

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

121450

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKŞİ HAMUR İLE EKMEK YAPIMI VE EKŞİ HAMUR
MİKROFLORASI

Mustafa YILMAZ

GIDA BİLİMİ ve TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ERZURUM
2002

Her hakkı saklıdır

121450

Yrd. Doc. Dr. Ferid AYDIN danışmanlığında, A. Mustafa YILMAZ tarafından hazırlanan bu çalışma 26.1.09 /2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :..... Prof. Dr. Mükerrrem Kaya

İmza :

Üye :..... Prof. Dr. Necati Yıldız

İmza :

Üye :..... Yrd. Doc. Dr. Ferid Aydın

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylarım

(imza)

Umüt Jeneri

Enstitü Müdürü

ÖZET

Y. Lisans Tezi

EKŞİ HAMUR İLE EKMEK YAPIMI VE EKŞİ HAMUR MİKROFLORASI

Mustafa YILMAZ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ferit AYDIN

Ekmeğin, *Saccharomyces cerevisiae* ve laktik asit bakterilerinin fermantasyonu ile üretilen ve asırlardır önemini yitirmeyen fermente bir üründür. Günümüzde yaklaşık 4000 civarında ekmeğin çeşidi üretilmektedir. Bu çeşitlilik, farklı formülasyonlar, farklı hamur yapım metotlarının uygulanması ve pişirme yöntemi gibi değişik faktörlerden kaynaklanmaktadır. Çeşitli formülasyonlar ile yapılabilen ekşi hamur yöntemi hamur yapım metotlarından biri olarak günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Ekşi hamur yönteminin esası, ticari kültür mayalarının yanında havadan ve kullanılan hamur unsurlarından gelen yabancı mayaları, sakkarolitik *Clostridium* türlerini ve heterofermantatif laktik asit bakterilerini içeren hamur parçalarını bir sonraki hamurda maya olarak kullanmaktır. Bu çalışmada, ekmeğin yapım metotları içinde önemli bir yere sahip olan ekşi hamur metodu incelenmiş ve ekşi hamur mikrobiyolojisi ile ilgili çalışmalar derlenmiştir. Modern ekmeğin üretiminde hamurun ekşitilebilmesi için önemli düzeyde asit üretebilen laktik asit bakterileri starter kültür olarak hamura inoküle edilir. Nitekim ekşi hamur metodu ile üretilen farklı ekmeğin tiplerinde *Lactobacillus sanfrancisco*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. fermenti*, *L. delbrueckii*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis* gibi laktik asit bakterilerinin ve *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida krusei*, *Candida holmii*, *Hansenula anomala* ve *Pichia saitoi* gibi çeşitli mayaların faaliyet gösterdiği saptanmıştır. Son yıllarda spontan olarak veya starter kültür ilavesi ile mayalanarak yapılan ekşi hamur ekmekleri üzerine birçok çalışma yapılmış ve ekşi hamur ekmeğinin üretim ve tüketimi giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Yapılan bu çalışmalarda, ekşi hamur metodu ile üretilen ekmeklerin daha aromatik, daha geç bayatlayan, yüksek hacimli ve kabul edilebilirliği yüksek olan ekmekler olduğu tespit edilmiştir.

2002, 84 sayfa

Anahtar kelimeler: Ekmeğin, ekşi hamur, laktik asit bakterileri, maya, starter

ABSTRACT

Master Thesis

BREAD MAKING WITH SOURDOUGH AND SOURDOUGH MICROFLORA

Mustafa YILMAZ

**Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Science and Technology**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ferit AYDIN

The bread which is produced by fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria has been a very important fermented product for centuries. Nowadays, approximately 4000 kinds of bread are produced. These varieties result from different formulation, application of different dough making methods and baking methods. Recently, sourdough method made with several formulations is the one of dough methods which makes it very popular. The principle of sourdough method is to use commercial starter culture yeast with wild-yeast from dough ingredients and environment, saccharolytic *Clostridium* species and dough pieces containing heterofermentative lactic acid bacteria as a yeast source for the next dough making. In this work, sourdough method which as a valuable interest among the bread dough methods and related studies which sourdough microflora were reported. In the modern bread production, lactic acid bacteria which produce high level acid are inoculated to dough as starter culture in order to make dough sour. *Lactobacillus sanfrancisco*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. fermenti*, *L. delbrueckii*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis* lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida krusei*, *Candida holmii*, *Hansenula anomala* ve *Pichia saitoi* yeast in the production of different type of bread produced by sourdough method are active groups. Recently there have been many studies on sourdough produced with either spontaneous or starter culture therefore the production and consumption of sourdough have become very common. By doing this study it was determined that the bread produced with sourdough method is more aromatic, has a very long shelf life and high volume, and acceptable for the all properties.

2002, 84 pages

Keywords: Bread, sourdough, lactic acid bacteria, yeast, starter

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu araştırma süresince destek, yardım ve teşvikleri ile yol gösteren çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ferit AYDIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ders ve tez çalışmalarım sırasında emeklerini unutamayacağım Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Múkerrem KAYA, Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Fevzi KELEŐ, Sayın Prof. Dr. Songül ÇAKMAKCI, Sayın Prof. Dr. Selahattin SERT ve Gıda Mühendisliği Bölümündeki diğer hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa YILMAZ

Ağustos 2002

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. EKMEK	6
2.1. Ekmeğin Bileşimi	7
2.1.1. Esas İngredientler	8
2.1.2. Minör İngredientler	10
2.1.3. Diğer İngredientler	11
2.2. Ekmek Yapım Metotları	11
2.2.1. Kısa Süreli Hamur Sistemi	11
2.2.2. Sürekli Yoğurma Sistemi	11
2.2.3. Sıvı Ferment Sistemi	11
2.2.4. Direkt Hamur Metodu	12
2.2.5. İndirekt Hamur Metodu (sponge)	12
3. EKŞİ HAMUR	15
3.1. Ekşi Hamurla İlgili Bazı Terimlerin Açıklaması	16
3.2. Ekşi Hamur Metodu İle Ekmek Üretimi	18
3.2.1. Trabzon'da Üretilen Ekşi Hamur Ekmekleri	18
3.2.2. Trabzon Vakfikebir Ekmeği	20
3.2.3. İsrail'de Ekşi Hamur Yöntemi İle Ekmek Yapımı	22
3.2.4. Sofya Ekmeği	23
3.2.5. Polonya'da Üretilen Ekşi Hamur Ekmekleri	23
3.2.6. Diğer Avrupa Ülkelerinde Yapılan Ekşi Hamur Ekmekleri	24
4. EKŞİ HAMUR MİKROFLORASI	25
4.1. Ekşi Hamurda Bulunan Mikroorganizmalar	25
4.2. Ekşi Hamur Mikroflorası İle İlgili Çalışmalar	31

5. SONUÇ	72
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	84



SİMGELER DİZİNİ

cfu/g	Koloni Oluşturan Birim
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
mL	Mililitre
ppm	Milyonda Bir Kısım
TTA	Toplam Titre Edilebilir Asitlik
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde Konsantrasyon
a _w	Su Aktivitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İndirekt hamur metodu.....	13
Şekil 3.1. Trabzon Vakfikebir ekmeğine ait üretim akış şeması.....	21



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Farklı fırınlarda üretilen Trabzon ekmeğinin içeriği ve üretim aşamaları.....	19
Çizelge 4.1. Ekşi hamurdan üretilen çavdar ekmeğinde fermantasyonda rol oynayan mikroorganizmalar	44
Çizelge 4.2. Farklı fermentlerde laktik asit bakterilerinin oranları.....	45
Çizelge 4.3. Starter kültür katkılı ekşi hamur ekmeklerinde ekmeğin ve kabuğunun depolama süresince su aktivitesi.....	50
Çizelge 4.4. Ekşi hamurlar ile ekşi hamur ekmeklerinin bazı özellikleri.....	57
Çizelge 4.5. Ekmek içi sertlik değerlerinin (N) depolama süresince değişimi.....	59
Çizelge 4.6. Ekşi hamur bakteriyel starterleri kullanılarak üretilen ekmeklerin fiziko-kimyasal özellikleri.....	62
Çizelge 4.7. <i>L. plantarum</i> ve <i>L. sanfrancisco</i> ile fermente edilen ekşi hamurlar kullanılarak üretilen buğday ekmeğinin özellikleri	65
Çizelge 4.8. Ekşi hamur mayası ve <i>Lactobacillus</i> türleri içeren ekşi hamur starter kültürleri ile fermente edilen ekşi hamur kullanılarak (%15) hazırlanan ekmeğin analitik özellikleri.....	66
Çizelge 4.9. <i>L. plantarum</i> ve <i>L. sanfrancisco</i> ile fermente edilen, ekşi hamur katkılı (%15) ekmeklerin duyu özellikleri.....	67
Çizelge 4.10. Ekşi hamur ortamından izole edilen aroma bileşikleri.....	71

1. GİRİŞ

Ekmek ilk zamanlardan beri insan için en önemli temel gıda maddelerinden biri olmuştur. Fırıncılık, dünyadaki en eski mesleklerden biridir. British Müzesi'nin Mısır galerilerinde 5000 yıl önce pişirilmiş ve yapılmış gerçek somunlar görülebilir (Anonymous 2002a).

M.Ö. 4300 yıllarında değirmencilik ve fırıncılık sanatının icra edildiği yapılan kazılardan anlaşılmaktadır. Eski devirlerde insanlar yiyeceklerini herhangi bir işleme tabi tutmadan tüketmişler ve insanların işleyerek tükettiği gıdalardan en önemlisi buğday ve bundan ürettiği ekmek olmuştur. Mısırlılar'ın ekmeğe bal, hurma gibi maddeler de kattıkları tespit edilmiştir. Eski Mısır'da ekmek, her olayda ve törende bulunan, ekonomik katkısı en büyük bir gıda olarak kabul edilmiştir. Mayalı ekmeğin ise ilk kez M.Ö. 1800 yıllarında Eski Mısırlılar tarafından tesadüfen hamurun kendi haline bırakılmasıyla gerçekleştiği bilinmektedir (Pomeranz and Shellenberger 1971).

Mısırlılar M.Ö. 200 yıllarında mayalı beyaz ekmeği üretmişlerdir. Hintliler'de bu tarihten önce buğday kırmısından ürettikleri 'chapati' denilen yassı şekilde mayasız tuzsuz ekmekleri üretmişlerdir (Elgün ve Ertugay 2002).

Dünyadaki en eski fırın ve ocak kalıntıları ekmeğin M.Ö. 4000 yılında Babil'de yapıldığını gösteriyor. Mayalanmış ekmek M.Ö. 8. yüzyılda Mısır'dan Yunanistan'a sokulmuştur. M.Ö. 2. yüzyılda artan ekmek tüketimini karşılamak için büyük kapasiteli ticari fırınlar geliştirilmiştir. 15. yüzyılda İngiltere'de birçok ekmek çeşidi üretilmiştir. Bu çeşitlerin içinde en iyisinin beyaz undan yapılan lordların ekmeği olduğu bilinmektedir. Baklagillerle karıştırılan çavdar, yulaf ve arpadan yapılan ekmekleri daha fakir insanlar tüketmiştir. Kepek ekmeği ise, çok fakir insanların ekmeği olmuştur. 16. yüzyılın ortasında çavdar ekmeği üretilmiştir. M.S. 794 yılına ait bir notta, ekmeğin yulaf, arpa, çavdar ve buğdayın karıştırılmasıyla elde edildiği

belirtilmektedir. Uzun süre fırıncılar tabii fermantasyona güvenmişler ve daha sonra ki yıllarda ekmeği yapmak için önceki hamur partilerinden parçalar kullanmışlardır. Bu şekildeki üretim hala ekşi hamur ekmeği yapmak için kullanılmaktadır. 19. yüzyılın sonlarında kuzeyde köylülerin ekmeği kültüründe temel bir değişiklik olmuş ve yeni fırın çeşitleri kurulmuştur. Demir aksamli fırınlar yaygınlaşmış ve fırında pişirme genelleşmiştir (Pomeranz 1987).

Ekmeği *Saccharomyces cerevisiae* ve laktik asit bakterilerinin fermantasyonu ile üretilen fermente bir üründür. *S. cerevisiae* şekerlerin fermantasyonu sonucu CO₂ ve alkol üreterek ekmeğin kabarmasını sağlar. Ekmeğe maya olarak ilave edilen ve ekşi maya adı verilen hamur, gaz oluşturan mikroorganizmaları, yabancı mayaları, koliform bakterilerini, sakkarolitik *Clostridium* türlerini ve heterofermantatif laktik asit bakterilerini içerir. Ekmeği mayasının birinci görevi şekerlerin fermantasyonu sonucu CO₂ üreterek ekmeğin kabarmasını sağlamaktır. Normalde fermantasyon maya hamura karıştırıldığında başlar ve fırın sıcaklığı maya enzimlerini inaktive edene kadar devam eder (Anonim 2000).

İnsan beslenmesinde birinci derecede öneme sahip vazgeçilmez bir gıda olan ekmeğin önemli özellikleri; kendine has nötr karakterde bir aromaya sahip oluşu dolayısıyla diğer gıdalar için iyi bir taşıyıcı özellik arz etmesi, diğer gıdalara göre daha ucuz ve kolay sağlanabilir olması, besleyici ve doyurucu özellik içermesidir. Asırlardır süregelen alışkanlıkların ve milli kültürün etkisiyle, karbonhidrat ve protein kaynağı olarak insan beslenmesinde yüksek bir öneme sahiptir (Elgün ve Ertugay 2002).

Ağırlıklı olarak tahıla dayalı bir beslenmenin hakim olduğu Türkiye’de fert başına tüketilen enerjinin %66’sı tahıllardan, bunun da %56’lık kısmı yalnız başına ekmeğten, proteinin ise %50’si ekmeğten karşılanmaktadır. Farklı bölge, yaş ve gelir gruplarına göre değişen ekmeği tüketimi ülkemizde 100-800 g arasında olup ortalama 400 g’dır. Gerek insan beslenmesi açısından, gerekse ülkemizde ulaştığı tüketim

hacmi bakımından sahip olduğu önemden dolayı hububat teknolojisi içerisinde ekmekçilik oldukça önemlidir (Elgün ve Ertugay 2002).

Birçok Batı Avrupa ülkesinde karbonhidratların yarısı, proteinlerin üçte biri, B vitaminlerinin %50'si, E vitamininin %75'inin kaynağı ekmektir (Pomeranz 1987).

Ekşi hamur yönteminin esası, normal kültür mayalarının yanında havadan ve kullanılan hamur unsurlarından gelen yabancı mayaların, laktik, asetik ve sitrik asit bakterilerinin faaliyet gösterdiği bir hamur parçasını, bir sonraki hamurda maya olarak kullanmaktır. Ekşi hamur yönteminden, tek hücreli mikroskobik bir canlı olan *Saccharomyces cerevisiae* türlerinin saf maya olarak kullanıldığı günümüzün modern, saf kültür mayacılığına gelene kadar şüphesiz ki önemli merhalelerden geçilmiştir (Aydın 2000, Aydın ve Çetin 2001, Elgün ve Ertugay 2002).

19. yüzyılın sonlarına kadar fermente bir ürün yapılacağı zaman üründen bir kısım ayrılmış ve bu ayrılan kısım bilahare starter olarak sonraki fermantasyon işleminde kullanılmıştır. Asya, Avrupa ve Afrika'da, çoğu fermente ürün halen bu şekilde hazırlanmaktadır (Metz 1993).

Ekşi hamur starteri ile mayalanmış olan ekmekler ekşi hamur ekmekleri olarak adlandırılmışlardır (Anonymous 2002b). Fazla süre bekletilmiş ekşi hamurla üretilen ekmekler özellikle sıcak iklimlerde çok ekşi oldukları için kabul görmemişlerdir (Pomeranz 1987). Ekşi hamur ekmeği fermantasyon olayında rol alan laktobasillerin spesifik türleri tarafından ortaya çıkarılan asitlere bağlı olarak ekşi olabilir fakat çoğunlukla ekşi olmayan bir tada sahiptir. Ekşi hamur ekmeği genellikle ekşi tada sahip ekmek değildir. Gerçekte bu zengin kompleks buğdayımsı lezzette aromatik bir tada sahiptir. Ekşi hamur ile beraber ekşiliğin derecesi ısı, fermantasyon süresi, tahılın tipi, suyun miktarı ve özellikle de maya ve laktobasillerin cinsleri gibi birçok faktöre bağlıdır (Anonymous 2002b).

Hammes ve Hertel starter kültürün tanımını 'fermantasyon ortamında arzu edilen metabolik aktiviteyi sağlayan canlı ya da dinlenme formundaki mikroorganizmalar içeren preparatlar' olarak yapmışlardır (Hammes and Hertel 1998).

Dünyanın birçok yerinde ekşi hamurun tabii mikrobiyolojik florası üzerine çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Mayalar ve laktobasiller arasındaki simbiyozun temelinin anlaşılmasında en başarılı çalışmalar Sugihara ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir (Anonymous 2002c).

Ekmeğin fermentasyonunda, tat ve aromasının oluşumunda bakteriyel fermentasyonun da çok büyük önemi vardır. Modern ekmek üretiminde hamurun ekşitilebilmesi için önemli düzeyde asit üretebilen laktik asit bakterileri hamura inoküle edilmektedir. Nitekim farklı ekmek tiplerinde *Lactobacillus sanfrancisco* *L. mesenteroides*, *L. delbrueckii*, *L. fermenti*, *Pediococcus cerevisiae*, *Enterococcus faecalis* gibi laktik asit bakterilerinin de faaliyet gösterdiği saptanmıştır. Ekşi hamurdan üretilen değişik tip ekmeklerin üretiminde değişik laktik asit bakterileri ve maya türleri rol oynamaktadır (Anonim 2000, Aydın 2000).

Fermentasyon kelimesine geçmişten beri çok değişik anlamlar yüklenmiştir. Örneğin 'köpürme ile gözlenen kimyasal reaksiyonlar' veya 'organik bileşiklerin dönüşüm ve değişim reaksiyonları' gibi tanımlamalara rastlanmaktadır. Fermentasyonun diğer bir tanımı da oksijensiz hayattır. Mikrobiyolojik anlamda gerçekleşen fermentasyonların dışında sanayiide oksijenli veya oksijensiz (aerobik veya anaerobik) koşullarda çeşitli bakteri, küf ve mayalar aracılığıyla bir ürün üretilmesi de fermentasyon olarak isimlendirilir (Anonim 2000).

19. yüzyılın ortalarına doğru gıda fermentasyonlarında bizim anladığımız manada üretimde iki önemli gelişme yaşanmıştır. Bunlardan birincisi, endüstriyel gelişim sonucu kentlerde yaşayan insan sayısında bir artış olmuştur. Bu da geleneksel yöntemlerle az miktarlarda yapılan gıda maddelerinin büyük insan kitlelerine

yetmeyeceği anlamındadır. İkincisi 1850'lerden sonra mikrobiyolojinin bir bilim dalı haline gelmesiyle fermantasyon işleminin anlaşılmasıdır. Böylece bakteri, maya ve küflerin fermente gıdalardaki gelişimi anlaşılması ve bunların çoğalmasının daha kontrollü ve daha etkin fermantasyonlara neden olduğu gözlenmiştir (Metz 1993, Caplice and Fitzgerald 1999).

Ekşi hamur sisteminin fermantasyonu uzun sürdüğu için asit miktarının yükseldiği ve ekmeğin teknolojik kalitesinde artış olduğu belirtilmiştir (Foramitti and Mar 1982). Ekşi hamur sistemi hamura elastik özellik kazandırarak glutenin ekmeğ içerisindeki pozitif etkisine ve ekmeğ hacminin daha iyi olmasına neden olmuştur (Kline and Sugihara 1971, Spicher 1986). Tabii olarak ekşitilmiş maya ile hazırlanan ekmeğlerdeki tat ve aromanın süt asidi ve asetik asit katılarak ekşitilen ekmeğlerden daha iyi olduğu belirtilmiştir (Oura *et al.* 1982, Salovaara and Valjakka 1987, Diğrak ve Özçelik 1991). Ekşi hamur metodunda hamur fermantasyonu ve ekmeğin pişirilmesi sırasında oluşan karbonil bileşikler ekmeğin aromasının oluşmasında oldukça etkili bulunmuştur (Pyle 1979).

Fermente gıdaların üretimindeki endüstriyel ve bilimsel gelişmeler sevindiricidir. Daha net bir ifade ile geleneksel olarak kullanılan geri mayalama ve doğal fermantasyonlar, endüstriyel boyutta artık geniş bir şekilde kullanılmamaktadır (Caplice and Fitzgerald 1999).

2. EKMEK

Ekmek, esas ingredient olarak buğday unu, maya, tuz ve suyun belirli oranlarda karıştırılıp yoğrulması ve hamurun belli bir süre fermente ettirilip pişirilmesiyle elde edilen temel bir gıda maddesidir (Elgün and Ertugay 1995).

Buğday unundan başka bir un kullanılarak yapılan ekmekler, unun yapıldığı ürünün adı ile birlikte tanımlanırlar (örneğin çavdar ekmeği gibi). Ekmek yapımında kullanılan maddelerin özellikleri elde edilecek ekmeğin özelliklerinin oluşumunda etkilidir (Altan 1988).

Tüm dünya ülkelerinde ve ülkemizde eskiden olduğu gibi günümüzde de tahıl ürünleri ve özellikle de ekmeğin, beslenmede ön sıradaki yerini korumaktadır. Tüketimi, ekonomik ve sosyal koşullara bağlı olarak değişim gösterse de ekmeğin gelecekte de önemini sürdüreceği kuşkusuzdur. Bugün dünyada çok çeşitli gıda maddeleri üretilmesine rağmen bir felaket anında veya açlık çeken ülkelere yardım söz konusu olduğunda ilk akla gelen şey buğday, un ve ekmeğin olmasıdır. Diğer pek çok gıdaya kıyasla ucuz bir enerji kaynağı olan ekmeğin, hiçbir zaman bıkkınlık duyulmadan sevilerek yenen konsantre bir gıda maddesidir (Özkaya 1996).

Günümüzde 4000 civarında ekmeğin çeşidinin üretildiği belirtilmiş, ekmeğin çeşitlerinde görülen bu artışın, farklı formülasyon ve mayalama şekli, şekil ve hacim durumu, kabuk ve ekmeğin özellikleri ile pişirme yöntemi gibi değişik faktörlerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Kotancılar vd 1998).

Ekmek çeşitlerinin birbirlerinden farklı olmasını sağlayan varyasyon kaynakları aşağıda belirtilmiştir (Elgün ve Ertugay 2002).

Mayalama: Ekmek tiplerinin çoğu mayalı olarak üretilse de mayalanmadan üretilen ekmeğin tipleri de mevcuttur (Asya'da chapati ekmeği). Mayalanarak üretilen

ekmeklerden kimyasal olarak mayalananlar (İrlanda soda ekmeği) olduğu gibi bakteriler kullanılarak mayalanan ekmekler de mevcuttur.

Formülasyon: Dünyada üretilen ekmeklerin çoğu zayıf-yavan (katkısız) formülasyonla sadece un, su ve tuz kullanılarak üretilmektedir. Bazılarına da yağ, süt ve diğer katkılar katılmaktadır.

Şekil ve Büyüklük: Farklı şekil ve irilikte olabilirler. Bazıları tavasız doğrudan fırın tabanında pişirilirler.

Spesifik Hacim: Düşük yoğunluklu yüksek hacimli ABD beyaz tava ekmeği, yoğunluğu yüksek düşük hacimli Orta Avrupa'da esmer ekmek.

Kabuk Özellikleri: Bazı tip ekmekler Viyana, Fransız, Türk Francala beyaz tava ekmeği gibi kalın gevrek bir kabuğa sahiptir. Bu tip ekmeklere kalın kabuklu ekmekler denir. Alman pumpernickel ve bizdeki Trabzon ekmeği ise hepsinden kalın kabukludur. Ekmek rengi açıktan en koyuya doğru değişiklik gösterebilir.

Ekmek içi özellikleri: Bazı ekmekler (sürekli yoğurma yöntemiyle üretilen beyaz ekmekler) çok ince uniform bir gözenek yapısına ve tekstüre, bazıları ise (Fransız, Türk francalası, baston) kaba düzgün olmayan gözenek yapısına sahiptir.

Pişirme: Uzun sürede pişirme kabuk oranını artırır ve aroma gelişimine katkıda bulunur.

İşte bütün bu sayılan faktörlerden dolayı, dünyada çok sayıda ekmek tipi ve çeşidi mevcuttur. Trabzon ekmeği de bu ekmeklerden sadece birisidir. Ancak en çok bilinen ekmek tipleri; beyaz tava ekmeği, tam buğday ekmeği (kepekli ekmek), çavdar ekmeği ve klasik kalın kabuklu ekmeklerdir (Elgün ve Ertugay 2002).

2. 1. Ekmeğin Bileşimi

Ekmek yapımında kullanılan esas ingredientler un, su, tuz ve mayadır. Buğday unundan yapılan ekmeğin kalitesi birinci derecede buğdayın genetik özelliklerinin ve yetiştirme şartlarının tayin ettiği tabii şartlara, ikinci derecede ise ekmek yapım, işleme teknolojisi ile birlikte, kullanılan ingredientlerin miktar ve kalitesine bağlıdır.

İngredientler esas, minör ve diğer ingredientler olarak üçe ayrılır (Elgün ve Ertugay 2002).

2.1.1. Esas ingredientler

Un: Buğday unu, temizlenmiş ve tavllanmış buğdayın öğütülmesiyle elde edilen yarı işlenmiş bir gıdadır. Unun kaynağı tane endospermdir. Un ifadesi aksi belirtilmedikçe buğday ununu karşılamaktadır. Unların rengi, protein miktarı, protein kalitesi, uniformitesi, su absorpsiyonu, yoğurma ve fermantasyon toleransı, hamurun gaz meydana getirme kabiliyeti, glutenin gaz tutma kapasitesi ve diastatik aktivitesi ekmeklik unların kalitesini gösteren başlıca kriterlerdir. Ekonomik ve ticari öneme sahip olarak kültürü yapılan buğday çeşitleri botanik yönden üç türe dahil edilmektedir (*Tr. aestivum*, *Tr. durum*, *Tr. compactum*). Türler ve çeşitler arasındaki kalite farkları elde edilen unların kullanım amaçlarını tayin etmektedir. Üç tür içerisinde en yaygın olarak yetiştirilen, renk, sertlik-yumuşaklık, dona-kurağa-hastalıklara mukavemet, olgunlaşma periyodu, öğütme özellikleri, protein miktar ve kalitesi gibi özellikler bakımından en geniş varyasyon gösteren *Triticum aestivum* türü, ekmeklik buğdaylar olarak değerlendirilmektedir. Ekmeklik kalitesi iyi (kuvvetli) unlar %70-75 randımanlı, protein miktarı en düşük %11, yaş gluten miktarı en düşük %27, amilaz aktivitesi amilografta 500 B.U konsistens, falling number'de 250-300 düşme sayısı olan unlardır.

