) flow behavior typical of conventional ice cream systems and that wheat bran increased the ice cream density without fundamentally altering its flow mechanism.

Color parameters

In color measurement, a^* is positive for redness and negative for greenness, while b^* is positive for yellowness and negative for blueness. The L^* value corresponds to brightness, ranging from black (low values) to white (high values). The C^* value (chroma) reflects color intensity, and the WI quantifies whiteness. The hue angle (H°) characterizes the basic shade of color. 0° or 360° corresponds to red; 90° corresponds to yellow; 180° corresponds to green; and 270° corresponds to blue (Ürkek et al., 2022a). The color parameters of ice cream samples enriched with wheat bran are presented in Table 3. The following color parameters were obtained for wheat bran: $L^* = 75.25 \pm 0.15$, $a^* = 3.10 \pm 0.12$, $b^* = 15.22 \pm 0.05$, $C^* = 15.53 \pm 0.03$, and $H^\circ = 78.49 \pm 0.45$.

Table 3.

Color parameters of ice cream samples enriched with wheat bran

	C	WB2	WB5
L^*	81.31 ± 0.04^C	72.60 ± 0.15^B	69.15 ± 0.52^A
a^*	-3.60 ± 0.11^A	0.93 ± 0.08^B	2.47 ± 0.31^C
b^*	6.55 ± 0.04^A	11.68 ± 0.11^B	14.08 ± 0.64^C
C^*	7.47 ± 0.07^A	11.72 ± 0.10^B	14.30 ± 0.68^C
H°	118.81 ± 0.64^C	85.44 ± 0.37^B	80.11 ± 0.80^A
WI	79.87 ± 0.06^C	70.20 ± 0.14^B	65.99 ± 0.74^A

Results are presented as means $\pm$ standard deviations. Different letters (A, B, C, and D) within the same row indicate statistically significant differences between the means ($p < .05$). C: Ice cream without wheat bran (WB); WB2: Ice cream containing 2.5% WB; WB5: Ice cream containing 5% WB.

The L^* value decreased significantly with increasing wheat bran content ($p < .05$). Sample C exhibited the highest lightness value (81.31) and WB5 exhibited the lowest value (69.15), suggesting that the incorporation of wheat bran darkened the ice cream. Similar findings were reported by Manikanta et al. (2023), who observed that increasing levels of wheat bran in ice cream cone formulations resulted in a noticeable darkening of the product, as evidenced by decreased L^* values and reduced brightness. The results clearly show that adding wheat bran significantly affected the color of the ice cream samples. The decrease in L^* values with increasing wheat bran levels suggests that the product darkened noticeably, which can be attributed to the natural brown pigments and fiber content of wheat bran.

The control sample had a negative a^* value of -3.60 , indicating a greenish hue. The values became progressively more positive with increasing bran content, reaching a value of 2.47 in WB5. This points to an increase in redness. A comparable shift toward red hues was reported by Akalin et al. (2018), who observed that the inclusion of plant-based apple, orange, and wheat fibers in probiotic ice cream significantly decreased L^* values and enhanced red (a^*) and yellow (b^*) coloration in the treated samples compared to the control.

The highest b^* value was observed in sample WB2 (15.22), while the control had the lowest yellow intensity (6.55). This is likely due to bran-associated pigments, such as flavonoids and phenolic compounds, which are known to contribute to yellowish-brown tones in cereal-based ingredients (Van Hung, 2016).

A similar pattern was observed in chroma (C^*) values, which indicate color saturation. The highest C^* value was recorded in WB2 (15.53), followed by a gradual decline

with increasing levels of wheat bran. The initial increase in chroma (C^*) at low bran concentrations (WB2) may indicate increased color intensity. The slight decline at higher concentrations (WB5), however, could be due to the dilution or masking of chromaticity caused by more insoluble bran particles (Du et al., 2023).

The H° value decreased with the addition of wheat bran, dropping from 118.81° in the control sample to 80.11° in the WB5 sample, suggesting a visible shift in color tone due to bran enrichment.

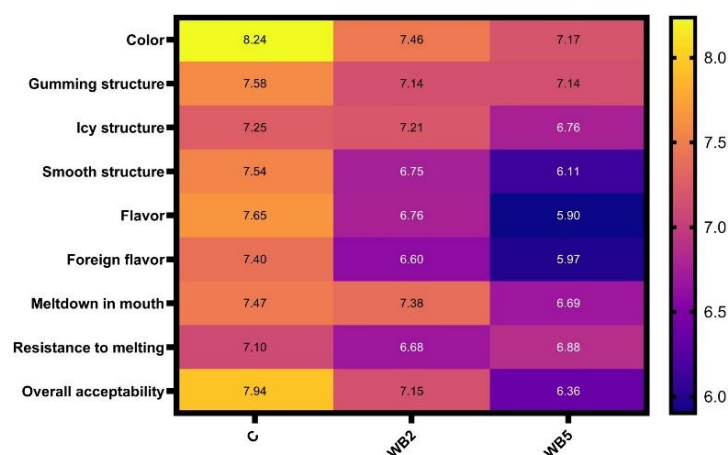
The WI value was highest in the C sample (79.87) and decreased significantly with the addition of wheat bran, reaching its lowest value in WB5 (65.99) ($p < .05$). This decrease confirms the darkening effect of wheat bran on ice cream color.

Sensory properties

The sensory characteristics of ice cream samples were evaluated by panelists in terms of color, gumming structure, icy structure, smooth structure, flavor, foreign flavor, meltdown in mouth, resistance to melting, and overall acceptability. The sensory evaluations of ice cream samples produced with wheat bran are presented in Figure 1. The color, icy structure, smooth structure, flavor, foreign flavor, and meltdown scores were the highest control samples, and other samples were designated WB2 and WB5. The control sample was the most highly regarded by the panelists (7.94), while the overall acceptability score of samples WB2 (7.15) was higher than that of sample WB5 (6.36). All samples had higher scores than mean score. Ayar et al. (2018) reported the sensory evaluation of ice cream samples enriched with dietary fibers. Their results indicated that the control sample received the highest sensory scores compared to formulations containing grape, apricot, and sunflower fibers. In contrast to our findings, cereal fiber-enriched ice creams (e.g., those made from corn or rice hulls) demonstrated similar or slightly higher overall acceptability scores compared to the control.

Figure 1.

Effect of wheat bran addition on the sensory properties of ice cream



Conclusion and Recommendations

The inclusion of WB significantly altered the composition and quality characteristics of the samples. From a physicochemical standpoint, adding WB significantly increased dry matter, ash content, acidity, and first dripping time, while decreasing fat content and pH values. These changes suggest that WB can enhance the nutritional value of ice cream, though it may affect product stability and sensory attributes. Notably, the melting rate decreased significantly with higher WB levels, indicating improved thermal resistance.

Fortifying ice cream with wheat bran may provide several nutritional and functional benefits. Wheat bran fortification in ice cream offers a promising approach to enhance its dietary fiber content. It can improve stability and texture while maintaining typical rheological properties. However, excessive bran levels may negatively impact consumer acceptance, highlighting the importance of optimizing the amount incorporated into the formulation.

