

Özgün Araştırma/Original Article

Glutensiz maş fasulyesi krakerlerinin formülasyonu ve fiziko-kimyasal özellikleri

The formulation and physicochemical properties of gluten free mung bean crackers

Atefeh Karimidastjerd¹, Hasan Buğra Geçici², Diren Duran², Ece Ercan², Lara İldan²,
Zehra Esin Pehlivan², Ömer Said Toker¹, Serdar Maraşlı²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümü, İSTANBUL, TÜRKİYE

²Eti Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., ESKİŞEHİR, TÜRKİYE

(Yazar sıralamasına göre)

ORCID ID: 0000-0003-2163-2608, Post Doc. Araştırmacı

ORCID ID: 0009-0005-7450-525X, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0001-1525-7111, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0000-1281-7630, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0003-0006-9446, Lisans mezunu

ORCID ID: 0009-0004-0390-9217, Lisans mezunu

ORCID ID: 0000-0002-7304-2071, Doç. Dr.

ORCID ID: 0000-0002-5044-0595, Yüksek Lisans mezunu

*Sorumlu yazar/Corresponding author: stoker@yildiz.edu.tr

Geliş Tarihi : 04.12.2023

Kabul Tarihi : 10.07.2024

Öz

Amaç: Günümüzün tüketici talepleri göz önünde bulundurulduğunda, sağlık problemleri nedeniyle veya bir tercih olarak bireylerde vegan, sağlıklı ve glutensiz ürünlerin tüketilmesine yönelik bir eğilim mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışmada maş fasulyesi unu kullanılarak, gluten duyarlılığı olan çölyak hastalarının tüketimlerine uygun glutensiz ve vegan kraker formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem: Maş fasulyesi unu, kraker formülasyonlarında %100, %75, %50, %25 ve %0 oranlarında proteini azaltılmış glutensiz nişastalı karışım (PAGNK) ile birlikte ikame edilmiştir. Tüm örneklerin kompozisyonu (toplam kuru madde, protein, yağ ve kül) su aktivitesi, gluten içeriği, tekstür ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.

Tartışma ve sonuç: Protein ve kül içeriği maş fasulyesi unundan üretilmiş örneklerde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Sertlik değerlerine bakıldığında maş fasulyesi unu içeren krakerlerde kontrol örneğine kıyasla daha az sertlik değerleri elde edilmiştir ($p<0,05$). Kırılganlık değerlerinde bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Krakerlerin maş fasulyesi unu oranı arttıkça daha koyu bir renge sahip olduğu belirlenmiştir. Duyuşal analiz sonuçlarına göre en yüksek genel beğeni alan örnekler kontrol örneği ile %25 ve %50 maş fasulyesi unu kullanılarak hazırlanmış olan krakerler olmuştur. Sonuç olarak çalışmada, %25 maş fasulyesi unu ve PAGNK ile üretilen kraker ticarileşme potansiyeline sahip olan bir ürün olarak kabul edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çölyak hastalığı; glutensiz; kraker; maş fasulyesi unu; vegan

Abstract

Objective: Nowadays due to health problems and also personal choices of customers, there is an increase in demanding vegan, healthier and gluten free products. Therefore, in this study gluten-free and vegan cracker formulations were developed by using mung bean flour. Crackers were formulated with consideration for consumption by patients with Celiac disease and sensitive individuals to gluten.

Materials and methods: Mung bean flour was substituted in cracker formulations at ratios of 100%, 75%, 50%, 25%, and 0% with a protein-reduced gluten-free starchy mixture (PAGNK). The composition of all samples (total dry matter, protein, oil, and ash), water activity, gluten content, texture, and sensory properties were examined.

Results and conclusion: Protein and ash contents of mung bean flour substituted crackers were found higher than control sample ($p<0.05$). The hardness values of the mung bean flour substituted crackers were found significantly lower than control ($p<0.05$), while no difference ($p>0.05$) was observed in the rigidity values. The mung bean cracker samples were found darker as L^* were less than (69.7), redder as a^* values were less than (1.5) and bluer as b^* was less than (22.3) in compare to control sample. It seems these results were due to darker color of mung bean flour. As a result of the sensory analyses, control sample and the two samples with 25% and 50% mung bean flour contents were got the highest general acceptability scores. As a conclusion, 25% mung bean flour substituted cracker can be promising to develop a commercial product with a high protein content and acceptability in textural, color and organoleptic properties.

Keywords: Celiac disease; cracker; gluten free; mung bean flour; vegan

1. Giriş

Gelişen ve değişen Dünyaya bakıldığında atıştırmalık gıdalara olan ilgi artmaktadır. Bununla beraber atıştırmalık gıda arayışının bir yönünü de sağlıklı atıştırmalıklar oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda “gluten içermeyen” ve “vegan” gıdaları seçen, bilinçli bir tüketici grubunun oluştuğu saptanmıştır. Bu yüzden de atıştırmalık gıda pazarına olan ilgi ve önem hızla büyümeye devam etmektedir. Ayrıca bir atıştırmalık gıda olan krakere olan talep de oldukça fazladır ve bunun yanında gün geçtikçe bu ürünle alakalı yeni markalar ve çeşitler gıda pazarına girmektedir (Küçükazman vd., 2008; Alpat ve Dumlu Bilgin, 2018; Aksüremeli ve Beşirli, 2019; Gökçen, Aksoy ve Özcan, 2019 ve Ulusoy ve Rakıcıoğlu, 2019). Buna ilave olarak günümüzde tüketiciler düşünüldüğünde bireylerin farkındalıklarının ve bilinçlerinin artması ile sağlık problemleri ya da kendi tercihleri sebebiyle çeşitli beslenme tarzları ortaya çıkmıştır (Alpat ve Dumlu Bilgin, 2018). Glutene hassasiyeti artan gruplar ve glutensiz beslenmek zorunda olan tüketiciler yeni üretilen glutensiz ürünlerin asıl hedef kitesidir (Fathonah vd., 2020).

