



## **EKŞİ MAYA VE EKŞİ MAYALI EKMEĞİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Ebubekir Yılmaz<sup>1</sup>, Zerrin Yüksel<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Osmaneli Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, Osmaneli, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bayramiç Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal Ürünler İşleme Teknolojileri Bölümü, Bayramiç, Çanakkale, Türkiye

Geliş /Received: 23.05.2023; Kabul /Accepted: 02.07.2023; Online baskı /Published online: 20.07.2023

Yılmaz, E, Yüksel, Z. (2023). Ekşi maya ve ekşi mayalı ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri. GIDA (2023) 48 (4) 750-771 doi: 10.15237/ gida.GD23062

Yılmaz, E, Yüksel, Z. (2023). *Sourdough and some technological properties of sourdough bread and its effects on health.* GIDA (2023) 48 (4) 750-771 doi: 10.15237/ gida.GD23062

### **ÖZ**

Ekmeğin, yüzyıllardır dünya çapında tüketilen en geleneksel ve en temel gıda olarak kabul edilmektedir. Günümüzde geleneksel ekmeklere olan ilginin artması ekşi mayalı ekmeğin üretimini önem kazanmasını beraberinde getirmiştir. Ekşi mayalı ekmeğin, ekşi hamurdan üretilmektedir. Ekşi hamur, kısaca, laktik asit bakterileri (LAB) ve maya tarafından fermente edilmiş un ve su karışımıdır. Son yıllarda bilim insanlarının çalışmalarının, tüketicilerin ve endüstrilerin ilgilerinin ekşi hamurun ekmeğin üzerinde besin değerini artırma, yapı ve fonksiyonel özellikleri geliştirme, raf ömrünü uzatma gibi konular üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca sağlık üzerine olumlu etkileri ile gündemde olan ekşi maya ekmeğin tüketiminin popülaritesinin artması, ekşi maya pazarının büyümesini de beraberinde getirmektedir. Bu derlemede ekşi maya ve çeşitleri, ekşi maya ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri detaylı ve güncel literatür taramaları ile bir araya getirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ekşi maya, ekşi mayalı ekmeğin, laktik asit bakterileri

## **SOURDOUGH AND SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SOURDOUGH BREAD AND ITS EFFECTS ON HEALTH**

### **ABSTRACT**

Bread has been considered the most traditional and basic food consumed worldwide for centuries. Nowadays the increasing interest in traditional breads has brought sourdough bread production to gain importance. Sourdough bread is produced from sourdough. Sourdough, in short, is a mixture of flour and water fermented by lactic acid bacteria (LAB) and yeast. In recent years, it has been observed that the studies of scientists, consumers and industries have focused on issues such as increasing the nutritional value of sourdough on bread, improving its structure and functional properties, and extending its shelf life. In addition, the increasing popularity of sourdough bread consumption, which is on the agenda with its positive effects on health, brings along the growth of the sourdough market. In this review, sourdough and its types, some technological properties of sourdough bread and their effects on health are brought together with detailed and current literature reviews.

**Keywords:** Sourdough, sourdough bread, lactic acid bacteria

\* Sorumlu yazar /corresponding author:

✉: zyuksel@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 773 2512

☎: (+90) 286 773 2513

Ebubekir Yılmaz; ORCID no: 0000-0003-3770-2332

Zerrin Yüksel; ORCID no: 0000-0001-6817-7847

## GİRİŞ

EkmeK, insan beslenmesinde yer alan en eski bileşen ve günümüzde de dünya çapında tüketilen en popüler gıdalardan biri olup (Canesin ve Cazarin, 2021; Arzani, 2021) un, maya, tuz ve suyun belli oranlarda karıştırılıp yoğurulması, fermente edilmesi ve pişirilmesi ile elde edilmektedir (Anonymous, 2012; Özkaya, 2019; Badem, 2021). Birçok Batı Avrupa ülkesinde karbonhidrat ihtiyacının %50'si, protein ihtiyacının %30'u, B grubu vitaminlerinin %50'sinden fazlası, E vitamini ihtiyacının %75'i ekmeKten sağlanmakta ve ekmeK, tüm dünyada en önemli gıda maddesi olma özelliğini sürdürmektedir. Ülkemizin bir tahıl ülkesi olması, beslenme alışkanlıkları ve sosyoekonomik yapı nedeniyle, ekmeğin ülkemiz insanının beslenmesindeki önemi daha da fazladır. Kişi başına yaklaşık 400 g ekmeK tüketimi ile Türkiye, dünyada en fazla ekmeK tüketen ülkelerden birisidir (Özkaya, 2019; Badem, 2021). Diğer yandan son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmesi, değişen ve gelişen damak tatları, sosyal yaşamın getirdiği zorunluklar gibi nedenlerle iyi dengelenmiş bir beslenme profiline ve sağlığı iyileştiren özelliklere sahip, kaliteli, hijyenik koşullarda ve mevzuata uygun olarak üretilmiş geleneksel ekmeKlere olan ilgi artış göstermektedir. Bu artan ilgiyle birlikte ekşi mayalı ekmeK üretimi tekrar önem kazanmaya başlamıştır (Gül vd., 2021; Catzeddu, 2021).

EkmeK ve bazı unlu mamullerin üretiminde, ürünlerin istenilen kalitede olmasını sağlamak için fermantasyon çok önemli bir adım olarak yer almaktadır. Buğday hamurunun fermantasyonu temel olarak *Saccharomyces cerevisiae* (ticari maya) veya laktik asit bakterileri (ekşi maya) veya her ikisinin aktivitesine dayanmaktadır. Hem maya fermantasyonu hem de ekşi maya fermantasyonu sırasında enzimatik aktivitenin yanı sıra asit oluşumu da görülmektedir (Hajnal vd., 2021).

Ekşi mayalı ekmeK, binlerce yıldır dünya çapında insanların tükettiği fermente bir gıdadır. Dünyanın dört bir yanındaki fırıncılar arasında muhafaza edilen ve paylaşılan ekşi maya "starter kültür"den üretilmektedir. Starter kültür, undaki karbonhidratları fermente eden ve ekmeK

hamurunun pişirme işleminden önce kabarmasını sağlayan karbondioksit üreten maya ve bakterilerden oluşan mikroorganizma topluluğudur (Landis vd., 2021).

Ekşi mayalı ekmeK terimi, ekşi maya ile mayalanmış ekmeği ifade etmektedir. Ekşi maya, kendiliğinden gelişebilen veya seçilen starter kültürler ile aşılabilen LAB ve mayalarla fermente edilmiş un ve su karışımıdır (Abedfar vd., 2018; Canesin ve Cazarin, 2021; Catzeddu, 2021; Gül vd., 2021). Spontane (geleneksel) ekşi maya, bilinen en eski ekmeK mayalama maddesidir ve hamur karışımı birkaç saat oda sıcaklığında bekletilir. Hamurda endojen mikroorganizmalar tarafından fermantasyon meydana gelir ve hamurun özelliklerini etkileyen metabolitler üretilir. Hamura yeni un ve suyun eklenmesi, geri döndürme (backslopping) olarak bilinir, mayalar ve LAB'den oluşan bileşik bir ekosistemin gelişmesine olanak vererek hamura tipik ekşi tadını vermektedir. Ekşi maya elde etmek için ticari olarak temin edilebilen starter kültürler un ve su karışımına eklenebilir. Mayalar ağırlıklı olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üretiminden sorumluyken, LAB esas olarak laktik asit, asetik asit veya her ikisinin üretiminden sorumludur; her ikisi de ekmeğin aromatik öncü bileşiklerini üretir. Ayrıca, hamurun teknolojik performansı ve ekmeğin besinsel özellikleri, aroma profili, raf ömrü ve genel nitelikleri ekşi hamur mikroorganizmalarının metabolik aktivitesinden büyük ölçüde etkilenir (Catzeddu, 2021).

Ekşi maya, ekmeK üretiminde kullanılıyor olsa da ekmeK yapım sürecinde getirdiği zorluklar nedeniyle ticari ekmeK mayasının kullanımı çok daha yaygındır. Ticari mayanın ekmeK hamurunda güvenilir ve hızlı fermantasyon gerçekleştirmesi ile hem küçük üretici hem de endüstriyel fırınların gereksinimleri kolayca karşılanmaktadır. Ticari mayalı ekmeK ile ekşi mayalı ekmeK arasında birçok duyuşal, besleyici ve fiziksel farklılık vardır; örneğin, ekşi mayalı ekmeKler, ticari mayalı ekmeğe kıyasla genellikle daha yoğun bir tat, asidik bir tat, daha yüksek iç kısım yoğunluğu ve daha uzun raf ömrü sergilemektedir. Ekşi maya ekmeği ayrıca, özellikleri çok sayıda bilimsel çalışmada ayrıntılı olarak sunulan daha düşük bir glisemik

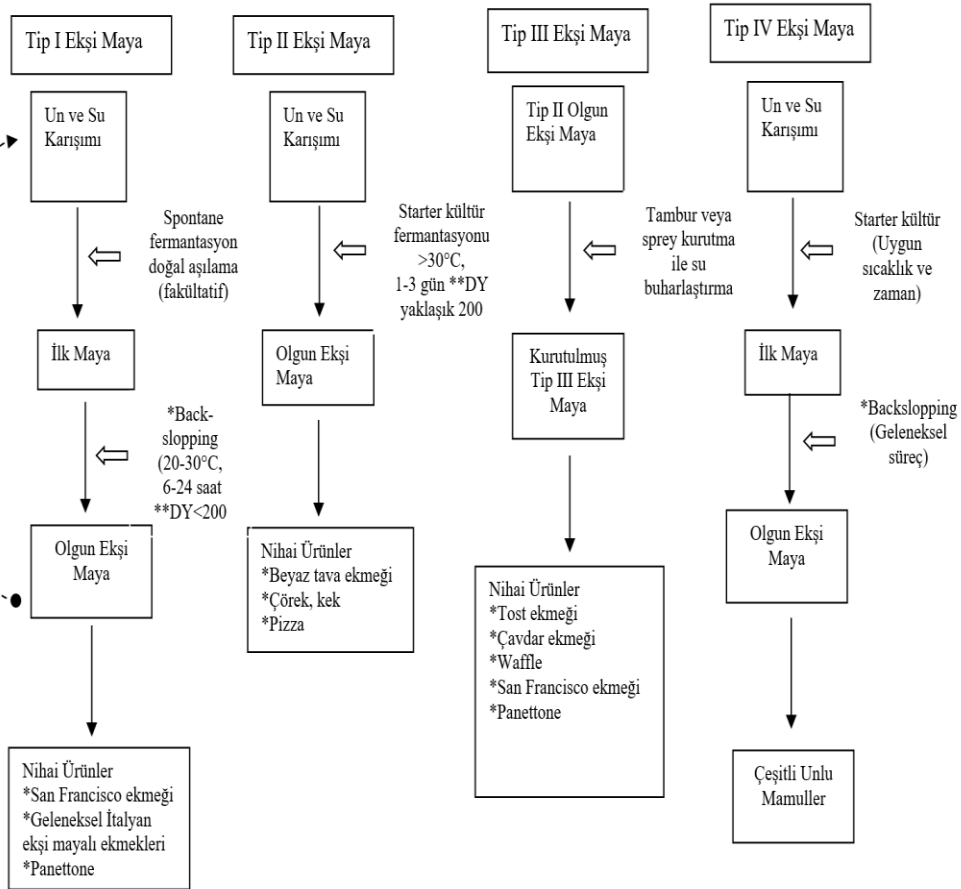
indeks (GI) ve daha yüksek mineral biyoyararlanımına sahip üstün besleyici özellikleri taşımaktadır (Gobbetti vd., 2019; Abedfar vd., 2018; Menezes vd., 2019; Sakandar vd., 2019; Canesin ve Cazerin, 2021).

