



Çörekotu Posasının Atıştırmalık Kraker Model Ürünü Üzerine Etkisi: Besinsel, Biyoaktif Nitelikleri ve Teknolojik Kalitesi

Zühal ALKAY¹, Aybüke Nur YAVAŞ², Ahmet ÜNVER³
^{1,2,3}Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

✉: zuhalalkay21@hotmail.com  [0000-0002-2420-3369](https://orcid.org/0000-0002-2420-3369)  [0000-0001-8953-1745](https://orcid.org/0000-0001-8953-1745)  [0000-0002-6310-809X](https://orcid.org/0000-0002-6310-809X)

Geliş (Received): 22.01.2026

Düzeltilme (Revision): 05.03.2026

Kabul (Accepted): 18.03.2026

ÖZ

Her yaşta tüketiciler tarafından yaygın olarak tüketilen kraker gibi tahıl bazlı atıştırmalıklar besinsel açıdan oldukça zayıftır. Bu yüzden kraker gibi ürünleri yan ürünlerle zenginleştirmek, model gıda ürünlerinin besinsel ve teknolojik özelliklerini iyileştirmek oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı çörekotu yan ürünü olan çörekotu posasının hem besinsel, biyoaktif, antimikrobiyal özelliklerini belirlemek hem de çörekotu posasını kraker ürünlerinde kullanarak besinsel, fiziksel ve teknolojik profilini araştırmaktır. Bu amaçla, çörekotu posası farklı konsantrasyonlarda (%1, %3 ve %5) kraker ürünlerine ikame edilmiş ve kalite parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Kraker ürününe çörekotu posası ikamesi yağ ve kül içeriklerinde önemli değişiklikler yaratmıştır. Kraker örnekleri çörekotu posası ile zenginleştirildiğinde kontrol örneklerine kıyasla toplam fenolik içeriği değişmezken, antioksidan değerlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur. Çörekotu posası ikamesi ayrıca kraker örneklerinin renk ve dokusal özelliklerini de iyileştirmiştir. Ancak bu çalışmalarda etkinliğin daha fazla açığa çıkarılması için çörekotu posası oranının optimizasyonu gibi çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilebilir.

Anahtar Kelimeler: Çörekotu posası, Kraker, Biyoaktif özellikler, Dokusal ve duyu nitelik

Effect of Black Cumin Pulp on Snack Cracker Model Product: Nutritional, Bioactive Qualities and Technological Properties

ABSTRACT

Cereal-based snacks like crackers, widely consumed by consumers of all ages, are nutritionally quite poor. Therefore, enriching products like crackers with by-products and improving the nutritional and technological properties of model food products is crucial. For this reason, the aim of this study is to determine the nutritional, bioactive, and antimicrobial properties of black cumin seed pulp, a by-product of black cumin seeds, and to investigate its nutritional, physical, and technological profile by using black cumin seed pulp in cracker products. For this purpose, black cumin pulp was substituted into cracker products at different concentrations (1%, 3% and 5%) and its effects on quality parameters were investigated. Adding black cumin seed pulp to the cracker product resulted in significant changes in fat and ash content. When cracker samples were enriched with black cumin seed pulp, while the total phenolic content remained unchanged compared to control samples, antioxidant values were found to decrease significantly. The addition of black cumin seed pulp also improved the color and textural properties of the cracker samples. However, it should be noted that further studies, such as optimizing the black cumin seed pulp ratio, are needed to further reveal the effectiveness observed in these studies.

Keywords: Black cumin seed pulp, Cracker, Bioactive properties, Textural and sensory qualities

GİRİŞ

Çörek otu, *Ranunculaceae* familyasına ait olan Filistin, Suriye, Ürdün ve Lübnan gibi Akdeniz bölgelerinde yetiştirilen yıllık mevsimlik bir bitkidir [1,2]. Dünya nüfusunun hızla artması nedeniyle tüketim ihtiyaçlarına olan talebin fazla olmasından dolayı büyük bir pazara (yaklaşık 60 milyar dolar) sahip olmaktadır [3]. Çikolata, fırın ürünleri (kek, ekme, bisküvi vb.) gibi çeşitli üretilmiş gıda ürünlerinin formülasyonlarına bir bileşen

olarak da dahil edilebilmektedir [4-6]. Çörek otu sadece tat, lezzet, aroma ve renk vermekle kalmaz, aynı zamanda çeşitli gıda ürünlerinin bozulmasını önleyerek koruyucu görevi de görür [6]. Öte yandan popülaritesi besleyici değerine, antioksidan, antimikrobiyal ve çeşitli sağlık geliştirici özelliklerine atfedilebilir [6].

Çörek otunun nem içeriği %4.9-5.5, kül %3.7-4.1, yağ %36-38, protein %21-23.2 ve karbonhidrat içeriği %34.4-3.0 olurken, kalsiyum 100 mg/100 g, fosfor 807-840 mg/100 g ve demir içeriği 9 mg/100 g olmaktadır [2].

Öte yandan timol, timokinon (TQ), nigellicine, nigelline ve karvakrol gibi biyoaktif bileşenlere de sahip olabilmektedir [7]. Tüm bu özelliklerin yanı sıra çörek otunun yan ürünlerinin (çörek otu posası) de besinsel nitelikler açısından önemli olduğu görülür.

Çörek otu posası, meyveden yağ çıkarıldıktan sonra (meyve ağırlığının %70-75'ni oluşturan) elde edilen ve alternatif yem olarak kullanılabilen yan ürünlerden biri olmaktadır [8,9]. Çörek otu posasının kuru madde oranı %93.18, eter özütü %11.75, ham protein %33-84, ham lif %54, kül %7.12, lizin %1.16, DL-metionin %0.56, kalsiyum %0.27 ve fosfor %0.35, toplam fenolik içeriği 42.6 mg gallik asit eşdeğeri/g olmaktadır [10,11]. Hem besinsel-biyoaktif özellikler hem de işlevsel bileşenleri nedeniyle gıda endüstrisinde soğuk pres yan ürünlerinin (ceviz, badem, kabak çekirdeği unu ve yağsız ayçiçeği, çörek otu posası gibi) kullanılması değerli malzemeler olarak kabul edilir. Nitekim bunlar, unlu mamulleri zenginleştirmek/güçlendirmek ve yağ, un ve şeker gibi bazı bileşenlerin yerine kullanılmak üzere eklenebilmektedir [3]. Dolayısıyla besin değerini artırmanın bir yolu olarak, fırınlanmış ürünlere (kek, kurabiye, ekmek vb.) çoğunlukla diyet lifi ekleme yönünde büyüyen bir eğilim olduğu görülebilmektedir [12-14]. Dolayısıyla önemli bir besin kaynağı ve küresel olarak birçok insanın günlük diyetinin ayrılmaz bir parçası olan tahıl bazlı ürünler büyük ölçekte ticari olarak kullanılabilir [15].

