



## **SİYEZ VE EKMEKLİK BUĞDAY KEPEĞİNİN EKŞİ HAMUR ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Fatmanur Örü<sup>1</sup>, Müge Hendek Ertop<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Geliş / Received: 03.07.2020; Kabul / Accepted: 19.02.2021; Online baskı / Published online: 15.03.2021

Örü, F., Hendek Ertop, M. (2021). Siyez ve ekmeçlik buğday kepeğinin ekşi hamur üretiminde kullanım olanağının değerlendirilmesi. GIDA (2021) 46 (2) 396-407 doi: 10.15237/gida.GD20087

Örü, F., Hendek Ertop, M. (2021). Evaluation of usage possibilities of einkorn and fine wheat bran in the sourdough production. GIDA (2021) 46(2) 396-407 doi: 10.15237/gida.GD20087

### **ÖZ**

Siyez buğdayının kepek ve endosperm tabakaları morfolojik nedenle birbirine sıkı olarak bağlıdır. Una öğütülmesi sırasında, bu fraksiyonlar tam olarak ayırlamadığından, değirmen atık/yan ürünü olarak endospermce zengin ortalama %25 kepek açığa çıkmaktadır. Bu çalışmada siyez ve ekmeçlik buğday kepeklerinin ekşi hamur üretiminde kullanım olanakları değerlendirilmiştir, farklı hamur veriminde (HV) spontan fermantasyon ile hazırlanan ekşi hamurlar, pH, biyoyararlanım ve fitik asit (PA) değişimleri açısından karşılaştırılmıştır. Siyez kepeğinin, ince buğday kepeğine göre daha iri taneli olduğu, ekşi maya üretimi için ikinci bir öğütme işlemi gerektiği belirlenmiştir. Siyez kepeğinden en az HV:200, buğday kepeğinden ise en az HV:300 oranıyla ekşi hamur hazırlanabildiği tespit edilmiştir. 72 saatlik fermantasyon sonucu (HV:300) ile hazırlanan siyez kepeği ekşi hamurunun (pH 3.27), ince buğday kepeği ile hazırlanandan (pH 4.89) daha fazla asitlik gelişimi gösterdiği belirlenmiştir. Siyez kepeği (%76.9) biyoyararlanımının, buğday kepeğinden (%73.8) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diyet lif ve mineral madde kaynağı olarak gıdalara ilave edilen kepek fraksiyonunun uygun HV oranında spontan fermantasyonu sonucu, PA degradasyonu ve biyoyararlanım artışıyla, kullanıldığı gıdalarda besinsel kaliteyi yükselteceği düşünülmektedir.

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

## **EVALUATION OF USAGE POSSIBILITIES OF EINKORN AND FINE WHEAT BRAN IN THE SOURDOUGH PRODUCTION**

### **ABSTRACT**

As a result of milling of Einkorn whose bran and endosperm layers are closely bond to each other morphologically, an average of 25% endosperm-rich bran is separated as milling waste/by-product. In this study, usage potential of einkorn and wheat bran for sourdough production was evaluated. For this purpose, sourdoughs prepared by spontaneous fermentation by different dough yield (DY) were compared in terms of pH, bioavailability and phytic acid (PA) degradation. As a result, it was determined that einkorn bran is more coarse than fine wheat bran, therefore it should be subjected to a second grinding for sourdough. It was determined that sourdough could be prepared with least DY:200 ratio from einkorn bran, and least DY:300 ratio from wheat bran. As a result of fermentation for 72 hours (DY:300), einkorn sourdough showed more acidity (pH 3.27) than wheat bran

\*\* 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

sourdough (pH 4.89). The bioavailability of einkorn sourdough (76.9%) was also higher than wheat bran sourdough (73.8%). It is thought that the result of the spontaneous fermentation at appropriate DY ratios of the bran fractions, which are added to foods as source of dietary fiber and minerals, will increase the nutritional quality of the foods due to increasing PA degradation and bioavailability.

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

### GİRİŞ

Siyez (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) günümüzden yaklaşık 10 bin yıl önce kültüre alınmış günümüz buğdaylarının atasıdır. Yüksek protein, yağ içeriğine sahip siyez buğdayının günümüz ekmeklik buğdaylarına göre çok daha yüksek mineral madde içeriğine sahip olduğu bilinmektedir (Brandolini vd., 2008; Hidalgo ve Brandolini, 2012; Hidalgo ve Brandolini, 2014; Hendek Ertop ve Atasoy, 2019). Siyez buğdayı, sıkı kavuz yapısı ve tek başakçılık olması nedeniyle diğer buğdaylardan farklı olarak kavuzu ile birlikte hasat edilmektedir. Morfolojik yapısı nedeni ile diğer buğdaylardan küçük olan siyezin kepek tabakası (perikarp, testa ve aleuron) endosperm tabakasına (unun elde edildiği merkez kısım) daha sıkı bağlıdır ve kepek tabakası oranı da daha yüksektir (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019). Bu morfolojik farklılıklar nedeniyle siyez buğdayı diğer buğdayların işlendiği değirmenlerde işlenememekte ve una dönüştürülmesinde aynı ekipman/diyagram kullanılamamaktadır. Selektörden geçirilerek yabancı maddeleri temizlenen kavuzlu siyez taneleri, merkezkaç kuvvetiyle cidara çarptırılarak mekanik bir ayırma işlemi ile kavuzu uzaklaştırılmaktadır. Tam tane olarak öğütülmekte ve elenerek kepek tabakası ve un fraksiyonları ayrılmaktadır. Klasik buğday öğütme sistemlerindeki çoklu redüksiyon ve kırma vals sistemlerinden geçmediğinden ve tam tanenin öğütülmesi temeline dayandığından dolayı, “siyez unu daima bir miktar kepek, siyez kepeği de daima bir miktar endosperm kalıntısı” içermektedir. Bu nedenle siyez unu üretiminde hem tane yapısının küçük olması, hem de kepek/endosperm ayırımının tam yapılamamasından dolayı yan ürün olarak önemli miktarda kepek çıkmaktadır. Ekmeklik buğdayda %80-85 randımanla çalışılırken, siyezde %55 randımanla çalışılmaktadır. Kastamonu’da siyez için kurulan değirmen sistemlerinde yaklaşık %20 kavuz, %25 düzeyinde de kepek yan/atık ürün çıktığı bildirilmektedir. Una öğütme sırasında kırma ve redüksiyon vals sistemleri

