

## FARKLI FERMANTASYON VE KURUTMA YÖNTEMLERİYLE ÜRETİLMİŞ TOZ EKŞİ HAMURUN BAZI MİKROBİYOLOJİK NİTELİKLERİ VE EKMEKTEKİ KÜF GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Müge Hendek Ertop\*

Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kastamonu, Türkiye

Geliş / Received: 26.03.2017; Kabul / Accepted: 25.09.2017; Online baskı / Published online: 15.11.2017

Hendek Ertop, M. (2017). Farklı fermantasyon ve kurutma yöntemleriyle üretilmiş toz ekşi hamurun bazı mikrobiyolojik nitelikleri ve ekmekteki küf gelişimi üzerine etkileri. *GIDA* (2017) 42 (5): 609-619 doi: 10.15237/gida.GD17035

### Öz

Bu çalışmanın amacı iki farklı fermantasyon yöntemi ile [Spontan fermantasyon (SPF) ve starter (laktik asit bakterisi) ilaveli fermantasyon (STF)] üretilmiş ve üç farklı yöntemle kurutulmuş (Etüvde kurutma; K<sub>E</sub>, Liyofilizasyon; K<sub>L</sub> ve Püskürtmeli kurutma; K<sub>P</sub>) ekşi hamurların bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerini incelemektir. Toz ekşi hamurların kurutulma koşulları belirlenirken mikrobiyotanın canlılığını koruması hedeflenmiştir. Kurutma öncesi ve sonrası mikrobiyolojik sayımlar yapılmış, kurutma prosesleri mikroflorada azalmaya neden olmakla birlikte, sayım sonuçları starterlerin çoğalabilmesi için genel kabul görmüş 5-7 log (KOB/g) düzeyinin altına düşmemiştir. Ayrıca 6 aylık depolama sonunda yapılan mikrobiyal sayımla canlılık kontrolü gerçekleştirilmiş, toz hamurlar canlılıklarını devam ettirmekle birlikte 2-4 log (KOB/g) düzeyinde kayba uğramışlardır. Elde edilen toz ekşi hamurlar %3, %6 ve %12 oranında hamura ilave edilerek ekmeğin üretilmesi yapılmış ve ekmeğin örnekleri ekşi hamur kullanılmayan kontrol ekmeğine karşın raf ömrü süresince küflenme gelişimi, pH ve toplam titrasyon asitliği açısından karşılaştırılmıştır. Toz ekşi hamur, %12 kullanımda ekmeğin asitliğini ortalama %2.5 arttırmış, pH değerini ise ortalama 0.5 düzeyinde düşürmüştür. Ayrıca kullanım miktarı ve çeşite bağlı olmakla birlikte küf gelişimini de engellediği tespit edilmiştir. Ekşi hamur tozlarının etkileri %12 kullanım oranında belirgin olarak görülmüş, bu oranda en iyi sonuç SPF/K<sub>P</sub> kombinasyonu ile alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ekşi hamur, kurutma yöntemleri, ekmeğin, küf

## EFFECTS ON MOLD GROWTH IN BREAD AND SOME MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF POWDER SOURDOUGH PRODUCED WITH DIFFERENT FERMENTATION AND DRYING METHODS

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the some physicochemical and microbiologic properties of dried sourdoughs produced with two different fermentation methods [Spontaneous fermentation (SPF) and starter (lactic acid bacteria) added fermentation (STF)], and three different drying methods (Drying in oven; K<sub>E</sub>, Freeze drying; K<sub>L</sub> and Spray drying; K<sub>P</sub>). While drying process parameters of powdered sourdough were determined, preservation of the viability of microbiota was targeted. Microbiological counts were performed before and after drying. Although the drying processes caused a decrease in microflora, the counts of microflora did not fall below the generally accepted 5-7 log CFU/g level for the reproduction of starters. Moreover, viability control was performed by microbial counting after 6 months of storage. The powdered doughs have had loss at 2-4 log CFU/g level while maintaining their vitality. The breads were produced by adding the dried sourdoughs at rates of 3%, 6% and 12%. The bread samples and control sample produced without sourdough were compared in terms of mold growth, pH and total acidity during shelf life. The results showed that the powder sourdough increased in the acidity of the bread 2.5% by average and decreased the pH value by an average of 0.5 in 12% usage. Moreover they impacted the mold growth depend on usage rate and type. The most effective results was obtained at 12% usage rate of powder sourdoughs and by SPF / KP combination.

**Keywords:** Sourdough, drying methods, bread, mold

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ muge\_ertop@hotmail.com

☎ (+90) 532 667 8240

☎ (+90) 366 280 2968

## GİRİŞ

Ekşi hamur ekmek başta olmak üzere çeşitli fırıncılık ürünlerinin kalitesini arttırmak amacıyla kullanılan en eski biyoteknolojik mayalama yöntemlerinden birisidir. Yaklaşık olarak beşbinyıldan buyana kullanılmakta ve her yıl ortalama üç milyon tonun üzerinde üretimi yapılmaktadır. Son yıllarda tüketicilerin özellikle katkısız ve temiz etiketli ürünlere olan eğilimiyle birlikte önemi artmıştır (Messens ve De Vuyst, 2002; Voge vd., 2011). Ekşi hamur çeşitli tahıl unları ve su karışımının laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalardan oluşan mikrobiyotası sayesinde, fermantasyon sonucu meydana gelmektedir (Randazzo vd., 2005). Mikrobiyal kompozisyonu, ekmek yapım prosesi ve ingredientleri arasındaki etkileşimden kaynaklanan oldukça kompleks biyolojik bir ekosisteme sahiptir (Gobbetti vd., 1994). Ekşi hamurun kendine özgü karakteristik niteliğini, temel olarak LAB/mayalardan oluşan mikrobiyotası ve bunlar arasındaki interaksiyonlar belirlemektedir (De Vuyst vd., 2014). Organik asitler, eksopolisakaritler ve enzimler gibi mikrobiyota tarafından üretilen çeşitli metabolitler ekşi hamurun niteliklerini etkiler ve kullanıldığı son ürüne iyileştirilmiş tekstür ve hacim, zengin aroma profili ve uzun raf ömrü sağlar. Ekşi hamur fermantasyonu besinsel niteliklerin iyileştirilmesinin yanı sıra ekmeğin bayatlaması ve mikrobiyolojik raf ömrünün uzatılması üzerinde de olumlu etkilere sahiptir (Martinez Anaya, 1996; Katina vd., 2006; Göçmen vd., 2007; Delcour ve Hosney, 2010; Chavan ve Chavan, 2011).

