

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**EKŞİ HAMUR EKMEKLERİNİN ÜRETİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE  
BİR SIVI EKŞİ HAMUR MAYASININ GELİŞTİRİLME İMKANLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Merve SÜMBÜL**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**OCAK 2021**

**ANTALYA**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKŞİ HAMUR EKMEKLERİNİN ÜRETİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE  
BİR SIVI EKŞİ HAMUR MAYASININ GELİŞTİRİLME İMKANLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Merve SÜMBÜL  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi  
tarafından FBA-2020-5410 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**OCAK 2021**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKŞİ HAMUR EKMEKLERİNİN ÜRETİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE BİR  
SIVI EKŞİ HAMUR MAYASININ GELİŞTİRİLME İMKANLARININ  
ARAŞTIRILMASI

MERVE SÜMBÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 18/01/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ (Danışman)

Prof. Dr. Hülya GÜL

Dr. Öğretim Üyesi Firuze ERGİN



## ÖZET

# EKŞİ HAMUR EKMEKLERİNİN ÜRETİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE BİR SIVI EKŞİ HAMUR MAYASININ GELİŞTİRİLME İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

Merve SÜMBÜL

Yüksek Lisans Tezi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Ocak 2021; 59 Sayfa

Fırıncılık endüstrisinde ekşi hamurun kullanılması geleneksel yöntemle oldukça maliyetli ve zaman alıcı olmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte gıda endüstrisindeki bu sorunun aşılması ve ekşi hamurun daha efektif kullanılması amacıyla geleneksel ve starter kültür ekleme yöntemiyle elde edilen ekşi hamurlar, sıvı hale getirilerek veya kurutulmuş olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu tez çalışması ile doğal bir mikrofloradan sıvı ekşi hamur mayası oluşturulması ve bu mayanın depolanarak endüstriyel fırınlarda ekmeğin üretimi için kullanılabilme imkanlarının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 4 farklı sıvı ekşi ferment oranı (%0, 10, 20, 30) ve 4 farklı son fermantasyon süresi (45, 90, 135, 180 dk.) kullanılarak ekşi hamur ekmeği üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekşi hamur, sıvı ekşi ferment ve ekşi hamur ekmeğine kalite özelliklerinin belirlenmesi için bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Ayrıca üretilen sıvı ekşi ferment 1 ay süresince depolanmış ve haftalık olarak özellikleri takip edilmiştir.

Yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda, üretilen olgun ekşi hamur örneklerinin toplam titrasyon asitliğinin laktik asit cinsinden %1.34 ile 1.10, pH değerlerinin 3.56 ile 3.67 arasında, laktik asit bakterileri sayısının 8.68 ile 8.23 log kob/g arasında ve maya sayısının ise 6.60 ile 6.45 log kob/g değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sıvı ekşi fermentin 15 saatlik fermantasyonu boyunca periyodik olarak takip edilen toplam titrasyon asitliği değerleri ortalamasının %0.31 değerinden 0.75 değerine yükseldiği, pH değerleri ortalamasının 4.74 değerinden 3.65 değerine düştüğü, laktik asit bakterisi sayıları ortalamasının 8.04 değerinden 9.31 log kob/g değerine yükseldiği ve maya sayıları ortalamasının ise 7.84 değerinden 5.72 log kob/g değerine düştüğü tespit edilmiştir. Ekşi hamur ekmeğinin 5 puanlık hedonik skalaya göre duyusal olarak değerlendirilmesi sonucunda tüm örneklerin, tüm duyusal parametrelerde 3 ve daha yüksek puanlarla değerlendirildiği ve bu nedenle duyusal olarak kabul edilebilir bulunduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile ekşi hamurlardan endüstride kullanıma uygun olan bir sıvı ekşi ferment geliştirilmiş, bu sıvı ekşi ferment buzdolabı şartlarında 1 ay süre ile depolanmış, mikroorganizma açısından içeriğini koruduğu tespit edilmiş, sıvı ekşi ferment kullanılarak duyusal olarak kabul edilebilir ekşi hamur ekmeği üretilmiş ve bu sıvı ekşi fermentin endüstride ekşi hamur ekmeği için kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Ekşi hamur, Ekşi hamur ekmeği, Ekmek, Sıvı ekşi ferment

**JÜRİ:** Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Hülya GÜL

Dr. Öğr. Üyesi Firuze ERGİN

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF THE DEVELOPMENT POSSIBILITIES OF A LIQUID SOUR DOUGH BREAD TO BE USED IN THE PRODUCTION OF SOUR DOUGH BREAD**

**Merve SÜMBÜL**

**MSC Thesis in, Department of Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ**

**January 2021; 59 pages**

The traditional method of using sourdough in the bakery industry is quite costly and time consuming. With the developing technology, in order to overcome this problem in the food industry and to use the sour dough more effectively, the sour dough obtained by the traditional and starter culture addition method has started to be used by making it liquid or drying.

With this thesis, it was aimed to create liquid sourdough from a natural microflora and to investigate the possibilities of storing this yeast and using it for bread production in industrial ovens. For this purpose, sourdough bread was produced using 4 different liquid ferment ratios (0, 10, 20, 30%) and 4 different final fermentation times (45, 90, 135, 180 minutes). Some physical, chemical and microbiological analyzes were performed to determine the quality characteristics of sourdough, liquid fermented and sourdough breads. In addition, the produced liquid sour ferment was stored for 1 month and its microbiological change was followed weekly.

As a result of the analyzes and evaluations, the total titration acidity of the produced sourdough samples was between 1.04 and 1.10% in terms of lactic acid, the pH values were between 3.86 and 3.67, the number of lactic acid bacteria was between 8.68 and 8.23 log cfu/g and the number of yeast was between 6.60 and 6.45 log cfu. It has been determined that it changes between the values. During the 15-hour fermentation of the liquid sour ferment, the average titration acidity values, which were monitored periodically during the 15-hour fermentation period, increased from 0.31% to 0.75, the average pH values decreased from 4.74 to 3.65, the average number of lactic acid bacteria increased from 8.04 to 9.31 log cfu/g, and the average number of yeast numbers it was determined that it fell from 7.84 to 5.72 log cfu/g. As a result of the sensory evaluation of sourdough breads according to the 5-point hedonic scale, it was determined that all samples were evaluated with 3 or higher scores in all sensory parameters and therefore found to be sensory acceptable.

With this study, a liquid sour ferment suitable for industrial use was developed from sour doughs, this liquid sour ferment was stored in refrigerator conditions for 1 month, it was determined that it preserved its content in terms of microorganisms, sensory-acceptable sourdough breads were produced using liquid sour ferment and this

liquid sour ferment was produced. It was concluded that ferment could be used in industry for sourdough bread.

**KEYWORDS:** Bread, Sourdough, Sourdough bread, Liquid sour ferment

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Hülya GÜL

Asist. Prof. Dr. Firuze ERGİN

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması ile; doğal bir mikrofloradan sıvı ekşi hamur mayası oluşturulması ve bu mayanın depolanarak endüstriyel fırınlarda ekme k üretimi için kullanılabilme imkanlarının araştırılması amaçlanmıştır.

Isparta ekmeği gibi geleneksel ve doğal bir mikroflora kaynağından elde edilecek olan sıvı ekşi hamur mayası, endüstriyel kullanım ile katma değerli bir ürün haline gelebilecektir. Ekşi hamur ekmeklerinin görece daha sağlıklı olmaları sebebiyle bu çalışma sonucu elde edilecek sıvı ekşi hamur mayası ile ekşi hamur ekmeklerinin t ketimeinin yaygınlaşmasına katkı sağlayarak toplum sağlığı olumlu yönde etkilenebilecektir.

Bu araştırmanın planlanmasında ve gerçekleştirilmesinde destek olan danışman hocam Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ'a, laboratuvar çalışmalarındaki destekleri nedeniyle Öğr. Gör. Cihadiye CANDAL, doktora  ğrencisi Duygu Gizem BİLGİN ve diğer çalışma grubu arkadaşlarıma, Gıda Mühendisliği Bölümü'nün tüm personeline ve çalışmada kullanılan ekşi hamur mayasının teminini sağlayan Isparta Fırıncılar Odası Başkanı Sayın Nuri ERDEĞER'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmaya FBA-2020-5410 numaralı projeyle verdikleri destek nedeniyle Akdeniz Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne teşekkür ederim.

Ayrıca, tüm eğitimim boyunca maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan çok değerli Annem Fadime ŐAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Ekmek ve Ekmeğin Tarihçesi.....	3
2.1.1. Ekmek üretimi .....	3
2.2. Ekşi Hamur Ekmeği .....	3
2.2.1. Ekşi hamur ekmeği tarihçesi.....	4
2.3. Ekşi Hamur Mikroflorası.....	4
2.3.1. Laktik asit bakterileri.....	5
2.3.2. Mayalar .....	9
2.4. Ekmek Üretiminde Kullanılma Yöntemine Göre Ekşi Hamur Tipleri.....	11
2.4.1. Tip I ekşi hamur .....	12
2.4.2. Tip II ekşi hamur .....	12
2.4.3. Tip III ekşi hamur .....	14
2.5. Fermantasyon Yöntemine Göre Ekşi Hamur Tipleri .....	15
2.6. Ekşi Hamur Ekmeğinin Sağlıkla İlişkisi .....	16
2.6.1. Tat aroma maddelerinin oluşumu .....	16
2.6.2. Ekzopolissakkarit üretimi .....	17
3. MATERYAL VE METOT .....	18
3.1. Materyal.....	18
3.2. Yöntem .....	18
3.2.1. Temsili sıvı ekşi fermentin hazırlanması .....	18
3.2.2. Sıvı ekşi ferment kullanarak ekmek üretimi .....	18
3.2.3. Araştırma planı ve istatistiksel yöntemler .....	19

3.2.4. Fiziksel analizler .....	19
3.2.5. Kimyasal analizler .....	20
3.2.6. Duyusal analiz .....	20
3.2.7. Mikrobiyolojik analizler .....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Temin Edilen İlk Ekşi Hamurlara Yapılan Analiz Bulguları .....	22
4.1.1. Temin edilen ilk ekşi hamurların toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri .....	22
4.1.2. Temin edilen ilk ekşi hamurların laktik asit bakterisi ve maya sayıları .....	22
4.1.3. Temin edilen ilk ekşi hamurların kurumadde değerleri.....	23
4.2. Temin Edilen Ekşi Hamurlardan Elde Edilen Olgun Ekşi Hamura Ait Bulgular	23
4.2.1. Olgun ekşi hamurların toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri .....	23
4.2.2. Laktik asit bakterisi ve maya sayısı .....	24
4.3. Hazırlanan Sıvı Ekşi Fermente Yapılan Analizler .....	24
4.3.1. Sıvı ekşi fermentin kurumadde içeriği ve viskozitesi.....	24
4.3.2. Toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri .....	25
4.3.3. Zamana bağlı olarak değişen laktik asit bakterisi ve maya sayıları.....	26
4.4. Ekşi Hamur Ekmeklerine Yapılan Analizler .....	28
4.4.1. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin renk değerleri .....	28
4.4.2. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin spesifik hacim değerleri.....	32
4.4.3. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin tekstür profili analiz değerleri.....	34
4.4.4. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin duyusal analiz değerleri .....	41
4.5. Sıvı Ekşi Fermentin Depolanması .....	44
4.5.1. Depolanan sıvı ekşi fermente yapılan toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri .....	44
4.5.2. Depolamaya bağlı olarak değişen laktik asit bakterisi ve maya sayıları .....	45
5. SONUÇLAR.....	47
6. KAYNAKLAR.....	49

7. EKLER .....	58
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ekşi Hamur Ekmeklerinin Üretiminde Kullanılmak Üzere Bir Sıvı Ekşi Hamur Mayasının Geliştirilme İmkanlarının Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/01/2021

Merve SÜMBÜL

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
N	: Normal
Rpm	: Devir/dakika

Tez kapsamında ondalık sayıların ayırımında ‘.’ kullanılmıştır.

### Kısaltmalar

ANOVA	: Varyans analizi
BS	: Bekletme süresi
LAB	: Laktik asit bakterisi
SEFO	: Sıvı ekşi ferment oranı
FS	: Fermantasyon süresi
GRAS	: Generally recognized as safe
VK	: Varyasyon katsayısı
SD	: Serbestlik derecesi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.135 dakika fermantasyon süresinde farklı sıvı ekşi ferment oranları (A:%0, B:%10, C:%20 ve D:%30) kullanılarak üretilen ekmeklerin görünümü ..... 31

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Ekşi hamurdan izole edilen <i>Lactobacillus</i> türleri (Erginkaya ve Kabak, 2010). .....	8
<b>Çizelge 2.2.</b> Ekşi hamur üretim yöntemlerine göre en çok izole edilen laktik asit bakterileri ve mayalar.....	15
<b>Çizelge 4.1.</b> Temin edilen ilk ekşi hamurların ortalama titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	22
<b>Çizelge 4.2.</b> Temin edilen ilk ekşi hamurların ortalama laktik asit bakterisi ve maya sayımı .....	22
<b>Çizelge 4.3.</b> Temin edilen ilk ekşi hamurların ortalama kuru madde içerikleri (%) .....	23
<b>Çizelge 4.4.</b> Sıvı ekşi ferment elde etmek üzere karıştırılan ekşi hamurların kimyasal analiz sonuçları (I.ve II. tekerrür) .....	24
<b>Çizelge 4.5.</b> Sıvı ekşi ferment elde etmek üzere karıştırılan ekşi hamurların mikrobiyolojik analiz sonuçları (I. ve II. tekerrür) .....	24
<b>Çizelge 4.6.</b> Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerleri (I.ve II. tekerrür) .....	25
<b>Çizelge 4.7.</b> Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** $p<0.01$ , * $0.01<p<0.05$ , - $p>0.05$ ).....	26
<b>Çizelge 4.8.</b> Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ Standart hata).....	26
<b>Çizelge 4.9.</b> Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı (I.ve II. tekerrür).....	27
<b>Çizelge 4.10.</b> Farklı sürelerde takip edilen sıvı ekşi fermentin LAB ve maya sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** $p<0.01$ , * $0.01<p<0.05$ , - $p>0.05$ ).....	27
<b>Çizelge 4.11.</b> Farklı sürelerde takip edilen sıvı ekşi fermentin LAB ve maya sayısı değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ Standart hata).....	27
<b>Çizelge 4.12.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerleri (I.ve II. tekerrür).....	29
<b>Çizelge 4.13.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** $p<0.01$ , * $0.01<p<0.05$ , - $p>0.05$ ) .....	30
<b>Çizelge 4.14.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ Standart hata) .....	30

<b>Çizelge 4.15.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerleri (I. ve II. tekerrür) .....	33
<b>Çizelge 4.16.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** p<0.01, * 0.01<p<0.05, - p>0.05) .....	34
<b>Çizelge 4.17.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (± Standart hata) .....	34
<b>Çizelge 4.18.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi, sıvı ekşi ferment oranı ve bekletme süresine bağlı TPA değerleri (I.ve II. tekerrür) .....	36
<b>Çizelge 4.19.</b> Farklı fermantasyon süresi ve maya oranlarında üretilen ekşi hamur ekmeklerinin TPA analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** p<0.01, * 0.01<p<0.05, - p>0.05) .....	39
<b>Çizelge 4.20.</b> Farklı sıvı ekşi ferment oranı (SEFO) ve fermantasyon süresi (FS) kullanılarak üretilen ekşi hamur ekmeklerinin TPA değerlerindeki değişime ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (± Standart hata).....	40
<b>Çizelge 4.21.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı duyu analizi değerleri (I.ve II. tekerrür) .....	41
<b>Çizelge 4.22.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi (FS) ve sıvı ekşi ferment oranına (SEFO) bağlı duyu analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** p<0.01, * 0.01<p<0.05, - p>0.05) .....	43
<b>Çizelge 4.23.</b> Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi (FS) ve sıvı ekşi ferment oranına (SEFO) bağlı duyu analizi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (± Standart hata) .....	43
<b>Çizelge 4.24.</b> Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerleri (I.ve II. tekerrür).....	44
<b>Çizelge 4.25.</b> Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** p<0.01, * 0.01<p<0.05, - p>0.05...)	44
<b>Çizelge 4.26.</b> Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (± Standart hata).....	45
<b>Çizelge 4.27.</b> Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerleri (I.ve II. tekerrür).....	45
<b>Çizelge 4.28.</b> Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (** p<0.01, * 0.01<p<0.05, - p>0.05) .....	46



<b>Çizelge 4.29.</b> Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ Standart hata).....	46
--	----

## 1. GİRİŞ

Ekmek, ilk çağlardan bu yana tüketilen en temel gıda maddesidir. Yapılan kazı çalışmaları sonucu ekmek tarihinin yazılı kaynaklardan öncesine dayandığı anlaşılmıştır (Clarke ve Arendt, 2005). Ekmek aynı zamanda doyurucu ve yoğun bir enerji kaynağıdır. Et, süt ve yumurta gibi hayvansal gıdalara göre protein içeriği veya kalitesi düşük olmakla birlikte günün hemen hemen her öğününde tüketildiğinden protein ihtiyacının önemli bir miktarını karşılamaktadır (Baykara, 2006; Çebi, 2009). Çeşitli tahılların unları kullanılarak üretilebilen ekmek, insanların günlük diyetinde oldukça sık tüketildiği bir gıdadır.

İlk çağlarda yapılan ekmeklerin, unda doğal olarak bulunan maya ve laktik asit bakterileri aktivitesi sonucu elde edildiği düşünülmektedir. İlk zamanlarda kendiliğinden gerçekleşen bu fermantasyon işlemi ise ekşi hamur tekniğinin o zamanlardan beri kullanılan bir teknik olduğunu göstermektedir (Clarke ve Arendt, 2005). Zaman ilerledikçe ekmek mayasının (*Saccharomyces cerevisia*) bulunmasıyla ekmek teknolojisinin gelişmesi de hız kazanmıştır.

Ekmeğin yapım aşamaları temel olarak un, su, maya ve tuzun karıştırılıp yoğurulması, fermente edilmesi ve pişirilmesi süreçlerinden oluşmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995). Ekmek, ilk çağlardan bu yana insanların tükettiği temel besin maddelerinden biri olmuştur ve gelecekte de böyle olmaya devam edecektir. Ülkelerin ekonomik ve sosyal koşullarına göre ekmek üretimi değişiklik gösterebilmektedir (Armero ve Collar, 1998).

Günümüzde ise halen enerji değeri yüksek ve lezzetli bir gıda maddesi olan mayalı ekmek, temel olarak ekşi maya ve starter kültür maya yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Ekşi hamur yönteminde hamur bir süre kendi haline bırakılır ve doğal mikroflorasında bulunan laktik asit bakterileri ve mayaların simbiyotik ilişkisi sonucu laktik asit, asetik asit, alkol ve bazı tat ve aroma bileşikleri oluşarak hamurun mayalanması gerçekleşir (Hansen ve Schieberle, 2005). Doğal fermantasyon ile mayalanan içerisinde bu mikroorganizma gruplarının bulunduğu bir parça hamur alınır ve bir sonraki hamur üretimi için kullanılır. Ekşi hamur, un olarak buğday ya da çavdar unu ve su karışımının laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalarla fermente edilmesi sonucu elde edilen bir gıda ürünüdür (Randazzo vd., 2005). Ekşi hamur yönteminde maya ve bakterilerin birlikte varlığının sonucu ortaya çıkan farklı metabolitler, organik asitler, bakteriyosin ve benzeri bileşikler ekmeğin aromatik yapısını geliştirir. Ekşi hamurun mikroflorasının çeşitliliğinden kaynaklanan aroması ekmeğin en önemli duyuşal özelliklerinden birisidir ve aynı zamanda tüketicilerin tercih etmesinde de önemli rol oynamaktadır (Katina, 2005; Rehman vd., 2006). Ekşi hamur mayasında bulunan laktik asit bakterileri ve mayalar ile gerçekleşen fermantasyon işleminde mayalar kabarma işleminden sorumlu iken, laktik asit bakterileri hamurdaki asitliğin oluşumundan sorumludur (De Vuyst ve Neysens, 2005; Gobbetti, 1998; Vogel vd., 1999).

Starter kültür mayalama, *Saccharomyces cerevisia* mayasının ticari saf olarak hamura katılması ile ekmek hamuru elde edilmesi yöntemidir (Çebi, 2009). Günümüzde ekmeğin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri açısından değişime uğraması endüstriyi ekonomik anlamda olumsuz etkilemektedir. Ekmeğin; fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini iyileştirmek aynı zamanda ekmeğin raf ömrünü ve besin kalitesini artırmak

amacıyla son zamanlarda ekmek yapımında ekşi hamur kullanım olanaklarının araştırılması ile ilgili çalışmalar oldukça artmıştır.