kullanılmadığından dolayı etkin bir ayırım sağlanamamakta ve elde edilen kepeklerde ekmeklik buğdaya göre daha fazla endosperm içeriği kalmaktadır. Endospermi oluşturan nişasta ağırlıklı karbonhidrat içeriğinin ise kepeğin fermente olabilirliliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı 2018 yılı verilerine göre Kastamonu’da 45 bin dekar siyez ekimi yapılmıştır. Ortalama verimin 300 kg/dekar olduğu göz önünde bulundurulduğunda 45 bin dekar ekim alanından 13500 ton siyez buğday hasatı elde edilmiştir. Yalnızca Kastamonu ilinde hasat edilen buğdayların yarısının siyez bulguruna, diğer yarısının da una işlendiği düşünüldüğünde, selektör ve kavuz ayırma işlemlerinden geçirilmiş siyez buğdayından yaklaşık 1000-1250 ton siyez kepeği açığa çıktığı tahmin edilmektedir. Elde edilen siyez kepeğinin tamamına yakını ise hayvan yemi olarak satışa sunulmaktadır.

Ekmekçilik sektöründe kepek kullanımı eski ve yaygın bir uygulamadır. Türk Gıda Kodeksine göre bir ekmeğin “kepekli ekmeğin” olabilmesi için un ağırlığı üzerinden en fazla %30 kepek içermesi gereklidir. Bu amaçla ince buğday kepeği ekmeğe hamuruna yoğurma sırasında direkt olarak ilave edilmekte, hamurun su kaldırma oranı ve tekstürü üzerinde de etkili olmaktadır. Ekmekte ekşi maya (ekşi hamur) kullanımı ise ülkemiz başta olmak üzere pek çok ülkede kullanımı devam eden geleneksel ekmeğin yapımlarından biridir. Çok aşamalı spontan fermantasyon veya starter ilaveli fermantasyon ile hamurun ekşitilmesi metoduna dayanan bu yöntemde, temel olarak laktik asit fermantasyonu meydana gelmekle birlikte, mikrobiyotayı 1/100 oranında maya/laktik asit bakterilerinin (LAB) oluşturduğu bilinmektedir (Gobbetti vd., 1994). Bakterilerin çoğunu *Lactobacillus* cinsine ait türler oluştururken (Corsetti ve Settanni, 2007), maya popülasyonunun büyük bölümünün *Saccharomyces cerevisiae* olduğu bilinmektedir (Salovaara ve

Savolainen, 1984). Sonuçta laktik asitin yanı sıra önemli düzeydeki asetik asit, CO<sub>2</sub>, alkol ve diğer uçucu bileşikler meydana gelmektedir (De Vuyst ve Neysen, 2005). Ekşi hamur fermantasyonu, homofermentatif ve heterofermentatif LAB'nin faaliyetine dayanmasına rağmen, metabolit oluşumunda maya ve LAB'leri arasındaki interaksiyonun etkili olduğu düşünülmektedir (Martinez Anaya vd, 1990). Yapılan çalışmalar, geleneksel ekşi maya üretiminde kepek kullanımının fermantasyonu teşvik ettiğini, asitliği arttırdığını, hem ekşi maya kütesini hem de kullanıldığı ekmek lezzet profilini zenginleştirdiğini ortaya çıkarmıştır (Katina vd., 2006). Ayrıca diyetle alınan kepekli gıdalar kalsiyum, potasyum, magnezyum, demir, çinko ve fosfor gibi elementler açısından da iyi bir mineral kaynak olmaktadır. Diğer taraftan minerallerin biyoyararlanımları, fitat ve myo-inositol hegzafosfat'ın varlığı ile sınırlı olabilmektedir (Poutanen vd., 2009). Ancak fermantasyon prosesiyle gelişen asitlik ve endojen enzim aktivitesindeki artış, antinutrientlerin yıkımında önemli bir araçtır (Hendek Ertop ve Bektaş, 2018). Yapılan bir araştırmaya göre kepeğin ön fermantasyonu ile LAB'leri, fitat parçalamasını %90'a kadar artırmakta ve bu artış özellikle magnezyum ve fosfor çözünürlüğünde meydana gelmektedir (Poutanen vd., 2009). Ekşi hamur fermantasyonu, tam tahıl unlarının mineral çözünürlüğünde etkili, ancak yalnızca kepek kullanımı durumunda daha az etkili bulunmuştur (Lioger vd., 2007).