Ekşi hamur üretiminde en eski ve temel yöntem spontan fermantasyona dayanan çok kademeli fermantasyondur. Ancak bu yöntem iş yoğun ve zaman alan bir yöntemdir. Son yıllarda *Lb. brevis*, *Lb. plantarum*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. sanfranciscensis* ve *Lb. fermentum* gibi LAB'lerinin spesifik kültür olarak kullanıldığı ve kontrollü fermantasyon prosesine dayanan yöntemler de kullanılmaktadır. Ancak, bu tekniği kullananlar için temel mikrobiyoloji bilgisi ve altyapısı ile fermantasyon için uygun kültürün temini gerekmektedir. Bu nedenle, doğal bir ingredient olarak ekşi hamurun toz formda üretimiyle, endüstriyel ve evsel

kullanımı üzerindeki araştırmalar devam etmektedir. Bu durum günümüz tüketicisinin doğal ve sağlıklı katkı maddesi beklentisini de karşılayacaktır. Liyofilizasyon olarak dondurarak kurutma, sprey granülasyon olarak da bilinen püskürtmeli kurutucu, tambur kurutucu gibi çeşitli tekniklerin bu amaçla kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Golshan vd., 2013; Khanjani vd., 2015). Bu tekniklerin tümündeki temel nokta mikrobiyal canlılığın korunması ve devamlılığın sağlanmasıdır. Püskürtmeli kurutucuda sıvı formdaki ekşi hamur sıcak hava ortamına pülverize olarak püskürtülür. Yaklaşık %90'lık su içeriği, evapore edilir ve kurumuş partiküller sistemin altında toplanır. Bu proses süresince partiküller yüksek sıcaklıkla çok kısa süre muamele edildiklerinden ve kısa sürede soğuduklarından dolayı esmerleşme reaksiyonuna uğramazlar (Chavan ve Chavan, 2011). Dondurarak kurutma olarak bilinen liyofilizasyon ise *Lb. delbrueckii*, *Lb. fructivorans*, *Lb. plantarum* ve *Lb. brevis* gibi mikroorganizmaların muhafaza sürecinde canlılığının korunması amacıyla kullanılan yöntemlerden birisidir (Hammes ve Gänzle, 1998). Bununla birlikte liyofilizasyon yönteminin, kurutulan materyaldeki aromatik bileşiklerinkaybına neden olduğu da bilinmektedir (Kirchhoff ve Schieberle, 2001).

Bu çalışmanın temel amacı iki farklı fermantasyon yöntemi ile üretilmiş ekşi hamurların mikrobiyal canlılıklarını devam ettirecek işlem koşullarını belirleyerek kuru forma getirilmelerini sağlamaktır. Ayrıca elde edilen toz formların doğal bir katkı olarak gerek evsel gerekse endüstriyel alanda kullanımını önerebilmek için 6 aylık raf ömrü sonrası canlılığın ve kullanıldığı ekmeklerin raf ömrü sürecinde küf gelişimi üzerindeki etkilerinin tespiti de hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Ekşi hamur ve ekmek üretiminde kullanılan buğday unu (%14.3 rutubet, %0.63 kül, %11.3 protein, %59.2 su absorpsiyonu) yerel bir un fabrikasından temin edilmiştir. Tuz ve instant aktif kuru maya yerel bir süper marketten, kimyasallar ve besiyerleri Merck (Almanya)'dan temin edilmiştir.

**Ekşi Hamurların Hazırlanması**

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

$$HV = \frac{\text{Kullanılan su miktarı} + \text{Kullanılan un miktarı}}{\text{Kullanılan un miktarı}} \times 100$$

formülü ile hesaplanan HV=200 değeri yapılan çalışmalarda en iyi sonuçları verdiği için dolayı bu çalışmada da aynı oran kullanılarak ekşi hamur hazırlanmıştır (Chavan ve Chavan, 2011). Ekşi hamurların hazırlanması amacıyla endüstriyel olarak da kullanılan spontan fermantasyon ile laktik asit bakterilerinin starter olarak kullanıldığı 2 tip fermantasyon yöntemi kullanılmıştır.

*Spontan fermantasyon:* Geleneksel olarak kullanılan çoklu kademeli spontan fermantasyon yöntemi (back-sloping) kullanılmıştır. Buna göre 200 g buğday unu ve 200 g su karıştırılmış, spontan olarak fermantasyona bırakılmıştır ve karışım pH 4.5'un altına 4-6 saatte düşüncüye kadar kademe sayısına devam edilmiştir. Dördüncü kademe işleme son verilerek kurutma işlemine geçilmiştir (Akgün, 2007; Chavan ve Chavan, 2011).

*Starter LAB ilavesiyle fermantasyon:* ARS Kültür koleksiyonundan (Illinois, USA) liyofilize formda temin edilen *Lb. delbrueckii* (B-763), *Lb. brevis* (B-3065) ve *Lb. plantarum* (B-4496) bakterileri önce uygun koşullarda MRS Broth besiyerinde aktifleştirildikten sonra MRS Agara sürmeekim yöntemi kullanılarak ekim yapılmış, 36°C ve 24 saat sonunda tek düşen ve morfolojik olarak da teyit edilen kolonilerden 1'er adet alınarak MRS Broth'a aşılama yapılmıştır. Onsekiz saatlik genç kültürden alınarak tekrar %1 oranında MRS Broth'a tekrar aşılama yapılmıştır. Onsekizsaatlik kültürden mikroorganizmalar santrifüj (3000 devir/dak'da 10 dak) ile ayrılmış, steril fizyolojik su ile iki kez yıkandıktan sonra her bir kültür McFarland:5 ve spektrofotometrede 650 nm dalga boyunda 1.010-1.050 aralığında ölçülerek optik yoğunlukları ayarlanmıştır. Optik yoğunlukları ölçülen hücre süspansiyonlarından dilüsyonlar hazırlanmış ve yayma ekim yöntemi ile LAB sayımı yapılarak ortalama  $10^7$  KOB/mL konsantrasyonda oldukları teyit edilerek %1 oranında un/su karışımına inoküle edilmişlerdir (Wu vd., 2012).