Su: Su hamurda diğer bileşenlerin karışmasını sağlayan, hamura arzu edilen visko-elastik yapıyı kazandıran, fermantasyonun cereyanını sağlayan ve son ürün kalitesi üzerinde etkili olan temel bir bileşendir. Su olmaksızın hamur oluşumu mümkün değildir. Bir çok organik ve inorganik madde için çözücü olan su, hamurda tuz, şeker ve çözünür proteinler gibi hidrofilik bileşenleri çözen ve suda çözünmeyen proteinleri hidrate ederek gluten oluşturan bir maddedir. Suda mevcut çözülmüş minerallerin miktarının milyonda kısım (ppm) olarak ifadesi olan suyun sertlik derecesi bütün diğer bileşenlere eş değer CaCO_3 cinsinden ppm olarak ifade edilmektedir. Ekmek yapımında en uygun olarak kullanılan sular orta sert sulardır (50-100 ppm). Hamur kütlesi yaklaşık %40 su içermektedir.

Tuz: Genel anlamda sodyum ve klor elementlerinden ibaret beyaz kristal bir maddedir. Hamur formülasyonlarında optimum %0.5-1.5 oranında kullanılır. Tuz ekmeğe tat ve lezzet kazandırması, hamurun fiziksel özelliklerini etkilemesi, hamur glutenini kuvvetlendirmesi, hamur fermantasyonunu ve maya aktivitesini inhibe ederek hamurun gaz oluşturma gücünü düşürmesi nedeniyle önemlidir.

Maya: Ekmek üretimi açısından mayalanma genelde hamurda hacim artışı ve CO₂ varlığıyla ortaya çıkmaktadır. Hafif, uygun tekstürel özellikler kazanmış, ağızda kolay çiğnenebilen, sakızlaşıp topaklaşmaksızın yumuşak kalabilen ve kolay hazmedilen, iyi bir tat ve aromaya sahip pişirilmiş fırın ürünleri ancak hamur fermantasyonu (mayalanma) sonucu üretilebilmektedir. Ekmek mayası, hamurda mevcut basit şekerleri fermantasyona uğratarak, fermantasyon sonucu oluşan CO₂ ile hamurun kabarmasını, fermantasyon ürünü diğer maddelerle de hamurun olgunlaşmasını ve aroma teşekkülünü sağlayan spor yapan hakiki mayalar sınıfından *Saccharomyces* cinsine ait yuvarlağımsı, tek hücreli mikroorganizmalar olan *Saccharomyces cerevisiae* türleridir. Maya pH 4.5-5 arasında optimum faaliyet gösterir. Mayanın fonksiyonelliği içerdiği enzimlerden kaynaklanmaktadır. Mayanın içerdiği başlıca enzimler; sakkarozu parçalayan invertaz enzimi, maltozu parçalayan maltaz enzimi, glikoz ve fruktozu parçalayan zymas enzimidir. Bu enzimler olmaksızın şekerlerin fermantasyona uğrayarak, etil alkol ve diğer fermantasyon ürünlerinin oluşturması mümkün değildir. Mayanın fonksiyonu başlıca 3 grupta toplanmaktadır.

- Mayalama fonksiyonu: Fermantasyon sonucu oluşan CO₂ sayesinde gerçekleşir.
- Aroma gelişimi: Fermantasyon sırasında oluşan organik asitler, alkoller, aldehit ve ketonlar ve diğer karbonil bileşikleri sayesinde gerçekleştirilir. Aromatik bileşiklerin önemli bir kısmı, pişirme sırasında, kabukta cereyan eden Karamelizasyon ve Maillard reaksiyonları sonucu ortaya çıkar.
- Hamurun olgunlaştırılması: Fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişmeler ortaya çıkar ve hamur kendine has, elastikiyet, mayalanma yeteneği ve işlenebilirlik kazanır (Elgün ve Ertugay 2002).

2.1.2. Minör ingredientler

Ekmek üretiminin hamur yoğurma aşamasında un, su, tuz, maya ile birlikte ilave edilen, tek bir madde veya birçok maddenin karışımından meydana gelen ürünlere ekme katkı maddeleri adı verilir. Minör ingredientler aşağıda kısaca açıklanmıştır (Elgün ve Ertugay 2002).

Maya gıdası: Fermantasyon ortamında maya faaliyetini geliştirmek, hızlandırmak, hamur özelliklerini düzeltmek, suların mineral yetersizliğini takviye etmek ve gluteni sertleştirmek amacıyla kullanılırlar.

Enzimatik katkıları: Fonksiyonları maya fermantasyonu için gerekli besin maddelerinin (fermente olabilir şekerlerin) sağlanması, hamurun olgunlaşması, işleme özelliklerinin değiştirilmesi ve düzenlenmesidir.

Oksidantlar: Unların olgunlaştırılması, teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi ve renginin beyazlatılması amacıyla kullanılırlar.

İndirgen maddeler: Hamur yapısını zayıflatmaları ve hızlı hamur gelişmesini sağlamaları fonksiyonları vardır.

Yağlar: Hamurun olgunlaşmasında ve stabil ekme içi özelliklerinin meydana gelmesinde önemli role sahiptirler.

Yüzey aktif maddeler (surfaktanlar): Yüzey gerilimini azaltıp emülsiyon kararlılığını geliştirirler. Bunlar sayesinde hamur daha uygun bir işlenebilirlik kazanmakta, ekme içi yumuşaklığı, kabuk gevrekliği ve ekme hacmi artmakta, ekme arzu edilen gözenek yapısı teşekkül etmekte ve bayatlama geciktirilmektedir.

Antimikrobiyal katkı maddeleri: Ekme meydana gelen küf ve bakteriyel enfeksiyonlara karşı antimikotik ve antibakteriyel katkılarıdır (Elgün and Ertugay 2002).

2.1.3. Diğer İngredientler

Tatlandırıcılar, süt ve süt ürünleri, ekmeğin besin değerini zenginleştirici maddeler ve soya unu olarak sıralanabilirler (Elgün ve Ertugay 2002).

2.2. Ekmek Yapım Metodları

2.2.1. Kısa süreli hamur sistemi

Kısa süreli hamur metodunda süre kısa olmasına rağmen ekmek hacmi ve kalitesinin düşük ve kararsız olması, ekmek içi özellikleri indirekt metoda göre bayatlamaya uygunluğundan dolayı tercih edilmemektedir. Aynı zamanda yatırım maliyeti ve maya miktarı %5 daha yüksek ve aroma bakımından fakirdir (Elgün ve Ertugay 2002).

2.2.2. Sürekli yoğurma sistemi

Sürekli yoğurma metodu klasik metotlarla üretilenlere göre (sponge ve indirekt metotlar) ince düzgün gözenekli geç bayatlayan ürünlerdir. Ancak bu ürünlerin aroması ve müşteri tarafından genel kabul edilebilirliği daha düşüktür (Elgün ve Ertugay 2002).

2.2.3. Sıvı ferment sistemi

Sıvı ferment metodunun klasik metotlara göre en önemli avantajları üretim maliyetinin düşük oluşu, uniform, kaliteli ve ince gözenek yapısına sahip geç bayatlayan ürünler elde edilişi, işgücü, yer ve zaman tasarrufu, üstün sanitasyon ve işleme toleransıdır. Bu avantajlara rağmen bu sistemin klasik ekmek üretim teknolojisinde kullanılan ekipmana ilaveten tank ve soğutucular gibi ekipmanlara

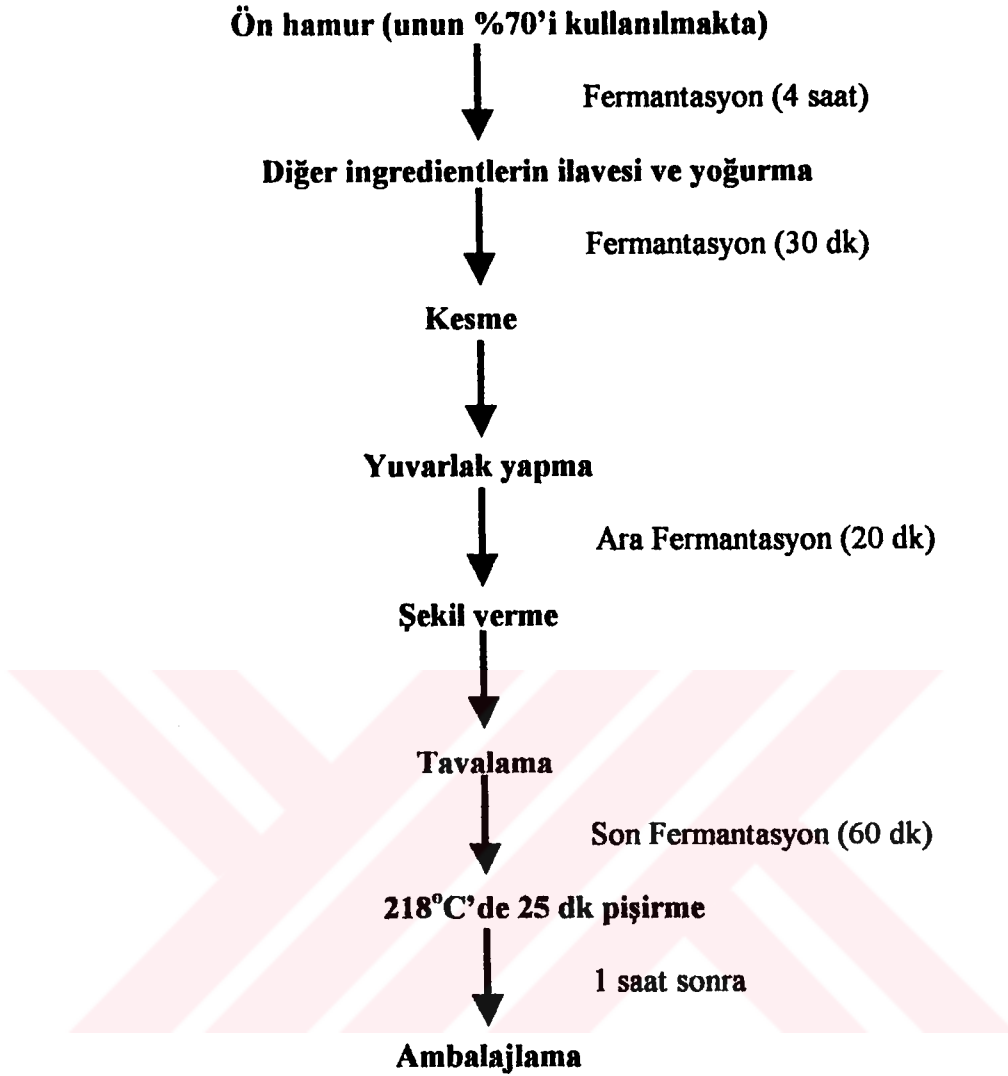
ihtiyaç göstermesi, ilk tesis masraflarının yüksek oluşu, ürünün kabul edilebilirliğinin (aromasının) düşük oluşu ve laboratuvar şartlarında uygulanabilirliğinin az oluşu gibi dezavantajları vardır (Elgün ve Ertugay 2002).

2.2.4. Direkt hamur metodu

Direkt hamur metodu ile yapılan ekmeğin kalitesi ve muhafaza ömrü, aroması, işleme toleransı indirekte göre daha düşük olmasına karşı, daha az iş gücü, zaman ve ekipman kullanılmaktadır. ABD’de büyük kapasiteli fırınlar tarafından tamamen terk edilmiştir (Elgün ve Ertugay 2002).

2.2.5. İndirekt hamur metodu (sponge)

İndirekt hamur metodu ekşi hamur olarak kullanılan ön hamur ve hamur devresi olarak ikiye ayrılır. Fermantasyon faaliyetinin büyük kısmının ön hamur devresinde olduğu bu metotta kullanılacak unun %70’i ile ön hamur hazırlanmaktadır. Aktif maya fermentasyonu sonucu ortaya çıkan fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkiye maruz kalan ön hamurdur. Hamur unsurlarından su, maya, maya besini ve unun %70’i katılarak hafif bir yoğurmayla hazırlanan ön hamur 4 saat fermente ettirildikten sonra kalan ingredientlerle birleştirilerek, düzgün homojen ve optimum düzeyde olgunlaştırılmış hamur kitlesi elde edilene kadar yoğrulur. Hamur son fiziksel gelişimi bu devrede kazanır. Yoğurmadan sonra 30 dakikalık bir fermentasyona daha tabi tutulan hamur kesilir, yuvarlak yapılır, tekrar 20 dakikalık ara fermentasyona bırakılır, şekil verilir, tavalanır ve 60 dakikalık son fermentasyona tabi tutularak 218°C’de 25 dakika pişirilir. Fırından çıktıktan 1 saat sonra ambalajlanır. İşlem süresi 7-8 saattir. Metodun karakteristik özelliği uzun zaman alması, işleme toleransının yüksek oluşu, ürünün daha aromatik kaliteli ve yüksek hacimli oluşudur. Beyaz tava ekmeği üretiminde kullanılan en popüler metot olup (şekil 2.1) özellikle büyük kapasiteli fırınlarda çok kullanılır (Elgün ve Ertugay 2002).



Şekil 2.1. İndirekt hamur metodu (Elgün ve Ertugay 2002)

Sponge hamur metodunun anlatıldığı başka bir çalışmada, sponge hamur için hamur unsurlarından unun %70'i, su, maya, şeker, süttozu, malt, L-askorbik asit ve tuz homojen hale gelene kadar yoğrulmuştur. Daha sonra %85 nispi rutubette 30°C'de iki saat kitle fermantasyonuna bırakılmıştır. İki saat sonra geriye kalan diğer unsurlarla birlikte optimum düzeyde olgunlaşmış hamur kitlesi elde edilene kadar yoğrulmuş ve 30 dakikalık fermantasyondan sonra bu olgun kitle 100 g un esasına göre bölünerek havalandırılmıştır. Aynı şartlarda 10 dakikalık ara fermantasyondan sonra şekil verilerek tavalara alınmıştır. %90 nispi nemde 30°C'de 1.5 cm proof yüksekliği oluşuncaya kadar son fermantasyona tabi tutularak kabarmış

olan hamurlar $230\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 25 dakika döner paletli fırında pişirilmiştir (Anonymous 1985, Ertugay vd 1991, Aydın 1995).



3. EKŞİ HAMUR

Ekşi hamur starterleri ve bu starterler ile yapılan ekmekler yaklaşık binlerce yıldır bilinmektedir. Ekşi hamur terimi 1800'lü yılların sonlarında ortaya çıkan bir Amerikan terminolojisidir. Daha sonraları bu terim basit bir ekmek starteri anlamında ABD'de yayılarak genelleşmiştir. Ekşi hamurun tarihi kendi kendine mayalanan ekmeğin tarihi kadar eskidir. Uzun zaman önce, eski çağlarda (kimilerine göre yaklaşık 6000 yıl önce) insanlar önce içecek hazırlamak ve daha sonra ekmeği pişirmek üzere tahılların fermantasyon ve mayalandırılmasının nasıl olduğunu açıklamaya çalışmışlardır. Akla uygun bir cevap bulunana kadar bu açıklamalar bir çok kişi tarafından tekrarlanarak yapılmıştır. Daha sonraki dönemlerde insanlar yapacakları ekmeğin fermantasyonunda starter olarak kullanmak üzere fermente edilmiş tahılların bir kısmının nasıl saklanabileceğini açıklamışlardır. Bu zamandan sonra insanlar ekşi hamuru yapmış ve kullanmıştır. Bu hamur tahıl ve su karışımının fermente edilmesiyle hazırlanmıştır. Günümüzde ekşi hamur starteri olarak adlandırılan bu hamur bir sonraki günkü ekmeğin yapımında starter olarak kullanılır. Bu şekilde üretilen ekmek ekşi hamur ekmeği olarak adlandırılır (Anonymous 2002b).

Orijinal 'ekşi hamur' San Francisco bölgesindeki spesifik mikroorganizma kültürlerinden orijin almış ve ekşi hamur starterlerini taşıyan madenciler sayesinde yayılmıştır. Sonraki zamanlarda büyük kapasiteli ticari fırınların ortaya çıkması ve çeşitli hamur tatlandırıcı ajanların icat edilmesinden sonra 'ekşi hamur' terimi kültürel kullanımda yaygınlaşmaya başlamıştır (Anonymous 2002b)

Eskiden bütün ekmekler ekşi hamur ile yapıldığı için üretilen ekmekler ekşi hamur ekmeği olarak adlandırılmamıştır. Ekşiliğin oluşturulması tercihen ılık bir ortamda hazırlanmış sponge hamurun fazladan birkaç saat bekletilmesiyle elde edilmektedir. Çoğu üretici bugün ekşi hamur ekmeğini hazırlarken böyle yapmaktadır. Bu, sponge hamurun ekşitilmesi olarak da adlandırılabilir. Bu işlem laktik asit bakterilerinin

faaliyetini kolaylaştırıp maya aktivitesini azaltmaktadır. Hata yapılarak maya aktivitesi çok fazla azaltılırsa, kabarmayı sağlamak için hamura ilave maya katılabilir. (Anonymous 2002d).

Ekşi hamur ekmeklerinin Birleşik Devletlerin uzak batısında yaşayan maden araştırmacıları ve eski zaman dağ köylüleri arasında daha popüler olduğu bildirilmiştir (Pomeranz 1987).

3. 1. Ekşi hamurla İlgili Bazı Terimlerin Açıklaması

Ekşi hamur starteri: Mayalanmış ekmek hamuru oluşturmak için un ve sıvıdan oluşan bir ortamdaki yabancı veya tabii maya ve laktobasillerin kültürü olan ve mayalanmayı devam ettiren bir başlatıcıdır. Bilimsel açıdan ekşi hamur starteri, ekmek hamurunu mayalandıran ve onun tadını veren “yabancı” olarak adlandırılan maya ve bakterilerin de içine dahil olduğu tahıl ve sıvının (genellikle un ve su) karışımı olan tabii bir mayalandırıcıdır.

Ekşi hamur (Sourdough): Yabancı veya tabii maya ve laktobasiller içeren, doğal olarak mayalama işlemi için kullanılan bir Amerikan terimidir. Aynı zamanda tabii maya ile ekmek mayalanması işlemidir. Mayalayıcı olarak kullanılan tabii mayaların bir kültürüdür.

Mayalanmış starter: Ticari olarak fırıncıların kullandığı mayaları içeren bir starterdir.

Ekşi ekmek: Ekşi bir tat veren herhangi bir ekmek tatlandırıcı ajanı (ekşitici tuzlar gibi), yoğurt veya sirke gibi katkıları içeren ekmektir. Bir ekşi hamur ile üretilmemiştir veya başka bir ifadeyle diğer tabii maya starterlerini içermez.

Sponge (ön hamur, mayalanmış ve dinlenmeye bırakılmış hamur): Katıdan ziyade kıvamı daha sulu (hamur-benzeri) olan bir ön fermenttir (pre-ferment). Son ekmek hamurundan önceki mayalandırıcı (ya ticari fırın mayaları ya da tabii mayalar) sıvı ve unun bir karışımıdır. Mayalanma için herhangi bir yerde birkaç dakikadan 24 saate kadar bekletilebilen bir hamurdur. Ekmek hamurunun aroma ve tekstürünü geliştirir ve mayalanmanın dayanıklılığını sağlar.

Poolish: Sponge hamur için kullanılan ticari fırıncı mayası, su ve unun karışımını ifade eden bir Fransızca terimdir. Genellikle katı bir karışımdan ziyade suludur. Klasik olarak sponge hamura eş bir anlamda kullanılırsa da miktar açısından su ve un oranı 1:1'dir.

Pre-ferment (ön mayalama): Bu terim fermantasyona imkan veren ve son ekmek hamuru içine dahil olmuş olan önceki mayalanma yeteneğini oluşturan herhangi bir karışım veya starteri ifade eder. Ön fermantasyon, ekmeğin lezzet ve tekstürünü artıran daha uzun bir fermantasyon periyoduna yol açarak mayalamaya ve aromaya katkıda bulunur.

Saurteig: Ekşi hamur için Almanya'da kullanılan bir terimdir.

Starter: Son hamurda mayalandırıcı olarak kullanılan mikroorganizma karışımıdır.

Maya (yabani veya tabii maya): Maya havada, tahılların veya meyve ve sebzelerin yüzeyinde ve toprakta yaygın bir şekilde bulunur. Ticari fırıncı mayasıyla karşılaştığımızda yabani maya, *C. krusei* ve *C. milleri* gibi bazı çeşitli *Candida* türlerini içeren *Saccharomyces exiguus* türleridir. İki maya arasında önemli bir farklılık vardır ticari fırın mayası çok asidik bir ortamda yaşayamaz oysa ki tabii maya böyle bir ortamda yaşamak için çok uygundur. Bu önemlidir çünkü herhangi bir ekşi hamur kültüründe laktobasiller az miktarda laktik ve diğer asitleri üretirler (bunlar ekşi hamur ekmeğine tadını verirler). Bu asitler ticari fırın mayaları için çok fazla asidik bir ortam oluştururlarken tabii mayalar bunlarla birlikte yaşayabilirler

Fermantasyon: Ekmeğin mayalanması olayı kabarma diye de bilinir. Undaki nişastadan basit şekerler yıkıma uğrarken ekmek hamurundaki mikroorganizmalar beslenir, ekmeğe lezzet veren ve kabarmasına neden olan CO₂, alkol, organik asitler ve organik uçucu bileşikler gibi çeşitli metabolik ara ürünler ortaya çıkar (Anonymous 2002b).

3.2. Ekşi Hamur Metodu ile Ekmek Üretimi

3.2.1. Trabzon'da üretilen ekşi hamur ekmekleri

Ülkemizde ve dünyada yöresel olarak pek çok farklı ekmeğin yapılmış olması ile ekmekler üretilmektedir. Ülkemizde en yaygın olarak bilinen ekşi hamur ekmeği Vakfikebir ilçesinde üretilen ve bu isimle anılan ekmektir (Aydın and Yılmaz 2001). Özellikle de Trabzon ve ilçelerinde ekşi hamur metodu kullanılarak üretilen bu ekmekler diğer bölgelerde de Trabzon ekmeği olarak tanınmaktadır. Vakfikebir ekmeğinin yapılmış aşamaları Trabzon yöresindeki ekmeğin imal eden 5 adet fırından, fırın ustaları ile görüşülerek alınan bilgilere göre özetlenmiştir (çizelge 3.1).

Birinci ekşi hamurun hazırlanması: Bir gün önceki ekmeğin yapılmış aşamalarında kullanılan hamurdan belli bir miktar ayrılır ve bu hamur fırın koşullarında en az 8 en fazla 18 saat bekletilerek ekşimesi sağlanarak birinci ekşi hamur hazırlanmış olur.

İkinci Ekşi Hamurun Hazırlanması: Birinci ekşi hamura yaklaşık 5-6 katı kadar un, 25-30 kg su, 750-1050 g tuz ve 0-600 g maya ilave edilerek hazırlanmaktadır. Kullanılan unlar genelde Merzifon civarına ait unlardır. Hazırlanan hamur yaklaşık 4-6 saat kadar bekletilir.

Esas hamurun yoğrulması: İlk olarak ekşi hamur yoğurma kazanına konulur. Daha sonra formülasyondaki bileşenler hamura ilave edilerek hamur yaklaşık 15-30 dakika kendini toparlayana kadar yoğrulur.

Birinci fermantasyon: Hamur farklı işletmelerde farklı sürelerde 10-40 dakika fermantasyona bırakılarak tekrar yoğurma işlemine tabi tutulmaktadır. Hamurun hazırlanmasında bazı işletmeler tarafından katılan ticari maya sadece kabarmaya yardımcı olmak amacıyla kullanılmakta ve hamura ekşilik vermektedir. Su kısmın çok soğuk ortamda ise sıcak su ile ısıtılmaktadır.

İkinci fermantasyon: Hamurlar oda sıcaklığında 1-2.5 saat arasında bekletilmekte ve üzerlerine bekleme sırasında kabuk bağlamasını azaltmak ve çevre şartlarından etkilenmemesini sağlamak amacıyla keten malzemedan yapılan pasa bezi örtülmektedir.

Hamur kesme: Pişirme payı %10-12 olacak şekilde ayarlama yapılarak yani yaklaşık %15'lik bir fazlalıkla hamur kesilmektedir.

Şekil verme : Kesilen hamura şekil verme elle yapılmaktadır.

Son fermantasyon işlemi: Hamur 1-2 saat arasında oda sıcaklığında fermantasyona bırakılmaktadır.

Fitil Hazırlama (Kemer atma): Fitil hamurun çökmemesini, içinin iyi pişmesini ve görünüşü düzeltmek amacıyla büyük hamur kütesinin ortasına konulmaktadır. Fitillerin kurumaması için yüzeylerine unun kaynamış suda pişirilmesi ile hazırlanmış bulamaç sürülmektedir (Anonim 2001).

Çizelge 3.1. Farklı fırınlarda üretilen Trabzon ekmeğinin içeriği ve üretim aşamaları (Anonim 2001)

	A Fırını	B Fırını	C Fırını	D Fırını	E Fırını
Ekşi hamur	10 kg	8 kg	5 kg	9 kg	10-15 kg
Un	50 kg (Tip1)	50 kg (Tip 1)	50 kg (Tip 2)	50 kg (Tip1)	50 kg (Tip 2)
Tuz	750 g	1050 g	1000 g	750 g	600 g
Su	25 kg	25 kg	28 kg	30 kg	20-30 kg
Maya	500 g	500 g	-	150 g	500 g
Yoğurma	30 dk	30 dk	20-25kg	20 dk	15-20 dk
1. Fermantasyon	30 dk	30 dk	40 dk	40 dk	10 dk
Tekrar yoğurma	30 dk'da 3 çev.	20 dk'da 2 çev.	15 dk'da 1 çev.	1-2 dk yoğr.	20 dk'da 2 çev.
2. Fermantasyon	1 saat	1,5 saat	2-2,5 saat	1-1,5 saat	1 saat
Kesme	860 g 1020 g	1500 g 1700 g	4500 g 4000 g	4500 g 4000 g	2000 g 1800 g
Son fermantasyon	1,5 saat	1 saat	1,5-2 saat	1-1,5 saat	1 saat
Kemer yapma	+	+	+	+	+
Bulamaç	+	+	+	+	-
Piştirme sıcaklığı	180°C	200°C	220°C	200°C	180°C
Piştirme süresi	45 dk	45 dk	80 dk	75 dk	40 dk
Yakıt ve fırın tipi	Odunla Taş fırın	Odunla Taş fırın	Odunla Taş fırın	Odunla Taş fırın	Odunla Taş fırın

Piştirme: Hamur bulamaç sürüldükten sonra 180-220°C arasında 45-80 dakika pişirilmektedir. Fırını ısıtmak için odun veya fındık kabuğu kullanılmaktadır. Fındık kabuğu ekonomik, işçiliği ve temizlenmesi daha kolay olmasından dolayı tercih

edilmesine rağmen fırını odun gibi homojen kızdıramamak gibi dezavantaja sahiptir. Bazı fırınlarda fırın içine ateş püskürtülerek fırın ısıtılmaktadır. Bazı fırınlar da karataş fırındır. Karataşın özelliği aldığı ısıyı absorbe edip ısıyı uzun süre bünyesinde tutmasıdır. Sıcaklık çok yükseldiğinde zemin ıslak bezle silinmektedir (Anonim 2001).