Ekşi mayalı ekmeklerin daha fazla tercih edilme nedenleri arasında; ekşi mayanın hamurun teknolojik özelliklerini iyileştirmesi, bayatlamayı ve mikrobiyolojik bozulmayı geciktirerek ekmeğin raf ömrünü uzatması, hacim ve tekstür gibi

karakteristikleri ile besin değeri üzerinde iyileştirici etkide bulunması, tat ve aromayı geliştirmesi gibi çeşitli avantajlar yer almaktadır (Mantzourani vd., 2019; Canesin ve Cazarin, 2021; Gül vd., 2021).

### EKŞİ MAYA ÇEŞİTLERİ

Ekşi maya dört tip olup uygulanan teknolojiye göre sınıflandırılan tip I, tip II, tip III ve tip IV ekşi maya çeşitleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Üretimlerinde uygulanan teknolojiye göre sınıflandırılan ekşi maya çeşitleri (Papadimitrou vd., 2019).

Tip I ekşi maya mikroorganizmaların spontane gelişimi ile; tip II ekşi maya starter kültür kullanılarak; tip III ekşi maya, tip II ekşi mayanın kurutulması ile; tip IV ekşi maya starter kültür ile başlatılıp sonrasında geleneksel yöntemle devam ettirilen çeşitlerdir.

\*Back-slopping: Geleneksel yöntemle ekşi mayanın olgunlaşması ve korunması için beslenme işlemi,

\*\* DY: Dough Yield; Hamur verimliliği: hamurdaki su oranı + 100 olarak hesaplanmaktadır.

**Tip I Ekşi Maya**

Tip I ekşi mayalar geleneksel yöntemle (Corsetti ve Setanni, 2007; Yıldız, 2020) spontane olarak su ve un karışımından üretilmekte olup ayrıca üretimde mikroorganizma kaynağı olarak meyve, yoğurt gibi çeşitli gıdalar da kullanılabilir. Spontane olarak gelişen bu mikroorganizmaları aktif olarak tutmak için günlük olarak beslenmesi (tazelenmesi) gerekmektedir. Bu besleme işlemi “backslopping” olarak isimlendirilmektedir ve en azından günde bir kez olmak üzere 5 ile 10 kez tekrarlanması gerekmektedir (Siepmann vd., 2018; Papadimitriou vd., 2019; Dinç, 2019).

**Tip II Ekşi Maya**

Tip II ekşi maya endüstriyel olarak üretilen ekşi mayalardır (Yıldız, 2020). Genellikle Tip II ekşi mayalar, uzun fermantasyon süreleri (2-5 gün) ile hamurda asitleşmeyi gerçekleştiren ve bazı durumlarda süreci hızlandırmak için 30°C’den yüksek sıcaklıklarda fermente edilerek üretilen yarı sıvı halde bulunan kültürlerdir. Tip II ekşi mayalara Tip I’den farklı olarak kabartma işlevi görmesi için *Saccharomyces cerevisiae* ilavesi yapılmaktadır (Corsetti ve Setanni, 2007; Rolland vd., 2010; De Vuyst vd., 2016; Siepmann vd., 2018; Papadimitriou vd., 2019).

**Tip III Ekşi Maya**

Tip III ekşi maya, tip II ekşi mayanın stabilize edilmiş formunun kurutulmasıyla üretilir. Farklı kurutma yöntemleri kullanılarak elde edilen bu ekşi maya daha çok nihai ürünün yapısını ve aromasını geliştirmek için tercih edilmektedir. Tip II ekşi mayada olduğu gibi bu çeşitte de kabartma işleminin sağlıklı gerçekleşmesi için ticari maya ilavesi gerçekleştirilmektedir (Siepmann vd., 2018; Papadimitriou vd., 2019).

**Tip IV Ekşi Maya**

Tip IV ekşi maya, tip III maya gibi, tip I ve tip II ekşi mayalardan elde edilmektedir (Siepmann vd., 2019; Calvert vd., 2021). Tip IV ekşi mayalar bazı kaynaklarda Tip III olarak nitelendirilmektedir (De Vuyst vd., 2017). Buna karşın tip III ekşi mayadan farklı olarak tip IV ekşi maya, tip I ve tip II ekşi mayaların karıştırılmasıyla veya tip I ya da tip II ekşi mayalara bal, meyve gibi yardımcı

maddelerin eklenmesiyle elde edilmektedir (Siepmann vd., 2018).

**EKŞİ MAYA ÇEŞİTLERİNDE MİKROBİYOTA**

LAB ekşi hamur mikrobiyotasında *Lactobacillus* cinsi baskın olmak üzere, *Weissella*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus* ve *Streptococcus* cinsi bakteriler yer almaktadır (De Vuyst ve Neysens 2005; Huys vd., 2013).

Ekşi maya mikrobiyotası ekşi mayanın tipine, fermantasyon sıcaklığına, ekşi maya oluştururken kullanılan malzeme veya suşların çeşitlerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak, tip I ekşi mayanın mikrobiyel bileşimi büyük tür çeşitliliği göstermektedir. Çizelge 1.’de farklı tip olgun ekşi mayalarda mevcut karakteristik LAB ve maya mikrobiyotası verilmiştir.

**EKŞİ MAYALI EKMEĞİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Ekmeğin temel bir gıda ürünü olarak ekonomik ve sosyal değeri, üretim sonrası kalitesinin optimize edilmesi ve raf ömrünün uzatılması, tadının ve dokusal özelliklerinin korunması ve geliştirilmesi ve mikrobiyel bozulmanın geciktirilmesi gibi konular güncelliğini korumaya devam eden konulardır. Tüketicilerin ekmekte lezzet, tazelik, doğallık ve yüksek kalite beklentilerinin olması da fırıncılık endüstrisinde bu konuyla ilgili endişe oluşturmaktadır (Dong ve Karboune, 2021).

Ekşi mayalı ekmeK benzersiz duyuşal ve tat profili özellikleriyle birleşen otantik ve rustik görünümü nedeniyle her zaman büyük övgü almıştır. Organoleptik özellikler, geliştirilmiş aroma bileşikleri ve ekmeK dokusu daha iyi bir ürün oluşumuna yol açmakta, LAB fermantasyonundan kaynaklanan asidik ortam, ekmeğe daha uzun bir raf ömrü sağlamaktadır (Lau vd., 2021). Aynı zamanda ekşi hamurda LAB tarafından laktik ve asetik asit üretimi, gluten parçalanmasına ve nişastanın orta derecede hidrolizine yol açarak pH’nın düşmesine neden olur (Ma vd., 2021). Ekşi mayalı ekmekte LAB tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ise ekmeK hamurunun viskoelastik özelliklerini geliştirmektedir (Pejcz vd., 2017).

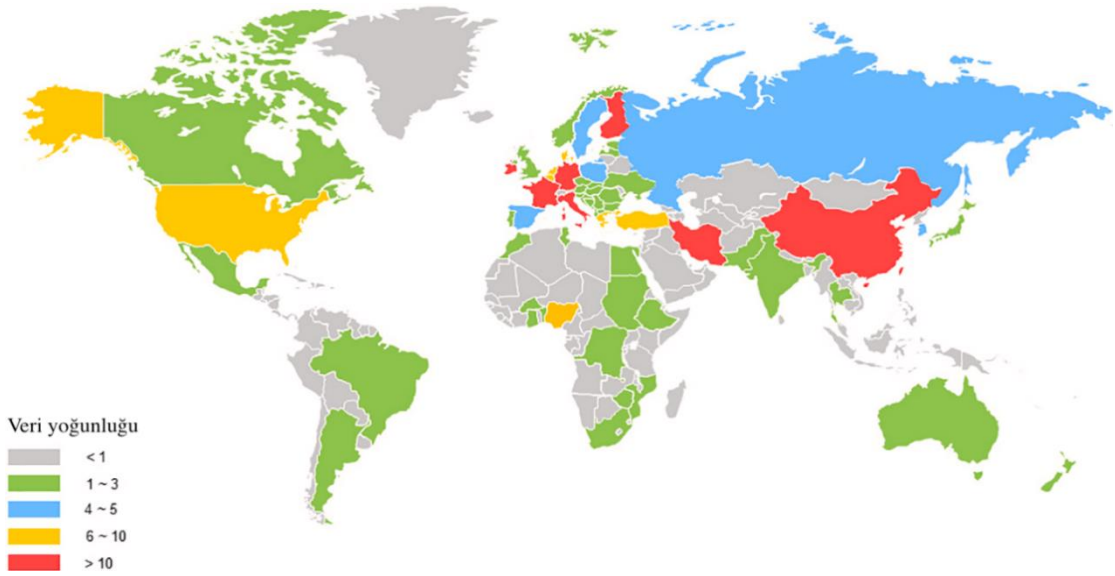
Çizelge 1. Ekşi Maya Türlerinde LAB ve Maya Mikrobiyotası (Papadimitriou vd., 2019; Sakandar vd., 2019)

Tip I Ekşi Maya	Tip II Ekşi Maya	Tip III Ekşi Maya
<b>Laktik Asit Bakterileri</b>		
Zorunlu Heterofermentatif <i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Lactobacillus pontis</i> <i>Lactobacillus rossiae</i> <i>Lactobacillus acidifarinae</i> <i>Lactobacillus buchneri</i> <i>Lactobacillus fructivorans</i> <i>Lactobacillus hilgardii</i> <i>Lactobacillus siliginis</i> <i>Lactobacillus spicheri</i> <i>Lactobacillus zymae</i>	Zorunlu Heterofermentatif <i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Lactobacillus pontis</i> <i>Lactobacillus panis</i> <i>Lactobacillus frumenti</i> <i>Weissella spp.</i>	Zorunlu Heterofermentatif <i>Lactobacillus brevis</i>
Fakültatif Heterofermentatif <i>Lactobacillus alimentarius</i> <i>Lactobacillus paralimentarius</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus pentosus</i>		Fakültatif Heterofermentatif <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>
Zorunlu Homofermentatif <i>Lactobacillus amylovorus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>Lactobacillus mindensis</i> <i>Lactobacillus amylolyticus</i> <i>Lactobacillus crispatus</i>	Zorunlu Homofermentatif <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus johnsonii</i> <i>Lactobacillus farciminis</i> <i>Lactobacillus amylovorus</i> (çavdar)	
<b>Mayalar</b>		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Kazachstania exigua</i> <i>Candida humilis</i> (Kazachstania <i>humilis</i> olarak yeniden sınıflandırılmış) <i>Pichia kudriavzevii</i> <i>Torulopsispora delbrueckii</i> <i>Wickerhamomyces anomalus</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (eklenmiş)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (eklenmiş)

Ekşi maya fermantasyonunda nişastanın parçalanması sonucu LAB profiline bağlı olarak farklı şekerler açığa çıkmaktadır. Homofermantatif fermantasyon ile monosakkaritler (glukoz ve fruktoz), maltoz/sakkaroz, izomaltoz ve dekstrinler; heterofermantatif fermantasyon sonucu ise maltoz/sakkaroz, izomaltoz ve dekstrin şekerleri tespit edilmiştir (Ma vd., 2021).

Günümüzde hızlı fermantasyon imkânı nedeniyle ticari maya kullanılmasına rağmen dünya

çapındaki eğilimler, hamur hazırlama teknolojisi ile birlikte ekme üretiminde ekşi maya kullanımına doğru yönelmektedir (Bobeia vd., 2022). Şekil 2'de 1991 ile 2021 yılları arasında dünya çapında ekşi maya kullanımına ilişkin veriler görülmektedir. Şekil 2'den görüldüğü üzere ekşi maya kullanımında uzun yıllara dayanan deneyimlerimiz ve kültürel miraslarımız nedeniyle ülkemizin ekşi mayalı unlu ürünlerde avantaja sahip olduğu görülmektedir (Ma vd., 2021).



Şekil 2. 1991-2021 yılları arasında dünya çapında ekşi maya kullanımına ilişkin veriler (Ma vd., 2021).

Ekşi maya fermantasyonundan yapılan ekme, geleneksel ticari maya ile yapılan ekmeğe kıyasla daha iyi genel duysal özelliklerin yanı sıra sindirilebilirlik ve beslenme özellikleri avantajına sahiptir (Bobeia vd., 2022). Ekşi maya uygulaması, yüksek kaliteli ekme üretimi için önemli bir araç olarak kabul edilir. Ekşi mayanın ekme yapımında kullanılmasıyla, raf ömrünün artması, aromatik profillerin ve duysal özelliklerin artması, besin değerinin artması ve sağlık yararları gibi çeşitli avantajlar sunulmuştur. Ekşi mayanın glutensiz ekmelede başarılı bir şekilde uygulanması gibi teknolojik faydalar da kaydedilmiştir (Plessas, 2021).