**Kurutma Yöntemleri**

*Liyofilizatörde kurutma (K<sub>L</sub>):* Ekşi hamurlar ince bir tabaka halinde yayılarak liyofilizatöre (Xianou-12N, Çin) yerleştirilmiştir. Kurutma -68°C'de gerçekleştirilmiş ve belirli aralıklarla örnek alınıp rutubet kontrolü yapılmıştır. Örneklerin rutubet içeriği %4-5 düzeyine ulaştığında işleme son verilmiştir. Kuruyan tabakalar laboratuvar tipi öğütücüde (IKA, Almanya) ile öğütülerek toz formuna getirilmiştir.

*Etüvde kurutma (K<sub>E</sub>):* Akgün (2007) tarafından yapılan çalışmada etüvde 40 °C'de 3 gün süreyle yapılan kurutma işlemi sonucu LAB ve mayaların canlılıklarını tamamen yitirdikleri bildirildiğinden dolayı bu çalışmada daha düşük sıcaklık ( $38 \pm 1$  °C) ve kısa süre ( $7 \pm 1$  saat) uygulaması yapılmıştır. Ekşi hamur düz plakalar üzerine ince film tabakası halinde yayılmış ve etüve yerleştirilmiştir. Belirli aralıklarla örnek alınarak rutubet kontrolü yapılmış ve örneklerin rutubeti %4-5 düzeyine ulaştığında işleme son verilmiştir. Kuruyan tabakalar laboratuvar tipi öğütücüde (IKA, Almanya) toz formuna getirilmiştir.

*Püskürtmeli kurutucuda kurutma (K<sub>P</sub>):* Püskürtmeli kurutucuda yüksek sıcaklıklarda ve özellikle rutubet içeriği %4'ün altında işlem sonrası ve işlem sonrası temel problem LAB'lerin canlılığının kaybidir. Çünkü LAB'leri ısıya duyarlı mikroorganizmalardır (Koç vd., 2010). Bu amaçla yapılan ön denemeler sonucunda ekşi hamur, kurutucunun 1mm çaplı püskürtme başlığından geçebilecek düzeye kadar su ile seyreltilmiş, homojenize edilmiş ve kurutucu giriş sıcaklığı  $135 \pm 5$  °C'ye ayarlanarak ürün rutubeti %4-5 olacak şekilde kurutma gerçekleştirilmiştir (Ghandi vd., 2012).

**LAB ve Maya Sayımı**

Ekşi hamurlar ortalama pH 4.5 düzeyine ulaştıklarında yaş formda ve kurutma sonrası toz formda LAB ve maya sayımları yapılmıştır. Elde edilen toz ekşi hamurlar cam kavanozlarda, ağzı kapalı olarak +12 °C'de 6 ay süreyle depolanmışlardır. Bu süre sonunda LAB ve maya sayımları tekrar yapılmış ve mikrofloranın canlılık kaybı kontrol edilmiştir. Bu amaçla 10 g örnek 90 mL steril fizyolojik tuzlu suda (FTS) homojenize edilerek ardından seri dilüsyonlar hazırlanmış ve

uygun dilüsyonlardan 0.1 mL örnek alınarak MRS Agara yayma kültür yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petri kutuları anaerobik kavanozda ve Anaerocult A ile oluşturulan anaerobik koşullarda 36 °C'de 2 gün süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petri kutularındaki koloniler sayılmıştır (Gürkün ve Halkman, 1990). Maya sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan 1mL alınarak asitlendirilmiş Malt Ekstrakt (ME) Agar ve YGC (Yeast Ekstrakt Glucose Chloromfenicol) agara aseptik şartlarda 0.1 mL yayma kültür yöntemiyle ekim yapılmış ve 25 °C'de inkübasyona bırakılmıştır.

### **Toz Ekşi Hamur Örneklerinin Suda Çözünürlük Özelliğinin Belirlenmesi**

Toz formdaki ekşi hamurun, evsel veya endüstriyel kullanımda suda çözülme ve buna bağlı olarak hamurda homojen dağılımı önemli olduğundan suda dağılma durumu tespit edilmiştir. Bu amaçla, cam beher içerisindeki ort. 24 °C'deki suya aynı miktarda toz hamur ilave edilerek eş zamanlı olarak karıştırılmıştır. Toz hamur ilavesi bittiginde karıştırmaya son verilmiş, toz hamurların sudaki dağılma, topaklanma, beher cidarına yapışma durumları gözlemlenmiştir.

### **Ekmek Örneklerinin Hazırlanması**

Ekmek yapımında Keswet vd., (2003)'nin kullandığı direkt hamur yapım yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla %59 su, %1.5 tuz, %2 instant aktif kuru maya, 300 g buğday unu ve % 3, % 6 ve % 9 oranında kurutulmuş toz ekşi hamur, 15 dak mikserde karıştırılmıştır (KitchenAid KSM150PSER, Belgium). Toz mayalar su ile karıştırılarak hamura ilave edilmeden önce 30 dak oda sıcaklığında bekletilmişlerdir. Ekmek yapımında karıştırma, yoğurma, 40 dak ana fermentasyon, havalandırma, 25 dak fermentasyon, şekil verme, 50 dak son fermentasyon ve 180 °C'de pişirme aşamaları uygulanmıştır.

### **pH ve Toplam Titrasyon Asitliği (TTA)**

pH ölçümü için örnek ve distile su (1:9, w/v) ultraturaks (IKA, T25, Germany) ile homojenize edilmiştir. Karışım 10 dak bekletilmiş ve pH ölçümü yapılmıştır. Karışım 0.1 N NaOH ile titre edilerek toplam TTA tespit edilmiştir (Rizzello vd., 2016).