Gelişen teknolojiye bağlı olarak ekmek endüstrisi de gelişmiştir. Ekmek yapımında ürün kalitesini iyileştirmek, ekmeğe farklı özellikler kazandırmak gibi amaçlarla yeni teknolojiler uygulanmaktadır (Carnevali vd., 2007). Ekşi hamur ekmeği de temel olarak 3 farklı tip üretim prosesiyle elde edilir. Tip I olarak adlandırılan ekşi hamurlar, hamurun önceden fermente edilmesiyle üretilmektedir. Tip II olarak adlandırılan ekşi hamurlar endüstriyel uygulamalara uygun özelliktedir. Bunlar, yarı-akışkan karaktere sahip olup kolayca işlenebilir niteliktedir. Tip III olarak adlandırılan ekşi hamurlar ise, ekşitilmiş hamurun kurutulması ile hazırlanmaktadır. Bu tip ekşi hamurlar ekmek yapımında asitliğin ve aromanın artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Endüstride farklı amaçlarla kullanılan bu ekşi maya tipleri, aynı zamanda farklı üretim koşullarına sahip olduğundan çeşitli bileşikler içermektedir. Bu farklı üretim yöntemleri, üretimde kolaylık sağlayarak endüstriye katkıda bulunur. Sıvı ekşi hamur mayası da bu proseslerden birisidir (Vernocchi vd., 2008).

Ekşi hamur hem bileşimindeki maddelerden hem fermantasyon işleminden dolayı pek çok bileşen içerir, dönüştürür ve oluşturur. Ekşi hamur mayalanmasında kullanılan mikroorganizmalar, ürettikleri çok farklı ekzopolissakaritlerle ekmeğin diyet lif içeriğini ve fitik asidi parçalayarak minerallerin biyoyararlılığı da artırır (Arendt vd., 2007).

Bu tez çalışması ile, doğal bir floradan sıvı ekşi hamur mayası oluşturulması ve sıvı ekşi fermentin raf ömrü boyunca uğradığı değişikliklerin belirlenmesi ve endüstriyel fırınlarda ekmek üretimi için kullanılabilme imkanlarının araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Ekmek ve Ekmeğin Tarihçesi

İnsanlık için temel bir gıda maddesi olan ekmeğin ilk ortaya çıkışının M.Ö 10.000 yıllarına kadar dayandığı Mısır'daki çeşitli arkeolojik buluntulardan anlaşılmaktadır (Jenson, 1998). İlk çağlarda ekmeğin mayasız veya kontrolsüz bir mayalanmayla üretildiği tahmin edilmektedir (Fob, 2011).

Dünyada birçok farklı ekmeğin üretimi yapılmaktadır. Ekmek üretimi ülkedeki tahıl üretimine, ekmeğin ne boyutta tüketildiğine, insanların yaşam tarzına ve ekmeğin üretimi için ayrılan ekonomik imkanlara bağlı olarak hem dünyada hem de ülkeler içerisinde farklılık göstermektedir (Narvhus ve Sorhaug, 2012). Ekmeğin bilinen en eski şeklinin Hint chapatti, Meksika tortilla ve Orta Doğu pide ekmekleri gibi olduğu tahmin edilmektedir (Cauvain, 2001; Fob, 2011).

#### 2.1.1. Ekmek üretimi

Ekmek; un, su, tuz ve maya kullanılarak elde edilen temel bir besin maddesidir. Bu temel hammaddeler dışında çeşitli tahıl unları, şeker, yumurta, süt, margarin gibi başka gıda maddeleri de eklenerek farklı ekmeğin reçeteleri elde edilebilir (Narvhus ve Sorhaug, 2012).

Dünyada çeşitli ekmekler üretilmektedir. Ekmeğin üretim teknolojisi, reçetesi ülkelere göre hatta ülke içinde bölgelere göre değişebilmektedir. Bunun nedeninin ise, ülkede yetiştirilen geleneksel tahıllar ve o ürünlerin geleneksel ekmeğin yapımı için uygun olup olmaması, geleneksel beslenmede ekmeğin yeri ve öneminin ne olduğu, ülkede yaşayan insanların yaşam tarzı ve yaşam standartlarındaki değişiklikler, beslenme alışkanlıklarının küreselleşmesi ve ekmeğin üretimi amacıyla yapılacak yatırım için ekonomik imkanların durumu gösterilebilir.

### 2.2. Ekşi Hamur Ekmeği

Ekşi hamur ekmeği, doğal mikroflorasında bulunan laktik asit bakterisi ve mayaların simbiyotik ilişkisi sonucu fermente olan geleneksel bir üründür. Ekşi hamur fermantasyonu sonucu ekmeğin besin değerleri, duyu özellikleri ve raf ömrü geliştirilir (Paramithiotis vd., 2007). Ekşi hamurun tanımı konusunda Avusturya, Fransa, Almanya ve İsviçre gibi çeşitli ülkelerde kısmen yasal tanımlamalar yapılmıştır. Ancak bu tanımlamalarda farklılıklar olsa da ortak olarak belirtilen özellik ise ekşi hamurun laktik asit ve mayalarla fermente edilen bir hamur olduğudur (Brandt, 2007).

Geleneksel bir ürün olarak sınıflandırılan ekşi hamur ekmeğinin geleneksel yöntemle yapımı, bir önceki gün yapılan ekmeğin hamurundan bir parça alınıp saklanan hamurun bir sonraki hamurda kullanılmasıdır. Bu sırada unda ve alet ekipmanlarda bulunan LAB ve mayalar tarafından fermantasyona uğraması sonucu oluşan ekşi hamurdur. Ekşi hamurda laktik asit bakterileri hamurun ekşi tadından sorumlu iken mayalar ise hamurun gaz oluşturma kapasitesinden sorumludur. Farklı ülke ve bölgelerdeki aroma tercihleri ve üretim kolaylıklarındaki talebe göre çok çeşitli ekşi hamur ürünleri geliştirilmiştir (Brandt, 2007).

### 2.2.1. Ekşi hamur ekmeği tarihçesi

Ekmeğin kalitesini ve duyuusal özelliklerini iyileştirmek amacıyla üretilen ekşi hamur ekmeğinin ilk üretiminin ise, M.Ö 3000 yıllarında Mısır'da yapıldığı arkeolojik çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu nedenle Mısır'da ekmeğin büyük ölçüde kullanıldığı ve bu ekmekleri mayalandırmak için şarap yapımından elde edilen mayaların kullanıldığı bilinmektedir. Tarih ilerledikçe bu dönemden sonra ekmek hamuru kültürünün yavaş yavaş Avrupa kıtasına ulaştığı tahmin edilmektedir. Eski çağlarda Romalılar tarafından doğal fermantasyon yöntemiyle ekşi hamur elde edildiği bilinmektedir. Romalılar fermantasyon sürecinden sonra açık havada kurutulan ekşi hamuru, başka bir zaman ve yerde başlangıç kültürü olarak kullanılması gibi bazı ekmek üretim yöntemleri uygulamışlardır (Catzeddu, 2011). Bugünkü Fransa'nın olduğu bölgede ise hamurun mayalandırılması için Mısırlılara benzer şekilde şarap, sirke ve peynir mayası kullanılmış ancak bira mayasının keşfinden sonra bira mayası kullanılmaya başlanmıştır (Cappelle vd., 2013). Herodot, Yunanlıların "Bütün insanlar gıdalarının bozulmasından korkarken, Mısırlılar hamuru bozana kadar bir kenarda tutuyor ve meydana gelen değişimi memnuniyetle gözlemliyorlar" ifadesiyle ekşi hamur ekmeğini yapmayı bilmediklerini anlatmıştır. Diğer bir bilgiye göre ise, M.Ö 168 yılında Roma'da ekşi hamur ekmeği yapımına başlanmış ve Roma İmparatorluğu tarafından Avrupa'nın başka yerlerine de yayılmıştır. 20. yüzyıl başlarında ise ekmek mayasının keşfedilmesi ve ekmek üretiminde hızla yaygınlaşmasıyla ekşi hamur kullanımı azalmıştır (Carnevali vd., 2007). İnsanlık tarihinin ilk zamanlarında basit çömlük kaplarda başlayan ekmek üretimi, farklı aşamalardan geçmiş ve günümüzde kontrollü fırınlarda üretilmeye başlanmıştır (Jenson, 1998).

### 2.3. Ekşi Hamur Mikroflorası

Ekşi hamur ekmeğinin, mikroflorası çok çeşitli laktik asit bakterilerini (LAB) ve mayaları içermektedir. Ekşi hamurda bulunan LAB maya oranı yaklaşık 100:1 olarak bilinmektedir. Ekşi hamurda LAB sayısı  $1-3 \times 10^9$  kob/g, maya sayısı ise  $1 \times 10^6-5 \times 10^7$  kob/g arasında değişmektedir (Arendt vd., 2007). Florada bulunan laktik asit ve mayalar çeşitli kaynaklardan gelebilmektedirler. Unlar mikrobiyolojik olarak steril değildir ve yaklaşık  $10^4-10^6$  kob/g sayısında bakteri, maya ve küf içerebilmektedir. Unlar üretimi sırasında ısı ile maruz bırakılmadığından mikroflorası çok değişime uğramaz ve ekşi hamurda kullanılan un içerisindeki mikoflora ekşi hamur fermantasyonu sırasında değişime uğrar (Rollan vd., 2010).

Ekşi hamurun mikroflorasını, çeşitli kimyasal, mikrobiyolojik ve çevresel faktörler etkilemektedir. Hamur verimi, kullanılan starter kültürün miktarı ve bileşimi, çoğaltma aşamalarının sayısı, fermantasyon sıcaklığı ve süresi gibi birçok parametre mikroflorayı etkiler ve buna bağlı olarak ekşi hamurlarda çeşitli bakteriler baskın hale gelebilir. Örneğin asidik özelliği güçlü olan bir ekşi hamurda düşük pH değerlerine dayanaklı *Lactobacillus panis*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus lactis* ve *Weisalla (W.)* gibi bakteriler baskın olarak görülebilir (Catzeddu vd., 2006). Bunun yanında mikroflorada kendiliğinden oluşan ve ortam koşullarına bağlı olarak baskın olan mikroorganizmalar dışında florada daha az sayıda bulunan fakat mikrofloraya önemli etkisi olan bakteri ve maya türleri de bulunmaktadır. Bu grupta *Lactobacillus alimentarius*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus fructivorans*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*

ve *Lactobacillus pontis* gibi LAB türleri ve *Saccharomyces exiguus*, *Candida krusei* ve *Candida milleri* gibi maya türleri yer almaktadır (Paramithiotis vd., 2006).

Dünya birçok yerde ekşi hamur ekmeği yapılmakta ve bu ekmeklerin yapım koşulları, hammaddeleri, çevresel etkenlerden kaynaklanan değişiklikler sonucunda farklı mikroorganizmalar baskın görülmektedir. Örneğin İtalyan tipi buğday ve çavdar unu kullanılarak yapılan ekşi hamurlarda *L. sanfranciscensis*, *L. plantarum*, *L. alimentarius* gibi laktik asit bakterileri baskın görülürken, Portekiz ekşi hamurları ve pizza hamurlarında *L. paracasei*; Alman çavdar ekşi hamurlarında *L. sanfranciscensis* ve *L. brevis*; Rus çavdar ekşi hamurlarında *L. plantarum*, *L. brevis* ve *L. fermentum*; Finlandiya çavdar ekşi hamurlarında *L. acidophilus*, *L. plantarum*; İsveç çavdar ekşi hamurlarında *L. fermentum* cinsi laktik asit bakterilerinin floraya baskın oldukları tespit edilmiştir (Rosenquist ve Hansen. 2000; De Vuyst vd., 2002). Bunun yanı sıra yüksek sıcaklıklarda (48-50°C) fermente edilen ekşi hamurlarda ise görülen en baskın bakteri *L. delbrueckii* türüdür. Türkiye’de ise üretilen ekşi hamurlar genel olarak buğday unu kullanılarak elde edilir. Türk tipi ekşi hamurlarda izole edilen baskın türler ise genel olarak *L. amylophilus*, *L. sake*, *L. acetotolerans*, *L. brevis*, *L. plantarum* ve *L. acidophilus* olarak belirlenmiştir (Menteş vd., 2004).

Ekşi hamur florasında bazı maya ve bazı homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit bakterileri arasında simbiyotik ilişki vardır (Paramithiotis vd., 2006). Bu ilişki hamurda bulunan maltoz, fruktoz gibi karbon kaynaklarına adaptasyona, sıcaklık ve pH koşullarına bağlı olarak değişir (Palomba, 2008). Ekşi hamur fermantasyonunda simbiyotik ilişki içerisinde olan maya ve laktik asit bakterilerinin faaliyetlerini sürdürebilmesi için esas koşul karbon kaynağı için rekabetçi olmayan bir ortamdır. Mikrofloranın stabilitesi ortamdaki monosakkarit ve disakkaritleri kullanılan mikroorganizmaların fermente etme şekline bağlıdır (Paramithiotis vd., 2007).

### 2.3.1. Laktik asit bakterileri

Gıda endüstrisinde mikroorganizmalar çeşitli amaçlarla kullanılırlar. Ancak bu mikroorganizmalar, ürettikleri metabolitler ve bileşenleri insan sağlığına zararlı etkisi olmayan Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Gıda ve Tarım Örgütü gibi kurumlar tarafından GRAS olarak adlandırılan kullanımı güvenli sınıfta olması gerekmektedir (Sağdıç ve Arıcı, 2010).

Laktik asit bakterileri doğal olarak insanlar, hayvanlar ve bitkiler gibi canlı organizmalarda yaşamını sürdürmektedir (Holzapfel vd., 2001). Laktik asit bakterileri, aynı metabolik özelliğe sahip olan yani karbonhidrat fermantasyonu sonucu aynı son ürün olan, laktik asit üretimi yapan çeşitli mikroorganizmalardan oluşan, gram pozitif, katalaz negatif, uzunlukları 1.5-5 µm arasında değişen ve optimum gelişme pH değeri 5.5-6.5 arası olan bakteri grubudur (Gerekova, 2011; Mayo vd., 2010).

Laktik asit bakterileri fermantasyon durumuna göre homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Laktik asit bakterileri fermantasyonunda un içerisinde en fazla bulunan şeker olan maltoz fermente olur ve homofermantatif metabolizmada laktik asit üretir. Heterofermantatif metabolizma durumunda ise laktik asidin yanı sıra CO<sub>2</sub>, asetik asit, etil alkol gibi diğer bileşenler de üretilir. Ekşi hamur mikroflorasında, homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit

bakterilerinin bulunma sıklığı hamur özelliklerini etkiler. Örneğin oluşan asetik asit glutenin sertleşmesine neden olurken, laktik asit daha elastik yapıda bir gluten oluşmasına yardımcı olur. Sonuç olarak, ekmeğin yapısı ve aromatik profili etkilenir (Corsetti, 2007).

### 2.3.1.1. Homolaktik fermantasyon

Homolaktik fermantasyonda, homofermantatif laktik asit bakterileri glikoliz yoluyla şekerden laktik asit oluşturur. *L. delbrueckii*, *L. acidophilus* ve *St. thermophilus* gibi homofermantatif laktik asit bakterileri, glikozu EMP (embden-meyerhof-parnas) yoluyla katabolize eder ve bu metabolik olayın sonucunda 1 mol glikozdan 2 mol laktik asit ve 2 mol ATP meydana gelir (Leroy ve De Vuyst, 2004; Corsetti ve Settanni, 2007).

### 2.3.1.2. Heterolaktik fermantasyon

Heterofermantatif fermantasyonda, heterofermantatif laktik asit bakterileri glikozdan laktik asit eldesinde asıl ürün olan laktik asidin yanı sıra etil alkol, asetik asit CO<sub>2</sub> gibi yan ürünler de üretirler (Leroy ve De Vuyst, 2004).

Laktik asit bakterilerinin gelişimi sırasında meydana gelen asidik karakter ve enzimatik olaylar bazı fermente gıdaların üretimine katkı sağlar. Endüstride genel olarak kullanılan 6 LAB cinsi vardır; *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Oenococcus* cinsleridir (Klaenhammer vd., 2002). Laktik asit bakterileri gıda endüstrisinde özellikle yoğurt, peynir, zeytin, turşu ve ekşi hamur gibi pek çok fermente gıdaların üretiminde, bunun yanı sıra, gıdaların dokusal ve duyusal özelliklerinin geliştirilmesine de katkı sağlaması amacıyla yaygın olarak kullanılırlar. Bitkisel yağlar, et ve et ürünleri gibi ürünlerde de bulunurlar (Leroy ve De Vuyst, 2004; Mayo vd., 2010).

Laktik asit bakterileri, ekşi hamur fermantasyonu sırasında da rol alır ve ekşi hamur ekmeğinin tat aroma ve yapısına katkı sağlar. Aynı zamanda laktik asit bakterileri proteolitik aktiviteleri, uçucu aroma bileşenlerinin ve aroma öncü maddelerinin oluşturmaları, antimikrobiyal bileşikler oluşturmaları ve ekmek yapısını, bayatlamasını ve raf ömrünü etkileyen ekzopolisakkarit üretimi gibi pek çok aktivite ile ekşi hamurun kalite özelliklerine katkı sağlamaktadırlar (De Vuyst ve Neysens, 2005).

Ekşi hamur mikroflorası maya ve laktik asit bakterisi suşlarının belirlenmesi için uygun bir substrat olmasının yanı sıra aynı zamanda spesifik ve stresli bir ekosistem olarak da kabul edilir (De Vuyst ve Vancanneyt, 2007).

Laktik asit bakterilerinin ekşi hamur mikroflorasındaki dinamik popülasyonu üç fazlı evrim olarak tanımlanmaktadır. Birinci fazda, *Enterococcus*, *Lactococcus* ve *Leuconostoc* cinslerine ait laktik asit bakterilerinin erken baskınlığı, ikinci fazda, *Lactobacillus*, *Pediococcus* ve *Weissella* cinslerine ait laktik asit bakteri türlerinin varlığı üçüncü fazda ise, zorunlu heterofermantatif olan özellikle *Lactobacillus* cinsine ait iyi adapte olmuş türlerin suşlarından oluşan mikrofloranın baskınlığı olarak tanımlanmıştır (Minervini vd., 2014).

Ekşi hamurda bulunan mikroorganizmaların keşfi 1900 yıllarına dayanmaktadır. Yaklaşık 12 tane laktik asit bakterisi izole edilmiştir ve bunların büyük çoğu

*Lactobacillus* cinsine aittir ve şimdikiye kadar 60'dan fazla *Lactobacillus* türü belirlenmiştir. Bunun yanı sıra *Pediococcus*, *Leuconostoc* ve *Weissella* cinsleri de yaygın olarak bulunmaktadır. Ekşi mayada zorunlu heterofermentatif, fakültatif heterofermentatif ve zorunlu homofermentatif özelliklere sahip olan 60'dan fazla farklı laktobasil türü ilişkilendirilmiştir (De Vuyst vd., 2017). Ekşi hamurda en çok tanımlanan laktik asit bakterileri ise; *L. sanfranciscensis*, *L. plantarum* ve *L. brevis*'dir (Gobbetti, 1998). En yaygın türler; *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. reuteri*, *L. rossiae* ve *L. sanfranciscensis* (zorunlu heterofermentatif); *L. alimentarius*, *L. paralimentarius* ve *L. plantarum* (fakültatif heterofermentatif); *L. amylovorus* ve *L. delbrueckii* (zorunlu homofermentatif) (Minervini vd., 2014). Hamurda *Lactobacillus* cinsine ait türlerinin baskın olmasına rağmen *Weissella*, *Pediococcus* ve *Leuconostoc* cinsleri de görülür fakat laktobasillere göre daha az baskındır (Huys vd., 2013). Özellikle, zorunlu heterofermentatif *Weissella cibaria* ve *Weissella confusa*, fakültatif heterofermentatif *P. acidilactici* ve *P. pentosaceus*'un yanı sıra zorunlu heterofermentatif *Leuconostoc mesenteroides* ve *Leuconostoc citreum* en sık rastlanan türlerdir (De Vuyst vd., 2009).

Ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterisi türlerinin ortamdaki rekabet gücü ve baskınlığı hamurda bulunan un ve karbonhidratların fermantasyonuyla ilgilidir. Unda bulunan karbonhidrattaki en bol karbon kaynağına bağlı olarak laktik asit bakterilerinin yaygınlığı değişkenlik gösterebilir (De Vuyst vd., 2009). Örneğin, ortamda maltozun varlığıyla ilgili olarak *L. sanfranciscensis*, *L. fermentum* ve *L. reuteri* gibi anahtar heterofermentatif LAB türlerinin yaygınlığı gözlenmiştir (Ganzle, 2014). Hücre içinde maltozun maltoz fosforilaz yoluyla kullanılması, adenosin trifosfat (ATP) harcanmadan glikoz ve glikoz-1-fosfat üretimine neden olur ve hücrenin bol maltoz varlığında glikozu atması sağlanır (Stolz vd., 1993). Fosforlanmamış glikoz, hücre içi birikimi önlemek için hücrenin dışına atılırken, glikoz-1-fosfat, fosfoglukomutaz tarafından glikoz-6-fosfata dönüştürülür. Glikoz-6-fosfat, 6-fosfoglukonat/fosfoketolaza ayrıca metabolize edilir. Elektron alıcısı olarak işlev gören ilave substratların varlığına bağlı olarak laktik asit, karbondioksit ve etanol veya asetik asit üretme yoluna aktarılır (Corsetti ve Settanni, 2007). Zorunlu homofermentatif ve fakültatif heterofermentatif laktik asit bakterisi türleri (Laktobasiller), metabolizmada ara bileşen olarak oluşan pirüvat ve laktat maddesinin üretimi için EMP (Emden Meyerhoff Parnas) yoluyla heksozları parçalar. Bu tür organizmalarda maltoz ve früktozun kullanımı ancak glikozun tüketilmesinden sonra gerçekleşir (Ganzle vd., 2007).



**Çizelge 2.1.** Ekşi hamurlardan izole edilen *Lactobacillus* türleri (Erginkaya ve Kabak, 2010)

<b>Heterofermantatif</b>	<b>Fakültatif Heterofermantatif</b>	<b>Homofermantatif</b>
<i>L. acidifarinae</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. amylovorus</i>
<i>L. brevis</i>	<i>L. pentosus</i>	<i>L. acidophilus</i>
<i>L. bunchneri</i>	<i>L. alimentarius</i>	<i>L. delbrueckii</i>
<i>L. fermentum</i>	<i>L. paralimentarius</i>	<i>L. farciminis</i>
<i>L. fructivorans</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. mindensis</i>
<i>L. frumenti</i>	<i>L. sake</i>	<i>L. crispatus</i>
<i>L. hilgardii</i>		<i>L. johnsonii</i>
<i>L. panis</i>		<i>L. amylolyticus</i>
<i>L. pontis</i>		<i>L. helveticus</i>
<i>L. reuteri</i>		
<i>L. rossiae</i>		
<i>L. sanfranciscensis</i>		
<i>L. siliginis</i>		
<i>L. spicheri</i>		
<i>L. zymae</i>		

Ekşi hamur mikflorasında yaygın olarak bulunan ve önemli olan bazı laktik asit bakterilerinin özellikleri aşağıda verilmiştir.

#### *Lactobacillus brevis*

*Lactobacillus brevis*, heterofermantatif fermantasyona sahip bir laktik asit bakterisidir. Yani karbonhidrat metabolizması sonucunda laktik asidin yanında asetik asit, etanol gibi diğer bileşikler de üretmektedir. Fermantasyonu sonucu ortaya çıkan diğer ürünlerden asetik asit ürüne koruyucu özellikler sağlamaktadır (Dinçer ve Çam, 1992). Bu tür çubuk şeklindedir ve genellikle boyutları 0.7-1 µm arasında değişir ve çubukların uç kısımları yuvarlaktır. Optimum gelişme sıcaklığı 20°C'dir (Kılıç, 2008).

#### *Lactobacillus plantarum*

*Lactobacillus plantarum* fakültatif heterofermantatif özellikte bir bakteri olup, Türk tipi damak tadına uygun tat ve aromayı sağladığı bildirilmiştir. Hızlı bir şekilde asitlendirme, iyi bir doku ve ekşimsi tat ve aroma sağlayan bu tür bakteriler genişlikleri 0.9-1.2 µm ve uzunlukları 3-8 µm olan uç kısımları yuvarlak çubuk şeklinde olup optimum çalışma sıcaklığı 30-35°C arasındadır (Dinçer ve Çam, 1992; Kılıç, 2008).

*Lactobacillus sanfranciscensis*

*Lactobacillus sanfranciscensis* heterofermantatif özellik gösteren ve optimum olarak 30-35°C'de gelişmesine karşın genellikle 15°C'de de gelişmektedir (Kılıç, 2008). Bu türün önemli özelliklerinden biri, ekşi hamurdan yaygın olarak izole edilen ve ekşi hamur fermantasyonunda önemli bir rol oynayan laktik asit bakterisi olmasıdır. İtalyan tipi ekşi hamurlarda, homofermantatif laktik asit bakterileri ile de ekmeğin üretiminde kullanılmaktadır. Mikroflorada genelde maltozu kullanmayan mayalarla da mutualist bir ilişki gösterir ve bu türün uçucu bileşenleri oluşturması ekmeğin tekstürel özelliklerini de etkiler (Angelis vd., 2007). Aynı zamanda *L. sanfranciscensis* ekzopolisakkarit üretmekte olup buna bağlı olarak da ekşi hamurun diyet lif içeriğini artırmaktadır. Ekzopolisakkaritler ürünün viskozitesini etkilediğinden dolayı ürün özelliklerinde önemli bir yere sahiptir (Corsetti ve Settanni, 2007).

*Lactobacillus rossiae*

Starter kültür olarak kullanılan *Lactobacillus rossiae*, obligat heterofermantatif özellik göstermektedir (Di Cagno vd., 2007; Leroy ve De Vuyst, 2004). Aynı zamanda bu türün, *Lactobacillus durianis*, *Lactobacillus malefermentans* ve *Lactobacillus suebicus* türleri ile de yakından ilişkili olduğu görülmüştür (Corsetti vd., 2005). En iyi gelişme sıcaklığı 45°C olsa da 15°C'de de geliştiği görülmektedir. Bu tür bakteriler İtalyan tipi ekşi hamur florasında genel olarak gözlenir ve İtalyan ekşi hamurlarının ortamına adapte olduğu bilinir (Settanni vd., 2006; Settanni vd., 2005).

*Weissella cibaria*

*Weissella cibaria* heterofermantatif özelliktedir. Aynı zamanda bu tür gram pozitif, katalaz negatif, spor oluşturmeyen görünüşleri çubuk veya kok şeklinde olmaktadır (Shin vd., 2007). Boyutları ise 0.8-1.2 µm genişliğinde ve 1.5-2.0 µm uzunluğundadır (Tangüler ve Erten, 2006). En iyi geliştiği sıcaklık 15°C'dir. Bu türler genel olarak patojen özellik göstermezken, bazı türlerinin ise patojen özelliği gösterebileceği bilinmektedir (Tangüler ve Erten, 2006). Bu türün haricinde *Weissella* cinsine ait 13 tane daha tür belirlenmiştir ve bunlar *W. confusa*, *W. viridescens*, *W. halotolerans*, *W. hilgardii*, *W. kandleri*, *W. minor*, *W. hellenica*, *W. paramesenteroides* olarak bilinmektedir (Stiles ve Holzapfel, 1997; Jang vd., 2002). Bu tür bakterilerin Yunan tipi ekşi hamur ekmeklerinin yapısına ve metabolit üretimine etkileri vardır (Paramithiotis vd., 2006).

**2.3.2. Mayalar**

Mayalar ökaryot bir mikroorganizma grubudur (Tamang ve Fleet, 2009). Gıda sektöründe özellikle fermente ürünlerin üretiminde *Saccharomyces* cinsi mayalar yaygın olarak kullanılmaktadır (Sicard ve Legras, 2011). Mayalar tarafından gerçekleştirilen alkol fermantasyonu, bira ve şarapçılık sektöründe de önemli bir yer tutmaktadır (Hardin vd., 2012). Mayalar gıda endüstrisinde birçok alanda kullanılmaktadır. Mayanın pres, regüler aktif kuru maya, instatnt aktif kuru maya ve protected aktif kuru maya olmak üzere temel olarak 4 çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan en çok pres yaş maya çeşidi ekmeçilikte kullanılmaktadır.

Ekmek üretiminde genel olarak *Saccharomyces cerevisiae* şuşları kullanılmaktadır. Bu şuşların ısıya karşı dayanıklı olma, yüksek sıcaklıkta hızlı üreme, enzim faaliyetlerini uzun süre devam ettirme, yüksek hamur kabartma yeteneği gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Günümüzde ekşi maya yönteminde ise mayalar laktik asit bakterileri ile kombine olarak mik florada bulunmakta ve etki göstermektedir (Evren vd., 2006).

Mayalar ekşi hamur mik florasında genel olarak bulunurken ekmek mayalanmasında rol oynayan *S. cerevisiae* ise en baskın olarak bulunan mayadır. Bunun yanında ekşi hamurda tanımlanan mayalara *S. exiguus*, *C. kursei*, *P. norvegensis* gibi mayalar örnek verilebilir (Rehman vd., 2006). *S. cerevisia* mayasına bu kadar sık olarak rastlanmasının nedeni temel olarak fırıncılıkta normal ekmek mayası olarak kullanılan mayanın ortak mayalama maddesi olarak kullanılması olarak öngörülebilir (Minervini vd., 2015). Ekmek fermantasyonunda maya; ana CO<sub>2</sub> üreticisi olduğundan dolayı ekmeğin mayalanmasından yani kabarmasından sorumludur (Corsetti ve Settanni, 2007).

Ekşi hamur fermantasyonu sırasında laktik asit bakterileri ve mayaların ortak bir mik floraya oluşturması sonucunda organik asit üretimi, uçucu bileşiklerin sentezi, proteolitik ve amilolitik aktiviteler, dokusal ve duyuşal özelliklerin geliştirilmesi, mikrobiyal aktivitenin yavaşlaması sonucu raf ömrünün artması ve ekzopolisakkarit üretimi gerçekleşir (Hammes ve Ganzle, 1998; Gobbetti vd., 1999).

Ekşi hamurun tazelenmesi için yapılan her aşılama işlemi sırasında eklenen un ve su miktarları, fermantasyon süresi, sıcaklığı, depolama sıcaklığı gibi mayalama periyodundaki faktörler değişirse, laktik asit bakterileri ve mayaların türleri bundan etkilenebilir ve laktik asit bakterisi veya mayaların sayısı diğerine zarar verecek şekilde artabilir. Mikroorganizmaların türleri arasındaki değişkenliği azaltmak ve maya-laktik asit bakterisi oranını sabit tutmak için bu parametreleri sabit tutmak esastır. Ayrıca bazı laktik asit bakterisi şuşları tarafından üretilen antimikrobiyal bileşikler diğer mikroorganizmalar üzerinde antagonistik bir etki oluşturabilmektedir (Ganzle, 2003). Steril olmayan un ve diğer besin maddeleri ekşi hamur için bir kontaminasyon kaynağıdır ve mik florayı modifiye eden durumlar yaratabilmektedir. Ekşi hamur mayasının florasında bulunan mayalar, düşük pH, oksijen sınırlaması, ortamda yüksek karbonhidrat konsantrasyonları ve laktik asit bakterilerinin varlığı gibi stresli ortam şartlarına dayanması gereklidir (De Vuyst vd., 2014).

Ekşi hamur mayasında izole edilen ve fermantasyon sürecinde temel olarak görülen *Saccharomyces* ve *Candida* cinsine ait türler vardır. Ekşi hamurda Kline ve Sugihara (1971) tarafından ilk izole edilen maya türü *Saccharomyces exiguus* (*Kazachstania exigua*) ilk izole edilen bakteri ise *Lactobacillus sanfrancisco* (*L. sanfranciscensis*) olarak bilinmektedir (Kline ve Sugihara 1971).

Örnek olarak izole edilen bu iki tür, ünlü bir ekşi hamur ekmeği olan San Francisco ekmeğinin tat ve aromasından sorumludur. Bu iki tür, metabolik faaliyetleri nedeniyle ekşi hamurda önemli bir ilişkiden sorumludur. Temel olarak ekşi hamurda bulunan ve en önemli şekerlerden olan maltoz parçalanma işleminde maya ve laktik asit bakterisi türleri tarafından türlerine bağlı olarak farklı işlemlerden geçmektedir. Örneğin; *L. sanfranciscensis* maltoz pozitif bir mikroorganizmadır ve ekşi hamur fermantasyonu sırasında, maltozu iki glikoz molekülüne ayırır, maltoz negatif bir tür olan *K. exigua* ise

maltozu kullanmadığından laktik asit bakterisi tarafından glikoza indirgenmiş halini kullanır. Bu iki tür, ekşi hamur fermantasyonunda şeker için rekabet etmemektedir. *Candida humilis* (maltoz-negatif) ve *L. sanfranciscensis* (maltoz pozitif); ve *S. cerevisiae* (maltoz pozitif) ve *L. plantarum* (glikoz ve fruktozu tercih eder) ekşi mayada bulunan maya-LAB ilişkilerine örnek olarak verilebilir (De Vuyst vd., 2014). Mikroorganizmaların bu ilişkileri ekşi hamur fermantasyonunu etkileyen birçok faktörden biridir. Çok sayıda endojen ve ekzojen elementlerin varlığı mikroorganizmaların sayısını, fermantasyon sırasındaki mikrobiyal türün varlığını ve bu türler arasındaki dengeyi etkilemektedir.

Ekşi mayanın bileşiminde en yaygın bulunan mayalar 1971 tarihinde tanımlanmış ve bunlar; *S. cerevisiae*, *C. humilis*, *W. anomalus*, *K. exigua*, *P. kudriavzevii* ve *C. glabrata* olarak literatüre geçmiştir (De Vuyst vd., 2017). İzole edilen ve tanımlanan bu maya türlerinin bazıları çok çeşitli ekosistemlerde gelişebildiklerinden, genel olarak *S. cerevisiae* ve *W. anomalus* olarak düşünülürken, diğer mayalar da ekşi hamur mayasının ortamına iyi bir şekilde adapte olmuşlardır (De Vuyst vd., 2016).

Genelde *S. cerevisia* ve *C. humilis* İtalyan ekşi hamurlarında görülürken, *Kazachstania bulderi* ve *C. humilis* çoğu Fransız organik ekşi hamurlarında, Belçika kökenli ekşi hamurlarda ise *S. cerevisiae* ve *W. anomalus* kendini gösterir (De Vuyst vd., 2017). Ortamda glikoz ve maltoz gibi fermente edilebilir karbonhidratların varlığı, unun amilaz aktivitesine bağlıdır (Guerzoni vd., 2013). Enerji kaynağı olarak maltozu tercih eden mayalar ve laktik asit bakterileri arasında beslenme mutualizmi oluşur (De Vuyst vd., 2017). Maltoz negatif olan mayalar invertaz aktivitesi ile sakkarozu hidrolize ederek glikozu kullanır (De Vuyst vd., 2017).

#### 2.4. Ekmek Üretiminde Kullanılma Yöntemine Göre Ekşi Hamur Tipleri

Ekşi hamurlar, üretim teknolojisine bağlı olarak 3 temel grup altında toplanır (Rollan vd., 2010).

- Tip I ekşi hamuru; önceki üretimden ayrılan ekşi hamur, küçük işletmelerde kullanılır.
- Tip II ekşi hamuru; yarı akışkan özellikteki ekşi hamur, endüstriyel işletmelerde kullanılır.
- Tip III ekşi hamuru; yarı akışkan özellikteki ekşi hamur (Tip II) kurusu olarak kullanılır.

Ekşi hamurun olmadığı durumlarda un ve suyun kendi doğal florasıyla hamurun ekşitilmeye bırakılması sonucu üretilen ilk ekşi hamurun ise Tip 0 ekşi hamur olarak tanımlanması gerektiği düşünülmektedir. Geleneksel yöntemle elde edilen bu ilk ekşi hamur; un ilavesi, tazeleme, yenileme ve aşılama (back slopping) olarak adlandırılan bir seri işlem yapılarak fermantasyonu başlatmak için aşı olarak kullanılır. Aşılama işlemi geleneksel olarak 6-24 saat fermantasyon süresince yaklaşık 5-10 kez tekrar ile yapılır. Bu aşılama işleminin amacı, ekşi hamur mikroflorasında bulunan mikroorganizmalar içinde mayanın ekosistemine en iyi adapte olan suşların seçimi ve hamurun mayalanma ve asitlenme kapasitesinin geliştirilmesi ve optimize edilmesidir (De Vuyst vd., 2014).

### 2.4.1. Tip I ekşi hamur

Tip I ekşi hamurlar bir önceki gün fermantasyona bırakılan ve bir parça alınan hamurun diğer fermantasyonda doğal olarak bulunan mikroorganizmaları aktifleştirmek için kullanılmasıyla üretilen ve geleneksel üretim olarak adlandırılan ekşi hamurlardır (Messen ve Vuyst, 2002). Günlük olarak yapılan bu tazeleme işlemi, 20-30°C arasında gerçekleştirilir ve bu sıcaklıklarda mikroorganizma aktivitesi yüksek olduğundan dolayı gaz üretimi ve iyi bir kabarma işlemi gerçekleşir (Meroth vd., 2003b; Palomba 2008). Tip I ekşi hamurlar genellikle serttir ve hamur verimi 200'den düşüktür. Bu tip ekşi hamurlar, bir önceki aşılama kalan hamur kullanılarak geri aşılama yoluyla korunur ve sürekliliği sağlanır. Bu hamur; ön hamur, sponge, gocuk, takoz ve marş gibi isimler de bilinmektedir.

Tip I ekşi hamurun baskın mikroflorası, aşılama kullanılan unun türü, aşılama kullanılan hamur mayasının oranı, fermantasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir ve buna bağlı olarak tür çeşitliliği gösterebilir.

Genel olarak Tip I ekşi hamur florasında *Lactobacillus* cinsi baskın olarak görülür, bunun yanı sıra *Leuconostoc*, *Weissella*, *Pediococcus* ve *Enterococcus* gibi diğer cinslere de rastlanılır (De Vuyst vd., 2014; Ercolini vd., 2013). Daha ayrıntılı ve spesifik olarak ise ekşi hamurdan en yaygın olarak izole edilen türlere; zorunlu heterofermentatif *L. sanfranciscensis* (küresel olarak %75 ekşi hamurlarda izole edilir), *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus pontis* ve *Lactobacillus pontis rossiae*, fakültatif heterofermentatif *Lactobacillus alimentarius*, *Lactobacillus paralimentarius* ve *Lactobacillus plantarum*, zorunlu homofermentatif *Lactobacillus amylovorus* ve *Lactobacillus delbrueckii* ve hamurun daha hızlı asitlenmesinde katkısı olan *Acetobacter* spp. örnek olarak gösterilebilir (Minervini vd., 2012; Ripari vd., 2016; Ganzle ve Ripari, 2016; Huys vd., 2013; Minervini vd., 2014).

Tip I ekşi hamurların farklı ekşi hamur ekmeği çeşitlerinden izole edilen türleri sınıflandırılmıştır. Tip Ia; farklı kaynaklardan elde edilen saf kültür ekşi mayalar, Tip Ib buğday ve çavdardan çok aşamalı fermantasyon ile üretilen karışık kültür ekşi hamurlar ve Tip Ic ise tropikal bölgelerde yüksek sıcaklıklara maruz kalan ekşi hamur mayaları olarak sınıflandırılmaktadır (Palomba, 2008). Tip I ekşi hamuru ile üretilen ekmeklere San Francisco ekmeği, Fransız baget ekmeği ve Panettone ekmeği örnek olarak gösterilebilir.

### 2.4.2. Tip II ekşi hamur

Sıvı-yarı akışkan özellikte olan Tip II ekşi hamurlar, endüstriyel talepleri karşılamak amacıyla ortaya çıkmıştır. Bu tip proseslerde daha uzun fermantasyon yüksek sıcaklık ve yüksek su içeriği ile tanımlanır (Minervini vd., 2011). Uzun fermantasyon süresi ile sürekli artan mikroorganizmalar ile üretilen Tip II ekşi hamurların kullanımı daha güvenilirdir ve aynı zamanda hamur asitlendirici olarak kullanılırlar. Tip II ekşi hamurları 30°C sıcaklıkta ve 2 ila 5 gün sürede fermantasyonla üretilir (Meroth vd., 2003a). Tip II hamur mayası 30°C'den yüksek sıcaklıkta gerçekleşir ve fermantasyonu başlatması amacıyla yüksek konsantrasyonda mikroorganizma suşları aşılır. Tip II ekşi mayalar, doğal flora içeren un suyu karışımına 100:1 maya/LAB oranında bir başlangıç kültürünün eklenmesi işlemiyle tek aşamada üretilen bir ekşi hamur mayası çeşididir.

