



## Changes in Phenolic, Flavonoid and Antioxidant Capacity of Gluten-Free Crackers Enriched with Pomegranate Seeds During *In Vitro* Gastrointestinal Digestion

Zehra Gülsünoğlu Konuşkan<sup>1,a,\*</sup>, Büşra Göz<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 34295, İstanbul, Türkiye*

\*Corresponding author

### ARTICLE INFO

Research Article

Received : 31.07.2024

Accepted : 12.09.2024

Keywords:

Gluten-free

Cracker

Green lentil

Pomegranate seed

Gastrointestinal digestion

### ABSTRACT

In this study, the use of pomegranate seed powder in the production of novel, functional and gluten-free crackers was investigated in order to eliminate nutritional gaps and meet the demand for healthier gluten-free options. For this reason, the chemical composition and physical and sensory properties of gluten-free crackers prepared with green lentil flour enriched with pomegranate seed powder were evaluated. In addition, *In vitro* gastrointestinal digestion model was used to evaluate the changes in total phenolic (TPC) and flavonoid (TFC) content and total antioxidant activity (TAA) of gluten-free crackers before and after digestion. Based on the findings, the addition of pomegranate seed powder did not cause any significant change in the chemical, physical and sensory properties of crackers. An increase was observed in the TPC, TFC and TAA of crackers with the addition of pomegranate seed powder. Furthermore, after *In vitro* gastrointestinal digestion, crackers enriched with pomegranate seed powder were found to have 290%, 192% and 159-204% more bioaccessible TPC, TFC and TAA compared to undigested crackers, respectively. As a result, it seems that gluten-free crackers with green lentil flour enriched with pomegranate seed powder have good potential in terms of both consumer appeal and imparting health benefits.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(s2): 2298-2305, 2024

## Nar Çekirdeği İlaveli Glütensiz Krakerlerin *In Vitro* Gastrointestinal Sindirim Sırasında Fenolik, Flavonoid ve Antioksidan Kapasitesinde Meydana Gelen Değişimler

### MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 31.07.2024

Kabul : 12.09.2024

Anahtar Kelimeler:

Glütensiz

Kraker

Yeşil mercimek

Nar çekirdeği

Gastrointestinal sindirim

### ÖZ

Bu çalışmada, nar çekirdeği tozunun yeni, fonksiyonel ve glütensiz bir kraker üretiminde kullanılmasının yanı sıra, besin ögesi açığını gidermek ve daha sağlıklı glütensiz seçeneklere yönelik talebi karşılamak amacıyla kullanım olanakları da araştırılmıştır. Bu sebeple, nar çekirdeği tozu ile zenginleştirilmiş yeşil mercimek unuyla hazırlanan glütensiz krakerlerin kimyasal kompozisyonu, fiziksel ve duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, glütensiz krakerlerin sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik (TPC) ve flavanoid madde (TFC) içeriğinde ve toplam antioksidan aktivitesinde (TAA) meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek için *In vitro* gastrointestinal sindirim modeli kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar nar çekirdeği tozu ilavesinin krakerlerin kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinde anlamlı bir değişime sebep olmadığını göstermiştir ( $P>0,05$ ). Nar çekirdeği tozu ilavesi ile krakerlerin TPC, TFC ve TAA miktarında artış görülmüştür. İlavenin, *In vitro* gastrointestinal sindirim sonrasında nar çekirdeği tozu ilaveli krakerlerin sindirilmemiş krakerlere oranla sırasıyla %290, %192 ve %159-204 kadar daha fazla biyoerişilebilir TPC, TFC ve TAA'ya sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, nar çekirdeği ile zenginleştirilmiş yeşil mercimek unlu glütensiz krakerlerin hem tüketici ilgisini çekmesi açısından hem de sağlık faydaları açısından iyi bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

<sup>a</sup> [zehragulsunoglu@aydin.edu.tr](mailto:zehragulsunoglu@aydin.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6497-1912>

<sup>b</sup> [busragoz@aydin.edu.tr](mailto:busragoz@aydin.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2371-9603>



## Giriş

Nar (*Punica granatum* L.) içinde küçük çekirdekleri olan ve meyve gövdesinde bulunan yüzlerce tanecikten oluşmuş, tadı hafif ekşi veya tatlı bir meyvedir. Taze olarak tüketilebildiği gibi, endüstriyel olarak nar ekşisi, nar suyu, nar pekmezi, nar sirkesi gibi ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Tanenler, flavanoidler gibi fenolik bileşenler ile folat, C vitamini, fosfor, demir, potasyum ve lif gibi mikro ve makro besin öğeleri açısından zengin bir meyve olması sebebiyle narın sağlık üzerine olumlu etkileri yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Sönmezdağ, 2021; Viuda-Martos ve ark., 2010; Vučić ve ark., 2019). Nar meyvesinin yaklaşık %78'i kabuk kısmından oluşmaktayken çekirdek kısmı ise %22'lik kısmını oluşturmaktadır (Abid ve ark., 2017). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'ne göre dünyada yıllık 1,5 milyon ton yüksek besin değerine sahip endüstriyel nar atığı oluşmaktadır (Gholipour ve ark., 2023). Bu atıkların yüksek besin içeriği sebebiyle geri dönüşümünün sağlanması ve katma değer yaratılarak ekonomiye kazandırılması önemlidir.

Kraker, her yaşta insanın keyifle tükettiği popüler bir atıştırma olarak yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Başlıca buğday unu, su, maya veya kabartıcılar, yağ ve şeker içeren krakerlerin çoğu besin değeri ve işlevsellik açısından yetersiz kalmaktadır. Atıştırma ürünlerinin daha besleyici olmalarına yönelik artan tüketici talebi, araştırmacıları besin değeri açısından yetersiz kabul edilen ürünlerin protein, lif, vitamin ve mineral ile zenginleştirilmesi konusuna yöneltmiştir (Tomić ve ark., 2024). Ayrıca, bazı kronik hastalık risklerini azaltma potansiyelleri nedeniyle zenginleştirme amacıyla kullanılan bileşenlerin antioksidan aktivitelerinin de yüksek olması tercih edilmektedir. Literatürde araştırmacılar, kuş iğdesi (Incedayı & Turkmen Erol, 2023), çimlendirilmiş mercimek ekstraktı (Polat ve ark., 2020), ananas kabuğu (Mala ve ark., 2024), nar kabuğu (Urgancı & Fatma, 2021), mango kabuğu (Ashoush & Gadallah, 2011) ve muz kabuğu (Zoair ve ark., 2019) gibi meyve ve meyve atığı tozlarını besin kalitesini arttırmak, sağlık yararları sağlamak ve maliyeti düşürmek için fırıncılık ürünlerinin formülasyonlarına ilave etmişlerdir. Ancak, literatürde nar çekirdeğinin kraker üretiminde kullanımını konusunda araştırmaya rastlanmamıştır.