### **Küf Sayımı**

Raf ömrü olarak belirlenen 11 günlük süreçte aynı ortam koşullarında bekletilen ekmeklerden 0, 1, 3, 5, 7, 9 ve 11. günlerde alınan örneklerde küf gelişimi olup olmadığı mikrobiyolojik olarak tespit edilmiştir. Yöntem olarak Dal Bello vd. (2007)'nin kullandıkları yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Ekmekler fırınlandıktan sonra steril bir bıçakla 20 mm kalınlığında dilimlere ayrılmıştır. Dilimler buzdolabı poşeti içerisinde ağızları hava alacak şekilde kapatılmış ve hava alacak şekilde oda koşullarında ve aynı ortamda 11 gün bekletilmişlerdir. Belirlenen günlerde ekmek dilimlerinin farklı noktalarından 10 g alınarak 90 mL steril FTS içerisinde homojenize edilmiştir. Seri dilüsyonlardan hazırlanan örnekler, YGC Agara ve karşılaştırma amacıyla asitlendirilmiş ME Agar'a yayma kültür yöntemi ile ekim yapılmıştır. Hazırlanan besiyerleri 25-28 °C'de 2 gün süreyle aerobik inkübasyona bırakılmıştır.

### **İstatistiksel Analiz**

Çalışmada ekmek üretimleri 2 tekerrür, ekmeklerde yapılan analizler ise 3 paralel şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak yapılmıştır. Çoklu varyans analizine tabi tutulan veri ortalamaları arasındaki fark  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir.

### **ARAŞTIRMA BULGULARI**

#### **Toz Ekşi Hamurların Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Nitelikleri**

#### **Rutubet, pH ve TTA Değerleri**

Üretilen toz ekşi hamurların kurutma prosesleri sonunda tekstürel olarak kurudukları belirlendikten sonra rutubet kontrolleri yapılarak istenilen rutubete ulaştıkları tespit edilmiş ve kurutma işlemine son verilmiştir. Kurutma işlemi sırasında istenilen rutubete ulaşılması işleme son verilmesi için kritik kontrol olduğundan, rutubet ölçümü için 10 dak'da ölçüm yapan halojen ısıtıcılı nemtayar cihazı (Ohaus MB45 Nem Tayin Cihazı) kullanılmış, ortalama her 15 dak'da örneklerin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kurutma sonucu

elde edilen ekşi hamur tozlarının pH, rutubet içerikleri tespit edilmiş ve Çizelge 1.'de verilmiştir.

Ekmek hamuruna ilave edilebilecek ekşi hamurların pH 4.0-4.5 asitlik düzeyinde olması beklenmektedir (Czerny ve Schieberle, 2002; De

Vuyst ve Neysens, 2005). Bu nedenle üretilen toz ekşi hamurların da aynı asitlik düzeyine sahip olmaları beklendiğinden pH tayinleri yapılmıştır. Kurutulmuş ekşi hamurların asitlik düzeylerini muhafaza ettikleri tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Toz ekşi hamurlara ait pH ve rutubet değerleri  
Table 1. pH and humidity values of powder sourdoughs

Fermantasyon yöntemi <i>Fermentation method</i>	Kurutma Yöntemi <i>Drying method</i>	pH	Rutubet % <i>Moisture%</i>
SPF	K <sub>P</sub>	4.51±0.02 <sup>a</sup>	4.80±0.02 <sup>c</sup>
	K <sub>L</sub>	4.49±0.01 <sup>a</sup>	5.14±0.11 <sup>b</sup>
	K <sub>E</sub>	4.46±0.01 <sup>a</sup>	5.95±0.05 <sup>a</sup>
STF	K <sub>P</sub>	4.25±0.05 <sup>b</sup>	4.85±0.02 <sup>bc</sup>
	K <sub>L</sub>	4.14±0.00 <sup>b</sup>	5.02±0.03 <sup>bc</sup>
	K <sub>E</sub>	4.20±0.01 <sup>b</sup>	6.02±0.05 <sup>a</sup>

SPF: Spontan fermantasyon, STF: Starter (LAB) ilaveli fermantasyon

K<sub>P</sub>: Püskürtmeli kurutma, K<sub>L</sub>: Liyofilizasyon, K<sub>E</sub>: Etüvde kurutma

a-c: Aynı sütundaki birbirinden farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.

SPF: Spontaneous fermentation; STF: Starter (LAB) added fermentation

K<sub>P</sub>: Spray drying, K<sub>L</sub>: Freeze drying, K<sub>E</sub>: Drying in oven

a-c: Means with different superscripts in the same column are significantly different ( $p<0.05$ )

### Toz Ekşi Hamur Örneklerinin Suda Çözünürlük Özelliğinin Belirlenmesi

Elde edilen toz ekşi hamurların hamura ilave edilmeden önce suda çözünürlük durumları tespit edilmiştir. Toz ekşi hamurların üretildikleri fermantasyon türü, suda çözünme veya hamurda dağılma durumlarını etkilememiştir. Ancak kurutma metodunun toz form üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Püskürtmeli kurutucudan elde edilen ürünler pudra formunda olmuştur. Bunlar hamura ilave edilmeden önce su içerisinde çözülmeye çalışıldığında birbirine ve kabın cidarlarına yapışma eğilimi göstermişlerdir. Liyofilizatörde elde edilen ekşi hamur tozları vakumla kurutulduğundan süngerimsi gözenek yapısına sahip kütleler halinde kurumuş, granüler olarak birbirine yapışmamış, dağılgan ve serbest formda olduğundan kolaylıkla granül toz forma dönüştürülebilmiştir. Toz formdaki dağılgan ve

serbest formlarını su içerisinde de sürdürmüşler, suya içerisinde önce serbest olarak dağılmışlar, daha sonra su alarak çözülmüşlerdir. Kap cidarına yapışma veya topaklanma gözlenmemiştir. Etüvde kurutulan form liyofilizatördeki gibi yayma yöntemi ile yapılmış olmasına rağmen açık hava basıncında kurutulduğundan daha sert plakalar halinde kurumuş, toz formdaki granülleri daha sert yapıda oluşmuştur. Granüller suya ilave edildiğinde topaklanma veya cidara yapışma gözlenmemekle birlikte, daha sert yapıya sahip olduklarından su alarak çözünmeleri daha uzun zaman almış, diğerleriyle aynı sürede karıştırmaya son verildiğinde ağır ve çözünmemiş granüller kap dibine çökme eğilimi göstermişlerdir. Kullanıma elverişlilik göz önünde bulundurulduğunda teknolojik açıdan liyofilizatörde kurutma en ideal yöntem olarak belirlenmiştir.