Fırından çıkan ekmeğin üzerine bulamaç sürülerek renginin daha parlak ve ekmeğin kabuğunun daha yumuşak olması da sağlanmaktadır (Anonim 2001).

3.2.2. Trabzon Vakfıkebir ekmeği

Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin tipik özellikleri; indirekt hamur metodunun uygulanması, kalın sert kabuklu, iri gözenekli, işlem süresinin uzun ve toleransının yüksek olması, daha aromatik (Aydın and Yılmaz 2001) daha kaliteli, yüksek hacim ve gramajda olması, geç bayatlaması (Aydın and Yılmaz 2001) ve pişirme sıcaklığının düşük olması olarak belirtilmektedir (Kotancılar vd 1998).

Vakfıkebir ekmeğine ait üretim prosesi şekil 3.2'de verilmiştir. Aşağıda üretim basamakları kısaca özetlenmiştir.

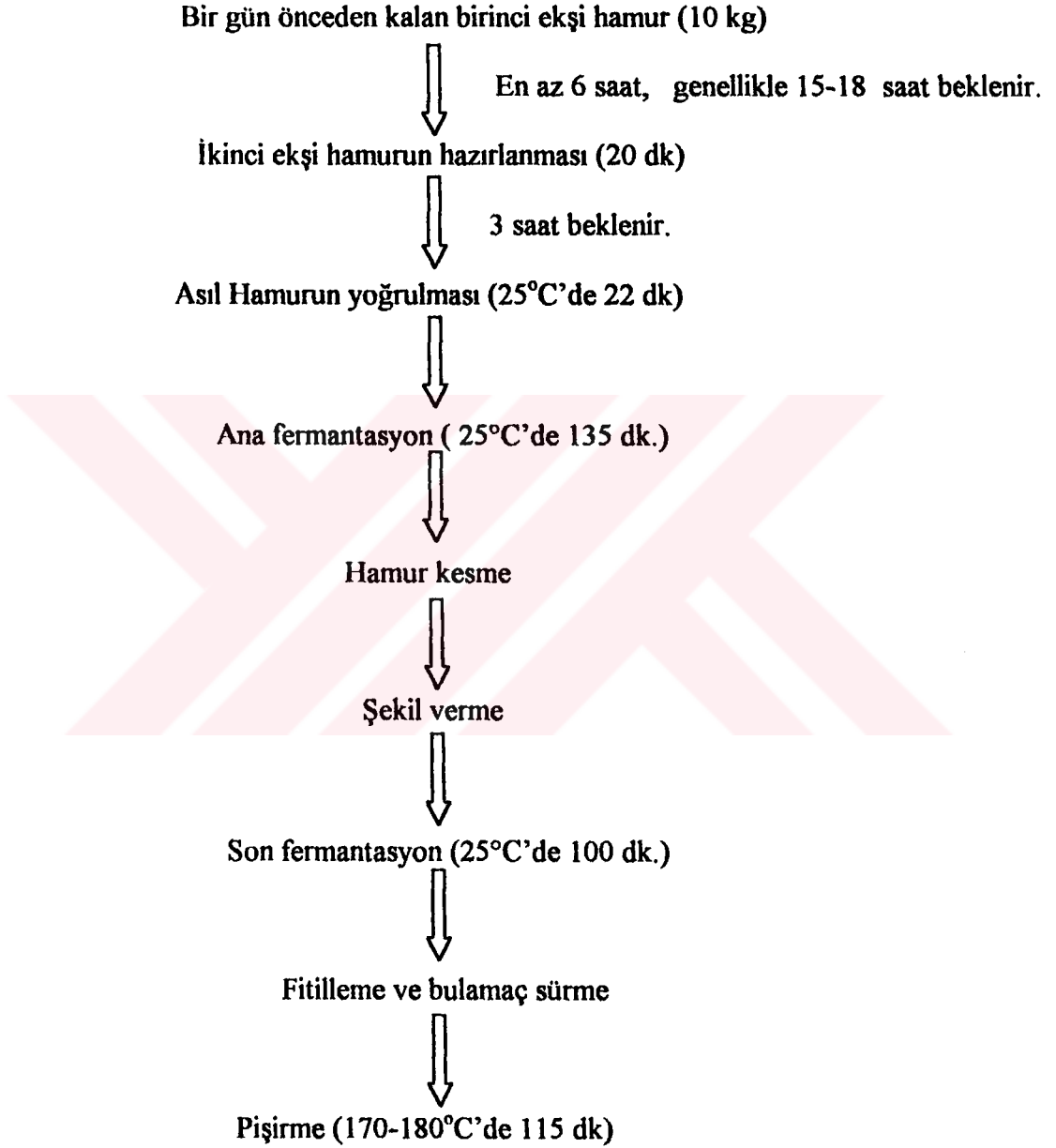
Birinci Ekşi Hamurun Hazırlanması: Bir gün önceki ekmeğin yapımında kullanılan hamurdan 10 kg civarında ayrılarak, fırın koşullarında en az 6, genellikle 15-18 saat bekletilerek ekşimesi sağlanır.

İkinci ekşi hamurun hazırlanması: Birinci ekşi hamura 2,5 katı kadar un, bir miktar su (%46-50) ilave edilerek 20 dakika yoğrulup %75 nispi rutubette 3 saat bekletilir.

Esas hamur yoğrulması: 100 kg una 20 kg ikinci ekşi hamur ilave edilerek 22 dakika yoğrulur.

Ana fermantasyon: 25°C sıcaklığa sahip olan hamur %75 nispi rutubette, 135 dk bekletilir.

Hamur kesme : Kesme işlemi elle yapılmış, %12-15 arasında pişirme kaybı dikkate alınarak hamur kesilmiştir. Pişmiş ağırlığın 3080 g gelebilmesi için hamurlar 3400 g kesilir.



Şekil 3.1. Trabzon Vakfikebir ekmeğine ait üretim akış şeması

Şekil verme: Kesilen hamura şekil verme elle yapılır.

Son fermantasyon işlemi: Hamurlar dikiş yerleri üste gelecek şekilde 25°C'de 100 dakika raflarda fırın ortamında bekletilir.

Fitil hazırlama: Vakfikebir ekmeğine kendine özgü şeklin verilebilmesi için fitil adı verilen hamur hazırlanmış ve bu hamura un katmak suretiyle daha sert bir hamur elde edilir. Bu hamura 20 cm uzunluğunda 1 cm kalınlığında silindir şekli verilerek pişirme işlemi öncesi bu fitillerin kurumaması için yüzeylerine bulamaç sürülür.

Pişirme: Hamurun dikiş yeri alta gelecek şekilde tahta fırın küreğinin üzerine konulmuş ve hamurun üzerine ortadan geçecek şekilde daha önceden hazırlanmış olan fitil yerleştirilir. Bulamaç sürüldükten sonra fırına verilen hamurlar 170-180°C'de 115 dakika pişirilir.

Trabzon Vakfikebir ekmeğinin geç bayatladığı ve bir haftaya kadar rahatlıkla tüketilebildiği, ekmek nem miktarının francala ekmeklerde %37 civarında olmasına karşın bu ekmek de %48 olduğu saptanmıştır. Normal gramajlı francala ekmeklerde pişirme kayıpları %15-20 arasında olurken, Trabzon Vakfikebir ekmeğinde %9.4 olmuştur (Kotancılar vd 1998).

3.2.3. İsrail'de ekşi hamur yöntemi ile ekmek yapımı

Bir önceki akşam hazırlanan yumuşak hamur bütün gece boyunca bekletilir. Mayalanması için ya ekşi hamur parçası ya da ekmek mayası kullanılır. Hamur mayalandıktan sonra hiç vakit kaybedilmeden hızlıca elle parçalara ayrılıp şekil verilir ve fırına sürülür. Fırın, üstteki delikten defalarca doldurulup boşaltılabilir özelliğindedir. Her seferinde fırına 6-8 tane hamur koyulur. Fırına ilk sürülen ekmekler yüksek ısı ve aleve maruz kaldıklarından dolayı üst tarafları kızardığı halde içleri hamur kalabilir. Bu çeşit ekmek tabanında, pişirme esnasında, fırının dibindeki çakıl taşları yüzünden çukurluklar oluşur. Bu çeşit ekmeğin yumuşak ve ince kabuğu vardır. İsrail'de Avrupa tipi ekmekler %86-87 randımanlı buğday unundan hazırlanan kahverengi ekmeklerdir. Fermantasyon için maya katılmış ekşi hamur kullanılır.

Yaklaşık olarak 650 gramlık parçalar halinde kesilir. Yuvarlak ya da dikdörtgen şeklindedir (Pomeranz 1987).

3.2.4. Sofya Ekmeği

Koyu buğday unundan yapılır ve büyüktür. Ekmek sponge metoduyla yapılır. Ana hamuru yapmak için ilk olarak ekşi starter kullanılır. Hamur gevşek (100 kg un, 80 lt su) olup bütün doğal mayaları içerir. Hamur başlangıçta 27-29°C'de 6-8 saat mayalanmaya bırakılır. Daha sonra %5 un ilavesi ile karıştırılır ve 40 dakika mayalanmaya bırakılır. Son hamur dinlenmiş hamurun %15 oranında ekşi starterlerle karıştırılması ve %1.4-1.7 tuz ilavesi ile hazırlanır. Hamur 26-29 °C'de tekrar 30-40 dk fermente edilir. Tartılır, yuvarlaklaştırılır ve 5 dk dinlendirilmeden sonra şekil verilerek uzun tahta kürekler ile nemlilik oranı %85 olan 30-32°C'de 30-35 dk dinlendirilir ve 220-230°C'de 40 dk pişirilir (Pomeranz 1987).

3.2.5. Polonya'da üretilen ekşi hamur ekmekleri

Polonya ekmeği (Pytlowy) 1-2 kg somunlar halinde nem içeriği %48 veya daha düşük olacak şekilde yapılır. Yine Polonya'da ekşi hamur yöntemiyle yapılan Sandomierski ekmeği ekşi tip çavdar-buğday ekmeğidir. 30 kısım buğday unu ve 70 kısım çavdar unundan pişirilir ve 1-2 kg ağırlığındadır. Nem oranı maksimum %48'dir. Mazowiecki ekmeği'nin ön hamuru (sponge) 40 kg buğday unu 33 kg su ve 1.5-2 kg maya ile karıştırılarak elde edilir. İyi gelişmiş homojen hamur 27°C'de olmalı ve 180-210 dakika mayalanmaya bırakılmış olmalıdır. 18 kg çavdar unu ve 13 kg su katılarak yapılmış çavdar hamuru içine 29-30°C'deki içinde tuz çözülmüş 15 kg'lık su eklenerek karıştırılır. Daha sonra 40 kg'lık buğday unu eklenir ve hepsi karıştırılarak 30 dakika fermente edilir. Hamur tartılıp şekil verildikten sonra 35-40 dk dinlendirilir. Bu süre içinde hamur yapıldıktan hemen sonra, fırına verilmeden önce hamur iki kez hafif nemlendirilir. İkinci nemlendirmeden önce ekmekler kesilir ve üzerlerine haşhaş tohumu serpilir. Ekmekler buharla doyurulmuş fırında pişirilir.

Ekmekler fırına sürümden 15 dakika sonra çıkarılır. İlk pişirme derecesi 220-230°C'yi geçmemelidir. Hamur pişirilmeden önce 935 g pişirmeden sonra ise 830 g gelir. Toplam pişirme süresi 35-43 dakikadır. Nem %41'in altında asitlik oranı 5'in altındadır (Pomeranz 1987).

3.2.6. Diğer Avrupa Ülkelerinde Yapılan Ekşi Hamur Ekmekleri

Adriyatik kıyılarında kısa süreli sponge ekmeğ, Yugoslavya'nın orta kesiminde ise gün aşırı sponge hamur ekmekleri pişirilir. Makedonya, Hırvatistan ve Sırbistan'ın bazı köylerinde daha mükemmel bir ekmeğ üretmek için açık havada kurutulmuş ekşi hamur starter olarak kullanılmaktadır. Çekoslavakya'da özel ekşi tip ekmeğ %50 beyaz çavdar unu, %24 tamamen öğütölmüş çavdar ve %18 oranında orta düzeyde ekstrakte edilmiş buğday unundan yapılır. Fransa'da üretilen Sur Levain ekşi hamur ekmeğinin mükemmelliğ, daha güçlü ikinci mayalama içeren ve çeşitli uçucu bileşiklerin oluşmasını sağlayan ön (prolonged) fermantasyona bağlıdır. Fransız ekşi hamur ekmeğ, oldukça popüler çeşitlerden biridir ve son yıllarda önem kazanmıştır (Pomeranz 1987).

4. EKŞİ HAMUR MİKROFLORASI

4.1. Ekşi Hamurda Bulunan Mikroorganizmalar

Mikroorganizmalar, gıdaların yapısını oluşturan maddeleri yıkıma uğratarak, bunların bozulmasına ve kullanılmaz hale gelmesine yol açarlar ve böylece zararları ortaya çıkar. Bazı mikroorganizmalar gıda ham maddelerinin değişik ürünlere işlenmesini veya ürünlerin olgunlaşmasını sağlar ve onlara dayanıklılık kazandırır. Bu da onların yararlı yönlerini teşkil eder. Bir takım mikroorganizmaların (bunlar genelde patojen etkilidir ve bulaşıcı hastalıklara veya ölümlü sonuçlanan rahatsızlıklara neden olurlar) gıdalarda bulunmasına ise ya hiç izin verilmez ya da bunlarının sayılarının belirli sınırların altında olması istenir (Şahin ve Başoğlu 2002).

Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar aktivitelerine göre başlıca üç grup altında toplanmıştır.

- Bozulmaya neden olan saprofit mikroorganizmalar,
- Gıda zehirlenmeleri ve enfeksiyonlarına neden olan patojen mikroorganizmalar,
- Fermente gıdaların üretiminde rol oynayan mikroorganizmalar (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen fermantasyon reaksiyonları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Laktik asit fermantasyonu: Fermente gıdalar arasında laktik asit fermantasyonu ile üretilen gıdalar büyük bir öneme sahiptir. Laktik asit fermantasyonunda gıda maddelerinin yapısında bulunan şeker, laktik asit bakterileri tarafından anaerobik koşullarda laktik asit ve diğer bazı son ürünlere dönüştürülür. Laktik asit fermantasyonları ya spontan olarak doğal flora ile, ya da ortama özellikleri bilinen laktik asit bakterileri (starter kültür) ilave edilmek sureti ile gerçekleştirilir.

Alkol fermantasyonu: Anaerobik koşullarda şekerlerden alkol üretimi çok basamaklı bir reaksiyondur. Mayalar alkol üretiminde rol oynayan en önemli mikroorganizmalardır.

Propionik asit fermantasyonu: *Propionibacterium* cinsi bakteriler anaerobik koşullarda karbonhidratlardan yüksek oranda propionik asit, asetik asit ve CO₂, daha düşük oranda da izovalerik, süksinik, formik ve laktik asit üretirler.

Çeşitli bakteri ve küfler tarafından gerçekteştirilen fermantasyonlar: Asetik asit bakterileri tarafından gerçekteştirilen fermantasyonlara örnek olarak verilebilir (Anonim 2000).

Fermantasyon yapabilme özellikleri, sağlık ve beslenmedeki olumlu etkilerinden dolayı laktik asit bakterileri, gıda endüstrisi için önemli mikroorganizma grubunu oluştururlar (Yıldırım ve Yıldırım 2000). Gıda fermantasyonlarının çoğunda önemli rol oynarlar ve süt, et, sebze ve fırın ürünlerinin üretiminde farklı suş varyeteleri ile yer alırlar (Abee *et al.* 1995). Laktik asit bakterileri geleneksel gıda fermantasyonlarında koku ve aroma gelişimine katkıları ve bozulmayı geciktirme etkilerinden dolayı kullanılırlar (Zamfir *et al.* 1999). Bunların en önemli katkılarından birisi de ham ürüne oranla raf ömrünü uzatmalarıdır (Abee *et al.* 1995, Enan *et al.* 1996).

Teknolojik açıdan bakılacak olursa laktik asit bakterileri antimikrobiyal madde üretimi gibi önemli özelliklere sahiptirler (Hugas and Monfort 1997). Laktik ve asetik asit oluşumu sonucunda pH'nın düşmesi diğer bakteriler üzerinde antogonistik bir etki yapmıştır (Ahn and Stiles 1990).

Laktik asit bakterileri çeşitli gıdalardaki faaliyetleri sonucu karbonhidratlardan (heksozlardan) laktik asit üretme yeteneğine sahip mikroorganizmalardır. Bu

mikroorganizmalar cins ve tür özelliklerine bağlı olarak karbonhidratlardan laktik asit yanında asetik asit, CO₂, alkol ve bazı tat ve aroma maddeleri de üretebilmektedirler. Bu maddelerin üretimi ile çok az da olsa gıdanın kalori değerinde bir değişim söz konusu olmaktadır. Ayrıca laktik asit bakterileri gıdaların bozulmasında rol oynayan mikroorganizmalar ve insanlarda hastalıklara neden olan patojen mikroorganizmalar üzerinde de ürettikleri asitler ve bazı antimikrobiyal maddeler nedeniyle antogonistik etkiye sahiptirler. Bu nedenle laktik asit bakterilerinin faaliyetiyle üretilen fermente gıdalar gıda zehirlenmeleri ve enfeksiyonları düşünüldüğünde insan sağlığı açısından daha güvenilir gıdalar olarak kabul edilebilir (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Heksoz şekerlerin fermantasyonu sonucu birincil derecede laktik asit üreten türlere homofermantatif laktik asit bakterileri, metabolik faaliyetleri sonucu heksozlardan laktik asit, CO₂ ve etanol üreten laktik asit bakterileri ise heterofermantatif laktik asit bakterileri olarak adlandırılırlar. Heterofermantatif türler asetaldehit ve diasetil gibi tat ve aroma maddelerinin üretimi açısından önem taşımaktadırlar (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Laktobasiller: Bitkiler, hayvansal materyaller ve çeşitli gıdalar üzerinde (hububat, et ve süt ürünleri, bira, şarap, hamur, turşu ve zeytin) yaygın olarak bulunurlar (Anonim 2000).

Gram pozitif, sporsuz, mikroaerofilik ve fermantatif, bazı türleri mutlak anaerobik, katalaz ve oksidaz negatif, genellikle hareketsiz (hareketli türler peritrik flagella içerir) ince uzun veya kısa çubuk veya kokobasil şeklinde bakterilerdir. *Lactobacillus* türleri bitki, toprak ve bağırsak florasında bulunur. Bu cins içerisinde yer alan türler üç grup altında toplanmıştır (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Birinci grupta zorunlu homofermantatif *Lactobacillus* türleri yer alır. Bu grupta yer alan türlerin çoğu *Termobacterium* grubuna dahildir. Homofermantatif *Lactobacillus* türleri heksoz şekerlerden başlıca laktik asit üretirler, pentoz şekerler ve glukonatları

fermente edemezler. Bu grupta yer alan bazı önemli *Lactobacillus* türleri: *L. delbrueckii subsp. delbrueckii*, *L. delbrueckii subsp. lactis* (eski adı *Lactobacillus lactis*), *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* (eski adı *Lactobacillus bulgaricus*), *L. acidophilus*, *L. helveticus* ve *L. salivarius*'dur. İkinci grupta fakültatif heterofermantatif *Lactobacillus* türleri yer alır. Bu grupta yer alan türler *Streptobacterium* grubu olarak adlandırılmıştır. Bu türler heksoz şekerlerden fermantasyon yoluyla yüksek oranda laktik asit, glikoz yokluğunda ise bazı türler laktik asit, asetik asit, etanol ve formik asit üretirler. Bu grupta yer alan önemli türler *L. casei subsp. casei*, *L. plantarum* ve *L. sake*'dir. Üçüncü grupta ise zorunlu heterofermantatif *Lactobacillus* türleri yer alır. Bu grupta yer alan türler *Betabacterium* grubuna dahildir bu grubun önemli türleri *L. fermentum*, *L. buchneri* ve *L. brevis*'tir (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Anaerobik mikroorganizmalar olmaları nedeniyle havanın oksijenini kullanmazlar ve enerjilerini fermantasyon işleminden sağlarlar. Fermantasyonda oluşturdukları metabolitlere göre *Lactobacillus* cinsi bakteriler homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Homofermantatif laktobasiller şekerlerden yalnızca laktik asit üretirken, heterofermantatif olanlar laktik aside ilaveten asetik asit, etanol ve CO₂ üretirler. Laktobasiller katalaz enzimine sahip olmadıklarından su, O₂ veya kendilerinden kaynaklanan hidrojen peroksiti parçalayamazlar (Geisen *et al.* 1992).

Enterokoklar: Bu cins içindeki mikroorganizmalar aerobik ve fakültatif anaerobik, katalaz negatif, pek çok patojen bakterinin gelişebildiği pH aralığının dışında gelişebilen kok şeklinde bakterilerdir. *E. faecalis* ve *E. faecium* türleri diğer türlere kıyasla tuza daha dirençlidir ve %6,5 tuz konsantrasyonunda gelişebilirler (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Pediokoklar: Gram pozitif, hareketsiz, mikroaeroflik ve fermantatif, katalaz negatif kok şeklinde tekli, çiftli kısa zincir veya tetrad oluşturan bakterilerdir. Homofermantatif bakteriler olup, şekerlerden %0.5-0.9 oranında laktik asit üretirler.

Pediococcus cinsine ait sadece iki tür, *P. pentosaceus* ve *P. acidilactici*, katalaz testinde yalancı pozitif reaksiyon verir. Tuza dayanıklıdırlar ve türlerin çoğu %6.5 tuzla gelişirler (Ünlütürk and Turantaş 1999). Bu grup bakterileri gıda mikrobiyolojisi bakımından önemli yapan tuzu tolere etmeleri, asit üretmeleri ve 7-45°C gibi geniş sıcaklık aralıklarında gelişebilmeleridir (Anonim 2000).

Streptokoklar: Gram pozitif, çoğu türü fakültatif anaerobik (dört türü mutlak anaerobik), oral *Streptococcus* türlerinin bazı suşları mikroaerofiliktir ve gelişmeleri için karbondioksitli ortama ihtiyaç gösterirler. *Streptococcus* türleri çeşitli karbonhidratları fermantatif yolla kullanarak homofermantatif olarak gaz üretmeden laktik asit üretirler. Katalaz negatif, genellikle hareketsiz ikili veya zincir halinde dizilmiş kok şeklinde bakterilerdir (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Leukonostoklar: Gram pozitif, fakültatif anaerob ve fermantatif, hareketsiz, katalaz negatif, zincir veya küme oluşturan pleomorfik (kok veya mercimek şeklinde) bakterilerdir. Bir çok türü tuza toleranslıdır (%3-6.5). Bütün türleri laktozu heterofermantatif olarak fermente eder ve laktik asidin yanında önemli oranda etil alkol ve CO₂ üretirler. *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* sitrik asitten asetil metil karbinol ve asetil metil karbonilden de asit ortamda oksidatif yolla diasetil üretir. Şekerlerden oldukça fazla miktarda karbondioksit üretmeleri ekmekte kabarmaya yardımcı olur (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Laktokoklar: Gram pozitif, spor oluşturmeyen, hareketsiz, fakültatif anaerob, katalaz negatif, oksidaz negatif koklardır. 10°C'de gelişirler ancak 45°C'de gelişemezler.

Mayalar: Tekli hücreler şeklinde gelişirler ve filamentöz yapı göstermezler. Küresel, ovoid veya silindir şeklinde hücre şekilleri gösterebilirler. Eşeyli veya eşeysiz çoğalırlar. Ekmek ve fermente alkollü içeceklerin üretiminde kullanılan bazı maya türleri ekonomik öneme sahiptir. Mayalar fermantasyon sanayiinde kullanılan

mikroorganizma grupları arasında önemli bir grubu oluşturmaktadır. Alkol ve CO₂ üreten fermantatif mayalar ekmek, bira ve şarap gibi ürünlerin üretiminde rol oynarlar. Mayalar *Eumycetes* bölümünün dört sınıfından biri olan *Ascomycetes* sınıfına dahil spor oluşturan mikroorganizmalardır (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Mayalar gözle görünür miktarda laktik ve asetik asit üretmezler, onların asıl metabolitleri etanol ve CO₂'dir. Hamurun asitlenmesi arzu edildiğinde veya gerektiğinde (örneğin çavdar unu kullanıldığında), laktik asit bakterileri veya organik asitler (çoğunlukla laktik veya sitrik asitler) ilave edilir. Homofermantatif laktik asit bakterileri anaerobik şartlar altında (ekşi hamur fermantasyonunda faaliyet gösterenler gibi) maltoz veya glikozdan sadece laktik asit üretirler. Böylece hamurlar çok az asetik asit içeren homofermantatif laktik asit bakterileri ile asitlenirler. Homofermantatif laktik asit bakterileri CO₂ üretmediğinden hamurun mayalanmasının desteklenmesi için maya ilave edilmelisi gerekmektedir. Sürekli artan ticaret ile ekşi hamurlarda (San Francisco Fransız ekmeği ekşi hamur prosesi, Alman çavdar ekşi hamurları veya İtalya'daki Panettone üretiminde kullanılan ekşi hamur), Heterofermantatif laktobasiller, özellikle *L. sanfrancisco* fermantasyonda dominanttır. Heterofermantatif laktobasiller hekzoslardan laktat, etanol ve CO₂ üretirler. Bununla beraber dengelemek için elektron akseptör olarak ilave substratlar varsa etanol yerine asetat üretilir (Anonymous 2002e).

Saccharomyces: Küresel, ovoid veya elipsoidal hücre şekline sahip bu cinsler yalancı miselyum oluşturabilir. Eşeysiz çoğalma multipolar tomurcuklanma ile olurken, eşeyli çoğalma azkospore ile olur glikoz ve diğer şekerleri fermente eder. En önemli türü *S. cerevisiae*'dir. Bu türe ait suşlar ekmek, bira, alkol ve invertaz enzimi üretiminde kullanılır (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Candida: Multipolar tomurcuklanma ile çoğalan bu mayalar yalancı miselyum veya hakiki miselyum ve klamidokonidium oluştururlar. Yuvarlak, ovoid hücre şekline sahiptir. *Torulopsis* türlerinin de bu cinsten toplanmasıyla, bilinen *Candida* tür sayısı yaklaşık ikiyüz olmuştur (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Hansenula: Hücre şekli ve eşeysiz üremede multipolar tomurcuklanma göstermesi, bir askus içerisinde 1-4 şapkaya benzer askospor oluşturması, sıvı ortamlarda zar (film) oluşturması gibi özellikleri yönünden *Pichia* cinsine yakındır ve film mayaları grubuna dahildir. Fermantatif aktiviteleri yüksektir (Ünlütürk ve Turantaş 1999).

