



SİYEZ KEPEĞİ EKŞİ HAMUR OPTİMİZASYONUNUN EKMEĞİN KALİTE VE BİYOAKTİF NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Fatmanur Örü, Müge Hendek Ertop*

Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Geliş / Received: 30.10.2022; Kabul / Accepted: 20.01.2023; Online baskı / Published online: 03.02.2023

Örü, F., Hendek Ertop, M. (2023). Siyez kepeği ekşi hamur optimizasyonunun ekmeğin kalite ve biyoaktif nitelikleri üzerindeki etkileri. *GIDA* (2023) 48 (1) 209-226 doi: 10.15237/ gida.GD22121

Örü, F., Hendek Ertop, M. (2023). Effect of the optimization of einkorn bran sourdough on the quality and bioactive properties of the bread. *GIDA* (2023) 48 (1) 209-226 doi: 10.15237/ gida.GD22121

ÖZ

Siyez buğdayı (*Triticum monococcum*), ülkemizde özellikle Kastamonu ilinde yetiştirilen ve yaklaşık on bin yıl önce kültüre alınmış günümüz buğdaylarının atasıdır. Morfolojik yapısı itibarıyla diğer buğdaylardan farklı olarak kavuzuyla hasat edilmekte, kepek tabakası endosperme daha sıkı bağlı olduğundan diğer buğdayların işlendiği modern değirmenlerde öğütülememektedir. Bu nedenle hasadından sonra selektörden geçirme, kavuzdan ayırma işlemleri yapılmakta, tam buğday formunda değirmende kırıldıktan sonra elenerek kepek tabakası ayrılmaktadır. Nişastalı endospermce zengin %25 düzeyinde kepek değirmen atık/yan ürünü olarak ayrılmaktadır. Siyez kepeği iri taneli endosperm içermesi nedeniyle gıda sektöründe kullanım alanı bulamamakta ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, buğday unu yerine siyez kepeğinden spontan fermentasyon ile üretilen ekşi mayanın ekmekte kullanımının optimizasyonu yapılmış, ekmeğin kalite ve biyoaktif nitelikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Optimizasyon sonucu Hamur Verimi (HV):200 oranında hazırlanan siyez kepeği ekşi mayasının ekmekte %34.23 oranında kullanılması gerektiği buna karşılık formülasyondaki su oranının da %52.78 düzeyinde olması gerektiği belirlenmiştir. Üretilen optimize ekmeğin, ekmeğin buğday kepeği içerikli ekmeğe göre daha hacimli, yeme kalitesi, lezzet ve iç dokusu daha iyi olarak nitelendirilmiştir. Aynı zamanda fitik asit degradasyonu, mineral madde ve protein içeriğinde de artış tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Siyez, *Triticum monococcum*, ince kepek, ekşi hamur, ekmeğin

EFFECT OF THE OPTIMIZATION OF EINKORN BRAN SOURDOUGH ON THE QUALITY AND BIOACTIVE PROPERTIES OF THE BREAD

ABSTRACT

Einkorn (*Triticum monococcum*) is the ancestor of today's wheat, especially grown in Kastamonu province in Anatolia and cultivated about ten thousand years ago. Unlike other wheat types due to its morphological structure, it is harvested with its husk, and since the bran layer is more tightly bound to endosperm layer, it cannot be milled by modern mills where other wheats are processed. For this reason, after the harvest, the processes of passing through the selector, and separating from the husk are carried out, and after being crushed in the mill as whole wheat, it is sieved and the bran layer is separated. The branmass at the level of 25%, which is rich in starchy endosperm, is separated

*Yazışmalardan sorumlu yazar /Corresponding author

✉ mugeertop@kastamonu.edu.tr

☎ (+90) 366 2802968

Fatmanur Örü; ORCID no: 0000-0001-7507-7115

Müge Hendek Ertop; ORCID no: 0000-0003-4300-7790

as a waste/by-product in the mill. Because einkorn bran contains coarse grained endosperm, it cannot be used in the food industry and is considered as animal feed. In this study, the use of sourdough produced by spontaneous fermentation from einkorn bran instead of wheat flour was optimized in bread and its effects on bread quality and bioactive qualities were investigated. As a result of the optimization, it was determined that einkorn bran sourdough prepared with the Dough Yield (DY):200 should be used at a rate of 34.23% in bread, where as the water rate in the formulation should be at the level of 52.78%. The optimized bread produced was characterized as more voluminous, better eating quality, flavor and crumb texture than bread containing wheat bran. At the same time, an increase in phytic acid degradation and mineral content was detected.

Keywords: Einkorn, *Triticum monococcum*, fine bran, sourdough, bread

GİRİŞ

Arkeolojik bulgular, buğdayın ilk olarak Türkiye, Mısır, Etiyopya, Lübnan, Suriye ve İsrail'in bazı bölgelerinde ortaya çıktığını göstermektedir (Lev-Yadun vd., 2000). Türkiye'de siyez buğdayının geçmişi (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) M.Ö. 9000 yıllarına kadar dayanmaktadır (Piperno vd., 2004). Diploid kabuklu bir buğday olan siyez, Şanlıurfa'nın Karacadağ ilçesinde yetiştirilen ilk buğday türüdür (Heunvd., 1997; Hidalgo ve Brandolini, 2014). Morfolojik yapısı itibarıyla diğer buğdaylardan küçük olan siyez, sıkı kavuz yapısı ve tek başakçıklı olması nedeniyle diğer buğdaylardan farklı olarak kavuzu ile birlikte hasat edilmektedir. Kepek tabakası (perikarp, testa ve aleuron) endosperm tabakasına (unun elde edildiği merkez kısım) daha sıkı bağlıdır ve günümüz buğdaylarından farklı olarak kepek tabakası oranı daha yüksektir (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019). Bu morfolojik farklılıklar günümüz buğdaylarının işlendiği modern değirmenlerde siyez buğdayının işlenmesini, aynı ekipman/diyagramın kullanılmasını olanaksız kılmaktadır. Selektörden geçirilerek kirlilik unsurlarından ayrılan siyez buğdayına, mekanik çarptırma ile merkezkaç prensibine dayalı kavuz soyma işlemini takiben, tam buğday formunda kırma işlemi yapılmakta, öğütme ile kepek fraksiyonu ayrılmaktadır. Tam tanenin kırılması temeline dayandığından, "siyez unu daima bir miktar kepek, siyez kepeği de daima bir miktar endosperm kalıntısı" içermektedir. Bu nedenle siyez unu işlenmesinde kepek/endosperm ayrımı tam olarak yapılamamakta, değirmende randıman %55 düzeyinde kalmakta, kepek olarak ayrılan fraksiyonda nişastalı endosperm kalmaktadır. Kastamonu ilinde değirmenlerde yapılan çalışmalar siyez için kurulan değirmen sistemlerinde yaklaşık %20 kavuz, %25 düzeyinde

de kepek yan/atık ürünü çıktığını göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda, siyez unu yüksek yağ (%2.43-4.20), protein (%11.94-18.10) ve mineral madde (2.21-2.47) içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Brandolini vd., 2008; Hidalgo ve Brandolini, 2012; Hidalgo ve Brandolini, 2014; Hendek Ertop ve Atasoy, 2019, Örü ve Hendek Ertop, 2021).

Ekmekçilikte kepek kullanımı yaygın ve eski bir uygulamadır ve Türk Gıda Kodeksi Ekmek tebliğinde "kepekli ekmek" tanımına göre, ekmek un ağırlığı üzerinden en fazla %30 kepek içermelidir. Sektörel olarak ince buğday kepeği kullanılmakta, genel olarak da ekmek hamuruna yoğurma sırasında direkt olarak ilave edilmektedir. Hamurun tekstürü ve su kaldırma oranı üzerinde de etki göstermektedir. Ekmekte kepek fraksiyonu kullanımı daha düşük hacim ve sıkı içyapı ile karakterize edilmektedir. Geleneksel ekmek yapım metodu olan ekşi maya (ekşi hamur) kullanımı ise Türk Gıda Kodeksi ekmek tebliğine 2012 yılında dahil edilmiştir. Sıvı ön ferment, spontan fermantasyon veya starter ilaveli fermantasyon gibi çeşitleri olan bu yöntem bir miktar hamurun ekşitilmesi metoduna dayanmakta, temel olarak hamurda laktik asit fermantasyonunu 1/100 oranında maya/laktik asit bakteri mikrobiyotası oluşturmaktadır (Gobbetti vd., 1994). Maya popülasyonunun büyük bölümünün *Saccharomyces cerevisiae* olduğu (Salovaara ve Savolainen, 1984), bakterilerin çoğunun ise *Lactobacillus* cinsine ait türler olduğu bilinmektedir (Corsetti ve Settanni, 2007).