Literatürde siyez ununun ekşi hamur üretiminde kullanımına dair oldukça az sayıda çalışma (Antognoni vd., 2017; Çakır vd., 2020) varken, siyez kepeğinin değerlendirilmesine dair araştırmaya ise rastlanmamıştır. Bu çalışma ile değirmencilik yan ürünü olarak önemli düzeyde ortaya çıkan siyez kepeğinin, endüstriyel kullanımı kabul görmüş ekmeklik buğday kepeğine alternatif olarak ekşi hamur üretiminde kullanımı değerlendirilmiştir. Hem ekşi maya üretimi için sektöre yeni bir hammadde, hem de günümüz tüketicilerinin katkısız, fonksiyonel ürün beklentilerine önemli bir alternatif sunulması hedeflenmiştir. Diğer taraftan yüksek düzeyde 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) 2019 yaz döneminde hasat edilmiş buğdaylardan temin edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan MRS agar, oksijen tutucu Anaerocult A ile diğer analizlerde kullanılan HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, gibi kimyasallar Merck (Almanya)'dan, pepsin enzimi, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub>Na<sub>12</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ise Sigma Aldrich (Almanya)'dan temin edilmiştir.

## Hamur Verimi

Ekşi hamur yapımında performansı etkileyen önemli faktörlerden bir tanesi de un/su oranıdır ve Hamur Verimi (HV) (Dough yield) 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 verdiğinden dolayı (Chavan ve Chavan, 2011) bu çalışmada da 1:1 (su:kepek) oranı ile başlanmış, içerikleri birbirinden farklı iki buğday kepeği kullanılacağından dolayı uygun HV oranının tespit edilebilmesi için HV:200, 250, 300, 350, 400 oranlarında çalışmalar yapılmıştır

## Spontan Fermantasyonla Ekşi Maya Üretimi

Çalışmada farklı HV oranlarındaki ekşi hamurların hazırlanmasında, kepek miktarı sabit tutularak (100g), HV:200 için 100 mL su; HV:250 için 150 mL su; HV:300 için 200 mL su; HV:350 için 250 mL su, HV:400 için de 300 mL su kullanılarak spontan fermantasyon gerçekleştirilmiştir. 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 (multiple-step) 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. Farklı HV oranlarına sahip ekşi hamurların her 24 saat'te pH gelişimleri zamana bağlı olarak belirlenmiştir.

### Temel Bileşen Analizleri

Kepek 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. Kepek ekşi hamurlarında asitlik gelişiminin tespiti için pH metre probunun direkt karışıma batırılmasıyla ölçüm yapılmıştır.

### Fitik Asit Tayini

0.06 g örnek 10 mL 0.1 N HCl ile 1 saat çalkalayıcıda çalkalanarak ve toplamda 24 saat aynı kaptaki bekletilerek ekstrakte edilmiştir. Bu ekstrakttan paralel olarak 2 adet test tüpüne 0.5 mL alınarak, 1 mL ferrik solüsyonu (23 µg/ml) ilave edilmiş ve ağızları kapalı olarak 105 °C'de kaynar su banyosunda 30 dak tutulmuştur. Tüpler buz banyosunda oda sıcaklığına hızla soğutulmuş, 2 mL 2,2-bipiridin çözeltisi (1%) ilave edilerek vorteks ile karıştırılmış ve 45 sn sonra küvetlere aktararak ve spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda optik yoğunluğu okuma yapılmıştır. Kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında fitik asitin sodyum tuzu (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub>Na<sub>12</sub>) 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 (3-30 µg/mL arasında) (Haug ve Lantzsch, 1983; Ahmad vd., 2013).

### 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 (2) (Saharan vd., 2001; Bilgiçli ve Türker, 2004; Bilgiçli vd., 2008).

$$KSO (\%) = \frac{\text{Sindirilebilir Kül Miktarı}}{\text{Toplam Kül Miktarı}} \times 100 \quad (2)$$

### Mineral Madde Kompozisyonu

Ön yakma işlemi için HNO<sub>3</sub> (67 % v/v) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılmıştır. İçerisinde farklı elementler bulunan standart stok çözeltisi kalibrasyon standartlarının hazırlanmasında kullanılmıştır. Örnekler mikrodalga yakma sistemi (Milestone MLS 1200, İtalya) kullanılarak yakılmış, bunun için küçük parçalar halinde sistemin teflon şişeleri içerisine tartılıp, üzerine HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilmiştir. Ağızları kapatılarak sisteme yerleştirilen şişelere ön yakma (oda sıcaklığında) 15 dak., yükselme (1200 W'a 150 °C), 10 dak. sabit tutma (1200 W'da 150 °C'de), soğutma (30 dak.) 250W yakma programı uygulanmıştır. Örnek çözeltiler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra mineral içeriğin tespiti indüktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile gerçekleştirilmiştir.

### Laktik Asit Bakteri Sayımı

Farklı HV oranları ile hazırlanan kepek ekşi hamurlarının 72 saat'lik fermantasyon sonunda LAB sayımı yapılmıştır. Bunun için 10 g örnek 90 mL steril fizyolojik tuzlu suda (FTS) homojenize edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan 10<sup>-1</sup>'lik seyreltiden 1'er mL 9 mL'lik FTS'lere aktararak diğer seyreltmeler yapılmıştır. Uygun

dilüsyonlardan MRS Agar besiyeri üzerine, 0.1'er mL yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petri kutuları anaerobik kavanozda (Anaerocult A kullanılarak) 36.5 °C'de 2 gün süreyle inkübe edilmiş ve petri kutularındaki koloniler sayılmıştır (Gürgün ve Halkman, 1990).