Pichia: Oval, silindirik hücre şekline sahip olan bu cins pseudomiselyum oluştururlar. Multipolar tomurcuklanma ile ve artrosporlarla eşeysiz üreme gösterirler. Oksidatif mayalardır ve film mayaları grubuna dahil edilmişlerdir. Şeker fermantasyonları zayıftır. Şekerleri genellikle oksidatif olarak kullanır ve organik asitleri okside ederler (Ünlütürk ve Turantaş 1999). Dünyanın çeşitli bölgelerinde üretilen geleneksel pek çok ürünün üretiminde kullanılan önemli bir maya cinsidir (Anonim 2000).

4.2. Ekşi Hamur Mikroflorası ile İlgili Çalışmalar

İnsanoğlu için bilinen en eski teknolojilerden birisi olarak ekmeğin orijini kesin olarak bilinmemektedir. Fermantasyonun neticesindeki tekstür ve lezzet mayalanmamış ekmeğe kıyasla daha iyidir. Bu nedenle ekmek yapımında fermantasyonun kullanımında ısrarcı davranılmıştır. Elde edilen güvenilir en eski metot mayaların bir sonraki günkü hamurda kullanılmak üzere ekşimiş hamurun bir parçasının ayrılmasıdır. Bir sonraki gün için ayrılan hamur ekşi maya olarak adlandırılır ve belli bir fermantasyondan sonra elde edilen ekmek fark edilebilen bir asidik lezzete ve laktik asit bakterileri ile mayaların birlikteliğine bağlı olarak hoş bir aromaya sahip olur (Faid *et al.* 1994, Aydın ve Çetin 2001).

Ekşi hamur metodu ile ekmek yapımı starter kültür katılmayan durumlar dikkate alındığında halen değerli bir sanattır (Chiron and Godon 1994, Hammes and Gönzle 1998, Rocha and Malcata 1999).

Son yıllarda geleneksel ekşi hamur ekmeği üretim süreci, daha doğal, sağlıklı ve lezzetli yiyeceklere olan tüketici talep artışı nedeniyle önem kazanmıştır (Brümmer and Lorenz 1991, Wehrle and Arendt 1998). Buğday ekmeklerinde ekşi maya, çoğunlukla lezzeti artırmak için kullanılır (Hansen and Hansen 1996, Wehrle and Arendt 1998). Laktik asit bakterileri buğday hamurlarında ciddi değişikliklere neden olmaktadır. Üretim aşamalarındaki ve belirli starter bakterilerin seçimindeki farklılık ekşi hamur ekmeklerinin kalitesini belirler (Salovaara and Valjakka 1987, Barber *et al.* 1991a, Martinez-Anaya *et al.* 1994a, Wehrle and Arendt 1998). Laktik asit ekşi hamurda bulunan mikroorganizmaların ana metabolik ürünüdür. Serbest amino asit ya da şeker gibi ilk olarak lezzet veren unsurların üretimi aroma gelişimi için ekşi hamurlarda çok önemlidir (Collar *et al.* 1991, Gobbetti *et al.* 1994, Wehrle and Arendt 1998). Ekşi hamurun bir başka avantajı da ürünlerin geliştirilmiş raf ömürleridir (Armero and Collar 1996, Wehrle and Arendt 1998). Hamurun pH seviyesindeki değişiklikler laktik asit üretiminden kaynaklanır ve pH seviyesindeki bu düşüş hamurun reolojik özelliklerini de belirler (Wehrle *et al.* 1997, Wehrle and Arendt 1998).

San Francisco ekşi hamur mikroflorasında maya ve laktobasillerin çeşitli türlerinin varlığına rağmen baskın olan maya türü *Torulopsis holmii* denilen ve artık *Candida milleri sp. nov.* olarak yeniden adlandırılan *Saccharomyces exiguus* varyetesinin sporsuz bir türüdür. Laktobasillerden dominant olanı *Lactobacillus sanfrancisco* olarak adlandırılan yeni bir türdür (Anonymous 2002c).

Hamur ortamında maya ve bakterilerin oranı 1/100'dür. Bu benzersiz ortak yaşam şu şekilde açıklanır: *Candida milleri* dışında çoğu maya türleri maltozu metabolize edebilmektedir. Hamur içindeki amilaz enziminin aktivitesi ile parçalanan nişastadan açığa çıkan maltoz, bu şekere ihtiyacı olan laktobasiller için hazır olur. Maya, hamurda bulunan diğer tüm şekerleri kullanabilir. Böylece maya ve laktobasiller bir karbon kaynağı için yarışmazlar. Ayrıca laktobasiller maltoz fosforilaz enzimiyle maltozu sindirerek mayaya küçük bir yardım amacıyla ortama glikoz salar. Aynı zamanda laktobasiller hamurun mikroplarını öldüren bir antibiyotik olan

cycloheximide salgılayarak bir çok mikroorganizmayı öldürür. Fakat *Candida milleri* cycloheximide dirençlidir. *Candida milleri* aynı zamanda laktobasillerin oluşturduğu asetik aside orta derecede dayanıklıdır. Laktobasiller cansız maya hücrelerinden ortaya çıkan birtakım aminoasit ve yağ asidine ihtiyaç duyarlar. Almanya'da Spicher Alman ekşi çavdar hamur mikroflorasını incelemiş ve dominant maya türleri *Candida krusei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia saitoi* ve *Candida milleri* olarak, laktobasiller ise *L. brevis*, *L. fermenti*, *L.pastoriamus*, *L. buchneri*, *L. delprueckii*, *L. casei*, *L. leichmannii*, *L. acidophilus*, *L. farciminis*, *L. alimentarius*, *L. brevis var. lindneri*, *L. fermentum*, *L. fructivorans* ve *Pediococcus acidilactici* olarak tespit edilmiştir (Anonymous 2002c).

Ekşi hamur laktobasilleri için optimum büyüme 32-33°C, çift kat oluş süresi (Double generation time) 37°C veya 20°C, dört kat oluş süresi (four fold generation time) 39°C veya 15°C, gelişimin olmadığı sıcaklık 41°C veya 4°C'dir. Mayalar için ise optimum gelişim 28°C, çift kat oluş süresi 32°C veya 20°C, dört kat oluş süresi 34°C veya 14°C, gelişimin olmadığı sıcaklık ise 35°C veya 8°C'dir. Laktobasiller için optimum pH 5-5.5'dir. Gelişim için minimum pH 3.8'dir ve genellikle pH 3.6'ya erişene kadar asit üretirler. Laktik veya asetik konsantrasyonlar laktobasillerin büyümesini çok fazla etkileyemezler. Laktobasiller kritik pH'ya ulaşınca kadar fazla asit üretirler. Sonuçta daha çok asidi tolere eden yaygın laktobasiller (örneğin *L. pontis*) ile birlikte laktobasillerin florası değişebilir. Mayalar asetik asidi güçlü bir şekilde inhibe ederler. Artmış tuz konsantrasyonları laktobasillerin gelişimini inhibe etmesine rağmen mayalar tuzu daha fazla tolere ederler. 28°C'de çavdar ununda *Lactobacillus sanfrancisco*'nun üreme zamanı 1 saatten biraz daha azdır (Spicher and Stephan 1982).

Ekşi hamurda CO₂ gazı daha çok mayalar tarafından meydana getirilir. Bakterilerin oluşturduğu asitler mayaların çoğalma ve çalışmasını teşvik edip mayaları diğer mikroorganizmaların rekabetinden korurlar. Meydana gelen asitler içinde en önemlisi laktik asittir. Ekşi maya ile hazırlanan hamurda ortalama %1.8 kadar laktik asit bulunur (Altan 1988).

Sağlıklı bir ekşi hamur starterinde maya ve laktobasiller simbiyotik bir ilişki içerisindeyler. Aynı besin maddesi için yarışmazlar ve gerçekten de mayalar laktobasillerin beslenmesine yardım ederler. Bir başka deyişle, laktobasiller mayaların sevdiği ancak diğer organizmaların gelişemeyecekleri asidik bir ortam hazırlarlar. Böylece kültürdeki asitler mayalar için koruyucu bir ortam hazırlamak için laktobasillere yardımcı olsun diye bir antibiyotik gibi davranır. Laktobasiller ayrıca ekmeğin kabarmasına da yardım ederler. Hemen hemen maya gibi unda bulunan basit şekerleri parçalayan, etanol ve CO₂ oluşturan bütün bunlara ilave olarak, çok zengin bir aroma beraberinde ekmeğe ekşi tat veren laktik ve asetik asitlerdir (Anonymous 2002b).

Yapılan bir araştırmada dondurulup kurutularak hazırlanan 4 farklı ekşi hamur starterinde; 1. *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, 2. *S. cerevisiae*, *S. fructum*, *L. brevis*, 3. *S. cerevisiae*, *Candida boidinii*, *L. plantarum*, 4. *L. plantarum*, *L. brevis* mikroorganizmaları starter olarak kullanılmıştır. Kontrol hamurları startersiz hazırlanmıştır. Starterler gazın etkisini ve pH'yı azaltmış fakat fermantasyon boyunca glikoz ve fruktozdaki oranı ve titrasyon asitliğini artırmıştır. Starter 4 ekstensograftaki uzama direncini artırmış, uzama kabiliyetini azaltmıştır. Starterler asetik ve laktik asit miktarını artırırken etil asetat ve etanolün miktarını azaltmıştır. Ekmek hacmi, yoğunluğu, pH'sı, titrasyon asitliği ve organik asitlerin miktarı yönünden starterler arasında az fark tespit edilirken, startersiz ekmekler ile starterli ekmekler arasındaki fark önemli bulunmuştur. Ekmeğin duysal kalitesi genellikle starterli ekmeklerde daha iyi olarak tespit edilmiştir. 1. ve 4. starterlerin performansı benzer iken 2. ve 3. starterlerin ki farklı bulunmuştur (Martinez-Anaya *et al.* 1993).

Hochstrasser *et al.* (1993a) tarafından kendiliğinden fermantasyona bırakılan buğday ekşi hamurunun fermantasyon boyunca pH'sındaki, asiditesindeki ve mikroflorasındaki değişimler incelenmiştir. Hamurlar 25°C'de 180 ya da 22°C veya 35°C'deki bir fermantasyon sıcaklığında 160 ya da 200 adet ürün vermesi için

formüle edilmiştir. İncelenen parametreler fermantasyon zamanı ve sıcaklığa bağlı olarak değişmiştir. Son pH'sı 4 bulunmuştur. Fermantasyon sonunda koloni sayıları laktik asit bakterileri için 10^9 cfu/g, mayalar için 6.10^6 ve $1,7.10^7$ cfu/g arasında bulunmuştur. Ekşi hamur içindeki bakterilerin %97 \geq *Pediococcus spp.*'ne aittir. Baskın olanlar *Lactobacillus spp*; *L. plantarum* ve *L. brevis*'tir. Aynı zamanda *L. homohiochii* daha düşük konsantrasyonda tespit edilmiş ve hepsi *Saccaromyces cerevisiae steineri* 'ye ait 40 maya türü izole edilmiştir.

Lues *et al.* (1993) tarafından ekmek yapımı boyunca fermantasyon üzerine yabancı mayaların, ticari mayaların ve bakterilerin birbirlerine tesirini incelenmiştir. Bu araştırmada mikroorganizmalar deneme boyunca farklı noktalardaki hamur örneklerinden izole edilmiş ve ekmek hamurundaki mevcut mikroorganizmaların tümünün karışımı referans fermantasyonu ile karşılaştırıldığında fermantasyon oranının %13.4 arttığı görülmüştür. *Bacillus* ve *Micrococcus*'dan başka tüm izole edilmiş Gram (+) ler (özellikle *Lactobacillus*), yabancı *Saccharomyces spp.* ve *Torulaspota*'nın CO₂ sentezi üzerine önemli bir pozitif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. *Zygosaccharomyces* izolelerinin ve Gram (-) bakterilerinin CO₂ sentezi üzerine inhibitör etkiye sahip olduğu ve *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Bacillus* ve *Micrococcus* türlerinin ise CO₂ sentezi üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir.

Mayaları içeren mikroorganizma popülasyonlarının ve laktik asit bakterilerinin geleneksel Fransız ekşi hamur örneklerinde etkilerinin araştırıldığı ve bu bakteriler ile mayaların izole edilip karakterize edildiği bir başka çalışmada; maya izoleleri *S. cerevisiae* (%46.6) ve *Candida milleri* olarak tanımlanmış, laktik asit bakterileri olarak *Lactobacillus spp*; *L. plantarum* (%52), *L. brevis* (%14), *L. buchneri* (%8) ve *L. casei alactosus* (%8), ikinci derecede önemli laktik asit bakterileri *L. casei casei* (%6) ve *L. casei rhamonosu* (%2) olarak bulunmuştur. Aynı zamanda *Leuconostoc mesenteroides* ve *Pediococcus spp.* bulunmuştur. Değerler laktik asit bakterileri için 10^6 - 10^8 cfu/g ve mayalar için 10^6 cfu/g olarak tespit edilmiştir (Boraam *et al.* 1993).

Laktik ve propiyonik asit bakterilerinin karışık kültürlerinin etkileri araştırılan bir çalışmada buğday ekmeği hamurunun mayalanma kapasitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu kültürlerin ilavesi ile 5.4-6'lık bir pH'ya, 3.9-5.6'lık titrasyon asitliğine ulaşılmıştır. Sonuçta kabul edilebilir laktik asit içeren ekşi buğday ekmeği üretilmiş ve ekmeğin raf ömrü 10 gün artırılmıştır (Javanainen and Linko 1993a).

Ekşi hamur ekmek yapımı için zarar görmüş buğday filizinin kullanımının ön fermentasyonda normal buğday ununa göre titrasyon asitliğini birkaç kat artırdığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu uygulama ekşi hamurda asetik aside göre kabul edilebilir bir oranda laktik asit meydana gelmesine neden olmuştur. Ön fermentasyondaki laktik asit birikimi mayaların varlığını azaltmıştır. *Lactobacillus brevis* ile *Propionibacterium jensenii*'nin karışık kültürleri kullanıldığında son ekmekte küf gelişmesini önlemek için en azından %0.1'lik propiyonik asit elde edilmiştir (Javanainen and Linko 1993b).

Figueroa *et al.* (1995) tarafından bildirildiğine göre; ekşi Cassava nişasta fermentasyonundan izole edilen türlerin çoğunun *Lactobacillus* cinsine ait olduğu ve bir çoğunun ekzopolisakkarit salgılayan tipik bir görünüşe sahip olduğu bulunmuştur.

Schleinning *et al.* (1995), buğday ekmeği hamuruna %0, %10, %20 ve %30 ekşi hamur ilave edilerek hazırlanan ekmek hamur özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçta somun hacminin %20'ye kadar ekşi hamur ilavesi ile arttığını fakat daha fazla ekşi hamur ilavesi ile azaldığını bildirmişlerdir. Ekşi hamur ilavesiyle yapılan örneklerin hiçbiri fırın katkıları ile yapılan ekmeğin somun hacmine eşit bulunmamıştır. Ekşi hamurla yapılan ekmekler daha sert ve daha az elastik bulunmuş ve depolanma boyunca ekmek sertliğinde artma ve 4 günlük bir zaman periyodunda elastikiyette azalma görülmüştür. Fırın katkılarıyla yapılan ekmeğin elastikiyeti ise depolamanın ilk günü boyunca azalmasına rağmen sonradan sabit kalmıştır. Aynı zamanda ekşi hamurla yapılan ekmeğin elastikiyetinde depolama boyunca daha az azalmalar olmuştur.

Uçucu bileşiklerin, laktik ve asetik asitlerin üretimi farklı starterler (*L. brevis sub sp. lindneri* CBI, *L. plantarum* DC400 ve *Saccharomyces cerevisiae* 141 ya da *S. exiguus* M14) ile fermente edilmiş buğday ekşi hamur ekmeklerinde araştırılmıştır. Bu çalışmada fermantasyonda kullanılan maya türleri farklı volatil profillerini belirlemede önemli olmuştur. Sıcaklık, hamur verimi, mayalama zamanı ve kullanılan buğday ununun tipi değişen büyüklüklerde volatil bileşikleri ve organik asit üretimini etkilediği bildirilmiştir. Düşük sıcaklık (25°C) ve ekşi hamur sertliği, laktik asit bakterilerinin ekşime aktivitesi için uygun bulunmuş fakat maya metabolizmasını sınırlamıştır. 30°C'ye kadar sıcaklığın artması, yarı sıvı ekşi hamurlar ve fruktoz veya sitratin ilavesi ekşi hamurun duyuşal özellikleri ile laktik asit bakterilerinin pozitif etkisini artırmıştır. Fırında pişirme esnasında da uçucu bileşiklerin oluşumunu etkilediği belirtilmiştir (Gobbetti *et al.* 1995b).

Bir başka araştırmada da mayalanmış ve dinlenmeye bırakılmış hamur ve hamur prosesleri ile ekmek yapımında lezzet bileşiklerinin oluşumunu artırmak için mayalanmış ve dinlenmeye bırakılmış hamurlar laktik asit bakterilerinin 4 türü ile (*Enterococcus faecalis*, *Leuconostoc cremoris*, *Pediococcus acidilactici* ve *P. damnosus*) inoküle edilip 24 saat fermente edilmiştir. Laktik asit oluşumuna en fazla *P. acidilactici* ve *P. damnosus* katkıda bulunmuştur. *P. acidilactici* ve *L. cremoris* kontrollerde aseton, 1-propanol ve etanol toplam volatillerini daha yüksek oranda vermiştir. *P. acidilactici* ekmeğin aroma ve lezzetini artırmada en iyi starter olarak bulunmuştur. Bu mikroorganizmanın bir avantajı da daha hızlı geliştiğinden dolayı inokülenin hazırlanması işlemini hızlandırması olarak tespit edilmiştir (Vachon and Gelinas 1995).

İtalya Molise'de 7 ticari fırından alınan buğday unu ekşi hamur örneklerinin incelendiği bir araştırmada, pH ve mikroflora belirlenmiştir. pH 3.54-3.78 aralığında bulunmuştur. Laktik asit bakteri sayıları $4.3 \cdot 10^6$ - $4.1 \cdot 10^8$ cfu/g, maya sayısı ise $1 \cdot 10^6$ - $6 \cdot 10^7$ cfu/g bulunmuştur. *Lactobacillus*'un izole edilen türlerinin %57'si heterofermantatif olarak tespit edilmiş ve en baskın tür *L. brevis* olarak belirlenmiştir. İzolatların %43'ü fakültatif heterofermantatif olarak tespit edilmiş ve en baskın tür *L.*

sake olarak belirlenmiştir. Mayaların ise %78'inin *Saccharomyces cerevisiae*, %22'sinin ise *Candida* türleri olduğu bildirilmiştir (Iorizzo *et al.* 1995).

Farklı starter kültürler katılarak ekşi hamur ekmek özelliklerini geliştirmeye yönelik bir araştırmada ekşi hamur ile yapılan fırın ürünlerinin mikroflorasının incelenmesinde tüm ürünlerde *Lactobacillus sanfrancisco* ve *Saccharomyces exiguus*'a rastlanmıştır (Foschino *et al.* 1995).

Grba *et al.* (1995), starter kültür bileşiminin ve ekşi hamur fermantasyon sıcaklığının en uygun hale getirilmesine, ekmekte organik asit üretiminin en üst seviyeye çıkarılmasına ve böylece ekmeğin aromatik özelliğini geliştirmeye, ekmek ufalanmasının ve bozulmasının azalmasına yönelik çalışmalar yapmışlardır. Kullanılan mikroorganizmalar *L. brevis*, *S. uvarum* (Fransız ekşi hamurundan izole edilmiş) ve *Candida crusei*'dir. Laktik asit miktarının en üst düzeye çıkması için %0,76 *L. brevis*'in kullanımı 30-35°C fermantasyonda gerçekleşmiştir. Bu şartlar altında sıcaklık asetik asit üretimini etkilememiştir. En yüksek asetik ve laktik asit düzeyi *L. brevis* - *C. crusei* starter kültürleri karışık kullanıldığında, 30°C sıcaklıktaki fermantasyonda elde edilmiştir. Bu şartlarda asit üretimi laktik asit olarak %0.9, asetik asit olarak ise %0.2 oranında bulunmuştur. En uygun sonuçlar *L. brevis*, *S. uvarum* kültürlerinin birlikte kullanımı ve hamur ekşime sıcaklığının 25-35°C arasında olması durumunda elde edilmiştir. Bu şartlar altında laktik asit miktarı %0.7 ve asetik asit miktarı da %0.2 bulunmuştur. *L. brevis* ve *S. uvarum*'un karışık kullanımı hamur elastikiyetini ve ekmek aromasını geliştirmiş ve ekmek ufalanmasını azaltmıştır.

Buğday ekşi hamurunun fermantasyonu üzerindeki üç starter kültürün etkisini belirlemek için yapılan bir araştırmada, *L. plantarum* 229, *L. brevis* 100 ve *S. cerevisiae* 220 kontrol amacıyla da startersiz ekmek kullanılmıştır. Hamurlar 20°C'de 48 saat fermente ettirilmiştir, 0, 3, 24, 48 saat sonra hacim artışı, etanol ve asetik asit miktarları ve toplam laktik asit belirlenmiştir. 48 saat sonra hacim artışı *S. cerevisiae*

eklenen startersiz örnekler için %100'den, *L. brevis* ilave edilmiş hamur için %95'den, *L. plantarum* ilave edilmiş hamur için ise %0'dan büyük bulunmuştur. Asidifikasyon, *L. plantarum*' lu hamur için en büyük *S. cerevisiae*' li hamur için en az bulunmuştur. *L. plantarum* ile yapılan hamurlar yüksek konsantrasyonlu laktik asite fakat düşük konsantrasyonlu asetik asit ve etanole, *L. brevis*'li ya da startersiz yapılan hamurlar ise orta seviyede laktik asit, asetik asit ve etanole sahip olarak bulunmuştur. Bundan, kaliteli ekşi hamurun kombinasyonunun *L. brevis*, *L. plantarum* ya da *S. cerevisiae* ile hazırlanabileceği sonucu çıkarılmıştır (Passarelli *et al.* 1996).

Böcker (1995), ekşi hamur starterlerini kullanarak yapılan ekşi hamurun 3 farklı tipinin mikroflorasını incelemiştir. Sıvı starterler tarafından fermente edilen ekşi hamurlarda *L. reuteri*, *L. pontis* ve *L. sanfrancisco* dominant türler olarak belirlenmiş, kurutulmuş starterler ile fermente edilen ekşi hamurlarda da en baskın türler *L. plantarum*, *L. brevis* ve *Pediococcus pentosaceus* olarak tespit edilmiştir.

Lactobacillus brevis subsp. lindneri CBI ilave olunan *S. exiguus M14* ile hazırlanmış ekşi hamurlar ile yapılan bir çalışmada mayalanma hızında düşüş tespit edilmiştir. Heterofermantatif laktik asit bakterileri içeren hamurlarda maya fermentasyonu yalnızca mayaya sahip olandan daha süratli bulunmuştur. *S. cerevisiae 141* ile *L. brevis subsp. lindneri* CBI birleşimi 28°C'de 3 saat sonra bakteri sayısını ve ekşime aktivitesini azaltmıştır. Ekşi hamura fruktoz ilavesi mayaları harekete geçirmiştir (Gobbetti *et al.* 1995a).

Damiani *et al.* (1996), ekşi hamur mikroflorasındaki bakteri ve mayaları incelemişlerdir. Homofermantatif laktik asit bakterilerinin alkol ve aldehit içeren etil asetat, heterofermantatif laktik asit bakterilerinin diasetil ve diğer karbonil bileşikleri, mayaların ise izoalkol ürettiği belirlenmiştir. Bu çalışmada *Lactobacillus brevis subsp. lindneri* ve *L. plantarum* daha geniş bir lezzet oluşturmuştur.

Faid *et al.* (1993), ekşi hamurun mayalanması için laktik asit bakterileri ve mayaların birleşimini çalışmışlardır. Sonuçta *L. plantarum*'un hamurun ekşimesinde *L. brevis* kadar etkili olduğu bulunmuştur. *S. cerevisiae* ve *L. brevis*'ten yapılmış hamur en iyi şekilde mayalanmış fakat bu iki tür bir araya getirildiğinde hamurun mayalanma kapasitesi azalmıştır. *L. plantarum*'un ya *C. milleri* ya da *S. cerevisiae* ile olan kombinasyonları en iyi sonuçları vermiştir.

Bir araştırmada da, hamurun ekşilik derecesi üzerine, öğütülmüş kahverengi unun beyaz undan daha fazla etkili olduğu bulunmuştur (Hochstrasser *et al.* 1993b).

Başka bir çalışmada da *Lactobacillus plantarum* ve *L. brevis*'li ekşi hamur ekmeğinin duyuşal özellikleri ve hamurun su içeriği, kül içeriği, ekşi hamur miktarı araştırılmıştır. Ekşi hamurun kül içeriği ve miktarının ekmek kalitesi üzerinde çok etkili olduğu bildirilmiştir. Kül içeriğinin %0.6'dan %1'e artırılmasıyla daha asitli ekmekler üretilmiş, daha büyük ekmek hacmi, daha yumuşak tekstür oluşmuş ve ekşi tatta artış gözlenmiştir. *L. brevis* kullanıldığında raf ömründe önemli bir artış olmuştur. Ekşi hamurda yüksek asetik asit içeriği ile *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum* ve *Bacillus subtilis*'in neden olduğu rope (sünme) sporlarının teşekkülü önlenmiştir (Flair-Flow Europe 1994).

Vogel *et al.* (1994) tarafından yapılan bir izolasyon ve identifikasyon çalışmasında da ekşi hamurdan *Lactobacillus brevis*, *L. sanfrancisco* ve *L. reuteri* izole ve identifiye edilmiştir.

İtalya'nın Umbria bölgesinden alınan ticari 24 buğday ekşi hamurunun mikroflorası karakterize edilmiştir. Ekşi hamur mikroflorasında bakterilerin sayısı 3.10^4 cfu/g, mayaların ki ise 5.10^7 cfu/g olarak bulunmuştur. Laktobasillerden %49'u *L. brevis* *subsp. lindneri*, %21'i *L. plantarum*, %14'ü *L. farciminis*, %4'ü *L. acidophilus* ve *L. fermentum*, %3'ü *L. fructivorans* ve *L. alimentarius*, %2'si ise *L. brevis* olarak belirlenmiştir. Maya kültürlerine bakıldığında bunların %60'ını *S. cerevisiae*,

%17'sini *Candida krusei*, %16'sını *S. exiguus* ve %1'ini *Hansemula anomala*'nın oluşturduğu tespit edilmiştir (Gobbetti *et al.* 1994a).