Wheat bran enrichment significantly altered the visual attributes of ice cream, primarily by reducing its lightness and shifting its color toward warmer, darker tones. These changes are typical of fiber-enriched dairy products and may appeal to health-conscious consumers seeking natural or functional food options.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception: B.Ü.; Design: B.Ü., H.E.G.; Supervision B.Ü.; Resources B.Ü.; Data Collection and/or Processing: B.Ü. H.E.G., H.Ç.; Analysis and/or Interpretation: B.Ü., H.E.G., H.Ç.; Literature Search: B.Ü., H.E.G., H.Ç.; Writing Manuscript: H.E.G.; Critical Review: B.Ü., H.E.G.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

References

- Akalın, A. S., Kesenkas, H., Dinkci, N., Unal, G., Ozer, E. & Kınık, O. (2018). Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 37–46. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13468>
- Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M. & Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52–55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.02.040>
- Aliyev, C. (2006). *Kefir ve yaban mersininin dondurmanın fizikokimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi* (Tez No: 185576). [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Tez Merkezi.
- Aloğlu, H. Ş., Gökgöz, Y. & Bayraktar, M. (2018). Kocayemiş (Dağ çileği-*Arbutus unedo* L.) meyveli dondurma üretimi, fiziksel, kimyasal ve duyuusal parametreler açısından irdelenmesi. *Gıda*, 43(6), 1030–1039. <https://doi.org/10.15237/GIDA.GD18098>
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the AOAC* (18th ed.).
- Ayar, A., Sıçramaz, H., Öztürk, S., & Öztürk Yılmaz, S. (2018). Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 174–182. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12387>
- Budhwar, S., Chakraborty, M., Sethi, K. & Chatterjee, A. (2020). Antidiabetic properties of rice and wheat bran—A review. *Journal of Food Biochemistry*, 44(10), 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13424>
- Cecchini, M., Contini, M., Massantini, R., Monarca, D. & Moschetti, R. (2011). Effects of controlled atmospheres and low temperature on storability of chestnuts manually and mechanically harvested. *Postharvest Biology and Technology*, 61(2–3), 131–136.

- <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.03.001>
Chen, Z., Mense, A. L., Brewer, L. R. & Shi, Y. C. (2024). Wheat bran layers: composition, structure, fractionation, and potential uses in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(19), 6636–6659. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2171962>
- Cheng, W., Sun, Y., Fan, M., Li, Y., Wang, L. & Qian, H. (2022). Wheat bran, as the resource of dietary fiber: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(26), 7269–7281. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913399>
- Çınar, M. & Çelik, Ş. (2022). Melissa officinalis L. Ekstraktının Dondurma Üretiminde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2), 367–373. <https://doi.org/10.18016/KSUTARIMDOGA.VI.846040>
- Dervisoğlu, M. (2006). Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(6), 657–661. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2005.01127.X>
- Doğancı, H. N., Kırmızı, N. A., Köksal, A. & Kanca, N. (2024). Avokado (Persea americana Mill.) Püresi İlavesiyle Üretilen Yağ İçeriği Azaltılmış Dondurmaların Bazı Fizikokimyasal, Reolojik ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 11(4), 860–869. <https://doi.org/10.30910/TURKJANS.1471950>
- Du, J., Li, Q., Obadi, M., Qi, Y., Liu, S., an, D., Zhou, X., Zhang, D. & Xu, B. (2023). Quality Evaluation Systems and Methods of the Whole Making Process of Asian Noodles: A Review. *Food Reviews International*, 39(7), 3830–3857. <https://doi.org/10.1080/8755912-9.2021.2013871;SUBPAGE:STRING:FULL>
- Gabbi, D. K., Bajwa, U. & Goraya, R. K. (2018). Physicochemical, melting and sensory properties of ice cream incorporating processed ginger (Zingiber officinale). *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 190–197. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12430;JOURNAL:JOURNAL:14710307;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Goff, H. D., Verespej, E. & Smith, A. K. (1999). A study of fat and air structures in ice cream. *International Dairy Journal*, 9(11), 817–829. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00149-1)
- Gürpınar, S., Dağdemir, E. & Topdaş, E. F. (2022). Fonksiyonel dondurma: Elma, bal kabağı ve portakal lifi ile zenginleştirme. *Gıda*, 47(2), 277–295. <https://doi.org/10.15237/GIDA.GD21152>
- Güven, M. & Karaca, O. B. (2002). The effects of varying sugar content and fruit concentration on the physical properties of vanilla and fruit ice-cream-type frozen yogurts. *International Journal of Dairy Technology*, 55(1), 27–31. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00034.x>
- Kurt, A. & Atalar, I. (2018). Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 82, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011>
- Manikanta, M., Rana, A. & Inamder, A. A. (2023). Utilization of wheat milling industry by-products for value added product development (Ice cream cone). *Tha Pharma Innovation*, 12(2), 3679–3683. www.thepharmajournal.com
- McLellan, M. R., Lind, L. R. & Kime, R. W. (1995). Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant Hunter L, a, b data. *Journal of Food Quality*, 18(3), 235–240.
- Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Civille, G. V. (1999). Sensory evaluation techniques (3rd ed.): CRC Pres, Inc. <https://doi.org/10.1017/S1431927611002686>
- Metin, M. (2009). *Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri*. EÜ, Ege Meslek Yüksekokulu Yay. No: 24.
- Moolwong, J., Klinthong, W. & Chuacharoen, T. (2023). Physicochemical Properties, Antioxidant Capacity, and Consumer Acceptability of Ice Cream Incorporated with Avocado (Persea Americana Mill.) Pulp. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 73(3), 289–296. <https://doi.org/10.31883/PJFNS/170938>
- Onipe, O. O., Jideani, A. I. O. & Beswa, D. (2015). Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(12), 2509–2518. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12935>
- Öztürk-Yalçın, F., Ürkek, B. & Şengül, M. (2024). Evaluation of microbiological, antioxidant, thermal, rheological and sensory properties of ice cream fermented with kefir culture and flavored with mint (Menthaspicata L.). *Food Science and Nutrition*, 12(10), 7358–7369. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4355>
- Qayyum, A., Huma, N., Sameen, A., Siddiq, A. & Munir, M. (2017). Impact of watermelon seed flour on the physico-chemical and sensory characteristics of ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13297. <https://doi.org/10.1111/JFPP.13297>
- Saini, P., Islam, M., Das, R., Shekhar, S., Sinha, A. S. K. & Prasad, K. (2023). Wheat bran as potential source of

