



## YER ELMASI TOZU İLAVESİNİN EKŞİ HAMUR FERMANTASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

**Hümeyra Çetin Babaoğlu, Sultan Arslan Tontul\*, Nihat Akın**  
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Geliş / Received: 02.12.2020; Kabul / Accepted: 16.02.2021; Online baskı / Published online: 15.03.2021

Çetin-Babaoğlu, H., Arslan-Tontul, S., Akın, N. (2021). Yer elması tozu ilavesinin ekşi hamur fermantasyonu üzerine etkisi. *GIDA* (2021) 46(2) 367-375 doi: 10.15237/gida. GD20135.

Çetin-Babaoğlu, H., Arslan-Tontul, S., Akın, N. (2021). The effect of jerusalem artichoke powder incorporation on sourdough fermentation. *GIDA* (2021) 46(2) 367-375 doi: 10.15237/gida. GD20135.

### ÖZ

Bu çalışmada yer elması (*Helianthus tuberosus*) tozunun (YET), ekşi hamur fermantasyonu sırasında laktik asit bakterilerinin (LAB) fermentatif aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ekşi hamur fermantasyon ortamına, %15 oranına kadar YET ikamesinin LAB sayısını arttırdığı ancak bu oranın üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Fermantasyon süresi boyunca örneklerin ortalama LAB sayısı 6.77 log kob/g değerinden 9.15 log kob/g değerine ulaşmıştır. Ekşi hamur örneklerinin pH değeri 48 saatlik süre içerisinde tüm örneklerde ortalama olarak 6.26 değerinden 3.88 değerine azalmış ve YET ilavesinin asitliği baskılayıcı bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Titrasyon asitliği değeri, fermantasyon süresi boyunca artarak ortalama %0.24 değerinden %0.85 değerine yükselmiş ve en yüksek titrasyon asitliği değeri %15 YET ilave edilmiş ekşi hamur fermantasyon ortamında elde edilmiştir. En yüksek indirgen şeker içeriği ise 136.38 g/kg değeri ile %20 YET içeren örneklerde tespit edilmiş olup fermantasyon süresi örneklerin indirgen şeker içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yer elması tozu, ekşi hamur, laktik asit bakterileri, fermantasyon

## THE EFFECT OF JERUSALEM ARTICHOKE POWDER INCORPORATION ON SOURDOUGH FERMENTATION

### ABSTRACT

In this study, the effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) powder (JAP) on the fermentative activity of lactic acid bacteria (LAB) in sourdough fermentation was researched. The enrichment of sourdough fermentation medium with 15% JAP led to increase total LAB count, but over this level, there was insignificant effect. The total average LAB count of samples increased from 6.77 to 9.15 log CFU/g during fermentation period. The mean pH value of samples decreased from 6.26 to 3.88 as average, and it was also determined that JAP utilization suppressed the acidity. Titration acidity value increased from 0.24% to 0.85% during fermentation, and the highest value was recorded in sourdough containing 15% JAP. Additionally, the highest reducing sugar content was detected in 20% JAP containing samples to be 136.38 g/kg, and fermentation period had insignificant effect on reducing sugar content of samples.

**Keywords:** Jerusalem artichoke powder, sourdough, lactic acid bacteria, fermentation

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: sultan.arslan@selcuk.edu.tr,

☎: (+90) 332 223 2937

☎: (+90) 332 241 0108

Hümeyra Çetin Babaoğlu; ORCID no: 0000-0001-9115-6470

Sultan Arslan Tontul; ORCID no: 0000-0003-1557-7948

Nihat Akın; ORCID no: 0000-0002-0966-1126

## GİRİŞ

Ekşi hamur ekmeği bilinen en eski ekmek üretim yöntemlerinden birisidir. Bu üretim tekniğinde ekmeğe mayası olarak, saf starter kültürlerle veya spontan fermantasyonla laktik asit ve maya fermantasyonuna tabi tutulmuş ekşi hamur kullanılmaktadır. Ekşi hamur ekmeği, fermantasyon ile ortaya çıkan mikrobiyal metabolitler sayesinde besinsel olarak zenginleşmektedir. Son yıllarda ekşi hamur ekmeğine olan bilimsel ve teknolojik ilgi hızla artmaktadır. Ekşi hamur ekmeği, yalnızca *Saccharomyces cerevisiae* kullanılarak üretilen ticari beyaz ekmekle kıyaslandığında içeriğindeki antifungal bileşenler ve yüksek asitlik nedeniyle daha uzun raf ömrüne sahip olmakta ve aromatik bileşenler açısından zengin olduğundan duyuşal olarak daha fazla beğenilmektedir (Siepmann vd., 2018).