### İstatistiksel Analiz

Çalışmada, temel bileşen analizleri 2 paralel, mineral madde içerikleri 3 paralel olarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ortalama±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

#### Kepek Örneklerinin Temel Bileşen Özellikleri

Çalışmamızda kullanılan siyez kepeği ve ekmeklik ince buğday kepeğine dair kimyasal özellikler Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kepek örneklerinin temel bileşenleri

Table 1. Main component of bran samples

	Rutubet (%) Moisture (%)	Kül (%) Ash (%)	Protein (%) Protein (%)	Yağ (%) Fat (%)	Karbonhidrat (%) Carbohydrate (%)	Fitik asit (mg/100g) Phytic acid(mg/100g)
Ekmeklik ince buğday kepeği <i>Fine wheat bran</i>	10.88±0.01	4.29±0.04	15.96±0.21	4.36±0.13	64.57±0.14	293.18±1.72
Siyez kepeği <i>Einkorn bran</i>	10.27±0.05	2.20±0.01	13.57±0.18	2.42±0.09	71.54±0.08	212.03±1.65
<i>p</i> değeri* <i>p value*</i>	0.010	0.012	0.056	0.043	0.013	0.013

\* ( $p < 0.05$ ) değerler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir

\*( $p < 0.05$ ) means that the values statistically different

Çizelge 1.'deki sonuçlara göre siyez buğday kepeğinin karbonhidrat içeriği yüksek bulunmuştur. Karbonhidrat içeriğinin lif ve nişastalı endospermden oluştuğu düşünülmektedir. Siyez buğdayı kepek ve endosperm fraksiyonlarının morfolojik olarak bitişik olması nedeniyle normal buğday değirmeninde öğütülememekte ve kabuk kısmı soyulamamaktadır. Bu nedenle kavuzu uzaklaştırılan siyez buğdayı tam buğday formunda taş değirmende öğütülmekte, daha sonra elek sistemlerinden geçirilerek kepeği ayrılmaktadır. Ancak bu süreçte kepek içeriğine önemli düzeyde unlu endosperm fraksiyonu da karışmaktadır. Kepek ile birlikte ayrılan endosperm kısmının ekşi hamur fermantasyonunu teşvik edeceği düşünülmektedir.

Çizelge 1.'de ince buğday kepeğinin özellikle kül miktarı açısından yüksek olduğu tespit edilmiş, buna istinaden her iki numunede de mineral madde dağılımları incelenmiştir (Çizelge 2.).

Ekmeklik buğday kepeğinin toplam kül içeriği gibi, mineral madde dağılımı da siyez kepeğinden daha yüksek ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda siyez buğdayı mineral madde içerikleri, buğdaydan daha yüksek bulunmasına rağmen (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019), mineral maddelerin buğdayın farklı fraksiyonlarında lokalize olmalarından dolayı bu çalışmada farklı sonuç elde edilmiştir. Siyez kepeğinde daha fazla endosperm kalıntısı bulunması, tahıllarda özellikle kabukta yoğunlaşan mineral maddelerin oransal olarak düşük çıkmasına neden olmuştur.

Çizelge 2. Kepek örneklerinin mineral madde içerikleri  
Table 2. Mineral content of bran samples

	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	P (mg/kg)
Ekmeklik ince buğday kepeği <i>Fine wheat bran</i>	94.80±0.60	11820.40±21.60	2243.20±13.20	3301.00±18.80	10780.80±10.20
Siyez kepeği <i>Einkorn bran</i>	63.40±0.80	5201.20±18.20	714.60±4.40	899.40±4.20	4940.80±19.00
<i>p</i> değeri* <i>p value*</i>	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (µg/kg)	Se (µg/kg)
Ekmeklik ince buğday kepeği <i>Fine wheat bran</i>	115.80±0.60	145.60±0.00	99.80±0.40	8872.80±249.20	1418.60±159.40
Siyez kepeği <i>Einkorn bran</i>	55.40±0.20	20.80±0.00	39.00±0.20	<0.00	974.80±50.20
<i>p</i> değeri* <i>p value*</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.220

\* ( $P<0.05$ ) değerler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir

\*( $P<0.05$ ) means that the values statistically different

Çizelge 3. Kepek örneklerinin elek analiz sonuçları  
Table 3. Sieve analyses of bran samples

	425 µ üstü (%)	212 µ üstü (%)	212 µ altı (%)
Ekmeklik ince buğday kepeği <i>Fine wheat bran</i>	33.18±1.50	44.90±0.95	21.92±1.00
Siyez kepeği <i>Einkorn bran</i>	79.92±2.20	16.12±1.60	3.96±0.60
<i>p</i> değeri* <i>p value*</i>	0.020	0.021	0.035

Çizelge 3.'de görüleceği üzere siyez kepeğinin 425 µ elek üstü miktarı %79.92'dir, ekmeklik ince buğday kepeğinden çok daha büyük partikül büyüklüğüne sahiptir. 212 µ elek altı ve üstü fraksiyon oranları ise daha düşüktür. Bu sonuçlara göre ekşi maya hazırlama aşamasında örnek kepek materyallerimizin öğütülerek ve elenerek aynı partikül büyüklüğüne getirilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Kepek örnekleri laboratuvar değirmeninde 425 µ'dan tamamen geçebilecek boyuta kadar öğütülmüştür.