Mayalar ve laktik asit bakterileri genellikle ekşi hamurda birlikte bulunurlar. Laktik asit bakterileri ekşi hamur ekmeğinin duysal özelliklerine etki ederken, mayalar ekşi hamurun mayalanmasında etkilidirler. Mayalar mevcut azot kaynağı için laktik asit bakterileri ile sadece kısmi rekabet ederler ve laktik asit bakterileri için gerekli amino asitleri salgılar ve sentezlerler (Gobbetti *et al.* 1994b).

Bir araştırmada ön fermantasyonda zarar görmüş buğday ununun kullanımı laktik asit oluşumunu, titrasyon asitliğini artırmış ve pH'yı azaltmıştır. Ön fermantasyon esnasında oluşturulan asitler mayanın mayalandırma kapasitesini azaltmıştır. Laktik ve propiyonik asit bakterilerini içeren karışık kültür ön fermantasyonu, geleneksel çavdar ekşi hamur starterlerine potansiyel bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Çünkü propiyonat oluşumuyla küf gelişimi engellenmiş ve çavdar ekmeğinin raf ömrü artırılmış olmaktadır (Javanainen 1994).

Barber *et al.* (1991), ekmek hamurunun uzama kabiliyetinin, ekşi hamurda normal hamura göre daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Ekşi hamurlu ekmek hamurları direkt hamurla kıyaslandığında fermantasyon süresi açısından benzer özellik göstermiştir. Ekşi hamur hem katkılı hem de katkısız formülasyonda CO₂ üretimini artırmıştır. Ekşi hamur pH'da azalmaya neden olmuştur (Aydın ve Çetin 2001). Fakat toplam titre edilebilir asitliği azaltmıştır. Bu etki özellikle kendiliğinden olan ekşi hamurda daha güçlü olmuştur.

Başka bir araştırmada, maya ilave edilen ekşi hamurlarda maya ilave edilmeyenlere göre daha yüksek asit tespit edilmiştir. Bu etki maya türünden bağımsızdır. Belirli bir seviyenin üzerindeki maya ilavesinin daha fazla etkiye neden olmadığı bildirilmiştir (Vollmar and Meuser 1992).

Sponge (S), soğutulmuş sponge (RS) ve kendiliğinden ekşi hamur (SS) olmak üzere 3 fermentin asit ilaveli (sitrik, laktik ve asetik asit) ve ilavesiz beyaz ekmeğin karakteristikleri ve raf ömrü üzerine çalışılan bir araştırmada örnekler geniş bir pH (3.47-5.71) ve toplam titre edilebilir asitlik (3.90-15.67 ml NaOH) aralığında değişmiştir. En düşük pH ve en yüksek toplam titre edilebilir asitlik kendiliğinden ekşi hamurda gerçekleşmiştir. Aynı zamanda bu yöntem yüksek hacimli ekmek ve depolamada en düşük bayatlama oranını vermiştir. %20 SS kullanımı küf gelişimini geciktirmiş ve normal hamurdan yapılmış ekmeğe göre raf ömrünü iki kat uzatmıştır. %20 SS formülasyonuna organik asitlerin (sitrik, laktik, asetik) çeşitli oranlarda ilavesi orana bağlı olarak raf ömrünü 30 günden daha fazla süreye kadar uzatmıştır (Barber *et al.* 1992).

Bakteri ve mayaların karışık kültürleri ile hazırlanan ekşi hamur üzerindeki bir çalışmada optimum gaz üretimi ve hamur hacim artışı %80 maya ve %20 *L. plantarum*'un 35°C'deki inokülümünde gözlenmiştir (Yöndem vd 1992).

Strohmar and Diekmann (1992) tarafından yapılan bir izolasyon çalışmasında ticari bir ekşi hamurun mayaları tanımlanmış ve *Saccharomyces cerevisiae hanseni* tespit edilmiştir.

Yüksek proteolitik aktiviteye sahip buğday tanelerinden ekmek yapımında laktik streptokokların etkilerinin çalışıldığı bir araştırmada, %0.018-0.020 laktik streptokok ilavesi hamurda proteolitik aktiviteyi azaltmış sonuçta hamurun reolojik özellikleri (örneğin viskozite, hamur kuvveti), hacim, porozite yönünden ekmek kalitesini geliştirmiştir (Stoeva *et al.* 1991).

Dört ekşi hamur sponge örneğinde laktik asit bakterilerinin kalitatif ve kantitatif niteliklerinin incelendiği bir diğer araştırmada her bir sponge'da *Lactobacillus* cinsinin bir veya iki türü tespit edilmiştir. Bunlardan *L. reuteri* ve *L. curvatus* San Francisco ekşi hamur sponge'unda, *L. brevis* ve *L. hilgardii* İtalya'da üretilen

Panetton ekşi hamur sponge'unda, *L. sanfrancisco* Almanya'da üretilen çavdar ekşi hamur sponge'unda, *L. casei* ve *L. curvatus* ise İsviçre'de üretilen çavdar ekşi hamur sponge'unda tespit edilmiştir (Okada *et al.* 1992).

Infantes and Schmidt (1992), 12 Fransız doğal ekşi hamurunun maya florası üzerine çalışmışlar ve toplam canlı maya sayısının çok değişken olduğunu bulmuşlardır (10^3 - 10^8 hücre/g ürün). 300 maya türü identifiye edilmiş, izolatların çoğunun *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida robusta* (%74) türlerine ait olduğu tespit edilmiştir. Diğer izole edilen türler *C. holmii*, *Hansenula anomala* ve *Torulasporea delbrueckii*'dir . *Schizosaccharomyces pombe* ise iki ekşi hamurdan izole edilmiştir. Fakat bu hamurun mutlaka kontamine olduğu kanaatine varılmıştır.

Lactobacillus plantarum (L-73, B-39) ya da *L. brevis* (L-62) ile başlatılmış ilavelerle yapılan ekşi hamur ekmeklerinin daha hacimli, düşük yoğunluklu, daha yumuşak parçalara ve daha yüksek dilim kalınlığına sahip oldukları tespit edilmiştir. L-62 ekşi hamur starteri olarak L-73 ve B-39'dan farklı özelliktedir. Üç suşun birlikte kullanılması durumunda düşük hacimli, sıkı yapılı ve kabul edilebilirliği olmayan bir aromada ekmek üretimi gözlenmiştir (Collar *et al.* 1994).

Hamur yapımında kullanılan ekşi maya undaki nişastanın enzimatik parçalanmasını geciktirmiş, unun su tutma kapasitesini artırmış (Savola *et al.* 1982) ve bayatlamayı geciktirmiştir (Salovaara and Katunpaa 1984, Tamerler 1986).

Bayatlama ekmeğin rutubet miktarı ile de ilişkilidir. Rutubeti %16.4'den düşük %36.8'den yüksek olan ekmeklerde bayatlamamanın ya da nişasta retrogradasyonunun yavaşladığı belirtilmiştir (Ercan ve Bildik 1993).

Ekşi hamurdan üretilen bir çavdar ekmeğini üretiminde rol oynayan bakteri ve maya türleri çizelge 4.1'de verilmiştir. Fermantasyon 25°C'de 18-24 saatte tamamlanmıştır.

Fermantasyonda 32-35°C gibi yüksek sıcaklıklar kullanıldığında koliformlar ve bütirik asit bakterileri gibi gaz üreten ve ortamda bulunması arzu edilmeyen mikroorganizmalar gelişebilmektedir.

Çizelge 4.1. Ekşi hamurdan üretilen çavdar ekmeğinde fermantasyonda rol oynayan mikroorganizmalar (Sugihara 1985).

Bakteriler	Mayalar
<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. fermenti</i> , <i>L. pastorianus</i> , <i>L. buchneri</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. leicmannii</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. farciminis</i> , <i>L. alimentarius</i> , <i>L. brevis var. lindneri</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. fructivorans</i> , <i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Candida krusei</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Pichia saitoi</i> <i>Torulopsis holmii</i>

Escriva and Martinez-Anaya (2000), mayaların ekşi hamurlarda fruktozanları kabul edilebilir ölçüde fermente ettiğini tespit etmişlerdir.

Glikozun yokluğunda maya fruktozu fermente edebilmekte, glikozun varlığı halinde ise fruktozun fermantasyonu yavaş olmakta ve genellikle tamamlanamamaktadır. Bu durumda, fruktozun tatlandırıcı lezzeti ekmeğin aromasını olumsuz yönde etkilemektedir (Escriva and Martinez-Anaya 2000). Ekşi hamur sistemlerinde laktik asit bakterilerinin varlığı halinde bu olumsuzluk giderilmektedir (Gobbetti *et al.* 1995a, Stolz *et al.* 1995, Escriva and Martinez-Anaya 2000).

Bir başka araştırmanın sonuçlarına göre; *L. brevis subsp. lindneri* CBI, hamura sitrat ilave edildiğinde doğal olarak ekşi hamur fermantasyonu boyunca varolan maltoz ile birlikte asetik asit konsantrasyonunu artırmıştır. Geleneksel homo ve hetero laktik fermantasyonla karşılaştırıldığında iki karbon kaynağının birlikte metabolize olması son ürün kalitesini artırmıştır. Heterolaktik metabolitlerin artması buğday ekşi hamur ekmeklerinin tekstürünü ve lezzetini olumlu olarak etkilemiştir. Buğday ununa sitrat

ilave edilmesi, karbon kaynaklarındaki mayalar ve laktik asit bakterileri (*L. brevis subsp. lindneri. CBI*) arasındaki rekabetin azaltılmasına, asetik asitin artışına ve çok daha mükemmel bir aromalı ekşi hamur ekmeğinin oluşumuna neden olmuştur. *L. brevis subsp. lindneri CBI* ekşi hamur ekmeklerinin son ürün kalitesini yükseltmiş ve laktik asit bakterileri ve mayalar arasındaki karbonhidrat kaynakları üzerine rekabeti azaltmıştır (Gobbetti and Corsetti 1996).

Faid *et al.* (1994), kırsal bölgelerde kullanılan üç geleneksel ekşi hamur (leben, limon, sarmısak) metoduna göre laboratuarda hazırlanan ekşi hamurların fermantasyon karakteristiklerini incelemiştir (çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı fermentlerde laktik asit bakterilerinin oranları (Faid *et al.* 1994)

	Limon	Leben	Sarmısak	Kontrol
<i>Lactobacillus plantarum</i>	25	13.33	31.80	17.37
<i>L. brevis</i>	15	10	9	-
<i>L. delbrueckii</i>	15	16.66	18	17.39
<i>L. buchneri</i>	-	13.33	-	-
<i>L. sanfrancisco</i>	-	6.66	-	8.7
<i>L. casei</i>	-	-	-	8.7
<i>L. cellobiosus</i>	20	-	-	-
<i>L. fermentum</i>	-	6.66	-	8
<i>L. bulgaricus</i>	-	3.33	-	-
<i>L. helveticus</i>	-	-	9	-
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	15	10	18	13.4
<i>L. dextranicum</i>	-	4.54	3.44	8.7
<i>L. damnosus</i>	-	-	3.44	-
<i>L. lactis</i>	-	-	-	8.7
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	11.11	9.1	10.34	8.7
<i>P. acidilactici</i>	-	-	3.44	8.7

Leben; süt ürünü

Ekşi hamur bakterileri, mayaları ve hamurun fiziko-kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *Leuconostoc mesenteroides* ve

Pediococcus pentosaceus tüm hamurlarda en sık rastlanılan türler olarak bulunmuş, *L. buchneri* ve *L. sanfrancisco* gibi türler de yüksek oranda ve örneklerin çoğundan izole edilmiştir. Bazı denemelerde mikroflorada laktik asit bakterileri baskın olarak bulunmuştur. Ekmek mayasında bulunan bütün türler çizelge 4.2'de gösterilmiştir. *Lactobacillus* türleri *Leuconostoc* ve *Pediococcus ssp.* türlerinden daha fazla tespit edilmiştir. Laktobasiller arasında *L. plantarum* en sıklıkla rastlanan türdür (Faid *et al.* 1994). Bu türler diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Spicher and Lönner 1985, Lönner and Preve-Akesson 1988, Boraam *et al.* 1993, Faid *et al.* 1994).

L. plantarum ekşi hamur ekmeği fermantasyonunda aktif bir tür olarak tespit edilmiştir. Bu tür homofermantatiftir ve diğer laktobasiller (*L. brevis* veya *L. sanfrancisco*) gibi hamuru kabartmamaktadır. *L. plantarum* laktobasiller, maya türleri ve gaz üreten bazı mikroorganizmalar ile ortak çalışmaktadır (Faid *et al.* 1994). Ekşi hamur fermantasyonu mayaların ve laktobasil veya kokların uyumlu türlerinin ortaklığı sonucu oluşmaktadır (Spicher and Lönner 1985, Lönner and Preve-Akesson 1988, Boraam *et al.* 1993, Faid *et al.* 1994).

San Francisco'da yapılan Fransız ekşi hamur ekmeği üretiminde asit üretimi için *L. sanfrancisco* başlıca sorumlu tür olarak rapor edilmiştir. *L. sanfrancisco* maltozdan çok miktarda laktik ve asetik asit üretebilmekte ve gaz üretimi esnasında hamur mayalanmasına yardım etmektedir (Kline and Sugihara 1971, Faid *et al.* 1994).

Boraam ve arkadaşlarına göre geleneksel Moroccan ekşi hamur ekmeği ile ilişkili mikroorganizmalar *Candida milleri*, *Saccharomyces cerevisiae* ve laktik asit bakterilerinden *L. plantarum* ve *L. brevis* olarak tespit edilmiştir (Boraam *et al.* 1993, Faid *et al.* 1994).

Hamurun kabarması mayalar ve/veya heterofermantatif laktik asit bakterileri türlerinin gaz üretimi ile ilişkilendirilmiştir (Boraam *et al.* 1993, Faid *et al.* 1994).

Ekşi hamurun mayalanmasında etkili olan mikroorganizmalar *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Pediococcus pentosaceus*, *L. buchneri* ve *L. sanfrancisco* olarak tespit edilmiştir (Kline and Sugihara 1971, Faid *et al.* 1994).

L. delbrueckii ekmek fermantasyonunda etkili olan normal bir tür olarak tespit edilmiş (Sugihara 1985, Faid *et al.* 1994) ve bu tespit *L. delbrueckii*'yi ekşi hamurdan izole eden Spicher ve Lönner tarafından da doğrulanmıştır (Spicher and Lönner 1985, Faid *et al.* 1994). *L. helveticus*'un ekmek mayalanmasında bir rolü olup olmadığı bilinmemektedir. *L. helveticus*'un basit bir kontaminant olduğu bildirilmiştir (Faid *et al.* 1994).

L. bulgaricus süt ürünleri ile alakalıdır, bununla beraber bu tür bazı ekşi hamurlardan izole edilmiş olsa bile şüpheli bir role sahiptir. *Leuconostoc mesenteroides* ve *L. dextranicum* yavaş asit üreten koklar olarak bilinmektedir ve bu türler özellikle ilk fermantasyon sırasında ekmek fermantasyonuna yardım ederler. Aynı zamanda bu türler laktobasiller ile beraber ekşi hamurda birlikte gelişim için önemlidirler. Pediokoklar bazı mayalanmış materyallerindeki (yağlar, ekmek, sebzeler) gibi doğal ortamda yüksek aside karşı dirençlidirler ve mayalanma süreci sonunda canlı kalabilirler. *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus*, *Pediococcus* cinslerinin dominant iki türü olarak tespit edilmiştir (Faid *et al.* 1994).

Corsetti *et al.* (2000), ekmeğin dayanıklılığı ve bayatlaması üzerine çeşitli ekşi hamur ve katkı maddelerinin etkisini araştırmışlardır. *Saccharomyces cerevisiae* 141 ile üretilen ekmeklerle karşılaştırıldığında, *S. cerevisiae* 141 veya ekşi hamur kullanılarak fermente edilen hamurların kimyasal asitliği ekmeklerin hacmini artırmıştır. Sadece ekşi hamur fermantasyonu nişasta retrogradasyonunun

ertelenmesinde etkili bulunmuştur. Bu etki, asidifikasyon düzeyine ve laktik asit bakteri türlerine bağlıdır. *S. cerevisiae* 141-*L. sanfrancisco* 57-*L. plantarum* 13 ile yapılan ekşi hamurların etkisi fungal α -amilaz veya *L. amylovorus* CNBL1008 gibi amilolitik türler veya *L. sanfrancisco* CB1 Amy eklendiğinde gelişir. Pentozan, endoksilenaz enzimi veya *L. hilgardii* S32 aynı ekşi hamura eklendiğinde ekmeğin dayanıklılığının ve bayatlamasının daha fazla geciktiği tespit edilmiştir.

Depolama sıcaklığı, ekmeğin nem içeriği, glutenin yapısını değiştirir. Depolama süresi boyunca suyun glutenden nişastaya geçmesi ekmeğin dayanıklılık oranını etkileyen önemli faktörlerden biri olarak belirtilmiştir. Bakteriyel, fungal ve tahıl kaynaklı α -amilaz enzimlerinin nişastanın su tutma kapasitesini etkileyerek ve çok miktarda dekstrin üreterek ekmeğin kalitesini artırdığı bildirilmiştir (Corsetti *et al.* 2000).

Ekmeğin bayatlamasının geciktirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, *Bacillus subtilis*'ten amilaz ve *Streptomyces albus* son zamanlarda klonlanmış ve nişasta retrogradasyonunun geciktirilmesinde etkili olduğu öne sürülmüştür (Byoung-Cheol *et al.* 1998, Corsetti *et al.* 2000).

Ekşi hamur laktik asit bakterileri, nişastanın mikrobiyal hidrolizi ve proteolizi ile asidifikasyonu, ekmeğin dayanıklılığında ve bayatlamasının geciktirilmesinde pozitif etki içeren ekmeğin depolanması boyunca fiziko-kimyasal değişiklikleri etkilemişlerdir (Corsetti *et al.* 1998, Corsetti *et al.* 2000).

L. sanfrancisco 57 ve *L. plantarum* 13 yüksek asidifikasyon oranları, orta oranda proteolitik aktivite ve ekşi hamur fermantasyonu sırasında uçucu bileşiklerin üretimine olan önemli katkıları nedeniyle tercih edilmektedirler (Gobbetti 1998, Corsetti *et al.* 2000). Buna zıt olarak, *L. fructivorans* DA106 ve *L. farciminis* CC1 düşük asidifikasyon oranındaki ekşi hamur laktik asit bakterileridir. *L. hilgardii* S32 bakteriyel hücre verimini, asidifikasyon oranını ve özellikle asetik asit üretimini artırmaktadır. *L. hilgardii*'yi pentozanlar ve endoksinelaz ile birlikte kullanmak ekşi

hamur ekmeğinin duyusal özelliklerini artırmaktadır (Gobbetti *et al.* 1999, Corsetti *et al.* 2000).

Yapılan bir araştırmada, *S. cerevisiae* 141, *L. sanfrancisco* 57, *L. plantarum* 13 birçok ekşi hamurdan sıklıkla izole edilmiş ve ekşi hamur ekmeklerinin duyusal kalitesini artırdıkları tespit edilmiştir (Gobbetti *et al.* 1995b, Corsetti *et al.* 2000). *S. cerevisiae* 141 ile mayalanan ekşi hamurların pH'sı 5.90 iken laktik asit bakterileri kullanılmış olan diğer bütün ekşi hamurların pH'ları 4.6'dan 3.96'ya kadar değişen düşük pH değerlerine sahip olarak bulunmuştur (Gobbetti *et al.* 1999, 2000, Corsetti *et al.* 2000).

Laktik asit bakterileri ve *S. cerevisiae* 141'in (764mL) birleşimi ile üretilen bütün ekşi hamur ekmekleri yalnızca *S. cerevisiae* ile üretilen ekmeklerden önemli derecede daha yüksek hacme (805-910mL) sahip bulunmuşlardır. Ekmek hacminin yükselmesinin yalnızca glutenin CO₂'i tutma kapasitesini artıran laktik asit bakterilerinin asidifikasyonuna bağlanamayacağı belirtilmiştir (Gobbetti *et al.* 1995a, Corsetti *et al.* 2000).

Bir başka çalışmada, biyolojik (kimyasal olmayan) asidifikasyonun yalnızca ekmekçi mayası ile üretilen ekmeklerde nişasta retrogradasyonunu geciktirdiği belirtilmiştir. Biyolojik asidifikasyonun etkisi, üretilen asitlik düzeyine ve/veya ekşi hamur laktik asit bakteri türlerine bağlıdır. Amilaz ve pentozanlar gibi katkılar ekmek bayatlaması üzerine biyolojik asidifikasyonun etkisini artırmışlardır. Laktik asit bakteri türleri ve katkılar ekmek depolanması süresince ekmekteki fiziko-kimyasal değişikliklerin geciktirilmesinde rol almışlardır (Corsetti *et al.* 2000).

Ekşi hamur ekmek içi ve kabuğunun depolama süresince su aktivitesi çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Starter kültür katkılı ekşi hamur ekmeklerinde ekmek içinin ve kabuğunun depolama süresince su aktivitesi (Corsetti *et al.* 2000)

Starter	Ekmek içi (2 saat)	Ekmek içi (144 saat)	Ekmek kabuğu (2 saat)	Ekmek kabuğu (144 saat)
<i>S.cerevisiae</i> 141	0.990	0.984	0.902	0.951
<i>S.cerevisiae</i> 141 (Kimyasal asitlenmiş)	0.992	0.982	0.903	0.948
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13	0.990	0.985	0.922	0.952
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13 + α -amilaz	0.991	0.980	0.930	0.962
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13 + <i>L.amylovorus</i> CNBL1080	0.988	0.983	0.900	0.943
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13 + <i>L.sanfrancisco</i> CBIAmy	0.995	0.983	0.892	0.952
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13 + proteaz	0.995	0.982	0.903	0.953
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13 + pentozanlar	0.986	0.982	0.894	0.953
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> 57 + <i>L.plantarum</i> 13 + <i>L.hilgardii</i> S32 + pentozanlar + endoksilenaz	0.987	0.983	0.881	0.949
<i>S.cerevisiae</i> 141 <i>L.fructivorans</i> DA106 + <i>L.farcinensis</i> CC1	0.990	0.981	0.898	0.939

İki saatlik pişirmeden sonra ekmek kırıntısının a_w değeri kimyasal olarak asitleştirilmiş ve mayalı ekmekten pentozan eklenmiş standart ekşi hamur ekmeğine 0.992'den 0.986'ya değişiklik göstermiştir. 144 saatlik depolama esnasında a_w azalmış ve 0.980-0.985 arasında değerlere ulaşmıştır. İki saatlik pişirmeden sonra

bütün ekmeklerde ekmek kabuğunun a_w 'si yükselmiş ve 144 saatlik depolamada değerler 0.939-0.962 arasında değişmiştir (Corsetti *et al.* 2000).

Rocha and Malcata (1999) tarafından geleneksel Portekiz ekşi hamurunun mikrobiyolojik profili çalışılmıştır. Yapılan çalışmada 400'den fazla tür izole edilmiş, dominant gruplar mayalar ve laktik asit bakterileri olarak bulunmuştur. En sık izole edilen mayalar *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida pelliculosa*'dır. En sık izole edilen laktik asit bakterileri laktobasiller içinde *Leuconostoc spp.* (heterofermantatif) *Lactobacillus spp.* (homofermantatif); *L. brevis*, *L. curvatus* ve *L. lactis ssp. lactis* en dominant türlerdir ve laktokoklardan *Lactococcus lactis ssp. lactis*, Enterokoklardan *Enterococcus casseliflavus*, *E. durans* ve *E. faecium*, Streptokoklardan ise *Streptococcus constellatus* ve *S. equinus* en baskın türler olarak tespit edilmiştir. Tanımlanan 421 izolattan 131'i ekşi hamurdan alınmıştır ve bunlar 48 farklı tür olarak bulunmuştur.

Broa ekşi hamur ekmeği Kuzey Portekiz'deki çiftliklerde yaygın olarak üretilmektedir. Bu ekşi hamur ekmeği mısır unundan (bazen çavdar ilavesiyle) elde edilmiş ve bu olay esnasında meydana gelen kimyasal reaksiyonların çoğu ekmekten ekmeğe değişen bir mikrofloraya neden olmuştur (Rocha and Malcata 1999). Diğer ülkelerdeki benzer ekmeklerin ekşi hamurları baskın bir şekilde maya ve laktik asit bakterilerini içeren kompleks bir mikrofloraya sahiptirler ve onlar sinerjistik etkileşimden dolayı belirgin bir asidik tat ve benzersiz bir lezzet ortaya çıkarırlar (Barber *et al.* 1983, Boraam *et al.* 1993, Collar *et al.* 1994, Mascaros *et al.* 1994, Damiani *et al.* 1996, Rocha and Malcata 1999).

Üretim sürecindeki iyi sağlık şartlarının olmayışının sonucu olarak bir çok geleneksel metotla hazırlanan yiyecek zehirlenmelerinde ilişkisi olduğu düşünülen çeşitli mikroorganizmalar (analiz edilen örneklerde teşhis edilen enterobakteriler, koliform grubu bakteriler, enterokoklar ve basiller (özellikle *B. cereus*)); sağlığı tehdit etme açısından kabul edilen başlangıç seviyesinin altında olmasına rağmen ekşi hamurdaki

yüksek asetik asit içeriği ekmeği mikrobiyal bozulmadan korumaktadır (Rocha and Malcata 1999).

Ekşi hamur fermantasyonunun ilk basamağında *Leucunostoc spp.* türleri önemli rol oynar. Pediokoklar yüksek asitlikte yaşayabilirler. Bu nedenle genellikle fermantasyon olayının sonuna doğru baskın hale gelirler (Faid *et al.* 1994, Rocha and Malcata 1999).

L. brevis ekmeğ fermantasyonunda *L. plantarum* ile karşılaştırıldığında yüksek miktarlarda asetik asit üretme kapasitesinden dolayı daha önemli bir tür olarak tespit edilmiştir (Barber *et al.* 1983, Lues *et al.* 1993, Martinez *et al.* 1994, Rocha and Malcata 1999).

Laktik asit bakterilerinin, unun bileşimi ve mayalarla reaksiyonları suretiyle son ekmeğin oluşumunda ekşi hamur fermantasyonu ile ilgili oldukça önemli bir role sahip olduğu bulunmuştur (Gobbetti *et al.* 1994c, Rocha and Malcata 1999).

Ekşi hamur fermantasyonu esnasında açığa çıkan olumlu organoleptik özellikler laktik asit bakterileri ve mayalar tarafından oluşturulan aromatik yapı ile ilgili bulunmuştur (Damiani *et al.* 1996, Rocha and Malcata 1999).