Ekşi hamur fermantasyonu sırasında LAB ve maya aktivitesi sonucu birçok kimyasal reaksiyon aynı anda gerçekleşmekte ve besin bileşenleri değişime uğramaktadır. Fermantasyon sırasında üretilen organik asit ve ekzopolisakkaritler sayesinde ekmeğin tekstürel özellikleri gelişmekte ve fiziksel-mikrobiyolojik raf ömrü uzamaktadır. Ekzopolisakkarit türevi bileşikler, hamurun viskoelastik özelliklerini geliştirmekte, ekmeğin hacmini artırmakta, ekmeğin sertliğini azaltmakta ve bu yolla ekmeğin bayatlamasını geciktirmektedir (Torrieri vd., 2014). Corsetti vd. (2000) ekşi hamur içeren ekmeğin örneklerinin nişasta retrogradasyon oranının, içermeyen kontrol örneklerine göre daha az olduğunu rapor etmiştir. Tüm bunlara ilaveten ekşi hamur fermantasyonu ile birlikte minör gıda bileşenlerinin miktarında da artış olduğu rapor edilmektedir (Clement vd., 2018; Heitmann vd., 2018; Koistinen vd., 2018). Tüm bunlara ilaveten ekşi hamur fermantasyonu ile hassas bağırsak sendromuna (Irritable Bowel Syndrome, IBS) sebep olan FODMAP (fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols) seviyesi de azaltılmaktadır (Loponen ve Ganzle, 2018).

Ekşi hamur fermantasyonu, LAB ve mayaların ko-fermantasyonu ile ortaya çıkmaktadır. Ekşi

hamur mikroflorasında 50 farklı LAB ve 20 farklı maya türü izole edilmiş olup LAB olarak *Lactobacillus* ve maya olarak ise *Saccharomyces* ve *Candida*'nın baskın olduğu rapor edilmiştir (De Vuyst ve Neysens, 2005). Ekşi hamur fermantasyonunda LAB ve mayaların fermentatif aktivitesinin artırılması ve mikrofloranın zenginleştirilmesi için farklı formülasyonlar kullanılabilmektedir. Gaglio vd. (2020) *Lactobacillus b. sanfranciscensis*/*Leuconostoc citreum*/*Weissella cibaria* karışık kültürü ile hazırladıkları ekşi hamur formülasyonuna çam fıstığı tozu ilave ederek kültürlerin fermentatif etkisini arttırmayı amaçlamışlardır. Saa vd. (2018) ekşi hamur fermantasyonunda süt ve sarı olum olmak üzere iki farklı zamanda hasat edilmiş olgunlaşmamış tam buğday ununu kullanmışlardır. Nutter vd. (2017) ekşi hamur fermantasyon ortamına farklı oranlarda bal ilave edilmesinin, LAB sayısını ve fermentatif aktiviteyi arttırdığını bildirmişlerdir. Daha önce yürütülen çalışmalardan görüldüğü gibi ekşi hamur ortamına LAB ve maya gelişimini teşvik edici farklı kaynaklardan ikameler yapılabilmektedir. Bu amaçla diyet lif açısından zengin kaynaklar da kullanılabilmektedir. Özellikle suda çözünebilir inülin gibi diyet liflerin, prebiyotik etkileri sayesinde ekşi hamur fermantasyon ortamında mikrobiyal aktiviteyi artırıcı rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Tahıl kepekleri diyet lifçe zengin kaynaklar olup genellikle gıda formülasyonlarında bu amaçla kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda inülin gibi meyve ve sebze kaynaklı diyet lifler, yüksek lif oranı ve fitik asit gibi anti-besinsel faktörleri içermemesi gibi avantajları sayesinde tahıl kepeğine tercih edilmektedir (Garcia-Amezquita vd., 2018). Yer elması önemli bir inülin kaynağıdır. Yer elması köklerinin kuru madde ağırlığının yaklaşık %8-21'i oranında inülin içerdiği bildirilmektedir (Radovanovic vd., 2014; Sirbu ve Arghire, 2017). İnülin içeriğindeki bu varyasyon, yer elmasının yetiştirilmesi sırasında karşılaşılan ekolojik ve genetik farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Puttha vd. 2012). İnülin,  $\beta$ -(2-1) glikozidik bağ ile bağlanmış fruktoz moleküllerinden ve en uçtaki fruktoza  $\alpha$ -(1-2) bağıyla bağlı tek bir glukoz biriminden oluşmuş

bir karbonhidrat polimeridir (Morris ve Morris, 2012; Rubel vd., 2015). İnülin bu yapı sayesinde üst gastrointestinal sistemde enzimatik sindirime dirençli olup ancak kalın bağırsakta endojen mikroflora tarafından fermente edilebilmektedir (Sirbu ve Arghire, 2017). Prebiyotik etki olarak tanımlanan bu özellik sayesinde inülin, probiyotiklerin ve laktik asit bakterilerinin (LAB) gelişimlerini ve aktivitelerini seçici olarak teşvik edebilmektedir (Oliveira vd., 2012).