Çölyak hastalığı, tahıl proteini olan glutene karşı bağışıklık sistemi tarafından verilen anormal yanıt sonucu oluşan otoimmün bir hastalıktır. Günümüzde, otoimmün hastalıkları, otizm bozuklukları, çölyak hastalığı ve gluten duyarlılığının bireylerde görülme sıklığı artış göstermektedir (Rosiana vd., 2021). Çölyak hastalığının bilinen bir tedavisi olmamakla beraber, bireylerin gluten tüketmemeleri gerekmektedir. Çölyak hastaları tarafından seçilen glutensiz ürünler günümüzde çölyak hastalığı olmayan bireyler tarafından da talep görmektedir (Küçükazman vd., 2008; Süremeli ve Karabudak, 2019). Gıda pazarında glutenli gıdalarla yapılan kıyaslamada glutensiz ürünler daha dar bir yelpazeye sahiptir. Glutensiz ürün üretiminde glutenin gıdadan uzaklaştırılmasıyla besin değerinin azalması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu işlem yapılırken besin değerinin korunması da göz önünde bulundurulmalıdır (Taşkın, 2019). Kurubaklagiller ve bu grupta yer alan maş fasulyesi bu değeri korumak için iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Sharma vd., 2017).

Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) yaygın olarak Asya, Güney Avrupa ülkeleri, Amerika ve Kanada'nın sıcak bölgelerinde üretilmektedir (Yi-Shen vd., 2018). Genel olarak yeşil veya sarı renklerde bulunan yüksek protein içeren (%22,9) ve besleyici değeri yüksek baklagillerdendir

(Sharma vd., 2017; Taşkın, 2019; Rosiana vd., 2021). Maş fasulyesi yetiştirilmesinin kısa sürmesi ve düşük maliyetli olması, onu önemli bir baklagil yapmaktadır. Ayrıca, farklı toprak yapılarında ekiminin yapılabilmesi ve iklim koşullarından fazla etkilenmemesinden dolayı Dünya'da çeşitli gıdaların kullanımında yaygın bir üründür. Baklagiller, insan beslenme rutininde oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Sharma vd., 2017). Türkiye'de dikim ve hasat işlemlerinin düşük maliyetli olmasından dolayı ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Topaloğlu, 2019). Dünya çapındaki birçok sağlık kuruluşu tarafından bitki bazlı fonksiyonel gıdaların çeşitliliği tavsiye edilmiş, bu da beslenme düzenlerinde ciddi değişiklikler yapılması çağrısını başlatmıştır. Buna bağlı olarak maş fasulyesinin eskisine oranla gıda pazarında daha fazla yer alabildiği görülmektedir (Hou vd., 2019; Taşkın, 2019; Topaloğlu, 2019). Türkiye'de yılda yaklaşık 2 bin ton üretilen maş fasulyesi, eskiye oranla marketlerde daha çok görülmektedir (Topaloğlu, 2019). Bunun yanında, maş fasulyesi; yüksek protein içeriği (lisin, lösin ve treonin açısından zengin, %23,0), lifli (%3,5-4,5) ve düşük yağlı (%1,0-1,5) olması nedeniyle vegan ve glutensiz beslenmeyi tercih eden kişiler için uygun bir ürün olabilir (Rosiana vd., 2021; Topaloğlu, 2019; Yu vd., 2023). Ayrıca, maş fasulyesinin mineraller, fenolik bileşikler ve polisakkaritler gibi diğer faydalı sağlık bileşenlerini de içerdiği kanıtlanmıştır (Hou vd., 2019). Maş fasulyesi ununun kalite ve prosesinde en önemli bileşenlerden biri olan nişasta granülleri genel olarak oval yuvarlak yapıdadır. Maş fasulyesi ununun amiloz oranı yüksek olup, bu sebepten dolayı zayıf jelatinizasyon, zayıf stabilite (depolama süresinde) ve yüksek sinereze (jel gibi ürünlerde sıvı ve katı bileşenlerin ayrılmasıyla sonuçlanan sinerez) sahiptir. Buna ilaveten, amiloz oranının yüksek olması, elde edilen son ürünün kalitesi ve termal işleme özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Hoover vd., 1997; Yu vd., 2023 ve Dhull vd., 2024). Genel olarak sağlık açısından baklagillerin tüketiminin önemli olduğu bulunmuştur, örneğin; anti-diyabetik, antioksidatif, anti-inflamatuar, kanser önleyici, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterol düşürücü ve kemik erimeye karşı gibi etkiler gösteren birçok biyoaktif bileşen içermektedirler (Sharma vd., 2017).

Hafidh vd. (2015), maş fasulyesi ekstraktının sitotoksik etkilerini detaylı olarak araştırmıştır. Çalışmaları sonucunda, maş fasulyesi özütünün insan rahim ağzı kanseri hücrelerine ve insan hepatokarsinom hücrelerine karşı uyguladığı

önemli sitotoksik etkileri gösterilmiş, maş fasulyesi özütünün antikanser kemoterapisinde bilinen veya yeni hedefleri etkileyerek oldukça umut verici bir sitotoksik ajan olduğunu görmüşlerdir. Bu antikanser aktivitelerinin, maş fasulyesi ekstraktının güçlü, çoklu mekanizma ve sinerjik antikanser ve/veya immünomodülatör etkiler uygulama şansı veren birden fazla bileşen tarafından yönlendirildiğini düşünmüşlerdir. Yi-Shen vd. (2018)'de yaptığı çalışmalar sonucunda, maş fasulyesi proteinleri ve hidrolizatlarının, gıdalarda, farmasötiklerde, diğer ürünlerde ve işlemlerde önemli besinsel, fonksiyonel ve biyoaktif potansiyel kullanımları olan bileşiklerin kaynakları olarak büyük umut vadettiklerini belirtmişlerdir. Duh vd. (1997), yaptığı çalışmalar sonucunda maş fasulyesi kabuğunun, belirgin antioksidan aktiviteleri nedeniyle potansiyel bir doğal antioksidan olduğunu belirtmişlerdir. Shi vd. (2016), çalışmalarında günlük diyetler için fasulye çeşitlerinin seçiminde veya kanser, kardiyovasküler gibi hastalıkların tedavisinde kullanım için potansiyeli olan fonksiyonel gıdaların tasarımında yardımcı olmak için kullanılabilir olacağını belirtmişlerdir. Maş fasulyesi, fosfor, demir, kalsiyum, çinko, selenyum, bazı vitaminler ve fenolik bileşenler içermektedir. Buna ilave, lif açısından zengindir ve esas olarak diyet lifi (nişasta olmayan) birkaç polisakaritten oluşur (Hou vd., 2019; Seyhan vd., 2024). Bu diyet lifi, ortalama 4,6 g/100 g kuru maddede bulunmaktadır (Taşkın, 2019). Gıdalarda su bağlanma endeksi gibi fonksiyonel özellikler; protein, nişasta ve buna ilave lif oranına bağlıdır (Liu vd., 2015). Bu sebeple, glutensiz ürün formülasyonlarında pirinç, badem, hindistan cevizi, çığ nohut ve mısır unu yerine veya farklı oranlarda diyet lifi içeren maş fasulyesi unu kullanılmaktadır (Seyhan vd., 2024). Luo vd.