- dietary fiber: Prospects and challenges. *Journal of Food Composition and Analysis*, 116(August 2022), 105030. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105030>
- Salem, S. A., Hamad, E. M. & Ashoush, I. S. (2016). Effect of Partial Fat Replacement by Whey Protein, Oat, Wheat Germ and Modified Starch on Sensory Properties, Viscosity and Antioxidant Activity of Reduced Fat Ice Cream. *Food and Nutrition Sciences*, 07(06), 397–404. <https://doi.org/10.4236/FNS-2016.76041>
- Sayar, E., Şengül, M. & Ürkek, B. (2022). Antioxidant capacity and rheological, textural properties of ice cream produced from camel's milk with blueberry. *Journal of Food Processing and Preservation*, October 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16346>
- Shehata, M. G., Abd El-Aziz, N. M., Darwish, A. G. & El-Sohaimy, S. A. (2022). Lacticaseibacillus paracasei KC39 Immobilized on Prebiotic Wheat Bran to Manufacture Functional Soft White Cheese. *Fermentation*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/fermentation8100496>
- Soukoulis, C., Fisk, I. D. & Bohn, T. (2014). Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: Conceptualization and overview of quality and storage stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 627–655. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12083>
- Soukoulis, C., Lebesi, D. & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115(2), 665–671. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.12.070>
- Steffe, J. F. (1967): Rheological Methods in Food Process Engineering. Freeman Press, MI, USA
- Stevenson, L., Phillips, F., O'sullivan, K. & Walton, J. (2012). Wheat bran: Its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(8), 1001–1013. <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.687366>
- Sztupecki, W., Rhazi, L., Depeint, F. & Aussenac, T. (2023). Functional and Nutritional Characteristics of Natural or Modified Wheat Bran Non-Starch Polysaccharides: A Literature Review. In *Foods* (Vol. 12, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/foods12142693>
- Terpou, A., Gialleli, A. I., Bekatorou, A., Dimitrellou, D., Ganatsios, V., Barouni, E., Koutinas, A. A. & Kanellaki, M. (2017). Sour milk production by wheat bran supported probiotic biocatalyst as starter culture. *Food and Bioprocess Processing*, 101, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.11.007>
- Trivedi, V. B., Prajapati, J. P., Pinto, S. V. & Darji, V. B. (2014). Use of basil (tulsi) as flavouring ingredient in the manufacture of ice cream. *American International Journal of Contemporary Scientific Research*, 1(3). www.americanij.com
- Ürkek, B. (2021). Effects of the addition of rose hip on various nutritional and quality properties of ice cream. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 20(October), 1022–1030.
- Ürkek, B. (2025). Physicochemical, rheological properties, antioxidant activity and mineral amount of the ice cream containing barberry (*Berberis vulgaris* L.). *Gümüşhane University Journal of Science*, 15(2), 486–496. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1628312>
- Ürkek, B., Gürmeriç, H. E. & Şengül, M. (2021). Chia (*Salvia hispanica* L.) ilavesinin dondurmanın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisi. *GIDA / THE JOURNAL OF FOOD*, 46(1), 180–189. <https://doi.org/10.15237-/gida.gd20125>
- Ürkek, B., Gürmeriç, H. E., Şengül, M. & Baltacı, C. (2022a). Preliminary investigations of ice creams for the determination of the physico- chemical properties and aroma compounds by GC-MS produced from cow, sheep, goat, and buffalo milk. *FJournal of Food Safety and Food Quality*, 73(4), 120–127. <https://doi.org/10.2376/0003-925X-72-120>
- Ürkek, B., Öztürk, F. & Şengül, M. (2022b). Farklı bitki tozlarının (üzüm çekirdeği, keçiyoynuzu ve çörekotu tozu) dondurma üretiminde kullanım imkanları. *ATA-Gıda Dergisi*, 1(1 (Ocak)). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/atafoodj/issue/71350/1147398>
- Van Hung, P. (2016). Phenolic Compounds of Cereals and Their Antioxidant Capacity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(1), 25–35. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.708909>
- Wang, B., Li, G., Li, L., Zhang, M., Yang, T., Xu, Z. & Qin, T. (2024). Novel processing strategies to enhance the bioaccessibility and bioavailability of functional components in wheat bran. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(10), 3044–3058. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2129582>

Yağı Azaltılmış Sığır Eti Köftelerinde Yağ Yerine Kuruyemiş Kullanımının Fizikokimyasal, Dokusal ve Duyusal Etkileri

Physicochemical, Textural, and Sensory Effects of Using Nuts as Fat Replacers in Reduced-Fat Beef Patties

Mine KIRKYOL



Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek
Yüksekokulu, Aşçılık Programı, Artvin, Türkiye



Öz

Bu çalışmada, yağ ikamesi olarak öğütülmüş leblebi, fındık ve yer fıstığı kullanılarak üretilen köftelerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Hayvansal yağın kuruyemişle ikame edilmesi köftelerin pH değerinde artışa sebebiyet verirken, nem içeriğinde azalmaya yol açmıştır ($p<.05$). Diğer yandan kuruyemiş ikameli köftelerin pişirme verimi kontrol grubu köftelerine kıyasla artmış, büzülme değerleri ise azalmıştır. Renk özelliklerinden L^* değeri tüm gruplarda kuruyemiş kullanımıyla artmışken, a^* değeri yalnızca yer fıstığı kullanılan köfterlerde artış göstermiştir ($p<.05$). Bununla birlikte b^* değeri kuruyemiş kullanımından etkilenmemiştir ($p>.05$). Leblebi ve fındık kullanılarak üretilen köftelerde (LK ve FK) kontrol grubuna göre daha düşük TBARS değerleri tespit edilmiştir ($p<.05$). Ayrıca yer fıstığı kullanımı köftelerde daha yüksek TBARS değerlerine neden olmuştur ($p<.05$). Leblebi kullanımı daha yüksek sertlik ve daha düşük kohesivliğe, yer fıstığı kullanımı ise daha yumuşak ve yapışkan bir tekstüre yol açmış, çiğnenebilirlik değerleri ise kuruyemiş kullanımı ile artmıştır. Panelistler tarafından belirlenen en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı leblebi kullanılan örneklerde bulunmuştur. Çalışma, kuruyemişlerin fonksiyonel yağ ikamesi olarak ürün kalitesine ve tüketici sağlığına katkıda bulunma potansiyelini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yağ ikamesi, köfte, leblebi, fındık, yer fıstığı

ABSTRACT

In this study, the physicochemical, textural and sensory properties of patties produced using ground roasted chickpeas, hazelnuts and peanuts as fat replacers were investigated. Substituting animal fat with nuts caused an increase in the pH value of the patties and a decrease in their moisture content ($p<.05$). On the other hand, the cooking yield of nut-substituted patties increased compared to the control group patties, and their shrinkage values decreased. While the L^* value of color properties increased with the use of nuts in all groups, the a^* value increased only in the patties using peanuts ($p<.05$). However, the b^* value was not affected by the use of nuts ($p>.05$). Compared to the control group, patties (LK and FK) produced using roasted chickpeas and hazelnuts had lower TBARS values ($p<.05$). However, the use of peanuts resulted in higher TBARS values in patties ($p<.05$). The use of roasted chickpeas resulted in higher hardness and lower cohesiveness, the use of peanuts resulted in a softer and stickier texture, and the chewiness values increased with nuts. The highest general acceptability score determined by the panelists was found in the samples using roasted chickpeas. This study demonstrates the potential of nuts as functional fat replacers, contributing both to product quality and consumer health.