Ekşi hamur fermantasyonunda ilk 24 saatten sonra ortamın pH değeri 3.5 değerinin altına düşer ve bu durumda mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri azalır (Palomba, 2008). Bu tip ekşi hamur mayaları ekmek üretiminde ekmek lezzetini iyileştirmek için de kullanılabilirler.

Tip II ekşi hamurun mikroflorasında starter olarak aside toleranslı *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. reuteri* ve *L. sanfranciscensis* gibi laktik asit bakterisi türleri kullanılır (De Vuyst vd., 2014; Gaggiano vd., 2007). Tip II hamur mayası fermantasyonu; tüm parametrelerin kontrol edilebildiği biyoreaktörlerde gerçekleştirilir. Üretilen ekşi hamur mayası soğutma, pastörizasyon ve tuz ilavesi gibi işlemlerden birinin veya birkaçının birlikte uygulanmasıyla stabilize edilir ve böylelikle CO<sub>2</sub> ile organik asit üretimi durdurulduktan sonra soğukta birkaç gün saklanarak endüstriyel olarak kullanılabilir. Kullanımının kolay olması, borularla nakledilebilir olması ve üretim sırasında toz oluşturmaması, endüstride bu kadar yaygın olarak kullanılmasının nedenleri olarak gösterilmektedir (Brandt, 2007; Chavan ve Chavan, 2011). Tip II ekşi hamur endüstride hamurun mayalandırmasından ziyade hamurun asitliğinin artırılması için kullanılır (Kulp, 2003). Ayrıca Tip II ekşi hamur mayasından, pizza ve kek gibi ürünlerin hamurlarının hazırlanmasında da faydalanılır (Siepmann vd., 2018).

Tip II ekşi hamurun fermantasyonda eklenen başlangıç laktik asit bakterisi kültürlerinin yüksek sıcaklıkta kullanılması, hamurun hızlı bir şekilde asidifikasyonuna yol açar ve mikroflorada doğal olarak oluşan mayaların büyümesini engelleyebilir. Bu durumdan dolayı fermantasyon işleminden sonra hamura ticari maya olan *S. cerevisia* eklenebilir (De Vuyst vd., 2016). Fermantasyon sırasındaki süre, sıcaklık, yüksek hamur verimi ve starterlerin kullanımı gibi parametreler hamurdaki mikroorganizma ekosisteminin bileşimini etkiler. Tip II ekşi hamurda da birçok tür laktik asit bakterisi izole edilmiştir. Bunlar arasında en sık bulunanlar, zorunlu homofermentatif türler *L. acidophilus*, *L. johnsonii*, *L. farciminis*, *L. delbrueckii* ve *L. amylovorus* ve zorunlu heterofermentatif *L. fermentum*, *L. sanfranciscensis*, *L. reuteri*'dir. Ayrıca *L. brevis*, *L. pontis*, *L. panis*, *L. frumenti* ve *Weissella* spp. gibi türlere de rastlanmıştır. (Corsetti ve Settanni, 2007; De Vuyst ve Neysens, 2005; De Vuyst ve Vancanneyt, 2007; Ehrmann ve Vogel, 2005; Ganzle ve Gobbetti, 2013; Huys vd., 2013). Bu hamurlarda düşük pH değerine ve yüksek ozmotik basınca karşı toleransı nedeniyle *S. cerevisia* mayasına yaygın bir şekilde rastlanır (De Vuyst vd., 2016).

Tip II sıvı ekşi mayaların avantajlarından biri de kurutulma işlemiyle elde edilen Tip III ekşi hamurun aksine proses sırasında aroma maddelerinde kayıp bulunmamasıdır. Bu yönüyle sıvı mayanın endüstride kullanımı ekmek kalitesi açısından olumlu etki sağlar. Aynı zamanda sıvı ekşi hamurun fermantasyon sonrası mikrobiyal faaliyetlerini inaktif hale getirmek gereklidir (Brandt, 2007).

Tip II olarak adlandırılan sıvı ekşi ferment sistemi ekmek yapımı için oldukça eskiden beri kullanılmaktadır. Endüstriyel uygulamaları ise gelişen teknoloji ile birlikte yeni başlamıştır (Baykara, 2006). Özellikle; mekanik olgunlaştırıcıların, sürekli karıştırma sistemlerinin uygulamada kullanılmaları sıvı ekşi ferment yönteminin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır İlk olarak 1950'li yıllarda beyaz ekmek üretiminde unsuz su fermenti kullanılmış ve bunu daha sonraki yıllarda tüketici isteklerine bağlı olarak çeşitli oranlarda un içeren unlu sıvı ekşi ferment uygulamaları takip etmiştir (Demir, 2004). Özellikle sürekli ekmek yapım teknolojisindeki gelişmelerin paralelinde

ortaya çıkan sıvı ekşi ferment sistemi sert hamurun değişikliğe uğratılarak, pompa ile aktarılabilir sıvı bir forma sokulması işlemidir. Sıvı ekşi fermenti hazırlamada gerekli olan un miktarı, ekmeğin yapımında kullanılan toplam unun %10 ile %70'i kadardır. Katılan un akıcılığı azaltırken ortamın tampon kapasitesini arttırmakta ayrıca hamurun su absorpsiyonunu bir miktar düşürmektedir (Demir, 2004). Laktik asit bakterilerinin metabolik hızının yavaş olması ekşi hamur ekmeğinin üretim sürecinin uzamasına neden olmaktadır. Bu nedenle özellikle ekşi hamur ekmeğinin üretimi ile ilişkili yapılan çalışmalar hızlı metabolik aktiviteye sahip ekşi mayanın belirlenmesi veya bu mayanın aktivitesinin hızlandırılması yönünde yürütülmektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar, ekşi hamur sıvı ekşi ferment sisteminin, üretim sürekliliğinin sağlanabilmesi ve süresinin kısaltmasından dolayı endüstriyel uygulamalar için daha uygun olduğunu göstermektedir (Paramithiotis vd., 2006; Ravyts ve Vuyst, 2011)

Endüstride sıvı hamur mayasının kullanılmasının yaygınlaşmasıyla birlikte, üretim maliyetinin düşmesi, elde edilen ürünün üniform, kaliteli ve ince gözenekli olması, geç bayatlayan yapıya sahip olması bunun dışınca iş gücü, yer, zaman tasarrufu da sağlanmıştır. Aynı zamanda ekmeğin kalite için önemli olan fermantasyon parametrelerinin kontrolü, çeşitli ekmeğin üretimi için eklenecek katkıların daha kolay eklenebilmesi gibi avantajları da görülmektedir (Carnevali vd., 2007; Demir vd., 2006; Brandt, 2007). Çok aşamalı olarak üretilen ekşi hamur çavdar ekmeği ise Tip II ekşi hamur ekmeğine örnek verilebilir (Meroth vd., 2003a).

### 2.4.3. Tip III ekşi hamur

Tip III ekşi hamurlar ise geleneksel yöntem ile üretilen ekşi hamurların kurutma ile suyunun uçurulmasıyla elde edilen çoğunluk ile de Tip II ekşi hamurun kurutulmasıyla üretilen toz halindeki ekşi hamurlardır (Meroth vd., 2003a). Tip III ekşi hamurlar da ürünün kalitesi stabil olduğundan dolayı fırıncılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Kuru olması nedeniyle Tip III ekşi hamurlar uzun bir raf ömrüne sahiptir ve endüstriyel açıdan oldukça kullanışlıdır.

Bu kurutma işlemi için tambur, akışkan yatak, sprey ve dondurarak kurutma yöntemleri kullanılabilir (Chavan ve Chavan, 2011; Decock ve Cappelle, 2005; Messens ve Vuyst, 2002). Kurutma teknolojisinde kullanılabilen teknikler gereği hamurun pompalanabilir nitelikte olması gerektiği için hamur veriminin genellikle 200'den daha yüksek olması gereklidir. Tip III ekşi hamurda üretim teknolojisi gereği kurutma işlemine bağlı olarak asetik asit gibi bazı uçucu bileşenlerin kısmen kaybı da gerçekleşmektedir (Brandt, 2007).

Tip III ekşi hamurun Tip I ve Tip II ye göre sabit kalite, daha uzun raf ömrü, daha küçük hacim, depolama kolaylığı gibi avantajları vardır. Bu durum endüstride Tip III ekşi hamurun ticarileştirilmesine katkıda bulunmuştur. Tip III ekşi hamur; tost ekmeği, waffle, San Francisco ekmeği ve Panettone ekmeği gibi ekmeğin üretiminde kullanılmaktadır (Corsetti, 2013; Decock ve Cappelle, 2005; Siepmann vd., 2018). Tip III ekşi hamurda kullanılan starter kültürler yüksek asitlendirme ve lezzet bileşenleri üretme kabiliyetine sahiptir. Tip III ekşi hamurlar genellikle *L. brevis*, *P. pentosaceus* ya da *L. plantarum* gibi kurutma işlemine dirençli olan laktik asit bakterisi türlerini içerir (Palomba, 2008).

**Çizelge 2.2.** Ekşi hamur üretim yöntemlerine göre en çok izole edilen laktik asit bakterileri ve mayalar

Tip I	Tip II	Tip III
<b>Obligat heterofermantatif LAB</b>	<b>Obligat heterofermantatif LAB</b>	<b>Obligat heterofermantatif LAB</b>
<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Lactobacillus rossiae</i>	<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i>	
<i>Lactobacillus pontis</i>	<i>Weissella</i> spp.	
<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>Lactobacillus frumenti</i>	
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>	
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Lactobacillus reuteri</i>	
	<i>Lactobacillus panis</i>	
	<i>Lactobacillus pontis</i>	
<b>Fakültatif heterofermantatif LAB</b>		<b>Fakültatif heterofermantatif LAB</b>
<i>Lactobacillus alimentarius</i>		<i>Pediococcus pentosaceus</i>
<i>Lactobacillus paralimentarius</i>		<i>Lactobacillus plantarum</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>		
<b>Obligat homofermantatif LAB</b>	<b>Obligat homofermantatif LAB</b>	
<i>Lactobacillus amylovorus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	<i>Lactobacillus johnsonii</i>	
	<i>Lactobacillus farciminis</i>	
	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	
	<i>Lactobacillus amylovorus (rye)</i>	
	<b>Mayalar</b>	
<i>S.cerevisia</i>	<i>S.cerevisia</i>	<i>S.cerevisia</i>
<i>Kazachstania exigua</i>		
<i>Candida humilis (reclassified as Kazachstania humilis)</i>		
<i>Pichia kudriavzevii</i>		
<i>Torulasporea delbrueckii</i>		
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>		

## 2.5. Fermantasyon Yöntemine Göre Ekşi Hamur Tipleri

Ekşi hamur üç farklı yöntemle hazırlanabilmektedir.

Doğal fermantasyon yöntemi; un ve su karışımından elde edilen hamur, oda koşullarında 1-2 gün bırakıldığında, unun doğal mikroflorasında bulunan



mikroorganizmalardan dolayı fermantasyon gerçekleşmekte ve hamurun asitliği yükselmektedir. Fermantasyon süresince LAB (*Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp.) dominant duruma geçmektedir. Ekşi hamurda LAB'nin sayısı  $3 \times 10^9$  kob/ml, maya sayısı ise  $10^6$ - $10^7$  kob/ml düzeyine çıkmaktadır. Diğer yandan, doğal fermantasyon her zaman başarılı sonuçlanmamakta, olumsuz tat ve aroma oluşumu da görülebilmektedir.

Olgun ekşi hamur ilavesi yöntemi; bu yöntemde geleneksel olarak, daha önce ekşi hamur ekmeği yapımında kullanılan metabolik aktiviteye sahip ekşi hamurdan bir miktar alınarak un ve su karışımına ilave edilmektedir.

Starter kültür ilavesi yöntemi; fermantasyonu gerçekleştirmek amacıyla saf LAB kültürü veya LAB/maya karışımı kullanılmaktadır. Ekşi hamur kültürü seçiminde, hamuru kısa sürede asitlendirme yeteneğine ve ekme yapımında kullanıldığında kabul edilebilir aroma oluşturma özelliğine sahip olan kültürler seçilmelidir (Erginkaya ve Kabak, 2010).

## 2.6. Ekşi Hamur Ekmeğinin Sağlıkla İlişkisi

Laktik asit bakterilerinin gıdalarda koruyucu olarak kullanılması son zamanlarda tüketicilerin doğal ve katkısız ürünlere gösterdikleri ilgiden dolayı artmıştır (Çon ve Gökalp, 2000). Ekşi hamur mikroflorasındaki laktik asit bakterilerinin ürettiği laktik asit, asetik asit gibi organik asitlerin sentezi ve aroma maddesi sentezi, proteolitik ve amilolitik aktivitesi gibi diğer metabolik özellikleri de laktik asit bakterilerin starter olarak kullanılmasının bir diğer avantajıdır (Şimşek vd., 2006). Ekşi hamur fermantasyonu sırasında meydana gelen organik asitlerin pH değerini düşürmesinden dolayı asidik bir ortam oluşması ve böylelikle ekmekte rop hastalığına neden olan *Bacillus subtilis*'in gelişiminin engellenmesi gerçekleşmektedir. Mineral bağlayıcı bir madde olan fitik asidin yıkımı sonucu mineral biyoyararlılığının artması ekşi hamurun sağlık açısından sağladığı bir diğer avantajıdır (Sıkılı ve Karapınar, 2002).

Geleneksel bir işlem olan ekşi hamur mayası fermantasyonu, gelişen teknolojiye ve tüketicilerin isteğine bağlı olarak son zamanlarda oldukça sık ve çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Fermantasyon sonucu elde edilen ekşi hamurlar sadece ekme üretiminde değil aynı zamanda kek, kraker ve tahıl bazlı diğer ürünlerin üretiminde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Arendt vd., 2007). Ekşi hamur teknolojisi kullanımının artmasının nedenlerinden biri de tüketicinin doğal ürüne olan ilgisidir. Ekşi hamur teknolojisi gıdanın lezzet, besin kalitesi ve raf ömrü gibi besinsel ve kalite özelliklerini arttırmaktadır (Salovaara, 1998).

### 2.6.1. Tat aroma maddelerinin oluşumu

Ekmekte oluşan tat ve aroma maddelerine, fermantasyon sırasında gelişen oldukça kompleks reaksiyonlar da etki etmektedir (Özkaya, 1984). Ekşi hamurun mikroflorasında bulunan laktik asitler fermantasyon sırasında pek çok bileşen üretmektedir. Bunlardan biri de laktik asitlerin ürettiği organik asitlerdir ve ekme hamurunda pH değerini düşürür ve aromayı geliştirir. Diğer üretilen bileşikler de alkoller, aldehitler, ketonlar ve esterler gibi bileşenlerdir. Ekmekte aromanın oluşumunda fermantasyon sırasında oluşan bu bileşikler önemli rol oynar.

### 2.6.2. Ekzopolissakkarit üretimi

Ekzopolisakkaritler genel olarak hücre duvarının dışında bulunan tüm bakteriyel polisakkarit yapılar olarak tanımlanabilir (Sutherland, 1972). Ekzopolisakkarit birbirini tekrar eden monosakkarit ve türevi bileşiklerin dallanmasıyla oluşan uzun zincirli polisakkaritlerden oluşmaktadır. Bu yapıda bulunan monosakkaritler birbirinden farklı miktarlarda bulunur ve genelini glikoz, galaktoz, ramnoz gibi monosakkaritlerden oluşur (Welman ve Maddox, 2003). Ekzopolisakkaritler laktik asit bakterileri tarafından da üretilen bir metabolittir (De Vuyst ve Marshall, 2001). Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan laktik asit bakterileri tarafından üretilen kapsüler ve yapışkan çeşitteki ekzopolissakkaritler gıdaların kalite ve besinsel özelliklerine katkı sağlamaktadırlar. Laktik asit bakterilerinin bazıları hem kapsüler hem yapışkan türü üretirken bazıları tek çeşit ekzopolisakkarit üretmektedir (De Vuyst ve Deegest, 1999; Deegest vd., 2001; Tok 2007; Dertli vd., 2013). Ekzopolisakkarit üreten laktik asit bakterileri “ropy” olarak da adlandırılır (Laws ve Marshall, 2001). Ekşi hamur teknolojisinde ekzopolissakkaritler ekmeğin tekstürel özelliklerini iyileştirirler.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Bu araştırmada Isparta’da bilinen 5 farklı fırından 5 adet ekşi hamur örneği aseptik koşullar altında alınarak steril örneğ taşıma kaplarına konulmuş ve soğuk zincir içerisinde aynı gün içinde Antalya’daki Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına getirilerek buzdolabına yerleştirilmiştir. Ekşi hamur mayası ve ekmeği üretiminde kullanılan buğday unu, su, tuz ve yaş maya Türk Gıda Kodeksi’nin ilgili tebliğlerine uygun olarak piyasadan temin edilmiştir. Analizlerdeki; kimyasal maddeler ve besiyerleri analitik saflıkta kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Temsili sıvı ekşi fermentin hazırlanması

Temin edilen her ekşi hamur mayasından 10 g alınarak ayrı ayrı eşit miktarlarda (1:1:1) un ve su ile karıştırılarak 30°C’de her gün yenilenerek 3 gün boyunca mikroflora aktiveleştirilmiştir. Aktiveleştirilen 5 farklı mayadan eşit miktarlarda (5x10 g) alınarak 50 g un ve 50 mL saf su ile birleştirilerek temsili ekşi hamur mayası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu ekşi hamur mayası 7 gün boyunca ilk 3 gün her 24 saatte bir kez son 4 gün ise her 12 saatte bir kez olmak üzere eşit miktarlarda (1:1:1) maya, un ve su ile yenilenerek 30°C’de tutulmuş ve böylece temsili olgun ekşi maya hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan temsili olgun ekşi mayadan 96 g alınıp 112 g un ve 432 mL su ile karıştırılarak hamur verimi 400 olan sıvı bir karışım hazırlanmış ve bu karışım 15 saat boyunca 30°C sıcaklıkta fermente edilerek sıvı bir ekşi ferment elde edilmiştir. Bu sıvı ekşi ferment her 3 saatte bir pH ve TTA değeri ölçülerek ve maya ve laktik asit bakterileri sayılarak takip edilmiştir. Bu süreçte pH değerinin 3.5 değerinin altına düştüğü ve toplam laktik asit bakterisi sayısının ise toplam maya sayısının yaklaşık 100 katına ulaştığı tespit edilmiştir. Bu sıvı ekşi ferment üzerine %4 hesabına göre tuz ilave edilerek fermantasyon durdurulduktan sonra sıvı ekşi ferment ekşi hamur ekmeği üretiminde kullanılmıştır.

##### 3.2.1.1. Sıvı ekşi fermentin depolanması

Bölüm 3.2.1’de açıklandığı şekilde hazırlanan sıvı ekşi hamur +4°C’de 1 ay süre ile depolanmış ve haftalık olarak toplam laktik asit bakterisi, toplam maya, toplam titrasyon asitliği ve pH analizleri yapılmıştır.

##### 3.2.2. Sıvı ekşi ferment kullanarak ekmek üretimi

Elde edilen sıvı ekşi ferment kullanılarak ekşi hamur ekmeği üretimi %0, 10, 20, 30 olmak üzere 4 farklı sıvı ekşi ferment oranında 45, 90, 135, 180 dakika olmak üzere 4 farklı son fermantasyon süresinde gerçekleştirilmiştir. Ekmek formülasyonunda 100 g un üzerinden %2 ticari maya, %1.5 tuz, %65 su ve deneme desenine uygun miktarda sıvı ekşi ferment kullanılmıştır. Ekmek üretiminde 15 adet 65 g yuvarlak (roll) ekmek elde edilecek şekilde 700 g un kullanılarak diğer bileşenlerin hesaplaması yapılmıştır. Su ve tuz oranının hesaplamasında sıvı ekşi fermentten gelecek olan su ve tuz miktarı da hesaba katılmıştır. Hamur bileşenleri gerekli miktarda tartılıp, karıştırma kabına eklenmiş, üzerine bir gece önceden hazırlanan sıvı ekşi ferment ve 40°C sıcaklıkta su ilave

edilmiştir. Bir hamur yoğurma makinasında (Kitchen Aid, ABD) 120 devir/dakika hızda 10 dakika boyunca yoğurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yoğurulan hamur kitle fermantasyonu için üzeri bir bezle kapatılarak 25°C sıcaklıkta 30 dakika bekletilmiştir. Kitle fermantasyonu aşamasından sonra beze haline getirilen hamurlar tepsiye alınmış, üzeri bir bez ile örtülmüş ve 1 saat süreyle ara fermantasyona bırakılmıştır. Ara fermantasyondan sonra hamurlarda gaz alma işlemi yapılmış ve deneme desenine uygun sürece son fermantasyona bırakılmıştır. Fermente olan hamurlar 225°C sıcaklıktaki ve su buharı oluşması için içerisinde su bulunan bir fırında 24 dk süreyle pişirilmiştir.