Yapılan çalışmalar, spontan fermantasyon olarak bilinen çok kademeli geleneksel ekşi maya üretiminde kepek kullanımının buğdayın dış katmanlarından gelen laktik asit bakterileri

sayesinde fermantasyonu zenginleştirdiğini, asitliği arttırdığını hem ekşi maya kütlelerini hem de kullanıldığı ekmek lezzet profilini daha çok zenginleştirdiğini ortaya koymaktadır (Katina vd., 2006). Ayrıca kepekli gıdalar kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn) gibi mineraller açısından iyi bir kaynaktır. Diğer taraftan buğdayın dış katmanlarına doğru artan fitik asit, miyoinositol heksafosfat yapısı ile bu minerallerin biyoyararlanımını sınırlandırabilmektedir (Poutanen vd., 2009). Ancak ısıtma işlemi, ıslatma, çimlendirme gibi işlemlerin yanı sıra, çok kademeli fermantasyon da önemli bir fitik asit degradasyon prosesi olarak bilinmekte ve fermantasyonla gelişen asitlik ve endojen enzim aktivitesindeki artış antinutrientlerin yıkımında önemli bir araç olmaktadır (Hendek Ertop ve Bektaş, 2018). Yapılan bir araştırmaya göre kepeğin laktik asit bakterileri (LAB) tarafından ön fermantasyonu fitat parçalamasını %90'a kadar arttırmakta ve bu artış özellikle Mg ve P çözünürlüğünde olmaktadır (Poutanen vd., 2009). Ekşi hamur fermantasyonu, tam tahıl unlarının mineral çözünürlüğüne etkili, ancak yalnızca kepek kullanımı durumunda daha az etkilidir (Lioger vd., 2007). Bu durumda ekmek hamuruna direkt kepek fraksiyonu ilave etmek yerine fermente etmek, fitik asit degradesyonu ve buna bağlı mineral biyoyararlanımının artışı açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada siyez kepeğini fermente ekşi hamura dönüştürüp, kepek içinde kalan unsu endospermin laktik asit bakterilerince fermantasyonu, diğer taraftan fermantasyonla siyez kepeğinin sindirimini arttırılması, irmiğimsi büyük partiküllerin fermantasyon sırasında şişip yumuşayarak hamur içerisinde tekstürel olarak hissedilmeyecek ekmek dokusuyla uyumlu yapıya getirilmesi hedeflenmiştir. Böylece siyez buğdayını una işleyen fabrikalarda önemli bir atık ürün olarak çıkan siyez kepeğini çalışmamızın olası olumlu sonuçları neticesinde sektöre yeni bir ekşi maya hammaddesi olarak kazandırılması hedeflenmiştir. Daha önce siyez buğday kepeği ve buğday kepeklerinin ekşi hamur üretimi ve koşulları hakkında yapılan bir çalışmada (Örü ve Hendek Ertop, 2021), daha az su absorbe etmesi nedeniyle buğday unu için tavsiye edilen (Chavan

ve Chavan, 2011) Hamur Verimi (HV):200 düzeyinde siyez kepeğinden ekşi maya üretiminin mümkün olduğu belirlenmiş, ince buğday kepeği ise yüksek oranda su çektiğinden dolayı en düşük HV:300 oranında ekşi maya hazırlanabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, önceki bulgularımızdan yola çıkarak HV:200 oranında hazırlanan siyez kepekli ekşi hamurun buğday ekmeği üretiminde kullanımı Yüzey Yanıt Metodu ile optimize edilmiştir. Endüstriyel olarak kullanımı genel kabul görmüş ekmeklik buğday kepeğine alternatif olarak, teknolojik nedenle önemli düzeyde atık olarak ortaya çıkan endosperm fraksiyonu da içeren siyez kepeğinin ekşi hamur üretiminde kullanımının sektör için bir alternatif olacağı düşünülmektedir. Hem ekşi maya üretimi için sektöre, hem de günümüz tüketicilerinin katkısız, fonksiyonel hammadde ve ürün beklentilerine de önemli bir alternatif sunulması hedeflenmiş, diğer taraftan yüksek miktarlarda çıkan değirmencilik atık/yan ürününün fermantasyonla insan beslenmesinde kullanılabilir forma dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Ekşi maya üretiminde kullanılacak siyez ve ekmeklik buğday kepekleri Üçbaşak un fabrikasından (Devrekani, Kastamonu, Türkiye) 2019 yaz döneminde hasat edilmiş buğdaylardan temin edilmiştir. Ekmek üretiminde kullanılacak buğday unu (Bizim Un, Yıldız Holding, Türkiye) (Rutubet %10.59±0.33, kül %0.56±0.06, protein %11.97±0.17, %1.32±0.09, karbonhidrat %64.57), tuz ve instant aktif kuru maya (DrOetker) yerel bir marketten temin edilmiştir.

Hamur Verimi

Ekşi hamur yapımında performansı etkileyen önemli faktörlerden bir tanesi de un/su oranıdır ve Hamur Verimi (HV) değeri ile ifade edilir. Un ile yapılan çalışmalarda;

$$HV = \frac{(Kullanılan su miktarı + Kullanılan un miktarı)}{Kullanılan un miktarı} \times 100 \quad (1)$$

formülü (1) ile hesaplanan HV=200 değeri en iyi sonuçları verdiği belirtilmektedir (Chavan ve Chavan, 2011).Daha önce yaptığımız bir çalışma

sonucu (Örü ve Hendek Ertop, 2021) yüksek miktarda nişastalı endosperm içeren siyez kepeğiyle de HV:200 (kepek 100 g, su 100ml) oranında ekşi hamur yapılabildiği belirlenmişti. Ancak ekmeklik buğday kepeği düşük nişasta ve yüksek lif içeriği nedeniyle daha fazla su kaldırdığından bu çalışmada HV:400 (kepek 100 g, su 300 ml) oranı ile hazırlanmıştır.

Spontan Fermantasyonla Ekşi Maya Üretimi

Bu amaçla 100 g kepek, 100 mL (HV:200 için) su ile homojen karışım yapılarak soğutmalı inkübatörde (JSR, Kore) 26 °C'de (Chavan ve Chavan, 2011) fermantasyona bırakılmıştır. Çok aşamalı standart ekşi hamur üretiminde, hamurun iki veya üç defa yenilenmesi (Hansen, 2012), ve pH 4.0-4.5 düzeyinde olması istendiğinden 24 saat aralıkla kepek ekşi mayalarının pH değişimleri tespit edilmiştir. 24 saatlik fermantasyon sonrası HV oranının (200 için) bozulmaması için tekrar 100 g kepek ve 100 mL su ilave edilip karışım yenilenerek, 26 °C de fermantasyona bırakılmıştır. Bu işlem 48.saat'te tekrar edilerek, fermantasyona 72 saat süreyle devam edilmiştir.

Ekmek Yapımı

Genel olarak siyez buğdayının yüksek proteinli ve diploit kabuklu bir buğday türü olması nedeniyle ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*)'dan farklı protein yapısıyla ekmek üretimi için uygun olmadığı ve kullanılabilmesi için farklı ekmek yapım aşamalarının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Hidalgo ve Brandolini, 2011). Bu çalışmada kullanılan ekşi hamur siyez kepeğinden üretildiğinden, bazı ön denemeler yapılmıştır. Direkt hamur metodu (Elgün ve Ertugay, 2011) kullanılarak buğday unu (160 g), tuz (kuru madde üzerinden %1.5 tuz), instant aktif kuru maya (1.76 g) ve deneysel dizaynda önerilen oranlarda ekşi hamur ve su kullanılmıştır. Ekşi hamur kullanımının optimize edildiği farklı çalışmalarda un miktarı üzerinden instant aktif kuru maya kullanımı ort.%1.1 oranında önerilmiştir (Hendek Ertop ve Şeker, 2018; Hayta ve Hendek Ertop, 2019). Hammaddeler bir arada 12 dak yoğurulup (Arçelik), 15 dak kitle fermantasyonu (%75 bağıl nem), şekil verme, 20 dak tava fermantasyonu

(37.5 °C'de, %75 bağıl nem) ve 180 °C'de 35 dak pişirme aşamaları uygulanmıştır.