Tahıl bazlı ürünler arasında yer alan ve gıda pazarındaki en hızlı büyüyen popüler atıştırmalık ürünlerden olan kraker, un, su ve tuz, maya, şeker veya tereyağı gibi diğer bileşenlerin bir karışımından yapılırlar [13,15]. Kraker tüketimi, bazı faktörlerden (bulunabilirlik, maliyet, tat tercihleri ve kültürel normlar) etkilenebilmesine rağmen, kullanım kolaylığı, uzun raf ömrü ve çok yönlülüğü nedeniyle dünya çapında yüksek potansiyeli olan bir atıştırmalık yiyecek olmaya devam etmektedir [13]. 2023 yılındaki tahminlere göre, krakerler için dünya çapındaki pazar yaklaşık 22,61 milyar ABD doları değerinde olmuştur [16].

Modern gıda endüstrisinde, kraker üretimi için kullanılan baskın un çeşidinin rafine un olduğu görülmektedir [13,16]. Nitekim bu un çeşidinin yanı sıra son yıllarda, hem diyet lif ve protein içeriği yüksek bakliyatlardan elde edilen unlar hem de meyve-sebzelerin kurutulmasıyla elde edilen unların dahil edildiği de kaydedilmiştir [17]. Dolayısıyla krakerlerde kullanılan un türü, istenen dokuya ve lezzet profiline bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir [13]. Öte yandan, çölyak hastaları için glutensiz krakerler, buğday ununa tropikal meyve unlarının katılmasıyla üretilen krakerler, kalp sağlığını koruması için yağı azaltılmış atıştırmalıklar, bağırsak sorunları için yulafli kepekli krakerler gibi çeşitli ürünlerin de geliştirilmeye başlandığını belirtmekte yarar vardır [17, 18]. Dolayısıyla, alternatif ürün arayışları kapsamında krakerlerin besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla çeşitli katkı maddelerinin kullanımına yönelik ilgi artmaktadır. Bu alternatiflerden biri olan çörek otu posasının nihai ürüne işlevsellik kazandırma potansiyeli bulunmasına rağmen,

özellikle kraker gibi fırınlanmış ürünlerin üretiminde bir bileşen olarak kullanımı ve sağlayabileceği potansiyel faydalar henüz kapsamlı bir şekilde değerlendirilmemiştir. Bu nedenle, bu çalışma kraker formüllerinde çörek otu posasının %1, %3 ve %5 konsantrasyonlarda kullanıma potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadır. Amaç, krakerlerin tadını, dokusunu, besin değerini ve işlevsel özelliklerini iyileştirmek ve böylece daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir atıştırmalık seçeneklerine katkıda bulunmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, ham çörek otu (*Nigella sativa* Linnaeus) ile kraker formülasyonunda kullanılan buğday unu, margarin, tuz, pudra şekeri, kabartma tozu ve ticari fırın mayası, Türkiye / Konya İl'indeki yerel pazardan temin edilmiştir. Çörek otu posası, ham çörek otunun soğuk presleme (SUPEREX, F-500, Konya, Türkiye) yöntemiyle elde edilmiştir. Çörek otu posası daha sonra mekanik bir öğütücü kullanılarak ince öğütülmüş, toz haline getirilmiş ve analiz yapılana kadar -20°C'de saklanmıştır.

Çörekotu Posası İkameli Kraker Üretimi

Farklı oranlarda çörekotu posası içeren atıştırmalık kraker örneklerinin formülasyonu için; 100 g buğday unu, 20 g margarin, 1.6 g tuz, 1.5 g pudra şekeri, 1.5 g kabartma tozu, 0.2 g kuru maya ve 30 mL su kullanılmıştır. Çörekotu posası (ÇOP), un miktarına göre %1, %3 ve %5 oranlarında hamura ilave edilmiştir. Karıştırılan hamur 20 dakika fermente edildikten sonra şekillendirilmiş ve 180 ± 2 °C'de 8 dakika pişirilmiştir. Numuneler oda sıcaklığında 1 saat süre ile soğutulmuş ve analizlere hazır hale getirilmiştir.

Üretimi Gerçekleştirilen Kraker Örneklerinin Analizleri

Besinsel Kompozisyon Analizi

Çörek otu posası ve kraker örneklerinin nem içeriğini belirlemek için yaklaşık 2 g örnek tartıldıktan sonra sabit bir ağırlığa ulaşana kadar 105 °C'deki bir etüv'de (Nuve, KD200, Ankara, Türkiye) kurumaya bırakılmıştır. Tartımları yapıldıktan sonra sonuçlar % olarak verilmiştir [19]. Kül içeriğini belirlemek için ise yaklaşık 0.5 g örnek tartılmış ve 550 °C'de bir kül fırınında (WiseTherm Dijital Fırın, Wisd Laboratuvar Cihazları) yakılma işlemine tabi tutulmuştur. Tartımları yapıldıktan sonra sonuçlar % olarak verilmiştir [19]. Son olarak, toplam yağ içeriğini belirlemek için yaklaşık 1 g örnek tartıldıktan sonra Soxhlet cihazında (SER 148; Velp Scientifica, Usmate, İtalya) 130 °C'de yaklaşık 45 dakika boyunca heksanın ayrılma işleminin gerçekleştirilmesi sonucu tartımları yapılmış ve sonuçları % olarak ifade edilmiştir. Tüm analizler her örnek için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivite

Ekstraksiyonun Hazırlanması

Örneklerin toplam fenolik içeriklerini, antioksidan aktivitelerini ve antimikrobiyal kapasitelerini belirlemek amacıyla, çörekotu posası ve farklı konsantrasyonlarda posa ikameli kraker örneklerinden 2 gram tartılmış ve üzerine 6 mL %80 etanol ilave edilerek vorteks yardımı ile karıştırılmıştır. Ardından ekstraktlar ultrasound cihazında 30 dakika süre boyunca oda sıcaklığında inkübe edilmiş ve üzerinde kalan süpernatant sonraki analizlerde kullanılmıştır.