Keywords: Fat substitute, patties, roasted chickpeas, hazelnuts, peanuts

Geliş Tarihi/Received 12.08.2025
Revizyon Talebi / Revision Requested 18.09.2025
Son Revizyon / Last Revision 26.09.2025
Kabul Tarihi/Accepted 06.10.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 15.10.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Mine KIRKYOL

E-mail: minekirkylol@artvin.edu.tr

Cite this article: Kirkylol, M. (2025).
Physicochemical, Textural, and Sensory
Effects of Using Nuts as Fat Replacers in
Reduced-Fat Beef Patties. Food Science
and Engineering Research, 4(2), 69-76.



Content of this journal is licensed under a Creative
Commons Attribution-Noncommercial 4.0
International License.

Giriş

Vitamin ve mineraller ile yüksek protein içeriğine sahip, beslenme açısından önemli bir gıda olan et, parça halinde tüketilebildiği gibi çeşitli ürünlere işlenerek de tüketilebilmektedir. Bu kapsamda et ürünleri, formülasyon ve işleme tekniğine bağlı olarak %20 ile %40 arasında değişen oranlarda hayvansal yağ içerebilmektedir (Franco vd., 2020; Kaynakçı ve Kılıç, 2009; Öztürk-Kerimoğlu vd., 2021). Hayvansal yağ, et ürünlerinde tekstür, görünüm ve lezzetini olumlu etkileyen önemli bir unsurdur. Diğer yandan et ürünlerinde kullanılan hayvansal yağ oranının yüksek olması ve bu et ürünlerinin fazla miktarda tüketiminin obezite, kalp-damar hastalıkları ve kanser gibi sağlık problemlerine yol açabileceği bildirilmektedir (Choi vd., 2016). Bu sebeble yağı azaltılmış ürünlerin üretim ve tüketimine yönelik yeni eğilimler ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte hayvansal yağ oranının azaltılması veya başka bir kaynakla ikame edilmesi, ürünün duyuşal ve teknolojik özellikleri üzerinde farklılık göstermeden gerçekleştirilmelidir. Aynı zamanda kullanılacak yağ ikame maddeleri ürünlerin tat, sululuk, ağızda bıraktığı hissin yanı sıra duyuşal ve fiziksel özelliklerinde çok önemli değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenlerle hayvansal yağın ikamesinde üretilen ürün dikkate alınarak seçilebilecek ikame maddeleri farklılık gösterebilmekte ancak genellikle diyet lifleri, tahıllar, hayvansal proteinler, hidrokolloidler ve mantarlar kullanıldığı belirlenmiştir (Kırkyol ve Akköse, 2024). Bunların yanı sıra düşük oranda doymuş yağ ve kolesterol içeren lif oranınca zengin olan kuruyemişlerde yağı azaltılmış ürünlerde yağ ikame maddesi olarak dikkate alınabilir. Böylece diğer yağ ikame maddelerinin aksine kuruyemişlerin yağ ikamesi olarak kullanımıyla fonksiyonel et ürünlerin elde edilmesi mümkün olabilir. Ayrıca beslenmede sağlık yönünden olumlu etkileri ile çığ olarak tüketimi yaygındır. Nitekim günde 40 grama kadar tüketilmesinin kalp hastalığı riskini azaltabileceği bildirilmektedir (Alasalvar vd., 2006; FDA 2004; Şimşek ve Aykut, 2007).

Bin yıllık tarihe dayanan geçmişi ile geleneksel atıştırmalıklarımızdan biri olan leblebi, çenekli baklagillerden biri olan nohutun (*Cicer arietinum*) kavrulması şeklinde üretilmektedir (Coşkuner and Akbaba, 2004). Leblebi, yüksek protein, lif, B vitaminleri (B1, B6) ile demir, magnezyum, fosfor gibi mineral açısından zengin bir atıştırmalıktır (Almeida Costa vd., 2006; Chillo vd., 2008). Ayrıca bir flavonoid türü olan izoflavonlar ile antioksidan, antifungal ve antibakteriyel özellikler de dahil olmak üzere çok çeşitli biyolojik aktiviteler gösterdiği bildirilmektedir (Zhao vd., 2009). Ülkemizde en fazla yetiştirilen kuruyemiş

olan fındıkta (*Corylus avellana*) ise enerji ve besleyicilik oranı ile yağ içeriğinin yanı sıra protein, karbonhidrat ve lif içeriği de bulunmaktadır. Bununla birlikte, E ve B vitaminleri ile çeşitli minerallerce (demir, magnezyum, kalsiyum, potasyum) zengin olduğu da bildirilmektedir (Alasalvar vd., 2003). Ayrıca fındık, tokoferol, fitosterol ve fenolikler açısından zengin olduğundan oksidasyona karşı stabilite sağlayabilmektedir (Yıldız-Turp ve Serdaroğlu, 2008). Yer fıstığı (*Arachis hypogaea*), hem besin değeri hem de ekonomik açıdan dünya genelinde önem taşımaktadır. Yağ, protein ve lif açısından zengin olan bir kaynak olma niteliğindedir (Settaluri vd., 2012). Bu yönleriyle kuruyemişler yaygın olarak tüketilmektedir. Ayrıca son yıllarda kuruyemiş yağlarının ve un formlarının ürünlerde kullanımına yönelik yeni yaklaşımlar söz konusudur (Yılmaz ve Şahin, 2022).

Leblebi, fındık veya yer fıstığının farklı ürünlerde kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Özülkü ve Arıcı (2017) ekmek üretiminde ürünün teknolojik özelliklerini iyileştirmek için leblebi unu ile zenginleştirme işlemi yapmışlardır. Bir başka çalışmada ise muffin üretiminde kek unu yerine leblebi unu kullanılmış, kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir (Ataman ve Gül, 2020). Glutensiz erişte üretiminde leblebi unu kullanılan başka bir çalışmada eriştelerin besleyici içerikleri ile pişme kaliteleri araştırılmıştır (Şahin vd., 2022). Fındık ve yer fıstığının yağ oranı daha yüksek olduğundan ezme olarak tüketilmekte veya ezme halinde ürünlerde kullanılabilir. Örneğin, fermente sucukların üretiminde fındık ezmesi fonksiyonel bir bileşen olarak kullanıldığı bir çalışmada duyuşal özelliklerinde olumsuz bir değişim olmadığı bildirilmiştir (Saygi vd., 2018). Başka bir çalışmada ise yağı alınmış fıstık kekleri un haline getirilerek kurabiye üretiminde kullanılmıştır (Suleman vd., 2023). Nacak vd. (2021) yer fıstığı yağından elde ettikleri emülsiyon jelini sosislerde yağ ikame maddesi olarak kullanarak yağ profilinde iyileşme sağladığını bildirmişlerdir. Diğer yandan yer fıstığı alerjik bir ürün olarak sınıflandırıldığı için kullanımını da sınırlandırmaktadır (Sicherer ve Sampson, 2014).