Ekşi Maya Kullanım Oranının Yüzey Yanıt Metodu ile Optimizasyonu

Deneyel Dizayn

Bu çalışmadaki amaç Siyez kepeğinden üretilen ekşi mayanın, en iyi kalite parametrelerine sahip ekmek üretim formülündeki kullanım miktarını tespit etmek olduğundan “ekşi maya oranı” ve “su kullanım oranı” YYM için etkili “değişken faktörler” olarak belirlenmiştir. Çalışmada Çizelge 1'deki değişken faktör seviyeleri kullanılmıştır. Ekşi maya için ön görülen Hamur Verimi (HV):200 olduğundan ekşi maya kullanıldığı miktarın %50'si kadar suyu da beraberinde hamura taşıyacaktır. Ayrıca siyez normal ekmeklik buğday ununa göre (%60 su kaldırma) daha düşük su kaldırma kapasitesine sahip olduğu da göz önünde bulundurularak deneysel tasarımdaki su oranları %50-56 arasında alınarak deneme deseni oluşturulmuştur. Ekmek yapımında diğer bağımsız faktör ekşi maya kullanım oranı ise en fazla %60 olarak sınırlandırılmıştır ki (un ağırlığı üzerinden), bu durumda ekşi hamurdan gelecek %30 kepek miktarı ile hazırlanacak ekmek, Türk Gıda Kodeksi Ekmek tebliği kepekli ekmek tanımına uygundur. Her iki bağımsız faktörün, Hacim(H), Kabul edilebilirlik (KE) ve Gözenek Faktörü (GF) üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Yüzey Yanıt Metodu (YYM), Merkezi Bileşen Deneme Desenine göre hazırlanan (Çizelge1) ve Design Expert 7.0.0 paket programı ile hazırlanan deneme deseni kullanılmıştır.

Çizelge 1.Değişken faktör (ekşi maya ve su miktarı) seviyeleri

Table 1. The levels of variable factors (amounts of sourdough and water)

Seviye no Level	Ekşi maya Sourdough %	Su * Water %
-1,68	0.00	50.00
-1	8.79	50.88
0	30.00	53.00
1	51.21	55.12
1,68	60.00	56.00

*Kullanım oranları 100 g un üzerinden verilmiştir.

*Usage rates are given on 100 g flour basis

Ekmek Örneklerinde Hacim, Kabul Edilebilirlik ve Gözenek Analizi

Numunelerin hacim ve spesifik hacimleri için pişirme sonrası 1 saat oda koşullarında soğutulan numunelerde, kolza tohumuyla yer değiştirme esasına dayalı yöntem kullanılarak hacim belirlenmiştir. Ayrıca numunelerin spesifik hacimleri aşağıdaki formülle (2) tespit edilmiştir (Hayta ve Hendek Ertop, 2019).

$$\text{Spesifik hacim (mL/g)} = \frac{\text{Numune hacmi}}{\text{Numune ağırlığı}} \quad (2)$$

Ekmek örneklerinin Kabul Edilebilirlik değerleri, duyu analizi ile panelistler tarafından belirlenmiştir (Özkaya, 1998). Bu formda, hazırlanan ekmeğe örneklerine rastgele farklı kodlar (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011) atanmıştır. Panelistler, ekmeği Çizelge 2’de verilen özelliklere göre değerlendirmişlerdir.

Puanlama için 1'den (hiç beğenmedim) 5'e kadar (çok beğendim), 5 puanlı hedonik skala kullanılmıştır. Numunenin her özellik açısından aldığı puanlar toplanmış, ortalaması alınarak Kabul Edilebilirlik puanı hesaplanmıştır. Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesinden sigara içmeyen, ekmeği tüketimini seven öğretim üyeleri ve öğrencilerinden seçilen panelistler, duyu değerlendirme formunu (Çizelge2) kullanmışlardır. Her bir duyu değerlendirme niteliği, Çok beğendim:5 puan, Beğendim:4 puan, Orta derecede beğendim:3 puan, Az beğendim:2 puan, Hiç beğenmedim:1 puanı ifade edecek şekilde değerlendirilmiştir. Ekmek örneklerinin iç Gözenek Analizleri ise görüntü işleme tekniğine dayanan yöntemle Hendek Ertop ve Coşkun, (2018)’a göre yapılmıştır. Görüntülerin işlenmesinde Image Proplus 6.0 yazılımı kullanılmıştır.

Çizelge 2. Duyusal değerlendirmede kullanılan ekmeğe kalite özellikleri

Table 2. Bread quality characteristics used to sensory evaluation

Dış özellikler <i>Crust properties</i>	Ekmeğin kabuk rengi <i>Crust color</i>	Her tarafı aynı renkte olmalı, açık, koyulu, benekli olmamalıdır <i>It should be in the same color, it hasn't got light or dark spotted</i>
	Şekil simetrisi <i>Shape symmetry</i>	Düzensiz ve simetrik olmalı, basıklık ve çökme olmamalı <i>It should be smooth and symmetrical, there should be no collapse</i>
	Pişme düzensizliği <i>Baking uniformity</i>	Tüm yüzeyler düzensiz ve eşit kızarmış olmalı <i>All surfaces should be evenly baked</i>
İç özellikler <i>Crumb properties</i>	Kabuk özellikleri <i>Crust attributes</i>	İnce ve kolay parçalanabilir olmalı <i>It should be thin and easily crumble</i>
	Gözenek yapısı <i>Pore homogeneity</i>	Küçük, ince, homojen olmalı <i>It should be small, thin, homogeneous</i>
	İç rengi <i>Crumb color</i>	Kendine özgü ve uniform renkte olmalı <i>It should be uniform in color</i>
	Aroma ve tat <i>Flavor and taste</i>	Kendine özgü olmalı, aşırı ekşi, mayalanmış, yavan veya yabancı tat ve kokuya sahip olmamalı <i>It should not have excessive sour, fermented, bland or foreign taste and odor</i>
	Çiğneme özellikleri <i>Chewing attribute</i>	Hamurumsu ve yapışkan olmamalı <i>It should not be pasty and sticky</i>
	Yapı <i>Crumb texture</i>	Hamurumsu, ıslak, çok kuru, ufalanan yapıda olmamalı, yumuşak ve kadifemsi olmalı <i>It should not be pasty, wet, very dry or crumbly</i> <i>It should be soft and smoothy</i>

Temel Bileşen Analizleri

Numunelerinden 5 g tartılarak önceden 130 °C'de kurutulmuş darası alınmış kaplara konulmuştur. Etüvde 105 °C'de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerlerin kullanımıyla nem miktarı hesaplanmıştır (AACC Metod 44-19, 1990). Kepek örneklerin kül fırınında 600 °C'de beyaz kül oluşup sabit tartıma gelene kadar yakılmasıyla kül miktarı (%) belirlenmiştir (AACC Metod 08-03, 1990). Kjeldahl yöntemine göre yarı otomatik protein tayin cihazı kullanılarak kepek örneklerinin toplam azot içerikleri tespit edilmiş (AACC Metod 46-12, 1990), sonuçların ifadesi için 5.7 çevirme faktörü ile çarpılmıştır. Soxhlet yöntemi kullanılarak örneklerin toplam yağ içerikleri (AACC Metod 30-25.01, 1990) belirlenmiştir. Tüm değerler 2 paralel olarak çalışılmıştır. Yağ, rutubet, kül ve protein içerik toplamının 100'den çıkartılması ile genel karbonhidrat içeriği hesaplanmıştır. 10 g örnek erlen içine tartılarak, üzerine 100 mL saf su ilave edilerek homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Üzerine etil alkolde %3'lük hazırlanmış fenoltalein indikatöründen 3-4 damlatılarak 0.1 N NaOH ile açık kırmızı/pembe renk 1 dak sabit kalıncaya kadar ve pH 8.6 limit olarak kabul edilerek titre edilmiştir.

Fitik Asit Tayini

Haug ve Lantzsch, (1983) tarafından kullanılan metod uygulanmıştır. 0.06 g örnek 10 ml 0.1 N HCl ile 1 saat çalkalayıcıda çalkalanarak ve toplamda 24 saat aynı kapta bekletilerek ekstrakte edilmiştir. Optik yoğunluk spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda yapılmıştır. Kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında fitikasitin sodyum tuzu (C₆H₆O₂₄P₆Na₁₂) referans olarak kullanılmıştır. Stok çözelti 0.15 g sodyum fitatın 10 ml saf suda çözündürülmesi ile hazırlanmış, referans solüsyon ise stok solüsyonun HCl ile seyreltilmesiyle hazırlanmıştır (3 ila 30 mikrogram arasındaki).