Toplam Fenolik Madde İçeriği

Çörekotu posasından ve posa ilave edilmiş kraker örneklerinden 2:6 oranında %80 etanol ile hazırlanan ekstraktlardan 0.5 mL alınmış ve tüplere aktarılmıştır. Üzerine 2.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 2 mL sodyum karbonat çözeltisi (%7.5) eklenmiştir. Karanlık bir ortamda 2 saat inkübe edildikten sonra 760 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında (Libra S22, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) okutulmuştur. Analiz her örnek için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Antioksidan Aktivite

Çörekotu posasından ve posa ilave edilmiş kraker örneklerinden hazırlanan ekstraktlardan 100 µL tüplere aktarılmış ve üzerine 2.9 mL DPPH çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra, 30 dakika karanlıkta inkübe edilmiş ve 517 nm'de spektrofotometre cihazında (Libra S22, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) okutulmuştur. Analiz her örnek için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Antimikrobiyal Aktivite

Ekstrakte edilen çörek otu posasından elde edilen 25 mg/mL ve 50 mg/mL ekstraktların antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi amacıyla gram pozitif (*Staphylococcus aureus* NCTC 8530, *Bacillus subtilis* NRRL-B209, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Enterococcus faecalis* ATCC 19433, *Micrococcus luteus* NCIMB 8166) ve gram negatif (*Escherichia coli* ATCC 8739, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027) bakteriler kullanılmıştır. Antimikrobiyal aktivite tayini Çelik ve Tunçil [20] tarafından uyarlanan yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu amaç için kuyucuk yöntemi kullanılmıştır. Standardize edilmiş bakteri kültürleri Nutrient agar'a ekimi yapıldıktan sonra açılan kuyucuklara ekstraktlar eklenmiştir. Negatif kontrol olarak %80 etanol kullanılmıştır. Tüm petri plakları 37°C'de 24 saat inkübe edildikten sonra inhibisyon zon çapları mm olarak ifade edilmiştir. Analiz her örnek için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Fiziksel analiz

Renk analizleri, mekanik olarak öğütülen çörekotu posası ve posa ikameli kraker örnekleri üzerinden doğrudan

Minolta Chroma Meter CR 400 (Minolta Co., Osaka, Japan) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler tüm örneklerde iki paralel olacak şekilde yapılmış ve sonuç L^* (parlaklık), a^* (kırmızı, yeşil) ve b^* (sarı, mavi) değerleri için raporlanmıştır. Analiz her örnek için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Kraker örneklerinin sertlik ve kırılabilirlik değerleri ise, tekstür analiz cihazı (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. Analizler örnekler hazırlandıktan 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Analizlerde üç noktalı kırılma probu (TA-92) kullanılmıştır. Analiz ölçüm parametreleri, load cell, 30 kg, ön-test hızı: 1.0 mm/s, test hızı: 3.0 mm/s, son-test hızı: 10.0 mm/s, uzaklık: 5 mm, trigger kuvveti: 50 g parametreleri ile gerçekleştirilmiştir. Analiz her örnek için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Duyusal Değerlendirme

Kraker örneklerinin duyuşal değerlendirmesi 7 uzman olmayan panelist tarafından seçilmiştir. 7 panelist seçilmesinin nedeni çalışmanın ön değerlendirme niteliğinde olmasıdır. Panelistler değerlendirme yapmadan önceden bilgilendirilmiştir. Duyusal değerlendirmede, krakerlerin seçilmiş temsili özellikleri (renk, tat, koku, görünüm, kırılabilirlik ve genel kabul edilebilirlik) değerlendirilmiştir. Puanlama skorları 1 "kabul edilemez" ile 7 "mükemmel" arasında değişmiştir.

İstatistiksel analiz

Kraker örneklerinin istatistiksel anlamlılığı, JMP istatistik yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar, iki tekrarın ortalama \pm standart sapması olarak sunulmuştur. Kraker örneklerinin istatistiksel anlamlılığını %95 düzeyinde belirlemek için Tukey testi kullanılmıştır. Ayrıca, grafiksel analiz ve çizimler GraphPad Prism (GraphPad Prism 8.0.1) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

TARTIŞMA

Çörekotu Posasının Besinsel Kompozisyonu, Biyoaktif (Toplam Fenolik ve Antioksidan) ve Antimikrobiyal Özelliğinin Belirlenmesi

Mevcut çalışmada, soğuk presleme ile yağ alınmış çörekotu posasının besinsel kompozisyon (nem, yağ ve kül) değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Çörekotu posasının nem, yağ ve kül içerikleri sırasıyla %5.36, %17.91, %8.03 olarak bulunmuştur. Çalışmadaki nem içeriği değerinin, çörek otu posasının nem içeriğini %5.98 olarak bildiren Batool ve ark. [14] verileriyle örtüştüğü, fakat Thilakarathna ve ark. [21] verilerinden (%4.56-4.70) oldukça yüksek olduğu kaydedilmiştir. Öte yandan kül içeriğini %9.6 olarak bildiren Ali ve ark. [22]'nin bulguları ile uyumlu olurken, çörekotu tohumlarında ham yağ oranını %40.6 olarak belirten Takruri ve Dameh [23] ve yağ içeriğini %9.53 olarak bildiren Abo-Taleb ve Rizk [24]'nin bulgularıyla uyumsuz olduğu görülmüştür. Bu değişiklikler, yetiştirildikleri coğrafi farklılıklar ve iklim koşulları, toprak durumu, depolama koşulları ve

hatta olgunluk aşaması, işleme yöntemi ve uygulanan ekstraksiyon tekniği gibi çevresel faktörlere bağlanabilir. Çörek otu posasının besinsel niteliğinin yanı sıra biyoaktif içeriğinin de önemli olduğunu belirtmekte yarar vardır. Çalışmamızda çörek otu posasının toplam fenolik içeriği 0.14 mg GAE/g olarak belirlenirken, antioksidan aktivitesi 2.87 mg TE/g olmuştur (Tablo 1). Mevcut çalışmadaki toplam fenolik içeriğinin literatürdeki bazı raporlardan (4.8 mg/g) düşük olduğu gözlenmiştir [24]. Bu farklılıkların sebebi posanın elde edilme yöntemi, ekstraksiyon yöntemi, çözücü tipi, yağ oranı ve örnek hazırlama koşulları olarak gösterilebilir. Örneğin, yapılan bir çalışma çözücü olarak en uygun etanol konsantrasyonunun %59.1 olduğunu ve konsantrasyon arttıkça fenolik içeriklerinde düşüş olduğunu bildirmiştir [25]. Nitekim bu etkiler, çözücünün polaritesinin fenoliklerin ekstraksiyonu üzerinde bir etkiye sahip olmasının bir sonucu olduğunu doğrulamıştır [26]. Ek olarak çörek otu posası soğuk preslemede mekanik baskıya maruz kaldığında burada bulunan fenolik bileşikler, protein ya da liflerin yapısına hapsolabilmektedir. Bu durumun da bağlı fenoliklerin serbest forma geçmesinde yetersiz kaldığı söylenebilir [27]. Diğer yandan antioksidan aktivite için analiz yöntemi, kullanılan çözücüler ve ölçüm birimlerindeki farklar dikkate alındığında, bu farklılığın yöntemsel nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 1. Çörek otu posasının besinsel kompozisyonu ve biyoaktif içeriği