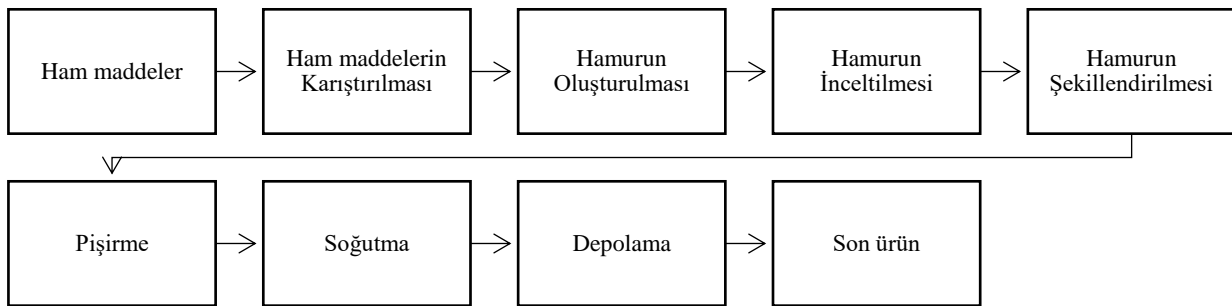
(2016) raporuna göre, maş fasulyesi ununun antioksidan gibi fonksiyonel bileşenler içerdiği için anti-inflamatuar ve antidiyabetik etkileri olabilmektedir. Çölyaklı bireyler için hazırlanan ürünlerde maş fasulyesi unu besleyici ve sağlıklı bir alternatif olarak kullanılmaktadır.

Belirtilen nedenler göz önünde bulundurulduğunda çalışma kapsamında maş fasulyesi unu kullanarak yüksek besin değeri olan, glutensiz ve vegan bir kraker üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla maş fasulyesi unu ile PAGNK, farklı oranlarda kullanılarak krakerlerin üretimi sağlanmıştır. Beş farklı formülasyonla üretilen krakerlerin kalite özellikleri, fizikokimyasal analizleri, gluten içeriği, su aktivitesi, tekstür, renk ve duyu özellikleri araştırılmıştır. Maş fasulyesi unu ile krakerlerin besin değerlerinin geliştirilmesi, glutensiz ürün çeşitliliğinin artırılması ve organoleptik özelliklerinin beğenilmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Maş fasulyesi unu (Aktarix, Antalya, Türkiye), proteini azaltılmış glutensiz nişastalı karışım (PAGNK) (İstanbul Halk Ekmek, İHE, GNK, İstanbul, Türkiye), şeker, tuz, kabartma tozu, ayçiçek yağı lokal bir marketten temin edilmiştir. PAGNK'nın içeriği her besin g/100 g karışımda; %0,7 yağ, %84,5 karbohidrat, %3,7 lif, %0,2 tuz ve %6,8 şeker, 4,1% protein olarak ürün etiketinde beyan edilmiştir. PAGNK ununun nişastası mısır, glutensiz buğday ve pirinçten oluşmaktadır. PAGNK unu, krakerlerde glutensiz un olarak beyan edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır ve hepsi Merck Kimya (Darmstadt, Almanya) tarafından temin edilmiştir.



Şekil 1. Maş fasulyesi unu içeren krakerlerin üretim şeması

2.2. Kraker üretimi

Glutensiz vegan kraker örneklerinde bağımsız değişken maş fasulyesidir. Krakerlerin üretim süreci şekil 1'de verilen akış şeması ile gösterilmiştir. Maş fasulyesi oranlarındaki değişimlere bağlı olarak ürünün fiziksel ve kimyasal açıdan gösterdiği farklılıkların incelenmesi amaçlanmıştır. %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında maş fasulyesi unu kullanılarak 5 farklı formülasyonda kraker örnekleri hazırlanmıştır. Maş fasulyesi unu içermeyen kontrol örneği, Han vd. (2010)

yöntemine göre hazırlanmıştır. Gereken formülasyonlarda maş fasulyesi ununu destekleyici un olarak İstanbul Halk Ekmek markalı PAGNK unu kullanılmıştır. Formülasyonlarda yalnızca un oranlarının değişiklik gösterdiği ürün içerikleri Çizelge 1'de yer almaktadır. Tablolarda örneklerin daha kısa yazılabilmesi için kodlamalar yapılmıştır: K: %100 glutensiz un içeren kraker, K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Maş fasulyesi içeren krakerlerin üretim formülasyonları ve içerikleri

Formülasyonlar*	Ham madde						
	Maş fasulyesi unu (g)	Glutensiz un (g)	Kabartma tozu (g)	Tuz (g)	Şeker (g)	Sıvı yağı (mL)	Su (mL)
K	0	100	0,75	3,5	3,5	25	30
K1	25	75	0,75	3,5	3,5	25	30
K2	50	50	0,75	3,5	3,5	25	30
K3	75	25	0,75	3,5	3,5	25	30
K4	100	0	0,75	3,5	3,5	25	30

K: kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker.

2.3. Fizikokimyasal analizler

Tüm besin öğeleri kompozisyonu AOAC resmi metotları esas alınarak belirlenmiştir. Toplam kuru madde miktarının 925.10 numaralı metoda göre belirlenmesi için, 105°C etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemi devam etmiştir (AOAC,1990). Kül içeriğinin belirlenmesi için 923.03 numaralı AOAC yöntemine göre, kül fırınının sıcaklığı 500°C'ye ayarlanmıştır ve örnekler bu sıcaklıkta bekletilmiştir (AOAC, 1990). Soxhlet ekstraksiyonu 920.39 numaralı yöntemi ile yağ miktarı ölçülmüştür (AOAC, 2000). Toplam protein miktarının belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi 984.13 numaralı metot kullanılmıştır (AOAC, 1990). Kjeldahl yönteminde kullanılan standart protein faktörü 6,25 olarak alınmıştır.

2.4. Gluten içeriğinin belirlenmesi

Gluten analizi için ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) (TS EN ISO 21415-1, 2008; Özcan vd., 2020) yöntemiyle ppm düzeyinde bir analiz yapılmıştır.