Glütensiz fırıncılık ürünleri giderek artan bir pazar payına sahip olsalar da pirinç ve mısır unu gibi karbonhidrat açısından zengin hammaddelerden yapıldıkları için genellikle yeterli besin değerinden yoksundurlar (Tomić ve ark., 2024). Bu durum, araştırmacıları baklagilleri kullanmaya ve bu ürünleri daha sağlıklı glütensiz seçenekler üretmek için gıda atıklarıyla zenginleştirmeye yöneltmiştir. Bu çalışmanın amacı, nar çekirdeği ile zenginleştirilmiş yeşil mercimekli fonksiyonel glütensiz kraker üretmek ve bu krakerlerin kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özelliklerini belirlemek; aynı zamanda, sindirim sürecinden kaynaklanan glütensiz krakerlerin toplam fenolik madde (TPC), flavanoid madde (TFC) ve toplam antioksidan aktivitelerindeki (TAA) değişikliklerin incelenmesidir. Bu çalışmada ek olarak, sindirim süreci hakkında daha kapsamlı bir bilgi elde edebilmek için biyoerişilebilirlik değerleri hesaplanarak

hem *In vitro* sindirimden önce hem de sonra bu değişikliklerin incelenmesi de amaçlanmaktadır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışmada kullanılan doğal sızma zeytinyağı, toz şeker, tuz, badem sütü, tarçın, muz ve yeşil mercimek İstanbul'da bulunan yerel marketlerden temin edilmiştir. Nar çekirdekleri ise TARGID firmasında (Mersin, Türkiye) üretilen konsantre ve berrak nar suyu üretim prosesi atıklarından toplanmıştır. Çalışmada kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) firmasından satın alınmıştır.

### Yeşil Mercimek Unu Üretimi

Yeşil mercimekler 1:3 (w/v) oranında olacak şekilde su içinde 12 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve belirtilen süre sonunda süzülerek mutfak tipi fırında 100°C'de 25 dakika boyunca kurutulmuştur. Kuruyan yeşil mercimekler laboratuvar tipi paslanmaz çelik öğütücüde (IKA, Wilmington, North Carolina, ABD) öğütülerek un haline getirilmiştir. Elde edilen yeşil mercimek unu glütensiz kraker formülasyonlarında kullanılmak üzere -20°C'de depolanmıştır.

### Nar Çekirdeklerinin Hazırlanması

Nar çekirdekleri -20°C'de dondurulmuş ve 24 saat süre ile 0.001 mBar basınç altında -55°C'de liyofilizatör (Teknosem, İstanbul, Türkiye) kullanılarak kurutulmuştur. Kurutulan nar çekirdekleri, paslanmaz çelik öğütücü ile toz haline getirilmiş ve glütensiz kraker formülasyonunda kullanılmak üzere -20°C'de depolanmıştır.

### Glütensiz Krakerlerin Üretimi

Glütensiz kraker formülasyonları literatürde benzer bir çalışma dikkate alınarak hazırlanmıştır (Toğrul, 2021). Çizelge 1'de formülasyonları verilen kraker hamurları yoğurma işleminin ardından, boyutları 0,5x9x1 cm olacak şekilde şekillendirilmiş ve önceden ısıtılmış fırında 180°C'de 20 dakika boyunca pişirilmiştir. Fırından çıkarılan krakerler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve sonraki analizler için -20°C'de depolanmıştır.

### Kimyasal Analizler

Hazırlanan glütensiz krakerlerin kimyasal kompozisyonunu belirlemek amacıyla nem, kül, toplam protein ve toplam yağ analizi yapılmıştır. Toplam karbonhidrat miktarı ise kuru ağırlıktan protein, yağ ve kül miktarı çıkarılarak hesaplanmıştır. Tüm kimyasal analiz sonuçları kuru madde (km) cinsinden % olarak verilmiştir. Nem ve kül miktarı Resmi Analitik Kimyagerler Derneği (AOAC) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC, 2000). Örneklerin yağ miktarı ise Soxhlet cihazı kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 2000). Yağ analizi öncesi örneklerin nemi uzaklaştırılmış, 3 g örnek tartılarak Soxhlet cihazında hekzan ilavesi ile ekstrakte edilmiş ve sonrasında çözgen bir döner buharlaştırıcı kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Toplam protein analizi ise Kjeldahl metoduna göre belirlenmiş ve protein dönüşüm faktörü olarak 6,25 kullanılmıştır (AOAC, 2000).

Çizelge 1. Glütensiz krakerlerin formülasyonları

Table 1. Formulations of gluten-free crackers

Malzemeler	Sade Kraker (g)	Nar Çekirdeği İlaveli Kraker (g)
Yeşil mercimek unu	100	70
Zeytinyağı	10	10
Toz şeker	5	5
Tuz	5	5
Badem sütü	125	125
Tarçın	5	5
Muz	50	50
Nar çekirdeği	-	30

### Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Hazırlanan glütensiz krakerlerin kalite özelliklerini belirlemek amacıyla pişirme kaybı hesaplanmış ve renk analizi yapılmıştır. Pişirme kaybı, kraker hamurunun pişmeden önceki ağırlığı ile krakerlerin piştikten sonraki ağırlıkları arasındaki farka göre gravimetrik olarak belirlenmiş ve aşağıda verilen formül (1) kullanılarak hesaplanmıştır. Glütensiz kraker örneklerinin renk analizi Hunter renk sistemine göre ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) Minolta (CR-400 Minolta, Tokyo, Japonya) renk cihazı kullanılarak yapılmıştır.  $L^*$  değeri parlaklığı (0: siyah, 100: beyaz),  $+a^*$  değeri kırmızıyı,  $-a^*$  değeri yeşili,  $+b^*$  değeri sarıyı ve  $-b^*$  değeri maviyi göstermektedir. Glütensiz krakerlerin kahverengileşme indeksi (BI) Maskan (2001) tarafından belirtilen aşağıdaki formüller (2 ve 3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$PK = \frac{KHA - PKA}{KHA} \times 100 \quad (1)$$

$$BI = \frac{100(x - 0,31)}{0,17} \quad (2)$$

$$x = \frac{(a^* + 1,75L^*)}{5,645L^* + a^* - 3,012b^*} \quad (3)$$

PK : % Pişirme kaybı

KHA: Kraker hamur ağırlığı

PKA: Pişmiş kraker ağırlığı

### Fenolik Madde Ekstraksiyonu

Glütensiz krakerlerin TPC, TFC ve TAA miktarının tayin edilmesi için glütensiz krakerlerden 1 g örnek tartılarak falkon tüplerine konulmuş ve üzerine 5 mL %80'lik metanol eklenerek 30 dakika ultrasonik banyoda (Protech, Türkiye) bekletilmiştir. Sonrasında falkon tüpleri 10 dakika 4000 rpm hızda santrifüj cihazında (Thermo Scientific, ABD) santrifüj edilmiş ve sıvı kısım toplanarak yeni bir falkon tüpüne aktarılmıştır. Kalan katı kısım aynı koşullarda tekrar ekstrakte edilmiş ve elde edilen sıvı kısımlar aynı falkonda bir araya getirilerek TPC, TFC ve TAA analizleri için -20°C'de muhafaza edilmiştir (Gulsunoglu ve ark., 2020).

### TPC ve TFC Miktarının Tayini

TPC miktarının belirlenmesi için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmış (Singleton ve ark., 1999) ve sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g km cinsinden verilmiştir. TFC miktarı da Dewanto ve ark. (2002)'nin yöntemine göre belirlenmiş ve sonuçlar mg kateşin eşdeğeri (CE)/100 g km olarak ifade edilmiştir.

### TAA Miktarının Belirlenmesi

TAA'yı belirlemek için 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) ve bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi (CUPRAC) antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır. DPPH analizi, Rai ve ark. (2006)'nın yöntemine göre, CUPRAC analizi ise Apak ve ark. (2004)'nin yöntemine göre yapılmış ve sonuçlar mg trolox eşdeğeri (TE)/100 g km cinsinden ifade edilmiştir.

### In Vitro Gastrointestinal Sindirim

Bu yöntem, glütensiz kraker örneklerinde bulunan fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğini değerlendirmek amacıyla, Minekus ve ark. (2014)'nin belirlediği yöntemle göre ağız, mide ve bağırsak sindirimi olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Tükürük, mide ve bağırsak sıvıları; farklı konsantrasyonlarda potasyum klorür, monopotasyum fosfat, sodyum bikarbonat, sodyum klorür, magnezyum klorür heksahidrat, amonyum karbonat, hidroklorik asit içermekte olup Minekus ve ark. (2014) tarafından önerilen şekilde hazırlanmıştır. Ağız sindirimini simüle etmek için 2 g liyofilize edilmiş kraker örneği 3,5 mL tükürük sıvısı, 0,5 mL amilaz (1500 U/mL) ve 25 µL kalsiyum klorür ile karıştırılmış ve 37°C'de 2 dakika boyunca çalkalayıcı inkübatörde (Miprolab, Türkiye) bekletilmiştir. Mide sindirimini simüle etmek için, karışıma 7,5 mL mide sıvısı, 1,6 mL pepsin (25000 U/mL) ve 5 µL kalsiyum klorür eklenmiş ve karışımın pH'ı 1 M HCl kullanılarak 3'e ayarlanmıştır. Daha sonra 37°C'de 2 saat boyunca inkübasyona bırakılmış, süre sonunda ise mideden 5 mL örnek alınmıştır. Ardından, bağırsak sindirimini simüle etmek için kalan karışıma 8,25 mL bağırsak sıvısı, 3,75 mL pankreatin (800 U/mL), 1,875 mL safra (160 mM) ve 30 µL kalsiyum klorür eklenerek, karışım pH'sı 1 M NaOH ile 7'ye ayarlanmıştır. Karışımlar tekrar çalkalayıcı inkübatöre yerleştirilmiş ve 37°C'de 2 saat daha inkübe edilmiştir. Bağırsak sindirimi sonunda tüm örnekler toplanmış ve 10 dakika boyunca 4000 rpm'de santrifüj edilerek daha sonraki analizler için -20°C'de depolanmıştır. Mide ve bağırsak aşamalarında toplanan örneklerin TPC, TFC ve TAA değerleri spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Biyoerişilebilirlik ise sindirilmiş örneklerde (mide ve bağırsak sonrası) bulunan fenolik/antioksidan miktarının sindirilmemiş örneklerde bulunan fenolik/antioksidan miktarlarına bölünüp 100 ile çarpılması ile hesaplanmıştır (Kocakaplan ve ark., 2024).

### Duyusal Analiz

Duyusal değerlendirme için, tanımlayıcı duyusal analiz testi kullanılmıştır. Duyusal analiz için üretilen glütensiz kraker örnekleri rastgele 3 basamaklı sayılarla tanımlanmış ve panelistlerin değerlendirmesine sunulmuştur. Panele

Beslenme ve Diyetetik, Gıda Mühendisliği ve Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü öğretim üye ve elemanlarından oluşan toplam 24 eğitilmiş panelist katılmıştır. Panelistlerden örnekleri 5 puanlık hedonik skala (1: Hiç beğenmedim, 2: Az beğendim, 3: Ne beğendim ne beğenmedim, 4: Beğendim, 5: Çok beğendim) kullanarak tat, koku, renk, sertlik, ağızda dağılma, ağza yapışma ve genel beğeni açısından değerlendirilmeleri istenmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Glütensiz kraker üretimi ve tüm analizler üç tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Ortalamalar arası farklılıklar Minitab 18 (Minitab Inc. Coventry, İngiltere) programında One-way ANOVA kullanılarak, Tukey farklılık testine göre 0,05 önem düzeyinde belirlenmiştir. Değişkenler arasındaki ilişki, Pearson korelasyon katsayısı ile Microsoft Excel kullanılarak hesaplanmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Glütensiz Krakerlerin Fiziksel Özellikleri