Yapılan literatür taramalarında ekşi hamur fermantasyonunda diyet lif ilavesinin, LAB aktivitesi üzerine etkisinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma tespit edilmiştir. Ayrıca inüline zengin bir kaynak olan yer elması tozunun ekşi hamur fermantasyonunda kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada ekşi hamur formülasyonuna farklı oranlarda yer elması tozu (%5, 10, 15 ve 20) ilave edilmesi ve fermantasyon sırasında LAB sayısı, pH, titrasyon asitliği ve indirgen şeker miktarının 48 saatlik süre boyunca takip edilmesi amaçlanmıştır.

### MATERYAL ve YÖNTEM

#### Materyal

Araştırmada kullanılan yer elması, Konya'da yerel bir üreticiden herhangi bir ön işlem görmemiş şekilde temin edilmiş olup 2019 yılı hasadına aittir. Yer elması örnekleri yıkandıktan ve kabukları soyulduktan sonra dilimlenerek döner tepsili kurutma cihazında (Eksis, Konya, Türkiye) 50°C'de nem içeriği %5'in altına düşene kadar kurutulmuştur. Kurutulan yer elması dilimleri laboratuvar tipi diskli değirmen (Mill 120, Perten, İsviçre) kullanılarak 250 µm büyüklüğüne kadar öğütülmüştür.

Ekşi hamur fermantasyonunda ekmeklik un (Hekimoğlu, Konya) kullanılmış olup analizlerde kullanılacak genel kimyasal malzemeler Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

#### LAB kültürlerinin hazırlanışı

Ekşi hamur fermantasyonunda kullanılan izolat LAB kültürleri (*Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum* ve *Lactobacillus rhamnosus*) Bayburt Üniversitesi, Gıda

Mühendisliği Bölümü'nden temin edilmiştir. LAB, önceden sterilize edilerek oda sıcaklığına kadar soğutulmuş 50 mL MRS Broth (de Man Rogosa Sharp, Merck, Almanya) besiyeri içerisinde ayrı ayrı olarak 37°C'de 18 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda hücre peletleri iki kez steril ringer çözeltisi ile yıkandıktan sonra steril %20'lik gliserol çözeltisi (Merck, Almanya) içerisinde -18°C'de ekşi hamur fermantasyonuna kadar bekletilmiştir.

**Ekşi hamur fermantasyonu**Bu amaçla 100 g ekmeklik beyaz un, 100 mL iyi kalitede içme suyu ile karıştırılmıştır. Fermantasyon ortamı içerisine, un ağırlığının %5, %10, %15 ve %20'si oranında yer elması tozu ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımlara her bir LAB kültüründen 0.2 mL inoküle edilmiş, karışımlar steril bir kaşık yardımıyla aseptik koşullarda karıştırıldıktan sonra 30°C'de 48 saat fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sırasında 0., 24. ve 48. saatlerde aseptik koşullarda örnekleme yapılmış ve alınan ekşi hamur örneklerinde toplam LAB, pH, titrasyon asitliği ve indirgen şeker analizi gerçekleştirilmiştir.

#### Hammadde temel bileşen analizleri

Ekmeklik un ve yer elması tozu örneklerinin nem (Metod no: 44-15.02), kül (Metod no: 08-01.01), protein (Metod no: 46-12.01), ham yağ (Metod no: 30.10.01) ve toplam diyet lif (Metod no: 32-07.01) içeriği AACC Standart metodları kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 2000).

#### Toplam LAB sayısı

Aseptik koşullarda alınan 10 g örnek 90 mL steril ringer solüsyonu ile homojen bir şekilde karıştırılarak ilk dilüsyon hazırlanmıştır. Diğer örnek dilüsyonları, ilk dilüsyonun 10 kat oranında seyreltilmesi ile hazırlanmıştır. Toplam LAB sayımında besiyeri olarak 10 mg/L oranında sikloheksimid ilave edilmiş MRS agar kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan ekim yapılan petriler, 37°C'de 48 saat anaerobik koşullarda inkübasyona bırakıldıktan sonra sayım yapılmıştır (Nutter vd., 2017).

### pH ve toplam titrasyon asitliği analizi

5 g ekşi hamur örneği tartılıp üzerine 25 mL saf su ilave edilerek homojenize edilmiştir. Örneğin pH değeri, pH metre (WTW, Weilheim, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Toplam titrasyon asitliği ise pH ölçümü için homojenize edilen örneklerin fenol fitalein indikatörlüğünde, 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmesi sonucu belirlenmiştir. Toplam titrasyon asitliği değeri laktik asit eşdeğeri kullanılarak % olarak hesaplanmıştır (Metot no: 02-31.01; AACC, 2000).