Homojen örneklerden 0,25 g alınarak üzerine 2,5 mL koktail solüsyonu iyice çalkalanarak eklenir ve kapaklar sıkıca kapatılarak karıştırılır. 50°C'de 40 dakika su banyosunda inkübasyona bırakılır. Sonra oda sıcaklığına soğutulur. Daha sonra 7,5 mL %80'lik etanolden ilave edilir. 1 saat oda sıcaklığında aşağı-yukarı sarsakta karıştırılır. 4000 rpm'de 10 dakika oda sıcaklığında santrifüj edilir.

Üstte berraklaşan sıvı (supernatant) cam vidalı kapaklı viallere alınır. 1:12,5 (100 µL örnek supernatant+1,5 µL seyreltilmiş örnek seyreltme çözeltilisi) oranında seyreltilir (toplam seyreltme faktörü 1:500 (1:40 x 1:12,5) olur). Ürün içindeki gluten miktarı bilinmediği için farklı seyreltme oranlarında çözeltiler hazırlanır. Daha iyi karışmanın sağlanması için fazla miktarda olan örnek seyreltme çözeltilisi, ependorf tüpüne önce konulur sonra az miktarda olan supernatant ilave edilip vortekslenir. Daha sonra bu karışımdan her kuyucuğa 100 µL konulur. Kuyucuk [(6 standart+örnek) x paralel sayısı]+100 µL örnek homojen dağılması sağlanır. Kontaminasyonu engellemek için kuyucukların üzeri kapatılarak 30 dakika oda sıcaklığında beklemeye bırakılır.

Süre sonunda sert şekilde 3 kere silkeleme hareketi yapılarak ve havlu kâğıt üzerine birkaç kere sertçe vurularak sıvı, kuyucuklardan uzaklaştırılır. 250 µL seyreltik yıkama solüsyonundan kuyucuklara konur ve 3 kere yıkama işlemi tekrar edilir. Her seferinde sıvı, bir önceki basamakta anlatıldığı gibi uzaklaştırılır. Son yıkama işlemi sonrasında kuyucuklar, havlu kâğıt üzerine sertçe vurulur ve sıvı tamamen uzaklaştırılır. Her kuyucuğa 100µL seyreltik antibadi enzimatik konjugattan konur. Tırnakla kuyucukların kenarına hafif hafif vurularak iyice karışması sağlanır. Kuyucukların üzeri kapatılıp, oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılır.

Süre sonunda her kuyucuğa stop solüsyonu ilave edilir. Tırnakla kuyucukların kenarına hafif hafif vurularak iyice karışması sağlanır. Beklemeden 450 nm'de okuma yapılır. Programa seyreltme faktörü, örnek sayısı (paralleriyle birlikte) girilir, sonuç alınır. Alınan sonuç ppm düzeyinde gliadin miktarını vermektedir. Örnek içindeki gluten miktarının bulunması için çıkan sonuç 2 ile çarpılır.

2.5. Su aktivitesi içeriğinin belirlenmesi

Saf suyun su aktivitesi 1,00'dir. Üç paralel analizde, Novasina Labtouch su aktivitesi (aw) cihazı (Lachen, Neuheimstrasse, İsviçre) kullanılmıştır. 0 ile 1 arasında bir sonuç veren su aktivitesi cihazı, aşağıda yer alan formül ile gıdaların su aktivitesi hesaplanmaktadır.

P: gıdadaki suyun buhar basıncı ve P0: saf suyun buhar basıncı oraral bilinmektedir.

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

2.6. Renk özelliklerinin belirlenmesi

Kraker örneklerinin yüzeysel renk özellikleri, CR-400 el kolorimetresi (Konica Minolta, Tokyo, Japonya) ile belirlenmiş olup; örnekler L (açıklık-koyuluk), a (kırmızı-yeşil) ve b* (sarı-mavi) parametreleri açısından değerlendirilmiştir.

2.7. Tekstürel özelliklerinin belirlenmesi

Tekstür analiz için TA.HD Plus C tekstür analiz cihazı (Boston, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılmıştır. Kraker örneklerinde sertlik ve kırılmalık özelliklerine bakılmıştır. Bu işlem için prob (üç noktalı bükme teçhizatı) kullanılmıştır. Analizler üretim yapıldıktan 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir ve bu süre zarfında numuneleri oda koşullarında muhafaza edildi. Buna göre test öncesi mod 1,00 mm/sn olarak belirlenirken, test hızı 3,00 mm/sn ve test sonrası hız ise 10,00 mm/sn olarak ayarlanmıştır. Hedef modu gerilme (%30) ve tetik gücü 0,049 N olarak seçilmiştir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

2.8. Duyusal analiz

Kraker örneklerinin duyusal analizi, eğitimsiz-yarı eğitilmiş 15 kadın ve 15 erkek olmak üzere toplam 30 panelist tarafından; koku, ağız hissi, renk, lezzet, tekstür ve genel beğeni açısından 9'lu hedonik skala ile değerlendirilmiştir. Analiz sırasında, her bir farklı formülasyondaki kraker için rastgele üç haneli kodlar belirlenmiştir. Duyusal analiz özellikleri, 1'den (aşırı kötü) 9'a (mükemmel) kadar puanlanan hedonik skala ile duyusal analiz formunda panelistlere sunulmuştur.

2.9. İstatistiksel analiz

3 paralel halinde gerçekleştirilen analizlerin sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0,05$) olup olmadığını bulabilmek için veriler varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirilmiş olup söz konusu istatistiksel analizler IBM SPSS Model 18.0 programı (Chicago, Illinois, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kimyasal kompozisyon