Bu kapsamda mevcut bu çalışmada leblebi, fındık ve yer fıstığı kullanılarak sığır eti köftelerinde hayvansal yağ %50 oranında azaltılmış ve üründe meydana gelen fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal değişimler tespit edilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan yağsız sığır eti (%76,91 nem, %0,83 yağ, %22,17 protein) ve et yağı (%18,87 nem, %78,64 yağ, %2,10 protein), tuz, leblebi (%6,8 yağ, %24,2 protein, %63,0 karbonhidrat), fındık (%66,8 yağ, %15,4 protein, %5,1 karbonhidrat) ve yer fıstığı (%37,8 yağ, %18,3 protein, %10,0 karbonhidrat) yerel piyasadan temin edilmiştir. Üretim öncesinde kullanılan et ve et yağı kıyma makinesinden geçirilerek kıyma haline getirilmiştir. Fındık, yer fıstığı ve leblebi 50°C'de 18 saat süreyle kurutulmuş ve ardından bir kahve öğütücüsü yardımıyla öğütülmüştür. Analizlerde kullanılan kimyasal malzemeler ise ulusal veya uluslararası ticari firmalardan satın alınmıştır.

Metot

Köfte üretiminde Kırkyol ve Akköse (2023) tarafından verilen yöntem esas alınmıştır. Kontrol grubu örnekler (KK) için et ve et yağı 80:20 oranında karıştırıldıktan sonra karışıma kütlece %1,5 oranında tuz ilave edilmiş, homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Diğer gruplarda ise hayvansal yağ %50 oranında azaltılmış yerine öğütülmüş fındık, fıstık ve leblebi kullanılmıştır. Üretilen köfteler 7x1 cm boyutunda şekillendirilmiş, buzdolabında bir gece bekletildikten sonra ısıtıcı bir plaka (Elektro-mag, M4060, Türkiye) üzerinde 180°C'de 8 dakika (her bir yüzey 4 dk) boyunca pişirilmiştir. Böylece kontrol (KK) köfteleri ile yağı azaltılmış ve yerine öğütülmüş fındık (FK), yer fıstığı (YK) ve leblebi (LK) kullanılan köfteler elde edilmiştir (Şekil 1). Pişirilen ve oda sıcaklığına kadar soğutulan köftelerde pH, renk ve büzülme değerleri belirlenmiş, pişirme verimi hesaplanmış, nem içeriği ile TBARS tayinleri yapılmıştır. Ayrıca köftelerin tekstürel ve duyuşal özellikleri de tespit edilmiştir.

Şekil 1.

Üretilen köftelerin fiziksel görünüşleri



Fizikokimyasal Analizler

Örneklerin pH analizi ölçüm öncesi tampon çözeltilerle (pH: 4 ve 7) kalibre edilmiş olan pH-metre cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Köfte örneklerinden 10 g tartılmış ve üzerine 100 ml saf su ilave edilerek homojenize edilmiştir. Elde edilen bu süspansiyonda pH ölçümü gerçekleştirilmiştir. Nem tayini için kurutulmuş ve darası alınmış bir kurutma kabına yaklaşık 10 g örnek tartılmış ve kurutma fırınında 100-102°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Örneklerdeki ağırlık kaybından yola çıkılarak nem içeriği % olarak hesaplanmıştır (AOAC 2005). Köftelerin renk yoğunlukları kolorimetre cihazı (Minolta CR-200, Minolta Co, Osaka, Japonya) kullanılarak kesit yüzeylerinden ölçülmüştür. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından verilen kriterlere göre L^* değeri; $L=0$, siyah; $L=100$, beyaz (koyuluk/açıklık); a^* değeri; $+a$ =kırmızı, $-a$ =yeşil; b^* değeri; $+b$ =sarı, $-b$ =mavi renk yoğunluklarını göstermektedir. Tiyoobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) analizi için Lemon (1975) tarafından verilen yöntem esas alınmış, örnekler için TBARS değerleri $\mu\text{mol MDA/kg}$ örnek olarak tespit edilmiştir. Pişirme verimi ise pişirme öncesi ve sonrasında belirlenen örnek ağırlıkları ile nem içerikleri kullanılarak aşağıda verilen formüllere göre % olarak hesaplanmıştır. Ayrıca büzülme değerleri pişirme öncesi ve sonrasında belirlenen çaplardan aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Pişirme verimi (%)

$$= \frac{\text{Pişmiş köfte ağırlığı (g)}}{\text{Çiğ köfte ağırlığı (g)}} \times 100$$

Büzülme (%)

$$= \frac{(\text{çiğ köfte çapı} - \text{pişmiş köfte çapı})}{\text{çiğ köfte çapı}} \times 100$$

Tekstür Profil Analizi (TPA)

Pişmiş ve oda sıcaklığına soğutulmuş köftelerden çıkarılan 20 x 20 mm boyutundaki numuneler 50000 g yük hücreli tekstür analiz cihazında (CT3, Brookfield) 50,8 mm çapındaki silindirik prob kullanılarak analiz edilmiştir. Test hızı 1 mm/s olarak ayarlanmış, sıkıştırma çevrimi 3 s arayla %50 oranında sıkıştırma yapılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin sertlik, yapışkanlık, esneklik, kohesivlik, elastikiyet ve çignenebilirlik parametreleri belirlenmiştir.

Duyusal Analiz

Köftelerin duyu özellikleri, gıda mühendisliği alanında eğitim almış 10 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Panelistlere örnekler floresan ışık altında sunulmuş ve renk, koku, tat, doku ve genel kabul edilebilirlik açısından 1-10 (çok kötü- çok iyi) arasında puanlamaları istenmiştir. Panelistlere ağızlarını temizlemeleri için su ve ekmek verilmiştir. Analiz öncesinde panelistlere ölçek hakkında bilgi verilmiş ardından test başlatılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Çalışma şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre kurulmuş, köfteler dört farklı muamele grubu için iki tekerrürlü olarak üretilmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi yapılmış ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına

ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi (IBM SPSS Statistics 20) ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Fizikokimyasal özellikler

Araştırma kapsamında üretilen köftelere ait nem içerikleri ile pH ve TBARS değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Yağı azaltılmış köftelerde kuruyemiş kullanımı pH, nem içeriği ve TBARS değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ($p<,01$). En düşük ortalama pH değeri kontrol köftelerinde $5,85\pm0,01$ olarak bulunmuşken en yüksek ortalama pH değeri öğütülmüş yer fıstığı (YK) kullanılan köftelerde $6,05\pm0,01$ olarak tespit edilmiştir ($p<,05$). Saygı vd. (2018) yaptıkları çalışmada fermente sosislerde yağ ikamesi olarak fındık kullanımının pH’da önemli bir değişime sebebiyet vermediğini ancak daha düşük nem içeriğinin belirlendiğini bildirmişlerdir. Buna benzer sonuçlar mevcut bu araştırmada da görülmüş olup, çalışma yağı azaltılmış köftelerde kuruyemiş kullanımının köftelerin nem içeriğini önemli düzeyde etkilediğini göstermiştir ($p<,01$). Ancak kontrol örnekleri ile LK örneklerinin nem içerikleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemişken ($p>,05$), FK ve YK örneklerinin nem içeriklerinin kontrol grubundan daha düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<,05$). Bu durum kullanılan kuruyemişlerin hayvansal yağdan daha düşük nem içermesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 1.