### İndirgen şeker analizi

0.1 g ekşi hamur örneği üzerine 3.9 mL saf su ve 0.08 mL HCl ilave edilerek örnek homojenize edilmiş ve 90 °C'de 10 dk bekletilerek inversiyon sağlanmıştır. Süre sonunda örnek üzerine, 0.2 mL 5 N KOH ilave edilerek rekasyon durdurulmuş ve örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. 3 mL örnek üzerine 3 mL DNS çözeltisi (%1 dinitro salisilik asit, %0.05 sodyum sülfat, %1 sodyum hidroksit) ilave edilerek 90 °C'de 15 dk bekletilmiştir. Süre sonunda örnek tüpü içerisine 1 mL %40'lık potasyum sodyum tartarat çözeltisi ilave edilmiş ve örnek absorbanları 574 nm dalga boyunda spektrofotometrede (OPTIZEN™, Daejeon, Kore) ölçülmüştür. İndirgen şeker miktarı ise 0, 0.5, 1, 2.5, 5 ve 10 g/kg konsantrasyonunda hazırlanan glukoz standardına ait kurvenin eğimi kullanılarak hesaplanmıştır (Ai vd., 2015).

### İstatistiksel analizler

Ekşi hamur fermantasyonu iki tekerrürlü ve analizler ise iki paralel halinde yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen verilere varyans analizi ve önemli bulunan faktörlere ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar SAS istatistik programı ile gerçekleştirilmiş olup değerler ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde düzenlenmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Ham madde bileşen kompozisyonu

Yer elması tozu ve un örneklerine ait temel kimyasal bileşenlerin miktarı Çizelge 1'de sunulmuştur. Hammaddeler arasında en önemli fark diyet lif içeriğinde ortaya çıkmıştır. Un örneğinin diyet lif içeriği %2.50 düzeyinde tespit edilirken bu oran yer elması tozunda %23.99 olarak belirlenmiştir. Yer elması tozunun tespit edilen çözünebilir diyet lif içeriği %14.96 ve çözünmeyen diyet lif içeriği ise %9.02'dir. Bu durum, yer elmasının oldukça yüksek oranda diyet lif olarak sınıflandırılan inülin bileşenini içermesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalarda yer elması yumrularının karbonhidrat içeriğinin yaklaşık %80'inin inülininden oluştuğu rapor edilmiştir (Barta ve Patkai, 2007). Ayrıca yer elmasının en önemli inülin kaynağı olduğu bildirilmekte olup kuru ağırlığın yaklaşık %8-21'inin inülininden oluştuğu bildirilmektedir (Radovanovic vd., 2014; Sirbu ve Arghire, 2017).

Çizelge 1. Buğday unu ve yer elması tozunun kimyasal kompozisyonu (N=2,  $\pm$  std hata)

Table 1. Chemical composition of wheat flour and Jerusalem artichoke (N=2,  $\pm$  std error)

Örnek Sample	Nem (%) Moisture (%)	Kül (%) Ash (%)	Protein (%) Protein (%)	Yağ (%) Fat (%)	Diyet lif (%) Dietary fiber (%)
Un	13.11 $\pm$ 0.01	0.51 $\pm$ 0.01	13.99 $\pm$ 0.44	1.19 $\pm$ 0.01	2.50 $\pm$ 0.01
Yer elması	4.66 $\pm$ 0.17	5.54 $\pm$ 0.10	5.47 $\pm$ 0.15	0.40 $\pm$ 0.01	23.99 $\pm$ 0.11

Yer elması tozunun üretimi sırasında uygulanan kurutma nedeniyle nem içeriği, un örneğinin nem içeriğinden daha düşük olarak belirlenmiştir. Yer elması tozu örneklerinin kül içeriği un örneğinin kül içeriğinden yaklaşık 11 kat daha fazla olarak tespit edilmiştir. Yer elması örneklerinin ham protein miktarı ise, un örneğinden daha düşüktür.

Protein içeriği ile benzer bir şekilde yer elması tozunun ham yağ miktarı, un örneği ile kıyaslandığında genel olarak daha düşük seviyede tespit edilmiştir.

**YET ilavesinin ve fermantasyon süresinin ekşi hamur örneklerinin toplam LAB sayısı üzerine etkisi**

Farklı oranlarda yer elması tozu ile yapılan ikamenin ekşi hamur örneklerinin toplam LAB sayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olmuştur ( $P<0.05$ ) (Çizelge 2). Ekşi hamur fermantasyonda en düşük LAB sayısı 8.04 log kob/g değeri ile yer elması tozu içermeyen kontrol grubunda tespit edilmiştir. En yüksek LAB sayısı ise %10 ve %15 oranında katkı içeren ekşi hamur örneklerinde sırasıyla 8.51 ve 8.45 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Yer elması tozu ilavesi ekşi hamur fermantasyon ortamının LAB sayısını arttırmakla birlikte artan oranları (%20) negatif etkiye neden olmuştur. Bu durumun, belli bir seviyeye kadar yer elması içeriğindeki prebiyotik

etkili bileşenlerin LAB gelişimini teşvik etmesi ancak bu sınırın üzerinde, içeriğindeki yüksek mineral kompozisyonu gibi faktörlerin antagonistik etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan yer elması tozu geleneksel beyaz un ile karşılaştırıldığında yaklaşık 10 kat daha fazla toplam kül içeriğine sahiptir. Dimitrovski vd. (2016) sinbiyotik özellikle fermente yeni bir içecek üretmeyi amaçladıkları çalışmalarında yer elması suyunu ve probiyotik *L. plantarum* kültürünü kullanmışlardır. Bu çalışmada yer elması suyunun herhangi bir enzimatik ön işleme gerek duymaksızın *L. plantarum* gelişimini destekleyici etki gösterdiğini ve bu durumun ise yer elmasının yüksek fruktooligosakkarit içeriğine sahip olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Farklı oranlarda yer elması tozu ilave edilerek üretilen ekşi hamur örneklerinin toplam LAB sayısı, pH, titrasyon asitliği ve indirgen şeker içeriği (ortalama $\pm$  standart hata)