Homofermantatif laktik asit bakterileri elastik ekmeğ içi kırıntıları ile son ekmeğin gelişiminden sorumludur. Oysa ki heterofermantatif laktik asit bakterileri, lezzeti ve mayalandırma işleminin ilerlemesini desteklerler. Bununla beraber ekşi hamurun mayalanması özellikle mayanın fermantatif aktivitesinin bir sonucu olarak üretilen CO₂ tarafından tayin edilir. Ekşi hamurda oluşan gaz, ekmeğ tekstürünün oluşumunu başlatmak için yardımcı olmasına rağmen laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik ve asetik asitler lezzet üzerinde çok daha önemli bir rol oynarlar (Boraam *et al.* 1993, Gobbetti *et al.* 1995a, Rocha and Malcata 1999).

Lactobacillus sanfrancisco CBI, *L. plantarum DC400*, *Saccharomyces cerevisiae 141* ve *S. exiguus M14* ile hazırlanan starterler ile mayalanan bütün hamurlar, ticari mayalar ile hazırlanan hamurlardan daha dengeli mikrobiyolojik ve biyokimyasal özelliklere sahip bulunmuşlardır. Bu starterlerle hazırlanan mayalarda laktik asit ve asetik asit üretimiyle beraber uçucu bileşiklerin üretimi en büyük yapısal stabiliteyi vermektedir. Geleneksel İtalyan ekşi hamurları ticari mayanın (*S. cerevisiae*) %5'i ile günlük üretilmektedir. Uçucu bileşikler pişirme süreci boyunca meydana gelseler de fermantasyonal süreç, buğday ekşi hamur ekmeklerinin aroma özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Cossignani *et al.* 1996).

Cossignani *et al.* (1996) yaptıkları çalışmalar sonucunda, mikrobiyal starterleri, ekmek yapım sürecini kısaltan, hamur ve ekmek özelliklerini geliştiren ve standartlaştıran, beslenme değerini artıran, raf ömrünü uzatan ve üretim fiyatlarını düşüren unsurlar olduklarından çavdar ve buğday ekmeği üretimi için önermişlerdir.

Wehrle and Arendt (1998) tarafından bildirildiğine göre; heterofermentatif laktik asit bakterilerinin karbondioksit üretimi son ekmek hamurunun mayalanma sürecini etkilemektedir. Ekmek hamurundaki gaz oluşumu son ürünün hacmini etkileyen en faktörlerden biridir. Emülsifiyer ve yağ gibi hamur katkı maddeleri hamurun gaz tutum kapasitesini geliştirmede kullanılmaktadır. Gaz kabarcıkları oluşumu artan bir hacme ve azalan bir yoğunluğa neden olur. Starter kullanılan ekşi hamur (SD) ve kendiliğinden (spontan) mayalanmış ekşi hamur (SFD) için başlangıç pH seviyeleri 6.2 ve 6.4 olarak tespit edilmiştir. Fermantasyonda on saat sonra SD'deki pH seviyesi 4.6'ya düşmüş buna karşılık SFD'deki pH seviyesi ise 6.0 seviyesinde kalmıştır. Yirmi saat sonra SD'deki pH seviyesi en düşük seviyeye ulaşırken SFD'deki pH seviyesi fermantasyonun 40. saatine kadar düşmeye devam etmiştir. Laktik asit üreten bakterilerin seçimi fermantasyon sürecinin ileriki aşamalarında pH seviyesinde hızlı bir düşüşe neden olmuştur. SD ve SFD hamurları arasındaki gaz üretimi mikrobiyal aktivite farklılıklarını belirleyen asitlerin oluşumuna bağlıdır. SD'deki gaz oluşumu 5 saat sonra başlamasına rağmen SFD'deki gaz oluşumu 15

saat sonra gözlemlenmiş, aktif starter kültürlerle aşılama dolayısı metabolik aktivite SD'de SFD'den daha erken başlamıştır.

Corsetti *et al.* (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, laktik asit bakterileri (*Lactobacillus sanfrancisco* CBI ve *Lactobacillus plantarum* DC400) ve mayalar ile mayalanan ekmekler, ticari maya ile mayalanan ekmeklerden daha hacimli bulunmuştur. *Saccharomyces cerevisiae*-*L. plantarum* DC400 starterleri kullanılarak yapılan ekmeklerin sertliğinin azaldığı tespit edilmiştir. *S. cerevisiae* 141 ve *L. sanfrancisco* veya *L. plantarum* DC400'ün birlikte kullanımı, mayanın tek başına kullanımına kıyasla entalpinin çok az oranda artışına neden olmuştur. *Lactobacillus sanfrancisco* CBI (*L. brevis* subsp. *lindneri*), *L. fructivorans* DD10 (heterofermentatif türler), *L. plantarum* DC400, *L. farciminis* A80 (homofermentatif türler), *Saccharomyces cerevisiae* 141 ve *S. exiguus* M14 İtalyan ekşi hamurlarından identifiye edilmiştir. Heterofermentatif laktik asit bakteri türleri homofermantatiflere göre daha az asitlendirme etkisi göstermiştir.

On günlük depolama sürecinde sadece maya ile üretilen ekmeklerin dış yüzeyinde bir miktar küf görülmüş fakat laktik asit bakterileriyle üretilen ekmeklerde küf gelişimi yedi gün daha geç görülmüştür. *S. cerevisiae* ve *L. plantarum* DC400 ile üretilen ekmeklerde pH en düşük seviyede bulunmuştur (4.18). Yalnızca maya ile üretilen ekmeğe kıyasla ekşime hem sertleşmeyi hem de bayatlamayı geciktirmiştir. Asitleştirme özelliklerine göre pek farklılık göstermeyen fakat proteolitik ve amilolitik etkiler gösteren (*L. sanfrancisco* CBI ve *L. plantarum* DC400) ve göstermeyen (*L. fructivorans* DD10 ve *L. farciminis* A80) türlerin ekmeğin raf ömrüne etkileri tamamen farklı bulunmuştur (Corsetti *et al.* 1998). Ekşi hamurların kullanılması ekmeğin bütün özelliklerini geliştirmiş ve ilave olarak laktik asit bakteri türlerinin kullanımı bayatlamayı ve sertleşmeyi geciktirmiştir (Corsetti *et al.* 1998, Aydın 2000, Aydın ve Çetin 2001).

En düşük pH ve en yüksek TTA seviyesine sahip ekşi hamurlardan daha yüksek hacme sahip, daha iyi ekmek içi dokusu olan ve depolama süresince bayatlama oranı en az olan ekmekler üretildiği kanıtlanmıştır (Barber *et al.* 1992, Corsetti *et al.* 1998).

L. sanfrancisco en proteolitik ekşi hamur laktik asit bakterisi olarak tespit edilmiştir (Gobbetti *et al.* 1996, Corsetti *et al.* 1998).

Su aktivitesinin ve ekmek kabuğundaki nem içeriğinin değişmesi ekmeğin sertleşmesi ve bayatlamasını etkilemektedir (Czuchajowska and Pomeranz 1989, Corsetti *et al.* 1998). Düşük pH'lı ve yüksek oranda laktik ve asetik asit içeren doğal ekşi hamurlar daha yüksek hacme sahip ve depolama sırasında daha geç bayatlayan ekmeklerin üretilmesine neden olmuşlardır. Ekşi hamur ekmeklerinin daha iyi ekmek içi dokusuna sahip oldukları belirtilmiştir (Barber *et al.* 1992, Corsetti *et al.* 1998). Mayaların heterofermantatif laktik asit bakterilerinden ziyade homofermantatif laktik asit bakterileri ile birlikte kullanıldıklarında daha fazla mayalama kapasitesine ulaştıkları gösterilmiştir (Gobbetti *et al.* 1995a, Corsetti *et al.* 1998).

Yapılan bazı çalışmalarda ekmeklerde hacim azalmasıyla birlikte sertlikte artış meydana geldiği, *S. cerevisiae* 141-*L. plantarum* DC400 starterlerinin en yüksek hacim ve en düşük sertliği verdikleri belirtilmiştir (Stöllman and Lundgren 1987, Corsetti *et al.* 1998). İki mayanın (*Saccharomyces cerevisiae* 141 ve *S. exiguus* M14) ve laktik asit bakterilerinin (*Lactobacillus sanfrancisco* CB1 ve *Lactobacillus plantarum* DC400) birleşimi ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin orta derecede sertlikte olduğu bildirilmiştir (Czuchajowska and Pomeranz 1989, Corsetti *et al.* 1998).

Undaki lipid seviyesi shorteningler ile artırılmış ve sertleşmeyi azaltmakta etkili bulunmuştur (Rogers *et al.* 1988, Corsetti *et al.* 1998).

Ekşi hamur kullanımı ile daha lezzetli ekmekler üretilmiş ve reoloji geliştirilerek ekmek kalitesi artırılmıştır (Spicher 1983, Röcken 1996, Corsetti *et al.* 1998, Aydın 2000, Aydın ve Çetin 2001). Ekşi hamur ortamında laktik asit bakterileri ve mayaların, bakteriler tarafından üretilen asit miktarını etkileyecek şekilde karbon kaynakları için rekabete girdiği görülmüştür (Gobbetti *et al.* 1994c, Corsetti *et al.* 1998).

Ekşi hamur laktik asit bakterilerinin ekmekte görülen bozulmaları ertelediği veya engellediği ve böylece ekmeğin raf ömrünü artırdığı belirtilmiştir (Spicher 1983, Corsetti *et al.* 1998, Aydın 2000).

Ekmek içinin %44.5 ile %45.5 arasında değişen nem içeriği sekiz günlük bekletilmenin sonunda ortalama %43.0 oranında azalmıştır. Bu azalmanın starter tür ile bağlantılı olmadığı belirtilmiştir (Corsetti *et al.* 1998).

Ekşi hamurların özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada farklı starterlerle üretilen ekşi hamurlardaki pH, TTA düzeylerinin ve ekmekteki hacim değişikliklerinin ana farklılıkları belirlenmiştir. Bu özellikler çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Pişirmenin etkisiyle kademeli bir asidite azalması meydana gelmiştir. Laktik asit bakterileri ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin hacmi sadece ticari maya ya da *S. cerevisiae* 141 kullanılarak daha fazla olmuştur. Bu değerlerde ticari maya ya da tür 141'in saf kültürünü kullanmak arasında önemli bir fark saptanmamıştır. En yüksek hacim *L. plantarum* DC400 ve *L. farciminis* A80 gibi homofermentatif türlerin *S. cerevisiae* 141 ile birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Barber *et al.* (1992), doğal ekşi hamurlarla üretilen ekmeklerin klasik ticari maya ile üretilenlerden daha hacimli olduğunu ve daha iyi ekmek içi dokusuna sahip olduğunu belirtmişlerdir (Corsetti *et al.* 1998). Mayaların, heterofermantatif laktik asit bakterilerinden ziyade homofermantatif laktik asit bakterileri ile birlikte kullanıldığında daha fazla mayalama kapasitesine ulaştığı gözlenmiştir (Gobbetti *et al.* 1995a, Corsetti *et al.* 1998).

Çizelge 4.4. Ekşi hamurlar ile ekşi hamur ekmeklerinin bazı özellikleri (Corsetti *et al.* 1998)

Starterler	Ekşi hamurlar				Ekmekler		
	Mayalar CFU/g	Bakteriler CFU/g	pH	TTA mL NaOH	pH	TTA mL NaOH	Hacim mL
Ticari maya	2.0x10 ⁵	-	5.32	3.50	5.63	2.00	770.41
<i>S.cerevisiae</i> 141	1.0x10 ⁵	-	5.35	3.30	5.68	2.10	769.86
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> CB1	1.0x10 ⁵	5.2x10 ⁷	4.72	4.50	4.98	3.20	795.40
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> CB1 + <i>L.plantarum</i> DC400	1.0x10 ⁵	8.1x10 ⁷	4.01	6.65	4.23	4.10	820.46
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.plantarum</i> DC400	5.3x10 ⁵	7.2x10 ⁷	4.04	6.40	4.18	4.10	835.71
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>S.exiguus</i> M14 + <i>L.sanfrancisco</i> CB1 + <i>L.plantarum</i> DC400	1.7x10 ⁵	6.5x10 ⁷	4.11	6.35	4.30	4.10	822.13
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.farciminis</i> A80	5.2x10 ⁵	4.5x10 ⁷	4.34	6.30	4.54	4.20	838.73
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.fructivorans</i> DD10	1.4x10 ⁵	5.1x10 ⁷	4.60	4.60	4.80	3.80	805.12

Her bir somunun hacmi polietilen paketlerde depolama süresince büyük bir değişiklik göstermemiştir. *L. plantarum* DC400 en düşük pH düzeyine sahip ekmeğe üretimine yol açan, kullanılan tek amilolitik tür olarak tespit edilmiştir (Corsetti *et al.* 1998).

Starter kültür katkılmasıyla üretilen ekmekler üzerine yapılan bir araştırmada; ekmeğin depolanması sürecinde tespit edilen ekmeğe içi sertlik değerleri (N) çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Sertlik, 24 saatlik bekletilme süresi boyunca 9.2 N değerinden 27.6 N değerine yükselmiştir. Çalışma sonundaki değerlere göre, *S. cerevisiae* 141-*L. plantarum* DC400'ün bileşimi en düşük seviyeleri vermiş ve mayalar arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Zaman içinde tepkimeye giren bir starterin gösterdiği etkiler gibi, ekmeğe içi sertliğindeki değişimler de zamanla farklılaşmıştır. Öncelikle bütün starterlerde ani bir yükselme gözlenmiş, (24-48 saat arası) fakat 48 ve 96 saat arasında sadece 141-DC400 ve 141-M14-CB1-DC400 starterlerinde fazla

bir değişikliğe rastlanmıştır. Önceden yumuşak olan 141-CB1 ekmeğinin sertliği artmış ve sekiz günde diğer bütün ekşi hamur ekmeklerinden farklılık gösterecek en yüksek kompresyon (sıkışarak küçülme) düzeyine ulaşmıştır. Bazı çalışmalar ekmeklerde hacim azalmasıyla birlikte sertlik artışı meydana geldiğini ortaya koymuştur (Axford *et al.* 1968, Stöllman and Lundgren 1987, Corsetti *et al.* 1998). *S. cerevisiae* 141-*L. plantarum* DC400 starterinin en yüksek hacim ve en düşük sertliği vermesine rağmen bütün ekşi hamur ekmekleri incelendiğinde bu iki parametre arasında hiç bir bağlantı bulunamamıştır. pH'sı 4.18 ve 4.54 olan ekşi hamur ekmekleri (örneğin *S. cerevisiae* 141, *L. plantarum* DC400 veya *L. farciminis* A80 ile birleştirildiği zaman) ve benzer hacimler zaman içinde farklı sertlik artışı göstermişlerdir. İki mayanın (141 ve M14) ve laktik asit bakterilerinin birleşimi ile üretilen ekşi hamur ekmekleri bakteriyel türlerin olumsuz etkilerini yansıtabilecek orta derecede bir sertliğe ulaşmışlardır (Corsetti *et al.* 1998). Vakumlanarak depolama esnasındaki nem değişikliklerine bağlı olarak kullanılan starter çeşidinin yanı sıra ekmeğın sertleşmesinde diğer fiziko-kimyasal etkenlerin de hakim olduğu saptanmıştır (Czuchajowska and Pomeranz 1989, Corsetti *et al.* 1998).

Çizelge 4.5. Ekmek içi sertlik değerlerinin (N) depolama süresince değişimi (Corsetti *et al.* 1998)

Starterler	24 saat	48 saat	96 saat	144 saat	192 saat	Ortalama
Ticari maya	9.2	17.4	22.1	24.8	27.3	20.2
<i>S.cerevisiae</i> 141	8.7	19.1	23.8	24.0	27.6	20.7
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> CBI	7.5	20.2	28.5	29.6	33.6	23.9
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.sanfrancisco</i> CBI + <i>L.plantarum</i> DC400	8.6	16.71	27.4	28.2	29.1	22.0
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.plantarum</i> DC400	11.8	18.7	19.7	20.0	22.0	18.4
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>S.exiguus</i> M14 + <i>L.sanfrancisco</i> CBI + <i>L.plantarum</i> DC400	10.4	18.7	20.9	23.5	26.4	20.0
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.farciminis</i> A80	8.6	18.8	23.4	24.4	27.8	20.6
<i>S.cerevisiae</i> 141 + <i>L.fructivorans</i> DD10	8.8	19.4	24.2	24.9	27.3	20.9
Starterlerin Ortalaması	9.2	18.6	23.8	24.9	27.6	

Lopez *et al.* (2000) tarafından yapılan çalışmada, ekşi hamurdan *Lactobacillus plantarum* (tür 18, 29, 37) *L. acidophilus* ve *Leuconostoc mesenteroides* (tür 38, 50) izole edilmiştir. Bu türlerin hepsi ekşi hamurda fitat aktivitesini azaltmışlar ve hamurun kabarmasını ve asitliği artırarak ekmeğin hacim ve aromasını olumlu yönde etkilemişlerdir.

Lactobacillus sanfrancisco, buğday ve çavdar ekşi hamurlarında sıklıkla bulunan bir organizma olarak bildirilmektedir. Fermente edilmiş ekşi hamurda *L. sanfrancisco*, *L. fermentum* ve *L. reuteri* türleri mikrobiyal floranın büyük bir bölümünü oluşturmuşlardır (Hamad *et al.* 1992, Stolz *et al.* 1995). Ekşi hamurdan izole edilen diğer bir tür de *L. pontis* olarak bulunmuştur (Stolz *et al.* 1993, Stolz *et al.* 1995).

Lactobacillus plantarum (L-73 veya B-39) veya *Lactobacillus brevis* (L-62) içeren hamurlar daha düşük bir stabiliteye, zamanla daha fazla yumuşamaya, uzanmaya karşı daha düşük dirence, daha az mayalama zamanına ve büyük fırın sıçramasına sahiptir. *L. plantarum* veya *L. brevis* içeren hamurlarla üretilen ekşi hamur ekmeklerin yüksek hacimli, düşük yoğunluklu, yumuşak kabuklu ve yüksek dilimlenme kabiliyetinde ekmekler olduğu tespit edilmiştir. Heterofermantatif türlerin (%17.5 B-39, %25 L-73) hamurun reolojik özelliklerine kazandırdıkları zararlı etkileri nedeniyle homofermantatif türlerden (%10 L-62) hamura daha düşük oranda katılmaları uygun görülmüştür (Collar-Esteve *et al.* 1994).

Ekmek yapımında ekşi hamur, hamur özelliklerini, ekmeğin tekstürünü geliştirip, buğday (Salovaara and Spicher 1987, Spicher and Stephan 1987, Collar-Esteve *et al.* 1994) ve çavdar (Seibel and Brümmer 1991, Collar-Esteve *et al.* 1994) ürünlerinin lezzetini artırmaktadır. Ekşi hamur yöntemiyle üretilen ekmeklerde küf gelişimi geciktirilerek raf ömrü uzatılmıştır (Salovaara and Spicher 1987, Seibel and Brümmer 1991, Collar-Esteve *et al.* 1994, Aydın 2000). Buğday ekmeğinde ekşi hamur aromayı (Brümmer and Lorenz 1991, Collar-Esteve *et al.* 1994) geliştirmekte, asiditeyi yükseltmekte (Brümmer 1989a, 1989b, Collar-Esteve *et al.* 1994) ve ekmek hacminin (Salovaara and Spicher 1987, Seibel and Brümmer 1991, Collar-Esteve *et al.* 1994) gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Aşırı asit üretimi yüksek hacimli ekmek üretimini zorlaştırmakta ve keskin kokulu ekmek aroması müşteriler tarafından kabul edilmemektedir (Salovaara and Spicher 1987, Collar-Esteve *et al.* 1994). Ekmek hamuruna ekşi hamur ilavesinin yüzdesi ve ekşi hamurdaki maya ve bakteri popülasyonu buğday ekmeği kalitesini ve hamur uzayabilirliğini etkileyen en önemli faktörler olarak belirlenmiştir (Collar-Esteve *et al.* 1994).

Collar-Esteve *et al.* (1994), ekmek yapım performansında mikrobiyal buğday ekşi hamurlarının etkilerinin geliştirilmesinin, starterlerin mikrobiyal bileşimleri (maya ve laktik asit bakterileri cins ve türleri) ve ekşi hamur katkı düzeyi ile yakından ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. *Lactobacillus brevis* (L-62) ekşi hamur starteri olarak *Lactobacillus plantarum*'dan (L-73 ve B-39) farklı etkilerde bulunmuştur. L-62 L-73

ve B-39'dan hamurlara ve ekmeklere daha fazla asitlik, yüksek hacim, sıkı tekstür ve elastiklik kazandırmış ve daha aromatik ekmeklerin üretilmesini sağlamıştır.

Farklı starterler katkılanarak üretilen ekmeklerle ilgili bir araştırmada; *Lactobacillus brevis* (L-62) ve *Lactobacillus plantarum* (L-73 ve B-39) ekşi hamur starterleri (maya katkılı veya katkısız) ile fermente edilen ekmeklerin fiziko-kimyasal özellikleri çizelge 4.6'da belirtilmiştir. En düşük ağırlık L-73 maya katkılı %17.5 ekşi hamur ilaveli, en yüksek ağırlık ise L-62 maya katkılı %17.5 ekşi hamur ilaveli ekmeklerde görülmüştür. Ekmeklerin hacimleri maya katkılı ekmeklerde, %17.5 ekşi hamur ilaveli L-62 kültürü kullanılan ekmekler hariç daha fazla bulunmuştur. Yoğunluk oranları 0.18-0.39 değerleri ve yükseklik oranları ise 8.6-13.6 arasında değişmiştir. En iyi tekstür L-62 maya katkısız ekmeklerde, en yüksek nem içeriği ise L-73 maya katkılı ekmeklerde görülmüştür. Nem içeriği bütün örneklerde %41-%45 arasında değişmiştir. Ekşi hamur ilave edilmiş ekmeklerin yüksekliklerinde maya katkılı olmayan L-62 hariç artış olmuştur. Hacim ve nem içeriği açısından en iyi etkiyi L-73 maya katkılı ekmekler göstermiştir (Collar-Esteve *et al.* 1994). Ekmeğin dayanıklılığı hacim ile yakından ilgili bulunmuştur (Collar-Esteve *et al.* 1994, Aydın 1995).

Hansen and Hansen (1994) tarafından yapılan bir araştırmada da *Lactobacillus* cinsi dört farklı starter kültürle fermente edilen buğday ekşi hamurundaki uçucu bileşenlerin miktarı kimyasal olarak ekşitilmiş hamurun içindekilerle karşılaştırılmıştır. Ekşi hamurlarla karşılaştırıldığında kimyasal olarak ekşitilmiş hamurlarda daha az uçucu bileşen tespit edilmiştir. Ekşi hamurlardaki uçucu bileşenlerin miktarı kullanılan starter kültüre göre değişiklik göstermiştir.

Ekşi hamurlardaki uçucu bileşiklerin içeriği stater kültürlerin kullanımı ile değişmiştir. Etanol ve etilasetat heterofermentatif kültürlerle (özellikle *L. sanfrancisco*) mayalanan hamurlarda yüksek miktarlarda üretilmiştir. Etanolden ayrı olarak n-hekzanol tüm ekşi hamurlarda alkole hakim olmuş ve diğer bileşiklerin içeriği düşük bulunmuştur. Ekşi hamur mayaları ekşi hamurlara eklendiğinde uçucu

bileşiklerin sayısı ve miktarı artmıştır. *Saccharomyces cerevisiae* ekşi hamurlarda fazla miktarda 2-metil propanol 2/3-metil-1-bütanol üretilmesine neden olmuştur (Hansen and Hansen 1994).

Çizelge 4.6. Ekşi hamur bakteriyel starterleri kullanılarak üretilen ekmeklerin fiziko-kimyasal özellikleri (Collar-Esteve *et al.* 1994)

Starter	Maya (+/-)	Ekşi hamur Oranı	Ekmek Özellikleri					
			Ağırlık (g)	Hacim (mL)	Yoğunluk (g/ml)	Tekstür (g)	Yükseklik (cm)	Nem (%)
L-73	-	10.0	738.5	1920	0.39	3360	10.2	43.78
		17.5	733.4	2660	0.28	1725	12.7	43.64
		25.0	721.1	3080	0.23	1640	13.6	43.70
	+	10.0	725.6	3970	0.18	2600	12.3	43.30
		17.5	720.9	3860	0.19	2460	12.2	44.94
		25.0	733.9	3960	0.19	2580	12.1	44.52
B-39	-	10.0	745.5	1990	0.37	5270	9.9	34.94
		17.5	740.4	2390	0.31	3715	10.9	43.46
		25.0	739.0	2430	0.30	3790	11.2	43.26
	+	10.0	739.7	2550	0.29	2725	11.3	43.22
		17.5	723.0	2990	0.24	1106	12.7	43.64
		25.0	732.6	2810	0.26	1850	11.8	42.63
L-62	-	10.0	745.9	2490	0.30	4400	10.2	41.28
		17.5	745.7	2260	0.33	5330	9.8	41.22
		25.0	738.8	2060	0.36	9720	8.6	39.95
	+	10.0	732.6	2780	0.26	2550	12.0	41.46
		17.5	749.7	2040	0.37	5606	10.6	42.11
		25.0	745.5	2160	0.35	5904	9.4	41.43
Kontrol-1		737.6	2370	0.31	3975	11.1	43.18	
Kontrol-2		732.8	2550	0.29	4500	11.4	44.42	

L-73, B-39; L. plantarum
L-62; L. brevis

Ekşi hamurla buğday ekmeği yapımına ilgi son yıllarda bir çok Avrupa ülkesinde artmıştır (Brümmer and Lorenz 1991, Hansen and Hansen 1994). Ekşi hamur kullanımı buğday ekmeği üretiminde hamur özelliklerini olumlu etkilemektedir.

Bundan dolayı hamuru, geniş kapasiteli ekmek üretimi yapan fırınlarda makinelerle idare etmek kolaylaşmış, daha aromatik lezzetli ekmeklerin üretimi sağlanmış ve ekmeğin raf ömrü yavaş bayatlama süreci ile artırılmıştır (Brümmer *et al.* 1984, Spicher 1987, Hansen and Hansen 1994).

San Francisco ekşi hamuru yaklaşık yüz yıldır San Francisco bölgesinde yapılmaktadır (Kline and Sugihara 1971, Sugihara *et al.* 1971, Hansen and Hansen 1994) ve mikroflora esas olarak *L. sanfrancisco* (heterofermantatif laktik asit bakterisi türleri) ve *Torulopsis holmii* mayasını içermektedir (Kline and Sugihara 1971, Hansen and Hansen 1994). İzole edilen diğer mayalar *Saccharomyces imusitatus* (Sugihara *et al.* 1971, Hansen and Hansen 1994) ve *S. uvarum*'dur (Hansen and Hansen 1994). *T. holmii* sonradan *Candida holmii* ve *S. imusitatus* ise *S. cerevisiae* olarak adlandırılmıştır (Kreger-Van 1984, Hansen and Hansen 1994). Alman ve Hollanda buğday ekşi hamurlarına temelde *L. sanfrancisco* hakimdi ve hakim ekşi hamur mayaları da *S. exiguus*, *S. cerevisiae*, *S. servazei* ve *C. milleri* idi (Spicher 1987, Hansen and Hansen 1994). San Francisco ekşi hamurlarında maya türleri ve laktik asit bakterileri harika bir şekilde dengeli ve bir çok yıldır değişime direnç göstermiş durumdadır (Sugihara *et al.* 1970, Hansen and Hansen 1994). Bu Wood (1981) tarafından açıklandığı gibi simbiyotik ortaklığın bir çeşidi nedeniyle olabilir (Hansen and Hansen 1994). Ekşi hamur buğday ekmeğinin lezzeti normal buğday ekmeğinden daha fazla aromatiktir. Bu farklılığın nedeni ekşi hamurun daha uzun süre mayalandırılmasıyla ilişkilendirilmiştir (Brümmer and Lorenz 1991, Hansen and Hansen 1994). Ekşi hamur ekmeği yapımında laktik ve asetik asit önemli aroma bileşimleridir (Spicher and Stephan 1987, Hansen and Hansen 1994).