Biyoyararlanım

Örnek üzerine 25 mL pepsin çözeltisi (0.03 N HCl + 2 g pepsin) ilave edilip çalkalamalı inkübatörde 37°C'de 3 saat tutulmuş, süre sonunda her bir örnek standart külsüz filtre kâğıdından süzümüştür. Filtre kâğıdında kalan

kısım filtre kâğıdı ile birlikte kül fırınında yakılarak kül miktarı belirlenmiştir. Bulunan değer toplam kül miktarından çıkarılarak sindirilebilir kül miktarı bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak aşağıdaki formüle göre mineral biyoyararlanım diğer bir ifadeyle Kül Sindirilebilirlik Oranı (KSO) hesaplanmıştır (3) (Saharan vd., 2001; Bilgiçli ve Türker, 2004; Bilgiçli vd., 2006).

$$KSO(\%) = \frac{\text{Sindirilebilir Kül Miktarı}}{\text{Toplam Kül Miktarı}} \times 100 \quad (3)$$

Mineral Madde Kompozisyonu

Ön yakma işlemi için HNO₃ (67 % v/v) ve H₂O₂ kullanılmıştır. İçerisinde farklı elementler bulunan standart stok çözeltisi kalibrasyon standartlarının hazırlanmasında kullanılmıştır. Örnekler mikrodalga yakma sistemi (Milestone MLS 1200, İtalya) kullanılarak yakılmış, bunun için %1±0.1 hassasiyette küçük parçalar halinde sistemin teflon şişelerin içerisine tartılıp, üzerine HNO₃ ve H₂O₂ ilave edilmiştir. Ağzuları kapatılarak sisteme yerleştirilen şişelere ön yakma (oda sıcaklığında) 15 dk., yükselme (1200 W'a 150 °C), 10 dk sabit tutma (1200 W'da 150 °C'de), soğutma (30 dk) 250W yakma programı uygulanmıştır. Örnek çözeltiler oda sıcaklığına soğutulduktan sonar mineral içeriğin tespiti indüktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada, temel bileşen analizleri 2 paralel, mineral madde içerikleri 3 paralel olarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ortalamaya±standart sapma olarak verilmiştir. Analiz sonuçlarına ait verilerin karşılaştırılmasında SPSS 17.0.1 programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US); çoklu veriler için ANOVA testi; ikili karşılaştırmalarda ise student-t testi (P< 0.05) kullanılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yazılım programının Merkezi Deneme Deseninin öngördüğü bağımsız faktörlerin seviyeleri deneme dizaynına göre uygulanmış, elde edilen 13 ekmek örneğinde yanıt olarak Kabul Edilebilirlik (KE), Spesifik Hacim (H) ve Gözenek faktörü (GF) değerleri belirlenmiştir (Çizelge 3). Yanıtlar, Design Expert programı ile analiz edilerek hangi fonksiyonun önerildiği belirlenmiştir.

Ekmek üretiminde siyez kepekli ekşi hamur optimizasyonu

Çizelge 3. Bağımsız faktörlerinin (ekşi maya ve su miktarı) optimizasyonu için elde edilen yanıt değerleri (KE, SH ve GF)

Table 3. Response values (KE, SH and GF) obtained for the optimization of the independent factors (amount of sourdough and water)

Deneme Run	Faktör 1 Ekşi maya Factor1 Sourdough%	Faktör 2 Su Factor 2 Water %	Yanıt 1 Kabul edilebilirlik Response1 Acceptability	Yanıt 2 Spesifik hacim Response2 Specific volume	Yanıt 3 Gözenek faktörü Response3 Pore factor
1	60.00	53.00	3.29	2.65188	373
2	30.00	53.00	3.92	2.95888	602
3	30.00	50.00	3.73	2.81505	595
4	30.00	53.00	3.35	2.94084	525
5	30.00	53.00	3.54	3.04969	504
6	0.00	53.00	2.87	3.05152	490
7	30.00	53.00	4.09	3.14728	658
8	51.21	55.12	3.35	2.92903	446
9	30.00	53.00	3.73	3.00533	516
10	30.00	56.00	3.16	2.98203	504
11	8.79	50.88	3.04	3.18694	832
12	8.79	55.12	3.03	3.27685	794
13	51.21	50.88	3.71	2.77354	515

Çizelge 3'teki veriler Design Expert programı tarafından işlenip, uygun fonksiyonun belirlenmesi yapılırken; SH, GF ve KE bağımsız faktörleri için "Ardışık Model Kareler Toplamı (Tip I)" ve "Model Uyumsuzluğu" testleri yapılmış ve her bir fonksiyon için standart sapma, R^2 , düzeltilmiş R^2

ve öngörülen R^2 değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu değerler yazılım tarafından karşılaştırılarak önerilen fonksiyon program tarafından belirlenerek her bir fonksiyon için istatistiksel parametreler hesaplatılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Optimizasyonun istatistiksel parametreleri; Model seçimi ve Model uyumsuzluğu testi için belirlenen p değerleri; model ve bağımsız değişken faktörler için belirlenen p değerleri (a), Quadratic fonksiyon için varyans analiz sonuçları (b)

Table 4. Statistical parameters of optimization; p values for model selection and lack of fit tests; model and independent variable factors (a), variance analysis results for Quadratic function (b)

		P-değerleri* P-values*		
		KE	SH	GF
Model seçimi Model selection	Quadratic	0.0223	0.5941	0.6239
	Lineer	0.1795	0.0021	0.0486
	Cubic	0.7449	0.8681	0.3817
	Model uyumsuzluğu	0.9113	0.2888	0.1195
Model ve bağımsız değişken faktörler Model and independent factors	Model	0.0352	0.0021	0.0486
	A-Ekşi maya	0.0495	0.0009	0.0197
	B-Su	0.1216	0.1238	0.4495
	AB	0.4827	-	-
	A ²	0.0093	-	-
	B ²	0.1739	-	-

a

Yanıt Response	KE	SH	GF
R ²	0.77	0.71	0.46
Intercept	+3.73	+2.98	565.69
A-Ekşi maya, % A-Sourdough, %	+0.20	-0.17	-103.81
B-Su, % B-Water, %	-0.15	+0.06	-29.46
AB	-0.088	-	-
A ²	-0.32	-	-
B ²	-0.14	-	-

b

* $p < 0.05$ istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir

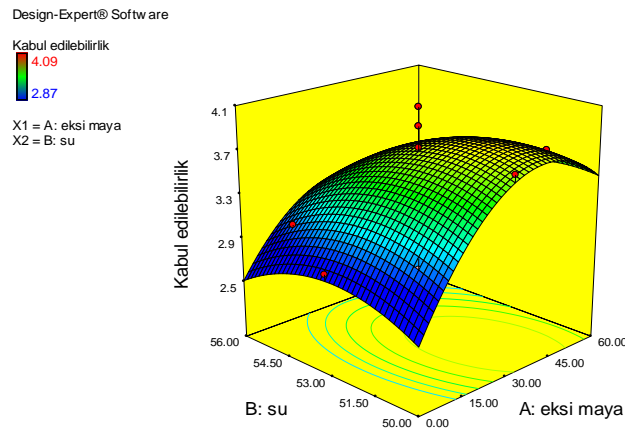
**SH: Spesifik Hacim; GF: Gözenek faktörü; KE: Kabul edilebilirlik

**SH: *Specific volume*; GF: *Pore Factor*; KE: *Acceptability*

Önerilen fonksiyonların hangisinin en iyi modelleme yaptığı ANOVA ile değerlendirilmiş, en iyi modellemeyi yapan fonksiyon seçilirken; her model için en düşük P^* değerine sahip olması ($P < 0.05$) yani önem düzeyinin en yüksek olması, “model uyumsuzluğu” değerinin önemli olmaması ($P > 0.05$), bütün model terimlerine ait değerlerin ($\text{Prob} > F$) < 0.05 olması, korelasyon katsayısının (R^2) ~ 1 olması, varyasyon katsayısı (C.V%) minimum olması göz önünde bulundurulmuştur. Çizelge 4 (a)’da görüldüğü gibi bu çalışmada KE için Quadratic, SH ve GF için Linear model önemli ($P < 0.05$), bu modeller için de “model

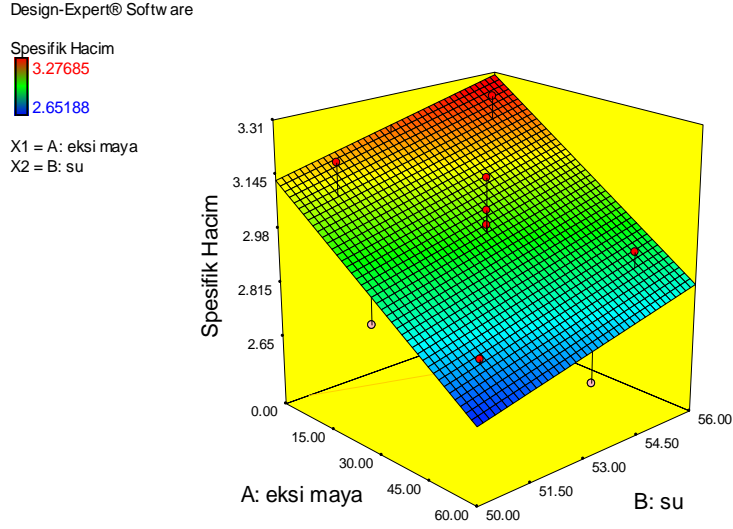
uyumsuzluğu” değerleri uygun ($P > 0.05$) bulunmuştur. Ayrıca “ $\text{Prob} > F > 0.050$ ” değerine sahip parametreler önemsizdir. Bu durumda, KE, SH ve GF yanıtları için Siyez ekşi mayası (A) kullanım faktörü önemli ($P < 0.05$) bulunurken, Su miktarı (B) faktörü önemsiz ($P > 0.05$) olarak bulunmuştur.