Table 2. Total LAB count, pH, titration acidity and reducing sugar content of sourdough samples utilized by different ratios of Jerusalem artichoke powder (mean  $\pm$  error)

YET	N	Toplam LAB sayısı (log kob/g) Total LAB count (log CFU/g)	pH pH	Titrasyon asitliği (%) Titration acidity (%)	Toplam indirgen şeker içeriği (g/kg) Total Reducing sugar content (g/kg)
%0	6	8.04 $\pm$ 0.51 <sup>b</sup>	4.74 $\pm$ 0.50 <sup>c</sup>	0.48 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	83.75 $\pm$ 4.23 <sup>d</sup>
%5	6	8.40 $\pm$ 0.51 <sup>ba</sup>	4.80 $\pm$ 0.48 <sup>bc</sup>	0.56 $\pm$ 0.11 <sup>ba</sup>	97.15 $\pm$ 6.14 <sup>dc</sup>
%10	6	8.51 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	4.86 $\pm$ 0.46 <sup>b</sup>	0.52 $\pm$ 0.10 <sup>ba</sup>	109.55 $\pm$ 5.71 <sup>bc</sup>
%15	6	8.45 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>	4.91 $\pm$ 0.43 <sup>ba</sup>	0.58 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	119.38 $\pm$ 2.14 <sup>ba</sup>
%20	6	8.38 $\pm$ 0.51 <sup>ba</sup>	5.00 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	0.56 $\pm$ 0.11 <sup>ba</sup>	136.38 $\pm$ 7.31 <sup>a</sup>
Fermantasyon süresi (saat) Fermentation time (hour)					
Başlangıç	10	6.77 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	6.26 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.24 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	106.03 $\pm$ 8.01 <sup>a</sup>
24	10	9.14 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	4.44 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.53 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	113.74 $\pm$ 7.01 <sup>a</sup>
48	10	9.15 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	3.88 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	0.85 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	107.95 $\pm$ 6.66 <sup>a</sup>

YET; yer elması tozu

JAP; Jerusalem artichoke powder

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı ifade etmektedir ( $p<0.05$ )

Different letters in same column statistical significance ( $p<0.05$ )

Fermantasyon süresi, ekşi hamur örneklerinin toplam LAB sayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olmuştur ( $P<0.05$ ). Fermantasyonun ilk periyodunda (0-24 s), LAB sayısı dikkate değer bir artış göstererek tüm ekşi hamur örneklerinde ortalama olarak 6.77 log kob/g değerinden 9.14 log kob/g değerine

ulaşmıştır. Fermantasyonun ikinci periyodu değerlendirildiğinde ise (24-48 s), LAB sayısının yükseliş trendini kaybettiği ve 9.15 log kob/g seviyesinde kaldığı görülmektedir. Elde edilen veriler daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ile uyumlu olup ekşi hamur fermantasyonunda LAB sayısı genellikle benzer seviyelerde tespit

edilmektedir. Sterr vd. (2009) spontan fermantasyon ile yürüttükleri ekşi hamur çalışmasında 10 günlük fermantasyon süresi boyunca örneklerin toplam LAB sayısının  $10^9$ - $10^{10}$  kob/g seviyesinde olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışma sonuçlarından %15 oranına kadar yapılan yer elması tozu ikamesinin ekşi hamur fermantasyonu sırasında LAB'nin gelişimini teşvik ettiği ve fermantasyon için istenilen sayıya 24 saat içerisinde ulaşabildiği anlaşılmaktadır.

#### **YET ilavesinin ve fermantasyon süresinin ekşi hamur örneklerinin pH içeriği ve titrasyon asitliği üzerine etkisi**