Ekşi mayalı ekmele diğer ekmele göre daha fazla hacme, karakteristik aromaya, iyi dokuya, uzun raf ömrüne, düşük gluten içeriğine ve düşük glisemik indekse sahiptir. Ekşi mayalı ekmele oluşun ekzopolisakkaritler ve antifungal bileşikler nedeniyle koruyucu madde kullanımına gerek kalmamaktadır. Böylece tüketicilerin talep ettiği doğal ürün elde edilmektedir. Ayrıca ekşi mayalı ekmelede prebiyotik içeriğin arttığı da bilinmektedir. Ekşi mayalı ekmele, normal ekmele göre hem fizikokimyasal özellikler hem de besin değeri açısından zengindir (Kezer, 2022). Zahra vd., (2022) tarafından yapılan araştırmada ekmele hamurunda *Lactobacillus brevis* E120

kullanımının ekmekte duysal nitelikleri, *Lactobacillus acidophilus* ATC4356 kullanımının ise ekşi mayalı ekmeğin besin değerlerini artırdığı belirlenmiştir.

Ekşi maya fermentasyonu süresince LAB, ekmeğin tekstürünü geliştirecek ve bayatlamasını geciktirecek yönde etkisi olan ekzopolisakaritler, organik asitler, enzimler gibi çok sayıda metabolitler üretmektedirler. Üretilen bu ekzopolisakaritler çok daha pahalı bir ekmeğe katkı maddesi olan hidrokolloidlerin yerine kullanılabilir. Günümüzde ekşi mayanın başlıca kullanım amaçları; organoleptik özelliklerin geliştirilmesi ve katkı maddelerine olan gereksinimi en aza indirgeyebilmesidir (Ganzle ve Ripari, 2016; Pejcz vd., 2017; Gül vd., 2021; Kezer, 2022). Ekmeğe yapımında ekşi maya teknolojisinin incelendiği çalışmalarda; ekşi mayanın ekmeğe yapımında kullanılmasının ekmeğin, duysal, besinsel, ekmeğe hacmi, ekmeğe iç yapısı ve depolama özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (Bolourian vd., 2010; Bartkiene vd., 2018; Chen vd., 2018; Sakandar vd., 2019; Gül vd., 2021).

### **Ekşi Mayanın Raf Ömrü Üzerine Etkisi**

Ekmeğe, bazı küflerin ve bakterilerin gelişmesi için oldukça uygun bir gıdadır. Özellikle ekmeğe en sık görülen mikrobiyel bozulma küflenmedir (Özkaya, 2019). Propiyonatlar gibi ekmeğe endüstrisinde kullanılan çok sayıda antifungal kimyasal vardır ve bu kimyasallar hem tüketicilerin çoğu tarafından istenmemekte hem de üretim maliyetini arttırmaktadır. İkincisi, ekmeğe daha kısa raf ömrü ve bayatlama nedeniyle büyük miktarlarda bozulmakta ve bu da özellikle gelişmiş ülkelerde fırıncılık endüstrilerini olumsuz etkilemektedir (Sakandar vd., 2019). Unlu mamullerin bozulmalarını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için mikroorganizmaların ve/veya metabolitlerinin kullanımı gibi doğal koruma yöntemleri giderek daha fazla uygulanmaktadır (Omedi vd., 2019). Ekşi mayalı ekmeğe, ticari mayalı ekmeğe kıyasla daha uzun raf ömrüne sahiptir ve bu da üretimde kimyasal koruyucular ve bayatlamayı önleyici maddeler kullanılmadığından fırıncılık endüstrisinin maliyetlerini azaltmaktadır (Sakandar vd., 2019).

Günümüzde tuz tüketimi başta kardiyovasküler rahatsızlıklar olmakla birlikte sağlık açısından birçok konu ile doğrudan ya da dolaylı biçimde ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle batı diyetinin mevcut olduğu gelişmiş ülkelerde, temel gıda maddesi olan ekmeğe içeriğindeki tuz miktarı azaltılmaya çalışılmaktadır. Tuzun azaltılmasıyla birlikte ekmeğe tuzsuz bir tat ve kısalmış raf ömrü olmak üzere iki ana sorun ortaya çıkmaktadır (Belz vd., 2019). Belz vd., (2019) tarafından yapılan çalışmada *Lactobacillus amylovorus* DSM19280 ve *Weissella cibaria* MG1 suşları ile hazırlanan ekşi mayadan üretilen daha az tuz içeren ekmeğin lezzetinin standart olarak üretilen tuzlu ekmeğe yakın olduğu, raf ömrünün uzadığı ve ekmeğe kalite özelliklerinin arttığı belirtilmiştir.

Bartkiene vd., (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise kızılıktan film oluşturularak kaplanan ekşi mayalı ekmeğelerin ekşi maya içeriğindeki bazı LAB sayesinde ekmeğin kalite özelliklerinde artış gözlemlendiği ve ekmeğeki akrilamid içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Benzer şekilde elmadan elde edilen bir kaplama film ve bazı LAB suşlarının kullanılarak ekmeğelerin raf ömrünün uzadığı gözlemlenmiş ve kaplama film ile LAB suşlarının ekmeğe antifungal aktivite gerçekleştirdiği saptanmıştır (Bartkiene vd., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada ekşi mayadan izole edilen *Pediococcus pentosaceus*'un *Aspergillus flavus*'a karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu, ekşi mayanın biyokoruyucu özellik gösterdiği saptanmıştır (Jin vd., 2021).

Bolourian vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada, somun ekmeğe (baget) kalitesini arttırmak için *Lactobacillus plantarum* kullanılarak ekşi maya üretilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda ekşi maya eklenen örnekler arasında en fazla ekşi maya içeren ekmeğin (%15) depolama sırasında bayatlama ve kalite değişikliğinin diğer örneklerle göre daha az olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada hamur formülasyonunda ekşi maya konsantrasyonu arttıkça ekmeğe asitliğinin de arttığı belirlenmiştir. Chen vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada Çin'in geleneksel buharda pişirilen ekmeğinin üretiminde ekşi maya

kullanımının, bayatlamayı geciktirme özelliği ile ürünün raf ömrünü uzattığı, ekmek kalitesini ve duyuşal özelliklerini artırdığı saptanmıştır. Debonne vd., (2018) tarafından yapılan araştırmada da ekşi maya ilavesinin ekmek raf ömrü ve kalitesini uzatabileceği ortaya konulmuştur.

### Ekşi Mayanın Uçucu Bileşikler Üzerine Etkisi

Warburton vd., (2022) tarafından yapılan araştırmada ekşi maya kültürlerinde mevcut LAB türlerinin ve fermantasyon aktivitesinin ekmekte uçucu organik bileşikler üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır. Yapılan araştırmada yüksek maya aktivitesi ile heterofermentatif ya da fakültatif heterofermentatif LAB'nin etanol, feniletil alkol, 3 metil bütanol, 2 metil 1 propanol, asetaldehit 2-3 butanediol uçucu bileşikler ile ilişkili olduğu,

heterofermentatif bakterilerin ise asetik asit ve asetat esterleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Zhou vd., (2022) tarafından yapılan çalışmada ise *Weisella* ve *Leuconostoc* türü LAB ile fenil etil alkol, metil salisilat, oct-1-en-3-ol uçucu bileşikler arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır. Aynı çalışmada *Pediococcus* ve *Lactobasillus* türlerinin ile 1-heptanol ve asetik asit gibi uçucu bileşikler ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Jin vd., (2021) tarafından yapılan çalışmada *Pediococcus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisiae* ile fermente edilen ekşi mayalı ekmeklerde 10 aldehit, 11 alkol, 1 fenol, 3 keton, 1 asit, 1 furan ve 7 ester olmak üzere toplam 34 uçucu bileşik olduğu belirlenmiştir. Çizelge 2'de yapılan çalışmalarda ekşi mayalı ekmeklerde saptanan uçucu bileşikler verilmiştir.

Çizelge 2. Ekşi Mayalı Ekmekte Uçucu Bileşikler

Tip	Uçucu Bileşikler	Kaynak
Alkoller	2-etil-1-heksanol, etanol, metilpropanol, bütanol, pentanol, propanol, heksanol, 2-butanol(tr), 1-heksanol, 2- heksanol, 3- metilbütanol, (E)-2-heksanol, heptanol, oktanol (tr), 1- pentanol, 1-heptanol, 2-metilpentanol, 2-propen-1-ol, 2- metilbütanol, 1-okten-3-ol, 1-nonanol, 2 furanmetanol, 1,4- butandiol, 1-oktanol, feniletil alkol , 3-metil-1-propanol, 2- metil-1-propanol, 3-metil-1-bütanol, benzil alkol, feniletil alkol, (E)-3,7-dimetil-2,6-oktadien-1-ol (izogeraniol), 2-metoksi-4- vinilfenol, izobütül alkol, izoamil alkol,1-bütanol, , 1-oktanol, 2- heptanol, 4nonenol-4-metil, 2-fenil etanol, 1-butanol-3-metil, 1-dekanol,2-etil, 2-nonen-1-ol, 3-pentanol,2,4-dimetil, non-2- en-1-ol, 2-undekanol, 3-nonen-1-ol, 3-metil-3-buten-1-ol, 3- metiltio-1-propanol, 5-metil-2-(1-metiletil)-sikloheksanol, Z-4- dodesenol, levomentol, 2,3-butandiol, 2-butül-1-oktanol, feniletanol, 1-penten-3-ol, 2-metil-1-butanol, 3-metil-1- butanol, (Z)-2-penten-1-ol, 2-bütoksi-etanol, 2-oktanol, 6- metil-5-hepten-2-ol, 4-hepten-1-ol, 1,2-propanediol, (E)-2- hepten-1-ol, (E)-2-okten-1-ol, (Z)-3-nonen-1-ol, $\alpha$ -terpineol, metionol, (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol, (Z)-3-deken-1-ol, (Z)-4- deken-1-ol, 1-(2-butoksietoksi)-etanol, 2,4-dekadien-1-ol, siklobutanol, 2-feniletil alkol	Fang vd., (2023); Hansen ve Schiberle (2005); Petel vd., (2016); Seed vd., (2017); Zhang vd., (2016); Jin vd., (2021); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2011); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)
Aldehitler	hekzanal, (E)-2-heptenal, asetaldehit, benzaldehit, nonanal, hekzanal, (E)-2-oktenal, (E)-2-nonenal, oktanal, dekanal, 3- metilbutanal, trans, trans-2,4- dekadienal, fenilasetaldehit, 2- furaldehit, pentanal, izovaleraldehit, 3-metil-propanal, benzenasetaldehit, heptanal, butanal-3-metil, 2-nonanal, heksadekanal, (E,E)-2,4-dekadienal, süksindialdehit, 2- oktenal, 2-metil-propanal, 2-metil-butanal, 2-butenal, (E- E)-2,4-heptadienal, (E,E)-2,4-nonadienal, 2-metilpropanal	Fang vd., (2023); Petel vd., (2016); Zhang vd., (2019); Jin vd., (2021); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)