Kraker örneklerinin kimyasal özellikleri yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir. En yüksek kül miktarı $5,80 \pm 0,60$ oranında %100 (K4) maş fasulyesi unundan üretilmiş örnekte belirlenmiştir. Kraker örneklerinde kül miktarı, maş fasulyesi unu artışıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Bu artış, istatistiksel olarak da anlamlı ($p < 0,05$) bulunmuştur (Çizelge 2). Benzer bir çalışmada, farklı oranlarda maş fasulyesi unu ve mısır unu ile yapılan kurabiyelerde, yüksek oranda maş fasulyesi unu içeren örneklerin daha yüksek kül içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Rosiana vd., 2021). Farklı oranlarda maş fasulyesi içeren krakerlerin ve maş fasulyesi ununun. Kjeldahl yöntemiyle belirlenen protein miktarları Çizelge 2'de verilmiştir. Maş fasulyesi ununun protein miktarı $20,80 \pm 0,06$ olarak tayin edilmiştir. Bu sonuca göre maş fasulyesi ununun içerdiği protein oranı krakerlerde kontrol edilip doğrulanmıştır. Benzer bir çalışmada, maş fasulyesi ununun protein içeriği %18,05 olarak bulunmuştur (Rosiana vd., 2021). Kontrol krakerde (%100 glutensiz un içeren) protein bulunamamıştır (Çizelge 2). Kullanılan PAGNK, üretilen krakerlerin protein miktarını etkilememiştir. Sırasıyla %25, %50, %75 ve %100 maş fasulyesi unu içeren krakerlerin protein değerlerindeki artış anlamlı ($p < 0,05$) bulunmuştur. En yüksek protein miktarı, %100 maş fasulyesi unundan üretilmiş olan krakerde gözlemlenmiştir. Maş fasulyesi ununun kullanılması, krakerlerde ve diğer benzer ürünlerde toplam protein (lisin, lösin ve treonin aminoasitleri) açısından besin değerini artırmaktadır (Yen vd., 2023). Krakerlerin yağ miktarları Çizelge 2'de bildirilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda yağ miktarı tüm örneklerde benzer çıkmıştır. Kraker örneklerindeki maş fasulyesi unu miktarının artmasıyla yağ değerinde anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$). Tüm formülasyonlarda aynı miktarda sıvı yağ kullanılması ve maş fasulyesinin yağ oranının düşük olması, bu sonuca sebep olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 2. Maş fasulyesi içerikli krakerlerin toplam kuru madde, protein, kül, yağ, nem miktarı (%), gluten (ppm) ve su aktivitesi*

Kraker örnek	Toplam kuru madde	Protein	Kül	Yağ	Gluten (ppm)	Su aktivitesi (a _w)	Nem miktarı
K	92,0±0,2 ^b	0,0±0,0 ^c	2,9±0,0 ^b	18,4±0,3 ^a	2,23±0,47 ^c	0,44±0,000 ^a	0,08±0,0160 ^a
K1	95,9±1,2 ^a	4,4±0,1 ^d	3,400±0,1 ^b	22,6±0,5 ^a	3,84±0,07 ^{bc}	0,37±0,0005 ^b	0,04±0,0002 ^b
K2	94,20±0,6 ^a	9,4±0,1 ^c	4,3±0,2 ^a	21,9±0,6 ^a	5,91±0,23 ^b	0,36±0,0005 ^b	0,06±0,006 ^b
K3	95,60±0,9 ^a	13,9±0,1 ^b	5,3±0,2 ^a	20,9±0,4 ^a	8,18±0,080 ^a	0,37±0,0035 ^b	0,04±0,0090 ^b
K4	94,80±0,4 ^a	19,1±0,2 ^a	5,6±0,2 ^a	20,5±0,6 ^a	10,42±0,09 ^a	0,36±0,0015 ^b	0,05±0,0040 ^b

K: kontrol örnek (% 100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker. * istatistiksel olarak aynı sütündeki farklı olan örnekler farklı harfler ile belirlenmiştir

4 Ocak 2012 tarihinde “Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği” Resmî Gazete’de yayınlanan tebliğe göre “son tüketicieye sunulacak gıdadaki gluten seviyesinin 20 mg/kg (ppm)’yi aşmaması koşuluyla “glutensiz” ibaresi kullanılabilir” denmektedir (Yıldız, 2019). Ayrıca, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından “glutensiz” ürünlerde kabul edilebilir seviye 20 ppm altında olması gerektiği belirtilmiştir (Yen vd., 2023). Bu çalışmada üretilen krakerlerin glutensiz ürün kategorisine girip girmediği bu sınıra göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, maş fasulyesi ununun gluten içeriği 1,85 ppm olup, tebliğe göre glutensiz kabul edilmektedir. Beş farklı oranda maş fasulyesi içeren krakerlerin gluten içeriği incelendiğinde, ppm düzeyinde en düşük sonuç 2,23 ppm K örneğine ait çıkmıştır (Çizelge 2). K örneğinde eser miktarda gluten tespit edilmiştir. Ayrıca K4 örneğinde 20 ppm altında gluten bulunmuştur. Glutensiz un üreten firmalarda gluten kalıntılarının proseten sonra tam olarak ortamdaki uzaklaştırılmaması çapraz kontaminasyona sebep olabilmektedir. En yüksek gluten miktarı K2 ve K4 krakerlerde tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, kullanılan maş fasulyesi unu safsızlık olarak gluten içermektedir. Tüm krakerlerin gluten içeriği sonuçları yayınlanan tebliğ ile kıyaslanmış ve bunun doğrultusunda “glutensiz” ibaresi kullanılması için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Krakerlerin su aktivite (a_w) sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Bu verilere göre, en yüksek su aktivitesi değerinin K örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p>0,05). Maş fasulyesi ununun su aktivitesi ise 0,380±0,006 olarak ölçülmüştür. 0,60 a_w değerinin altı düşük su aktivitesi olarak kabul edilmektedir ve bu değer altında bulunan gıdalarda mikroorganizma gelişmesi ve bazı biyokimyasal reaksiyonlar yavaşlamakta veya tamamen durmaktadır (Yıldırım vd., 2018). Çizelge 2’deki verilere göre üretilen krakerlerde mikrobiyal gelişme riski görülmemektedir. Bir diğer rapora göre, maş

fasulyesi ununun nem oranı %10’un altında bulunmuştur ve bu durumda uzun raf ömrü olması beklenmektedir (Rosiana vd., 2021). Kraker ve maş fasulyesi ununun nem miktarları (%) Çizelge 2’de gösterilmiştir. Bu veriler arasından en yüksek nem miktarı maş fasulyesi ununda %0,12 ± 0,02 bulunmuştur. Kraker örneklerinde ise nem oranı en yüksek miktarda K örneğinde görülürken (p<0,05), diğer krakerlerin ise istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir (p>0,05).

3.2. Renk özellikleri

Gıdaların rengi kalite açısından çok önemlidir. Tüketicilerin tercihlerinde ürünün görünüşü ve rengi ilk sıralarda yer almaktadır (Karimidadstjerd ve Kilic-Akyılmaz, 2021). Ürün rengi, tüketici tercihinde önemli bir yer teşkil etmesinin yanında ürünün içeriği hakkında tüketicieye bilgi vermektedir (Carvalho vd., 2017). Bu nedenle gıdanın kalite parametreleri belirlenirken renk özelliklerine de bakılmaktadır. Krakerlerin renk değerleri Çizelge 3’te verilmiştir. Krakerlerin rengi, ürünün görsel çekiciliğini ve buna bağlı olarak tüketici tarafından tercih edilme oranını etkileyen önemli bir faktördür. Krakerlerin renk değerleri incelendiğinde, L* değerleri kontrol örneğiyle (69,6) kıyaslandığında önemli bir şekilde azalma göstermiştir (p<0,05) (Çizelge 3). Analizler sonucuna göre, maş fasulyesi unu ilavesinin artmasıyla kraker renginde kahverengileşme görüldüğü ve L* değerlerinin düştüğü belirlenmiştir.