Sistemi modelleyen en iyi fonksiyon ve faktörlere ait program tarafından katsayılar belirlendikten sonra (Çizelge 4), üç boyutlu yüzey yanıt grafikleri, yazılım programı aracılığıyla elde edilmiştir (Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3)

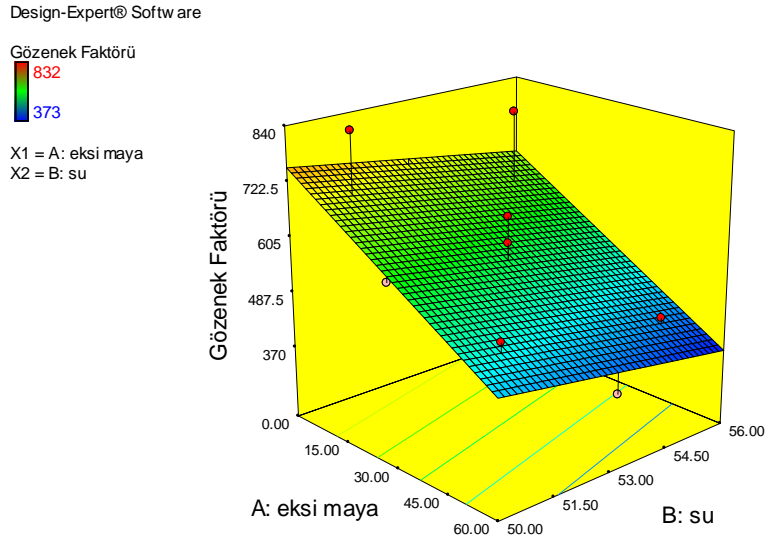


Şekil 1. Siyez kepeği ekşi mayası (A) ve Su miktarı (B) bağımsız değişkenleri kullanım oranı parametrelerinin ekmek Kabul Edilebilirlik yanıtına etkisini gösteren yüzey yanıt grafiği

Figure 1. Response surface plot showing the mutual effect of the amount of einkorn bran Sourdough (A) and Water (B) on Bread Acceptability Response



Şekil 2. Siyez kepeği ekşi mayası (A) ve Su miktarı (B) bağımsız değişkenleri kullanım oranı parametrelerinin ekmek Spesifik Hacim yanıtına etkisini gösteren yüzey yanıt grafiği
Figure 1. Response surface plot showing the mutual effect of the amount of einkorn bran Sourdough (A) and Water (B) on Bread Specific Volume response



Şekil 3. Siyez kepeği ekşi mayası (A) ve Su miktarı (B) bağımsız değişkenleri kullanım oranı parametrelerinin ekmek Gözenek Faktörü yanıtına etkisini gösteren yüzey yanıt grafiği
Figure 1. Response surface plot showing the mutual effect of the amount of einkorn bran sourdough (A) and Water (B) on Bread Pore Factor response

Optimizasyonun amacı; istenilen cevabın elde edilmesini sağlayacak parametrelerin kesin değerlerinin belirlenmesini sağlamaktır. Bu çalışmada Desing Expert programıyla sayısal optimizasyon kullanılmış ve optimizasyon kriterleri olarak da Siyez kepeği ekşi mayası kullanım oranı (A), Su oranı (B) faktörleri ile Spesifik Hacim (SH), Gözenek Faktörü (GF) ve Kabul Edilebilirlik (KE) yanıtları “aralıkta” (in range) olarak seçilmiş ve programdan çözümler istenmiştir. Tüm yanıt (SH, GF, KE) değerleri program tarafından bir arada değerlendirilmiş, “İstenirliği=1” (Desirability=1) olan 30 adet çözümden birinci çözüm program tarafından önerilmiş ve kullanımına karar verilmiştir.

Önerilen optimizasyon sonucuna göre %34.23 siyez kepeği ekşi hamuru, %52.78 su kullanılması durumunda 3.77 Kabul Edilebilirlik %2.94 Spesifik hacim, 548.12 Gözenek faktörü elde edilmesi öngörülmüştür.

Optimizasyon Sonuçlarının Deneysel Doğrulaması

Optimizasyon neticesinde önerilen % 34.23 siyez kepeği ekşi mayası ve % 52.78 su kullanım değerleri ile ekmek üretimi 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Ekmeğe ait SH, GF ve KE sonuçları belirlenmiştir. Tespit edilen sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Optimum nokta doğrulama deneme sonuçları (a) ve modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması (b)

Table 5. Comparison of optimum point verification test results (a) with the estimated values from the model (b)

Deneme No Trial number	Ekşi maya Sourdough %	Su Water %	KE	SH	GF
1	34.23	52.78	4.11	2.97	607.40
2	34.23	52.78	3.90	2.96	569.50
3	34.23	52.78	4.02	2.95	600.90
Ortalama Mean					
Modelden Tahminlenen Estimated from the model			3.77	2.94	592.6

(a)

Yanıt Response	Tahminlenen değer Estimated values	Ortalama deneysel sonuç (\pm SS) Mean result	Fark Prediction error	P-değeri P-values
KE	3.77	4.01 \pm 0.11	+0.24	0.059
SH	2.94	2.96 \pm 0.01	+0.02	0.074
GF	548.12	592.6 \pm 20.27	+44.48	0.063

(b)

KE: Kabul Edilebilirlik; SH: Spesifik Hacim; GF: Gözenek Faktörü
KE: Acceptability; SH: Specific Volume; GF: Pore Factor

Her bir yanıt için, optimum nokta doğrulama denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar ile modelden tahminlenen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığı tek örnek t-testi uygulanarak belirlenmiştir

(Çizelge 5b). Sonuç olarak optimum nokta ortalama yanıtları modelden tahminlenen değerler arasındaki farklılıklar önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur.

Optimizasyon Sonrası Optimize ve Kontrol Örneklerinin Karşılaştırılması

Fizikokimyasal Kalite Özellikleri

Bu çalışmada kullanılmak üzere formül optimizasyonu sonucunda elde edilen Siyez kepeği ekşi mayalı Optimize Ekmek (OE) ile karşılaştırmak üzere iki tip kontrol ekmeği üretilmiştir. Ekmeklik buğday kepeği ilaveli ekşi

mayalı Kontrol Ekmeği (KE1) ve ekşi mayasız Kontrol Ekmeği 2'ye (KE2) göre, fizikokimyasal kalite özellikleri açısından karşılaştırma yapılmıştır. Optimizasyon sonucu ekmeğin için belirlenmiş 54.40 g (%34.23) ekşi maya ve 83.20 g (%52.78) su kullanım miktarlarına göre Çizelge 6'daki optimize ve kontrol ekmeğin ürün formülleri oluşturulmuştur.