**LAB ve Maya Sayımı**

Kurutma yöntemlerinin yaş ekşi hamurdaki LAB ve maya sayısı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla hem yaş ekşi hamurlarda hem de toz ekşi hamurlarda LAB ve maya sayımları gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi Spontan fermantasyon yöntemiyle üretilen yaş ekşi hamurlardaki LAB sayısı 9.30 log KOB/g, etüvde 7.70 log KOB/g, liyofilizatörde dondurarak kurutmada 8.60 log KOB/g, püskürtmeli kurutma da ise 9.70 log KOB/g olarak tespit edilmiştir. Yaş ekşi hamurda bu sonuçlara göre püskürtmeli kurutucuda kurutma

LAB sayısında önemli bir etki oluşturmazken liyofilizatör ve etüvde 1 log KOB/g düzeyinde azalma belirlenmiştir. Benzer durum starter fermantasyon yöntemi ile üretilen ekşi hamurlar için de geçerlidir. Maya sonuçları incelendiğinde mikrofloranın en az püskürtmeli kurutucudan etkilendiği tespit edilmiştir. Özellikle vakum altında dondurarak kurutma işleminin yapıldığı liyofilizatör koşullarına mevcut maya mikroflorasının dayanım gösteremeyerek <2 log KOB/g düzeyine düştüğü tespit edilmiştir. Diğer yöntemlerde 1 log KOB/g düzeyinde azalma belirlenmiştir.

Çizelge 2. Kurutma öncesi, kurutma sonrası ve 6 aylık depolama sonu LAB ve maya sayım sonuçları (log KOB/g)

Table 2. LAB and yeast count results before drying, after drying and after 6 months storage (log CFU/g)

Fermantasyon yöntemi <i>Fermentation method</i>	Kurutma yöntemi <i>Drying method</i>	Kurutma sonrası <i>After drying</i>		Altı aylık depolama sonrası <i>After six months storage</i>		
		LAB	Maya <i>Yeast</i>	LAB	Maya <i>Yeast</i>	
SPF	Yaş ekşi hamur	9.30±0.42 <sup>a</sup>	3.48±0.14 <sup>a</sup>	-	-	
	K <sub>P</sub>	9.70±0.37 <sup>a</sup>	3.26±0.16 <sup>a</sup>	6.48±0.18 <sup>a</sup>	3.08±0.06 <sup>a</sup>	
	Kuru	K <sub>L</sub>	8.60±0.12 <sup>ab</sup>	<2 <sup>c</sup>	5.38±0.13 <sup>bc</sup>	<2 <sup>c</sup>
		K <sub>E</sub>	7.70±0.27 <sup>b</sup>	2.30±0.12 <sup>b</sup>	5.90±0.09 <sup>ab</sup>	<2 <sup>c</sup>
STF	Yaş ekşi hamur	8.48±0.10 <sup>ab</sup>	3.30±0.11 <sup>a</sup>	-	-	
	K <sub>P</sub>	9.60±0.19 <sup>a</sup>	3.60±0.25 <sup>a</sup>	5.88±0.11 <sup>ab</sup>	3.18±0.10 <sup>a</sup>	
	Kuru	K <sub>L</sub>	8.30±0.23 <sup>ab</sup>	<2 <sup>c</sup>	6.30±0.07 <sup>a</sup>	<2 <sup>c</sup>
		K <sub>E</sub>	7.48±0.32 <sup>b</sup>	2.30±0.09 <sup>b</sup>	5.11±0.05 <sup>c</sup>	2.30±0.11 <sup>b</sup>

SPF: Spontan fermantasyon, STF: Starter (LAB) ilaveli fermantasyon

K<sub>P</sub>: Püskürtmeli kurutma, K<sub>L</sub>: Liyofilizasyon, K<sub>E</sub>: Etüvde kurutma

a-c: Aynı sütündeki birbirinden farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.

SPF: Spontaneous fermentation; STF: Starter (LAB), lactic acid bacteria added fermentation

K<sub>P</sub>: Spray drying, K<sub>L</sub>: Freeze drying, K<sub>E</sub>: Drying in oven

a-c: Means with different superscripts in the same column are significantly different ( $p<0.05$ )

Elde edilen toz ekşi hamurlar ağzı kapalı olarak cam kavanozlarda, buzdolabında +12 C'de 6 ay süresince depolanmışlardır. Bu süre sonunda LAB

ve maya sayımları tekrar yapılmıştır (Çizelge 2). Yapılan depolama sonrası LAB'nin ilk yapılan sayıma göre 2-4 log KOB/g düzeyinde azaldığı

tespit edilmiştir. Her iki fermantasyon türünde de püskürtmeli kurutucu ile kurutulan numunenin mayalarında raf ömrü sonunda önemli bir değişim olmadığı ( $p>0.05$ ) belirlenmiştir. Her iki fermantasyon yöntemi için etüvde kurutuma işlemi LAB'nin sayım sonuçlarında istatistiki açıdan önemli fark meydana ( $p<0.05$ ) getirmiştir. LAB'nin ısıya hassas bakteriler olduğundan, uzun süre ( $7\pm 1$  saat) etüvde kurutma bakterilerin canlılığını olumsuz yönde etkilemiştir. Liyofilizatörde kurutma yönteminde başta olduğu gibi 6 ay sonra da maya aktivitesi  $<2$  log KOB/g olarak tespit edilmiştir. Mayaların ekşi hamurda

LAB ile beraber bulunduğu ve maya/LAB oranının genellikle 1/100 olduğu bildirilmektedir (Gobbetti vd., 1994). Toz forma getirme sırasında mayaların da proses koşullarından etkilendiği, özellikle dondurarak kurutma uygulanan liyofilizatör koşullarından daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir. Yaş ve toz ekşi hamur, maya sayım sonuçları arasındaki fark istatistiki olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

**Ekmek Örneklerinin pH ve TTA Değerleri**  
Ekmek örneklerine ait pH ve TTA sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Ekmeklere ait pH ve TTA değerleri  
Table 3. PH and TTA values of breads