Ekşi hamur örneklerinin pH ve titrasyon asitliğindeki değişime ait veriler Çizelge 2'de verilmiştir. Ekşi hamur örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine yer elması tozu ilavesinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Ekşi hamur örneklerinin fermantasyon süresince tüm örneklerde elde edilen en yüksek ortalama pH değeri olan 5.00, %20 yer elması tozu içeren ekşi hamur örneğinde tespit edilmiştir. Bu durum açıkça ortaya koymaktadır ki örneklerin pH değeri, LAB aktivitesinden çok yer elması tozu katkısından etkilenmiş ve yer elması tozu asit oluşumunu baskılayıcı rol oynamıştır. Bu durumun temel nedeninin yer elmasında bulunan bazik karakterli bileşiklerin pH arttırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Rakhimov et al. (2014) yer elması yumrusunun bazik karakterli bir amino asit olan lizin içeriğinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Benzer bir sonuç Cankurtaran vd. (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada da tespit edilmiş olup tarhana örneklerinde en yüksek pH değerini %20 oranında yer elması tozu içeren formülasyonda bildirmişlerdir. Diğer taraftan 48 saatlik fermantasyon süresi boyunca LAB aktivitesi sonucu örneklerin pH değeri 6.26 değerinden 3.88 değerine azalmıştır. Tespit edilen ekşi hamur pH değerleri daha önce yürütülen çalışmalar ile uyumlu olarak değerlendirilmiştir. Bartkiene vd. (2013) lupin unundan hazırladıkları ekşi hamurlarda pH değerini 4.13 olarak rapor etmişlerdir. Daha önce gerçekleştirmiş olduğumuz bir çalışmada ise olgunlaşmamış

buğday içeren ekşi hamur örneklerinin pH değerinin 48 saatlik fermantasyon süresi sonunda 6.57 değerinden 3.50 değerine düştüğü tespit edilmiştir (Çetin-Babaoğlu vd., 2020).

pH verilerinin aksine titrasyon asitliği analizinde elde edilen veriler, LAB sayısı ile uyum göstermektedir. Fermantasyon süresince en yüksek titrasyon asitliği değeri %0.58 ile %15 yer elması tozu içeren ekşi hamur örneklerinde ve en düşük değer ise %0.48 ile kontrol örneğinde elde edilmiştir. Fermantasyon süresi boyunca fermentatif aktivite nedeniyle titrasyon asitliği %0.24 değerinden %85 değerine artış göstermiştir. Titrasyon asitliğinde meydana gelen bu artış LAB'nin metabolit olarak ürettiği organik asitlerden kaynaklanmaktadır. Ekşi hamur fermantasyonu sırasında LAB tarafından üretilen temel organik asitler, laktik ve asetik asittir (Poutanen vd. 2009). Ekşi hamur ekmeğinin en önemli özelliklerinden birisi sağladığı asidik-ekşimsi tattır. Bu nedenle ekşi hamur fermantasyonu sırasında titrasyon asitliğinin yükselmesi beklenmektedir. Üretilen organik asitler sayesinde ekmeğin asitlik değeri artarak mikrobiyal bozulmalara karşı korunmakta ve böylece raf ömrü artmaktadır. Daha önce yürütülen çalışmalarda da ekşi hamur fermantasyonu sırasında titrasyon asitliği değerlerinde önemli artışlar kaydedilmiştir. Çetin-Babaoğlu vd. (2020) ekşi hamur fermantasyonu sırasında örneklerin titrasyon asitliğinin 48 saatlik periyotta yaklaşık 8 kat arttığını bildirmiştir.

#### **YET ilavesinin ve fermantasyon süresinin ekşi hamur örneklerinin indirgen şeker içeriği üzerine etkisi**

Yer elması tozu ilavesinin ekşi hamur örneklerinin indirgen şeker içeriğinde meydana getirdiği değişim Çizelge 2'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre yer elması tozu ilave oranının, ekşi hamur örneklerinin indirgen şeker içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkisinin olduğu ( $p<0.01$ ), buna karşın fermantasyon süresinin ise herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

pH analizinde elde edilen sonuçlar ile benzer şekilde, örneklerin indirgen şeker içeriğinde

meydana gelen değişim LAB aktivitesinden çok yer elması tozu ilavesi ile şekillenmiştir. Bu durumun nedeni ise yer elmasının önemli bir inülin ve fruktan kaynağı olmasıdır (Barta ve Patkai, 2007). Bu anlamda en düşük indirgen şeker içeriği yer elması tozu içermeyen kontrol örneğinde, en yüksek değer ise %20 yer elması tozu içeren ekşi hamur örneğinde belirlenmiştir. Barta ve Patkai, (2007) yer elmasının indirgen şeker içeriğini %3-6 olarak rapor etmiştir. Fermantasyon süresi boyunca örneklerin indirgen şeker içeriğinde dikkate değer bir artış veya azalış gerçekleşmemiştir. LAB ve mayalar fermantasyon sırasında karbon kaynağı olarak ortamdaki şekerleri kullanmakta ve böylelikle gelişerek farklı metabolitler üretmektedirler. Marti vd. (2014) ekşi hamur fermantasyonu sırasında sukroz ve rafinoz miktarının LAB aktivitesi sonucu azaldığını bildirmiştir. Rizzello vd. (2010) ise buğday rüşeyminin spontan fermantasyonu sırasında arabinoz, fruktoz, glikoz, maltoz ve rafinoz içeriğinde azalma olduğunu rapor etmiştir. Mevcut çalışmada beklenenin aksine ortaya çıkan bu durumda mikrobiyal aktivite sonucunda fermente edilen şeker miktarı ve yer elmasından gelen yüksek indirgen şeker içeriğinin birbirini dengelemesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Yer elmasının yüksek oranda serbest şeker içerdiği daha önce yürütülen çalışmalarda da ortaya konulmuştur. Yapılan bir çalışmada beş farklı yer elması çeşidinin 70-90 g/kg fruktoz ve 10-30 g/kg glikoz içerdiği bildirilmiştir (Barta ve Patkai, 2007).