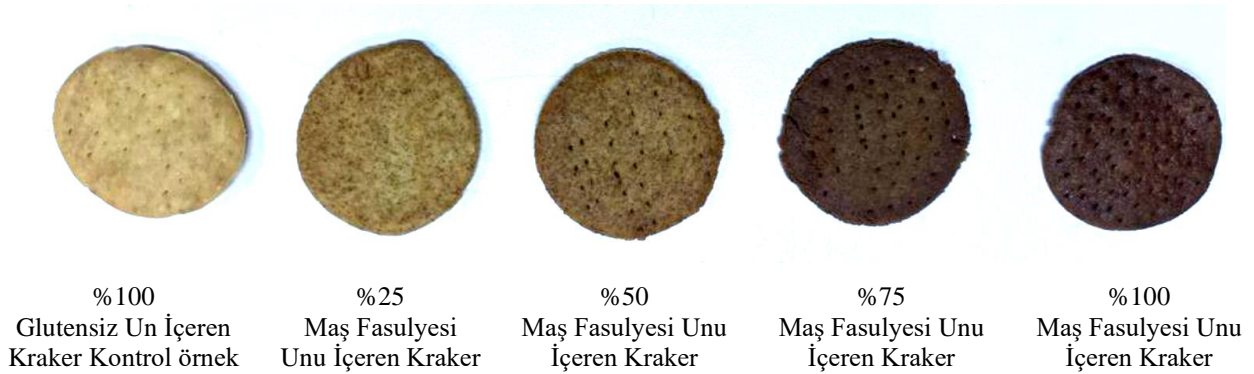
Maş fasulyeli krakerlerin a* değerleri, 3,9 ile 7,2 arasında değişiklik göstermektedir. Krakerlerin a* değerleri kontrol örneği olan K’dan (a*=1,5) yüksek bulunmuştur. Krakerlere ilave edilen maş fasulyesi unu oranı arttıkça, a* değerlerinin yani kırmızılığın arttığı tespit edilmiştir. Ancak istatistiksel olarak %50, %75 ve %100 maş fasulyesi unu olan krakerlerde anlamlı bir fark yoktur (p>0,05). Krakerlerin b* değerleri (4,5-19,0), kontrol örneğinden (K, b*=22,3) belirgin düzeyde düşük bulunmuştur. Krakerlere ilave edilen maş fasulyesi unu oranının artması sonucu,

L* ve b* değerlerinin azaldığını, a* değerinin ise anlamlı bir artış yoktur (Çizelge 3 ve Şekil 2). Krakerlerde gözlemlenen renk farklılıkları (Şekil 2), maş fasulyesi unu renginden, kaynaklanmaktadır. Kontrol örneğinde kullanılan PAGNK beyaz renge sahipken, maş fasulyesi unu açık yeşil bir renge sahip olduğundan renk farklılıklarının gözle bile fark edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Maş fasulyesi unu yüksek protein içerdiği için pişirme esnasında Maillard reaksiyonu gerçekleşmekte ve bunun sonucunda hem renk ve hem duyuşsal sonuçlara göre ağızda hissedilen tatlılık artmaktadır (Rosiana vd., 2021).

Çizelge 3. Maş fasulyesi unu içeren kraker örneklerinin renk parametreleri*

Kraker Örnek	L*	a*	b*
K	69,6±2,1 ^a	1,5±0,5 ^c	22,3±2,3 ^a
K1	60,9±2,8 ^b	3,9±0,9 ^b	19,0±2,2 ^{ab}
K2	54,7±1,5 ^b	7,0±0,5 ^a	17,3±1,4 ^b
K3	47,6±1,2 ^c	7,2±0,5 ^a	10,5±0,8 ^c
K4	41,8±1,2 ^d	6,9±0,5 ^a	4,5±1,1 ^d

K: kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker.* İstatistiksel olarak farklı olan örnekler aynı sütunda farklı harfler ile gösterilmiştir ($p<0,05$).



Şekil 2. Farklı formülasyonlarda üretilen maş fasulyesi unlu krakerlerin görselleri

3.3. Tekstürel özellikleri

Üretim formülasyonu geliştirilen krakerlerin tekstür analizi ile sertlik ve kırılabilirlik parametreleri incelenmiştir. Tüketicinin tazelik algısıyla ürünlerin tekstürel özellikleri arasında önemli bir ilişki vardır (Ahlborn vd., 2005). Elde edilen sertlik ve kırılabilirlik değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Maş fasulyesi unu içeren krakerlerin sertlik (g) ve kırılabilirlik (mm) değerleri ortalama ± ss.*

Kraker örneği	Sertlik(g)	Kırılabilirlik(mm)
K	4014,0±302,0 ^a	36,0±1,0 ^a
K1	944,2±110,1 ^d	36,8±0,5 ^a
K2	1880,5±99,4 ^b	36,4±1,1 ^a
K3	1923,5±105,6 ^b	36,0±1,4 ^a
K4	1618,1±258,7 ^c	37,1±1,2 ^a

K: Kontrol örnek (%100 glutensiz un içeren kraker), K1: %25 maş fasulyesi unu içeren kraker, K2: %50 maş fasulyesi unu içeren kraker, K3: %75 maş fasulyesi unu içeren kraker ve K4: %100 maş fasulyesi unu içeren kraker.* İstatistiksel olarak farklı olan örnekler aynı sütunda farklı harfler ile gösterilmiştir ($p<0,05$).