Fermantasyon yöntemi <i>Fermentation method</i>	Kurutma yöntemi <i>Drying method</i>	pH			TTA		
		Kullanım oranı (%) <i>Usage rate (%)</i>			Kullanım oranı (%) <i>Usage rate (%)</i>		
		3	6	12	3	6	12
SPF	K <sub>P</sub>	5.69±0.00 <sup>c</sup>	5.65±0.02 <sup>bc</sup>	5.54±0.02 <sup>b</sup>	3.81±0.03 <sup>bc</sup>	4.30±0.18 <sup>b</sup>	5.22±0.08 <sup>a</sup>
	K <sub>L</sub>	5.83±0.00 <sup>b</sup>	5.67±0.02 <sup>bc</sup>	5.53±0.03 <sup>b</sup>	3.72±0.11 <sup>c</sup>	4.61±0.12 <sup>ab</sup>	5.32±0.05 <sup>a</sup>
	K <sub>E</sub>	5.78±0.04 <sup>bc</sup>	5.70±0.00 <sup>b</sup>	5.52±0.03 <sup>b</sup>	3.82±0.00 <sup>bc</sup>	4.42±0.17 <sup>ab</sup>	5.30±0.03 <sup>a</sup>
STF	K <sub>P</sub>	5.70±0.03 <sup>c</sup>	5.53±0.01 <sup>d</sup>	5.42±0.00 <sup>bc</sup>	4.24±0.06 <sup>ab</sup>	4.50±0.10 <sup>ab</sup>	5.53±0.06 <sup>a</sup>
	K <sub>L</sub>	5.71±0.01 <sup>c</sup>	5.62±0.01 <sup>c</sup>	5.42±0.04 <sup>bc</sup>	4.63±0.05 <sup>a</sup>	5.12±0.10 <sup>a</sup>	5.51±0.11 <sup>a</sup>
	K <sub>E</sub>	5.80±0.02 <sup>bc</sup>	5.66±0.00 <sup>bc</sup>	5.36±0.01 <sup>c</sup>	4.32±0.04 <sup>a</sup>	4.53±0.14 <sup>ab</sup>	5.37±0.05 <sup>a</sup>
Kontrol		6.01±0.01 <sup>a</sup>	6.01±0.01 <sup>a</sup>	6.01±0.01 <sup>a</sup>	2.90±0.17 <sup>d</sup>	2.90±0.17 <sup>c</sup>	2.90±0.17 <sup>b</sup>

SPF: Spontan fermantasyon, STF: Starter (LAB) ilaveli fermantasyon

K<sub>P</sub>: Püskürtmeli kurutma, K<sub>L</sub>: Liyofilizasyon, K<sub>E</sub>: Etüvde kurutma

a-d: Aynı sütundaki birbirinden farklı harfler, veriler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.

SPF: *Spontaneous fermentation*; STF: *Starter (LAB) added fermentation*

K<sub>P</sub>: *Spray drying*, K<sub>L</sub>: *Freeze drying*, K<sub>E</sub>: *Drying in oven*

a-d: Means with different superscripts in the same column are significantly different ( $p<0.05$ )

Aynı konsantrasyonda ekşi hamur tozu kullanılan ekmeklerin pH ve TTA değerleri ile kontrol ekmeği arasındaki fark istatistiki açıdan önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Kullanım oranına bağlı olarak ekşi hamur tozu kullanımı da, kontrol ekmeğine göre pH'yı düşürmüştü ve TTA'ni arttırmıştır. Ekşi hamur tozlarının pH değerleri  $<4.5$  düzeyindedir. Mevcut asitlik düzeyleri, katıldıkları ekmek hamurunun asitlik düzeyini de etkilemiştir. Fermantasyon yöntemleri açısından incelendiğinde ise SPF ile üretilen toz ekşi hamur

kullanılan ekmeklerin pH değerleri STF ile üretilen toz ekşi hamur kullanılan ekmeklere göre daha yüksektir. Bu durumun STF'da starter olarak kullanılan *Lb. plantarum* ve *Lb. brevis*'in heterofermentatif LAB olmaları (Corsetti ve Settanni, 2007) ve metabolit olarak laktik asitin yanı sıra asetik asit de üretmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurutma yöntemleri açısından ise belirgin bir fark elde edilememiştir.

**Ekmek Örneklerinde Raf Ömrü Süresince Küf Gelişimi**

Ekmek numunelerinin oda koşullarında raf ömrü süresince küflenme durumları yayma sayım

yöntemi ile belirlenmiştir. Ekmeklerin 0., 1., 3., 5., 7., 9. ve 11. günlerde küflenme durumları tespit edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Ekmeklerde raf ömrü süresince küf gelişimi (log KOB/g)  
Table 4. Mold growth in breads during shelf life (log CFU/g)

Kullanım Oranı % Usage Rate %	Fermantasyon yöntemi Fermentation method	Kurutma yöntemi Drying method	Gün Day						
			0	1	3	5	7	9	11
3	SPF	K <sub>P</sub>	-	-	-	+	+	+	+
		K <sub>L</sub>	-	-	-	+	+	+	+
		K <sub>E</sub>	-	-	-	+	+	+	+
	STF	K <sub>P</sub>	-	-	-	-	+	+	+
		K <sub>L</sub>	-	-	-	+	+	+	+
		K <sub>E</sub>	-	-	-	+	+	+	+
6	SPF	K <sub>P</sub>	-	-	-	-	+	+	+
		K <sub>L</sub>	-	-	-	+	+	+	+
		K <sub>E</sub>	-	-	-	-	-	+	+
	STF	K <sub>P</sub>	-	-	-	+	+	+	+
		K <sub>L</sub>	-	-	-	+	+	+	+
		K <sub>E</sub>	-	-	-	-	-	+	+
12	SPF	K <sub>P</sub>	-	-	-	-	-	-	+
		K <sub>L</sub>	-	-	-	-	+	+	+
		K <sub>E</sub>	-	-	-	-	-	+	+
	STF	K <sub>P</sub>	-	-	-	-	+	+	+
		K <sub>L</sub>	-	-	-	-	+	+	+
		K <sub>E</sub>	-	-	-	-	-	+	+
Kontrol			-	-	-	-	+	+	+

SPF: Spontan fermantasyon, STF: Starter (LAB) ilaveli fermantasyon

K<sub>P</sub>: Püskürtmeli kurutma, K<sub>L</sub>: Liyofilizasyon, K<sub>E</sub>: Etüvde kurutma

\*- : Gelişme gözlenmemiştir, +: Gelişme gözlenmiştir

SPF: Spontaneous fermentation; STF: Starter (LAB) added fermentation

K<sub>P</sub>: Spray drying, K<sub>L</sub>: Freeze drying, K<sub>E</sub>: Drying in oven

\*- : No growth observed, +: Growth observed

Genel olarak ekmeklerde ilk 3 günlük raf ömrü sürecinde herhangi bir küflenme gözlenmemiştir. Kontrol ekmeğinde, 5. günden itibaren küf tespit edilmiştir. Yüzde 3 ekşi hamur tozu kullanılan ekmeklerin raf ömründe de önemli bir iyileşme tespit edilmemekten STF/K<sub>P</sub> kombinasyonunda en iyi sonuç alınmış ve 5. günde küf tespit edilmemiştir.