Bileşen	Sonuçlar
Nem (%)	5.36±0.20
Yağ (%)	17.91±1.64
Kül (%)	8.03±0.19
Toplam fenolik içeriği (mg GAE / g)	0.14±0.01
DPPH (mg TE / g)	2.87±0.00

*Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çörekotu posasından farklı konsantrasyonlarda ekstrakte edilen ekstraktların test edilen patojen bakteri suşlarına karşı inhibisyon aktiviteleri Tablo 2’de sunulmuştur. 25 mg/mL konsantrasyona sahip ekstraktın *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *B. spitzizium* üzerindeki inhibisyon aktivite değerlerinin sırasıyla 10.00, 10.00 ve 11.25 mm olduğu, fakat *E. coli*, *B. subtilis*, *M. luteus*, *P. aeruginosa* ve *E. faecium* üzerinde ise herhangi bir inhibisyon saptanmadığı gözlenmiştir. Öte yandan 50 mg/mL konsantrasyonunda ise inhibisyon bölgelerinde genel olarak bir artış olduğu kaydedilmiştir. Bu durum çörekotu posasından elde edilen ekstraktların gram pozitif bakterilere karşı daha güçlü etkiler gösterdiğini bildiren Yimer ve ark. [28] tarafından da desteklenmiştir. Çörek otu posalarının antimikrobiyal etkisinin altında yatan kesin mekanizmanın bilinmemesinin yanı sıra antibakteriyel özellikleri aktif bileşenlerine, özellikle de timokinona ve melanine atfedilebilir [29,30]. Nitekim timokinonun, gram pozitif ve gram negatif bakteriler, küfler ve virüsler de dahil olmak üzere çok çeşitli mikroorganizmalara karşı önemli antimikrobiyal etkilere sahip olduğunu belirtmekte yarar vardır [31]. Çünkü

timokinonun, bakterisidal aktivite, biyofilm inhibisyonu ve reaktif oksijen türleri (ROS) oluşumu gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla bakteriyel aktiviteyi inhibe ettiği bildirilmiştir [30].

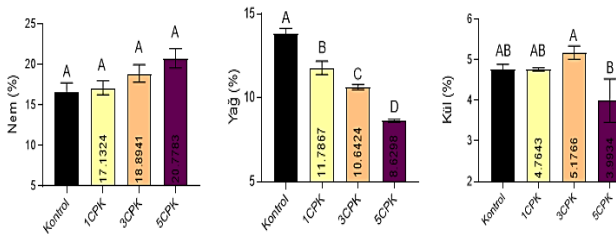
Tablo 2. Çörek otu posası ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri

Bakteri suşları	İnhibisyon zon çapları (mm)	
	25 mg / mL	50 mg / mL
<i>E. coli</i>	nd	nd
<i>L. monocytogenes</i>	10.00±0.00	20.00±0.00
<i>S. aureus</i>	10.00±0.00	10.00±0.00
<i>B. subtilis</i>	nd	10.00±0.00
<i>B. spitzizium</i>	11.25±1.77	17.50±3.54
<i>M. luteus</i>	nd	nd
<i>P. aeruginosa</i>	nd	nd
<i>E. faecium</i>	nd	nd

*nd: Bulunamadı.

Çörekotu Posası İkameli Kraker Örneklerinin Besinsel Kompozisyonu

Çörekotu posası ilavesinin kraker formülasyonlarındaki besinsel kompozisyon üzerine etkisi dikkate alındığında, kontrol kraker grubunda nem içeriği %16.62 olarak belirlenirken, %1, %3 ve %5 çörekotu posası ikameli örneklerde bu değerler sırasıyla %17.13, %18.89 ve %20.78 olarak kaydedilmiştir (Şekil 1). Posası konsantrasyonuna bağlı olarak nem değerlerinde artış gözlenirse de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla beraber çörekotu posası konsantrasyonu arttıkça yağ içeriğinde anlamlı bir düşüş meydana gelirken ($p < 0.05$), kül içeriğindeki farklılıklar çoğunlukla anlamlı olmadığını ortaya koymuştur ($p > 0.05$). Çörekotu posası ikameli fırın bazı ürün üretimi Batool ve ark. [14] tarafından da incelenmiş ve çörekotu posası ikameli kurabiye çeşitlerinin konsantrasyona bağlı olarak yağ içeriğinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Bu durum mevcut araştırmanın bulgularını destekler niteliktedir. Fakat, Al-Ansi ve ark. [34] çörekotu posası ikameli bisküvilerde toplam yağ oranının posası ilavesiyle yükseldiğini bildirmiştir. Bu farklılık, ürün tipi, kullanılan ham madde bileşimi, üretim koşulları ve çörekotu posasının formülasyon içindeki matris etkisinin ürünün yapısal özelliklerine bağlı olarak değişebilmesiyle açıklanabilir. Mevcut araştırmanın kül içeriği bulguları (%3.99’den %5.18’ye) ise, Zerlasht ve ark. [35] tarafından belirtilenlerden (çörekotu ikameli ekmek kül içeriği değerleri %0.54-0.67) oldukça farklı olmuştur. Bu farklılığın, yüksek posası ilavesiyle pişirme sürecinde oluşabilecek mineral kayıplarından veya bileşenler arası etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



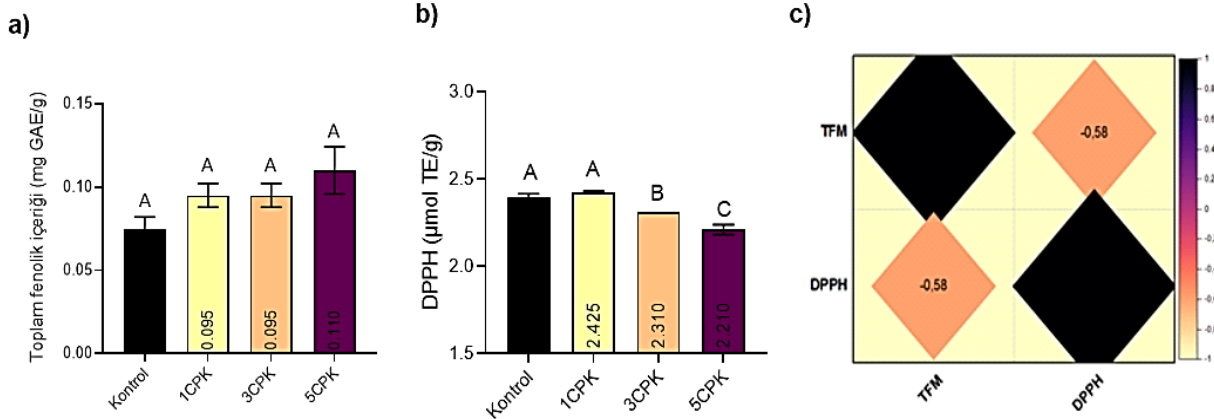
Şekil 1. Kraker örneklerinin besinsel kompozisyon parametreleri (nem, yağ, kül). Kısaltmalar: 1CPK; %1 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 3CPK; %3 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 5CPK; %5 Çörekotu posası ikameli kraker örneği