### 3.2.3. Araştırma planı ve istatistiksel yöntemler

Elde edilen sıvı ekşi fermentin, ekşi hamur ekmeği üretmek üzere kullanım oranı ve fermantasyon süresini optimize etmek için faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. Bu faktöriyel desen; 4 sıvı ekşi ferment oranı (%0, 10, 20 ve 30) ve 4 son fermantasyon süresi (45, 90, 135 ve 180 dakika) olmak üzere 4x4 düzeninde gerçekleştirilmiştir. Araştırma iki tekerrürlü, analizler ise paralelli olarak yapılmıştır. Verilere varyans analizi ve önemli bulunan faktörlere Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar SPSS istatistik programı ile gerçekleştirilmiş olup değerler ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde çizelgeler halinde düzenlenmiştir.

### 3.2.4. Fiziksel analizler

#### 3.2.4.1. Renk analizi

Ekmekte renk analizi, ekmek üretiminden 2 saat sonra, ekmek ortasından çıkartılan 3 cm genişliğindeki bir ekmek dilimi üzerinde ekmek kabuk ve iç rengi bir renk tayin cihazı (Chroma meter CR-400 Conica Minolta, Japonya) ile  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri olarak 8 okuma halinde yapılmıştır (Elgün vd., 2002).

#### 3.2.4.2. Viskozite analizi

Sıvı ekşi hamurun viskozite analizi, Stokes sürtünme yasasına göre düşen küreler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve viskozite aşağıdaki eşitlik ile  $Pa.s$  olarak hesap edilmiştir. Eşitlikte;  $r$  küre yarıçapını,  $g_b$  kürenin yoğunluğunu,  $g_s$  ekşi hamurun yoğunluğunu,  $g$  yer çekimi ivmesini,  $V$  limit hızı ve  $\mu$  ise viskoziteyi göstermektedir. (Sarıkaya, 1993).

$$\mu = \frac{\left(\frac{2}{9}\right) \times r^2 \times (\rho_b - \rho_s) \times g}{V}$$

#### 3.2.4.3. Spesifik hacim

Ekmeklerin ağırlık ve hacimleri fırın çıkışından 2 saat sonra ölçülmüştür. Ekmek hacmi kolza tohumuyla yer değiştirme prensibine göre belirlenmiş ve bu değer ekmek ağırlığına oranlanarak spesifik hacim değeri ( $cm^3/g$ ) elde edilmiştir (Elgün vd., 2002).

$$\text{Spesifik hacim} = \frac{\text{Ekmek hacmi (cm}^3\text{)}}{\text{Ekmek ağırlığı (g)}}$$

#### 3.2.4.4. Tekstür profil analizi

Ekmeklerde tekstür profil analizi (TPA, TA Plus, İngiltere) ekmek üretiminden 2 saat sonra, ekmek ortasından çıkartılan 3 cm kalıģındaki bir ekmek dilimi üzerinde 2., 24., 48. ve 72. saatlerde yapılarak bayatlamının takibinde kullanılmıştır. TPA analizi tekstür analiz cihazı ve bu cihazın 50 mm çapındaki silindir probu ile 1.7 m/s test hızı, %40 sıkıştırma oranı ve 10 g tetik kuvveti kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Candal, 2016).

#### 3.2.5. Kimyasal analizler

##### 3.2.5.1. Kurumadde analizi

Ekşi hamur örneklerinin kurumadde içeriği, örnek 105°C’de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar etüvde tutularak belirlenmiştir (Elgün vd., 2002).

##### 3.2.5.2. pH analizi

10 g örnek 90 ml saf su içinde homojenize edildikten sonra pH değeri, bir pH metre (Hannamodel İtalya, Limena) kullanılarak ölçölmüştür (Paramithiotis vd., 2006).

##### 3.2.5.3. Titrasyon asitliği analizi

Toplam titrasyon asitliği, pH analizinde kullanılan örnek 0.1 N NaOH özeltisiyle fenolftaleyn indikatörlüğünde renk değişimi gözleninceye kadar titre edildikten sonra harcanan çözelti hacmi kullanılarak % laktik asit cinsinden hesap edilmiştir (Elgün vd., 2002).

$$\%Asitlik\left(\frac{g}{l}\right) = V \times N \times E \times 1000 \div M$$

*V*: Titrasyonda harcanan alkali (mL)

*N*: Alkalinin normalitesi

*E*: Laktik asidin miliekivalan ağırlığı

*M*: Alınan örnek miktarı (mL)

#### 3.2.6. Duyusal analiz

Üretilen ekşi hamur ekmeklerinin; koku, hacim, kabuk rengi, iç renk, gözenek yapısı, ekşilik ve genel beğeni özellikleri 5 puanlık hedonik bir skala ile Ek-1’de verilmiş olan çizelgeye göre eğitimli panelistlerce değerlendirilmiştir.

### 3.2.7. Mikrobiyolojik analizler

#### 3.2.7.1. Örnek hazırlama

10 g örnek 90 mL ringer çözeltisi (1/4) içerisine tartıldıktan sonra homojenize hale getirilerek oluşturulan  $10^{-1}$  dilisyonundan 1 mL alınarak içerisinde 9 mL ringer çözeltisi bulunan deney tüplerine seri dilisyonlar hazırlanmış ve mikrobiyolojik analizlerde bu seri dilisyonlar kullanılmıştır.

#### 3.2.7.2. Maya sayımı

Maya sayısını belirlemek için seri dilisyonlardan 0.1 mL alınarak bakteri gelişimini önlemek için 50 µg/L oksitetrasiklin ilave edilmiş olan Potato Dekstroz Agar (PDA) içeren petrilere yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve petrilere 25°C'de 5 gün inkübe edildikten sonra gelişen koloniler sayılmıştır (Halkman, 2005).

#### 3.2.7.3. Laktik asit bakterisi sayımı

Seri dilisyonlardan 0.1 mL alınarak, maya gelişimini önlemek için 50 µg/L sikloheksimit ilave edilmiş olan MRS agar içeren petrilere yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petrilere, içerisinde oksijeni tutan gaz kitleri (Anaerocult Darmstadt, Germany) bulunan anaerobik desikatörlerde 30°C'de 3 gün inkübe edildikten sonra gelişen koloniler sayılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Temin Edilen İlk Ekşi Hamurlara Yapılan Analiz Bulguları

#### 4.1.1. Temin edilen ilk ekşi hamurların toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri

Isparta ilinin çeşitli bölge ve fırınlarından toplanan ekşi hamur örneklerine toplam titrasyon asitliği analizi ve pH analizleri yapılmıştır. Toplanan hamurların titrasyon asitliği ve pH değerlerine ait bulgular Çizelge 4.1’de verilmiştir. Temin edilen ekşi hamur örneklerinin toplam titrasyon asitliği laktik asit cinsinden %0.90 ile 1.26 ve pH değerlerinin ise 3.81 ile 3.52 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Temin edilen ilk ekşi hamurların ortalama titrasyon asitliği ve pH değerleri

Ekşi hamur	TTA (%laktik asit)	pH
1.	1.26	3.57
2.	0.95	3.61
3.	0.90	3.62
4.	0.90	3.65
5.	0.76	3.74

Yapılan bir çalışmada ekşi hamur örneklerinin toplam titrasyon asitliği değerinin %0.93-1.48, pH değerinin ise 4.9 ile 3.8 arasında olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz, 2019). Bakırcı (2019)’nın yaptığı çalışmada ise yöresel ekşi hamur örneklerinin pH değerlerinin 3.78 ile 4.21 değeri arasında olduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada ise Isparta ilinin çeşitli fırınlarından temin edilen ekşi hamurların 12 saatlik fermantasyon sonrasındaki pH değeri 3.70 ve 18 saatlik fermantasyon sonrasındaki pH değerinin ise 3.95 olduğu tespit edilmiştir (Gül vd., 2005).

#### 4.1.2. Temin edilen ilk ekşi hamurların laktik asit bakterisi ve maya sayıları

Isparta ilinin çeşitli bölge ve fırınlarından toplanan ekşi hamur örneklerine laktik asit bakterisi ve maya sayımı analizleri yapılmıştır. Toplanan ekşi hamur örneklerine ait laktik asit bakterisi ve maya sayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Temin edilen ilk ekşi hamurların ortalama laktik asit bakterisi ve maya sayımı

Ekşi hamur	LAB (log kob/g)	Maya (log kob/g)
1.	2.80	4.40
2.	3.69	4.32
3.	3.89	4.14
4.	4.24	3.95
5.	4.15	3.86

Yapılan bir çalışmada ekşi hamur örneklerinin laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerlerinin 9.10 log kob/g ve 5.25 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Gül, 2019). Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan 11 adet ekşi hamur örnekleri üzerine yapılan bir başka çalışmada ise örneklerin maya sayısı ortalamasının 2.00 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Yılmaz, 2019).

#### 4.1.3. Temin edilen ilk ekşi hamurların kurumadde değerleri

Temin edilen ilk ekşi hamur örneklerinin kurumadde içeriklerine ait bulgular Çizelge 4.3' de verilmiştir. Temin edilen ekşi hamur örneklerin kurumadde içeriklerinin %45.08 ile 56.68 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Temin edilen ilk ekşi hamurların ortalama kuru madde içerikleri (%)

Ekşi hamur	Kurumadde (%)
1.	45.08
2.	51.91
3.	54.32
4.	55.14
5.	56.68

Yapılan bir çalışmada çeşitli yörelerden toplanan ekşi hamurların kurumadde değerinin %53.21 ile 57.33 arasında değiştiği bildirilmiştir (Işıkalp, 2019).

## 4.2. Temin Edilen Ekşi Hamurlardan Elde Edilen Olgun Ekşi Hamura Ait Bulgular

### 4.2.1. Olgun ekşi hamurların toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri

Sıvı ekşi ferment üretiminde kullanılmak üzere farklı fırınlardan toplanandıktan sonra olgunlaştırılan ve karıştırılan ekşi hamur örneklerinin kimyasal analiz sonuçları çizelge 4.4'de verilmiştir. Bu verilere göre ekşi hamur örneklerinin pH değerlerinin 3.57 ile 3.86 aralığında olduğu, toplam titrasyon asitliği değerlerinin ise %1.04 ile 1.10 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada ekşi hamur örneklerinin pH değerlerinin 3.8 ile 4.9 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Yılmaz., 2019). Bakırcı (2019)'nın yaptığı çalışmada ise yöresel ekşi hamur örneklerinin pH değerleri 3.78 ile 4.21 değeri arasında olduğu bildirilmiştir. Yağmur (2013)'un yaptığı çalışma sonucu ise çeşitli yörelerden toplanan ekşi hamur örneklerinin pH değerleri 3.77 ile 5.44 arasında değişirken Isparta yöresine ait ekşi hamurun pH değerinin 4.04 olduğu rapor edilmiştir. Literatürdeki titrasyon asitliği analizi sonuçlarının ise %0.93 ile 1.48 arasında değiştiği bildirilmiştir (Gül, 2019). Yılmaz (2019)'ın yaptığı bir çalışmada ise ekşi hamur örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin %0.79-1.48 arasında değişmekte olduğu rapor edilmiştir.



**Çizelge 4.4.** Sıvı ekşi ferment elde etmek üzere karıştırılan ekşi hamurların kimyasal analiz sonuçları (I.ve II. tekerrür)

TTA (%laktik asit)	pH değeri
1.34	3.56
1.10	3.67

#### 4.2.2. Laktik asit bakterisi ve maya sayısı

Fırınlardan toplanan, olgunlaştırılan ve karıştırılarak yeniden oluşturulan ekşi hamur örneklerin laktik asit bakterisi ve maya sayısı I. ve II tekerrür verileri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu verilere göre ekşi hamur örneklerinin laktik asit bakterisi sayısının 8.68 - 8.23 log kob/g aralığında olduğu, maya sayısının ise 6.60 - 6.45 log kob/g olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada ekşi hamur örneklerinin laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerlerinin 9.10 ve 5.25 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Gül, 2019). Yağmur (2013)’un yaptığı çalışmada ise çeşitli yörelerden toplanan ekşi hamurların laktik asit bakterisi sayılarının 6.71 ile 9.16 log kob/g arasında değiştiği ve maya sayısının ise 5.27 ile 8.08 log kob/g arasında değiştiği bildirilmiştir. Isparta yöresinden toplanan ekşi hamurun laktik asit bakterisi sayısı 7.85 log kob/g bulunurken, maya sayısı 6.68 log kob/g olarak rapor edilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Sıvı ekşi ferment elde etmek üzere karıştırılan ekşi hamurların mikrobiyolojik analiz sonuçları (I. ve II. tekerrür)

LAB (log kob/g)	Maya (log kob/g)
8.68	6.60
8.23	6.45

### 4.3. Hazırlanan Sıvı Ekşi Fermente Yapılan Analizler

#### 4.3.1. Sıvı ekşi fermentin kurumadde içeriği ve viskozitesi

Bölüm 3.2.1’de açıklanan yöntemle göre hazırlanan sıvı ekşi fermentin fermantasyon sonundaki ortalama kurumadde içeriğinin %21.75 ve viskozitesinin ise ortalama 1.38 Pa.s olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda sıvı ekşi fermentin ortalama kurumaddesinin %19.27 ile 32.94 arasında olduğu bildirilmiştir (Yağmur, 2013). Yapılan başka bir çalışmada ise %10 ön hamur eklenerek hazırlanan ekşi hamurların viskozite değerinin 0.01 Hz’de 2500 Pa.s ile 1 Hz’de 70 Pa.s arasında değiştiği bildirilmiştir (Wehrle ve Arendt, 1998). Bir başka çalışmada ise çeşitli starter kültürler eklenen ekşi hamurların viskozite değerinin ortalama 67 Pa.s olduğu bildirilmiştir (Katina vd., 2009).

### 4.3.2. Toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri

Bölüm 3.2.1’de açıklanan yöntemle göre sıvı ekşi ferment hazırlandıktan sonra fermantasyonu takip etmek amacıyla 0., 3., 6., 9., 12. ve 15. saatlerde örnek alınmış ve alınan örneklerle toplam titrasyon asitliği ve pH analizleri yapılmıştır. Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerlerine ait I.ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.6’da, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; fermantasyon süresinin toplam titrasyon asitliği ve pH değeri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu ( $p<0.01$ ) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; 15 saatlik fermantasyon sırasında oluşan organik asitler nedeniyle titrasyon asitliğinin %0.31 değerinden %0.75 değerine yükseldiği ve bunun sonucu olarak da pH değerinin önemli bir şekilde 4.74 değerinden 3.65 değerine düştüğü belirlenmiştir.

Yapılan benzer bir çalışmada, hamur verimi 400 olan bir sıvı ekşi ferment sistemi 72 saat boyunca takip edilmiş ve pH değerinin 5.98’den 3.12’ye düştüğü rapor edilmiştir (Yağmur, 2013). Yapılan bir başka çalışmada ise sıvı hale getirilen ve 10°C’de 16-19 saat fermantasyona bırakılan sıvı ekşi hamurların pH değerinin 4.20-4.22 aralığında olduğu bildirilmiştir (Di Cagno vd., 2014). Diğer bir çalışmada ise; 160 hamur verimine sahip 28°C’de 4 saat fermente edilen ekşi hamurların pH değerinin 4.04-3.79 arasında olduğu rapor edilmiştir (Gaggian vd., 2006). Bir başka çalışmada ise iki farklı maya kullanılan ve 330 hamur verimine sahip sıvı ekşi hamurun pH değerinin 3.60 ile 3.78 arasında olduğu ve titrasyon asitliği değerinin 5.47 (%2.43) ile 5.25 ml (%2.36) arasında olduğu bildirilmiştir (Galli vd., 2019).

**Çizelge 4.6.** Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerleri (I.ve II. tekerrür)

Süre (saat)	TTA (% laktik asit)	pH
0.	0.33	4.79
	0.29	4.69
3.	0.38	4.48
	0.40	4.43
6.	0.46	4.04
	0.53	3.98
9.	0.61	3.80
	0.63	3.86
12.	0.66	3.69
	0.61	3.74
15.	0.78	3.66
	0.73	3.65

**Çizelge 4.7.** Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\* p<0.01, \* 0.01<p<0.05, - p>0.05)

VK	SD	TTA		pH	
		KO	F	KO	F
Süre (saat)	5	0.05	67.75**	0.38	205.89**

**Çizelge 4.8.** Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

Süre (saat)	N	TTA (% laktik asit)	pH
0.	2	0.31 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02	4.74 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10
3.	2	0.39 <sup>d</sup> $\pm$ 0.01	4.45 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06
6.	2	0.48 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02	4.01 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03
9.	2	0.63 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01	3.83 <sup>d</sup> $\pm$ 0.03
12.	2	0.63 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02	3.71 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04
15.	2	0.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	3.65 <sup>d</sup> $\pm$ 0.00

#### 4.3.3. Zamana bağlı olarak değişen laktik asit bakterisi ve maya sayıları

Bölüm 3.2.1’de açıklanan yöntemle göre sıvı ekşi ferment hazırlandıktan sonra fermantasyonu takip etmek amacıyla 0., 3., 6., 9., 12. ve 15. saatlerde örnek alınmış ve alınan örnekler analizler yapılmıştır. Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısına ait I.ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.9’da, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10’da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; fermantasyon süresinin laktik asit bakterisi sayısı ve maya sayısı üzerine etkisinin önemli olduğu (p<0.01) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; 15 saatlik fermantasyon sonunda ekşi hamurun doğası gereği var olan laktik asit bakterilerinin 8.04 log kob/g değerinden 9.31 log kob/g değerine bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Maya sayısının ise fermantasyon süresinden önemli bir şekilde etkilenecek şekilde 7.84 log kob/g değerinden 5.72 log kob/g değerine düştüğü belirlenmiştir. Sıvı ekşi fermentte başlangıçta yüksek miktarda bulunan laktik asit bakterilerinin fermantasyon boyunca birbirleriyle besin rekabeti etmeleri sonucu sayılarının ancak 1 log kob/g kadar artabildiği, maya sayısının ise bakteriler tarafından oluşturulan yüksek asitlik ve düşük pH şartlarından olumsuz etkilenecek şekilde zamanla azaldığı değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada tek, iki ve üç farklı bakteri içeren starter kültürlerle hazırlanan Tip II ekşi hamurların fermantasyon sürecindeki laktik asit bakterisi sayısı ve maya sayısı takip edilmiştir. Tekli kültürde laktik asit bakterisi sayısının zamana bağlı olarak artış gösterdiği, başlangıçta ortalama 2.00 log kob/g olan maya-küf sayısının ise düzensiz artış gösterdiği mikroorganizmaların bir kısmının artıp bir kısmının ise zamana

bağlı olarak azaldığı, ikili kültürle hazırlanan ekşi fermentlerin ise maya küf sayısında zamanla azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Küçükçuban, 2012). Yapılan bir başka çalışmada ise çeşitli starter kültürler eklenen ekşi hamurların laktik asit bakterilerinin 7.9 ile 9.6 log kob/g aralığında olduğu tespit edilmiştir (Katina vd., 2009).