Genel olarak %6 ekşi hamur tozu kullanımının küf gelişimi üzerinde etkili olduğu, özellikle SPF'da etüv ve püskürtmeli kurutucunun, STF'da ise etüvde kurutmanın etkili olduğu belirlenmiştir.

Yüzde 12 ekşi hamur tozu kullanımının diğer konsantrasyonlara göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu konsantrasyonda en iyi sonuç SPF/K<sub>P</sub> kombinasyonunda alınmıştır. Ancak genel olarak ekmeklerin en fazla ilk 5 günlük



süreçte tüketileceği göz önünde bulundurulursa ekşi hamur tozu kullanımının bu konuda etkili olduğu söylenebilir. Starter olarak LAB kullanılan veya spontan ekşi hamur ilaveli ekmeklerde küf gelişiminin yavaşlatılarak mikrobiyal raf ömrünün uzatıldığı daha önceki çalışmalarda da belirtilmektedir (Dal Bellovd., 2007). LAB'nin en önemli özelliği, laktik asit üretimidir (Galle ve Arendt, 2014). Özellikle de heterofermantatif *Lactobacillus* spp. ile yapılan ekşi hamurlarda, homofermantatif türlere göre laktik asitin yanı sıra asetik asit gibi organik asitler de meydana geldiğinden daha yüksek asitlik ve daha düşük pH değerleri sağlandığı bildirilmektedir (De Vuyst ve Neysens, 2005). Bu da pH'ı düşürmekte ve gıdaya kontamine olan bozulma mikroorganizmaları üzerinde engelleyici bir etki yapmaktadır. Organik asit üretimi ve bunların koruyucu etkisi yanında, LAB çok sayıda metabolik aktiviteye sahiptir. Bu metabolitler bakteriyosinler de dâhil olmak üzere, LAB'ne eşlik eden bazı gıda kaynaklı patojenler ve bozulma mikroorganizmalarını inhibe edebilen antimikrobiyal bileşiklere kadar uzanır (Ganzle, 2009).

Yapılan bir çalışmada ekşi hamur kullanım oranının, küf gelişimine karşı dirençte önemli bir faktör olduğu ve % 50 kullanım oranının en etkili sonucu verdiği belirtilmiştir. Bu durumda ekmeğin son pH'sınının 4.3-5.2, ekmeğin küfe dayanım süresinin ise 8-12 gün arasında olduğu belirtilmektedir (Plessas vd., 2008). Bu çalışmada ise ekşi hamurlar toz formda ve en yüksek %12 oranında kullanılmıştır. Yapım tekniği açısından HV=200 olduğu göz önünde bulundurulursa, kurutulmamış olsaydı yaş ağırlık üzerinden yaklaşık %24 oranında kullanılmış olacaktı. Daha yüksek oranda kullanılması durumunda küflenme açısından daha iyi sonuç alınacağı düşünülebilir. Günümüzde Trabzon Vakfı Kebir ekmeği, Gümüşhane Araköy ekmeği gibi kütle fermantasyonu %100 ekşi hamurla ve 6-12 saatte gerçekleştirilen ekmekler de mevcuttur (Kotancılar vd., 2008; Ertop ve Hendek Ertop, 2013)

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı iki tip fermantasyon yöntemi ile üretilen ekşi hamurların toz forma getirilebilirliğini ve kullanılacak kurutma