Ketonlar	3-okten-2-on, 2,3-pentanedion, 3-metil-2-bütanon, 1-okten-3-on, butirolakton, 2-oktaton, 6-metil-5-hepten-2-on, (E)-3-okten-2-on, dihidro-5-pentil-2(3H)-furon,asetoin, geranilaseton, 2-butanon,2,3-butandion, 2-heptaton, 2-oktaton, asetoin, (E,E)-3,5-oktadien-2-on	Fang vd., (2023); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Liu vd., (2018); Kirchhoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Warburton vd., (2022)
Asitler	izobütirik asit, oktanoat, bütanoik asit, formik asit, pentanoik asit, heptanoik asit, laktik asit, benzoik asit, hekzanoik asit, valerik asit, kaprilik asit, laurik asit, dekanolik asit, nonanoik asit, asetik asit, 3-metilbutanoik asit, oktanoik asit, heksanoik asit, 2-metilpropanoik asit, oksalik asit, 2-(aminoksi)-propanoik asit, 2-(aminoksi)-bütanoik asit, malik asit, 4-hidroksibütirik asit, 3-fenillaktik asit, butanoik asit, 2-3-metil-butanoik asit, 2-etil-heksanoik asit, heksanoik asit, 2-metil-propanoik asit	De Vuyst vd., (2017); Fang vd., (2023); Petel vd., (2016); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchhoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)
Esterler	etil propanoat, etil asetat, etil laktat, izobütil asetat, izoamil asetat, 2-metilbütül asetat, pentil asetat, etil heksanoat, heksil asetat, etil oktanoat, etil heptanoat, etil kaprat, 2-feniletil asetat, etil benzoat, etil dekanooat, metil salisilat, metil asetat, $\gamma$ -bütürolakton, $\gamma$ -nonalactone, bütirik asit, etil ester, fenietil asetat, izopropil miristat, butil asetat, etil pentanoat, etil eksanoat, etil pentadekanoat, 3-hidroksibütül asetat, butirolakton, oktanoik asit etil ester, cis-4-hidroksi-3-metilundekanoik asit lakton, dibütül ftalat, dekanolik asit etil ester, 4-etoksi-benzoik asit etil ester, 3-hidroksi-bütanoik asit metil ester, 2-bütoksi-1-metil-2-oksoetil bütanoik asit ester, etil oksamat, $\delta$ -Dekalakton, etil dodekanoat, etil oktadekanoat, etil 9-oktadekanoat, n-propil asetat, etil bütrat, bütül asetat, etil (L)-(-)-laktat, etil 2-hidroksi-4-metilpentanoat, izoamil laktat, feniletil asetat, $\gamma$ -pentalakton, $\gamma$ -heksalakton, $\gamma$ -oktalakton	Cechi ve Ripari (2018); Fang vd., (2023); Hansen ve Schieberle (2005); Martín-García ve diğerleri (2021); Petel ve diğerleri (2016); Zhang ve diğerleri (2019); Xu vd., (2020); Plessas vd., (2011); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Kirchhoff ve Schieberle, (2001); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)
Heterosiklik Bileşikler	2-pentil furan, 2-metilpirazin, furfural, 1-(2-furanil)-etanon, 2-furanmetanol, maltol, indol, 2-etil furan, 2-acetil furan, 2-furanmetanol, 2-metilfuran, 5-metil-2-furfural, maltol, pirol	Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Huang vd., (2023); Xi vd., (2020); Wang vd., (2021); Yan vd., (2019); Mantzourani vd., (2019); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)
Diğerleri	dimetil trisülfür, 2H-pyran-2-on-tetrahidro-4,6dimetil, 2-(2-bütoksietoksi) etanol, dimetil disülfid, dimetil trisülfid, karvon	Xu vd., (2020); Plessas vd., (2008); Liu vd., (2018); Xi vd., (2020); Warburton vd., (2022); Golaburda vd., (2020)

## EKŞİ MAYALI EKMEKLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Literatürde ekşi mayanın ekmeğin glisemik indeksini azaltabildiği, diyet lifi kompleksinin özelliklerini iyileştirebildiği, biyoaktif peptitleri oluşturduğu ve mineraller ile vitaminlerin

emilimini arttırabildiği yönünde bulgular vardır. Ayrıca hamurda bulunan LAB'nin peptitler ve aminoasit kalıntıları (amino bütirik asit) gibi beslenme açısından aktif bileşiklerin yanı sıra prebiyotik olma potansiyeline sahip bazı ekzopolisakkaritleri üretebildikleri de

bildirilmektedir. Mikroorganizmaların metabolik ürünleri, bazı kronik hastalıklarda sağlığın korunmasına odaklanan yeni ürünler yaratma potansiyeline sahip olduğu için bilim dünyasının ilgisini çekmeye devam etmektedir. Bu kronik hastalıklar; yüksek kolesterol, kardiyopati, otoimmün hastalıklar, hassas bağırsak sendromu, kolit, kanser ve diyabet olarak sıralanabilir (Gobbetti vd., 2019; Olojede vd., 2020; Canesin ve Cazarin, 2021).

Geleneksel Akdeniz diyetinin bileşenlerinden biri olan kepekli ekşi mayalı ekmekek, düşük glisemik indeks diyetinin bir parçasıdır. Düşük glisemik indeks/glisemik yük diyetleri özellikle tip 2 diyabet hastaları, koroner kalp hastaları, kanser hastaları, aşırı kilolu veya yüksek kolesterolü kişiler için birçok sağlık yararı sunmaktadır (Capurso ve Capurso, 2020). Ekşi mayadaki mikrobiyomların dinamikleri ve çeşitliliğinin ekmeğe ve insanlığa birçok fayda sağladığı bilinmektedir. Diğer taraftan geleneksel (ticari) ekmekekler karbonhidrat oranı yüksek ve nişasta bazlı olduğundan ve sağlık üzerine olumsuz etkileri olabilecek gluten içerdiğinden, temel gıda olarak ekmekek tüketen toplumlar için ekşi mayalı ekmekekler sağlıklı beslenme açısından çözümler sunmaktadır (Lau vd., 2021). Ekşi maya fermantasyonu, nişasta granüllerinin suyu absorbe etmesine ve düz zincirli nişastanın hidrolizine yol açar. Bu yolla açığa çıkan bazı polioller ise sağlıklı bağırsak mikrobiyel florasının korunmasına katkıda bulunur (Ma vd., 2021). Ekşi maya ekmekek yapımındaki doğal fermantasyon sürecinde karbonhidrat ve proteinlerin moleküler yapılarının değişmesi, bu bileşenlere hassasiyeti olan bireyler için ekşi mayalı ekmeğin sağlıklı bir alternatif olmasını beraberinde getirmektedir. Örneğin literatürde iritabl (huzursuz) bağırsak sendromu (IBS), gluten intoleransı sendromu ve çölyak hastalığı gibi mide-bağırsak bozuklukları olan bireylerin ekşi maya ekmeği tüketebileceğine ilişkin bilgiler bulunmaktadır (Loponen ve Ganzle, 2018; Menezes vd., 2018). Ekşi mayalı ekmekek tüketiminin, yiyeceklerin daha iyi sindirilmesini sağladığı, minerallerin ve vitaminlerin emilimini artırdığı ve ayrıca probiyotik LAB varlığıyla bağırsak sağlığını iyileştirdiği bildirilmektedir (Gobbetti vd., 2019).

Ekşi maya kullanımının ekmeğin besinsel ve biyoaktif nitelikleri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde antioksidan aktivitenin ve toplam fenolik içeriğinin arttığı, protein ve minerallerin biyoyararlanımını iyileştirdiği ve ekmeğin enzim dirençli nişasta içeriğinin azaldığı saptanmıştır (Hayta ve Ertop, 2017). Ekmekeklik buğday unu kullanılarak bazı LAB suşları ile fermente edilen ekmekek hamurlarında karotenoid ve diğer biyoaktif bileşenlerin seviyelerinin artabileceği ve potansiyel olarak sağlık açısından daha yararlı bir hal alabileceği gözlemlenmiştir (Antognoni vd., 2019).

Farklı darı türlerinden üretilen ekşi maya ile yapılan ekmekeklerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, ekşi maya fermantasyonunun ekmekek örneklerinin bileşimini ve mineral biyoyararlanımını önemli ölçüde geliştirdiği gözlemlenmiştir. Ekşi mayanın belirli patojenlerin gelişmesini engelleme potansiyeli, bu tür özel gıdaların tüketiminden elde edilebilecek probiyotik sağlık yararının bir göstergesi niteliğinde de olduğu kabul edilmektedir (Adisa vd., 2019).

### **Ekşi Mayalı Ekmeğin Besinsel Nitelikleri**

Ekşi maya fermantasyonunun ekmekek kalitesinin besinsel özellikleri üzerindeki etkileri çok çeşitli olup açığa çıkan bileşikler fermantasyonda kullanılan mikroorganizmaların hamur üzerindeki aktivitelerine bağlıdır. Birçok çalışmada hamur fermantasyonunun vitaminlerin ve biyoaktif bileşiklerin biyoerişebilirliğini, minerallerin biyoyararlanımını artırdığı, glisemik indeksi ve beslenme karşıtı faktörlerin içeriğini azalttığı, gluten parçalanmasında rol oynadığı bildirilmiştir (Gobbetti vd., 2019; Chiş vd., 2019; Teleky vd., 2020; Şerban vd., 2021). Ekşi mayalı ekmekek, hem LAB aktivitesinden hem de undan ileri gelen, B1, B6, B12, tiamin, niasin, folat, riboflavin gibi B grubu vitaminleri, E vitamini, potasyum, çinko, demir, magnezyum, selenyum, kalsiyum, fosfor ve manganez gibi mineralleri içermektedir (Capurso ve Capurso, 2020). Di Nunzio vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada ise selenyum takviye edilmiş İtalyan geleneksel ekmeği piadina üretiminde ekşi maya kullanımının, selenyum biyoerişebilirliğini / biyoyararlanımını artırdığı ve ekşi maya ile üretilen selenyum takviye edilmiş

ekmeğin kültürlenmiş hücrelerde oksidatif hasarı önlediği belirtilmiştir.

### **Ekşi Mayalı Ekmeğin Sindirim Sağlığı Üzerine Etkisi**

Kısa zincirli diyet karbonhidratları, ince bağırsakta sindirilmemiş bileşikler olarak kabul edilen ancak mikrobiyota bakterileri tarafından kısa zincirli yağ asitlerine ve gazlara fermente edilen buğday ve gluten içeren gıdalarda gluten ile bir arada bulunan ek bileşenlerdir. FODMAP'ler olarak bilinen bu bileşenler, ince bağırsakta emilime uğramayan monosakkaritler, disakkaritler, oligosakkaritler ve poliollerdir. Diyet lifleri veya prebiyotik gibi faydalı bileşenleri içermesine rağmen FODMAP'ler özellikle fonksiyonel gastrointestinal bozuklukları olan bireyler için, huzursuz (irritabl) bağırsak semptomları (IBS) gibi olumsuz etkileri ortaya çıkarabilmektedir (Yan vd., 2018; Graça vd., 2021).

Düşük bir FODMAP diyeti, çoğu hassas bağırsak sendromu (IBS) hastasının, soğan, baklagiller ve buğday veya çavdardan yapılan ürünler gibi FODMAP içeren gıdalardan kaçınarak gastrointestinal semptomlarını yönetmesine olanak tanımaktadır. Düşük bir FODMAP diyetinin dezavantajı, diyet lifi alımının azalmasıdır. Ekşi mayaların -belirli FODMAP hedefli metabolik özelliklere sahip- tam tahıllı ekmeğin yapımına uygulanması, yavaş fermente edilen ve iyi tolere edilen diyet lifinin içeriğini etkilemeden ekmekteki FODMAP içeriğini önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olabilir. Ekşi maya IBS hastaları için doğal ve lif açısından zengin düşük FODMAP içeren ürünlerin tüketilmesini sağlayarak diyet lifi alımının artırılmasına yardımcı olmaktadır (Loponen ve Ganzle, 2018).