### Kepek Örneklerinin Fermantasyonu ve Ekşi Hamur Üretimi

Ekşi hamur yapımında performansı etkileyen önemli faktörlerden bir tanesi de un/su oranıdır ve Hamur Verimi (HV) değeri ile ifade edilmektedir. Literatürde undan HV:200 ile yapılan çalışmalarda en iyi sonuçların alındığı belirtildiğinden dolayı (Chavan ve Chavan, 2011) ön denemelere bu oranla başlanmıştır. Bu amaçla 100 g kepek+100 mL su (HV:200); 100 g kepek+150 mL su (HV:250); 100 g kepek+200 mL su (HV:300); 100 g kepek+250 mL su

(HV:350) ve 100 g kepek+300 mL su (HV:400) ile homojen karışım yapılarak 26 °C'de fermantasyona bırakılmışlar ve pH değerlerindeki değişim takip edilerek spontan fermente olabirlikleri değerlendirilmiştir. Siyez kepeği ve ince buğday kepek boyutları öğütülerek 425 µ'dan geçebilecek eşit boyuta getirilmelerine rağmen, farklı içeriğe sahip olmaları nedeniyle aynı miktarda su ile karıştırıldıklarında aynı su absorpsiyonunu göstermemişlerdir. Buğday

kepeği, yüksek düzeyde su absorbladığından dolayı HV: 200 ve 250 oranları ile ekşi hamur elde edilememiş, en az HV:300 ve üzeri oranlarda karışım yapılabilmiştir. Siyez buğday kepeğinin ise su absorblama niteliği daha düşük olduğundan dolayı literatürde buğday unu için de tavsiye edilen (Chavan ve Chavan, 2011) HV:200, 250 ve 300 oranlarında ekşi hamur hazırlanabilmiştir. Ayrıca daha yüksek düzeyde su kaldırmamış, HV: 300 üzerinde ekşi hamur elde edilememiştir.

Çizelge 4. Farklı HV oranlarına sahip ekşi mayaların zamana bağlı pH değişimleri, LAB, fitik asit ve biyoyararlanım değerleri

Table 4. pH, LAB digestibility values and phytic acid content of the sourdough samples prepared with different Dough Yield (DY)

Zaman (saat) Time (hour)	Siyezkepeği Einkorn bran			Ekmeklik ince buğday kepeği Fine wheat bran		
	HV:200 DY:200	HV:250 DY:250	HV:300 DY:300	HV:300 DY:300	HV:350 DY:350	HV:400 DY:400
0	5.87±0.12 <sup>a*</sup>	6.08±0.10 <sup>a</sup>	6.00±0.19 <sup>a</sup>	6.02±0.19 <sup>a</sup>	5.97±0.14 <sup>a</sup>	6.07±0.17 <sup>a</sup>
pH 24	5.88±0.12 <sup>a</sup>	5.69±0.14 <sup>a</sup>	4.55±0.10 <sup>b</sup>	5.71±0.09 <sup>a</sup>	5.74±0.08 <sup>ab</sup>	5.80±0.11 <sup>a</sup>
48	4.41±0.04 <sup>b</sup>	4.46±0.09 <sup>b</sup>	4.20±0.078 <sup>b</sup>	5.27±0.37 <sup>a</sup>	5.18±0.09 <sup>b</sup>	5.35±0.08 <sup>a</sup>
72	3.87±0.02 <sup>c</sup>	3.63±0.22 <sup>b</sup>	3.27±0.07 <sup>c</sup>	4.89±0.14 <sup>a</sup>	3.67±0.13 <sup>c</sup>	3.71±0.21 <sup>b</sup>
LAB (kob/g)	6.10 <sup>9</sup>	8.10 <sup>9</sup>	5.10 <sup>9</sup>	12.10 <sup>9</sup>	10.10 <sup>9</sup>	11.10 <sup>9</sup>
Fitik asit Phytic acid (mg/100g)	190.98±0.01 <sup>a</sup>	155.14±0.01 <sup>b</sup>	69.47±0.02 <sup>c</sup>	108.56±0.01 <sup>c</sup>	85.92±0.01 <sup>d</sup>	68.44±0.01 <sup>f</sup>
Mineral Biyoyararlanım Mineral Digestibility (%)	70.40 <sup>f</sup>	71.60 <sup>e</sup>	76.90 <sup>c</sup>	73.08 <sup>d</sup>	78.66 <sup>b</sup>	82.68 <sup>a</sup>

HV: Hamur verimi; LAB: Laktik asit bakteri sayısı

\*Farklı harfler örnek değerleri arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ )

DY: Dough Yield; LAB: Counts of lactic acid bacteria

\*Different letters means that the values statistically different between the samples ( $p < 0.05$ )

### Ekşi Hamur Örneklerinin Nitelikleri

İlk aşamada belirlenen HV değerlerine göre hazırlanan siyez ve ince buğday kepekleri ile hazırlanan ekşi karışımları 26 °C'de fermantasyona bırakılarak pH değerlerindeki değişim saptanmıştır (Çizelge 4). Ekşi hamurlarda zamana bağlı olarak gelişen fermantasyonla birlikte pH değerlerinde düşüş meydana geldiği, özellikle 72 saat sonunda, pH değerlerinin

başlangıç değerlerine göre istatistiki olarak da farklı ( $P < 0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Gerek siyez kepeği gerekse buğday kepeği kendi içinde değerlendirildiğinde HV oranının yükselmesinin yani ekşi hamurdaki su oranının artırılmasının pH düşüşünü teşvik ettiği belirlenmiştir. Bu durum Çizelge 4.'de 72 saat sonunda aynı buğday kepeklerinin farklı HV oranlarına ait pH değerlerinde açıkça görülmektedir. HV:300

oranında hazırlanmış siyez ve ince buğday kepekli ekşi hamurların 72 saat sonundaki pH düzeyleri karşılaştırıldığında ise siyez kepeği ile hazırlanan örneğin pH seviyesi çok daha düşük (pH:3.27) bulunmuştur. Çakır vd. (2020) yaptıkları çalışmada, siyez unu ve buğday unundan çok aşamalı fermantasyon ile ürettikleri ekşi hamurlardaki asitlik gelişimini incelemişler, aynı süre sonunda siyez buğday unu ekşi hamurundaki pH düzeyinin (3.35), buğday unu ekşi hamurundan (3.47) daha düşük olduğunu bulmuşlardır.