Çizelge 6. Optimize ve kontrol ekmeğin formülleri
Table 6. Formulas of optimized and control breads

Ekmek Bread	Un Flour (g)	Ekşi maya Sourdough (g)	Su Water (g)	Tuz Salt (g)	Maya Yeast (g)	Toplam Total (g)
OE	160	54.40 (HV200)	83.20	3	1.76	302.36
KE1	160	108.80 (HV400)	28.80	3	1.76	302.36
KE2	187	0	110.28	3	1.76	302.04

OE: Siyez kepeği ekşi hamurlu optimize ekmeğin KE1: Buğday kepeği ekşi hamurlu ekmeğin; KE2: Kepeksiz/ekşi hamursuz ekmeğin

OE: Optimized sourdough bread with einkorn bran KE1: Wheat bran sourdough bread; KE2: Bran-free/sourdough-free bread

Formüllerde ekşi mayadan da gelen su miktarı göz önünde bulundurularak toplam %58.97 su, aynı kepek içeriği (54.40 g HV200 ekşi hamurda 27.2 g kepek, 108,80 g HV400 ekşi mayada 27.2 g kepek) vardır. Optimize ekmeğin (OE), buğday kepeği ekşi

mayalı ekmeğin (KE1) ile kepeksiz ve ekşi mayasız standart buğday ekmeği (KE2) kontrol örnekleri hazırlanarak bazı fizikokimyasal ve biyoaktif nitelikler açısından karşılaştırmaları yapılmıştır (Çizelge 7)

Çizelge 7. Ekmek örneklerine ait fizikokimyasal özellikler
Table 7. Physicochemical properties of the bread samples

	OE	KE1	KE2
Protein (%) Protein	12.75±0.18 ^b	13.57±0.05 ^a	11.96±0.05 ^c
Kül (%) Ash	1.01±0.01 ^b	1.37±0.08 ^a	0.78±0.02 ^b
Yağ (%) Fat	0.28±0.04 ^a	0.39±0.03 ^a	0.32±0.00 ^a
Rutubet (%) Moisture	36.16±0.87 ^a	37.77±0.93 ^a	34.79±0.72 ^a
Karbohidrat (%) Carbohydrate	49.80±0.28 ^b	46.90±0.36 ^c	52.15±0.20 ^a
pH pH	4.75±0.03 ^b	4.29±0.09 ^b	5.56±0.18 ^a
Titrasyon asitliği (%) Titratable acidity	6.59±0.02 ^b	11.06±0.00 ^a	3.92±0.01 ^c

Çizelge 7. devam

	OE	KE1	KE2
İnhibisyon (%) <i>Inhibition</i>	24.07±0.09 ^b	43.12±0.14 ^a	17.20±0.02 ^c
Mineral biyoyararlanım (%) <i>Mineral bioavailability</i>	63.21±0.19 ^b	77.31±0.62 ^a	62.59±0.02 ^b
Fitik asit (mg/100 g) <i>Phytic acid</i>	328.59±1.00 ^b	216.89±1.82 ^c	342.03±0.90 ^a
Ağırlık (g) <i>Weight</i>	258.63±3.05 ^a	261.41±2.15 ^a	269.43±2.80 ^a
Hacim (cm ³) <i>Volume</i>	765.55±5.00 ^b	530.00±9.00 ^c	820,00±7.00 ^a
Spesifik hacim (mL/g) <i>Specific volume</i>	2.96±0.03 ^a	2.03±0.03 ^a	3.03±1.00 ^a
Kabuk kalınlığı (mm) <i>Crust thickness</i>	3.03±0.51 ^a	2.07±0.16 ^a	2.61±0.17 ^a
Ağırlık kaybı (%) <i>Weight loss</i>	14.46±1.00 ^a	13.54±0.80 ^a	10.80±0.50 ^a

OE:Siyez kepeği ekşi hamurlu optimize ekmeç KE1: Buğday kepeği ekşi hamurlu ekmeç KE2: Kepeksiz/ekşi hamursuz ekmeç

OE:Optimized sourdough bread with einkorn bran KE1: Wheat bran sourdough bread; KE2: Bran-free/ sourdough-free bread

Örneklerin yağ, rutubet, ağırlık, spesifik hacim, ağırlık kaybı gibi özellikleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Buğday kepekli ekşi hamur içeren KE1'in kül içeriği ile mineral biyoyararlanım nitelikleri KE2 ve OE numunelerine göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Ekmeçlik buğday kepeği modern değirmenlerde nişastalı endospermden çok net ayrılabilirdiği halde, siyez kepeğinin ve endosperminin morfolojik olarak sıkı bağı olması buna müsaade etmez ve siyez kepeği daima bir miktar nişastalı endosperm içerir. Bu nedenle her iki kepeğin içerik ve nitelikleri birbirlerinden farklıdır (Örü ve Hendek Ertop, 2021). Dolayısıyla ekşi hamurların ilave edildiği ekmeçlerin kül içerikleri de birbirlerinden farklılık göstermiştir. Daha fazla kepek fraksiyonu içeren buğday kepeği ekşi hamurlu KE1 numunesi (108.80 g) en yüksek kül içeriğine (% 1.37) sahipken, bir miktar nişasta fraksiyonu içeren siyez kepeği ekşi hamurlu optimize ekmeç (54.40 g) daha düşük kül (%1.01) içeriğine sahiptir. Kepeksiz ve ekşi hamursuz standart kontrol ekmeçi (KE2) ise doğal olarak en düşük kül içeriğine sahiptir. Benzer durum mineral biyoyararlanım için de geçerlidir. KE1 örneğinin aynı zamanda pH değeri daha düşük ve titrasyon

asitliği de (%) daha yüksek bulunmuştur. Ekşi maya üretiminde buğdayın kepeğinden gelen mikroflora, enzimler, mineraller gibi yapıların laktik asit fermantasyonunda etkili olduğu (Hendek Ertop, 2014) yalnızca un ve suyun fermantasyonu ile ekşi hamur yapılabildiği gibi (kepeksiz), buğday kepeğinin ekşi hamura ilavesiyle ekmeç hacminin ve aromatik yapının geliştiğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (Katina vd., 2006). Buğday kepeği ekşi hamurunda daha fazla asitlik gelişiminin, ilave edildiği ekmeçte de daha fazla asitlik gelişimine neden olduğu söylenebilir. KE1 örneğinde daha iyi fermente olabilirlik düşüncesi, aslında mineral biyoyararlanım (%77.31) ve fitik asit sonuçları da desteklenmektedir. KE1 ekmeğinde daha etkin laktik asit fermantasyonu sonucu daha fazla endojen fitaz aktivitesi meydana gelmiş, daha etkin fitik asit degradasyonu sonucu diğer ekmeçlere göre (OE:328.59 mg/100 g; KE2: 342.03 mg/100 g) daha düşük fitik asit düzeyi (216.89 mg/100g) elde edildiği düşünülmektedir. Bu durumun, yani etkin fitaz aktivitesinin de fitik asit tarafından bağlanan Ca, Mg gibi pozitif yüklü minerallerin serbest duruma gelmesini sağladığı ve mineral biyoyararlanımın dolaylı olarak arttığı söylenebilir. Bir antinutrient olan fitik asidin 6

fosforlu myo-inositol halka yapısının, tahıllarda zaten kısıtlı olan Zn ve Fe gibi minerallere karşı bağlayıcı ve biyoyararlanımı kısıtlayıcı bir etmen olduğu bilinmektedir (Hendek Ertop vd., 2020). Ekmekte kepek kullanımının en önemli etkilerinden birisi buğdayın kepek fraksiyonunda yoğun olarak bulunan fitik asidin ekmeğin içeriğindeki mineralleri bağlaması ve biyoyararlanımlarını düşürmesidir. Dolayısıyla fermente edilerek ekmeğe katılmış kepekte bu durumun ortadan kalktığı, hatta standart kontrol ekmeğine (KE2: %62.59) göre mineral biyoyararlanımının daha yüksek olduğu (OE: %63.21; KE1: %77.31) açıkça görülmektedir. Ekmekte kepek kullanımıyla ilgili istenmeyen niteliklerinden biri de düşük hacimdir. Hacim sonuçlarından görüleceği üzere en yüksek hacim standart buğday ekmeğinde (KE2: 820.00 cm³) elde edilirken ekşi hamurdan gelen kepekten dolayı her iki ekmekte de (OE: 765.55 cm³, KE1: 530.00 cm³) hacim önemli düzeyde ($P<0.05$) düşük bulunmuştur. Aslında siyez kepeği ekşi hamuru içeren örneğin (OE) hacmi, buğday kepeği içeren örneğe göre daha yüksek ve daha kabul edilebilir düzeydedir. Ekmek örneklerinin antioksidan aktivite (%inhibisyon) değerleri ise birbirlerinden önemli düzeyde ($P<0.05$) farklı bulunmuşlardır. Fırıncılık ürünlerinde antioksidan kapasitenin çeşitli faktörlerden olumlu veya olumsuz yönde etkilendiği bilinmektedir. Bunlardan en önemlisi unlardaki yüksek ekstraksiyon oranıdır ki son üründe yüksek antioksidan kapasiteye neden olur (Michalska vd., 2007). Yani KE2 numunesinde buğday kepeği fraksiyonunun her iki ekmeğe göre daha fazla olması zaten antioksidan aktiviteyi artırabilecek bir niteliklerdir. Diğer taraftan ekşi hamur fermantasyonu sonucu antioksidan aktivitede artış