Hansen and Hansen (1996) tarafından yapılan bir araştırmada ekşi hamurla yapılan somunların hacmi, normal ekmeklerle karşılaştırılınca %5-20 oranında artış göstermiştir. Ekşi hamur ekmeğinde asetik asit, 2-metilpropiyonik asit ve 3-metilbütanoik asit miktarı genellikle yüksek bulunmuştur. *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii* ya da *L. sanfrancisco* ile fermente edilen ekşi hamurlarla yapılan ekmeklerin 2-veya 3-metil-1-bütanol içerikleri normal ekmeklerden daha fazla olarak

tespit edilmiştir. *L. sanfrancisco* ile mayalanan, %5-15 ekşi hamur ilavesi ile yapılan ekmekler hoş, ekşi koku ve tada sahiptir. *L. plantarum* ile hazırlanan ekşi hamur ekmekleri ise keskin, ekşi ve hoş olmayan bir kokuya ve ağızda metalik ekşilikteki bir tat oluşturmuştur. Fakat bu ekşi hamura ekşi hamur mayası ile birlikte *Saccharomyces cerevisiae* eklendiğinde ekmek, 2/3-metil-1-bütanol, 2-metilpropiyonik asit, 3-metilbütanoik asit ve 2-feniletanolün yüksek miktarına bağlı olarak daha aromatik bir tat kazanmıştır. Asetik asit konsantrasyonu normal ekmek işlemini ile karşılaştırıldığında ekşi hamur ekmeklerinde daha yüksek bulunmuştur. Buğday ekmeği yapma işlemine ekşi hamur ilave etme avantajlı görülmüştür. Ekmek hacmi ve ekmeğin tadı starter kültürlerine ve kullanılan ekşi hamur mayasına bağlı olarak artmıştır.

Ekmeğin lezzetinin içindekilere, hamur mayalanmasına ve pişirme işlemine bağlı olduğu bilinmektedir. Ekmek parçasının tadı hamur mayalanması boyunca başlıca enzimsel reaksiyonlar tarafından etkilenirken ekmeğin kabuğunun tadı daha çok pişirme sürecindeki reaksiyonlar tarafından etkilenmektedir (Rothe 1974, Hansen and Hansen 1996). Ekşi hamur mayalanmasında laktik asit, asetik asit, alkol ve ester gibi uçucu aromatik bileşikler hamurdaki mikroorganizmalara bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Hansen and Hansen 1994, Hansen and Hansen 1996).

Buğday ekmeğine eklenen ekşi hamurun (*L. Plantarum* ve *L. sanfrancisco* ile fermente edilen) çeşitli miktarlarının etkileri araştırılan bir çalışmaya ait veriler çizelge 4.7'de gösterilmiştir. %20 ekşi hamur ilave edilmiş ekmeklerde pH değerleri 5.9'dan 4.5'e, TTA değerleri ise 1.6-4.1 arasında değişmiştir. Buğday ekmeğindeki 1.9 ile 4.1 arasındaki TTA değerleri ekmek içi porozitesini iyileştirdiği ve ekmeğe daha aromatik bir tat kazandırdığı için tavsiye edilmiştir. TTA değerleri Brümmer'in (1989) bildirdiği 3.5 ile 4.0 arasındaki değerlere paralel olarak bulunmuş ve buğday ekmeklerine daha iyi bir lezzet kazandırmıştır. Ekşi hamurun fazlaca katkısı somunlarda asiditeyi yükseltmiştir. En yüksek hacim artışı *L. plantarum* ile mayalanan somunlar için; %15, %10 ve %20 ekşi hamur katkılı somunlarda, *L. sanfrancisco* ile mayalanan somunlar için; %15-%20 ekşi hamur katkılı somunlarda

gözlenmiştir. Hem *L. plantarum* hem de *L. sanfrancisco* ile mayalanan somunlar için en yüksek asidik koku ve tat %20 ekşi hamur katkılı somunlarda tespit edilmiştir. Hakemler *L. sanfrancisco* için %5-%15 ekşi hamur ilave edilen somunları ve *L. plantarum* için %5-%10 ilave edilen ekşi hamurlarla yapılan somunları tercih etmişlerdir (Hansen and Hansen 1996).

Çizelge 4.7. *L. plantarum* ve *L. sanfrancisco* ile fermente edilen ekşi hamurlar kullanılarak üretilen buğday ekmeğinin özellikleri (Hansen and Hansen 1996)

	Ekşi hamur (%) ilavesi				
	0	5	10	15	20
<i>L. plantarum:</i>					
pH	5.9 ^a	5.2 ^b	4.9 ^c	4.6 ^d	4.5 ^d
TTA	1.6 ^a	2.2 ^b	2.9 ^c	3.8 ^d	4.1 ^d
Spesifik hacim (ml/g)	3.5 ^a	3.7 ^a	3.8 ^{ab}	4.1 ^b	3.8 ^{ab}
Asidik koku	0 ^a	1.7 ^b	3.8 ^c	7.3 ^d	8.5 ^e
Asidik tat	0 ^a	1.6 ^b	3.2 ^c	7.0 ^d	8.1 ^e
<i>L. sanfrancisco</i>					
pH	5.9 ^a	5.4 ^b	5.1 ^c	4.8 ^d	4.6 ^e
TTA	1.6 ^a	1.9 ^a	2.7 ^b	4.0 ^c	4.1 ^c
Spesifik hacim (ml/g)	3.5 ^a	3.8 ^{ab}	3.8 ^{ab}	3.8 ^{ab}	4.0 ^b
Asidik koku	0 ^a	1.7 ^b	3.6 ^c	6.5 ^d	8.7 ^e
Asidik tat	0 ^a	1.3 ^b	2.9 ^c	6.2 ^d	7.5 ^e

Aynı satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir (P<0,05)

Ekşi hamur (%), Hamura ilave edilen toplam ekşi hamur miktarı; TTA, Toplam titre edilebilir asitlik (0.1 mol/ml NaOH); asidik koku ve asidik tat, 0'dan 10'a kadar kantitatif skalada derecelendirilmiştir.

Ekşi hamur mayası ve ekşi hamur ilave edilen buğday ekmeğinin analitik özellikleri çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Ekşi hamur ekmeklerinin pH'sı 5.1'den 4.5'e ve TTA değerleri 3.3 ile 4.6 arasında değişmektedir. Ekşi hamur ekmeğinin spesifik hacimleri 3.8 ve 4.3 ml/g arasında değişmiş ve ekşi hamur katkılı somunların hacimlerinin açıkça arttığı gözlenmiştir. Maya ilaveleri (*C. cerevisiae*, *L. delbrueckii*), *L. plantarum* ve *L. delbrueckii* ile mayalanan hamurlarla yapılan ekmeğin hacminde

artışa neden olmuştur. *S. cerevisiae* katkılı, *L. sanfrancisco* ve *L. brevis* ile mayalanan hamurlarla üretilen ekmeklerin hacmi azalmıştır (Hansen and Hansen 1996).

Çizelge 4.8. Ekşi hamur mayası ve *Lactobacillus* türleri içeren ekşi hamur starter kültürleri ile fermente edilen ekşi hamur kullanılarak (%15) hazırlanan ekmeğin analitik özellikleri (Hansen and Hansen 1996)

Starter kültür + Ekşi hamur mayası	PH	TTA	Spesific somun hacmi (ml/g)
<i>L. plantarum</i>	4.5	3.7	4.1
<i>L. plantarum</i> + <i>S. cerevisiae</i>	4.8	3.8	4.1
<i>L. plantarum</i> + <i>C. milleri</i>	4.7	3.7	4.2
<i>L. delbrueckii</i>	4.8	4.3	3.9
<i>L. delbrueckii</i> + <i>S. cerevisiae</i>	4.9	3.9	4.2
<i>L. delbrueckii</i> + <i>C. milleri</i>	4.7	4.3	4.2
<i>L. sanfrancisco</i>	4.7	4.0	4.0
<i>L. sanfrancisco</i> + <i>S. cerevisiae</i>	4.9	3.3	3.9
<i>L. sanfrancisco</i> + <i>C. milleri</i>	5.1	3.6	4.2
<i>L. brevis</i>	4.5	3.8	4.0
<i>L. brevis</i> + <i>S. cerevisiae</i>	4.7	3.7	3.8
<i>L. brevis</i> + <i>C. milleri</i>	4.7	3.7	4.1

TTA, Toplam titre edilebilir asitlik (0.1 mol/ml NaOH)

Ekşi hamur katkılı (%15) ekmeklere ait bir çalışmanın duyuşsal değerlendirme sonuçları çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Bu çizelgede, ekşi hamur ekmekleri arasındaki koku ve tat farklılıkları gösterilmiştir. Kontrol ekmeği tatlı unumsu ve mayamsı bir kokuya ve tatlı ve köftemsı bir tada sahiptir. *L. sanfrancisco* kültürü, ekşi hamur ekmeğinde hafif ekşi, hafif rahatsız edici ve iştah açıcı nefis bir kokuya ve tuzlu bir tat oluşumuna neden olmuştur. Bu somunlar diğer somunlarla karşılaştırıldığında daha tuzlu bulunmuştur. Asitliği artırmakla hem buğday hem de çavdar ekmeğinde

tuzluluk oranının artmasının olası olduğu gösterilmiştir (Lilja *et al.* 1993, Hansen and Hansen 1996). *L. plantarum* ile mayalanmış ekşi hamurla üretilen somunlar tadıldıktan sonra çok ekşi güçlü ve hoş olmayan bir kokuya ve metalik ekşi bir tada sahip olarak tanımlanmışlardır. *L. plantarum* ve *L. sanfrancisco* ile mayalanmış ekşi hamur ekmekleri arasındaki ekşi koku ve tat farklılıklarının asetik asitin miktarındaki farktan ötürü olabileceği düşünülmüştür. *L. sanfrancisco* ile fermente edilen ekşi hamurlarda asetik asit üretimi %0.08, *L. plantarum* ile fermente edilen ekşi hamurlar da ise %0.01 olarak bulunmuştur (Hansen and Hansen 1994, Hansen and Hansen 1996). Asetik asit daha yumuşak bir ekmek tadı verdiği için diğer aroma bileşikleri için bir artırıcı olarak kullanılabilir. Bazı hakemler *L. plantarum* ile fermente edilmiş ekşi hamur katkılı ekmekte tereyağımsı koku tanımlamışlardır. Fakat diasetilin seviyesi kontrol ekmeğinden daha düşük bulunmuştur. *L. plantarum* ile mayalanmış ekşi hamura *S. cerevisiae* eklendiğinde ekmek en aromalı koku ve tadı kazanmıştır. Güçlü metalik ekşi tat yerini daha aromatik buğday ekmeği tadına bırakmıştır. 2/3 metil-1-bütanol, 2-metil propanoik asit, 3-metil bütanoik asit ve 2-feniletanol içerikleri, *L. plantarum*+*S. cerevisiae* ile mayalanmış ekşi hamur ekmeğinde yalnız *L. plantarum* ile mayalanmış ekşi hamur ekmeğine göre çok daha yüksek bulunmuştur. Bu bileşiklerin daha yüksek miktarının daha etkili ekmek aromasına katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Hansen and Hansen 1996).

Çizelge 4.9. *L. plantarum* ve *L. sanfrancisco* ile fermente edilen, ekşi hamur katkılı (%15) ekmeklerin duyusal özellikleri (Hansen and Hansen 1996)

	Kontrol ekmeği	Ekşi hamur ekmeği		
		<i>L. plantarum</i>	<i>L. sanfrancisco</i>	<i>L. plantarum</i> + <i>S. cerevisiae</i>
Koku	Unumsu	Çok ekşi	Hafif ekşi	Hafif ekşi
	Tatlı	Çok rahatsız edici	Hafif rahatsız edici	Hafif rahatsız edici
	Mayamsı	Tereyağımsı	Nefis	Mayamsı
Tat	Ekmek	Çok ekşi	Hafif ekşi	Hafif ekşi
	Tatlı	Metalik	Tatlı	Aromatik
	Köftemsi	Acı	Tuzlu	Baharat

Ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterileri, magnezyum ve fosfor çözünürlüğünü arttırarak ekşi hamurda daha fazla asit oluşumuna neden olmuşlardır (Lopez *et al.* 2001).

Çavdar ekşi hamurunda bulunan laktik flora suda çözünür karbonhidrat çeşitlerinde düşüslere neden olmuştur (Savola *et al.* 1983, Rouzaud and Martinez-Anaya 1993). Ekşi hamur fermantasyonlarının uzunluğu (8-24 saat) enzimatik ve metabolik reaksiyonlara bağılı olarak ortaya çıkarılan karbonhidrat fraksiyonlarındaki önemli değışimlere neden olmaktadır. Bunların dinamikleri, starter çeşidi, unu öğütme oranı, fermantasyon ısı ve hamur yoğunluğu gibi dış parametrelerden etkilenebilir. Bu faktörlerin, buğday ve çavdar ekşi hamur sistemlerindeki ekşimiş hamur performansının düzenlenmesinde birinci derecede önem taşıdıkları belirlenmiştir (Salovaara and Spicher 1987, Rouzaud and Martinez-Anaya 1993). Bu değışkenler ekşimiş hamur asitlik düzeyleri üzerinde önemli etkiye sahiptirler (Spicher and Stephan 1987, Seibel and Brümmer 1991, Rouzaud and Martinez-Anaya 1993). Bu değışkenlerin mikroorganizmaların ve un enzimlerinin aktivitesini etkileyebilecekleri belirlenmiştir (Rouzaud and Martinez-Anaya 1993).

Hamur formülüne sistematik bileşim katkıları eklemek, ekmek yapımında, hamur ve taze ekmek kalitesini arttırmak ve ayrıca pişirilip saklanmış ekmeğın kalitesini korumak için uygulanan en önemli yöntem olarak tespit edilmiştir (Aust and Doerry 1992, Armero and Collar 1996).

Unlu mamuller için ekşi hamur hazırlamanın değışik yolları olması ile beraber 24-48 saat arası değışen bir mayalanma süresi az da olsa gerekli görülmüştür (De Angelis *et al.* 1999).

Lactobacillus sanfrancisco, mayalamanın 8. saatinin sonunda hamur pH'sının 3.8-4.1 veya sitrat ilavesine bağılı olarak 5.4-5.6 düzeyinde olmasını sağlamıştır (Gobbetti and Corsetti 1996, De Angelis *et al.* 1999).

Hammes and Tichaczek (1994), ekşi hamurda *L. sanfrancisco*, *L. brevis*, *L. pontis sp. nov.* türleri, kısırlı ekşi hamurunda da *L. reuteri*, *L. fermentum*, *L. amylovorus* türlerini tespit etmişlerdir.

Ekşi hamurda ortaya çıkan aroma bileşikleri çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Kontrol ekmeği ve ekşi hamurlu ekmeklerde hemen hemen aynı kalitede aroma bileşiklerine rastlanmış fakat aroma bileşiklerinin miktarı ekşi hamur ekmeklerinde kontrol ekmeğinden fazla bulunmuştur. Ekmekte tanımlanmış bileşiklerin başlıcaları alkoller ve asitler olarak belirlenmiştir. Alkoller içinde en fazla bulunan bileşikler etanol, 2/3-Metil-1-bütanol, 2-Metil-1-propanol ve *n*-Propanol'dür. Asitlerden ise en fazla 2-Metilpropanoik asit, 3-Metilbütanoik asit ve asetik asit olarak belirlenmiştir. Etanol üretimi ekşi hamur ekmeklerinde kontrol ekmeğinden daha yüksektir ve üretim, kullanılan maya türlerine ve starter kültürüne göre değişiklik göstermiştir. 2-Metil-1-propanol üretimi kontrol ekmeklerinde olduğu gibi ekşi hamur ekmeğinde de yüksek değildir (*L. plantarum*+*S. cerevisiae*, *L. delbrueckii*+*C. milleri* hariç). 2/3-Metil-1-bütanol'ün miktarı ekşi hamur ekmeklerinde kontrol ekmeklerinden *L. brevis* ile mayalanan ekşi hamur ekmekleri hariç daha yüksek bulunmuştur (Hansen and Hansen 1996). Genellikle somunların ester miktarları düşüktür. Etil asetatın en yüksek miktarı *L. delbrueckii* ile mayalanan ekşi hamur ekmeğinde görülmüştür. Özellikle etil asetatın miktarı kontrol ekmeğinde düşük bulunmuştur (Hansen and Hansen 1994, Hansen and Hansen 1996). 2-Feniletanol üretimi hem starter kültüre hem de maya türüne bağlıdır. Benzil alkolün içeriği genellikle düşük fakat *C. milleri* katkılı *L. brevis* ve *L. plantarum* ile mayalanan ekşi hamur ekmeğinde yüksek miktarlarda bulunmuştur. Uçucu asitlerin, 2-Metilpropanoik asit, 3-Metilbütanoik asit ve asetik asit üretimi, kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekşi hamur ekmeklerinde yüksek bulunmuş ve üretimin miktarı kullanılan starter kültüre göre değişiklik göstermiştir. Asitlerin en yüksek miktarı *L. sanfrancisco* ile mayalanan ekşi hamur ekmeğinde görülmüş ve ekşi hamura maya katkısı 2-Metilpropanoik asit ve 3-Metilbütanoik asitlerin üretimini artırmıştır. Böylece ekşi hamur ekmeğindeki lezzet bileşiklerinin miktarının kullanılan starter kültürlerden etkilendiği belirlenmiştir. Ekşi

hamurlardaki uçucu bileşiklerin farklı içerikleri %15 ekşi hamur ilave edilmiş ekmeklerde genellikle kabul görmemiştir (Hansen and Hansen 1996).



Çizelge 4.10. Ekşi hamur ortamından izole edilen aroma bileşikleri (Hansen and Hansen 1996)

Startör kültür	L. plantarum			L. delbrueckii			L. sanfrancisco			L. brevis			
	Kontrol	O*	S. cer	C.mill	O*	S. cer	C.mill	O*	S. cer	C.mill	O*	S. cer	C.mill
Alkoller													
Etanol	12010	13000	25038	13813	10243	14758	33604	19651	17878	16388	20365	14097	22961
n-Propanol	154	82	124	108	87	94	322	76	80	78	107	93	112
2-Metil -1- propanol	1258	852	1275	1223	842	802	2258	1086	1173	1158	1099	1022	1114
n-Bütanol	6	-	-	-	-	3	6	-	17	11	3	8	7
2/3-Metil - 1- bitanol	688	1609	1801	1921	1216	1058	2633	1750	1801	1564	7	7	7
n-Pentanol	7	6	6	6	-	4	12	5	7	-	7	7	7
n-Hekzanol	8	9	12	5	3	5	17	-	11	11	12	13	11
Esterler													
Etil asetat	17	15	11	20	-	31	87	22	20	22	20	18	20
Etil	-	3	8	-	-	9	9	5	7	4	4	8	5
Etil n-hekzanol	3	4	5	7	-	-	8	5	6	7	4	7	-
Karboniller													
2,3-Bitandion	10	9	-	14	-	-	33	17	20	22	-	11	-
Asitler													
Asetik	6	55	37	37	31	46	56	165	344	447	96	122	60
2-Metilpropanoik	34	92	121	81	70	43	60	85	152	119	94	77	65
Bitanoik	3	8	7	7	6	7	6	6	10	13	8	7	6
3-Metilbitanoik	29	36	84	52	39	48	35	44	124	63	49	42	36
Aromatik Bileşikler													
Benzaldehit	7	4	4	5	3	3	5	3	3	3	4	4	-
Furfuralkol	3	5	5	6	-	2	4	-	-	-	-	5	4
Benzilalkol	6	4	3	259	-	-	-	11	-	-	8	3	256
2-Feniletanol	153	210	482	243	125	158	184	151	159	235	205	202	214

5. SONUÇ

Tüm dünya ülkelerinde ve ülkemizde eskiden olduğu gibi günümüzde de ekme, beslenmede ön sıradaki yerini korumaktadır. Tüketimi, ekonomik ve sosyal koşullara bağlı olarak değişim gösterse de ekmeğin gelecekte de önemini sürdüreceğinin kesinliği kaliteli ekme üretmek için yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur. Ekme üretiminde kullanılan en popüler metot indirekt hamur metodu olan ekşi hamur ekme yapım yöntemidir. Buna paralel olarak son yıllarda ekşi hamur mikroflorası üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmaların ışığı altında şu genel sonuçlara varmak mümkün olacaktır.

1. Ekşi hamurdan izole edilen mikroorganizmalar *Lactobacillus sanfrancisco*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. brevis var. lindneri*, *L. sake*, *L. fermenti*, *L. farciminis*, *L. leicmannii*, *L. dextranicum*, *L. fermentum*, *L. acidophilus*, *L. homohiochii*, *L. fructivorans*, *L. alimentarius*, *L. reuteri*, *L. curvatus*, *L. casei*, *L. hilgardii*, *L. delbrueckii*, *L. buchmeri*, *L. pontis*, *L. amyovorans*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Pediococcus pentosaceus*, *P. acidilactici*, *Enterococcus casseliflavus*, *E. durans*, *E. faecium*, *Streptococcus constellatus*, *S. equinus*, bakteriler ve *Saccharomyces cerevisiae*, *S. exiguus*, *S. inusitatus*, *S. uvarum*, *S. servazei*, *Candida crusei*, *C. robusta*, *C. holmii*, *C. milleri*, *C. pelliculosa*, *Hansenula anomala*, *Torulaspora delbrueckii*, *Pichia saitoi*'de mayalar olarak tespit edilmiştir.

2. Yapılan çalışmalarda ekşi hamura starter olarak ilave edilen mikroorganizmalar *L. sanfrancisco*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. reuteri*, *L. pontis*, *L. brevis subsp. lindneri*, *Leuconostoc cremoris*, *Pediococcus pentosaceus*, *P. acidilactici*, *P. damnosus*, *Enterococcus faecalis*, *Propionibacterium jensenii* bakterileri ve *Saccharomyces cerevisiae*, *S. fructum*, *S. uvarum*, *S. exiguus*, *Candida boidinii*, *C. crusei* mayalarıdır.

3. Fermantasyon yapabilme özellikleri sağlık ve beslenmedeki olumlu etkilerinden dolayı laktik asit bakterileri, gıda endüstrisi için önemli mikroorganizma grubunu oluştururlar. Gıda fermentasyonlarının çoğunda önemli rol oynarlar ve fırın ürünlerinin üretiminde suş varyeteleri ile yer alırlar. Laktik asit bakterileri geleneksel gıda fermentasyonlarında koku ve aroma gelişimine katkıları ve bozulmayı geciktirme etkilerinden dolayı sıkça kullanılırlar. Bu mikroorganizmaların en önemli katkılarından birisi de ham ürüne oranla raf ömrünü uzatmalarıdır. Ekmekteki mayaların birinci görevi şekerlerin fermantasyonu sonucu CO₂ üreterek ekmeğin kabarmasını sağlamaktır. Maya ilave edilmiş ekşi hamurlar daha yüksek asit içerirler. Mayaların bu etkisi maya türünden bağımsızdır ve hamura belli bir orandan fazla katılmaları hamur üzerinde daha fazla bir etkiye neden olmamıştır.

4. Ekşi hamur fermentasyonunda açığa çıkan organoleptik özellikler laktik asit ve mayalar tarafından oluşturulur. Ekşi hamurda oluşan gaz ekmeğin tekstürünün oluşumunda, laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asit ve asetik asitler de lezzet üzerinde çok daha önemli rol oynarlar. Ekşi hamurda laktik asit bakterileri ve mayalar karbon kaynakları için rekabete girerler. Ekşi hamurdaki bakteri ve maya popülasyonu ekmeğin kalitesini ve hamur uzayabilirliğini etkileyen en önemli faktörlerdir.

5. Starter kültürlerin mikrobiyal bileşimleri ve ekşi hamura katkı düzeyleri kaliteli ekmeğin üretimi için en önemli kriterlerdir. Ekşi hamura ilave edilen starter kültürler ekmeğin aromasını, beslenme değerini ve hacmini artırmış, raf ömrünü uzatmış, üretim fiyatlarını düşürmüş, ekmeğin yapım sürecini kısaltmış, hamur ve ekmeğin özelliklerini geliştirmiş ve de standartlaştırmıştır. Ayrıca uçucu bileşiklerin içeriği starter kültürler ile değişmiştir.

6. Ekşi hamurlarda CO₂ üretimi artmış, pH ve TTA azalmış ve ekmeğin hacmi artmıştır. Ekmekler daha hoş, ekşi bir aroma ve tada sahip olmuşlardır. Bu ekmeklere maya ilavesi çok daha aromatik ekmeklerin üretilmesini sağlar. Ekmeğin lezzeti hamurun mayalanması ile yakından ilişkilidir ve mikroorganizmalara bağlı olarak

değişiklik gösterir. Ekşi hamur ile yapılan ekmekler daha sert, daha az elastik, yüksek dilim kalınlığına sahip ve hamur özellikleri daha iyi olan ürünlerdir. Geniş kapasiteli fırınlarda hamuru makinelerle idare etmek ekşi hamurlarda daha kolay olmaktadır. Ekşi hamur ekmekte küf gelişimini geciktirmiş ve ekmeğin raf ömrünü 30 günden daha fazla süreye kadar uzatabilmiştir. Ekşi hamur ekmekleri kalın kabuklu veya ince kabuklu olabilir. Kalın kabuklu ekşi hamur ekmeklerinde nem kaybının azalmasıyla bayatlama geciktirilir. Aromatik bileşikler ilk başta kabukta birikip daha sonra ekmek içine nüfuz ederler. Ekşi hamur su tutma kapasitesini artırır ve buna paralel olarak ekmek içindeki artık şekerler de suyu fazlaca absorbe ettiklerinden dolayı daha geç bayatlayan ekmekler elde edilir.

Bütün bunlara rağmen konu ile ilgili çalışmalar hızlı bir şekilde devam etmektedir. Halen daha ekşi hamur mikroflorasının, kaliteli ekmek üretimindeki etkisine dair bir standart mevcut değildir.