### SONUÇLAR

Bu çalışma ile inulin açısından zengin bir kaynak olan yer elması tozunun ekşi hamur fermantasyonunda kullanım imkanları araştırılmıştır. Sonuç olarak ekşi hamur fermantasyon ortamına %15 oranına kadar yer elması tozu ilavesinin laktik asit bakterilerinin fermentatif etkisini arttırıcı bir rol oynadığı ancak bu oranın üzerinde yapılan ilavenin LAB gelişimini negatif olarak etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca yer elması tozu ilavesi ile birlikte artan LAB aktivitesi sayesinde ekşi hamur fermantasyonunda arzu edilen asitlik değerlerine 48 saat yerine 24 saatte ulaşılabilirdiği ve böylece fermantasyon süresinin kısaltılabildiği belirlenmiştir. Bu çalışma

ile yer elması tozunun ekşi hamur fermantasyonunda kullanılabilirliği ortaya konulmuştur. Mevcut araştırma ile prebiyotik bileşenlerce zengin bitkisel kaynaklar kullanılarak ekşi hamur fermantasyonunda rol alan LAB ve mayaların fermentatif aktivitesinin artırılabilirdiği belirlenmiştir. Tüm bunlara ilaveten önemli bir diyet lif kaynağı olan ancak sınırlı tüketim oranına sahip yer elmasının, toz forma getirildikten sonra ekşi hamur ekmeğine ikame edilerek değerlendirilebileceği de ortaya konulmuştur.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destek nedeniyle Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu'na (Proje no: 119O134) ve bakteri kültürlerinin teminini sağlayan Doç. Dr. Enes Dertli'ye teşekkür ederiz.

### ÇIKAR ÇATISMASI BEYANI

Bu makalede yazarların, diğer kişilerin ve kurumların arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederiz.

### YAZAR KATKILARI

Hümeysra Çetin Babaoğlu ve Sultan Arslan Tontul çalışmayı gerçekleştirmiş ve makale haline dönüştürmüştür. Nihat Akın ise makaleyi okuyarak son kontrollerini gerçekleştirmiştir. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

### KAYNAKLAR

- AACC. (2000). Metod no: 44-15.02, Metod no: 08-01.01, Metod no: 46-12.01, Metod no: 30.10.01, Metod no: 32-07.01. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc, St.
- Ai, J., Li, A.L., Su, B.X., Meng, X.C. (2015). Multi-cereal beverage fermented by *Lactobacillus helveticus* and *Saccharomyces cerevisiae*. *J Food Sci*, 80(6): 1259-1265, doi: 10.1111/1750-3841.12859
- Barta, J., Patkai, GY. (2007). Chemical composition and storability of Jerusalem artichoke tubers. *Acta Aliment*, 36 (2): 257-267, doi: doi.org/10.1556/aalim.36.2007.2.13
- Bartkiene, E., Schleining, G., Rekstyte, T., Krungleviciute, V., Juodeikiene, G., Vaiciulyte-Funk, L., Maknickiene, Z. (2013). Influence of the