Sade ve nar çekirdeği ilaveli glütensiz krakerler 0,5 cm kalınlık, 9 cm boy ve 1 cm en olacak şekilde kesilerek hazırlanmıştır. Hem sade hem de nar çekirdeği ilaveli krakerler için pişirme kaybı %50 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2’de glütensiz krakerlerin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri ve BI verilmiştir.  $L^*$  değerinin açıklık-koyuluk koordinatı hakkında bilgi verdiği bilinmektedir.  $L^*$  değerinin 0 olması siyahı, 100 olması ise beyazı temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre sade krakerin  $L^*$  değeri 49,8 olmakla birlikte nar çekirdeği ilaveli krakerin  $L^*$  değeri 45,9 olarak bulunmuştur. Buna göre nar çekirdeği ilaveli glütensiz krakerlerin sade krakerlerden daha koyu bir renge sahip olduğu söylenebilir. Krakerlerin  $L^*$  değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ( $P<0,05$ ). Ayrıca, BI değeri de işlenmiş bir gıdanın fiziksel kalitesini değerlendirmek amacıyla kullanılan başka bir renk parametresidir. Nar çekirdeği ilaveli krakerin BI değeri 51,9 iken sade krakerin BI değeri ise 46,1 bulunmuş olup nar çekirdeği ilaveli krakerin BI değeri anlamlı bir şekilde daha yüksek bulunmuştur. Maillard reaksiyonu, optimize edilmiş koşullar altında tüm numuneler için benzer şekilde gerçekleşse de nar çekirdeği ilavesinin renkte bir miktar değişikliğe sebep olması, ayrıca nar çekirdeğinin içerdiği şeker (%14,2 indirgen şeker, %24,4 serbest glikoz) sebebiyle nar çekirdeği ilaveli krakerlerde

daha fazla kahverengileşme görülmesi BI değerlerindeki anlamlı farklılığı açıklamaktadır (Gulsunoglu, 2019).

Kraker örnekleri incelendiğinde en yüksek  $a^*$  değeri nar çekirdeği ilaveli krakerlerde saptanmış ve sade kraker ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Eklenen nar çekirdeğinin  $a^*$  değerini artırdığı düşünülmekte olup nar çekirdeği ilaveli krakerin renginin kırmızıya daha yakın olduğu görülmüştür. Koca ve ark. (2018) yapmış olduğu bir çalışmada nar çekirdeği tozu ilave edilmiş erişte örneklerinin  $L^*$  değerleri azalırken,  $a^*$  değerlerinin ise hem pişmemiş hem de pişmiş erişteelerde arttığı rapor edilmiştir. Glütensiz krakerlerin ortalama  $b^*$  değeri sade ve nar çekirdeği ilaveli glütensiz krakerlerde sırasıyla 17,2 ve 16,3 olarak bulunmuştur. İki krakerin  $b^*$  değeri karşılaştırıldığında aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ( $P<0,05$ ). Sade krakerin  $b^*$  değerinin daha yüksek olması renginin sarıya daha yakın olduğunu göstermektedir. Han ve ark. (2010)’nın farklı baklagil unları ile yaptığı kraker çalışmasında, kırmızı mercimek unu ile yapılan krakerlerin  $a^*$  değeri 20,5 iken yeşil mercimek, barbunya, bezelye ve nohut unu ile yapılan krakerlerin sırasıyla  $a^*$  değeri 7,8; 5,3; 5,8 ve 5,7 olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmadan da görüldüğü gibi, kullanılan hammaddenin renk değerlerine göre üretilen krakerlerin renk değerleri de farklılık göstermektedir.

#### Glütensiz Krakerlerin Kimyasal Kompozisyonu

Sade ve nar çekirdeği ilaveli glütensiz krakerlere ait kimyasal kompozisyon sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sade ve nar çekirdeği ilaveli glütensiz krakerlerin nem oranı sırasıyla %12,2 ve %9,7 olarak bulunmuştur. Sade glütensiz krakerin nem oranının nar çekirdeği ilaveli glütensiz krakere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu görülmüştür ( $P<0,05$ ). Krakerlerin nem miktarı arasındaki bu farklılık, nar çekirdeğinin yüksek diyet lif içeriği sebebiyle su tutma kapasitesinin artması ve buna bağlı olarak nem miktarının azalması ile açıklanabilir. Toğrul (2021)’un yaptığı bir çalışmada ise mercimek unu kullanılarak yapılan krakerlerin nem oranı %10,18 $\pm$ 0,02 olarak bulunmuştur. Toğrul (2021)’un yaptığı çalışmadaki krakerin nem oranının bizim çalışmamızdaki sade krakerin nem oranından daha düşük, nar çekirdeği ilaveli krakerin nem oranından ise daha yüksek olduğu görülmüştür. Gül & Şen (2017) nar çekirdekleri ile zenginleştirilmiş ekme örneklerinde de nar çekirdeği ilavesi ile ekmeğin su tutma kapasitesinin arttığını ve nem miktarının düştüğünü rapor etmişlerdir.