Sonuç olarak geleneksel ve modern ekşi hamur ekmeği üretimi daha doğal, sağlıklı, geç bayatlayan ve ekonomik yiyeceklere olan tüketici talep artışı nedeniyle çok fazla önem kazanmıştır. Bu nedenlerden dolayı ekşi hamur ekmeği tüketicilere önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abee, T., Kröckel, L. and Hill, C., 1995. Bacteriocins: modes of action and potetials in food preservation and control of food poisoning. *Int. J. Food Microbiol.*, 28, 169-185.
- Ahn, C. and Stiles, M. E., 1990. Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from vacum-packaged meat. *J. Applied Bacteriology*, 69, 302-310.
- Altan, A., 1988. Tahıl İşleme Teknolojisi Ders Kitabı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No:13, 107 s, Denizli.
- Anonymous, 1985. Advenced Bakery Production. American Institue of Baking. Manhattan K. S., USA, 300 p.
- Anonim, 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları (II. baskı). Sim Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, 522 s.
- Anonim, 2001. Trabzon yöresindeki fırınlarla yüz yüze görüşme.
- Anonymous, 2002a. <http://www.botham.co.uk/bread/history1.htm>
- Anonymous, 2002b. <http://www.angelfire.com/ab/bethsbread/ FrontPage.html>
- Anonymous, 2002c. <http://www.nyx.net/~dgreenw/whatisthemicrobiologyofsan.html>
- Anonymous, 2002d. <http://www.nyx.net/~dgreenw/whatisthedifferencebetween.html>
- Anonymous, 2002e. <http://www.nyx.net/~dgreenw/howdolacticbacteriaaffects.html>
- Armero, E. and Collar, C., 1996. Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs. *J. Food Sci.*, 61 (2), 299-303.
- Aust, K. and Doerry, W. T., 1992. Use of a monoglyceride- lecithin blend as a dough conditioner in pan bread. *Cereal Foods World*, 37, 702-706.
- Axford, D. W. E., Colwell, K. H., Cornford, S. J. and Elton, J. A. H., 1968. Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread. *J. Sci. Food Agric.*, 19, 95-101.
- Aydın, F., 1995. Sıvı ferment ve sponge-hamur metotları ile ekmek üretiminde diastatik preparat ve laktik starter kültür katkılarının hamurun olgunlaşması ve ekmeğin bazı kalitatif ve aromatik özelliklerine etkisi (Doktora tezi). Atatürk Üni. Fen Bil. Ens. Gıda Müh. Anabilim Dalı, Erzurum.
- Aydın, F., 2000. Starter cultures in breadmaking. Blacksea and Central Asian Symposium on Food Tech., Ankara-Turkey.
- Aydın, F. ve Çetin, B., 2001. Ekşi hamur metodu ve seçilmiş mikroorganizmaların ekmek üretiminde kullanılması. XII. Biyoteknoloji Kongresi, Balıkesir-Türkiye.
- Aydın, F. and Yılmaz, M., 2001. Trabzon bread by sour-dough method and using microorganisms for the production. 1st Eurasian Congress on Molecular Biotechnology, Trabzon-Turkey.
- Barber, S. R., Baguena, R., Martinez-Anaya, M. A. and Tornen, M. J., 1983. Microflora de masa madre panaria. I. Identificacion y puropiedades funcionales de microorganismos de masas madre industriales, elaboradas con harina de trigo. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment*, 23, 552-562.

- Barber, B., Martinez, J., Cornejo, L. and Benedito, C., 1991. Effects of different sourdoughs on the rheological and fermentative characteristics of bread dough. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31 (4), 512-522.
- Barber, S., Baguena, R., Benedito de Barber, C. and Martinez-Anaya, M. A., 1991a. Evolution of biochemical and rheological characteristics and breadmaking quality during a multistage wheat sourdough process. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 192, 46-52.
- Barber, B., Ortola, C., Barber, S. and Fernandez, F., 1992. Storage of packaged white bread. III. Effects of sourdough and addition of acids on bread characteristics. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 194 (5), 442-449.
- Boraam, F., Faid, M., Larpent, J. P. and Breton, A., 1993. Lactic acid bacteria and yeast associated with traditional Moroccan sourdough bread fermentation. *Sciences des Aliments*, 13 (3), 501-509.
- Böcker, G., Stolz, P. and Hammes, W. P., 1995. New results on the eco system sourdough physiology of sourdough specific of *Lactobacillus sanfrancisco* and *Lactobacillus pontis*. *Getreide, Mehl und Brot*, 49 (6), 370-374.
- Brümmer, J. M., Stephan, H. and Spicher, G., 1984. Backtechnische wirkung von weizenvor- und weizensauerteigen. *Getreide Mehl Brot*, 38 (7), 203-205.
- Brümmer, J. M., 1989a. Weizensauerteige. (I). 3. Mitteilung: Einfluss der Führungsbedingungen und von Zusätzen (Backhefe, Konservierungss-Toffe, Weizenbrot) auf das Milch-Essigsäure-Verhältnis und die Gasentwicklung. *Brot und Backwaren*, 37, 78-80, 82.
- Brümmer, J. M., 1989b. Weizensauerteige. (II). 3. Mitteilung: Einfluss der Führungsbedingungen und von Zusätzen (Backhefe, Konservierungss-Toffe, Weizenbrot) auf das Milch-Essigsäure-Verhältnis und die Gasentwicklung. *Brot und Backwaren*, 37, 118, 120, 122-125, 15.
- Brümmer, C. M. and Lorenz, K., 1991. European developments in wheat sourdoughs. *Cereal Foods World*, 36 (3), 310-314.
- Brümmer, J. M., 1991. Modern equipment for sourdough production. *Cereal Foods World*, 36, 305-308.
- Byoung-Cheol, M., Sang-Hyeon, Y., Yeong-Weon, K., Yin-Won, L., Young-Bae, K. and Kwan Hwa, P., 1998. Cloning of novel malto-oligosaccharide-producing amylases as antistaling agents for bread. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 779-782.
- Caplice, E. and Fitzgerald, G. F., 1999. Food fermentation: role of microorganisms in production and preservation. *Int. J. Food Microbiol.*, 50, 131-149.
- Chiron, H. and Godon, B., 1994. Historique de la panification, p. 4-45. In R. Guinet and B. Godon (ed.), *La Panification Française*. Lavoisier, Paris.
- Collar, C., Mascaros, A. F. and Benedito de Barber, C., 1991. Changes in free amino acids during fermentation of wheat dough started wheat pure culture of lactic acid bacteria. *Cereal Chem.*, 68, 66-72.
- Collar-Esteve, C., Benedito de Barber C. and Martinez-Anaya, M. A., 1994. Microbial sourdoughs influence acidification properties and breadmaking potential of wheat dough. *Journal of Food Science*, 59 (3), 629-633,674.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F. Russi, L. and Rossi, J. 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J. Food Sci.*, 63 (2), 347-351.

- Corsetti, A., Gobbetti, M., B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J., 2000. Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal Agric. Food Chem.*, 48, 3044-3051.
- Cossignani, L., Gobbetti, M., Damiani, P., Corsetti, A., Simonetti, M. S. and Manfredi, G., 1996. The sourdough microflora. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 203, 88-94.
- Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y. 1989. Differential scanning calorimetry, water activity and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. *Cereal Chem.*, 66, 305-309.
- Damiani, P., Gobbetti, M., Cossignani, L., Corsetti, A., Simonetti, M. S. and Rossi, J. 1996. The sourdough microflora. Characterization of hetero- and homofermentative lactic acid bacteria, yeasts and their interactions on the basis of the volatile compounds produced. *Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie*, 29 (1/2), 63-70.
- De Angelis, M., Pollacci, P. and Gobbetti, M. 1999. Autolysis of *Lactobacillus sanfranciscensis*. *Europe Food Res. Technol.*, 210, 57-61.
- Diğrak, M. ve Özçelik, S., 1991. Elazığ ve yöresinde kullanılan ekşi mayanın bileşimi, morfolojik ve biyokimyasal özellikleri. *Gıda*, 16 (5), 325-331.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üni. No: 718, Zir. Fakültesi No: 297, Ders Kitapları No:52, 376 s, Erzurum.
- Enan, G., El-Essawy, A.A., Uyttendael, M. and Debevere, J., 1996. Antibacterial activity of *Lactobacillus plantarum* UG1 isolated from dry sausage: characterization production and bactericidal action of plantaricin UG1. *Int. J. Food Microbiol.*, 30, 189-215.
- Ercan, R. ve Bildik, E., 1993. Ekmeğin bayatlaması ve etki yapan önemli faktörler. *Un Mamulleri Dünyası*, 2 (1), 10-14.
- Ertugay, Z., Elgün, A., Aydın, F. ve Kotancılar, G., 1991. Ekmek üretiminde sıvı ferment yönteminin katkı ve süre bakımından optimizasyonu üzerine bir araştırma. *Doğa*, 15 (3), 653-660.
- Escriva, C. and Martinez-Anaya, M. A., 2000. Influence of enzymes on the evolution of fructosans in sourdough wheat processes. *Eur. Food Res. Technology*, 210, 286-292.
- Faid, M., Boraam, F., Achbab, A. and Larpent, J. P., 1993. Yeast-lactic acid bacteria interactions in Moroccan sourdough bread fermentation. *Technologie*, 26 (5), 443-446.
- Faid, M., Boraam, F., Zyani, I. and Larpend, J. P., 1994. Characterization of sourdough bread ferments made in the laboratory by traditional methods. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 198, 287-291.
- Figueroa, C., Davila, A. M. and Pourquie, J., 1995. Lactic acid bacteria of the sour Cassava starch fermentation. *Letters in Applied Microbiology*, 21 (2), 126-130.
- Flair-Flow Europe, 1994. Improving wheat breads by using starter cultures. *Flair-Flow Reports*, F-FE 123/94, 1p.
- Foramitti, A. and Mar, A., 1982. New aspect and findings in the continuous production of rye sour in bread industry. *Development in Food Science*, 5 B, 805-810.

- Foschino, R., Galli, A., Perrone, F. and Ottogali, G., 1995. Bakery Products obtained with sourdough: investigation and characterization of the typical microflora. *Tecnica Molitoria*, 46 (5), 485-502, 510.
- Geisen, R., Friedrich, K. and Kröckel, L., 1992. Starter and protective cultures for meat and meat products. *Fleischwirtsch.*, 72, 894-898.
- Gobbetti, M., Simonetti, M. S., Rossi, J., Cossignani, L., Corsetti, A. and Damiani, P., 1994. Free D- and L- amino acid evolution during sourdough fermentation and baking. *J. Food Sci.*, 59, 881-884.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J., Rosa, F. La and Vincenzi, S. de, 1994a. Identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat sourdoughs of central Italy. *Italian Journal of Food Science*, 6 (1), 85-94.
- Gobbetti, M., Corsetti, A. and Rossi, J., 1994b. The sourdough microflora. Interactions between lactic acid bacteria and yeasts: metabolism of amino acids. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 10 (3), 275-279.
- Gobbetti, M., Corsetti, A. and Rossi, J., 1994c. The sourdough microflora. Interactions between lactic acid bacteria and yeasts: metabolism of carbohydrates. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 41, 456-460.
- Gobbetti, M., Simonetti, M. S., Corsetti, A., Santinelli, F., Rossi, J. and Damiani, P., 1995. Volatile compound and organic acid productions by mixed wheat sourdough starters: influence of fermentation parameters and dynamics during baking. *Food Microbiology*, 12 (6), 497-507.
- Gobbetti, M., Corsetti, A. and Rossi, J., 1995a. Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sourdough using a rheofermentometer. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 11 (6), 625-630.
- Gobbetti, M., Simonetti, M.S., Corsetti, A., Santinelli, F., Rossi, J. and Damiani, P., 1995b. Volatile compound and organic acid productions by mixed wheat sourdough starters: influence of fermentation parameters and dynamics during baking. *Food Microbiol.*, 12, 497-507.
- Gobbetti, M. and Corsetti, A., 1996. Co-metabolism of citrate and maltose by *Lactobacillus brevis* subsp. *lindneri* CB1 citrate-negative strain: effect on growth, end-products and sourdough fermentation. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 203, 82-87.
- Gobbetti, M., Smacchi, E., Fox, P., Stepaniak, L. and Corsetti, A. 1996. The sourdough microflora. Cellular localization characterization of a proteolytic enzymes in lactic acid bacteria. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, 29, 561-569.
- Gobbetti, M., 1998. The sourdough microflora: interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends Food Sci. Technol.*, 9, 267-274.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Arnaut, P., Tossut, P., Corsetti, A. and Lavermicocca, P., 1999. Added pentosans in breadmaking: fermentations of derived pentoses by sourdough lactic acid bacteria. *Food Microbiol.*, 16, 409-418.
- Gobbetti, M., Lavermicocca, P., Minervini, F., De Angelis, M. and Corsetti, A., 2000. Arabinose fermentation by *Lactobacillus plantarum* sourdough with added pentosans and α -L- arabinofuranosidase: a tool to increase the production of acetic acid. *J. Appl. Microbiol.*, 88, 317-324.
- Grba, S., Stehlig-Tomas, V., Sehovic, D. and Romac, S., 1995. The influence of temperature on production of organic acids in dough fermentation with *Lactobacillus brevis*, *Saccharomyces uvarum* and *Candida krusei* (in pure

- and mixed cultures). *Prehrambeno-Tehnoloska i Biotehnoloska Revija*, 33 (1), 43-46.
- Hamad, S. H., Böcker, G., Vogel, R. F. and Hammes, W. P., 1992. Microbiological and chemical analysis of fermented sorghum dough for kishra production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 37, 728-731.
- Hammes, W. P. and Tichaczek, P. S., 1994. The potential of lactic acid bacteria for the production of safe and wholesome food. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 198, 193-201.
- Hammes, W. P. and Gönzle, M. G., 1998. Sourdough breads and related products, p. 199-216. In J. B. Wood (ed.), *Microbiology of fermented foods*, vol.1. Blackie, London.
- Hammes, W. P. and Hertel, C., 1998. New developments in meat starter cultures. *Meat Sci.*, 49, 125-138.
- Hansen, B. and Hansen, A., 1994. Volatile compounds in wheat sourdoughs produced by lactic acid bacteria and sourdough yeasts. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 198 (3), 202-209.
- Hansen, A. and Hansen, B., 1996. Flavour of sourdough wheat bread crumb. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 202 (3), 244-249.
- Hochstrasser, R. E., Ehret, A., Geiges, O. and Schmidt-Lorens, W., 1993a. Microbiology of dough manufacture. II. Microbiological examination of spontaneously fermented wheat sourdough made by various techniques. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmittel-Untersuchung und Hygiene*, 84 (3), 356-381.
- Hochstrasser, R. E., Ehret, A., Geiges, O. and Schmidt-Lorenz, W., 1993b. Microbiology of dough preparation. III. Microflora of wheat dough from 8 bakeries produced by the straight-dough process or using wheat starter of sourdough. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und hygiene*, 84 (5), 581-621.
- Hugas, M. and Monfort, J. M., 1997. Bacterial starter cultures for meat fermentation. *Food Chemistry*, 59 (4), 547-554.
- Infantes, M. and Schmidt, J. L., 1992. Characterization of the yeast flora of natural sourdoughs located in various French areas. *Sciences des Aliments*, 12 (2), 271-287.
- Iorizzo, M., Coppola, R., Sorrentino, E. and Grazia, L., 1995. Microbiological characterization of sourdough from Molise. *Industrie Alimentari*, 34 (343), 1290-1294.
- Javanainen, P. and Linko, Y. Y., 1993a. Mixed-culture pre-ferments of lactic and propionic acid bacteria for improved wheat bread shelf life. *Journal of Cereal Science*, 18 (1), 75-88.
- Javanainen, P. and Linko, Y. Y., 1993b. Utilization of sprout- damaged wheat as raw material for sourdough pre-ferments with mixed cultures of lactic and propionic acid bacteria. *Foods Biotechnology*, 7 (2), 99-113.
- Javanainen, P. M., 1994. Mixed culture pre-ferments of lactic and propionic acid bacteria for baking. *Dissertation Abstracts International*, C 55 (2), 399 ISBN 951-22-1580-2, 130pp.

- Kline, L. and Sugihara, T. F., 1971. Mikroorganisms of the San Francisco sourdough bread process II . Isolation and characterization of undescribed bacterial species responsible for the souring activity. *Appl. Microbiol.*, 21, 459-465.
- Kotancılar, H. G., Çelik, İ. ve Karaoğlu, M. M., 1998. Trabzon Vakfikebir ekmeği. *Un Mamulleri Dünyası*, 7 (1), 4-14.
- Kreger-Van Rij N. J., 1984. *The yeasts-a taxonomic study*. Elsevier, Amsterdam.
- Lilja, S., Flander, L. and Höggman, M., 1993. Starter cultures in wheat bread. A Nordic Research Programme on Food Biotechnology, 39-46. Nordic Industrial Foundation.
- Lopez, H. W., Oury, A. Bervas, E., Guy, C., Messenger, A., Demigne, C. and Remesy, C., 2000. Strains of lactic acid bacteria isolated from sourdoughs degrade phytic acid and improve calcium and magnesium solubility from whole wheat flour. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2281-2285.
- Lopez, H. W., Krespine, W., Guy, C., Messenger, A., Demigne, C. and Remesy, C., 2001. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2657-2662.
- Lönner, C. and Preve-Akesson, K., 1988. Acidification properties of lactic acid bacteria in rye sourdough. *Food Microbiol.*, 5 (1), 43-58.
- Lues, J. F. R., Viljoen, B. C., Miller, M. and Prior, B. A., 1993. Interaction of nonculture microbial flora on dough fermentation. *Food Microbiology*, 10 (3), 205-213.
- Martinez-Anaya, M.A., Pitarch, B. and Benedito de Barber, C., 1993. Biochemical characteristics and bread making performance of freeze-dried wheat sourdough starters. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 196 (4), 360-365.
- Martinez-Anaya, M. A., Llin, M. L., Macias, M. P. and Collar, C., 1994. Regulation of acetic acid production by homo- and heterofermentative lactobacilli in whole-wheat sour-doughs. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 199, 186-190.
- Martinez-Anaya, M. A., Benedito de Barber, C. and Collar-Esteve, C., 1994a. Effect of processing condition on acidification properties of wheat sourdoughs. *Int. J. Food Microbiol.*, 22, 249-255.
- Mascaros, A. F., Martinez, C. S. and Collar, C., 1994. Metabolism of yeast and lactic bacteria during dough fermentation relating functional characteristics of fermented doughs. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.*, 34, 623-642.
- Metz, M., 1993. Starter cultures. Their industrial manufacture for the meat industry. *Fleischwirtsch.*, 73 (12), 1394-1396.
- Okada, S., Ishikawa M., Yoshida, I., Uchimura, T., Ohara, N. and Kozaki, M., 1992. Identification and characteristics of lactic acid bacteria isolated from sourdough sponges. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 56 (4), 572-575.
- Oura, E., Soumalainen, H. and Viskari, R., 1982. Breadmaking. *Economic Microbiol.*, 7, 87-146.
- Özkaya, B., 1995. Ekmek teknolojisinde fermantasyon ve önemi. *Un Mamülleri Dün.*, 4 (1), 10-16.

- Passarelli, P., Rainieri, S., Papa, F., Tini, V., Zambonelli, C. and Grazia, L., 1996. Effects of starter cultures on wheat flour dough fermentation. *Industrie Alimentari*, 35 (345), 131-133.
- Piazza, L. and P. Masi, 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chemistry*, 72 (3), 320-325.
- Pomeranz, Y. and Shellenberger, J. A., 1971. *Bread science and Technology*. Avi Publ. Co. : Westport, CT.
- Pomeranz, Y., 1987. *Bread Around The World*. In *Modern Cereal Science and Technology*. VCH publishers, Inc, New York, USA. 486 p.
- Pyler, E. J., 1979. *Baking science and technology*. Siebel Publ. Co. Chigago, USA, 1229 p.
- Rocha, J. M. and Malcata, F. X., 1999. On the microbiological profile of traditional Portuguese sourdough. *J. Food. Protect.*, 62 (12), 1416-1429.
- Rogers, D. E., Zeleznak, K. J., Lai, C. S. and Hosoney, R. C., 1988. Effect of native lipids, shortening and bread moisture on bread firming. *Cereal Chem.*, 65, 398-401.
- Rothe, M., 1974. *Aroma von Brot*. Akademie-Verlag, Berlin.
- Rouzaud, O. and Martinez-Anaya, M. A., 1993. Effect of processing conditions on oligosaccharide profile of wheat sourdoughs. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung*, 197, 434-439.
- Röcken, W. 1996. Applied aspects of sourdough fermentation. *Adv. Food Sci.*, 18, 212-216.
- Salovaara, H. and Katunpaa, H. 1984. An approach to the classification of lactobacilli isolated from finish sour rye dough ferments. *Acta Aliment Polonica*, 10 (3-4), 231-239.
- Salovaara, H. and Spicher, G., 1986. Use of wheat to improve wheat bread quality. *International Association for Cereal Science and Technology*, 26-35 p ICC Congress, Hamburg.
- Salovaara, H. and Spicher, G., 1987. Use of the sourdough process to improve the quality of wheat bread. *Getreide, Mehl Brot*, 41, 116-118.
- Salovaara, H. and Valjakka, T., 1987. The effect of fermentation temperature, flour type and starter on the properties of sour wheat bread. *Int. J. Food Science and Technology*, 22, 591-597.
- Savola, P. H., Salovaara, H. and Enqvist, J., 1982. Concentrations of carbohydrate fractions in the sourdough rye bread process. *Developments in Food Science*, 5 A, 465-470.
- Savola, P., Salovaara, H. and Enqvist, J., 1983. *Development in food science 5A*. Elsevier, Amsterdam Oxford New York, pp, 465-470.
- Schleining, G., Zenz, H. and Wolf, J., 1995. Investigations about sourdough for wheat bread using bacterial starter cultures. *Ernährung*, 19 (10), 464-468.
- Seibel, W. and Brümmer, J. M., 1991. The sourdough process for bread in Germany. *Cereal Foods World*, 36 (3), 299-304.
- Spicher, G. and Stephan, H., 1981. *Handbuche Sauerteig Biologie*. Biochemie, Technologie. Behrs, Hamburg.
- Spicher, G. and Stephan, H., 1982. *Handbuch Sauerteig: Biologie, Biochemie, Technologie*. BBV Wirtschaftsinformationen GmbH, Hamburg.

- Spicher, G., 1983. Baked Goods. Ch. 1 in Biotechnology, vol 5, H. J. Rehm and G. Reed (Ed.), p. 1-80. Verlag Chemie, Weinheim.
- Spicher, G. and Lönner G., 1985. Die microflora des sauersteiges. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung, 181, 9-13.
- Spicher, G., 1986. Die sauersteiggarung. Chemistry Microbiol. Tech. Lebensm., 10, 65-67.
- Spicher, G., 1987. Die microflora des sauersteiges. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung, 184, 300-303.
- Spicher, G. and Stephan, H., 1987. Handbuch Sauersteig. Biologie, Biochemie, Technologie 3. Auflage, Berh's, Hamburg.
- Stoeva, I., Penchev, E., Bratovanova, P. and Shishkova, I., 1991. Lactic streptococci as improvers for bread made from substandard wheat. Khranitelna Promishlenost, 40 (3/8), 24-28.
- Stolz, P., Böcker, G., Vogel, R. F. and Hammes, W. P., 1993. Utilisation of maltose and glucose by lactobacilli isolated from sourdough. FEMS Microbiology Letters, 109, 237-242.
- Stolz, P., Böcker, G., Hammes, W. P. and Vogel, R. F., 1995. Utilization of electron acceptors by lactobacilli isolated from sourdough. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung, 201, 91-96.
- Stöllman, U. and Lundgren, B., 1987. Texture changes in white bread: effects of processing and storage. Cereal Chem., 64, 230-236.
- Strohmar, W. and Diekmann, H., 1992. The microflora of a sourdough developed during extended souring phases. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und- Forschung, 194 (6), 536-540.
- Sugihara, T. F., Kline, L. and McCready, L. B., 1970. Nature of the San Francisco sourdough French bread process. II. Microbiological aspects. Bakers Dig, 44, 51-57.
- Sugihara, T. F., Kline, L. and Miller, M. W., 1971. Microorganisms of the San Francisco sourdough bread process. I. Yeasts responsible for the leavening action. Appl. Microbiol., 21, 456-458.
- Sugihara, T. F., 1985. Microbiology of Breadmaking. (Ed. B. J. B. Wood) Microbiology of Fermented Foods. Vol. 1. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Şahin, İ. ve Başoğlu, F., 2002. Gıda Mikrobiyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. No: 89.
- Tamerler, T., 1986. Ekşi maya ile buğday ekmeğinin hazırlanması ve ekşi maya mikroorganizmaları. E. Ü. Müh. Fak. Dergisi Seri B, 4 (1), 99-110.
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F., 1999. Gıda Mikrobiyolojisi (II. baskı). Mengi Tan Basımevi, İzmir, 598 s.
- Vachon, M. and Gelinas, P., 1995. Selection of lactic acid bacteria for sponge and dough fermentations. Industries des Cereales No: 91, 9-14.
- Vogel, R. F., Böcker, G., Stolz, P., Ehrmann, M., Fanta, D., Ludwig, W., Pot, B., Kersters, K., Schleifer, K. H. and Hammes, W. P., 1994. Identification of lactobacilli from sourdough and description of *Lactobacillus pontis* sp. nov. International Journal of Systematic Bacteriology, 44 (2), 223-229.

- Vollmar, A. and Meuser, F., 1992. Influence of starter cultures consisting of lactic acid bacteria and yeasts on the performance of a continuous sourdough fermenter. *Cereal Chemistry*, 69 (1), 20-27.
- Wehrle, K., Grau, H. and Arendt, E. K., 1997. Effects of lactic acid, acetic acid, and table salt on fundamental rheological properties of wheat dough. *Cereal Chem.*, 74, 739-744.
- Wehrle, K. and Arendt, E. K., 1998. Rheological changes in wheat sourdough during controlled and spontaneous fermentation. *Cereal Chem.*, 75 (6), 882-886.
- Wood, B. J. B., 1981. In Bushell ME, Slater JH (eds) *Mixed Culture Fermentations*. Academic Press, London, pp, 137-150.
- Yıldırım, Z. ve Yıldırım, M., 2000. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen bakteriyosinlerin genel karakteristikleri. *Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri*, VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyum Tebliğler Kitabı, 247-253.
- Yöndem, F., Özilgen, M. and Bozoğlu, T. F., 1992. Kinetic aspects of leavening with mixed cultures of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie*, 25 (2), 162-167.
- Zamfir, M., Callewaert, R., Cornea, P. C., Savu, L., Vatafu, I. and De Vuyst, L., 1999. Purification and characterization of a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* IBB 801. *J. Appl. Microbiol.*, 87, 923-931.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Erzurum'da doğdu ilk öğrenimini Erzurum Atatürk İlkokulu'nda, orta ve lise öğrenimini Erzurum Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1993 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