Ticari maya ile hazırlanan ekmekler, tipik olarak proteinler ve FODMAP'ler dahil olmak üzere tahıl bileşenlerinin nispeten sınırlı bir hidrolizine neden olan kısa süreli fermantasyonuyla (0.5-3 saat) üretilmektedir. Buna karşın, ekşi maya biyoteknolojisi daha uzun fermantasyon süresi gerektirmektedir. Ekşi maya biyoteknolojisi, mayalı unlu mamullerin lezzetini ve dokusunu iyileştirmek, raf ömrünü uzatmanın yanı sıra

besinsel ve fonksiyonel kalitesini de artırmak için kullanılmaktadır. Bu özelliklerin çoğu, LAB'nin karbonhidratlar ve proteinler üzerindeki metabolik aktiviteleriyle oluşmaktadır (Menezes vd., 2018; Demir, 2020). Ekşi maya fermantasyonu, polioll sınıfı (sorbitol ve mannitol) dışında tüm FODMAP'lerin önemli ölçüde azalmasına, sakkaroz, fruktoz ve glikozun ilk fermantasyon adımında ve pişirme işleminin sonunda tamamen parçalanmasına neden olmaktadır. Doğal ekşi maya fermantasyonu, FODMAP'lerin en az %30 oranında azalmasına ve daha düşük miktarda fermente edilebilir karbonhidrat ve serbest glikoz içeren bir ekşi maya ekmeği üretimine olanak sağlamaktadır (Menezes vd., 2018). Literatürde, ekşi mayalı ekmekte, ekmeğin mayası ile yapılan ekmeğe kıyasla, fermantasyon sürecinde ortaya çıkan proteoliz nedeniyle proteinlerin sindirilebilirliğinin arttığına dair bulgular yer almaktadır (Canesin ve Cazarin, 2021). Rizzello vd., (2019) tarafından yapılan çalışmada ekmeğin mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) ile yapılan ekmeğe göre ekşi mayalı ekmeğin sindirilebilirliğinde %16'luk ve proteinin biyolojik değerinde %18.7'lik bir artış gözlemlenmiştir.

Ekşi maya mikroorganizmaları, özellikle LAB, vücudumuzun sindirim sistemine birçok fayda sağlamaktadır. Sindirim sistemimizi geliştirmekte ve vücudumuzda besin emilimini artırmaktadır. LAB ve mayaları doğal olarak içeren ekşi maya fermantasyon işlemi, sindirilemeyen nişasta olarak bulunan kısa zincirli karbonhidratların sindirimine yardımcı olan invertaz enzimlerini üretir. Bununla birlikte fitaz enzimi, tahıl bazlı ürünlerde bulunan fitik asidi nötralize ederek amilaz, tripsin ve pepsini içeren sindirim enzimlerinin serbest hale gelmesine neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da bu sindirim enzimleri vücudumuzdaki proteinleri, nişastaları ve yağları parçalamada daha etkili hale gelir (Lau vd., 2021).

### **Ekşi Mayanın Ekmekte Glisemik İndeks Üzerine Etkisi**

Ekmek, yüksek glisemik indeksli gıda olarak kabul edilmektedir ancak fermantasyonun unlu mamullerin glisemik tepkisini azalttığı belirtilmektedir. Hamurun düşük pH'ı (3.5-4.0'ın altında), dirençli nişasta oluşumunu destekleyerek

nişastanın sindirilebilirliğini azaltmakta ve dolayısıyla kan şekeri seviyesini düşürmektedir (Bo vd., 2017; Gobetti vd., 2019; Buksa, 2020). Tüketiciler, yüksek glisemik indeksi ve düşük lif içeriği nedeniyle beyaz ekmeğin çeşitli alternatiflerini tercih etmektedir. Ekşi mayalı ekmek, yüksek dirençli nişasta içermesi, düşük glisemik indekse sahip olması, yüksek mineral biyoyararlanımı ve daha iyi duyuşsal nitelikleri sayesinde beyaz ekmeğin yerini almaya başlamıştır (Yıldırım ve Arıcı, 2019; Zahra vd., 2022).

Ekşi mayanın nişastanın sindirilebilirliğini düzenlemek ve sonuç olarak ekmek ürünlerinde glisemik indeksi azaltmak için yararlı bir bileşen olduğu tespit edilmiştir. Ekşi mayalı ekmeğin glisemik indeks değerinin ticari maya ile hazırlanan ekmeğin glisemik indeksinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Tip 2 ve tip 1 ekşi hamur fermantasyon yöntemleri karşılaştırıldığı bir araştırmada en düşük glisemik indeks değeri, tip 2 ekşi maya kullanılarak 30°C'de fermantasyonla üretilen tam buğday ekşi mayalı ekmek örneklerinde görülmüştür. Ayrıca tam buğday unu ve tip 2 ekşi maya kullanılarak yapılan fermantasyonun dirençli nişasta içeriğinde en belirgin artışa neden olduğu görülmüştür. Ekşi mayalı ekmek, düşük glisemik yanıtı nedeniyle günlük diyetin bir parçası olarak önerilebilmektedir (Demirkesen-Bıçak vd., 2021).

Rolim vd., (2022) tarafından yapılan çalışmada ise ekşi mayalı ekmek tüketiminin, ekşi mayalı olmayan ekmeğe kıyasla, alımından 60 ve 120 dakika sonra kan şekerinde daha az artışa yol açtığı ve ayrıca tam buğday kullanıldığında sözü edilen bu olumlu etkilerin daha da arttığı gözlemlenmiştir. Özer (2021) tarafından yürütölen araştırmada da gestasyonel diyabet (daha çok gebelikte görölen) durumunda ekşi mayalı tam tahıllı ekmek tüketiminin glisemik hedeflere ulaşmaya yardımcı olabileceği saptanmıştır.

### **Ekşi Mayanın Ekmekte Fitik Asit İçeriği Üzerine Etkisi**

Tahıllarda değışken miktarda bulunan fitik asit ve fitatlar, vücutta minerallerin emilimini engelleyen olumsuz bir faktördür. Özellikle fitik asit,

tahıllarda bulunan potasyum, fosfor, magnezyum, çinko ve demir gibi minerallerin biyoyararlanımını azaltabilmektedir. Fitatlar tahılın dış katmanlarında yoğunlaşır ve endojen fitaz enzimi tarafından hidrolize edilebilir. Tam tahılların veya kepeğin ön fermantasyon sürecinin, yeterli hidrasyon koşulları altında, fitik asidin çoğunun bozulmasına ve minerallerin optimum biyoyararlanımına yol açtığı saptanmıştır (Fernandez-Pelaez vd., 2020). Buğdaydaki fitik asit varlığı, sindirim rahatsızlığı ve şişkinliğin ana nedenidir. Fitik asidin zararlı özelliklerinden biri de besinlerden alınan diğer esansiyel mineralleri sindirim sisteminde bağlayarak vücut tarafından emilimini engellemek ve böylece mineral eksikliğine neden olmaktadır. Ekşi maya ürünlerinde mayadaki yabancı maya ve laktobasiller fitik asidi nötralize ederek ekşi maya bazlı ürünlerin sindirimini kolaylaştırır. Çeşitli araştırmalar, tam buğday ekmeğindeki fitat içeriğini azaltmada ekşi maya fermantasyonunun, maya fermantasyonuna kıyasla, çok daha etkili olduğunu göstermiştir. Uzun süreli fermantasyonda fitat parçalanmakta ve bunun sonucu olarak ekşi mayalı ekmekte bulunan demir, çinko, magnezyum gibi önemli mineraller, antioksidanlar, folik asit ve diğer B grubu vitaminlerin emilimi artmaktadır (Sakandar vd., 2019; Longin vd., 2023). Fermantasyon ile pH'ın düşmesi endojen fitaz aktivitesini artırmakta ve fitat içeriğinde %50'nin üzerinde azalma sağlanmaktadır (Gobetti vd., 2019; Çetin Babaoğlu vd., 2022). Fekri vd., (2020) tarafından yapılan çalışmada İran'da geleneksel yöntemle hazırlanan ekşi mayalardan izole edilen *Kluyveromyces marxianus* suşu ile hazırlanan ekmekte fitaz üretim kapasitesi yükseldiği, fitat içeriğinin ise azaldığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra ekşi mayalardan izole edilen *Kluyveromyces aestuarii* ve *Kluyveromyces lactis*'in ise en çok ekzopolisakkarit üreten suşlar olduğu saptanmıştır. Ayrıca Yıldırım ve Arıcı (2019) tarafından yapılan araştırmada ekşi mayadan izole edilen LAB arasında en yüksek fitaz aktivitesini ve fitik asit yıkımını *Lactobacillus brevis* HEB33 ve *Lactobacillus plantarum* ELB78 gerçekleştirmiştir. Fang vd., (2023), *Lactobacillus paracasei* LG0269, *L. plantarum* LG3034 ve *Lactococcus lactis* LG0824, *Saccharomyces cerevisiae* J815 ve *S. cerevisiae* J8202 kullanarak hazırladıkları

tip II ekşi hamurda fermantasyonun fitik asit parçalanması üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda fitik asit yıkımının arttığı ve fitik asidin % 96.6'a kadar parçalandığı bulunmuştur.

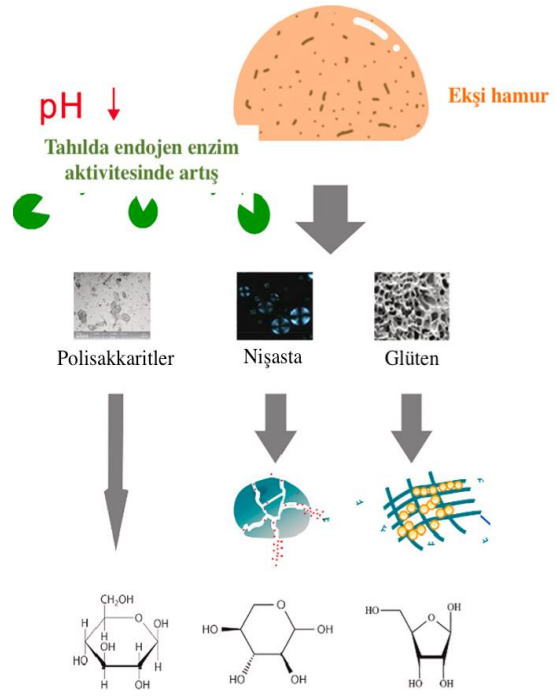
### Ekşi Mayanın Ekmekte Gluten İçeriği Üzerine Etkisi

Tahıl ürünleri içerdiği gluten nedeniyle tüketiciler tarafından daha az tercih edilir hale gelebilmektedir. Ayrıca gluten, çölyak hastalığı olan kişilerin ince bağırsağını etkilemekte, otoimmün tepki yoluyla bir bağırsak iltihabı durumunu tetikleyerek bir dizi sağlık sorununa neden olmaktadır (Graça vd., 2021). Çölyak hastalığı olan bireylerde ince bağırsak mukozal hasarı ve buğday bazlı gıdaların emilim bozukluğu olduğundan bu hastalıkta glutensiz diyet zorunlu bir hal almaktadır (Rashmi vd., 2020). Ekşi maya beslenme açısından bir iyileştirme içermese bile glutensiz ürünlerin organoleptik kalitesini iyileştirmeye, çölyak hastaları veya buğdaya alerjisi olanlar için uygun ürün yelpazesini genişletmeye de katkıda bulunabilir (Fernandez-Pelaez vd., 2020). Gluten tüketiminin neden olduğu ince bağırsağın kronik bir enteropatisi olan çölyak hastalığı dünya çapında en yaygın gıda hassasiyetlerinden biridir. Temel tedavi, buğday, çavdar, arpa ve nadiren yulaftan elde edilen gluten içeren ürünlerden kaçınmaya dayalı, yaşam boyu katı bir glutensiz diyettir. Doğal olarak glutensiz ham maddelerden yapılan ürünler gluten içeren ürünlerle karşılaştırıldığında genellikle düşük besinsel, dokusal ve duyuşsal özelliklere sahiptir (Scherf vd., 2018).

Ekşi mayanın gluten üzerinde hidrolitik etkisi olduğu ve maya florasının gelişimini destekleyecek yönde proteolitik aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Ayrıca ekşi hamur fermantasyonu ile pH'nın düşmesi, gluten üzerindeki endojen buğday proteaz aktivitesini arttırmaktadır. LAB'nin düşük pH'da gluten makromoleküllerini daha etkin bir şekilde parçaladığı bulunmuştur (Ma vd., 2021) (Şekil 3).