Çörekotu Posası İkameli Kraker Çeşitlerinin Biyoaktif Niteliği

Üretimleri gerçekleştirilen kraker örneklerine ait toplam fenolik madde içerikleri ile antioksidan aktivite değerleri Şekil 2a-b'de sunulmuştur. Toplam fenolik madde içeriği 0.08 mg GAE/g' ile 0.11 mg GAE/g arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 2a). Çörekotu posası konsantrasyonu arttıkça kraker örneklerinde toplam fenolik madde içeriğinde artış meydana gelmesine rağmen istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bu artış, çörekotu posasındaki doğal fenolik bileşiklerin hamura geçmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Dahası fırınlama esnasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu ürünlerinin posadan gelen hassas fenolik bileşikler degrade etmesine dayandırılabilir [32]. Ek olarak bu durum fırınlama sırasında meydana gelen termal

degradasyon ve fenolik bileşiklerin gıda matrisiyle (protein-polisakarit etkileşimi) kompleks oluşturmaya atfedilebilir [33]. Benzer şekilde Al-Ansi ve ark. [34] çörekotu ilavesinin bisküvilerde toplam fenolik madde miktarını artırdığını ve ilave oranı yükseldikçe bu artışın daha belirgin hale geldiğini bildirmiştir. Bu bulgular, çörekotu posasının fenolik bileşikler yönünden fonksiyonel bir katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini ve kraker gibi fırıncılık ürünlerinin antioksidan kapasitesinin artırılmasında etkili olabileceğini göstermektedir.

Mevcut çalışmadaki kraker örneklerinin antioksidan aktivite değerleri dikkate alındığında, 2.39 $\mu\text{mol TE/g}$ 'dan 2.21 $\mu\text{mol TE/g}$ 'ye değişmiştir (Şekil 2b). Elde edilen veriler, çörekotu posası ilavesiyle antioksidan aktivite değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana geldiğini göstermiştir ($p < 0.05$). Nitekim Al-Ansi ve ark. [34] tarafından yürütülen bir çalışmada, çörekotu ilavesiyle bisküvilerde antioksidan kapasitenin arttığı, ancak pişirme yöntemi ve koşullarının bu etkiyi önemli ölçüde değiştirdiği bildirilmiştir. Bu durum, yüksek düzeyde posası ilavesinin formülasyondaki diğer bileşenlerle etkileşime girerek fenolik bileşiklerin etkinliğini azaltması veya ısıl işlem sırasında bu bileşiklerin kısmen bozulması ile açıklanabilir. Bu durum, toplam fenolik madde (TFM) ve DPPH analizi arasında -0.58'lik bir korelasyon katsayısı (r) ile orta düzeyde negatif bir korelasyon olduğunu gösteren Pearson korelasyon analiziyle daha da doğrulanmıştır (Şekil 2c).



Şekil 2. Üretimleri gerçekleştirilen kraker örneklerinin a) toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/g), b) DPPH değerleri ($\mu\text{mol TE/g}$) ve c) Krakerlerin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesinin (DPPH) Pearson korelasyon analizi. (Pearson korelasyon katsayısı (r), r : 0.00-0.10 için ihmal edilebilir bir korelasyon, r : 0.10-0.39 için zayıf bir korelasyon, r : 0.40-0.69 için orta düzeyde bir korelasyon, r : 0.70-0.89 için güçlü bir korelasyon ve r : 0.90-1.00 için çok güçlü bir korelasyon olduğunu göstermektedir). Kısaltmalar: 1CPK; %1 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 3CPK; %3 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 5CPK; %5 Çörekotu posası ikameli kraker örneği

Renk Profili

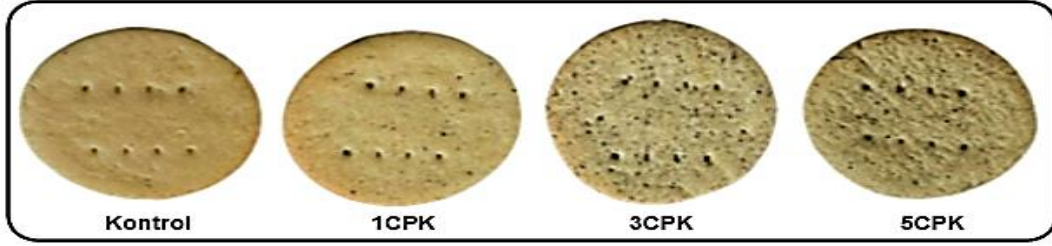
Renk, gıda ürünlerinin tüketici tarafından tercih edilmesinde ve satın alma kararının verilmesinde önemli bir kalite göstergesi olarak bilinir [34]. Bu yüzden mevcut çalışmada üretimleri gerçekleştirilen kraker örneklerinin renk parametreleri Şekil 3b'de verilmiştir. Kraker örneklerine ait renk bulguları incelendiğinde L^*

değerleri kontrol örneğinde (79.41) en yüksek değere sahipken, en düşük 3CPK örneğinde (68.65) gözlemlenmiştir. Çörekotu posası konsantrasyonu arttıkça L^* değerinde kademeli bir azalma meydana geldiği kaydedilmiştir. Bu azalma Saddique ve ark. [36] çalışmalarındaki (ekmek ürününe çörekotu tozu kullanımı) görüşle örtüşmüştür. Diğer yandan çalışmada