**Çizelge 4.9.** Sıvı ekşi fermentin zamana bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı (I.ve II. tekerrür)

Süre (saat)	LAB (log kob/g)	Maya (log kob/g)
0.	8.14	7.72
	7.95	7.96
3.	8.28	7.30
	8.42	7.45
6.	8.37	6.90
	8.45	6.83
9.	8.55	6.50
	8.60	6.55
12.	8.86	5.95
	8.79	5.90
15.	9.20	5.75
	9.43	5.70

**Çizelge 4.10.** Farklı sürelerde takip edilen sıvı ekşi fermentin LAB ve maya sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\* p<0.01, \* 0.01<p<0.05, - p>0.05)

VK	SD	LAB		Maya	
		KO	F	KO	F
Süre (saat)	5	0.38	37.96**	6.24	272.07**

**Çizelge 4.11.** Farklı sürelerde takip edilen sıvı ekşi fermentin LAB ve maya sayısı değişimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

Süre (saat)	N	LAB (log kob/g)	Maya (log kob/g)
0.	2	8.04 <sup>d</sup> $\pm$ 0.09	7.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23
3.	2	8.35 <sup>c</sup> $\pm$ 0.07	7.37 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06
6.	2	8.41 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04	6.86 <sup>c</sup> $\pm$ 0.85
9.	2	8.57 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02	6.52 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04
12.	2	8.82 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	5.92 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02
15.	2	9.31 <sup>a</sup> $\pm$ 0.11	5.72 <sup>e</sup> $\pm$ 0.05

#### 4.4. Ekşi Hamur Ekmeklerine Yapılan Analizler

##### 4.4.1. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin renk değerleri

Bölüm 3.2.2’de açıklanan yöntemle göre üretilen ekmeklerin kabuk ve iç renk değerleri ekmekler fırından çıktıktan 2 saat sonra analiz edilmiştir. Ekmeklerin fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.12’de, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’te ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranının ekmeklerin sadece kabuk rengi  $a^*$  değeri üzerine istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) bir etkiye sahip olduğu ekmeklerin diğer kabuk ve iç renk değerleri üzerine etkili olmadığı ( $p>0.05$ ) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; kırmızılık göstergesi olan  $a^*$  değerinin fermantasyon sırasında oluşan düşük pH değeri nedeniyle hamur bileşenleri arasında Maillard reaksiyonun teşvik edilmesi sonucu ekmeğin kabuk renginin görece kahverengileşmesi sonucu yükseldiği değerlendirilmiştir.

Fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranı ekmeklerin kabuk ve iç renk değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ve kabuk renginde ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  sırasıyla 69.16, 15.04 ve 35.9 olduğu ve iç renginde ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  sırasıyla 71.18, 2.53 ve 15.73 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir araştırmada 400 hamur verimine sahip sıvı ekşi maya kullanılarak ekmeğin üretilmesi ve ekmeğin iç renklerinde ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri sırasıyla 69.74, -0.69 ve 10.83 olduğu bildirilmiştir. Ekmeğin kabuk renk değerlerinde ise ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri sırasıyla 57.44, 6.95 ve 18.05 olarak rapor edilmiştir (Yağmur, 2013). Yapılan bir başka çalışmada ise soya kullanılarak hamur verimi 200 olan hamurdan ekşi soya ekmeği üretilmiş ve üretilen ekmeklerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin 36.69, 15.37 ve 21.88 olduğu bildirilmiştir (Yezbick vd., 2013).

**Çizelge 4.12.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerleri (I.ve II. tekerrür)

FS (dk.)	SEFO (%)	Kabuk				İç				
		<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	$\Delta E$	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	$\Delta E$	
45	0	63.45	16.28	33.55	47.35	68.16	1.65	14.95	29.75	
		67.19	17.53	39.28	49.46	73.10	5.46	20.03	29.46	
	10	63.73	17.02	34.12	47.74	67.70	1.55	15.46	30.38	
		65.13	19.19	33.48	47.28	75.34	3.08	17.11	24.69	
	20	68.75	15.36	38.17	46.84	69.65	1.36	15.25	28.47	
		65.69	19.29	33.84	47.26	74.44	3.45	17.13	25.65	
	30	67.28	16.56	33.78	45.01	70.35	1.23	15.54	28.01	
		73.50	16.50	36.08	43.30	80.13	3.54	17.83	21.55	
	90	0	67.74	15.21	35.40	45.70	67.47	1.81	15.08	30.42
			70.12	12.58	37.49	45.37	72.60	1.80	14.61	25.63
10		68.94	14.82	36.72	45.57	67.11	1.79	13.97	30.33	
		74.81	13.73	39.20	43.93	76.32	1.82	14.49	22.32	
20		66.56	16.02	37.45	48.06	66.52	2.06	14.43	31.06	
		73.81	14.38	39.13	44.61	74.15	1.67	15.66	24.73	
30		70.11	14.20	34.12	42.65	68.89	1.64	16.30	29.64	
		71.95	12.53	35.44	42.18	70.12	2.57	14.54	27.89	
135		0	63.11	17.06	30.26	46.01	63.13	2.52	15.44	34.68
			77.73	9.45	32.48	35.79	72.15	2.99	14.61	26.12
	10	66.06	14.29	29.53	42.83	65.79	2.53	15.49	32.18	
		68.62	17.91	39.68	49.19	75.04	3.13	14.13	23.40	
	20	65.69	15.18	34.32	47.69	61.29	2.85	16.54	36.81	
		73.67	15.29	40.11	45.75	76.68	3.44	14.48	22.20	
	30	70.11	14.20	34.12	42.65	68.89	1.64	16.30	29.64	
		72.53	15.42	39.22	45.66	71.58	3.29	14.62	26.96	
	180	0	59.65	14.70	32.76	49.40	65.50	2.93	14.42	32.09
			73.16	13.22	34.91	41.76	76.25	2.15	17.70	24.21
10		63.72	15.38	33.63	46.84	66.17	2.69	15.08	31.73	
		73.87	15.49	41.11	47.07	79.18	3.62	20.55	24.59	
20		63.97	15.19	36.84	48.73	67.69	3.20	14.32	30.21	
		75.47	12.87	39.08	43.52	78.05	2.70	16.60	22.22	
30		66.82	12.91	34.30	44.52	65.06	2.86	14.98	32.70	
		80.29	11.64	39.20	42.12	75.45	2.21	15.80	24.03	

**Çizelge 4.13.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\* p<0.01. \* 0.01<p<0.05. - p>0.05)

VK	SD	Kabuk								İç							
		L*		a*		b*		ΔE		L*		a*		b*		ΔE	
		K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F	K.O	F
<b>FS</b>	3	20.49	0.62-	17.97	4.91*	6.71	0.65-	8.62	1.01	14.58	0.36-	1.50	1.44-	5.51	1.79-	4.49	0.17-
<b>SEFO</b>	3	23.62	0.72-	5.24	1.43-	10.88	1.05-	15.50	1.82-	4.99	0.12-	0.12	0.11-	0.13	0.04-	4.48	0.17
<b>FS*SEFO</b>	9	5.63	0.17-	1.01	0.27-	5.92	0.57-	5.11	0.60-	3.84	0.09-	0.32	0.31-	1.28	0.41	3.42	0.13-
<b>Hata</b>	16	32.77		3.65		10.29		8.49-		40.0		1.03		3.08		26.11	

**Çizelge 4.14.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı kabuk ve iç renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (± Standart hata)

FS (dk.)	N	Kabuk				İç			
		L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
<b>45</b>	8	66.84 <sup>a</sup> ±1.14	17.21 <sup>a</sup> ±0.49	35.29 <sup>a</sup> ±0.81	46.78 <sup>a</sup> ±0.65	72.36 <sup>a</sup> ±1.49	2.66 <sup>a</sup> ±0.52	16.66 <sup>a</sup> ±0.60	27.25 <sup>a</sup> ±1.07
<b>90</b>	8	70.50 <sup>a</sup> ±1.01	14.19 <sup>b</sup> ±0.43	36.87 <sup>a</sup> ±0.62	44.76 <sup>a</sup> ±0.66	71.67 <sup>a</sup> ±1.27	1.89 <sup>a</sup> ±0.10	14.88 <sup>a</sup> ±0.26	27.75 <sup>a</sup> ±1.13
<b>135</b>	8	69.69 <sup>a</sup> ±1.70	14.85 <sup>b</sup> ±0.89	34.96 <sup>a</sup> ±1.49	44.44 <sup>a</sup> ±1.46	70.40 <sup>a</sup> ±1.96	2.80 <sup>a</sup> ±0.20	15.20 <sup>a</sup> ±0.31	29.00 <sup>a</sup> ±1.86
<b>180</b>	8	69.62 <sup>a</sup> ±2.50	13.92 <sup>b</sup> ±0.51	36.48 <sup>a</sup> ±1.07	45.50 <sup>a</sup> ±1.03	69.32 <sup>a</sup> ±2.15	2.79 <sup>a</sup> ±0.17	16.18 <sup>a</sup> ±0.74	27.72 <sup>a</sup> ±1.53
<b>SEFO (%)</b>									
<b>0</b>	8	67.77 <sup>a</sup> ±2.07	14.50 <sup>a</sup> ±0.94	34.52 <sup>a</sup> ±1.02	45.51 <sup>a</sup> ±1.59	69.79 <sup>a</sup> ±1.56	2.66 <sup>a</sup> ±0.43	15.85 <sup>a</sup> ±0.70	29.04 <sup>a</sup> ±1.24
<b>10</b>	8	68.11 <sup>a</sup> ±1.52	15.98 <sup>a</sup> ±0.66	35.93 <sup>a</sup> ±1.38	46.312 <sup>a</sup> ±0.73	71.58 <sup>a</sup> ±1.90	2.53 <sup>a</sup> ±0.26	15.79 <sup>a</sup> ±0.76	27.45 <sup>a</sup> ±1.43
<b>20</b>	8	69.20 <sup>a</sup> ±1.57	15.45 <sup>a</sup> ±0.64	37.37 <sup>a</sup> ±0.80	46.56 <sup>a</sup> ±0.57	71.06 <sup>a</sup> ±2.03	2.59 <sup>a</sup> ±0.28	15.55 <sup>a</sup> ±0.39	27.67 <sup>a</sup> ±1.76
<b>30</b>	8	71.57 <sup>a</sup> ±1.50	14.24 <sup>a</sup> ±0.64	35.78 <sup>a</sup> ±0.79	43.51 <sup>a</sup> ±0.48	71.31 <sup>a</sup> ±1.62	2.37 <sup>a</sup> ±0.29	15.74 <sup>a</sup> ±0.38	27.55 <sup>a</sup> ±1.22

**A:%0****B:%10****C:%20****D:%30**

**Şekil 4.1.**135 dakika fermantasyon süresinde farklı sıvı ekşi ferment oranları (A:%0, B:%10, C:%20 ve D:%30) kullanılarak üretilen ekmeklerin görünümü



#### 4.4.2. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin spesifik hacim değerleri

Bölüm 3.2.2’de açıklanan yönteme göre üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri ekmekler fırından çıktıktan 2 saat sonra analiz edilmiştir. Ekmeklerin fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.15’de, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16’da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; fermantasyon süresinin ekmeklerin spesifik hacim değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bir etkiye sahip olduğu ancak sıvı ekşi ferment oranının ekmeklerin spesifik hacim değerleri üzerine önemli bir şekilde etkili olmadığı ( $p > 0.05$ ) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; 45 dakikalık son fermantasyon süresinde ekmeklerin spesifik hacminin en yüksek değer olan  $3.06 \text{ cm}^3/\text{g}$  olarak gerçekleştiği, fermantasyon süresinin uzamasıyla ise azalarak 180 dakikalık son fermantasyonda  $2.37 \text{ cm}^3/\text{g}$  değerine düştüğü tespit edilmiştir. Bu düşüşün uzayan fermantasyon sırasında oluşan gazın hamurdaki gluten tarafından tutulamamasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Her ne kadar ilave edilen sıvı ekşi ferment oranı spesifik hacim değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkide bulunmasa da artan sıvı ekşi ferment oranıyla ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin de deskriptif olarak  $2.58 \text{ cm}^3/\text{g}$  değerinden  $2.97 \text{ cm}^3/\text{g}$  değerine arttığı tespit edilmiş ve bu artışın ise bakterilerin ürettiği uçucu metabolitlerin pişirme sırasındaki genleşmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, çeşitli starter kültürler kullanılarak üretilen ekşi hamur ekmeklerinin spesifik hacim değerleri ölçülmüş ve  $3.4$  ile  $4.0 \text{ cm}^3/\text{g}$  arasında değiştiği rapor edilmiştir (Katina vd., 2009). Yapılan bir başka çalışmada ise soya kullanılarak hamur verimi 200 olan hamur kullanılarak ekşi soya ekmeği üretilmiş ve bu ekmeklerin spesifik hacim değerleri ortalamasının  $2.3 \text{ cm}^3/\text{g}$  olduğu bildirilmiştir (Yezbick vd., 2013). Bir başka çalışmada buğday tohumu kullanarak ekşi hamur elde edilmiş ve bu ekşi hamurdan ekmeği yapılmıştır. Ekmeklere spesifik hacim analizi yapılmış ve değerinin  $2.24$  ile  $2.26 \text{ cm}^3/\text{g}$  arasında olduğu rapor edilmiştir (Rizzello vd., 2010). Diğer bir çalışmada ise çeşitli mikroorganizmalar ile  $30$  ve  $40^\circ\text{C}$ ’de 16 saat fermente edilen ekşi hamur ekmeği üretilmiş ve bu ekmeklerin ortalama spesifik hacim değerinin  $2.14 \text{ cm}^3/\text{g}$  olduğu rapor edilmiştir (Plessas vd., 2008). Başka bir araştırmada ise ayrı ayrı *L. plantarum* ve *L. sanfrancisco* bakterileri eklenerek 2 farklı ekşi hamur ekmeği üretilmiş ve spesifik hacim değerlerinin sırasıyla  $3.8$  ve  $4.0 \text{ cm}^3/\text{g}$  olduğu bildirilmiştir (Hansen ve Hansen, 1996).

**Çizelge 4.15.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerleri (I. ve II. tekerrür)

<b>FS (dk.)</b>	<b>SEFO (%)</b>	<b>Spesifik Hacim (cm<sup>3</sup>/g)</b>
<b>45</b>	<b>0</b>	3.36
		2.78
	<b>10</b>	3.56
		2.42
	<b>20</b>	2.98
2.84		
<b>90</b>	<b>0</b>	3.48
		3.13
	<b>10</b>	2.95
		2.32
	<b>20</b>	3.14
2.71		
<b>30</b>	2.85	
	3.20	
<b>135</b>	<b>0</b>	2.93
		2.90
	<b>10</b>	2.89
		2.26
	<b>20</b>	3.49
2.85		
<b>30</b>	2.74	
	2.57	
<b>180</b>	<b>0</b>	3.05
		2.72
	<b>10</b>	1.94
		2.15
	<b>20</b>	2.14
2.73		
<b>30</b>	2.19	
	2.24	
		3.00
		2.62

**Çizelge 4.16.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\* p<0.01, \* 0.01<p<0.05, - p>0.05)

VK	SD	Spesifik Hacim (g/cm <sup>3</sup> )	
		KO	F
FS	3	0.68	5.52*
SEFO	3	0.25	2.04
FS*SEFO	9	0.07	0.59
Hata	16	0.12	

**Çizelge 4.17.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı spesifik hacim değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

FS (dk.)	N	Spesifik hacim (g/cm <sup>3</sup> )
45	8	3.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13
90	8	2.87 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09
135	8	2.82 <sup>a</sup> $\pm$ 0.12
180	8	2.37 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12
SEFO (%)		
0	8	2.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17
10	8	2.88 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17
20	8	2.70 <sup>a</sup> $\pm$ 0.12
30	8	2.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09

#### 4.4.3. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin tekstür profili analiz değerleri

Bölüm 3.2.2’de açıklanan yöntemle göre üretilen ekmeklere bayatlamayı takip etmek amaçlı 2., 24., 48. ve 72. saatlerde TPA yapılmıştır. Ekmeklerin fermantasyon süresine, sıvı ekşi ferment oranına ve bekletme süresine bağlı TPA değerlerine ait I.ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.18’de, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; ekmeklerin sertlik, sakızimsılık ve çignenebilirlik değerleri üzerine fermantasyon süresi, sıvı ekşi ferment oranı ve bekletme süresinin önemli bir şekilde (p<0.01, p<0.05) etkili olduğu, kohezif yapışkanlık değeri üzerine fermantasyon süresi ve ekmeklerin bekletilme süresinin etkili olduğu (p<0.01) ve esneklik değerleri üzerine ise hiçbir varyasyon kaynağının etkili olmadığı (p>0.05) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; ekmeklerin üzerine kuvvet uygulandığında kırılmanın ilk gerçekleştiği noktadan ölçülen sertlik değeri üzerine artan fermantasyon süresinin ekmek kabuğunda neden olduğu incelme nedeniyle azaltıcı bir şekilde, artan sıvı ekşi ferment oranının hamur pH değerinin daha çok düşmesini sağlayarak ekmeklerde nişasta retrogradasyonunu hızlandırması nedeniyle arttırıcı bir şekilde ve artan bekletme süresinin de nişasta retrogradasyonunu arttırması nedeniyle arttırıcı bir şekilde etkili olduğu değerlendirilmiştir.

Ekmeklerin ilk sıkıştırma sonrasında eski haline gelmek için gösterdiği direncin ölçüsü olan esneklik değeri üzerine hiçbir parametrenin etki etmediği tespit edilmiştir. Bu durumun ekmeklerin iç yapışkanlığının (kohezivite) düşük olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

TPA’da kullanılan prob ile ekmeklerin arasındaki çekim kuvvetine karşı yapılan iş olarak ölçülen koheziv yapışkanlık değerine ise fermantasyon süresi ve bekletme süresinin etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerin bekletilmesi sırasında ekmek içindeki suyun kabuğa doğru transfer olarak kabuğun su içeriğini arttırması sonucu bekletme süresi ile birlikte koheziv yapışkanlık değerinin arttığı değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, çeşitli starter kültürler kullanılarak üretilen ekşi hamur ekmeklerin TPA değerleri ölçülmüş ve sertlik değerinin 2113-5765 gf (20.73-56.54 N) arasında olduğu, sakızimsılık değerinin 220-1110 gf (0.22-1.11 kgf) arasında olduğu, çiğnenebilirlik değerinin 12970-1440 gf.mm (12.97-1.44 kgf.mm) arasında olduğu ve adehezif yapışkanlık değerinin ise 0.09 ile 0.33 arasında olduğu bildirilmiştir (Olojede vd., 2020). Bir başka çalışmada ise buğday embriyosu kullanarak ekşi hamur elde edilmiş ve bu ekşi hamurdan ekmek üretilmiş, üretilen ekmekler analiz edilmiş ve TPA sertlik değerinin 2381 ile 5621 g arasında olduğu bildirilmiştir (Rizzello vd., 2010). Kullanılan ekşi hamur oranı %20 ve %40 olan başka bir çalışmada ise ekmeklerin kabuk sertliği, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri 4., 26., 50. ve 74. saatlerde ölçülmüş ve sertlik değerlerinin ekşi hamur oranı ve bekletme süresi artışı ile azalarak sırasıyla; 17832-13373 g, 16807-12819 g, 12444-9809 g ve 9739-9220 olduğu, çiğnenebilirlik değerlerinin ekşi hamur oranı artışı ile değişmediği bekletme süresi artışı ile artarak sırasıyla; 262-276, 506-506, 563-633 ve 637-693 olduğu ve esneklik değerlerinin ise ekşi hamur oranı ve bekletme süresi artışıyla azalarak; 0.493-0.483, 0.402-0.383, 0.334-0.309 ve 0.294-0.260 olduğu bildirilmiştir (Crowley vd., 2002). Yapılan bir çalışmada farklı maya, ekşi hamur ve kepek oranları kullanılarak ekşi hamur ekmekleri üretilmiş ve üretildikten sonra 0., 3., 5., ve 8., günlerde TPA gerçekleştirilmiş, spontan ekmeklerde sertlik değeri sonuçları 0.gün 721.8, 3.gün 2015.2, 5.gün 4003.7 ve 8.gün 5200.9 N olarak, esneklik değeri sonuçları; 0.gün 1.00, 3.gün 0.94, 5.gün 0.93 ve 8.gün 0.92 mm, yapışkanlık değeri sonuçları; 0.gün 0.82, 3.gün 0.57, 5.gün 0.46 ve 8.gün 0.45 ve çiğnenebilirlik değeri sonuçları; 0.gün 597.4, 3.gün 1126.8, 5.gün 1743.7 ve 8.gün 2425.7 olarak tespit edilmiştir (Ertop 2014).