72 saat sonunda kepek ekşi hamur örneklerinin tümünde yapılan laktik asit bakteri (LAB) sayımı sonucunda  $10^9$  kob/g düzeyinde LAB tespit edilmiştir. Gıdada starter olarak kullanılacak kaynağın  $10^7$  kob/g düzeyinde mikroorganizma içermesi beklendiğinden, elde edilen sonuca göre kepekli ekşi hamur örneklerinin tamamı ekmek hamuruna ilave edilebilecek yeterli mikrobiyota düzeyine 24 ve 48. saatlerde yapılan iki yenileme ve toplam 72 saatlik fermantasyon sonucu ulaşmıştır. Ekşi hamurlarla yapılan farklı çalışmalarda LAB içeriğinin  $10^5$ - $10^9$  düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Çakır vd., 2020; Hendek Erto vd., 2018; Lönner vd., 1986)

Çalışma başlangıcında fitik asit içerikleri siyez kepeği için 212.03 mg/100g, ince buğday kepeği için 293.18 mg/100 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin 72 saat sonunda fitik asit düzeyleri karşılaştırıldığında, ekşi hamur hazırlamada HV düzeyi yükseldikçe yani su oranı arttıkça fitik asit düzeylerinin de azaldığı, diğer bir ifadeyle fitik asit degradasyonunun arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4). Özellikle HV: 300 oranlı (kepek 100: su 200 oranı) siyez kepekli ekşi hamurda fitik asit düzeyinin 69.47 mg/100 g düzeyine kadar düştüğü tespit edilmiştir. Aynı HV oranında ince buğday kepeği ekşi mayasında ise 108.56 mg/100g düzeyinde bulunmuştur. İşlem görmemiş kepeklerdeki fitik asit düzeyleri (Siyez kepeği: 212.03 mg/100g, Buğday kepeği: 293.18 mg/100g) göz önüne alındığında fermantasyon ile fitik asit düzeylerinde düşüş sağlandığı açıkça görülmektedir. Benzer şekilde ince buğday kepeğinden üretilen ekşi hamurlarda da su miktarının artmasına bağlı olarak fitik asit

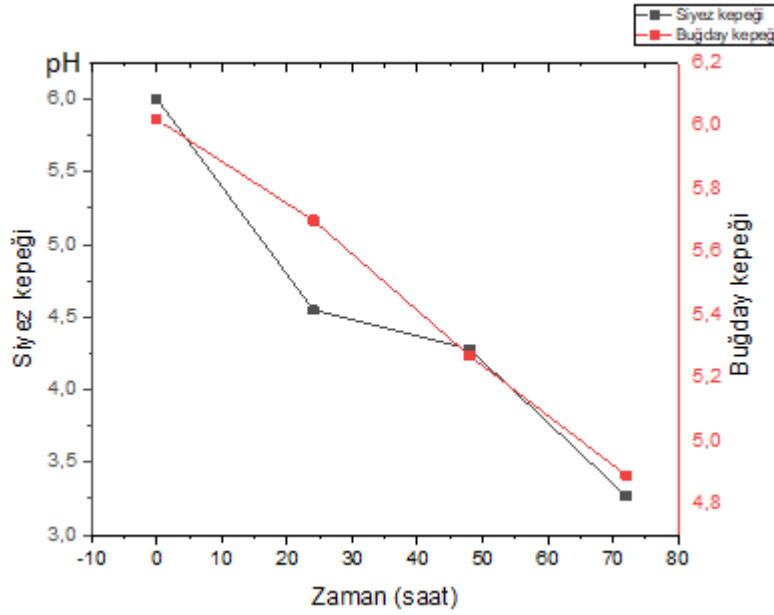
düzeylerinde azalma olduğu belirlenmiş, HV:400'de 68.44 mg/100 g olarak saptanmıştır. Fermantasyonun, tahıl tanelerindeki antinutrientlerin seviyesini azaltan buna bağlı da *in-vitro* proteinlerin sindirebilirliğini artıran (Elhag vd., 2002), minerallerin biyoyararlanım oranını yükselten (Badau vd., 2005) önemli bir uygulama olduğu da bilinmektedir. Bu çalışmada da azalan fitik asit düzeyine bağlı biyoyararlanım oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Bir antinutrient olan fitik asitin 6 fosforlu myo-inositol halka yapısının, tahıllarda zaten kısıtlı olan çinko ve demir gibi minerallere karşı bağlayıcı ve biyoyararlanımı kısıtlayıcı bir etmen olduğu bilinmektedir (Hendek Erto vd., 2020).