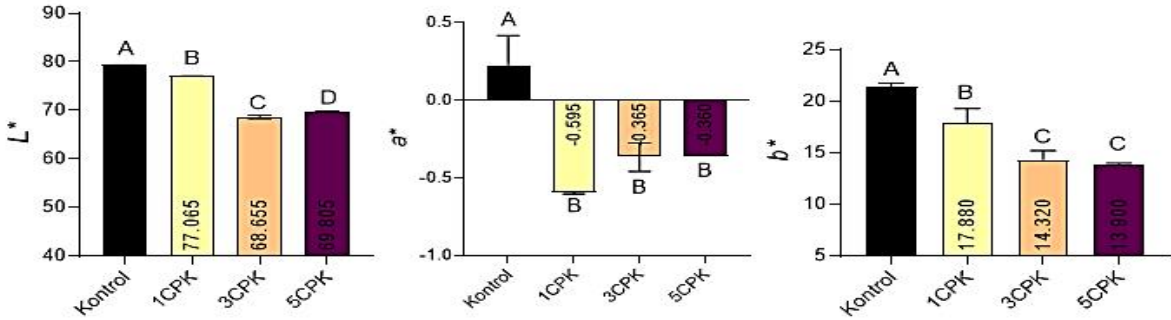
çörekotu posası konsantrasyonu arttıkça a^* ve b^* değerlerinde azalma meydana geldiği ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) görülmüştür. Benzer bir gözlem Mudau ve ark. [37] tarafından çörekotu ikameli ekmek kırıntısı için bildirilmiştir. Nitekim mevcut bulgular, çörekotu posası miktarındaki artışın ürün rengini koyulaştırdığını açıkça ortaya koymuştur. Üründe koyuluk meydana gelmesi hem çörekotunun siyah rengine hem de pişirme işlemi sırasında

gerçekleşen maillard reaksiyonlarına atfedilebilir [38]. Çünkü pişirme sırasında karamelizasyon (indirgeyici şekerler ile kahverengi pigmentler üreten proteinlerin serbest amino asit yan zincirleri arasındaki etkileşimleri içermesi) ve maillard reaksiyon süreçleri (şekerlerin yüksek sıcaklıklarda enzimatik olmayan bir reaksiyonu), şekerleri diğer bileşenlere indirger ve ürünlerin rengini değiştirir [38].

a)



b)



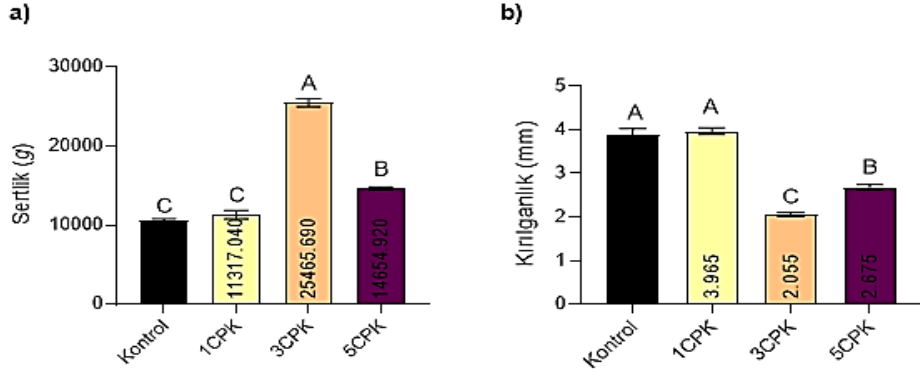
Şekil 3. a) Üretimleri gerçekleştirilen kraker örneklerine ait görseller ve b) renk (L^* , a^* ve b^*) değerleri. Kısaltmalar: 1CPK; %1 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 3CPK; %3 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 5CPK; %5 Çörekotu posası ikameli kraker örneği

Tekstürel Parametre (Sertlik ve Kırılgenlik)

Bu çalışmada, çörekotu posasının krakerlerin sertlik (g) ve kırılabilirlik (mm) değerleri üzerindeki etkisi incelenmiş ve elde edilen bulgular Şekil 4a-b'de sunulmuştur. Sertlik değerleri incelendiğinde, çörekotu posası oranı arttıkça sertlikte artış meydana geldiği kaydedilmiştir (Şekil 4a). En yüksek sertlik değeri %3 çörekotu posası ilavesinde gözlenmiş olup, bu artışın posanın su tutma kapasitesini artırarak hamur matrisinde daha yoğun ve kompakt bir yapı oluşturmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir [36]. Nitekim lifin suya olan afinitesindeki önemli artış, ürünü daha sert hale getirmiş olabilir [4]. Buna karşılık, %5 posa ilavesinde

sertlikteki azalma, aşırı posa miktarının gluten ağını zayıflatması ve yapısal bütünlüğü azaltmasıyla açıklanabilir. Çünkü sertlik/kırılgenlik gibi tekstürel özelliklerin esas olarak protein fraksiyonundan etkilendiği söylenebilir [39].

Tekstürel parametrede önemli olan kırılgenlik değerleri dikkate alındığında ise kraker örneklerinde çörekotu posası oranı arttıkça kırılgenlikte azalma meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 4b). Bu durum çörekotu oranı arttıkça bisküvilerin kırılgenliğinde artma meydana geldiğini bildiren AL-Ansi ve ark. [34] bulguları ile uyumsuzluk göstermiştir. Bunun sebebi nem içeriğine dayandırılabilir. Öte yandan posa katkısının hamurun su tutma kapasitesini ve gözenek yapısını etkileyerek ürün tekstüründe anlamlı değişimlere yol açtığını bildirmiştir.

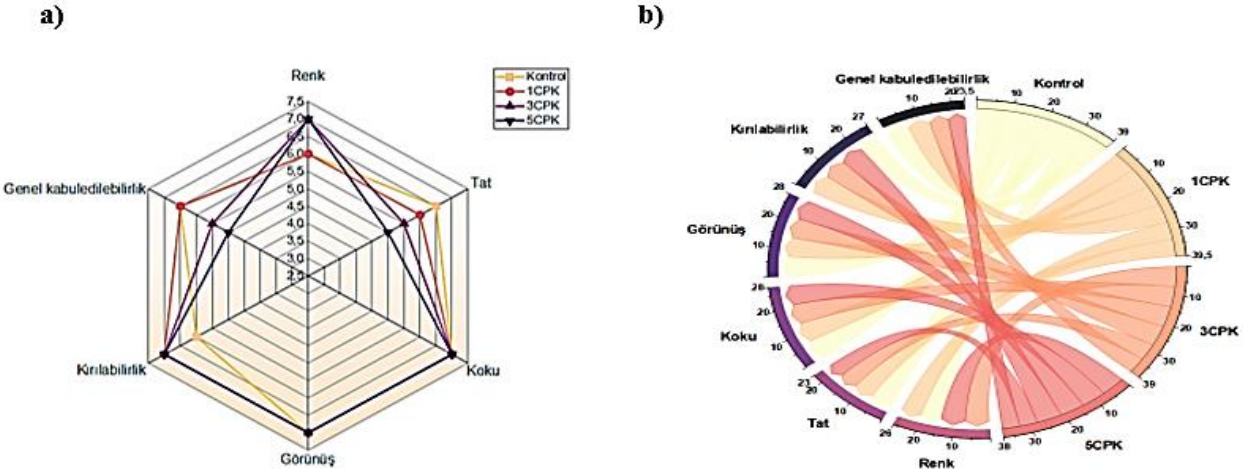


Şekil 4. Kraker örneklerinin a) sertlik (g) ve b) kırılgenlik (mm) profilleri. Kısaltmalar: 1CPK; %1 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 3CPK; %3 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 5CPK; %5 Çörekotu posası ikameli kraker örneği.