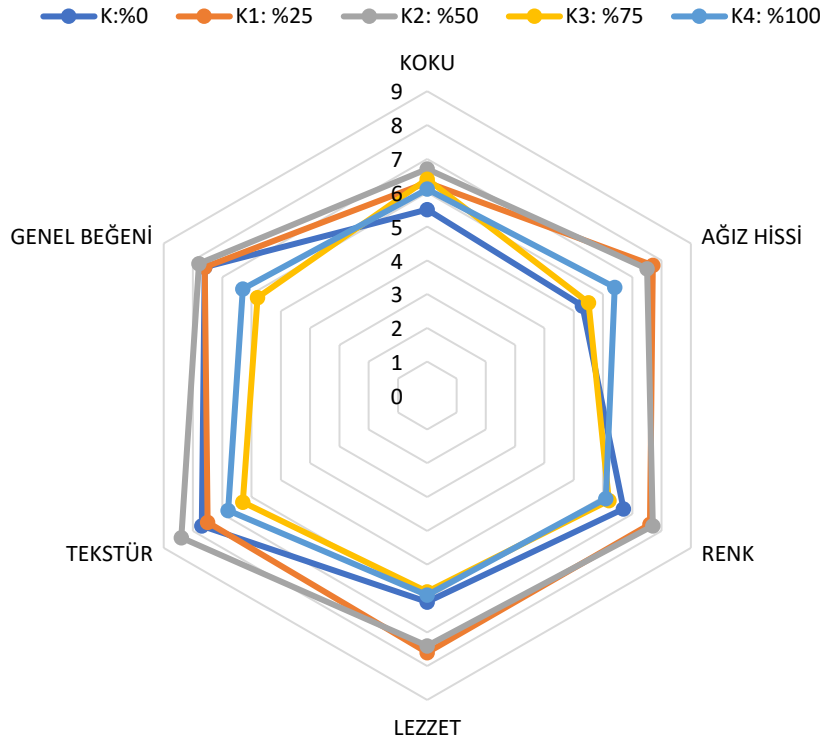
Farklı oranlarda maş fasulyesi unu ikamesiyle üretilen krakerlerin sertlik değerleri incelendiğinde, kontrol örneği olan %100 glutensiz un içeren krakerin sertlik değerlerinin, diğer örneklerle kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). İstatistik sonuçlarına göre, krakerlerde maş fasulyesi unu oranı ile sertlik değerinin arasında anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır (Çizelge 4).

Bir üründe tekstür olarak sertlik, gluten ve lif oranı ile değişmektedir (Nazari ve Gharekhani, 2021; Rosiana vd., 2021). En az maş fasulyesi unu içeren kraker K1 en düşük sertlik özelliği olan ürün olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Kontrol örnekle kıyaslandığında, tekstürel açıdan kırılabilirlik tüm örneklerde benzer çıkmıştır ($p>0,05$). Kontrol krakerin hamurunun glutensiz olması sebebiyle üretim aşamasında elastikliğinin düşük ve kırılabilirliğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu özellik ekmeklerde istenmeyen bir özellik olmasına rağmen kraker gibi ürünlere istenilmektedir (Nazari ve Gharekhani, 2021; Rosiana vd., 2021; Yen vd., 2023).

3.4. Duyusal analiz

30 panelist tarafından gerçekleştirilen duyusal değerlendirmeye katılan panelistlerin yaş ortalaması 22'dir. Panelistlerden elde edilen veriler Şekil 3'te gösterilmiştir. Genel beğeni düzeyine bakıldığında en çok beğenilen üç kraker örneği K, K1 ve K2 maş fasulyesi unu kullanılarak hazırlanan kraker örnekleri olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre birbirine yakın koku, renk, tekstür, ağız hissi ve lezzet değerlerine sahip olan K1 ve K2 maş fasulyesi unu içeren örnekler koku dışında diğer duyusal özelliklerde 7 üzeri puan almıştır. İstatistiksel İstatistiksel değerlendirmeye göre, K1 ve K2 örnekleri arasında tekstür dışında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). K3 ve K4 maş

fasulyesi unu içeren krakerler ise genel beğeni düzeyinde panelistlerden istatistiki olarak aynı puanları almıştır ($p>0,05$). Ekmek örneklerinde yapılan bir çalışmada, %10 maş fasulyesi unu içeren örneklerin genel beğeni puanları, kontrol örneğinden farklı bulunmamıştır (Nazari ve Gharekhani, 2021). Rosiana vd. (2021)'nin çalışmasında, maş fasulyesi ve mısır unu ile üretilen atıştırmalıkların 60 otizm rahatsızlığı olan kişiye tattırılarak renk açısından %60 maş fasulyesi içeren atıştırmalığın beğenildiği rapor edilmiştir. Benzer çalışmalarda kullanılan maş fasulyesi ununun yüzde oranı farklılık göstermekle birlikte, duyusal analiz sonuçları maş fasulyesi ununun potansiyel bir un olarak gıdalarda kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Kraker örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında protein içeriği yüksek, vegan ve Türk gıda kodeksi (sayı numaralı 2816) gluten intoleransı olan bireylere uygun gıdalar tebliğine göre "glutensiz" beyanı içerebilen krakerler formüle edilmiştir. Kraker hem her yaşta insanın tüketebileceği bir atıştırmalık olmasıyla hem de üretiminin kolay ve standardizasyonun yüksek olan bir ürün olarak seçilmiştir. Bu doğrultuda biri kontrol grubu olmak üzere 5 farklı formülasyonda krakerler hazırlanmıştır. Krakerlerde maş fasulyesi unu

artıkça kül ve protein miktarı artış göstermektedir. Bu durum, maş fasulyesinin mineral ve proteinden zengin olması ile açıklanabilmektedir. Renk açısından %25 ve %50 maş fasulyesi unu içeren örneklerden, kontrol örneğine yakın sonuçlar elde edilmiştir daha yüksek maş fasulyesi unu daha koyu renk ürün ortaya çıkartmıştır. Tekstür sonuçlarına göre %25 maş fasulyesi unu içeren kraker en düşük sertliğe sahipken, en yüksek sertlik % 100 glutensiz un içeren krakerde tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, yüksek protein ve lif içeren un ile hazırlanan hamurlarda daha sert hamur ve ürünler elde edilebilir demektir.

Genel beğeniden, kontrol örneği ile %25 ve %50 maş fasulyesi unu kullanılarak hazırlanan krakerler en yüksek puanı almıştır. Sonuç olarak %25 maş fasulyesi unu içeren kraker diğer krakerlere göre ticari bir ürün olarak üretilebilir. Maş fasulyesi unu, proteini yüksek ve glutensiz bir özelliğe sahiptir. Bu yüzden üründe kullanılan maş fasulyesi unu arttıkça, doğrusal olarak protein artışı gözlemlenmektedir. Gluten içeriği artsa bile, ürün hâlâ 'glutensiz' olarak kabul edilmektedir. Paketleme, raf ömrü ve fonksiyonel özellikler

7. Kaynaklar

Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix S. B., Hess, and W. M., Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free breads. *Cereal Chemistry*, 82, 328-335. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0328>.