olması farklı metabolik ve biyokimyasal durumlarla açıklanmaktadır. Ekşi hamurda laktik asit bakterilerinin metabolizmasının kuvvetli antioksidatif etki oluşturabileceği veya fermantasyon süresince lipit oksidasyonuna neden olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca homofermantatif laktobasillerin lipit oksidasyonunu arttırdığı da bilinmektedir (Vermeulen vd., 2007). Pişme sırasında, proteinler ve indirgen şekerlerin karbonil grupları arasındaki reaksiyon sonucunda Maillard reaksiyon ürünleri de yoğun olarak ekmeğin kabuğunda meydana gelmektedir. Yapılan bazı çalışmalar bu bileşiklerin antioksidan nitelik taşıdığını ve fırın ürünlerinin özellikle kabuk kısımlarının bu özelliği kazanmasına neden olduklarını belirtmektedir (Michalska vd., 2007). Farklı bir yaklaşım da biyoaktif peptit oluşumuna dayandırılmasıdır. Ekşi hamur fermantasyonuyla meydana gelen proteoliz ve asidifikasyon arasındaki etkileşim sonucunda biyoaktif peptitler meydana gelmektedir (Rizzello vd., 2008; Coda vd., 2012) bu spesifik protein fragmentlerinin vücut fonksiyonları ve kondüsyonu üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Yapıda bulunan doğal proteinlerin bazı mikrobiyal ve bitkisel proteolitik enzimler tarafından hidrolizi sonucu meydana gelen biyoaktif peptitler genellikle gıda fermantasyonu sırasında artış gösterirler. Bu peptitlerin antioksidatif, antihipertansif, mineral bağlama gibi etkileri vardır. Seçilmiş bazı LAB'lerinin ekşi hamur fermantasyonu süresince antioksidan peptitler ürettikleri de tespit edilmiştir (Coda vd., 2012).

Mineral Madde İçeriği

Ekmek örneklerine ait mineral madde içerikleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Ekmek örneklerine ait mineral madde içerikleri

Table 8. Mineral content of bread samples

Ekmek	Mg (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	P (ppm)
OE	117.70±2.00	2944.40±39.00	1605.30±8.40	478.00±0.70	1222.00±6.60
KE1	172.80±2.20	2855.20±25.90	2270.80±6.80	440.70±6.10	1615.60±16.50
KE2	55.80±0.20	2883.00±22.40	1315.70±9.50	353.20±11.10	884.20±4.40

Ekmek	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Se (ppm)	Zn (ppm)	Si (ppm)
OE	18.04±0.15	7.61±0.04	1.31±0.03	36.30±1.40	14.28±0.63
KE1	22.44±0.24	14.58±0.13	4.34±0.08	21.80±0.20	16.60±0.28
KE2	13.52±0.11	5.13±0.03	3.99±0.10	7.20±0.10	13.40±0.25

OE:Siyez kepeği ekşi hamurlu optimize ekmek KE1: Buğday kepeği ekşi hamurlu ekmek; KE2: Kepeksiz/ekşi hamursuz ekmek

OE: *Optimized sourdough bread with einkorn bran* KE1: *Wheat bran sourdough bread*; KE2: *Bran-free/ sourdough-free bread*

Çizelge 8'de görüldüğü üzere buğday ince kepeği ekşi hamuru katkılı ekmekler (KE1) en yüksek mineral madde içeriğine sahiptirler. Diğer taraftan siyez kepeği ekşi hamurlu ekmeğin (OE) mineral madde içeriği de standart buğday ekmeği kontrol örneğine göre daha yüksektir. Benzer nitelikte sonuç Çizelge 7'de verilen kül, protein miktarı gibi fizikokimyasal niteliklerde de görülmüştür. Siyez buğday kepeği ekşi hamur formunda ekmeğe

ilavesiyle, standart buğday ekmeğine göre besinsel açıdan daha iyi sonuçlar vermektedir. Diğer taraftan buğday kepeğine kıyasla nişastalı endosperm fraksiyonu da içermesi daha düşük mineral madde kompozisyonu göstermesine neden olmakta (Örü ve Hendek Ertop, 2021), ilave edildiği ekmeğin niteliklerini bu yönde etkilemektedir.



Şekil 4. Karşılaştırma yapılan ekmek örnekleri (Soldan sağa; KE2, OE, KE1)

Figure 4. Compared bread samples (From left to right; KE2, OE, KE1)

Optimize ekmek nitelikleri (OE) hem iç hem de dış özellikler açısından genel olarak standart buğday ekmeğine (KE2) benzer nitelikte bulunmuştur. Dış ve iç tekstür renkleri, hacimleri, yeme kalitesi ve lezzetleri panelistlerce yakın bulunmuştur. Buğday kepeği ekşi hamuru içeren kontrol örneği (KE1) antioksidan aktivite, fitik asit düzeyi gibi biyoaktif nitelikler açısından çok daha iyi bulunmasına rağmen, duyu analizde panelistler tarafından daha düşük duyu puan

almıştır. Özellikle hacminin daha küçük, iç gözenek yapısının daha sıkışık ve buna bağlı ağızda çiğneme niteliğinin daha zor olması nedeniyle bu niteliklere ait değerlendirme puanları daha düşük düzeyde kalmıştır. Ayrıca panelistler tarafından fermantasyona bağlı ekşi hamur lezzetinin daha yoğun olduğu, kepek lezzeti ile birleştiğinde ekmek lezzet profilinin olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir.

Ekmek üretiminde siyez kepekli ekşi hamur optimizasyonu

Çizelge 9 Ekmek örneklerine ait duyu analizi sonuçları
Table 9. Sensory evaluation results of the bread samples

Dış özellikler <i>Crust properties</i>					
Numune <i>Sample</i>	Kabuk rengi <i>Crust color</i>	Şekil simetrisi <i>Shape symmetry</i>	Pişme düzgünlüğü <i>Baking uniformity</i>	Kabuk özellikleri <i>Crust attributes</i>	
OE	4.00±0.00	4.00±0.25	4.50±0.00	5.00±0.00	
KE1	2.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	3.00±0.00	
KE2	5.00±0.00	5.00±0.00	4.50±0.00	5.00±0.00	

İç özellikler <i>Crumb properties</i>					
Numune <i>Sample</i>	Gözenek yapısı <i>Pore homogeneity</i>	İç rengi <i>Crumb color</i>	Aroma ve tat <i>Flavour and taste</i>	Çiğneme özellikleri <i>Chewing attribute</i>	Yapı <i>Crumb texture</i>
OE	5.00±0.00	4.75±0.00	4.50±0.00	4.25±0.25	4.25±0.25
KE1	3.50±0.00	2.00±0.25	2.00±0.25	2.00±0.00	2.50±0.00
KE2	5.00±0.00	5.00±0.00	4.75±0.25	4.50±0.00	4.50±0.00

SONUÇ

Siyez buğdayı işleyen değirmenlerde %25 düzeyinde atık olarak çıkan nişastalı endosperm granülleri de içeren siyez kepeğinin buğday unu gibi fermente olabildiği ve HV:200 oranıyla ekşi hamur üretimi yapılabileceği, fermantasyonu sonucu bir antinutrient olan fitik asidin yıkıldığı ve biyoyararlanımının arttığı belirlenmiştir. Diğer taraftan fırında ekşi hamur yapımında kullanmadan önce ön bir öğütme prosesiyle boyut küçültmesi yapılarak inceltmesi granül yüzey alanını genişleteceğinden daha kolay fermente olmasına ve kullanıldığı ekmeğin tekstürel ve yeme kalitesinin iyileşmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Yapılan optimizasyon sonucu HV:200 oranında hazırlanan siyez kepeği ekşi mayasının ekmeğin hamurunda %34.23 oranında kullanılması gerektiği buna karşılık formülasyondaki su oranının da %52.78 düzeyinde olması gerektiği tespit edilmiştir. Ekmekte kepek kullanımı sonucu karşılaşılan en önemli sorunlar hacmin düşük olması ve fitik asit düzeyinin yüksek olmasıdır. Yapılan çalışma ile siyez kepeği kullanımının buğday kepeğine göre daha hacimli ve kabul edilebilirliği daha yüksek ürünler verdiği belirlenmiştir. Üstelik kepek fraksiyonu