**Çizelge 4.18.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi, sıvı ekşi ferment oranı ve bekletme süresine bağlı TPA değerleri (I.ve II. tekerrür)

Bekletme süresi (saat)	FS (dk.)	SEFO (%)	Sertlik (g)	Esneklik	Kohezivite (g.s)	Sakızimsılık (g.f)	Çiğnenebilirlik
2.	45	0	814.43	0.96	0.88	720.27	696.55
			849.27	0.96	0.89	757.77	733.38
		10	671.88	0.94	0.83	559.63	530.77
			812.26	0.95	0.86	705.19	675.13
		20	573.07	0.96	0.85	492.20	472.31
	771.07		0.95	0.87	671.44	641.42	
	30	748.20	0.95	0.85	637.48	607.00	
		1002.55	0.94	0.87	874.90	826.56	
	90	0	791.59	0.96	0.86	684.71	657.03
			716.47	0.97	0.90	647.58	629.02
		10	650.11	1.05	0.87	581.21	598.91
			711.67	0.97	0.89	636.62	620.41
		20	622.99	0.96	0.87	543.14	522.36
	552.89		0.96	0.89	493.47	475.66	
	30	837.69	0.93	0.79	666.18	621.28	
		636.94	0.96	0.90	394.21	381.23	
	135	0	621.46	0.91	0.75	475.60	436.53
			427.52	0.98	0.86	373.94	366.19
		10	671.63	0.94	0.79	536.59	506.56
			682.75	0.97	0.90	621.17	607.22
20		837.02	0.94	0.81	679.85	643.59	
	633.76	0.98	0.89	387.81	387.15		
30	988.51	0.91	0.74	731.52	665.89		
	662.87	0.48	0.26	760.93	456.90		
180	0	578.53	0.98	0.87	504.61	498.79	
		562.87	0.98	0.90	509.11	502.62	
	10	458.99	0.97	0.87	400.88	390.93	
		420.32	1.00	0.90	378.81	385.13	
	20	346.09	0.44	0.33	482.77	373.11	
609.63		0.98	0.90	547.61	536.61		
30	702.05	0.96	0.89	626.83	604.01		
	417.64	0.97	0.89	375.26	364.53		
24.	45	0	1144.11	0.96	0.87	996.52	965.86
			1546.77	0.98	0.87	1348.49	1330.51
		10	1225.18	0.96	0.87	1071.04	1033.44
			1754.29	0.97	0.85	1504.41	1460.47
		20	1143.38	0.97	0.87	992.76	963.70
	1415.34		0.97	0.86	1223.56	1189.72	
	30	1249.97	0.97	0.86	1081.08	1048.66	
		2298.70	0.95	0.86	1970.66	1888.36	
	90	0	1256.36	0.98	0.86	1088.21	1075.82
			942.86	1.38	0.88	827.70	991.18
		10	963.89	1.09	0.87	833.16	879.09
			1337.12	0.98	0.85	1146.54	1137.44
		20	982.87	1.09	0.86	854.25	933.70
	1143.37		1.00	0.88	1007.89	1013.14	
	30	1062.81	0.97	0.85	914.16	886.79	
		1403.34	0.99	0.88	1235.52	1234.38	

Çizelge 4.18'in devamı

48.	135	0	721.03	1.52	0.85	623.17	651.42	
			1341.54	0.98	0.86	1146.83	1129.29	
		10	1413.85	0.97	0.85	1202.97	1174.09	
			1412.40	1.01	0.86	1214.07	1231.07	
		20	1070.30	1.00	0.86	919.26	915.41	
	1649.15		0.97	0.83	1381.74	1343.55		
	30	1563.19	0.97	0.85	1333.08	1295.04		
		2223.59	0.98	0.83	1862.81	1834.28		
	48.	180	0	1051.88	0.98	0.70	740.79	727.45
				940.32	0.99	0.87	818.88	811.68
10			1362.88	0.98	0.86	1171.39	1157.03	
			954.95	1.00	0.88	840.42	842.78	
20			1024.66	0.99	0.88	902.00	894.81	
		1753.18	0.99	0.86	1510.57	1493.15		
30		1316.68	0.98	0.85	1120.48	1102.32		
		1593.51	0.99	0.86	1377.28	1374.21		
48.		45	0	1371.68	0.97	0.82	1134.54	1104.41
				1783.99	0.96	0.84	1495.57	1447.13
	10		1999.74	0.96	0.82	1647.63	1586.30	
			1752.07	0.97	0.85	1492.51	1450.07	
	20		1803.20	0.98	0.81	1473.95	1453.49	
		2081.64	1.00	0.82	1707.87	1720.89		
	30	1781.86	0.96	0.80	1439.31	1387.40		
		2745.28	0.96	0.84	2306.15	2231.61		
	48.	90	0	1469.46	0.96	0.84	1238.31	1196.41
				1365.08	0.98	0.81	1109.16	1097.40
10			1194.19	0.98	0.85	1016.09	1002.30	
			1015.05	0.48	0.40	812.32	786.78	
20			1570.20	0.98	0.83	1305.66	1288.72	
		1642.59	0.99	0.81	1334.82	1317.13		
30		1162.66	0.98	0.81	946.47	938.61		
		1652.21	1.51	0.81	1346.40	2064.18		
72.		135	0	1042.11	0.94	0.67	769.85	737.95
				1582.23	1.32	0.82	1305.87	1686.04
	10		1611.55	0.98	0.84	1355.81	1338.77	
			933.65	0.48	0.42	644.29	628.86	
	20		1031.66	1.22	0.85	878.74	1028.35	
		1784.61	1.33	0.79	1414.01	1814.60		
	30	2921.51	0.96	0.79	2330.87	2253.72		
		2724.65	0.96	0.76	2087.27	2020.10		
	72.	180	0	1149.09	0.99	0.85	981.04	978.10
				1435.24	0.99	0.81	1163.47	1161.73
10			1299.27	0.97	0.85	1113.30	1084.35	
			1867.29	0.98	0.80	1490.46	1468.23	
20			1426.43	2.17	0.52	749.30	1665.66	
		2224.16	1.00	0.79	1758.93	1769.69		
30		1431.57	0.99	0.85	1215.81	1213.09		
		2106.71	1.00	0.79	1667.99	1675.09		
72.		45	0	905.77	0.96	0.84	789.33	764.52
				2236.65	1.11	0.80	1809.23	2012.86
	10		829.48	0.96	0.80	678.94	654.55	
			2565.44	0.96	0.78	2007.43	1942.97	
	20		1464.53	0.98	0.79	1166.49	1152.50	
		2017.22	0.98	0.79	1610.77	1585.18		
	30	2034.46	0.96	0.781	1583.29	1524.67		
		3271.18	0.95	0.790	2584.34	2475.21		

Çizelge 4.18'in devamı

90	0	1376.92	1.58	0.82	1119.01	1462.85
		1203.73	0.97	0.79	987.88	982.13
	10	415.43	1.54	0.83	350.82	465.63
		2143.39	1.00	0.79	1700.46	1700.28
	20	864.12	1.70	0.81	701.08	1156.52
		2577.73	0.97	0.77	2004.73	1949.57
30	1903.76	0.97	0.77	1477.58	1437.77	
	1923.96	0.98	0.78	1516.04	1493.53	
135	0	1374.76	0.98	0.79	1063.86	1038.38
		1030.17	0.48	0.39	744.95	724.88
	10	1108.03	0.48	0.39	864.44	841.15
		1031.71	0.00	0.00	0.000	0.00
	20	2474.01	0.98	0.77	1920.85	1897.86
		3059.35	1.67	0.78	2393.26	4340.15
30	2893.26	0.96	0.75	2190.45	2121.65	
	4210.54	0.96	0.74	3143.75	3035.04	
180	0	1736.49	0.98	0.79	1373.09	1356.91
		1296.20	1.39	0.82	1064.74	1535.99
	10	2136.46	0.98	0.78	1685.52	1655.78
		796.85	1.72	0.63	617.20	604.28
	20	1902.48	0.98	0.79	1509.06	1486.64
		2662.82	0.48	0.38	1058.83	1031.88
30	2172.96	0.96	0.83	1803.70	1740.12	
	2408.40	1.02	0.77	1851.24	1889.46	

**Çizelge 4.19.** Farklı fermantasyon süresi ve maya oranlarında üretilen ekşi hamur ekmeklerinin TPA analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\* p<0.01, \* 0.01<p<0.05, - p>0.05)

VK	SD	Sertlik		Esneklik		Kohezivite		Sakızimsılık		Çiğnenebilirlik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
<b>FS</b>	3	771352.08	3.68**	0.08	1.68	0.07	5.71**	513952.99	3.54**	342479.30	1.83**
<b>SEFO</b>	3	2332025.03	11.13**	0.08	1.61	0.01	1.00	1381556.22	9.51**	1352099.93	7.24**
<b>BS</b>	3	9264366.63	44.24**	0.06	1.36	0.10	8.32**	5054575.55	34.81*	6218424.97	33.33**
<b>FS*SEFO</b>	9	377390.06	1.80	0.06	1.23	0.02	2.26*	222049.25	1.52	266722.63	1.43
<b>SEFO*BS</b>	9	524647.24	2.50	0.05	1.13	0.01	1.35	346462.50	2.38	398055.64	2.13
<b>BS*FS</b>	9	129561.73	0.61*	0.07	1.39	0.01	1.17	58960.07	0.40	85092.30	0.45
<b>BS*FS*SEFO</b>	27	110306.63	0.52	0.07	1.49	0.01	1.36	105418.93	0.72	196576.97	1.05
<b>Hata</b>	64	209396.26		0.05		0.01		145190.49		186553.83	



**Çizelge 4.20.** Farklı sıvı ekşi ferment oranı (SEFO) ve fermantasyon süresi (FS) kullanılarak üretilen ekşi hamur ekmeklerinin TPA değerlerindeki değişime ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

FS (dk.)	N	Sertlik	Esneklik	Kohezivite	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik
45	32	1520.77 <sup>a</sup> $\pm$ 1118.7	0.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	0.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	1266.71 <sup>a</sup> $\pm$ 93.39	1236.19 <sup>a</sup> $\pm$ 92.5
90	32	1181.04 <sup>b</sup> $\pm$ 89.8	1.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	0.82 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	981.92 <sup>b</sup> $\pm$ 68.69	1028.04 <sup>a</sup> $\pm$ 74.67
135	32	1475.50 <sup>a</sup> $\pm$ 160.2	0.94 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05	0.73 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	1143.74 <sup>a,b</sup> $\pm$ 129.35	1209.24 <sup>a</sup> $\pm$ 158.7
180	32	1317.08 <sup>a,b</sup> $\pm$ 114.4	1.02 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05	0.79 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	1031.61 <sup>b</sup> $\pm$ 84.96	1064.88 <sup>a</sup> $\pm$ 87.98
<b>SEFO (%)</b>						
0	32	1145.83 <sup>c</sup> $\pm$ 71.57	1.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03	0.82 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	950.44 <sup>b</sup> $\pm$ 57.58	984.09 <sup>b</sup> $\pm$ 68.13
10	32	1190.75 <sup>c</sup> $\pm$ 98.41	0.94 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05	0.77 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03	961.82 <sup>b</sup> $\pm$ 84.31	948.15 <sup>b</sup> $\pm$ 81.74
20	32	1422.36 <sup>b</sup> $\pm$ 125.42	1.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05	0.79 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	1114.9 <sup>b</sup> $\pm$ 93.82	1223.71 <sup>a</sup> $\pm$ 132.47
30	32	1743.45 <sup>a</sup> $\pm$ 160.25	0.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	0.80 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	1396.6 <sup>a</sup> $\pm$ 124.63	1328.40 <sup>a</sup> $\pm$ 123.11
<b>Bekletme süresi (saat)</b>						
2	32	642.70 <sup>c</sup> $\pm$ 31.26	0.93 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	0.82 <sup>a,b</sup> $\pm$ 0.02	537.48 <sup>c</sup> $\pm$ 32.26	517.44 <sup>c</sup> $\pm$ 30.46
24	32	1320.73 <sup>b</sup> $\pm$ 62.68	1.02 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	0.85 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	1133.18 <sup>b</sup> $\pm$ 53.34	1125.31 <sup>b</sup> $\pm$ 49.75
48	32	1655.08 <sup>a</sup> $\pm$ 88.59	1.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	0.78 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02	1335.43 <sup>a</sup> $\pm$ 73.32	1393.68 <sup>a</sup> $\pm$ 74.20
72	32	1875.88 <sup>a</sup> $\pm$ 149.99	1.02 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06	0.72 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03	1417.89 <sup>a</sup> $\pm$ 119.98	1501.90 <sup>a</sup> $\pm$ 142.84

#### 4.4.4. Farklı fermantasyon süresi ve maya oranı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin duyusal analiz değerleri

Bölüm 3.2.2’de açıklanan yönteme göre üretilen ekmeklerin duyusal analiz değerleri ekmekler fırından çıktıktan 2 saat sonra analiz edilmiştir. Ekmeklerin fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı duyusal analiz değerlerine ait I.ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.21’de, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; sıvı ekşi ferment oranı ve fermantasyon süresinin ekmeklerin duyusal analiz değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ( $p>0.05$ ) tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçları ortalama olarak hacim 3.95, kabuk rengi 3.87, ekşilik 3.58, koku 4.06, gözenek yapısı 4.10, iç rengi 4.12 ve genel beğeni değerinin 3.89 puan ile değerlendirildiği tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada hamur verimi 200 olan bir ekşi hamur 3 saat süreyle 26 °C’de fermantasyona tabii tutulmuş ve daha sonra ekmeğin üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ekmeklere 14 yetişkin panelist tarafından 5 puanlık hedonik skalaya göre duyusal analiz yapılmış ve renk değeri ortalama 2.97, koku değeri ortalama 1.41 ve ekşilik değerinin ortalama 0.96 olduğu bildirilmiştir (Sanna vd., 2018).

**Çizelge 4.21.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi ve sıvı ekşi ferment oranına bağlı duyusal analiz değerleri (I.ve II. tekerrür)

FS (dk.)	SEFO (%)	Hacim	Kabuk Rengi	Ekşilik	Koku	Gözenek Yapısı	İç Renk	Genel Beğeni	
45	0	4.1	4.1	2.9	4.2	3.8	4.1	3.9	
		4.3	4.2	3.2	4.5	4.2	4.7	4.0	
	10	4.3	4.1	3.4	4.0	4.4	4.2	4.2	
		2.6	4.2	4.0	4.6	4.6	4.6	5.0	
	20	4.3	4.0	3.4	4.1	4.1	4.5	4.2	
		2.2	2.7	3.5	3.5	4.2	3.3	3.3	
	30	3.9	3.7	3.4	4.5	3.8	3.9	4.1	
		4.5	3.8	4.2	4.0	4.2	3.8	4.0	
	90	0	3.9	4.1	3.4	4.2	3.9	4.2	3.8
			4.3	3.2	3.8	4.2	4.5	4.0	3.8
		10	3.7	4.2	3.8	4.1	3.8	4.1	3.8
			4.5	3.8	4.5	3.8	3.8	4.5	3.3
20		4.3	4.2	3.4	4.2	4.1	4.3	4.0	
		4.3	4.3	3.3	3.7	3.8	4.5	4.2	
30		4.1	3.9	3.6	3.8	3.9	4.4	4.0	
		3.8	4.0	4.0	3.8	3.6	3.8	4.2	
135		0	4.5	4.2	3.3	4.3	4.1	4.4	4.2
			4.0	4.0	4.0	4.4	4.0	4.2	3.2
		10	4.4	4.4	3.4	4.2	4.2	4.4	4.3
			3.3	3.8	4.0	4.5	4.5	4.0	3.5
	20	4.2	4.2	3.3	4.0	3.8	4.1	4.0	
		4.2	4.2	4.0	4.3	4.7	3.8	3.3	
	30	3.1	2.2	3.2	4.0	3.4	3.8	3.0	
		4.0	3.0	4.3	3.5	4.5	3.5	3.3	

Çizelge 4.21'in devamı

<b>180</b>	<b>0</b>	3.9	3.3	3.0	4.0	3.8	4.3	3.6
		3.5	4.5	4.5	4.5	4.0	3.8	3.5
	<b>10</b>	4.0	4.0	2.9	4.1	3.8	4.4	4.1
		3.0	3.5	4.0	3.8	4.3	3.3	4.5
	<b>20</b>	4.4	4.2	2.8	4.2	4.1	4.1	4.0
		4.3	4.0	3.3	3.5	4.8	4.5	3.8
	<b>30</b>	4.4	4.1	3.3	3.9	4.4	4.3	4.0
		4.2	3.8	3.8	3.8	4.2	4.2	4.6

**Çizelge 4.22.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi (FS) ve sıvı ekşi ferment oranına (SEFO) bağlı duyuusal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\* p<0.01, \* 0.01<p<0.05, - p>0.05)

VK	SD	Hacim		Kabuk Rengi		Ekşilik		Koku		Gözenek Yapısı		İç Rengi		Genel Beğeni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
<b>FS</b>	3	0.15	0.40	0.07	0.40	0.14	0.56	0.14	1.12	0.11	0.94	0.05	0.37	0.36	2.56
<b>SEFO</b>	3	0.19	0.50	0.34	1.97	0.25	0.97	0.25	3.00	0.07	0.65	0.10	0.71	0.16	1.11
<b>FS*SEFO</b>	9	0.30	0.81	0.43	2.47	0.12	0.47	0.12	0.65	0.10	0.83	0.12	0.88	0.23	1.65
<b>Hata</b>	16	0.33		0.17		0.26		0.08		0.10		0.14		0.14	

**Çizelge 4.23.** Ekmeklerin farklı fermantasyon süresi (FS) ve sıvı ekşi ferment oranına (SEFO) bağlı duyuusal değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

FS (dak.)	N	Hacim	Kabuk Rengi	Ekşilik	Koku	Gözenek Yapısı	İç Rengi	Genel Beğeni
<b>45</b>	8	3.77 <sup>a</sup> ±0.30	3.85 <sup>a</sup> ±0.17	3.50 <sup>a</sup> ±0.14	3.50 <sup>a</sup> ±0.12	4.16 <sup>a</sup> ±0.09	4.13 <sup>a</sup> ±0.16	4.08 <sup>a</sup> ±0.16
<b>90</b>	8	4.11 <sup>a</sup> ±0.10	3.96 <sup>a</sup> ±0.12	3.72 <sup>a</sup> ±0.13	3.72 <sup>a</sup> ±0.07	3.92 <sup>a</sup> ±0.09	4.22 <sup>a</sup> ±0.08	3.88 <sup>a,b</sup> ±0.10
<b>135</b>	8	3.96 <sup>a</sup> ±0.17	3.75 <sup>a</sup> ±0.26	3.68 <sup>a</sup> ±0.15	3.68 <sup>a</sup> ±0.11	4.15 <sup>a</sup> ±0.15	4.02 <sup>a</sup> ±0.11	3.60 <sup>a</sup> ±0.17
<b>180</b>	8	3.96 <sup>a</sup> ±0.17	3.92 <sup>a</sup> ±0.13	3.45 <sup>a</sup> ±0.21	3.45 <sup>a</sup> ±0.10	4.17 <sup>a</sup> ±0.11	4.11 <sup>a</sup> ±0.13	4.01 <sup>a,b</sup> ±0.13
<b>SEFO (%)</b>								
<b>0</b>	8	4.06 <sup>a</sup> ±0.11	3.95 <sup>a</sup> ±0.16	3.51 <sup>a</sup> ±0.19	3.51 <sup>a</sup> ±0.06	4.03 <sup>a</sup> ±0.08	4.21 <sup>a</sup> ±0.09	3.75 <sup>a</sup> ±0.11
<b>10</b>	8	3.72 <sup>a</sup> ±0.24	4.00 <sup>a</sup> ±0.10	3.75 <sup>a</sup> ±0.17	3.75 <sup>a</sup> ±0.10	4.17 <sup>a</sup> ±0.11	4.18 <sup>a</sup> ±0.14	4.08 <sup>a</sup> ±0.19
<b>20</b>	8	4.02 <sup>a</sup> ±0.26	3.97 <sup>a</sup> ±0.18	3.37 <sup>a</sup> ±0.11	3.37 <sup>a</sup> ±0.11	4.20 <sup>a</sup> ±0.13	4.13 <sup>a</sup> ±0.14	3.85 <sup>a</sup> ±0.12
<b>30</b>	8	4.00 <sup>a</sup> ±0.15	3.56 <sup>a</sup> ±0.22	3.72 <sup>a</sup> ±0.14	3.72 <sup>a</sup> ±0.10	4.00 <sup>a</sup> ±0.13	3.96 <sup>a</sup> ±0.10	3.90 <sup>a</sup> ±0.18