Köftelerde belirlenen pH, nem içeriği ve TBARS değerleri

Muamele	pH	Nem İçeriği (%)	TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg ürün}$)
KK	$5,85\pm0,01^a$	$58,75\pm0,51^b$	$48,23\pm0,63^b$
LK	$6,00\pm0,01^b$	$58,04\pm0,20^b$	$13,07\pm0,19^a$
FK	$6,00\pm0,01^b$	$54,23\pm0,36^a$	$12,75\pm0,37^a$
YK	$6,05\pm0,01^c$	$55,10\pm0,23^a$	$51,04\pm0,73^c$
Önemlilik	**	**	**

±: standart hata; KK: Kontrol köfteler; LK: Leblebi kullanılan köfteler; FK: Fındık kullanılan köfteler; YK: Yer fıstığı kullanılan köfteler; ^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<,05$); ** $p<,01$

Yağın azaltılması ve kuruyemiş kullanımı TBARS miktarını da önemli düzeyde etkilemiştir ($p<,01$). TBARS değeri KK örnekleri için ortalama $48,23 \mu\text{mol MDA/kg ürün}$ olarak tespit edilmişken, LK ve FK örneklerinde ise sırasıyla $13,07$ ve $12,75 \mu\text{mol MDA/kg ürün}$ olarak daha düşük ortalama değerler belirlenmiştir. Bu durum LK ve FK örneklerinde yağın azaltılması ve mevcut antioksidan varlığından kaynaklanıyor olabilir. Nitekim Saeed vd. (2023) un karışımlarına ve bisküvilerine yağ yerine leblebi

kullandıklarında antioksidan aktivitede önemli artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Diğer yandan YK örneklerinde ise $51,04$ olarak en yüksek ortalama TBARS değeri bulunmuştur ($p<,05$). Muhtemelen bu durum yer fıstığının tekli ve çoklu doymamış yağ içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Özalp ve Kürklü. 2020). Ayrıca çoklu doymamış yağ asitlerinin tekli doymamış yağ asitlerine oranının yüksek olması oksidatif stabiliteyi azaltmaktadır. Çalışmada kullanılan fındık ve yer fıstığı doymamış yağ asitlerince zengin kuruyemişler olarak bilinmektedir. Ancak

findıkta bulunan tekli doymamış yağ asitleri baskın miktarda olduğundan findık oksidasyona daha dayanıklıdır (Kesen vd., 2016).

Farklı kuruyemişler kullanılarak yağın azaltıldığı köftelere ait pişirme verimi, büzülme ve renk değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Pişirme verimi ve büzülme değerleri önemli düzeyde farklılık göstermiş ($p<0,01$), kuruyemiş kullanımı ile pişirme verimi artarken büzülme değeri azalmıştır. En düşük pişirme verimi %64,01 olarak KK örneklerinde belirlenirken, en yüksek verim %87,98 olarak

Tablo 2.

Köftelerde belirlenen pişirme verimi, büzülme ve renk değerleri

Muamele	Pişirme verimi (%)	Büzülme (%)	Renk		
			L^*	a^*	b^*
KK	64,01±1,06 ^a	21,52±0,31 ^c	39,73±0,75 ^c	7,61±0,28 ^a	14,05±0,65 ^a
LK	87,98±1,52 ^c	9,72±0,14 ^a	35,29±0,41 ^a	7,54±0,24 ^a	14,28±0,49 ^a
FK	76,42±0,60 ^b	15,01±0,65 ^b	37,27±0,51 ^b	8,03±0,13 ^{ab}	14,10±0,33 ^a
YK	76,68±0,62 ^b	15,05±0,23 ^b	37,03±0,47 ^b	8,49±0,14 ^b	12,89±0,24 ^a
Önemlilik	**	**	**	*	ns

±: standart hata; KK: Kontrol köfteler; LK: Leblebi kullanılan köfteler; FK: Findık kullanılan köfteler; YK: Yer fıstığı kullanılan köfteler; ^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); ** $p<0,01$; * $p<0,05$; ns: önemsiz

Köftelerde renk parametrelerinden L^* değeri farklı kuruyemiş kullanımlarından $p<0,01$ düzeyinde, a^* değeri $p<0,05$ düzeyinde etkilenmişken b^* değerinde önemli bir değişim olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Çalışmada L^* değeri kuruyemiş kullanımı ile azalmış ve en düşük L^* değeri LK örneklerinde tespit edilmiştir. Diğer yandan a^* için en yüksek değer YK grubunda bulunmuştur ($p<0,05$). Cingöz ve Güldane (2023) tarafından yapılan bir çalışmada %50 oranında leblebi unu ilaveli bisküvilerde L^* değerinin azaldığı bildirilmiştir. Diğer yandan bir başka çalışmada sucukta findık yağı ilavesinin son üründe daha açık renkli (L^* değeri düşük) ürünlere sebebiyet verdiğini ve a^* değerlerini önemli ölçüde etkilediğini bildirilmişlerdir (Ilıkkan vd., 2009). Yıldız-Turp ve Serdaroğlu (2008) ise findık yağı ikamesinin örneklerin a^* değerlerini artırdığını tespit etmişlerdir.

Tekstürel Özellikler

Köftelerde belirlenen tekstürel özellikler Tablo 3’te verilmiştir. Çalışmada sertlik, yapışkanlık, esneklik, kohesivlik ve çiğnenebilirlik parametreleri öğütülmüş kuruyemiş kullanımından önemli düzeyde etkilenmişken ($p<0,01$), köftelerin elastikiyetinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0,05$). Sertlik KK örneklerinde ortalama 86,48 N olarak tespit edilmişken, leblebi kullanılan LK

LK örneklerinde bulunmuştur ($p<0,05$). Büzülme değerlerinde ise en yüksek ve en düşük değer sırasıyla KK örneklerinde 21,52 olarak, LK örneklerinde ise 9,72 olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca hem pişirme verimi hem de büzülme değerlerinde FK ve YK grupları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