içermesine rağmen, fitik asit düzeyinde standart buğday ekmeğine göre azalma, biyoyararlanım ve protein oranı gibi besinsel niteliklerde ise artış sağlanmıştır. Ayrıca mineral madde kompozisyonu da standart buğday ekmeğine göre daha yüksektir. Genel olarak siyez kepeği ekşi mayalı ekmeğin, buğday kepeği ekşi mayalı ekmeğin ile standart buğday ekmeği arasında nitelikler sergilemiştir. Ekşi maya yapmadan önce öğütme ile granül yapısının inceltmesi, eleme ile standardizasyonu, fermantasyon etkinliğinin artırılması için HV:200 değerinin üzerinde HV 250-300 düzeyinde denemeler yapılarak, buğday kepeği ekşi hamurunun biyoaktif niteliklerine yakın sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir. Elde edilen bulgulara göre, değirmencilik yan ürünü olarak açığa çıkan ve hayvan yemi olarak değerlendirilen bu fraksiyonun fırıncılık ürünlerinde kullanım potansiyelinin olduğu da görülmektedir. Buğday kepeği ekşi hamuru kullanılan ekmeğin (KE1) biyoyararlanım, antioksidan aktivite ve fitik asit degradasyonu gibi biyoaktif nitelikler açısından çok daha iyi sonuçlar alınmasına rağmen, duyu değerlendirilmede panelistler tarafından daha düşük duyu skorları alması nedeniyle buğday

kepeği ekşi mayasının daha düşük oranda kullanılması gerektiği de söylenebilir. Günümüz tüketici tercihlerinin ve ekmeğin üretim politikalarının tam buğday ekmeği ve kepekli ekmeğin yönünde değiştiği göz önünde bulundurulduğunda, kepek fraksiyonunun ekşi hamur yapımında kullanımı ekmeği yalnızca diyet lif açısından zenginleştirmekle kalmayacak, aynı zamanda mineral içerik ve biyoyararlanım, antioksidan aktivite, fitik asit degradasyonu gibi önemli biyoaktif nitelikler açısından da geliştirmiş olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, başka kişiler veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Bu çalışma Fatmanur ÖRÜ ve Müge HENDEK ERTOP tarafından tasarlanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkıda bulunmuş, son halini okuyarak onaylamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Fatmanur ÖRÜ'nün lisans bitirme projesi kapsamında üretilmiştir. Bu proje 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Desteği Programı kapsamında TÜBİTAK-BİDEB tarafından da desteklenmiştir. Yazarlar TÜBİTAK-BİDEB'e teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

AACC. (1990). American Association of Cereal Chemists International, Approved Methods of the AACC (8th ed.), The Association: St. Paul, MN, USA.

Altuğ Onoğur, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım, 130 s., Bornova, İzmir.

Bilgiçli, N., Türker, S. (2004). Tarhanada sindirilebilir protein ve kül miktarı üzerine maya, malt unu ve fitaz katkılarının etkileri, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (33): 90 – 97.

Bilgiçli, N., Elgun, A., Türker, S. (2006). Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of

tarhana, *Food Chemistry*, 98:329–337. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.05.078

Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour, *Journal of Cereal Science*, 47: 599–609. doi: 10.1016/j.jcs.2007.07.005

Chavan, R.S., Chavan, S.R. (2011). Sourdough Technology-A traditional way for whole some foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10: 170-183. doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x

Coda, R., Rizzello, C.G., Pinto, D., Gobbetti, M. (2012). Selected lactic acid bacteria synthesize antioxidant peptides during sourdough fermentation of cereal flours. *Applied and Environmental Microbiology*, 78:1087–1096.

Corsetti, A., Settanni, L., (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40: 539–558.

Elgün, A. ve Ertugay, Z. (2011). Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:718, Erzurum.

Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J. (1994). The sourdough microflora interactions between lactic acid bacteria and yeasts: metabolism of amino acids. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10:275-279.

Hansen, A.S. (2012). Sourdough Bread. In: Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology, Hui, Y.H. (chief ed.), CRC Press; 2nd Edition, the USA, pp.493-515.

Haug, W., Lantsch, H.J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytic acid in cereals and cereals products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34: 1423-1426. doi: 10.1002/jsfa.2740341217.

Hayta, M., Hendek Ertop, M. (2019). Physicochemical, textural and microbiological properties of optimized wheat bread formulations as affected by differently fermented sourdough, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11 (3): 283-293, doi:10.3920/QAS2018.1387

- Hendek Ertop, M. (2014). Ekşi hamur formül optimizasyonunun ekmeğin aromatik profili, biyoaktif nitelikleri ve raf ömrü üzerine etkileri, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri
- Hendek Ertop, M., Bektaş, M. (2018). Enhancement of bioavailable micronutrients and reduction of antinutrients in foods with some processes, *Journal of Food and Health Science*, 4(3): 159-165. doi: 10.3153/FH18016
- Hendek Ertop, M., Coşkun, Y. (2018). Shelf-life, physicochemical, and nutritional properties of wheat bread with optimized amount of dried chickpea sourdough and yeast by response surface methodology, *Journal of Food Processing and Preservation*, 42:e13650.
- Hendek Ertop, M., Şeker, İ.T. (2018). Optimization of The Amount of Chickpea Sourdough and DryYeast in Wheat Bread Formulation: Evaluation of Physicochemical, Sensory and Antioxidant Properties, *Food Science and Technology Research*, 24 (1):45-53, doi: 10.3136/fstr.24.
- Hendek Ertop, M., Atasoy, R. (2019). Comparison of physicochemical attributes of einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*) and evaluation of morphological properties using scanning electron microscopy and image analysis, *The Journal of Agricultural Science*, 25 (2): 93-99. doi: 10.15832/ankutbd.539009.
- Hendek Ertop, M., Bektaş, M., Atasoy, R. (2020). Effect of cereals milling on the contents of phyticacid and digestibility of minerals and protein, *Ukrainian Food Journal*, 9(1): 136-147. doi: 10.24263/2304-974X-2020-9-1-12.
- Heun, M., Schaefer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., Salamini, F. (1997). Site of einkorn wheat domestication identified by DNA finger printing. *Science*, 278: 1312-1314
- Hidalgo, A., Brandolini, A., (2011). Evaluation of heat damage, sugars, amylases and colour in breads from Einkorn, durum and bread wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 54: 90-97
- Hidalgo, A., Brandolini, A. (2012). Lipoygenase activity in wholemeal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. *Food Chemistry*, 131:1499–1503. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.132.
- Hidalgo, A., Brandolini, A. (2014). Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 56: 382–394. doi: 10.1002/jsfa.6382.
- Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P., Autio, K. (2006). Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheatbread, *LWT Food Science and Technology*, 39: 479–49. doi: 10.1016/j.lwt.2005.03.013.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A., Abbo, S. (2000). The cradle of agriculture. *Science* 288: 1602-1603
- Lioger, D., Leenhardt, F., Demigne, C., Remesy, C. (2007). Sourdough fermentation of wheat fractions rich in fibres before their use in processed food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87:1368–1373. doi: 10.1002/jsfa.2862.
- Michalska, A., Ceglinska, A., Amarowicz, R., Piskula, M.K., Szawara-Nowak, D., Zielinski, H. (2007). Antioxidant contents and antioxidative properties of traditional rye breads, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:734-740.
- Örü, F., Hendek Ertop, M. (2021). Siyez ve ekmeklik buğday kepeğinin ekşi hamur üretiminde kullanım olanağının değerlendirilmesi. *Gıda*. 46(2): 396-407. doi: 10.15237/gida.GD20087
- Piperno, D. R., Weiss, E., Holst, I., Nadel, D. (2004). Processing of wild cereal grains in the upper palaeolithic revealed by starch grain analysis. *Nature* 430: 670-673
- Poutanen, K., Flander, L., Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, 26, 693-699. doi: 10.1016/j.fm.2009.07.011.
- Saharan, K., Kheterpaul, N., Bishnoi, S. (2001). HCl-extractibility of minerals from rice bean and faba bean :Influence of domestic processing methods, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2:323-325. doi: 10.1016/S1466-8564(01)00044-3.

Salovaara, H., J. Savolainen. (1984). Yeast type isolated from Finnish sour rye dough starters. *Acta alimentaria Polonica*, 10:241-245.

Rizzello, C.G., Cassone, A., DiCagno, R., Gobbetti, M., (2008). Synthesis of angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory peptides and gaminobutyricacid (GABA) during sourdough fermentation by selected lacticacid

bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:6936-6943.

Vermeulen, N., Czerny, M., Gänzle, M.G., Schieberle, P., Vogel, R.F.(2007). Reduction of (E)-2-nonenal and (E, E)-2,4-decadienal during sourdough fermentation, *Journal of Cereal Science*, 45: 78-87.