- addition of lupin sourdough with different lactobacilli on dough properties and bread quality. *Int J Food Sci Technol*, 48: 2613-2620, doi: 10.1111/ijfs.12257
- Cankurtaran, T., Ceylan, H., Bilgicli, N. (2020). Effect of partial replacement of wheat flour by taro and Jerusalem artichoke flours on chemical and sensory properties of tarhana soup. *J. Food Proces Preserv*, 44: e14826, doi: 10.1111/jfpp.14826
- Cetin-Babaoğlu, H., Arslan-Tontul, S., Akin, N. (2020). Effect of immature wheat flour on nutritional and technological quality of sourdough bread. *J Cereal Sci*, doi: 10.1016/j.jcs.2020.103000
- Clement, H., Prost, C., Chiron, H., Ducasse, M. B., Della Valle, G., Courcoux, P., Onno, B., (2018). The effect of organic wheat flour by-products on sourdough performances assessed by a multi-criteria approach. *Food Res Int*, 106: 974-981, doi: 10.1016/j.foodres.2018.01.053
- Corsetti, A., Gobetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *J Agr Food Chem*, 48: 3044-3051, doi: 10.1021/jf990853e
- De Vuyst, L., Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trend Food Sci Technol*, 16: 43-56, doi: 10.1016/j.tifs.2004.02.012
- Dimitrovski, D., Velickova, E., Dimitrovska, M., Langerholc, T., Winkelhausen, E. (2016). Synbiotic functional drink from Jerusalem artichoke juice fermented by probiotic *Lactobacillus plantarum* PCS26. *J Food Sci Technol*, 53(1):766-774, doi: 10.1007/s13197-015-2064-0
- Gaglio, R., Alfonzo, A., Barbera, M., Franciosi, E., Francesca, N., Moschetti, G., Settanni, L. (2020). Persistence of a mixed lactic acid bacterial starter culture during lysine fortification of sourdough breads by addition of pistachio powder. *Food Microbiol*, 86: 103349, doi: 10.1016/j.fm.2019.103349
- Garcia-Amezquita, L.E., Tejada-Ortigoza, V., Serna-Saldivar, S.O., Welti-Chanes, J. (2018). Dietary fiber concentrates from fruit and vegetable by-products: processing, modification, and application as functional ingredients. *Food Bioprocess Technol*, 11: 1439-1463, doi: 10.1007/s11947-018-2117-2
- Heitmann, M., Zannini, E., Arendt, E. (2018). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* metabolites produced during fermentation on bread quality parameters: A review. *Cri Rev Food Sci Nutr*, 58(7): 1152-1164, doi: 10.1080/10408398.2016.1244153
- Koistinen, V. M., Mattila, O., Katina, K., Poutanen, K., Aura, A. M., Hanhineva, K. (2018). Metabolic profiling of sourdough fermented wheat and rye bread. *Sci Rep*, 8:1-11, doi: 10.1038/s41598-018-24149-w
- Loponen, J., Ganzle, M.G. (2018). Use of Sourdough in Low FODMAP Baking foods, *Foods*, 7:1-12, doi:10.3390/foods7070096
- Marti, A., Torri, L., Casiraghi, M.C., Franzetti, L., Limbo, S., Morandin, F., Quaglia, L., Pagani, M.A. (2014). Wheat germ stabilization by heat-treatment or sourdough fermentation: Effects on dough rheology and bread properties. *Food Sci Technol*, 59: 1100-1106, doi: 10.1016/j.lwt.2014.06.039
- Morris, C., Morris, G.A. (2012). The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food Chem*, 133: 237-248, doi: 10.1016/j.foodchem.2012.01.027
- Nutter, J., Fritz, R., Saiz, A. I., Iurlina, M. O. (2017). Effect of honey supplementation on sourdough: Lactic acid bacterial performance and gluten microstructure. *Food Sci Technol*, 77: 119-125, doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.040
- Oliveira, R.P.S., Perego, P., Oliveira, M.N., Converti, A. (2012). Effect of inulin on the growth and metabolism of a probiotic strain of *Lactobacillus rhamnosus* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. *Food Sci Technol*, 47(2): 358-363, doi: 10.1016/j.lwt.2012.01.031
- 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



- Puttha, P., Jogloy, S., Wangsomnuk, P.P., Srijaranai, S., Kesmala, T., Patanothai, A. (2012). Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. *Euphytica*, 183: 119–131, doi: 10.1007/s10681-011-0520-0
- Radovanovic, A.M., Milovanovic, O.Z., Kipic, M.Z., Ninkovic, M.B., Cupara, S.M. (2014). Characterization of Bread Enriched with Jerusalem Artichoke Powder Content. *J Food Nutr Res*, 12: 895-898, doi: :10.12691/jfnr-2-12-6
- Rakhimov, D. A., Zhauynbaeva, K. S., Mezhlumyan, L. G., Salikhov, S. A. (2014). Carbonhydrates and Proteins from *Helianthus tuberosus*. *Chem Nat Comp*, 50: 344-345.
- Rizzello, C. G., Nionelli, L., Coda, R., De Angelis, M., Gobbetti, M. (2010). Effect of sourdough fermentation on stabilisation, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ. *Food Chem*, 119: 1079–1089, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.08.016
- Rubel, I.A., Perez, E.E., Manrique, G.D., Genovese, D.B. (2015). Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Struct*, 3:21-29, doi: 10.1016/j.foostr.2014.11.001
- Saa, D. T., Silvestro, R. D., Dinelli, G., Gianotti, A. (2018). Effect of sourdough fermentation and baking process severity on dietary fibre and phenolic compounds of immature wheat flour bread. *Food Sci Technol*, 83: 26-32, doi: 10.1016/j.lwt.2017.04.071
- Siepmann, F. B., Ripari, V., Waszczyński, N., Spier, M. R. (2018). Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing. *Food Bioprocess Technol*, 11(2): 242-270, doi: 10.1007/s11947-017-1968-2
- Sirbu, A., Arghire, C. (2017). Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. *J Cereal Sci*, 75: 220-227, doi: 10.1016/j.jcs.2017.03.029
- Sterr, Y., Weiss, A., Schmidt, H. (2009). Evaluation of lactic acid bacteria for sourdough fermentation of amaranth. *Int J Food Microbiol*, 136: 75-82, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.09.006
- Torrieri, E., Pepe, O., Ventrino, V., Masi, P., Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *Food Sci Technol*, 56: 508-516, doi: 10.1016/j.lwt.2013.12.005.