Rizzello vd., (2016) tarafından yapılan çalışmada ekşi maya kullanımı ile glutensiz hale getirilen durum buğdayı unundan yüksek protein

sindirilebilirliğine sahip glutensiz ekmekek üretilmiştir. Ayrıca Curiel vd., (2014) tarafından yürütülen çalışmada ise makarna gibi ürünlerde de ekşi mayanın glutenin parçalanmasına yol açarak miktarının 10 mg/kg'ın altına düşmesi sağlanmıştır.



Şekil 3. Ekşi maya fermantasyonunun hamurdaki makromoleküller üzerindeki hidrolitik etkisi (Ma vd., 2021).

Rashmi vd., (2020) tarafından buğdayda doğal olarak bulunan bakterilerin, gluteni hidrolize etme yetenekleri incelenmiş ve çölyak hastalığından etkilenen hastalarda yol açan rahatsızlığı iyileştirmenin anahtarı olabileceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan dört farklı buğday izolatında glutenin etkin bir şekilde hidrolize edildiği saptanmıştır.

Genel olarak ekşi maya fermantasyonunda daha yüksek fermantasyon sıcaklığı, daha yüksek enzim aktivitesi ve daha uzun fermantasyon süresi, protein hidrolizini destekleyen anahtar faktörler arasındadır. Ayrıca yapılan çalışmalar LAB'nin glutenin sekonder yapısını değiştirdiğini de göstermektedir. Glutendeki bu değişiklikler,

hamurun reolojik özelliklerini ve dolayısıyla ekmeğin kalitesini etkilemektedir (Ma vd., 2021). Saf kültür ile yürütülen bir çalışmada LAB'nin glutendeki gliadini hidrolize ettiği ve 72 saat boyunca ekşi maya fermantasyonu tamamlandıktan sonra tüm buğday proteinlerinin parçalandığı gösterilmiştir (Fraberger vd., 2020).

### Ekşi Mayanın Ekmekte Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Çok sayıda laktobasil türünün, bazı antioksidan enzimleri sentezleyerek hücrel olarak savunma geliştirdiği bilinmektedir. Ekşi hamurdaki LAB'lerinin de (özellikle *Lactobacillus plantarum*), fenolikler ve aktif peptitler gibi antioksidan aktif maddelerin üretimi için önemli olduğu bildirilmektedir (Ma vd., 2021). Abedfar vd., (2018) tarafından yapılan araştırmaya göre buğday kepeğinden elde edilen ekşi mayadan izole edilen *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus pentosaceus* suşlarının ürettiği ekzopolisakkaritlerin antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve zararlı radikallere karşı koruyucu özelliği olduğu saptanmıştır. Yapılan farklı bir çalışmada ise ekşi maya fermantasyonunun ekmeğin fenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırdığı belirlenmiştir (Drakula vd., 2021). Ayrıca ekşi maya fermantasyonunun makarna ürünlerindeki antioksidan bileşenlerin artmasını da teşvik ettiği bildirilmiştir (Ma vd., 2021).

### Ekşi Mayanın Ekmekte Akrilamid Oluşumu Üzerine Etkisi

Pişirme sırasında nişasta ve protein içeren gıdalarda duysal, fiziksel ve beslenme özelliklerini etkileyen birçok karmaşık reaksiyon meydana gelmektedir. En önemlileri arasında nişasta jelinizasyonu, protein denatürasyonu, su buharlaşması, hacim genişlemesi, enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard reaksiyonu) ve akrilamid oluşumu yer almaktadır (Torres vd., 2019). Akrilamid, amidlere ait düşük moleküler ağırlıklı ve çok reaktif bir kimyasal bileşiktir ve indirgen şekerler ile aminoasitler (asparajin) arasındaki reaksiyon (Maillard) sonucu oluşmaktadır. Ayrıca gıdalarda akrilamid oluşumu için ana mekanizmanın Maillard reaksiyonu olduğu ve bu reaksiyon için temel öncülün

asparajin olduğu da açık bir şekilde ortaya konmuştur (Mottram vd., 2002; Stadler vd., 2002).

Maillard reaksiyonu, 120°C'nin üzerindeki ısı işlem sonucunda ürünlerde uygun renk, spesifik tat ve aromanın oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum son üründe tüketici açısından arzu edilen organoleptik özelliklerin elde edilmesine katkıda bulunurken, sağlık açısından olumsuz sonuçları olabilmektedir. Genel olarak gıdalarda akrilamid oluşumu için en uygun koşullar, 140–180 °C aralığındaki sıcaklık, %30'un altındaki nem ve yüksek oranda asparajin ve indirgen şeker içeriğidir (Onacik Gür vd., 2022).

Akrilamid, kızartma, kavurma ve pişirme sırasında karbonhidrat ve protein açısından zengin gıdalarda tespit edilen en yaygın zararlı bileşiklerden biridir (Anonymous, 2009; Suo vd., 2021). Gıdalarda en yüksek akrilamid seviyeleri, kızarmış patates ürünleri, ekmeK ve fırıncılık ürünleri ile kahvede saptanmıştır (Anonymous, 2009).

Nachi vd., (2018) tarafından izole edilmiş LAB suşlarının kullanıldığı çalışmada *Levilactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* ve *P. acidilactici* suşları ile yapılan tüm pişmiş ekmeK örneklerinde, özellikle *P. acidilactici* ile üretilen ekmeKlerde akrilamid içeriğinin azaldığı gösterilmiştir. Benzer bir karşılaştırma, laktobasil ve maya birleştirilerek hazırlanan tam buğday ekmeğinde de yapıldığında *Lactocaseibacillus rhamnosus*'un (eski adıyla *Lactobacillus rhamnosus*) akrilamid içeriğini azaltmada en etkili LAB olduğu saptanmıştır (Esfahani vd., 2017).

Yapılan başka bir araştırmada farklı LAB suşlarından kombinasyonlarından oluşan ekşi mayanın starter kültür olarak kullanıldığı buğday unundan üretilen ekmeKlerde akrilamid seviyesinin azaldığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada bazı farklı suşların kombinasyon halinde bir arada bulunduğu ekşi maya örneklerinin ekmeğin kalite özelliklerini de artırdığı ortaya konulmuştur (Bartkiene vd., 2017). *Lactobacillus plantarum* LUHS135 suşu ile yürütülen bir araştırmada ise farklı tahıl unları kullanılarak hazırlanan ekşi mayaların çavdar-buğday ekmeği üzerindeki

etkileri incelenmiş ve ekmeklerdeki akrilamid seviyesinin azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada ekşi maya ile üretilen ekmeklerin pişme sonrası daha az kütle kaybına uğradıkları ve daha yüksek özgül hacme sahip oldukları da belirtilmiştir (Bartkiene vd., 2017a). Aynı yazarların yaptığı farklı bir çalışmada ise *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus curvatus* suşları kullanılarak karışık çavdar ve buğday ekmeğinin kalitesini artırdığı ve akrilamid oluşumunu azalttığı belirtilmiştir (Bartkiene vd., 2017b).

## SONUÇ

Ekşi maya içerdiği LAB sayesinde ekmek hamurunda ve ekmekte antioksidan aktivite artışı, ekmekte akrilamid oluşumunda azalma, ekmekte vitamin ve minerallerin emilimini engelleyen veya azaltan fitik asit içeriğinin azalması, ekmekte ve diğer tahıl ürünlerinde gluten içeriğini azaltması, ekmeğin glisemik indeksini düşürmesi, sindirim sorunlarına yol açabilen proteinlerin ve sindirilemeyen karbonhidratların parçalanması ile bağırsak sağlığı açısından olumsuz etkilerin en aza indirilmesi gibi insan sağlığı açısından pek çok fayda sağlamanın yanı sıra nihai üründe raf ömrünün uzatılması, uçucu aroma bileşikleri sayesinde organoleptik açıdan benzersiz bir ürün ortaya koyması, tüketicilerin doğal ve katkısız ürün arayışında tercih sebebi olması ve sağladığı ekonomik avantajlar sayesinde son yıllarda ekmek üretiminde oldukça popüler ve yaygınlaşan bir olgu haline gelmiştir.

Son yıllarda daha lezzetli ve sağlıklı ekmeklere olan beğenin artması, tüketicilerin ekşi mayalı ekmeklere olan talebini de artırmıştır. Ayrıca uzman şirketler tarafından çeşitli yeni ekşi maya ürünleri ve bunların işlenmesini kolaylaştıran ekipmanların geliştirilmesi, ekşi maya teknolojisinin hem geleneksel hem de endüstriyel fırınlarda giderek yaygınlaşmasını beraberinde getirmektedir. Bu nedenle gelecekte ekşi mayalı ürünler pazarının büyümesinin hız kazanacağı ve ekşi maya ve ekşi mayalı ekmekler üzerine yürütülecek araştırmaların artacağı düşünülmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## YAZAR KATKILARI

Yazarlar makalenin gerçekleşmesinde, yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı sağlamışlardır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

## KAYNAKLAR

Abedfar, A., Hosseinezhad, M., Sadeghi, A., Raiesi, M., Feizy, J. (2018). Investigation on “spontaneous fermentation” and the productivity of microbial exopolysaccharides by *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* isolated from wheat bran sourdough, *LWT- Food Science and Technology*, 96(1), 686-693. doi: 10.1016/j.lwt.2018.05.071

Adisa, A. M., Ifesan, B. OT., Enujiugha, V. N., Adepeju, A. B. (2019). Microbiological and Physicochemical Properties of Wholegrain Millet Sourdough Breads, *International Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(2), 74-82. ISSN: 2167-0434

Anonymous (2009). Scientific report of EFSA prepared by data collection and exposure unit (DATEX) on “Monitoring of acrylamide levels in food”. The EFSA Scientific Report, 285, 1-26.

Anonymous (2012). Türk Gıda Kodeksi. Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. (2012/12). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 4 Ocak 2012 tarih ve 28163 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Antognoni, F., Mandrioli, R., Potente, G., Taneyo Saa, D. L. ve Gianotti, A. (2019). Changes in carotenoids, phenolic acids and antioxidant capacity in bread wheat doughs fermented with different lactic acid bacteria strains, *Food Chemistry*, 292(1), 211,216. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.04.061

Arzani, A. (2021). Emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) Flour and Bread. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. ve Watson R. R. (baş ed.), 2. Baskı, Academic Press Elsevier, Londra, İngiltere, s. 89-98. ISBN 978-0-12-814639-2.