yöntemlerinin mikrofloranın canlılığı üzerindeki etkilerini belirlemek ve ekmeğe kullanılabilirliğini tespit etmektir. Alınan sonuçlar toz formda üretimin mümkün olduğunu ortaya çıkarmıştır. Uygulanan kurutma prosesleri doğal olarak mikroflorada azalmaya neden olmakla birlikte, bu düzey starterlerin çoğalabilmesi için genel kabul görmüş 5-7 log KOB/g düzeyinin altına düşmemiştir. Kurutulmuş toz hamurlar ekşi hamurdan beklenen asidik yapılarını korumuşlardır ve bu etkinliklerini ekmeğe kadar taşıyabilmişlerdir. Ekmeğin örnekleri ekşi hamur kullanılmayan kontrol ekmeğine karşı raf ömrü süresince küflenme gelişimi açısından karşılaştırıldığında % 12 kullanım oranında ekşi hamur tozlarının etkileri belirgin olarak görülmüş, bu oranda en iyi sonuç SPF/K<sub>P</sub> kombinasyonu ile alınmıştır. Toz ekşi hamurlar raf ömrü olarak öngörülen 6 aylık raf ömrü içerisinde aerobik koşullarda, 12 °C'de depolanmışlar ve mikroflorada 2-4 log KOB/g düzeyinde canlılık kaybına uğramışlardır. LAB'nin mikroaerofilik oldukları yani oksijeni minimum düzeyde talep ettikleri göz önünde bulundurulursa canlılık kaybını en aza indirebilecek, modifiye atmosfer paketlenme denemelerine dayanan raf ömrü çalışmaları da yapılabilir. Bu çalışmada başlangıç aşaması olarak %3, %6, %12 kullanım oranları denenmiş ve etkinlik açısından sonuç alınabilmiştir. Ancak bilimsel açıdan kullanım miktarına dair bir optimizasyon çalışması yapılması, en iyi ekmeğin üretilmesi için yaş/toz maya ile toz ekşi hamur kullanım miktarının formülde optimize edilmesi gerekir. Başlangıç niteliğindeki bu çalışma, mikrobiyotaya ve toz formun raf ömrüne dair sonraki çalışmalarla zenginleştirilme potansiyeline sahip olmakla birlikte, günümüz tüketicisinin katkısız ve doğal ürünler beklentisine de iyi bir alternatif olma niteliği taşımaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı-Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen 2013-ARGE/8 numaralı projenin sonuçlarından yararlanarak hazırlanmıştır. Katkılarından dolayı TAGEM'e ve Gümüşhane Üniversitesine teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- Akgün, F.B. (2007). Ekşi hamur tozu eldesi ve ekmeğin üretiminde kullanılabilirlik olanakları (Doktora tezi) Pamukkale Üniversitesi, Denizli
- Chavan, R.S., Chavan, S.R. (2011). Sourdough Technology: A Traditional way for whole some foods: A Review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 10: 170-183.
- Corsetti, A., Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Res Int*, 40: 539–558.
- Czerny, M., Schieberle, P. (2002) Important aroma compounds in freshly ground wholemeal and white wheat flour - Identification and quantitative changes during sourdough fermentation. *J Agri Food Chem*, 50: 6835-6840.
- Dal Bello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmera, H., Schober, T.J., Strom, K., Sjogrend, J., Sinderen, D., Schnurer, J., Arendt, E.K. (2007). Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. *J Cereal Sci*, 45: 309–318.
- De Vuyst, L., Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: Biodiversity and metabolic interactions. *Trends Food Sci Technol*, 16: 43-56.
- De Vuyst, L., Van Kerrebroeck, S., Harth, H., Huys, G., Daniel, H.M., Weckx, S. (2014). Microbial ecology of sourdough fermentations: Diverse or uniform?. *Food Microbiol*, 37:11-29.
- Delcour, J.A., Hoseney, R.C. (2010). Principles of cereal science and technology. St. Paul, MN, USA: AACC International.
- Ertop, U., Hendek Ertop M. (2013). The product properties and production methods of traditional Araköy bread. The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 Ekim, s.241, Makedonya.
- Galle, S., Arendt, E.K. (2014). Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria. A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 54: 891-901
- Ganzle, M.G. (2009). From gene to function: Metabolic traits of starter cultures for improved quality of cereal foods. *Int J Food Microbiol*, 134: 29–36.
- Ghandi, A., Powell, B., Chen, X.D., Adhikari, B. (2012). The effect of dryer inlet and outlet air temperatures and protectant solids on the survival of *Lactococcus lactis* during spray drying. *Drying Technol*, 30(14): 1649-1657.
- 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.
- Golshan T.A., Peighambaroust, S., Behnam, F., Bahrami, A., Aghagholizadeh, R., Ghamari, M. (2013). Effects of spray-dried sourdough on flour characteristics and rheological properties of dough. *Czech J Food Sci*, 31: 361–367.
- Göçmen, D., Gürbüz, O., Kumral, A.Y., Dağdelen, A.F., Şahin, İ. (2007). The effects of wheat sourdough on glutenin patterns, dough rheology and bread properties. *Eur Food Res Technol*, 225: 821-830.
- Gürgün, V., Halkman, K. (1990). Mikrobiyolojide sayım yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:7, Ankara.
- Hammes, W.P., Gänzle, M.G. (1998). Sourdough breads and related products. In: Wood, B.J.B. (Ed.), *Microbiology of Fermented Food*. Chapman and Hall London pp. 199-216.
- Katina, K., Heinio, R.L., Autio, K., Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *Food Sci Technol*, 39: 1189-1202.
- Keswet, L.M., Ayo, J.A., Bello, C.B. (2003). The effect of four Nigerian wheat flours on the loaf volume and sensory quality of bread. *Nutr Food Sci*, 33: 34 – 37
- Khanjani, R., Razavi, S.H., Eyvazzadeh, O. (2015). The effect of adding spray dried lactic acid sourdough on quality and organoleptic properties of fermi macaroni. *Int J Farm Allied Sci*, 4 (5): 477-481.

- Kirchhoff, E., Schieberle, P. (2001). Determination of key aroma compounds in the crumb of a three-stage sourdough rye bread by stable isotope dilution assays and sensory studies. *J Agric Food Chem*, 49: 4304–4311
- Koç, B., Sakin, M., Yilmazer Balkır P., Kaymak Ertekin, F. (2010). Spray drying of yogurt: Optimization of process conditions for improving viability and other quality attributes *Drying Technol*, 28: 495–507
- Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E., Karaoğlu, M.M. (2008). Effects of loaf weight and storage time on the qualitative properties of white and traditional Vakfikebir breads, *Türk J Agric For*, 32: 459-467.
- Martinez Anaya, M.A. (1996). Enzymes and bread flavour. *J Agricu Food Chem*, 44: 2470-2480
- Messens, W., De Vuyst, L. (2002). Inhibitory substances produced by *Lactobacilli* isolated from sourdoughs- A Review. *Int J Food Microbiol*, 72: 31-43.
- Plessas, P., Bekatorou, A., Gallanagh, J., Nigam, P., Koutinas, A.A., Psarianos, C. (2008). Evolution of aroma volatiles during storage of sourdough breads made by mixed cultures of *Kluyveromyces marxianus* and *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* or *Lactobacillus helveticus*, *Food Chem*, 107: 883–889.
- Randazzo, C.L., Heilig, H., Resestuccia, C., Giudici, P., Caggia, C. (2005). Bacterial population in traditional sourdough evaluated by molecular methods. *J Appl Microbiol*, 99: 251-258.
- Rizzello, C.G., Montemurro, M., Lorusso, A. (2016). Use of sourdough made with quinoa (*Chenopodium quinoa*) our and autochthonous selected lactic acid bacteria for enhancing the nutritional, textural and sensory features of white bread. *Food Microbiol*, 56: 1-13.
- Voge, R.F., Pavlovic, M., Ehrmann, M.A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Voget, S., Angelov, A., Bocker, G., Liebl, W. (2011). Genomic analysis reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* as a stable element in traditional sourdoughs. *Microb Cell Fact*, 10 (1):1-11.
- Wu, C., Liu, R., Huang, W., Rayas-Duarte, P., WangF., Yao, Y. (2012). Effect of sourdough fermentation on the quality of Chinese Northern-style steamed breads. *J Cereal Sci*, 56:127-133.