Fermantasyon süresince etkili en önemli mikroorganizmalar LAB'leri ve mayalardır. Fermantasyonda LAB tarafından glikoz kullanımı ile üretilen laktik asit ve diğer organik asitler ile, mayalar tarafından oksijensiz ortamda alkol fermantasyonu ile üretilen CO<sub>2</sub> gazının suda çözünmesi ile oluşan karbonik asit ortam asitliğinin artmasına neden olur. Bu da fitik asidin yıkımı için doğal ortam ve optimum pH koşullarının oluşmasını (Haard vd.,1989) sağlar. Buna bağlı olarak fitik asit ve diğer bazı antinutrient bileşiklerin miktarında azalış meydana gelmektedir. Gobbetti vd. (2014), fermantasyon prosesi ile artan asitliğin, fitik asidin degradasyonunu sağlayan fitaz enziminin aktif olduğu pH 4.0-6.0 ortamını da oluşturduğunu bildirmiştir. Leenhardt vd. (2005), ise ekşi hamur fermantasyonunda LAB'nin oluşturduğu asitlikle ortam pH'nın 5.5 değerinin altına düştüğünü, artan fitaz aktivitesi sayesinde buğday unundaki fitik asit içeriğinin % 70 oranında azaldığını bildirmiştir. Fitik asitin yıkımında etkili fitaz enzimi kaynağının tanedeki pasif endojen fitazlar olabileceği gibi fermantasyonda çoğalarak ortam mikrobiyotasını oluşturan LAB ve mayaların mikrobiyal fitazları da olabileceği belirtilmektedir (Poutanen vd., 2009). Dolayısıyla fermantasyonla fitik asitte meydana gelen azalışın fermantasyon sırasında mikroorganizmaların direkt veya dolaylı etkilerinden kaynaklandığı söylenebilir (Gupta vd., 2015). Diğer taraftan fitik asitin yıkılmasında fermantasyon süre ve koşullarının da önemli olduğu belirtilmektedir. Yapılan bir çalışmada % 2



maya oranına sahip hamurda 3 saat fermantasyon sonucu fitat fosforunun yaklaşık % 25 oranında azaldığı, feremantasyon süresi 5 saate çıkarıldığında ise fitat fosforun % 27 oranında degrade olduğu belirtilmiştir (Tangkonchitr vd., 1981). Ekmek yapım prosesinde ise fitazın, fitik

asidi % 60'a kadar azalttığı rapor edilmiştir (Erdal vd., 1998). Farklı bir araştırmada da kepeğe uygulanan ön fermantasyonla LAB'nin, fitatları % 90'a kadar parçalayabildiği, özellikle Mg ve P iyonlarının çözünürlüğünde etkili artış meydana geldiği belirtilmiştir (Poutanen vd., 2009).



Şekil 1. HV:300 oranında siyez ve buğday kepeği ekşi hamurlarının zamana bağlı pH değişimleri  
Figure 1. Time-dependent pH changes of the sourdough samples (Dough Yield:300) prepared with einkorn and fine wheat bran

Aynı kepek ve su oranına sahip olmaları nedeniyle HV:300 oranında siyez kepeği ve buğday kepeğinden hazırlanan ekşi hamurların 26 °C'de fermantasyonlarındaki pH değişimleri incelendiğinde (Şekil 1), siyez kepeği ekşi mayasında özellikle ilk 24 saatten sonra çok daha hızlı ve kesikli olmayan bir pH düşüşü izlendiği görülmektedir. 72 saat sonunda nihai pH değerleri arasında büyük fark olmamakla birlikte Siyez kepeği ekşi hamurunun (3.27) buğday kepeğinden (4.89) daha düşük pH değerine sahip olduğu da tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Çalışmamızda siyez kepeği ile ekşi maya üretiminin mümkün olduğu, spontan fermantasyon sonucu ince buğday kepeği ile hazırlanan ekşi maya ile aynı LAB düzeyine ulaştığı belirlenmiştir. Diğer taraftan daha az su

absorbe ettiğinden dolayı buğday unu için tavsiye edilen oranda yani 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 belirlenmiştir. Siyez kepeğinin değirmen çıkışında teknolojik ve morfolojik nedenlerle iri endosperm parçaları içermesi nedeniyle direkt kullanıma uygun olmadığı, ekmek fırınlarında ekşi maya üretilerek ekmek hamuruna ilave edilebilmesi için ilave bir öğütme işlemi ile inceltmesi gerektiği düşünülmektedir. Tahıl ve baklagil kepek/kavuz tabakalarında yüksek düzeyde bulunan ve besinsel biyoyararışlılığı kısıtlayan önemli antinutrientlerden olan fitik asitin siyez ekşi hamurunda daha yüksek düzeyde yıkıma uğradığı da belirlenmiştir. Çalışmada, artan HV oranına yani su içeriğindeki artışa bağlı olarak kepek ekşi

mayalarında fitik asit içeriklerinin azaldığı, fermantasyonla degrade olduğu biyoyararlanımların ise arttığı tespit edilmiştir. Artan su içeriğine bağlı olarak LAB sayılarında önemli bir değişim tespit edilmemekle birlikte pH değerlerinin daha fazla düştüğü belirlenmiştir. Fitik asit degradasyonunda ortam asitliğindeki artışa bağlı olarak fitaz enzim aktivitesinin artışının etkili olduğu düşünülmektedir. Fermantasyon hem fitik asit gibi antinutrientlerin degradasyonunu sağlamakta, hem de gıdalardaki besinlerin biyoyararlanımını da arttırmaktadır. Dolayısıyla diyet lif ve mineral madde takviyesi nedeniyle gıdalara ilave edilen kepek fraksiyonuna kullanım öncesi fermantasyon işlemi uygulamasının, kullanıldığı gıdalarda düşük fitik asit içeriğine bağlı olarak, protein/mineral biyoyararlanımında da artış sağlayacağı öngörülmektedir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

#### YAZAR KATKILARI

Bu çalışma FÖ ve MHE tarafından tasarlanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar makalenin yazımına katkıda bulunmuş, son halini okuyarak onaylamıştır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Fatmanur Örü'nün lisans bitirme proje ödevinden 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.

Ahmad, I., Mohammad, F., Zeb, A., Rasool Noorka, I., Akber Jadoon, S. (2013). Determination and inheritance of phytic acid as marker in diverse genetic group of bread wheat. *Am J Mol Biol*, 3:158-164. doi: 10.4236/ajmb.2013.33021

Antognoni, F., Mandrioli, R., Bordoni, A., Di Nunzio, M., Viadel, B., Gallego, E., Villalba, M.P., Tomás-Cobos, L., Taneyo Saa, D.L., Gianotti, A. (2017) Integrated evaluation of the potential health benefits of einkorn-based breads. *Nutrients*, 9 (11): 1232. doi:10.3390/nu9111232.