- Badem, A. (2021). *EkmeK ve Unlu Mamuller. Temel MutfaK Teknikleri ve Yönetimi*, Geçgin, E. ve Baltacı, M. (baş ed.), Detay Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 265-286. ISBN: 978-6-0-5254394-8.
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Krungleviciute, V., Pugajeva, I., Zadeike, D., Juodeikiene, G. (2017). Lactic acid bacteria combinations for wheat sourdough preparation and their influence on wheat bread quality and acrylamide formation. *Journal of Food Science*, 82(1), 2371–2378. doi: 10.1111/1750-3841.13858
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Lele, V., Pugajeva, I., Zavistanaviciute, P., Mickiene, R., Zadeike, D., Juodeikiene, G. (2018). A concept of mould spoilage prevention and acrylamide reduction in wheat bread: Application of lactobacilli in combination with a cranberry coating. *Food Control*, 91(1), 284–293. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.04.019
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Lele, V., Pugajeva, I., Zavistanaviciute, P., Zadeike, D., Juodeikiene, G. (2019). Application of antifungal lactobacilli in combination with coatings based on apple processing by-products as a bio-preservative in wheat bread production. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 2989–3000. doi: 10.1007/s13197-019-03775-w
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Krungleviciute, V., Mayrhofer, S., Domig, K. (2017a). Parameters of rye, wheat, barley, and oat sourdoughs fermented with *Lactobacillus plantarum* LUHS135 that influence the quality of mixed rye–wheat bread, including acrylamide formation. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 1473–1482. doi: 10.1111/ijfs.13412
- Bartkiene, E., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Krungleviciute, V., Mayrhofer, S., Domig, K. (2017b). The contribution of *P. acidilactici*, *L. plantarum*, and *L. curvatus* starters and L-(+)-lactic acid to the acrylamide content and quality parameters of mixed rye - wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 80, 43–50. doi: 10.1016/j.lwt.2017.02.005
- Belz, M. C.E., Axel, C., Arendt, E. K., Lynch, K. M., Brosnan, B., Sheehan, E. M., Coffey, A., Zannini, E. (2019). Improvement of taste and shelf life of yeasted low-salt bread containing functional sourdoughs using *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 and *Weisella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 69–79. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.015
- Bo, S., Seletto, M., Choc, A., Ponzo, V., Lezo, A., Demagistris, A., Evangelista, A., Ciccone, G., Bertolino, M., Cassader, M., Gambino, R. (2017). The acute impact of the intake of four types of bread on satiety and blood concentrations of glucose, insulin, free fatty acids, triglyceride and acylated ghrelin. A randomized controlled cross-over trial. *Food Research International*, 92, 40–47. doi: 10.1016/j.foodres.2016.12.019
- Bobea, S. A., Belc, N., Cornea, C. P. (2022). The Use of Acid Dried Sourdough Starter to Improve Sensory Properties and Bread's Shelf Life – A Review, *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, 26(1), ISSN-L 2285-1364
- Bolourian, S., Haddad Khodaparast, M. H., Movahhed, G. G., Afshary, M. (2010). Effect of lactic fermentation (*Lactobacillus plantarum*) on physicochemical, flavor, staling and crust properties of semi volume bread (Baguette). *World Applied Sciences Journal*, 8, 101–106. ISSN: 1818-4952
- Buksa, K. (2020). Effect of pentoses, hexoses, and hydrolyzed arabinoxylan on the most abundant sugar, organic acid, and alcohol contents during rye sourdough bread production, *Cereal Chemistry*, 97(1), 642-652. doi: 10.1002/cche.10280
- Calvert, M. D., Madden, A. A., Nichols, L. M., Haddad, N. M., Lahne, J., Dunn, R. R., Mckenney, R. A. (2021). A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research, *PeerJ Life and Environment*, 9(1), e11389. doi: 10.7717/peerj.11389
- Canesin, M. R., Cazerin, C. B. B. (2021). Nutritional quality and nutrient bioaccessibility in sourdough bread, *Current Opinion in Food Science*, 40(1), 81-86. doi: 10.1016/j.cofs.2021.02.007
- Catteddu, P. (2021). *Sourdough Breads. Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. ve Watson R. R. (baş ed.),



2. Baskı, Academic Press Elsevier, Londra, İngiltere, s. 177-188. ISBN: 978-0-12-814639-2
- Capurso, A., Capurso, C. (2020). The Mediterranean way: why elderly people should eat whole wheat sourdough bread—a little known component of the Mediterranean diet and healthy food for elderly adults, *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(1), 1-5. doi: 10.1007/s40520-019-01392-3
- Cechi, T., Ripari, V. (2018). Recipe, volatiles profile, sensory analysis, physico-chemical and microbial characterization of acidic beers from both sourdough yeasts and lactic acid bacteria, *European Food Research and Technology*, 244(1), 2027-2040. doi: 10.1016/bs.aambs.2017.02.003
- Chen, D., Wang, J., Jia, F., Zhang, C. (2018). Effects of sourdough addition on the quality and shelf life of Chinese steamed bread. *Grain and Oil Science and Technology*, 1, 85–90. doi: 10.3724/sp.j.1447.gost.2018.18019
- Chiş, M.S., Păucean, A., Stan, L., Suharoschi, R., Socaci, S.A., Man, S.M., Pop, C.R., Muste, S. (2019). Impact of protein metabolic conversion and volatile derivatives on gluten-free muffins made with quinoa sourdough. *CyTA – Journal of Food*, 17(1), 744–753. doi: 10.1080/19476337.2019.1646320
- Corsetti, A., Setanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation, *Food Research International*, 40(5), 539-558, doi: 10.1016/j.foodres.2006.11.001
- Curiel, J. A., Coda, R., Limitone, A., Katina, K., Raulio, M., Giuliani, G., Rizzello, C. G., Gobetti, M. (2014). Manufacture and characterization of pasta made with wheat flour rendered gluten-free using fungal proteases and selected sourdough lactic acid bacteria, *Journal of Cereal Science*, 59(1), 79-87. doi: 10.1016/j.jcs.2013.09.011
- Çetin Babaoğlu, H., Akın, N., Özkaya, B. (2022). Effects of Dephytinized Wheat Bran on Rheological Properties of Dough and Sourdough Fermentation, *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(1), 91-97. doi: 10.15316/SJAFS.2022.013
- Drakula, S., Novotni, D., Mustac, N. C., Voucko, B., Krpan, M. Hruskar, M., Curic, D. (2021). Alteration of phenolics and antioxidant capacity of gluten-free bread by yellow pea flour addition and sourdough fermentation, *Food Bioscience*, 44(1), 101424. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101424
- De Vuyst, L., Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions, *Trend in Food Science and Technology*, 16(1-3), 43-56. doi: 10.1016/j.tifs.2004.02.012
- De Vuyst, L., Harth, H., Kerrebroeck, S. V., Leroy, F. (2016). Yeast diversity of sourdoughs and associated metabolic properties and functionalities, *International Journal of Food Microbiology*, 239(1), 26-34. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.018
- De Vuyst, L. Van Kerrebroeck, S., Leroy, F. (2017). Chapter two – Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation içinde *Advances in Applied Microbiology*, 100(1), 49-160. doi: 10.1016/bs.aambs.2017.02.003
- Debonne, E., Van Bockstaele, F., Van Driessche, M., De Leyn, I., Eeckhout, M., Devlieghere, F. (2018). Impact of par-baking and packaging on the microbial quality of par-baked wheat and sourdough bread. *Food Control*, 91, 12–19. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.03.033
- Demir, Y. (2021). Geleneksel Ekşi Mayanın Sağlık ve Ekmek Üzerindeki Etkileri, *Aydın Gastronomy*, 5(1), 63-70. doi: 10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/gastronomy\_v05i1005
- Demirkesen-Bıçak, H., Arıcı, M., Yaman, M., Karasu, S., Sağdıç, O. (2021). Effect of Different Fermentation Condition on Estimated Glycemic Index, In Vitro Starch Digestibility, and Textural and Sensory Properties of Sourdough Bread, *Foods*, 10(3), 514. doi: 10.3390/foods10030514
- Di Nunzio, M., Bordoni, A., Aureli, F., Cubadda, F., Gianotti, A. (2018). Sourdough fermentation favorably influences selenium biotransformation and the biological effects of flatbread. *Nutrients*, 10. doi: 10.3390/nu10121898

- Dinç, T. (2019). *Karakalçık: Ekşi Mayaya Dair Her Şey*, Mutfakkitap, İstanbul, Türkiye, 360 s. ISBN: 978-605-86379-1-7
- Esfahani, B. N., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimani-Zad, S. (2017). Reduction of acrylamide in whole-wheat bread by combining lactobacilli and yeast fermentation, *Food Additives and Contaminants: Part A*, 34(11), 1904-1914. doi: 10.1080/19440049.2017.1378444
- Fang, L., Wang, W., Dou, Z., Chen, J., Meng, Y., Cai, L., Li, Y. (2023). Effects of mixed fermentation of different lactic acid bacteria and yeast on phytic acid degradation and flavor compounds in sourdough, *LWT – Food Science and Technology*, 174, 114438,. doi: 10.1016/j.lwt.2023.114438
- Fekri, A., Torbati, M., Yari Khosrowshahi, A., Bagherpour Shamloo, H., Azadmard-Damirchi, S. (2020). Functional effects of phytate-degrading, probiotic lactic acid bacteria and yeast strains isolated from Iranian traditional sourdough on the technological and nutritional properties of whole wheat bread. *Food Chemistry*, 306, 125620. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125620
- Fernandez-Pelaez, J., Paesani, C., Gomez, M. (2020). Sourdough Technology as a Tool for the Development of Healthier Grain-Based Products: An Update. *Agronomy*, 10(12), 1962. doi: 10.3390/agronomy10121962
- Fraberger, V., Ladurner, M., Nemeč, A., Grunwald-Gruber, C., Call, L. M., Hochegger, R., Domig, K. J., D'Amico, S. (2020). Insights into the Potential of Sourdough-Related Lactic Acid Bacteria to Degrade Proteins in Wheat. *Microorganisms*, 8, 1689. doi: 10.3390/microorganisms8111689
- Ganzle, M., Ripari, V. (2016). Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality. *International Journal of Food Microbiology*, 239(1), 19-25. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.004
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G., Rizzello, C. G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 302(1), 103–113. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018
- Golaburda, R., Straumite, E., Sabovics, M., Kruma, Z. (2020). Dynamics of Volatile Compounds in Triticale Bread with Sourdough: From Flour to Bread, *Foods*, 9(12), 1837. doi: 10.3390/foods9121837
- Graça, C., Lima, A., Raymundo, A., Sousa, I. (2021). Sourdough Fermentation as a Tool to Improve the Nutritional and Health-Promoting Properties of Its Derived-Products, *Fermentation*, 7(4), 246. doi: 10.3390/fermentation7040246
- Gül, H., Acun, S., Hayıt, F., Şirikçi, B. S. (2021). Geleneksel Ekşi Mayalı Isparta Ekmeğinin Bazı Kalite Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 34-35. ISSN: 1304-9984
- Hajnal, E. J., Orcic, D., Mastilovic, J. (2021). *The Fate of Alternaria Toxins in the Wheat-Processing Chain. Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Preedy, V. R. ve Watson R. R. (baş ed.), 2. Baskı, Academic Press Elsevier, Londra, İngiltere, s. 37-51. ISBN: 978-0-12-814639-2
- Hansen, A., Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects, *Trends in Food Science and Technology*, 16(1-3), 85-94. doi: 10.1016/j.tifs.2004.03.007
- Huang, C., Huang, J., Zhang, B., Omedi, J. O., Chen, C., Zhou, L., Liang, L., Zou, Q., Zheng, J., Zeng, Y., Huang, W. (2023). Rheo-Fermentation Dough Properties, Bread-Making Quality and Aroma Characteristics of Red Bean (*Vigna angularis*) Sourdough Induced by LAB *Weissella confusa* QS813 Strain Fermentation, *Foods*, 12(3), 605. doi: 10.3390/foods12030605
- Huys, G., Daniel, H. M., De Vuys, L. (2013). Taxonomy and Biodiversity of Sourdough Yeasts and Lactic Acid Bacteria. In: *Handbook on Sourdough Biotechnology*, Gobbetti, M., Ganzle, M. (chief ed.), Springer, 105-154. ISBN: 978-1-4614-5425-0 (eBook)