Çizelge 2. Glütensiz krakerlerin renk değerleri

Table 2. Color parameters of gluten-free crackers

Kraker çeşitleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$	BI
Sade kraker	49,8 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	3,0 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	17,2 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	46,1 $\pm$ 2,5 <sup>b</sup>
Nar çekirdeği ilaveli kraker	45,9 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	5,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	16,3 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	51,9 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>

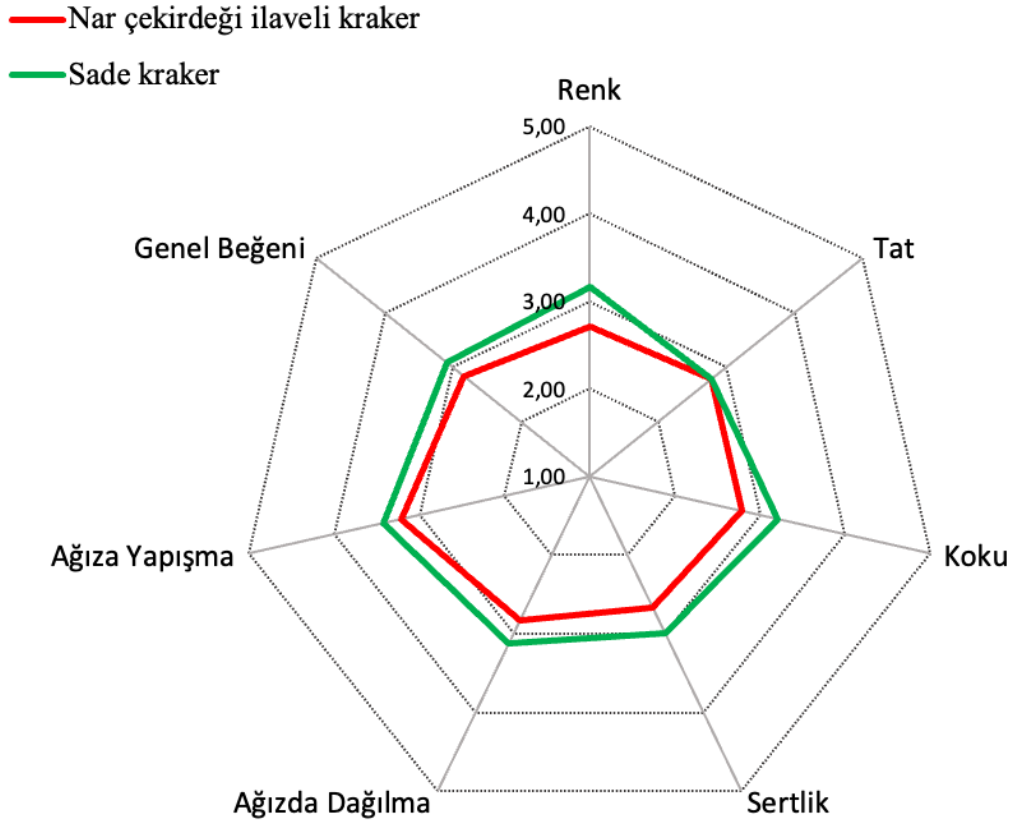
Aynı sütundaki farklı küçük harfle (a>b) gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ( $P<0,05$ ).

Çizelge 3. Glütensiz krakerlerin kimyasal kompozisyonu (%)

Table 3. Chemical composition of gluten-free crackers (%)

Kraker çeşitleri	Nem	Protein	Kül	Yağ	Karbonhidrat
Sade kraker	12,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	27,1 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>	2,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	12,4 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	45,6 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>
Nar çekirdeği ilaveli kraker	9,7 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	25,7 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	2,7 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	12,2 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	49,7 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>

Aynı sütundaki farklı küçük harfle (a>b) gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ( $P<0,05$ ).



Şekil 1. Sade ve nar çekirdeği ilaveli glutensiz krakerlere ait duyu analizi sonuçları  
Figure 1. Sensory analysis of gluten-free crackers, plain and enriched with pomegranate seed

Nar çekirdeği ilaveli glutensiz krakerlerin karbonhidrat içerikleri sade krakerlere kıyasla daha yüksek olmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Aynı şekilde kül içerikleri de iki kraker arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ( $P>0,05$ ). Glütensiz krakerlerin karbonhidrat ve kül içeriklerindeki bu benzerlik, yeşil mercimek ve nar çekirdeğinin karbonhidrat ve kül içeriğinin yakın değerlerde olmasından dolayı anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı şeklinde açıklanabilir. Nar çekirdeğinin kül ve karbonhidrat içeriği sırasıyla %3,2 ve %52,2 (Gül & Şen, 2017) iken yeşil mercimek ise %3,4 ve %61,5 oranında sırasıyla kül ve karbonhidrat içermektedir (Gharibzahedi ve ark., 2012). Nar çekirdeği ilaveli glutensiz krakerlerin sade krakerlere kıyasla protein ve yağ içerikleri daha düşük bulunmasına rağmen istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $P>0,05$ ).

#### Duyusal Analiz

Sade ve nar çekirdeği ilaveli glutensiz krakerlerin lezzet (tat, koku), doku (sertlik, ağızda dağılıma, ağza yapışma), görünüş (renk) ve genel beğeni açısından, panelistler tarafından 1 ve 5 puan aralığında değerlendirme sonuçlarını gösteren örümcek ağı diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.

Panelistler tarafından krakerler arasında tat değerlendirmesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır ( $P>0,05$ ). Ancak, elde edilen skorlar ile hesaplanan beğeni yüzdesine bakıldığında hem sade hem de nar çekirdeği ilaveli glutensiz krakerlerin beğeni yüzdesinin %55,8 olduğu görülmüştür. Toğrul (2021)'un mercimek unu kullanarak yaptığı bisküvi ve kraker

çalışması 90 panelist tarafından değerlendirilmeye alınmış ve panelistler tarafından tada 9 üzerinden 5,6 puan verilerek beğenilme yüzdesi 62,2 olarak hesaplanmıştır. Başka bir çalışmada ise vişne çekirdeği kullanılarak yapılan krakerin tadının beğenilme oranı %69,4 olarak rapor edilmiştir (Tuna, 2015). Yapılan çalışmalarda yer alan krakerlerin tat değerlendirmesindeki beğeni yüzdelere karşılaştırıldığında en fazla beğeni yüzdesinin Tuna (2015)'nin çalışmasında yer alan vişne çekirdeği kullanılarak yapılan krakerde olduğu görülmüştür. Toğrul (2021)'un çalışmasında yer alan mercimek unu kullanılarak yapılan krakerin beğeni oranı daha fazla olsa da yapılan bu çalışmadaki krakerlerin beğeni oranı ile arasında yaklaşık %5'lik bir fark olduğu görülmüştür.

Panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonucunda sade ve nar çekirdeği ilaveli glutensiz krakerlerin koku, sertlik, ağızda dağılıma, ağza yapışma, kabuk rengi ve genel beğeni puanları açısından da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ). Bu durumda %10 oranında ilave edilen nar çekirdeği tozunun duyu analizi anlamında krakerlerde tüketici tarafından algılanabilir bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda, krakerler arasında duyu analizi anlamında bir fark olmaması, nar çekirdeği ilavesinin tüketicilerin kraker tercihini olumsuz yönde etkilemediğini göstermektedir.

#### In Vitro Sindirimin Krakerlerin TPC ve TFC Miktarına Etkisi

In vitro gastrointestinal sindirim sırasında glutensiz krakerlerin TPC ve TFC miktarındaki değişimler Çizelge 4'te verilmiştir. Sindirilmemiş kraker örneklerinde nar

çekirdeği ilave edilmiş olanların TPC ve TFC miktarları sade krakerlere kıyasla anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Gulsunoglu ve ark. (2019) tarafından nar çekirdeğinin TPC, TFC, CUPRAC ve DPPH değerleri sırasıyla 1319 mg GAE/100 g km, 218 mg CE/100 g km, 58,35 mg TE/100 g km ve 29,00 mg TE/100 g km olarak rapor edilmiştir. Bu değerler doğrultusunda, nar çekirdeği tozunun glutensiz krakerlere ilave edilmesi ile TPC ve TFC miktarlarında sade krakere kıyasla meydana gelen artış açıklanabilmektedir. Yapılan bir çalışmada nar çekirdeğinin TPC miktarının 13,2 mg/g, TFC miktarının ise 3,8 mg/g olduğu belirlenmiştir (Gulsunoglu, 2019). Mevcut çalışmamızda %10 nar çekirdeği eklenen krakerlerde görülen bu artış beklenen düzeyden daha fazla meydana gelmiştir. Bu durumun ise kullanılan nar çekirdeğinin türü, mevsim ve iklim şartlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Mide sindirimi sonrası her iki grup kraker örneğinde de TPC ve TFC miktarı sindirilmemiş krakerlere kıyasla anlamlı bir şekilde daha yüksek bulunmuştur ( $P<0,05$ ). TPC ve TFC miktarında görülen bu artış mide sindirimi boyunca fenolik bileşiklerin serbest hale geçmeye devam ettiğini göstermektedir (Özdemirli & Kamiloğlu, 2022). Özellikle nar çekirdeğinde bağlı formda bulunan fenoliklerin mide asidi ile muamelesi sonrası serbest hale geçmesi bu artışı desteklemektedir (Incedayi & Turkmen Erol, 2023). Gulsunoglu ve ark. (2019)'nın yapmış olduğu bir çalışmaya göre nar çekirdeğinde bağlı formda bulunan fenolikler, toplam fenoliklerin %25'ini oluşturmaktadır. Bağırsak sindirimi sonrası hem sade hem nar çekirdeği ilaveli krakerlerin TPC ve TFC miktarları artış göstermiştir. Ancak sade ve nar çekirdeği ilaveli krakerlerin TFC miktarlarında bağırsak sindirimi sonrası anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Literatürde yapılmış bazı çalışmalarda da bağırsak sindirimi sonrası TPC miktarlarında artış tespit edilmiştir (Bouayed ve ark. 2011; Kamiloğlu, 2019a). Bu durum ise gıdaların bağırsak sıvıları ile teması sonucu bağırsak sıvılarında bulunan enzimlerin mevcut fenoliklerin salınımını arttırması ile açıklanabilmektedir (Özdemirli & Kamiloğlu, 2022).

*In vitro* gastrointestinal sindirim ile sade ve nar çekirdeği ilaveli krakerlerin TPC değerlerinde bir artış görülmüş olup, biyoerişilebilirlik değerleri sindirilmemiş

krakerlere kıyasla sırasıyla %411 ve %290 olarak tespit edilmiştir. Sade ve nar çekirdeği ilaveli krakerlerin TFC değerleri ise sindirilmemiş krakerlere kıyasla anlamlı bir şekilde daha yüksek bulunmuştur, ancak biyoerişilebilirlik değerlerinin nar çekirdeği ilaveli krakerde sade krakerlere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yeşil mercimek ve nar çekirdeğinin içerdiği fenoliklerin kimyasal yapısındaki farklılıklarla, diğer besin öğeleri ve gıda matrisi ile olan etkileşimleriyle açıklanabilir. Yeşil mercimek daha çok flavonoidler, fenolik asitler ve tanenler içermekte olup, fenoliklerin çoğu çözünür formdadır (Rico ve ark., 2021). Ancak, nar çekirdeği daha çok elajitanenler gibi kompleks fenolikler içermekte olup, bu durum fenoliklerin sindirim esnasında salınmasını ve absorbe edilmesi zorlaştırmaktadır. Ayrıca, bu kompleks fenolikler moleküler yapı ve boyutları sebebiyle de daha az biyoerişilebilir konumdadır (Yamini ve ark., 2023).

#### *In vitro* Sindirimin Krakerlerin TAA Değerlerine Etkisi

*In vitro* gastrointestinal sindirim sırasında glutensiz krakerlerin TAA'sındaki değişimler CUPRAC ve DPPH analizleri kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. CUPRAC ve DPPH antioksidan aktivite değerleri kıyaslandığında, en yüksek antioksidan aktivite değerleri CUPRAC analizi sonucunda elde edilmiştir. Bu durum, CUPRAC analiziyle hem lipofilik hem de hidrofilik antioksidanlar ölçülebilirken, DPPH analiziyle sadece lipofilik antioksidanların ölçülebilmesi ile açıklanabilir (Özdemirli & Kamiloğlu, 2022). Sade ve nar çekirdeği ilaveli krakerlerin *In vitro* sindirim sırasındaki TPC, TFC, CUPRAC ve DPPH sonuçları arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı hesaplanarak belirlenmiş ve hem sade hem nar çekirdeği ilaveli krakerler için sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir. Sade ve nar çekirdeği ilaveli krakerler için CUPRAC ve DPPH metotları arasında pozitif yönlü lineer bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla  $R^2=0,873$  ve  $R^2=0,931$ ). Nar çekirdeği ilaveli krakerlerin *In vitro* sindirim sırasındaki TPC ve DPPH değerleri arasında ise oldukça yüksek bir korelasyon ( $R^2=0,999$ ) tespit edilmiştir. Nar çekirdeği ilave edilmiş krakerlerin içerdiği TPC miktarının artmasıyla krakerlerin DPPH antioksidan aktivitesinin de aynı şekilde arttığı görülmektedir.