Badau, M. H., Nkama, I., Jideani, A.I. (2005). Phytic acid content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet as affected by germination time and cultivar. *J Food Chem*, 92: 425-435, doi:10.1016/j.foodchem.2004.08.006

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 Chem*, 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, *J Cereal Sci*. 47: 599–609, doi: 10.1016/j.jcs.2007.07.005

Chavan, R.S., Chavan, S.R. (2011). Sourdough Technology—A traditional way for wholesome foods: A Review. *Food Sci Food Saf*, 10: 170-183. doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x

Çakır, E., Arıcı, M., Durak, M.Z., Karasu, S. (2020). The molecular and technological characterization of lactic acid bacteria in einkorn sourdough: effect on bread quality. *J Food Meas Charact*, 14: 1646–1655. doi: 10.1007/s11694-020-00412-5.

De Vuyst, L., Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends Food Sci. Technol*, 16:43-56, doi: 10.1016/j.tifs.2004.02.012

Elhag, M. E., El Tinay A. H., Yousif, N. E. (2002). Effect of fermentation and dehulling on starch, total polyphenols, phytic acid content and in vitro protein digestibility of pearl millet, *Food Chem*, 77: 193-196, doi: 10.1016/S0308-8146(01)00336-3

- Erdal, I., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Çakmak, I., Hatipoğlu, F., (1998). Effect of Zinc fertilization on phytic acid-zinc molar ratios in different wheat cultivars grown in central anatolia GAP regions, The First National Zinc Congress, Ankara, Turkey.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J. (1994). The sourdough microflora: Interactions between lactic acid bacteria and yeasts: metabolism of amino acids. *J Microbiol Biotechnol*, 10: 275-279, doi:10.1007/BF00939035
- Gobbetti, M., Rizzello, C.G., Raffaella Di Cagno, Maria De Angelis. (2014). How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. *Food Microbiol*, 37: 30-40, doi: 10.1016/j.fm.2013.04.012
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *J Food Sci Technol*, 52(2): 676-684, doi: 10.1007/s13197-013-0978-y.
- Gürgün, V., Halkman, K. (1990). Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:7, Ankara.
- Haard, N., Odunfa, S. A, Lee, C. H., Quintero-Ramirez, A., Lorence Quinones, A., Wacher-Radarte, C. (1989). Fermented Cereals: A Global Perspective, FAO, *Agricultural Service Bulletin*, 138.
- 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. *J Sci Food Agric*, 34: 1423-1426, doi: 10.1002/jsfa.2740341217.
- Hendek Ertop, M., Bektaş, M. (2018). Enhancement of bioavailable micronutrients and reduction of antinutrients in foods with some processes. *J Food Health Sci*, 4(3): 159-165. doi: 10.3153/FH18016
- Hendek Ertop, M., İlter, Ş.M., Yılmaz, F., Baltacı, C., Gündoğdu, A. (2018). Quality properties of wheat breads incorporated with dried sourdoughs produced with different fermentation and drying methods. *Food Sci Technol Res*, 24 (6): 971-980, doi: 10.3136/fstr.24.971.
- 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. *J Agric Sci*, 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 phytic acid and digestibility of minerals and protein. *Ukr Food J*, 9(1):136-147. doi:10.24263/2304-974X-2020-9-1-12.
- Hidalgo, A., Brandolini, A. (2012). Lipoygenase activity in wholemeal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*. *Food Chem*, 131: 1499–1503, doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.132.
- Hidalgo, A., Brandolini, A. (2014). Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *J Sci Food Agric*, 56:382–394. doi: 10.1002/jsfa.6382.
- Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forsell, P., Autio, K. (2006). Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT Food Sci Technol*, 39: 479–49, doi: 10.1016/j.lwt.2005.03.013.
- Leenhardt, F., Levrat-Verny, M. A., Chanliaud, E., Remesy, C. (2005). Moderate decrease of ph by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity. *J Agric Food Chem*, 53: 98-102, doi: 10.1021/jf049193q.
- Lioger, D., Leenhardt, F., Demigne, C., Remesy, C. (2007). Sourdough fermentation of wheat fractions rich in fibres before their use in processed food. *J Sci Food Agric*, 87: 1368–1373, doi:10.1002/jsfa.2862.
- Lönner, C., Welender, T., Molin, N., Dostalek, M. (1986). The microflora in a sourdough started spontaneously on typical swedish rye meal. *Food Microbiol*, 3: 3-12, doi: 10.1016/S0740-0020(86)80019-3.

Martinez-Anaya, M.A., Pitarch, B., Bayarri, P., Benedito de Barber, C. (1990). Microflora of the sourdoughs of wheat flour bread. X. interactions between yeasts and lactic acid bacteria in wheat doughs and their effects on bread quality. *Cereal Chem*, 6: 85-91.

Poutanen, K., Flander, L., Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiol*, 26: 693-699, doi: 10.1016/j.fm.2009.07.011.

Saharan, K., Kheterpaul, N., Bishnoi, S. (2001). HCl-extractibility of minerals from ricebean and fababean: Influence of domestic processing

methods. *Innov Food Sci Emerg*, 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 Aliment Polonica*, 10: 241-245.

Tangkonchitr, U., Seib, P.A., Hosney, R. C. (1981). Phytic acid I. Determination of three forms of phosphorus in flour, dough and bread. *Cereal Chem*, 58(3): 226-228.