örneklerinde sertlik artarak 94,53 N olarak belirlenmiştir. Köftelerde yağın azaltılarak yerine lif oranı daha yüksek, yağ oranı düşük olan leblebinin kullanılması daha sert ürünlerin elde edilmesine neden olmuştur. Diğer yandan findık ve yer fıstığı kullanılan FK ve YK örneklerinde sertlikte azalma gözlenmiştir ($p<0,05$). Bu durum ise findık ve fıstığın daha yağlı kuruyemişler olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan yapışkanlık YK örneklerinde diğer gruplara göre daha yüksek düzeyde iken ($p<0,05$), LK ve FK örnekleri kontrole benzerlik göstermiştir ($p>0,05$). Esneklik parametresi ise kontrol grubu köftelerde daha yüksek iken yağın kuruyemiş ile değiştirildiği gruplarda azaldığı ($p<0,05$), ancak gruplar arasında önemli bir değişim olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Bununla birlikte KK örneğinde en yüksek kohesivlik değeri, LK örneğinde ise en düşük kohesivlik değeri tespit edilmiştir. FK ve YK örnekleri arasında ise kohesivlik değeri benzerlik göstermektedir ($p>0,05$). Çiğnenebilirlik en yüksek seviyede KK örneklerinde bulunmuş olup öğütülmüş kuruyemiş kullanımı ile azalma görülmüştür ($p<0,05$). Ancak FK ve YK örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli seviyede olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Et emülsiyonlarında yapılan bir çalışmada yağın azaltılması sertliğin azalmasına neden olurken kaplan fıstığı ilavesi sertlikte belirgin bir artışa sebebiyet verdiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada kohesivlikte bu çalışmadakine benzer şekilde azaldığı belirtilmiştir (Wang vd., 2024). Bir araştırmada da leblebi

unu ilave edilen bisküvilerin sertlik değerinin arttığı bildirilmiştir (Cingöz ve Güldane, 2023). Asimah vd. (2016) keklerde kullanılan margarinin fıstık ezmesi ile ikamesini araştırdıkları çalışmalarında tekstürel özelliklerden sertlik, kohesivlik ve elastikiyetin kontrol grubuna benzerlik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise fındık yağ ikamesi olarak sucukta kullanılmış ve

çiğnenebilirlik özelliklerinde kontrole göre azalma olduğu rapor edilmiştir (Saygı vd., 2018).

Tablo 3.

Köftelerde belirlenen tekstürel özellikler

Muamele	Sertlik (N)	Yapışkanlık (mJ)	Esneklik	Kohesivlik	Elastikiyet (mm)	Çiğnenebilirlik (mJ)
KK	86,48±2,11 ^b	0,05±0,02 ^a	0,19±0,01 ^b	0,56±0,01 ^c	5,47±0,09 ^a	277,84±8,69 ^c
LK	94,53±1,40 ^c	0,06±0,03 ^a	0,17±0,01 ^a	0,49±0,01 ^a	5,42±0,09 ^a	259,61±5,51 ^b
FK	80,41±1,78 ^a	0,09±0,02 ^a	0,17±0,01 ^a	0,53±0,01 ^b	5,49±0,09 ^a	232,23±4,77 ^a
YK	77,02±1,67 ^a	0,34±0,08 ^b	0,17±0,01 ^a	0,52±0,01 ^b	5,48±0,07 ^a	219,29±4,33 ^a
Önemlilik	**	**	**	**	ns	**

±: standart hata; KK: Kontrol köfteler; LK: Leblebi kullanılan köfteler; FK: Fındık kullanılan köfteler; YK: Yer fıstığı kullanılan köfteler; ^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<,05$); ** $p<,01$; ns:önemsiz

Duyusal özellikler

Araştırma kapsamında üretilen köftelere ait duysal özellikler Tablo 4'te verilmiştir. Duyusal parametrelerden koku ve tat, yağ yerine kuruyemiş kullanılmasından önemli düzeyde etkilenmiştir ($p<,01$). Bununla birlikte renk ve tekstür parametrelerinde duysal olarak önemli bir değişime yol açmamıştır ($p>,05$). Genel kabul edilebilirlik ise yağın kuruyemişle ikamesinden önemli seviyede etkilenmiş ($p<,05$), en yüksek kabul edilebilirlik puanları LK örneklerinde elde edilmiştir ($p<,05$). Leblebide kavrulma işleminin renk ile tat ve kokuda değişimlere neden olduğu, böylece tüketici beğenisi üzerinde etkisinin olduğu bildirilmiştir (Sağlam ve Seydim, 2017). Bu bağlamda leblebi kullanılan köftelerde kavrulma işlemi ile oluşan tat ve

aromanın, LK köftelerinin panelistler tarafından daha yüksek kabul edilebilirlik puanları almasına sebep olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan leblebinin diğer kuruyemişlere kıyasla düşük nem ve yağ içeriği ile köftede tüketici tarafından arzu edilen özellikleri sağladığı söylenebilir. Suleiman vd. (2022) yaptıkları bir çalışmada kurabiyelerde buğday yerine yağı alınmış fıstık ezmesi unu kullanmışlar, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde besinsel ve duysal özellikleri korunarak belirli miktarlarda ikamenin (%14) yapılabileceğini bildirmişlerdir. Başka çalışmada ise keçi etinden üretilen nuggetlerde badem tozu kullanımının duysal özellikler üzerinde önemli bir değişime sebep olmadığı rapor edilmiştir (Rajkumar vd., 2012).

Tablo 4.

Köftelerin duysal özellikleri

Muamele	Renk	Koku	Tat	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
KK	6,80±0,30 ^a	6,55±0,28 ^{ab}	6,90±0,30 ^b	6,70±0,27 ^a	6,60±0,26 ^{ab}
LK	7,80±0,21 ^a	7,25±0,25 ^b	7,55±0,27 ^b	6,55±0,37 ^a	7,10±0,31 ^b
FK	7,05±0,30 ^a	6,80±0,28 ^b	6,85±0,20 ^b	6,55±0,29 ^a	6,90±0,23 ^a
YK	7,30±0,31 ^a	5,90±0,29 ^a	5,75±0,26 ^a	6,10±0,31 ^a	6,00±0,29 ^a
Önemlilik	ns	**	**	ns	*

±: standart hata; KK: Kontrol köfteler; LK: Leblebi kullanılan köfteler; FK: Fındık kullanılan köfteler; YK: Yer fıstığı kullanılan köfteler; ^{a-b}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<,05$); ** $p<,01$; * $p<,05$; ns:önemsiz

Sonuç

Araştırmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde

hayvansal yağın fındık, fıstık ve leblebi ile ikamesinin mümkün olduğu görülmektedir. Özellikle leblebi kullanılarak üretilen köftelerin hayvansal yağlı köftelere benzer nem içeriğine, yüksek pişirme verimi ile düşük

büzülme ve TBARS değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Yine bu köftelerin kontrol örneklerine göre daha yüksek duyuşsal puanlar aldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda endüstriyel açıdan ürün özellikleri de dikkate alınarak kuruyemişlerin, yeni ürünlerin elde edilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak bazı kuruyemişlerin tüketiciler açısından alerjen ihtimalleri, ürünlerde kullanımını sınırlandırabilir. Bu bağlamda üretilen ürüne uygun kuruyemişin seçiminin, seçilen kuruyemişin miktarı için farklı oranların kullanımının ve üretilen ürünlerde kalite özelliklerinin tespit edildiği yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir-M.K.; Tasarım- M.K.; Denetleme- M.K.; Kaynaklar- M.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- M.K.; Analiz ve/veya Yorum- M.K.; Literatür Taraması- M.K.; Yazıyı Yazan- M.K.; Eleştirel İnceleme- M.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - M.K.; Design- M.K.; Supervision- M.K.; Resources- M.K.; Data Collection and/or Processing- M.K.; Analysis and/or Interpretation- M.K.; Literature Search- M.K.; Writing Manuscript- M.K.; Critical Review- M.K.; Other- M.K.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C.M., & Ohshima, T. (2003). Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3790-3796.
- Alasalvar, C., Amaral, J.S., & Shahidi, F. (2006) Functional lipid characteristics of Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 10177-10183.
- Almeida Costa, G.E., Queiroz-Monici, K.S., Reis, S.M.P.M., & Oliveira, A.C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94, 327-330.
- Asimah, V. K., Kpodo, F. M., Adzinyo, O. A., & Dzah, C.S. (2016). Utilization of Brown Rice Flour and Peanut Paste in Cake Production. *American Journal of Food Science and Technology*, 4(5), 129-134.
- Ataman, Ç., & Gül, H. (2020). Leblebi üretiminde yan ürün

olarak açığa çıkan kırık leblebi ununun mufin kalitesi üzerine etkisi. *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(4), 308-316