Duyusal Değerlendirme

Çörekotu posası ile zenginleştirilmiş krakerlerin ve kontrol örneklerinin duysal profillerine dayalı tüketici tercihleri Şekil 5a'da sunulmuştur. Kraker çeşitleri arasındaki duysal değerlendirmeler hem örümcek ağı grafiği hem Chord diyagramı kullanılarak ifade edilmiştir (Şekil 6a-b). Bu görseller, kraker örnekleri arasındaki benzerlik ve farklılıkların tüketici algısı açısından yorumlanmasını kolaylaştırmıştır (Şekil 6a-b). Panelistler tarafından değerlendirilen kraker örneklerinin renk bulguları örümcek ağı grafiğinde incelendiğinde çörekotu ikamesi arttıkça renklerin beğenildiği

görülmüştür (Şekil 6a). Tat skorları değerlendirildiğinde ise çörekotu posası oranının artmasıyla panelistler tarafından beğenilmenin azalması buna rağmen koku ve görünüş skorlarında farklılık olmadığı saptanmıştır. Öte yandan krakerlerin kabul edilebilirliği çörekotu posası oranı %3'e çıkarıldığında artmış, ancak %5'e çıkma durumunda azalmıştır. Duyusal değerlendirme yüzde sınıflandırması olarak incelendiğinde ise, kontrol örneği genel kabul edilebilirlikte %7.56 olurken 3CPK örneği ve 5CPK örneği sırasıyla %12.54 ve % 12.22 olmuştur. Bu, kontrol örneğinin neredeyse iki katı olmaktadır (Şekil 6b).



Şekil 5. Kraker örneklerinin duysal özelliklerini gösteren a) Örümcek ağı grafiği ve b) chord diyagramı. Kısaltmalar: 1CPK; %1 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 3CPK; %3 Çörekotu posası ikameli kraker örneği, 5CPK; %5 Çörekotu posası ikameli kraker örneği.

SONUÇ

Mevcut çalışmada çörekotu yan ürünü olan çörekotu posasının hem besinsel, biyoaktif, antimikrobiyal aktivite profilleri hem de farklı konsantrasyonlarının kraker model ürününde kullanımı değerlendirilmiştir. Çörekotu posası ekstraktları yüksek antimikrobiyal aktivite özelliği göstermiş ancak toplam fenolik madde içeriği ve

antioksidan aktivitesi düşük kalmıştır. Öte yandan kraker ürününe çörekotu posası ilavesi yağ ve kül içeriklerinde önemli değişiklikler yaratmıştır. Kraker örnekleri çörekotu posası ile zenginleştirildiğinde kontrol örneklerine kıyasla toplam fenolik içeriği değişmezken, antioksidan değerlerinin önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur. Çörekotu posası ikamesi ayrıca kraker örneklerinin renk ve dokusal özelliklerini de

iyileştirmiştir. Fakat, çalışma kapsamında elde edilen bulgular, çörek otu posası oranının maksimum %3 olacak şekilde dahil edilmesinin hem kraker bazlı ürünlerin nitelikleri hem duyusal parametreleri bakımından uygun olacağı kaydedilmiştir. Öte yandan, çörekotu posası krakerlerin genel duyusal özellikleri önemli ölçüde etkilediği ve teknolojik kaliteyi değiştirdiği dikkate alındığında, atıştırmalık tahıl bazlı formülasyonlarına dahil edilebileceği ve diyet lifi açısından zengin fonksiyonel ürünler elde edilebileceği düşünülmektedir. Ancak bu çalışmalardaki etkinliğin daha fazla açığa çıkarılması için çörekotu posası oranının optimizasyonu gibi çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Kamandloo F., Miran M., Salami M. Evaluation of black seed (*Nigella sativa* L.) cake and its protein in muffins as a valuable potential functional source for obesity control *Food and Functional Food Science in Obesity*, 1(6), 7-25, 2023.
- [2] Al-n'datt M.H., Rababah T., Al-n'datt D.A.G., Gammoh S., Alkandari S., Allafi A., Al-Rashdan H.K. Designing novel industrial and functional foods using the bioactive compounds from *Nigella sativa* L. (black cumin): Biochemical and biological prospects toward health implications, *Journal of Food Science*, 89(4), 1865-1893, 2024.
- [3] Yaşhi T., Arslan A., Saeed H. Effect of deficit irrigation technique on black cumin (*Nigella sativa* L.) water use efficiency. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 26(2), 449-461, 2024.
- [4] Krawecka A., Sobota A., Ivanišová E., Harangozo P., Valková V., Zielińska E., Mildner-Szkudlarz S. Effect of black cumin cake addition on the chemical composition, glycemic index, antioxidant activity, and cooking quality of durum wheat pasta, *Molecules*, 27(19), 6342, 2022.
- [5] Ghadarloo S., Mansourinour S., Saremnezhad S. Effect of the mixture of oleaster (*F. angustifolia* L.) and black cumin (*Nigella sativa*) flours as functional compounds on the quality characteristics of toast bread, *Food Science & Nutrition*, 11(8), 4678-4687, 2023.
- [6] Barmanrav A., Kaushik N., Kumar R. A Study on Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Fortified Processed Products: Formulation and Quality Evaluation. *Journal of Nutrition and Food Security*, 9(4): 609-620, 2024.
- [7] Zakv A.A., Shim J.H., Abd El-Aty A.M. A review on extraction, characterization, and applications of bioactive peptides from pressed black cumin seed cake, *Frontiers in Nutrition*, 8, 743909, 2021.
- [8] Obeidat B.S. The inclusion of black cumin meal improves the carcass characteristics of growing Awassi lambs, *Veterinary World*, 14(1), 237, 2021.
- [9] Obeidat B.S., Al-Khaza'leh J.F., Aloudah A.M. Black cumin meal (*Nigella sativa*) as an alternative feed resource during the suckling period of Awassi ewes: Assessments of performance and health. *Animal Feed Science and Technology*, 306, 115820, 2023.
- [10] Ramadan M.F. Introduction to black cumin (*Nigella sativa*): Chemistry, technology, functionality and applications. In *Black cumin (Nigella sativa) seeds: Chemistry, technology, functionality and applications* (pp. 1-7), Cham: Springer International Publishing, 2020.
- [11] Fathi M., Hosavni M., Alizadeh S., Zandi R., Rahmati S., Rezaee V. Effects of black cumin (*Nigella Sativa*) seed meal on growth performance, blood and biochemical indices, meat quality and cecal microbial load in broiler chickens, *Livestock Science*, 274, 105272, 2023.
- [12] Taeneh H. The Effect of Black Cumin Seed (*Nigella sativa*) Meal on Physicochemical, Textural and Sensorial Properties of Sponge Cake, 2020.
- [13] Ulong A.F., Emelike N.I.T., Woka F.I., Inr F. O. Formulation of fiber enriched crackers biscuit: Effect on nutritional composition, physical and sensory properties, *Heliyon*, 9(5), 2023.
- [14] Batool R., Ramzan R., Raza A., Aziz M., Rohi M., Naeem A., Khadijah B. Dietary supplementation of black cumin (*Nigella sativa*) meal in the formulation of protein-enriched cookies: further in vivo evaluation of protein quality with physicochemical and organoleptic characterization. *Food Science & Nutrition*, 12(10), 7405-7416, 2024.
- [15] Khanjeh A.M., Mostashari P., Oliveira C.A., Vanin F.M., Amiri S., Sant'Ana A.S. Assessment of the concentrations of ochratoxin A, zearalenone, and deoxynivalenol during cracker production *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104950, 2023.
- [16] Madhavan S., Sreekantiah H.M. Influence of High Protein on the Rheological Properties, Microstructure and X-Ray Diffraction of Crackers Formulations. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 13(1), 132-144, 2025.
- [17] Heller L. Commercial aspects of gluten-free products *Gluten-Free Food Science and Technology*, 99-106, 2009.
- [18] Han J.J., Ianz J.A., Gerlat M. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions, *Food Research International*, 43(2), 627-633, 2010.
- [19] AACCI Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists International. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, 2000.
- [20] Celik Ö.F., Tuncel Y.F. Antioxidant activity, total phenolic and saponin contents of quinoa seeds having different hull colors as affected by washing process. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 13(1), 11-24, 2020.
- [21] Thilakarathne R.C.N., Madushanka G.D.M.P., Navaratne S.B. Phytochemical analysis of Indian and Ethiopian black cumin seeds (*Nigella sativa*), 7(1): 556011, 2018.
- [22] Ali M.A., Saveed M.A., Alam M.S., Yeasmin M.S., Khan A.M., Muhamad I.I. Characteristics of oils and nutrient contents of *Nigella sativa* Linn. and *Trigonella foenum-graecum* seeds. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 26(1), 2012.
- [23] Takriri H.R., Dameh M.A. Study of the nutritional value of black cumin seeds (*Nigella sativa* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(3), 404-410, 1998.
- [24] Aho-Taleb M.H., Rizk F.A. Utilization of black seeds meal for bakery products preparations. *International Journal of Family Studies, Food Science and Nutrition Health*, 3(2), 126-152, 2022.
- [25] Gueffai A., Gonzalez-Serrano D.J., Christodoulou M.C., Orellana-Palacios J.C., Ortega M.I.S., Ouldmourna A., Hadidi M. Phenolics from defatted black cumin seeds (*Nigella sativa* L.): ultrasound-assisted extraction optimization, comparison, and antioxidant activity, *Biomolecules*, 12(9), 1311, 2022.