Aksürmeli, Z. S. T., ve Beşirli, H. (2019). Vegan kimliğin oluşumu: vegan olmak ve vegan kalmak. *Akademik Hassasiyetler*, 6(12), 223-249.

Alpat, İ., ve Dumlu Bilgin, G. (2018). Glutensiz diyet: trend mi yoksa tedavi yöntemi mi?. *International Peer-Reviewed Journal of Nutrition Research*, (12).

AOAC. (1990). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. 15th Ed., Washington.

AOAC. (2000). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. 17th Ed., Washington.

Carvalho, F. R., Moors, P., Wagemans, J., and Spence, C. (2017). The influence of color on the consumer's experience of beer. *Frontiers in Psychology*, 8, 2205. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02205>

Dhull, S. B., Tanwar, M., Khatkar, S. K., Chandak, A., Chawla, P., and Goksen, G. (2024). Exploring the effects of thermal and non-thermal modification methods on morphological, functional, and pasting properties of mung bean starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 92, 103581. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103581>

Duh, P. D., Yen, W. J., Du, P. C., and Yen, G. C. (1997). Antioxidant activity of mung bean hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(9), 1059-1063. <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0025-0>

analizi, ürünün geliştirilmesi için büyük önem taşımaktadır.

5. Teşekkür

Bu proje, TÜBİTAK tarafından 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

6. Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Ertaş, N., ve Doğruer, Y. (2010). Besinlerde tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 35-42.

Fathonah, S., Amalia, B., and Humaizah, S. (2020). The formulation of alternative gluten-free mung bean biscuits. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012004>

Gökçen, M., Aksoy, Y. Ç., ve Özcan, B. A. (2019). Vegan beslenme tarzına genel bakış. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 50-54.

Hafidh, R. R., Abdulamir, A. S., Abu Bakar, F., Sekawi, Z., Jahansheri, F., and Jalilian, F. A. (2015). Novel antiviral activity of mung bean sprouts against respiratory syncytial virus and herpes simplex virus-1: an in vitro study on virally infected Vero and MRC-5 cell lines. *BMC Complementary and Alter Medicine*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0688-2>

Han, J. J., Janz, J. A., and 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>

Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., ... and Shen, Q. (2019). Mung bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits. *Nutrients*, 11(6), 1238. <https://doi.org/10.3390/nu11061238>

Hoover, R., Li, Y. X., Hynes, G., and Senanayake, N. (1997). Physicochemical characterization of mung bean starch. *Food Hydrocolloids*, 11(4), 401-408. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(97\)80037-9](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(97)80037-9)

Karimidastjerd, A., and Kilic-Akyilmaz, M. (2021). Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomac peptide concentrate.

- Food and Bioproducts Processing*, 125, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.004>
- Küçükazman, M., Ata, N., Dal, K., ve Nazlıgül, Y. (2008). Çölyak hastalığı. *Dirim Tıp Gazetesi*, 83, 85-92.
- Lawless, H. T., and Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices (Vol. 2). New York: Springer.
- Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., ... and Li, W. (2018). The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 5142-5152. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3460-z>
- Luo, J., Cai, W., Wu, T., and Xu, B. (2016). Phytochemical distribution in hull and cotyledon of Adzuki Bean (*Vigna Angularis* L.) and mung bean (*Vigna Radiate* L.), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities. *Food Chemistry*, 201, 350-360. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.101>
- Nazari, E., and Gharekhani, M. (2021). Effect of replacement of rice flour with raw and sprouted mung bean Flour on phenolic compounds and physicochemical properties of gluten-Free Bread. *Journal of Food Research*, 31(2), 17-33. <https://doi.org/10.22034/FR.2021.34235.1677>
- Özcan, A., İsmail, A. Z. A. R., Yavuz, A., Yavaş, H., Tokat, E., ve Çetin, V. (2020). Gluten analizinde HPLC, LC-MS/MS yöntemlerinin ELISA ile karşılaştırılması. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (24), 30-54.
- Özkaya, F., Güner, D., Akbıyuk, T., ve Siner, N. (2022). Vegan diyeti kapsamında geliştirilen kurabiye ve tüketici algısı. *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 6(1), 48-60.
- Rosiana, N. M., Susianti, K. C., and Suryana, A. L. (2021). Chemical and organoleptic properties of cookies from corn flour and mung bean as a gluten-free snacks. *Journal Pangan dan Agroindustri*, 9(3), 181-187. <https://doi.org/10.21776/ub.jp.a.2021.009.03.6>
- Seyhan, S., Nakilcioğlu, E., ve Ötleş, S. (2024). Geleceğin alternatif protein kaynakları: bitkiler. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(1), 153-174.
- Sharma, C., Singh, B., Hussain, S. Z., and Sharma, S. (2017). Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (*Vigna radiata*) flour based extruded snacks. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1711-1720. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2606-8>
- Shi, Z., Yao, Y., Zhu, Y., and Ren, G. (2016). Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. *The Crop Journal*, 4(5), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.011>
- Sürmeli, N., ve Karabudak, E. (2019). Çölyak olmayan gluten duyarlılığı. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(1), 66-72.
- Taşkın, B. (2019). Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) ve glutensiz gıdalarda kullanım potansiyeli. *Akademik Gıda*, 17(4), 546-552.
- Topaloğlu, K. (2019). Glutensiz bisküvi üretimi, Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Türkiye.
- TS EN ISO 21415-1. (2008). Buğday ve buğday unu- Gluten içeriği- Bölüm 1: Elle yıkama metodu ile yaş gluten tayini.
- Ulusoy, H. G., ve Rakıcioğlu, N. (2019). Glutensiz diyetin sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(2), 87-92.
- Yen, N. T. H., Huong, N. T. M., Hoa, P. N., and Van Hung, P. (2023). Incorporation of germinated mung bean flour with rice flour to enhance physical, nutritional and sensory quality of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(1), 423-431. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15982>
- Yıldırım, A., Duran, M., ve Koç, M. (2018). Su aktivitesinin ve farklı kurutma sistemlerinin biyoaktif bileşenlerin stabiliteyi üzerine etkisi. *GIDA/The Journal of FOOD*, 43(3), 512-522.
- Yıldız, E. (2019). Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevya kullanımı, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Türkiye.
- Yi-Shen, Z., Shuai, S., and FitzGerald, R. (2018). Mung bean proteins and peptides: nutritional, functional and bioactive properties. *Food & Nutrition Research*, 62. <https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1290>
- Yu, S., Wu, Y., Li, Z., Wang, C., Zhang, D., and Wang, L. (2023). Effect of different milling methods on physicochemical and functional properties of mung bean flour. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1117385. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1117385>