- AOAC, (2005). *Chapter 39. Meat and meat products. Official methods of analysis*. Editor: Horwitz, W., Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P.M., & Del Nobile, M.A. (2008). Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chickpea. *Journal of Food Engineering*, 84, 101-107
- Choi, Y. S., Sung, J. M., Park, J. D., Hwang, K. E., Lee, C. W., Kim, T. K., Jeon, K. H., Kim, C. J., & Kim, Y. B. (2016). Quality and sensory characteristics of reduced fat chicken patties with pork back fat replaced by dietary fiber from wheat sprout. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6), 799-806.
- Cingöz, A., & Güldane, M. (2023). Gluten-Free Biscuit Production with Leblebi Powder Addition: TOPSIS Application. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 11(7), 1200-1209.
- Coşkun, Y., & Karababa, E. (2004). Leblebi: a roasted chickpea product as a traditional Turkish snack food. *Food Reviews International*, 20(3), 257-274.
- FDA, US Food and Drug Administration (2004) Office of nutritional products. Labelling and dietary supplements. Qualified health claim: letter of enforcement discretion—walnuts and coronary heart disease. Docket no 02P-0292
- Franco, D., Martins, A. J., López-Pedrouso, M., Cerqueira, M. A., Purriños, L., Pastrana, L. M., Vicente, A. A., Zapata, C., & Lorenzo, J. M. (2020). Evaluation of linseed oil oleogels to partially replace pork backfat in fermented sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 218-224.
- Ilıkkın, H., Ercoşkun, H., Vural, H., & Şahin, E. (2009) The effect of addition of hazelnut oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk). *Journal of Muscle Foods*, 20, 117-127.
- Kaynakçı, E., & Kılıç, B., (2009). Et Ürünlerinde Yeni Eğilimler: Daha Sağlıklı Ürün Geliştirme Çalışmaları. *Akademik Gıda*, 7(6), 52-59.
- Kesen, S., Sonmezdag, A.S., Kelebek, H., & Selli, S. (2016). Ham ve Rafine Fındık Yağlarının Yağ Asitleri Bileşimi. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 31, 79-84.
- Kirkyol, M., & Akköse, A., (2023). Effects of animal fat replacement with almond flour on quality parameters of beef patties. *Food Science & Nutrition*, 11, 7091-7099
- Kirkyol, M., & Akköse, A. (2024). Et ürünlerinde yağ ikame maddelerinin kullanımı. *GIDA*, 49 (3), 478-503.
- Lemon, D.W. (1975). *An improved TBA test for rancidity new series circular*. No:51. HalifaxLaboratory, Halifax, Nova

- Scatia.
- Nacak, B., Öztürk-Kerimoğlu, B., Yıldız, D., Çağındı, Ö., & Serdaroğlu, M. (2021). Peanut and linseed oil emulsion gels as potential fat replacer in emulsified sausages. *Meat Science*, 176, 108464.
- Özalp, B.B., & Kürklü, N. S. (2020). Fonksiyonel Bir Gıda: Yer Fıstığı ve Sağlığa Yararları. *Akademik Gıda*, 18(3), 323-330.
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kavuşan, H. S., Benzer Gürel, D., Çağındı, Ö., & Serdaroğlu, M. (2021). Cold-set or hot-set emulsion gels consisted of a healthy oil blend to replace beef fat in heat-treated fermented sausages. *Meat Science*, 176, 108461.
- Özülkü G., & Arıcı, M. (2017). Characterization of the reological and technological properties of the frozen sourdough bread with chickpea flour addition. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1493-1500.
- Rajkumar, V., Das, A. K., & Verma, A. K. (2014). Effect of almond on technological, nutritional, textural and sensory characteristics of goat meat nuggets. *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 3277-3284.
- Saeed, S. M. G., Ali, S. A., Naz, J., Mirza, M., Elkhadragey, M. F., Yehia, H. M., & Giuffrè, A. M. (2023). Techno-functional, antioxidants, microstructural, and sensory characteristics of biscuits as affected by fat replacer using roasted and germinated chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Properties*, 26(1), 2055-2077.
- Sağlam, H., & Seydim, A.C. (2017). Leblebi Üretiminde İkinci Kavurma Koşullarının Leblebi'nin Fizikokimyasal Özellikleri ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 279-292
- Saygi, D., Ercoşkun, H. & Şahin, E. (2018). Hazelnut as functional food component and fat replacer in fermented sausage. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 3385-3390.
- Settaluri, V., Kandala, C., Puppala, N. & Sundaram, J. (2012). Peanuts and Their Nutritional Aspects—A Review. *Food and Nutrition Sciences*, 3(12), 1644-1650.
- Sicherer, S. H., & Sampson, H. A. (2014). Food allergy: A review and update on epidemiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, and management. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 133(2), 291-307.
- Suleman, D., Bashir, S., Hassan Shah, F. U., Ikram, A., Zia Shahid, M., Tufail, T., Khan, A.A., Ahsan, F., Ambreen, S., Raza, A., & Hassan Mohamed, M. (2023). Nutritional and functional properties of cookies enriched with defatted peanut cake flour. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1).
- Şahin, M., Odabaş, E., & Çakmak, H. (2022). Kırık leblebiden elde edilen unun glutensiz erişte üretiminde değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 260-267.
- Şimsek, A., & Aykut, A. (2007). Evaluation of the microelement profile of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties for human nutrition and health. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58, 677-688
- Yıldız-Turp, G., & Serdaroğlu, M. (2008). Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk—a Turkish fermented sausage. *Meat Science*, 78, 447-454.
- Yılmaz, B., & Şahin, S. (2022). Hazelnut-based Functional Products. *Journal of Food Science and Technology*, 44(5), 1103-1113.
- Wang, X-X., Wang, L-Y., Li, S-M., & Zhou, Z-K. (2024). Amelioration of tiger nut insoluble dietary fiber as a partial substitute for fat in meat emulsions: Techno-functional properties and in vitro protein digestibility. *Food Research International*, 197(1), 115167.
- Zhao, S., Zhang, L., Gao, P., & Shao, Z. (2009). Isolation and Characterisation of the Isoflavones from Sprouted Chickpea Seeds. *Food Chemistry*, 114(3), 869-873.