- [261] Gullon B., Gullon P., Liu-Chau T.A., Moreira M.T., Lema J.M., Fibes G. Optimization of solvent extraction of antioxidants from *Eucalyptus globulus* leaves by response surface methodology: Characterization and assessment of their bioactive properties, *Industrial Crops and Products*, 108, 649-659, 2017.
- [271] Lutterodt H., Luthar M., Slavin M., Yin J.L., Parrv J., Gao J.M., Yu J.L. Fatty acid profile, thymoquinone content, oxidative stability, and antioxidant properties of cold-pressed black cumin seed oils. *LWT-Food Science and Technology*, 43(9), 1409-1413, 2010.
- [281] Yimer E.M., Tuem K.B., Karim A., Ur-Rehman N., Anwar F. *Nigella sativa* L.(black cumin): a promising natural remedy for wide range of illnesses. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019(1), 1528635, 2019.
- [291] Rahee I.A., Abu El-Hassan A.F.M. The effect of black cumin seed (*Nigella sativa* L.) oil and aqueous extract on physicochemical, antioxidant properties, and shelf life of curcane. *Favour Journal of Agricultural Research and Development*, 39(1), 163-180, 2025.
- [301] Yuslianti E.R., Susanto A., Sutiatmo A.B., Widowati W., Avuni V., Hadinasetvo D.S. Antimicrobial and Antioxidant Activities of Black Cumin Seed (*Nigella sativa*) Ethanol Extract. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(5), 1273-1282, 2025.
- [311] Forouzanfar F., Hosseinzadeh H. Protective role of *Nigella sativa* and thymoquinone in oxidative stress: a review. *Nuts and seeds in health and disease prevention*, 127-146, 2020.
- [321] Zhang, C., Guo, X., Guo, R., Zhu, L., Oiu, X., Yu, X. & Feng Z. (2023) Insights into the effects of extractable phenolic compounds and Maillard reaction products on the antioxidant activity of roasted wheat flours with different maturities. *Food Chemistry*: X, 17, 100548.
- [331] Xue, H., Feng, J., Tang, Y., Wang, X., Tang, J., Cai, X. & Zhong H. (2024) Research progress on the interaction of the polyphenol-protein-poly-saccharide ternary systems. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1), 95.
- [341] Al-Ansi W., Mahdi A.A., Al-Maqtari O.A., Fan M., Wang L., Li Y., ... Zhang H. Evaluating the role of microwave-baking and fennel (*Foeniculum vulgare* L.)/*Nigella* (*Nigella sativa* L.) on acrylamide growth and antioxidants potential in biscuits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3), 2426-2437, 2019.
- [351] Zerlasht M., Javaria S., Ouddoo M.Y., Arshad R., Yacoub S., Khalid M.Z., ... Rafique H. The impact of fenugreek, black cumin, and garlic on dough rheology, bread quality, antimicrobial activity, and microstructural analysis using a scanning electron microscope. *Italian Journal of Food Science*, 36(4), 26, 2024.
- [361] Saddique M.S., Sultan M.T., Iqbal S.Z., Bosch C., Akhtar S., Raza H., ... Ahmed W. Physicochemical, rheological and sensory evaluation of herbal bread containing turmeric, ginger, and black cumin powder. *Foods*, 13(4), 555, 2024.
- [371] Mudau M., Ramashia S.F., Mashau M.F., Silungwe H. Physicochemical characteristics of bread partially substituted with finger millet (*Eleusine corocana*) flour. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020123, 2021.
- [381] Osman M.A., Alamri M.S., Mohamed A.A., Hussain S., Gassem M.A., Rahman I.A. Black cumin-fortified flat bread: formulation, processing, and quality. *Quality assurance and safety of crops & foods*, 7(2), 233-238, 2015.
- [391] Pasha I., Anjum F.M., Morris C.F. Grain hardness: a major determinant of wheat quality. *Food Science and Technology International*, 16(6), 511-522, 2010.