Çizelge 4. *In vitro* sindirim sırasında glutensiz krakerlerin TPC, TFC ve TAA miktarında meydana gelen değişimler  
Table 4. Changes in TPC, TFC and TAA content of gluten-free crackers during simulated *In vitro* digestion

Örnekler	Sindirim Öncesi	Mide Fazı	Bağırsak Fazı	Biyoerişilebilirlik
Toplam Fenolik Madde (TPC) (mg GAE/ 100 g)				
Sade Kraker	104,6±11,0 <sup>b, C</sup>	214,5±6,6 <sup>b, B</sup>	430,3±23,3 <sup>b, A</sup>	%411
Nar çekirdeği ilaveli kraker	182,8±6,1 <sup>a, C</sup>	246,6±24,5 <sup>a, B</sup>	530,2±10,4 <sup>a, A</sup>	%290
Toplam Flavanoid Madde (TFC) (mg CE/ 100 g)				
Sade Kraker	21,1±1,1 <sup>b, C</sup>	30,5±1,6 <sup>b, B</sup>	40,0±2,2 <sup>a, A</sup>	%190
Nar çekirdeği ilaveli kraker	25,6±0,0 <sup>a, B</sup>	43,6±3,0 <sup>a, A</sup>	49,2±7,6 <sup>a, A</sup>	%192
Toplam Antioksidan Aktivite (TAA) (mg TE/100 g)				
CUPRAC				
Sade Kraker	230,2±6,2 <sup>b, B</sup>	221,1±14,5 <sup>b, B</sup>	375,7±26,9 <sup>b, A</sup>	%163
Nar çekirdeği ilaveli kraker	359,9±7,1 <sup>a, B</sup>	389,3±30,6 <sup>a, B</sup>	572,1±17,3 <sup>a, A</sup>	%159
DPPH				
Sade Kraker	65,4±3,7 <sup>b, C</sup>	95,5±1,2 <sup>b, B</sup>	133,5±6,2 <sup>b, A</sup>	%204
Nar çekirdeği ilaveli kraker	89,8±3,8 <sup>a, C</sup>	134,6±16,7 <sup>a, B</sup>	183,1±10,4 <sup>a, A</sup>	%204

\*Ortalama değer±standart sapma. Aynı sütunda farklı küçük harfle (a>b) gösterilen ortalamalar krakerler arası anlamlı farklılığı ifade etmektedir ( $P<0,05$ ). Aynı satırda farklı büyük harfle (A>B>C) gösterilen ortalamalar ise aynı kraker örneğinde farklı *In vitro* sindirim aşamalarında görülen anlamlı farklılığı ifade etmektedir ( $P<0,05$ ).

Çizelge 5. Pearson korelasyon katsayıları (sade kraker; nar çekirdeği ilaveli kraker)

Table 5. Pearson correlation coefficients (plain cracker; cracker enriched with pomegranate seed)

	TPC	TFC	CUPRAC	DPPH
TPC	1	0,983; 0,799	0,993; 0,947	0,925; 0,999
TFC		1	0,840; 0,771	0,998; 0,950
CUPRAC			1	0,873; 0,931
DPPH				1

CUPRAC antioksidan aktivite sonuçlarına göre, sindirilmemiş krakerlerin TAA değerleri ile mide sindirimi sonrası hem sade hem de nar çekirdeği ilaveli krakerlerin TAA değerleri arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bağırsak sindirimi sonrası ise hem sade hem de nar çekirdeği ilaveli krakerlerin CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinde artış meydana gelmiştir. DPPH antioksidan aktivite sonuçlarına göre ise, sindirilmemiş krakerlerin TAA değerleri ile mide sindirimi sonrası hem sade hem de nar çekirdeği ilaveli krakerlerin TAA değerleri kıyaslandığında mide sindirimi sonrası anlamlı bir artış görülmüş ve bu artış bağırsak sindirimi sonrası da devam etmiştir. Sade ve nar çekirdeği ilaveli krakerlerin antioksidan sonuçlarına göre krakerlerin biyoerişilebilirlikleri arasında kayda değer bir fark tespit edilememiştir. Kamiloğlu (2019b) yapmış olduğu bir çalışmada mide ve bağırsak sindirimi sonrası CUPRAC, DPPH ve FRAP antioksidan metodlarına göre anlamlı bir artış tespit etmiştir. ABTS metodunda ise mide sindirimi sonrası anlamlı bir değişim gözlenmezken bağırsak sindirimi sonrası anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Bu durum ise antioksidan ölçüm metodlarının mide ve bağırsak pH'larına göre ölçüm kapasitesinin farklılaşması ile açıklanmıştır (Kamiloğlu, 2019b).

## Sonuç

Bu çalışmada, nar çekirdeği tozunun besin ögesi içeriği yönünden geliştirilmiş ve duyuşal olarak kabul edilebilir glutensiz kraker üretiminde kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Ayrıca, *In vitro* gastrointestinal sindirim modeli kullanılarak nar çekirdeği tozu ile zenginleştirilmiş mercimek unlu glutensiz krakerlerde bulunan fenolik ve antioksidan bileşiklerin biyoerişilebilirliği değerlendirilmiştir. Nar çekirdeği tozunun glutensiz krakerlere ilave edilmesi ile hem sindirilmemiş hem de mide ve bağırsak sindirimi sonrası krakerlerin TPC, TFC ve TAA değerlerinde artış meydana gelmiştir. Duyuşal değerlendirmeler ile, nar çekirdeği tozu ilavesinin panelistler tarafından krakerlerin duyuşal özelliklerinde olumsuz bir değerlendirmeye sebep olmadığı görülmüştür. Elde edilen bu bulgular, sağlığı destekleyen ve atıkların değerlendirilmesi için çevre dostu çözümler sağlayan fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine dair fikir sunmaktadır. Ayrıca, fonksiyonel özellikler kazandırılmış glutensiz krakerlerin çölyak hastaları için alternatif bir ürün olabileceği ve glutensiz ürün pazarının genişlemesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Beyan