- Jin, J., Nguyen, T. T. H., Humayun, S., Park, S., Oh, H., Lim, S., Mok, I., Li, Y., Pal, K., Kim, D. (2021). Characteristics of sourdough bread fermented with *Pediococcus pentosaceus* and *Saccharomyces cerevisiae* and its bio-preservative effect against *Aspergillus flavus*, *Food Chemistry*, 345(1), 128787. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128787
- Kezer, G. (2022). Functional Perspective on Sourdough Bread, *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 10(8), 1410-1414. doi: 10.24925/turjaf.v10i8.1410-1414.4860
- Kirchhoff, E., Scieberle, 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, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 4304-4311. doi: 10.1021/jf010376b
- Landis, E. A., Oliverio, A. M., McKenney, E. A., Nichols, L. M., Kfoury, N., Biango-Daniels, M. Shell, L. K., Madden, A. A., Shapiro, L., Sakunala, S. Drake, K., Robbat, A., Booker, M., Dunn R. R., Fierer, N., Wolfe, B. E. (2021). The diversity and function of sourdough starter microbiomes, *eLife Ecology, Microbiology and Infectious Disease*, 1-24. doi: 10.7554/eLife.61644
- Lau, S. W., Chong, A. Q., Chin, N. L., Talib, R. A., Basha, R. K. (2021). Sourdough Microbiome Comparison and Benefits, *Microorganisms*, 9(7), 1355. doi: 10.3390/microorganisms9071355
- Liu, T., Li, Y., Sadiq, F. A., Yang, H., Gu, J., Yuan, L., Lee, Y. K., He, G. (2018). Predominant yeasts in Chinese traditional sourdough and their influence on aroma formation in Chinese steamed bread, *Food Chemistry*, 242(1), 404-411. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.081
- Liu, X., Zhou, M., Jiabin, C., Luo, Y., Ye, F., Jiao, S., Huc, X., Zhang, J., Lu, X. (2018). Bacterial diversity in traditional sourdough from different regions in China, *LWT – Food Science and Technology*, 96(1), 251-259. doi: 10.1016/j.lwt.2018.05.023
- Longin, C. F. H., Afzal, M., Pfannstiel, J., Bertsche, U. Melzer, T., Ruf, A., Heger, C., Pfaff, T., Schollenberger, M., Rodehutschord, M. (2023). Mineral and Phytic Acid Content as Well as Phytase Activity in Flours and Breads Made from Different Wheat Species, *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2770. doi: 10.3390/ijms24032770
- Loponen, J., Ganzle, M. G. (2018). Use of Sourdough in Low FODMAP Baking, *Foods*, 7(7), 96. doi: 10.3390/foods7070096
- Ma, S., Wang, Z., Guo, X., Wang, F., Huang, J., Sun, B., Wang, X. (2021). Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges—A review. *Food Chemistry*, 360, 130038. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130038
- Mantzourani, I., Plessas, S., Odatzidou, M., Alexopoulos, A., Galanis, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A. (2019). Effect of a novel *Lactobacillus paracasei* starter on sourdough bread quality, *Food Chemistry*, 271(1), 259-265. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.183
- Martin-Garcia, A., Riu-Aumatell, M., Lopez-Tamames, E. (2021). Influence of process parameters on sourdough microbiota, physical properties and sensory profile, *Food Reviews International*, 1-15. doi: 10.1080/87559129.2021.1906698
- Menezes, L. A. A., Minervini, F., Filannino, P., Sardaro, M. L., Lindner, J. D. D. (2018). Effects of Sourdough on FODMAPs in Bread and Potential Outcomes on Irritable Bowel Syndrome Patients and Healthy Subjects, *Frontiers in Microbiology*, 9(1), 1972. doi: 10.3389/fmicb.2018.01972
- Montemurro, M., Pontonio, E., Gobetti, M., Rizzello, C. G. (2019). Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours, *International Journal of Food Microbiology*, 302(1), 47-58. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.005
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction, *Nature*, 419, 448-449.
- Nachi, I., Fhoula, I., Smida, I., Ben Taher, I., Chouaibi, M., Jaunbergs, J. Bartkevics, V., Hassaouna, M. (2018). Assessment of lactic acid bacteria application for the reduction of

- acrylamide formation in bread, *LWT – Food Science and Technology*, 92(1), 435-441. doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.061
- Olejede, A. O., Ogunsakin, A. O., Sanni, A. I., Banwo, K. (2020). Rheological, textural and nutritional properties of gluten-free sourdough made with functionally important lactic acid bacteria and yeast from Nigerian sorghum, *LWT - Food Science and Technology*, 120(1), 108875. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108875
- Omedi, J. O., Huang, W., Zheng, J. (2019). Effect of sourdough lactic acid bacteria fermentation on phenolic acid release and antifungal activity in pitaya fruit substrate, *LWT - Food Science and Technology*, 111(2019), 309-317. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.038
- Onacik Gür, S., Szafranska, A., Roszko, M., Stepniewska, S. (2022). Interaction of dough preparation method, green tea extract and baking temperature on the quality of rye bread and acrylamide content, *LWT - Food Science and Technology*, 154(1), 112759. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112759
- Özer, Y. E. (2021). Gestasyonel Diyabette Ekşi Mayalı Tam Tahıllı EkmeK Tüketiminin Kan Şekeri Üzerine Etkisi, Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi, Sakarya, Türkiye, 77 s.
- Özkaya, B. (2019). *EkmeK. Fermente Gıdalar: Mikrobiyoloji, Teknoloji ve Sağlık*, Anlı, E. ve Şanlıbaba, P. (baş ed.), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 501-540. ISBN: 978-605-7846-35-8
- Papadimitriou, K., Zoumpopoulou, G., Georgalaki, M., Alexandraki, V., Kazou, M., Anastasiou, R., Tsakalidou, E. (2019). Sourdough Bread içinde: *Innovation in Traditional Foods (Ed: Galanakis, C. M.)*, Woodhead Publishing, Elsevier, Birleşik Krallık. ISBN: 978-0-12-814888-4 (online)
- Pejcz, E., Czaja, A., Wojciechowicz-Budzisz, A., Gil, Z., Spychaj, R. (2017). The potential of naked barley sourdough to improve the quality and dietary fibre content of barley enriched wheat bread, *Journal of Cereal Science*, 77(1), 97-101. doi: 10.1016/j.jcs.2017.08.007
- Petel, C., Onno, B., Prost, C. (2016). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 59(1), 105-123. doi: 10.1016/j.tifs.2016.10.015
- Petel, C., Onno, B., Prost, C. (2017). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 59 (2017), pp. 105-123. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125620
- Plessas, S., 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 Chemistry*, 107(2), 883-889. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.09.010
- Plessas, S., Alexopoulos, A., Bekatorou, A., Mantzourani, I., Koutinas, A. A., Bezirtzoglou, E. (2011). Examination of freshness degradation of sourdough bread made with kefir through monitoring the aroma volatile composition during storage, *Food Chemistry*, 124(2), 627-633. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.086
- Plessas, S. (2021). Innovations in Sourdough Bread Making, *Fermentation*, 7(1), 29. doi: 10.3390/fermentation7010029
- Rahsmi, B. S., Gayathri, D., Vasudha, M., Prashantkumar, C. S., Swamy, C. T., Sunil, K. S., Somaraja, P. K., Prakash, P. (2020). Gluten hydrolyzing activity of *Bacillus* spp isolated from sourdough, *Microbial Cell Factories*, 19(1), 130. doi: 10.1186/s12934-020-01388-z
- Rizzello, C. G., Portincasa, P., Montemurro, M., Di Palo, D. M., Lorusso, M. P., De Angelis, M., Bonfrate, L., Genot, B., Gobbetti, M. (2019). Sourdough Fermented Breads are More Digestible than Those Started with Baker's Yeast Alone: An In Vivo Challenge Dissecting Distinct Gastrointestinal Responses, *Nutrients*, 11(12), 2954. doi: 10.3390/nu11122954
- Rizzello, C. G., Montemurro, M., Gobbetti, M. (2016). Characterization of the Bread Made with Durum Wheat Semolina Rendered Gluten Free by Sourdough Biotechnology in Comparison with

- Commercial Gluten-Free Products, *Journal of Food Science*, 81(9), 2263-2272. doi: 10.1111/1750-3841.13410
- Rolim, M. E., Fortes, M. I., Frankenberg, A. V., Duarte, C. K. (2022). Consumption of sourdough bread and changes in the glycemic control and satiety: A systematic review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Taylor and Francis, doi: 10.1080/10408398.2022.2108756
- Rollan G., Gerez, C. L., Dallagnol, A. M., Torino, M. I., Font, G. (2010). *Update in bread fermentation by lactic acid bacteria. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology* (Ed. Mendez-Vilas, A.) 2. Basım, Formatex, İspanya, s. 1168-1174. ISBN-13: 978-84-614-6195-0
- Saeed, M., Raza, M. S., Randhawa, M., Shabbir, M. A., Ahmad, S. (2017). Volatiles formation by single strain starters of indigenously isolated lactic acid bacteria in Sourdough, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54(1), 161-169. doi: 10.21162/PAKJAS/17.5103
- Sakandar, H. A., Hüseyin, R., Kubow, S., Sadık, F. A., Huang, W., İmran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13883. doi: 10.1111/jfpp.13883
- Scherf, K. A., Wieser, H., Koehler, P. (2018). Novel approaches for enzymatic gluten degradation to create high-quality gluten-free products, *Food Research International*, 110(1), 67-72. doi: 10.1016/j.foodres.2016.11.021
- Siepmann, F. B., Ripari, V., Waszczynskyj, N., Spier, M. R. (2018). Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing, *Food Bioprocess Technology*, 11(1), 242-270. doi: 10.1007/s11947-017-1968-2
- Siepmann, F. B., Sousa de Almeida, B., Waszczynskyj, N., Spier M. R. (2019). Influence of temperature and of starter culture on biochemical characteristics and the aromatic compounds evolution on type II sourdough and wheat bread, *LWT - Food Science and Technology*, 108(1), 199-206. doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.065
- Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, M-C., Riediker, S. (2002). Acrylamide from Maillard reaction products, *Nature*, 419, 449-450.
- Suo, B., Chen, X., Wang, Y. (2021). Recent research advances of lactic acid bacteria in sourdough: origin, diversity, and function, *Current Opinion in Food Science*, 37(1), 66-75. doi: 10.1016/j.cofs.2020.09.007
- Teleky, B.E., Martău, A.G., Ranga, F., Chețan, F., Vodnar, D.C. (2020). Exploitation of lactic acid bacteria and Baker's yeast as single or multiple starter cultures of wheat flour dough enriched with soy flour. *Biomolecules*, 10(1), 778. doi: 10.3390/biom10050778
- Wang, Y. H., Yang, Y. Y., Li, H. Q., Zhan, Q. D., Xu, F., Li, Z. J. (2021). Characterization of aroma-active compounds in steamed breads fermented with Chinese traditional sourdough, *LWT - Food Science and Technology*, 152(1), 112347. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112347
- Warburton, A., Silcock, P., Eyres, G. T. (2022). Impact of sourdough culture on the volatile compounds in wholemeal sourdough bread, *Food Research International*, 161(1), doi: 10.1016/j.cofs.2018.02.009
- Xi, J., Xu, D., Wu, F., Jin, Z., Yin, Y., Xu, X. (2020). The aroma compounds of Chinese steamed bread fermented with sourdough and instant dry yeast, *Food Bioscience*, 38(1), 100775. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100775
- Xu, D., Zhang, H., Xi, J., Jin, Y., Chen, Y., Guo, L., Jin, Z., Xu, X. (2020). Improving bread aroma using low-temperature sourdough fermentation, *Food Bioscience*, 37(1), 100704. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100704
- Yan, Y. L., Hu, Y., Ganzle, M. G. (2018). Prebiotics, FODMAPs and dietary fiber — conflicting concepts in development of functional food products?, *Current Opinion in Food Science*, 20(1), 30-37. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111885
- Yan, B., Sadiq, F. A., Cai, Y., Fan, D., Zhang, H., Zhao, J., Chen, W. (2019). Identification of Key Aroma Compounds in Type I Sourdough-Based Chinese Steamed Bread: Application of

Untargeted Metabolomics Analysis, *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), 818. doi: 10.3390/ijms20040818

Yıldız, B. (2020). Taze Meyvelerden Elde Edilen Ekşi Mayaların Ekmeklerin Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 90 s.

Yıldırım, R. M., Arıcı, M. (2019). Effect of the fermentation temperature on the degradation of phytic acid in whole-wheat sourdough bread, *LWT – Food Science and Technology*, 112(1), 108224. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.122

Zahra, A., Farooq, U., Saeed, M. T., Qudsoos, M. Y., Hameed, A., Iftikhar, M. Noreen, A., Mahvish, S., Bukhari, S. R., Naqvi, S. N., Chaudhry, F., Rafique, A. (2022). Enhancement of sensory attributes and mineral content of Sourdough

bread by means of microbial culture and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), *Food Chemistry Advances*, 1(1), 100094. doi: 10.1016/j.focha.2022.100094

Zhang, G., Wu, T., Sadiq, F., Yang, H., Liu, T., Ruan, H. ve He, G. (2016). A study revealing the key aroma compounds of steamed bread made by Chinese traditional sourdough, *Journal of Zhejiang University Science B*, 17(1), 787-797. doi: 10.1631/jzus.B1600130

Zhang, G., Tu, J., Sadiq, F., Zhang, W., Wang, W. (2019). Prevalence, genetic diversity and technological functions of *Lactobacillus sanfranciscensis* in sourdough: A review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1209-1226. doi: 10.1111/1541-4337.12459