### Teşekkür

Krakerlerin üretilmesi sırasında verdikleri destekten dolayı Mustafa Alkan, Melisa Üzer ve Melissa Keleş'e teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C. M., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H., & Ayadi, M. A. (2017). Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*, 215, 318-325.
- AOAC (2000). Official methods of analysis of the association of analytical chemists. (17th ed.) *Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, Virginia, USA.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981. <https://doi.org/10.1021/jf048741x>
- Ashoush, I. S., & Gadallah, M. G. E. (2011). Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(1), 35-42.
- Bouayed, J., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2011). Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*, 128(1), 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.052>
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Gharibzadeh, S. M. T., Mousavi, S. M., Jafari, S. M., & Faraji, K. (2012). Proximate composition, mineral content, and fatty acids profile of two varieties of lentil seeds cultivated in Iran. *Chemistry of Natural Compounds*, 47, 976-978. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0119-2>
- Gholipour, A., Sadegheh, A., Mostafaeipour, A., & Fakhrzad, M. B. (2024). Designing an optimal multi-objective model for a sustainable closed-loop supply chain: a case study of pomegranate in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 26(2), 3993-4027. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02868-5>
- Gulsunoglu, Z. (2019). *Valorization of industrial food wastes by production of phenolic antioxidants via fermentation with newly isolated Aspergillus spp.* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gulsunoglu, Z., Karbancıoğlu-Güler, F., Raes, K., & Kilic-Akyılmaz, M. (2019). Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1501-1510. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1656233>
- Gulsunoglu, Z., Purves, R., Karbancıoğlu-Güler, F., & Kilic-Akyılmaz, M. (2020). Enhancement of phenolic antioxidants in industrial apple waste by fermentation with *Aspergillus* spp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25, 101562. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101562>
- Gül, H., & Şen, H. (2017). Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality. *CyTA-Journal of Food*, 15(4), 622-628. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1327461>

- Han, J. J., Janz, J. A., & Gerlat, M. (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International*, 43(2), 627-633. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.015>
- Incedayi, B., & Erol, N. T. (2023). Assessment of the Bioaccessibility of *Elaeagnus angustifolia* L. Flour and Its Use in Cracker Formulation. *Plant Foods for Human Nutrition*, 78(1), 201-206. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-01041-7>
- Kamiloglu, S. (2019a). Taze ve dondurulmuş elmalarda ve elma posasında polifenol biyoerişilebilirliğinin değerlendirilmesi. *Gıda*, 44(3), 409-418. <https://doi.org/10.15237/gida.gd19026>
- Kamiloglu, S. (2019b). 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>
- Koca, I., Tekguler, B., Yilmaz, V. A., Hasbay, I., & Koca, A. F. (2018). The use of grape, pomegranate and rosehip seed flours in Turkish noodle (erişte) production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13343.
- Kocakaplan, Z. B., Ozkan, G., Kamiloglu, S., & Capanoglu, E. (2024). Valorization of pineapple (*Ananas comosus*) by-products in milk coffee beverage: Influence on bioaccessibility of phenolic compounds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1-8.
- Mala, T., Piayura, S., & Itthivadhanapong, P. (2024). Characterization of dried pineapple (*Ananas comosus* L.) peel powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product. *Future Foods*, 9, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100322>
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0)
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., ... & Brodkorb, A. (2014). A standardised static *In vitro* digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113-1124. <https://doi.org/10.1039/C3FO60702J>
- Özdemirli, N., & Beştepe, S. K. (2022). Kavun çekirdeği şerbetinde (sübye) fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin değerlendirilmesi. *Gıda*, 47(6), 1130-1139. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22083>
- Rai, S., Wahile, A., Mukherjee, K., Saha, B. P., & Mukherjee, P. K. (2006). Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds. *Journal of Ethnopharmacology*, 104(3), 322-327. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.09.025>
- Rico, D., Peñas, E., del Carmen García, M., Rai, D. K., Martínez-Villaluenga, C., Frias, J., & Martín-Diana, A. B. (2021). Development of antioxidant and nutritious lentil (*Lens culinaris*) flour using controlled optimized germination as a bioprocess. *Foods*, 10(12), 2924.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sönmezdağ, A., S. (2021). Nar (*Punica Granatum* L.). İçinde M. Arslan (Ed.), Fonksiyonel Besinlerin Sağlıkta Rolü (pp. 8-30). *Güven Plus Grup A. Ş. Yayınları*.
- Toğrul, İ. (2021). Göleveze (*Colocasia esculenta* (L.) schott) unu ilavesinin glutensiz krakerlerin besleyici ve duyuşal özelliklerine etkisi (Tez no. 673666) [Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tomić, J., Popović, L., Maravić, N., Stupar, A., Sedlar, T., & Plavšić, D. (2024). Gluten-Free Crackers Using Chickpea and Pumpkin Seed Press Cake Blend: Effects of Gastrointestinal Digestion. *Food Bioscience*, 60, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104534>
- Tuna, H. E. (2015). Gıda atığı olan vişne, nar, kabak ve kayısı çekirdeklerinin kek üretiminde değerlendirilmesi (Tez no. 418964) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Urgancı, U., & Isık, F. (2021). Quality characteristics of biscuits fortified with pomegranate peel. *Akademik Gıda*, 19(1), 10-20. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.927462>
- Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(6), 635-654.
- Vučić, V., Grabež, M., Trchounian, A., & Arsić, A. (2019). Composition and potential health benefits of pomegranate: a review. *Current Pharmaceutical Design*, 25(16), 1817-1827.
- Yamini, S., Paswan, V. K., Shehata, A. M., Choubey, M., Bunkar, D. S., & Venkatesh, V. (2023). Pomegranate (*Punica granatum* L.) seed: A review on nutritional profile, functional food properties, health benefits, and safety aspects. *Annals of Phytomedicine*, 12(1), 93-104.
- Zoair, A., Attia, S., Abou Garbia, A., & Youssef, M. (2019). Utilization of orange, banana and potato peels in formulating functional cupcakes and crackers. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 13(2): 11-18. <https://doi.org/10.12816/0038409>