#### 4.5. Sıvı Ekşi Fermentin Depolanması

Bölüm 3.2.1’de açıklanan yönteme göre yeniden oluşturulan ve bölüm 3.2.1.1’de açıklanan yönteme göre 1 ay süre ile +4 °C’de depolanan sıvı ekşi fermentten depolamayı takip etmek amaçlı 0., 1., 2., 3. ve 4. haftalarda örnek alınmış ve alınan örneklerle kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılarak aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

##### 4.5.1. Depolanan sıvı ekşi fermente yapılan toplam titrasyon asitliği ve pH değerleri

Depolama süreci takip edilen sıvı ekşi fermentlerin TTA ve pH analiz değerlerine ait I.ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.24’de, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; depolama süresinin toplam titrasyon asitliği ( $p<0.01$ ) ve pH değeri ( $p<0.05$ ) üzerine etkisinin önemli olduğu ( $p<0.01$ ) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; 1 aylık depolama sonucunda titrasyon asitliğinin istatistiksel olarak önemli bir şekilde değişerek %0.40 değerinden %1.06 değerine yükseldiği ve bunun sonucu olarak da pH değerinin 4.52 değerinden 3.57 değerine düştüğü belirlenmiştir. Bu durumun sıvı ekşi ferment içerisinde bulunan laktik asit bakterilerinin başta laktik asit olmak üzere üretmiş oldukları organik asitlerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.24.** Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerleri (I.ve II. tekerrür)

Depolama süresi (hafta)	TTA (%laktik asit)	pH değerleri
0.	0.36	4.69
	0.45	4.35
1.	0.72	3.70
	0.67	3.67
2.	0.73	3.74
	0.89	3.73
3.	0.85	3.68
	1.03	3.67
4.	1.05	3.60
	1.08	3.55

**Çizelge 4.25.** Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen pH ve titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\*  $p<0.01$ . \*  $0.01<p<0.05$ . -  $p>0.05$ )

VK	SD	TTA		pH	
		KO	F	KO	F
Süre	3	0.12	16.74*	0.37	24.26*

**Çizelge 4.26.** Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen titrasyon asitliği ve pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

Süre (hafta)	N	TTA	pH
0.	2	0.40 <sup>d</sup> $\pm$ 0.18	4.52 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19
1.	2	0.68 <sup>c</sup> $\pm$ 0.22	3.68 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01
2.	2	0.81 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.07	3.73 <sup>b</sup> $\pm$ 0.00
3.	2	0.94 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.18	3.68 <sup>b</sup> $\pm$ 0.00
4.	2	1.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	3.57 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04

#### 4.5.2. Depolamaya bağlı olarak değişen laktik asit bakterisi ve maya sayıları

Depolama süreci takip edilen sıvı ekşi fermentlerin laktik asit bakterisi ve maya sayısını analiz değerlerine ait I.ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.27’de, bunlara uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28’de ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; fermantasyon süresinin laktik asit bakterisi sayısı ve maya sayısı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu ( $p<0.01$ ) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; depolamanın mikroorganizma sayıları üzerine önemli bir şekilde etkili olarak buzdolabı şartlarında 1 aylık depolamada laktik asit bakterisi sayısının ortalama 9.12 değerinden 6.83 log kob/g değerine azaldığı ve maya sayısının ise ortalama 7.35 değerinden 4.13 log kob/g değerine azaldığı belirlenmiştir. Bu azalışların ekşi fermentin yüksek asitlik ve düşük pH değerinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada 24 saat boyunca 35°C’de fermente edilen ekşi hamurun bazı laktik asit bakterisi değerleri 7.90 log kob/g ( $8.1 \times 10^7$  kob/g) - 7.11 log kob/g ( $1.3 \times 10^9$  kob/g) olduğu bildirilmiştir (Katina vd., 2002).

**Çizelge 4.27.** Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerleri (I.ve II. tekerrür)

Depolama süresi (hafta)	LAB (log kob/g)	Maya (log kob/g)
0.	9.12	7.38
	9.13	7.33
1.	8.73	7.23
	8.96	7.23
2.	8.22	6.18
	8.47	6.14
3.	7.98	5.15
	7.50	5.20
4.	6.84	4.00
	6.82	4.27

**Çizelge 4.28.** Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*\*  $p < 0.01$ . \*  $0.01 < p < 0.05$ . -  $p > 0.05$ )

VK	SD	LAB		Maya	
		KO	F	KO	F
Süre	4	1.53	11.14*	3.76	493.75**

**Çizelge 4.29.** Sıvı ekşi fermentin depolama süresine bağlı değişen laktik asit bakterisi ve maya sayısı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  Standart hata)

Depolama süresi (hafta)	N	LAB	Maya
0.	2	9.12 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00	7.35 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
1.	2	8.73 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.22	7.23 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00
2.	2	8.22 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.25	6.16 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02
3.	2	7.98 <sup>b</sup> $\pm$ 0.48	5.17 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02
4.	2	6.83 <sup>c</sup> $\pm$ 0.01	4.13 <sup>d</sup> $\pm$ 0.13

## 5. SONUÇLAR

Bu tez çalışması ile; doğal bir mikrofloradan sıvı ekşi hamur mayası oluşturulması ve bu mayanın depolanarak endüstriyel fırınlarda ekmeğin üretimi için kullanılabilme imkanlarının araştırılması amaçlanmıştır.

Doğal mikroflora kaynağı ekşi hamurlar aktifleştirildikten sonra aşılansarak olgunlaştırılmış ve bu olgun ekşi hamurdan 400 hamur verimli sıvı ekşi ferment üretildikten sonra bu sıvı ekşi ferment farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) kullanılarak hamurlar oluşturulmuş ve bu oluşturulan hamurlar farklı sürelerde (30, 45, 90, 135 ve 180 dak) fermente edildikten sonra pişirilerek ekşi hamur ekmeği üretilmiştir. Ayrıca açıklandığı şekilde üretilen sıvı ekşi ferment buzdolabı şartlarında 1 ay depolanarak bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri takip edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Temin edilen ekşi hamur örneklerin kurumadde içeriklerinin %45.08 ile 56.68 arasında, toplam titrasyon asitliğinin laktik asit cinsinden %0.76 ile 1.26 arasında, pH değerlerinin 3.74 ile 3.57 arasında, laktik asit bakterilerinin sayısının 2.84 ile 4.25 log kob/g arasında ve maya sayısının ise 3.84 ile 4.47 log kob/g değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir.
- Olgun ekşi hamur örneklerin toplam titrasyon asitliğinin laktik asit cinsinden %1.04 ile 1.10 arasında, pH değerlerinin 3.86 ile 3.67 arasında, laktik asit bakterilerinin sayısının 8.68 ile 8.23 log kob/g arasında ve maya sayısının ise 6.60 ile 6.45 log kob/g değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir.
- Sıvı ekşi fermentin fermantasyon sonundaki ortalama kurumadde içeriğinin %21.75 ve viskozitesinin ise 1.38 Pa.s olduğu tespit edilmiştir.
- Sıvı ekşi fermentin 15 saatlik fermantasyonu boyunca periyodik olarak takip edilen toplam titrasyon asitliği değerleri ortalamasının %0.31 değerinden 0.75 değerine yükseldiği, pH değerleri ortalamasının 4.74 değerinden 3.65 değerine düştüğü, laktik asit bakterisi sayıları ortalamasının 8.04 değerinden 9.31 log kob/g yükseldiği ve maya sayıları ortalamasının ise 7.84 değerinden 5.72 log kob/g değerine düştüğü tespit edilmiştir.
- Sıvı ekşi fermentin farklı oranları kullanılarak ve farklı fermantasyon süreleri uygulanarak üretimi gerçekleştirilen ekşi hamur ekmeğinin kabuk rengi ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 69.16, 15.04 ve 35.90 olduğu ve iç renginde ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 71.18, 2.53 ve 15.73 olduğu tespit edilmiştir.
- Ekşi hamur ekmeğinin spesifik hacim değerlerinin sıvı ekşi ferment oranının artmasıyla ve fermantasyon süresinin ise azalmasıyla arttığı ve yaklaşık  $3 \text{ cm}^3/\text{g}$  olduğu tespit edilmiştir.
- Sıvı ekşi ferment ile üretilen ekşi hamur ekmeğinin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine fermantasyon süresi, sıvı ekşi ferment oranı ve bekletme



süresinin artmasına bağlı olarak değiştiği, kohezif yapışkanlık değerinin değişmesinde ise fermantasyon süresi ve ekmeklerin bekletilme süresinin etkili olduğu esneklik değerinin ise hiçbir varyasyon kaynağına bağlı olarak istatistiksel açıdan etkilenmediği tespit edilmiştir.

- Çalışmada üretilen ekşi hamur ekmeklerinin 5 puanlık hedonik skalaya göre duyuşal olarak değerlendirilmesi sonucunda tüm örneklerin tüm duyuşal parametrelerde 3 ve daha yüksek puanlarla değerlendirildiği ve bu nedenle duyuşal olarak kabul edilebilir bulunduğu tespit edilmiştir.

- Sıvı ekşi fermentin depolamasında 1 ay süre ile her hafta yapılan analizlerde toplam titrasyon asitliği değerinin %0.40 değerinden 0.94 değerine yükseldiği, pH değerinin 4.52 değerinden 3.57 değerine düştüğü, laktik asit bakterisi sayısının 9.12 değerinden 6.83 log kob/g değerine düştüğü ve maya sayısı değerinin ise 4.13 değerinden 7.35 log kob/g değerine yükseldiği tespit edilmiştir.

- Bu araştırma sonucunda ekşi hamurlar kullanılarak endüstrinin kullanımına daha uygun olan bir sıvı ekşi ferment geliştirilmiş, bu sıvı ekşi fermentin %4 tuz ilavesiyle birlikte buzdolabı şartlarında 1 ay depolamada mikroorganizma içeriğinin önemli bir şekilde korunduğu belirlenmiş ve bu sıvı ekşi ferment kullanılarak duyuşal olarak kabul edilebilir ekşi maya ekmekleri üretilmiştir. Ekmeklerin diğer özellikleriyle birlikte duyuşal özellikleri dikkate alındığında; geliştirilen sıvı ekşi fermentin %10 oranı ve 45 dk son fermantasyon süresi ile ekşi maya ekmeği üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Bu nedenlerle bu tez çalışması ile sıvı ekşi fermentlerin, ekşi hamur ekmeklerin üretilmesinde etkili bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Angelis, M. D., Cagno, R. D., Gallo, G., Curci, M., Siragusa, S., Crecchio, C., Parente, E. and Gobbetti, M. 2007. Molecular and Functional Characterization of *Lactobacillus Sanfranciscensis* Strains Isolated From Sourdoughs, *International Journal Of Food Microbiology*, 114, 69-82.
- Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., Dal Bello, F. 2007. Impact of Sourdough on The Texture of Bread. *Food Microbiology*, 24:165-174.
- Armero, E., and Collar, C. 1998. Crumb Firming Kinetics of Wheat Breads With Antistaling Additives. *Journal of Cereal Science*, 28(2), 165-174.
- Bakırcı, F. 2019. Yöresel Ekmek Üretiminde Kullanılan Ekşi Hamur Mikrobiyal Floralarının Belirlenmesi ve Bu Ekmeklerin Uçucu Bileşenleri İle Duyusal Özelliklerinin Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 2019.
- Baykara, P. 2006. Geleneksel Nohut Mayasının Endüstriyel Beyaz Buğday Unu Ekmeği Üretiminde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 88s.
- Brandt, M.J. 2007. Sourdough Products for Convenient Use in Baking. *Food Microbiology*. 24; 161-164.
- Candal, C. 2016. Unun Enzime Dirençli Nişasta İçeriğinin Zenginleştirilmesi ve Bu Unun Bir Diyet Lif Kaynağı Olarak Bisküvi Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Antalya.
- Cappelle, S., Guylaine, L., Gänzle, M. G. and Gobbetti, M. 2013. History and Social Aspects of Sourdough (M. Gobbetti and M. G. Gänzle Editors). Handbook on Sourdough Biotechnology, Springer Science+Business Media, New York, Pages1-9.
- Carnevali, P., Ciati, R., Leporati, A., Paese, M. 2007. Liquid Sourdough Fermentation: Industrial Application Perspectives. *Food Microbiology*, 24: 150-154.
- Catzeddu, P. 2011. Sourdough Breads (V. Preedy, R. Watson and V. Patel Editors). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention, Academic Press, San Diego, p 37-46.
- Catzeddu, P., Mura, E., Parente, E., Sanna, M., Farris, G.A. 2006. Molecular Characterization of Lactic Acid Bacteria From Sourdoughs Breads Produced in Sardinia (Italy) and Multivariate Statistical Analyses of Results. *Systematic and Applied Microbiology*, 29:138-144.
- Cauvain, S. P. 2001. Breadmaking Cereals processing technology, 2001- Elsevier
- Chavan R.S., Chavan S.R. 2011 “Sourdough technology-A traditional way for wholesome foods: A review”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 10, no. 3, pp. 169–182.
- Clarke, C.I., Arendt, E.K. 2005. A Review of The Application of Sourdough Technology to Wheat Breads. *Advances in Food and Nutrition Research*, 49, 137161.

- Corsetti, A. 2013. Technology of Sourdough Fermentation and Sourdough Applications. *Handbook on Sourdough Biotechnology*, 85-103.
- Corsetti, A., Settanni, L. 2007. Lactobacilli in Sourdough Fermentation. *Food Research International*, 40: 539-558.
- Corsetti, A., Settanni, L., Van Sinderen, D., Felis, G. E., Dellaglio, F., and Gobbetti, M. 2005. *Lactobacillus Rossii* Sp. Nov., Isolated From Wheat Sourdough. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(1), 35-40.
- Crowley, P., Schober, T.J., Clarke, C.I., Arendt, E.K. 2002. The Effect of Storage Time On Textural and Crumb Grain Characteristics of Sourdough Wheat Bread. *European Food Research and Technology*, 214: 489-496.
- Çebi, K. 2009: Nohut Mayası ve Hamurundan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu ve İdentifikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 72.
- Çon, A.H., Gökalp, H.Y. 2000. Laktik Asit Bakterilerinin Antimikrobiyal Metabolitleri ve Etki Şekilleri, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyet Dergisi*, 30:180190.
- De vuyst L., Harth, H., Van Kerrebroeck, S., Leroy, F. 2016. Yeast Diversity of Sourdoughs and Associated Metabolic Properties and Fuctionalities. *International Journal of Food Microbiology*. 2016, 239, 26-34.
- De Vuyst L., Van Kerrebroeck, S., Leroy, F. 2017. Chapter Two- Microbial Ecology and Process Technology of Sourdough Fermantation in Advances in Applied Microbiology, S. Sariaslani and G. M. Gadd, editors. *Academic Press*, 49-160.
- De Vuyst, L., and Degeest, B. 1999. Heteropolysaccharides from Lactic Acid Bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 23(2), 153-177.
- De Vuyst, L., and Marshall, V. 2001. First Symposium on Exopolysaccharides From Lactic Acid Bacteria: From Fundamentals to Applications-Editorial.
- De Vuyst, L., and Neysens, P. 2005: The Sourdough Microflora: Biodiversity and Metabolic İnteractions, *Trends in Food Science & Technology*, 16, 4356
- De Vuyst, L., and Vancanneyt, M. 2007. Biodiversity and İdentification of Sourdough Lactic Acid Bacteria. *Food Microbiology*, 24(2), 120-127.
- De Vuyst, L., G. Vrancken, F. Ravyts, T. Rimaux and S. Weckx. 2009. Biodiversity, Ecological Determinants, and Metabolic Exploitation of Sourdough Microbiota. *Food Microbiol.*,26:666–675.
- De Vuyst, L., Schrijvers V., Paramithiotis, Hoste, B., Vancanneyt M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E., Messens, W. 2002. The Biodiversity of Lactic Acid Bacteria in Greek Traditional Wheat Sourdoughs Is Reflected in Both Composition and Metabolite Formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68:6059-6069.
- De Vuyst, L., Van Kerrebroeck, S., Harth, H., Huys, G., Daniel, H.M., Weckx, S. 2014. Microbial ecology of sourdough fermentations: diverse of uniform. *Food Microbiology*. 2014, 37, 11-29.
- De Vuyst., Schrijvers V., Paramithiotis, Hoste, B., Vancanneyt M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E., Messens, W. 2002. The Biodiversity of Lactic

- Acid Bacteria in Greek Traditional Wheat Sourdoughs Is Reflected in Both Composition and Metabolite Formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68:60596069.
- Decock, P., and Cappelle, S. 2005. Bread Technology and Sourdough Technology, *Trends in Food Science & Technology*, 16, 113-120.
- Deegest, B., Vaningelgenm, F., and De Vuyst, L. 2001. Microbial Physiology, Fermentation Kinetics, and Process Engineering of Heteropolysaccharide Production By Lactic Acid Bacteria. *International Dairy Journal*, 11(9), 747-757.
- Demir, K. M., Elgün, A. ve Bilgiçli, N. 2006. Sıvı Ferment Yöntemiyle Ekmek Üretiminde Kullanılan Maya (*Saccharomyces cerevisiae*) Performansına Katkı Maddeleri ve Ortam Şartlarının Etkisi, *Gıda*, 31(6), 303-310.
- Demir, M. K. 2004. Likit Ferment Sisteminde Kullanılan Maya (*Saccharomyces cerevisiae*) Performansının Artırılmasında Ortam Şartları ve Katkılamanın Optimizasyonu Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 67s.
- Dertli E., Colquhoun, I. J., Gunning, A. P., Bongaerts, R. J., Le Gall, G., Bonev, B. B., Mayer, M. J., Narbad, A. 2013. Structure and Biosynthesis of Two Exopolysaccharides Produced By *Lactobacillus Johnsonii* FI9785. *Journal of Biological Chemistry*, 288(44),31938-31951.
- Di Cagno, R., De Angelis, M., Gallo, G., Settanni, L., Berloco, M.G., Siragusa, S., Parente, E., Corsetti, A., Gobbetti, M. 2007. Genotypic and Phenotypic Diversity of *Lactobacillus Rossiae* Strains Isolated From Sourdough. *Journal of Applied Microbiology*,103(4), 821-835.
- Di Cagno, R., Pontonio, E., Buchin S., Angelis M.D., Lattanzi A., Valerio F., Gobbetti M., Calasso M. 2014. Diversity of the lactic acid bacteria and yeast microbiota switching from firm to liquid sourdough fermentation.
- Diğer, A., ve Çam, G. 1992. Ekmek Üretiminde Starter Kültür Kullanımı ve Ekşi Hamur Fermantasyonu, *Gıda Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 104-109s.
- Ehrmann, M. A., Vogel, R. F. 2005. Molecular taxonomy and genetics of sourdough lactic acid bacteria. *Trends Food Sci Technol*16, 31–42.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z. 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 97, (4.Baskı), 411s, Erzurum.
- Elgün, A., Ertugay, Z. 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 297 (2.Baskı), Erzurum, 481 S.
- Ercolini D, Pontonio E, De Filippis F, Minervini F., La Stora A., Gobbetti M., Di Cagno R. 2013. Microbial Ecology Dynamics During Rye and Wheat Sourdough Preparation, *Appl Environ Microbiol*,79 (24), 7827-7836.
- Erginkaya, Z. ve Kabak, B. 2010. *Gıda Mikrobiyolojisi Kitabı*, Ed: Osman Erkmek, Efil Yayınevi 1. Basım, 22.Bölüm, Fermente Gıdalar, Ankara. 427437s.
- Ertop, H., M. 2014. Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik profili, Biyoaktif Nitelikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Erciyes Üniversitesi Fen bilimleri Üniversitesi. Erzurum.

- Evren, M., Anıl, M., Koca, A.F. 2006. Pres-Yaş Ekmek Mayasının Toplam Maya Sayısı ve Gaz Üretim Gücü Üzerine Depolama Sıcaklığı ve Süresinin Etkisi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs. O.M.Ü Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 685-688, Bolu.
- Fob, 2011. History of bread. Consumer Factsheet No. 9. <https://www.fob.uk.com/wp-content/uploads/2017/01/FS-9-History-ofBread.pdf> (Accession date:11/05/2018).
- Gaggiano, M., Cagno, D. R., Angelis, M. D., Arnault, P., Tossut, P. Fox, P. F. and Gobbetti, M. 2007. Defined Multi-Species Semi-Liquid Ready-to-Use Sourdough starter, *Food Microbiology*, 24, 15-24.
- Galli, V., Venturi, M., Pini, N., Guerrini, S., Granchi, L., Vincenzini, M. 2019. Liquid and Firm Sourdough Fermentation: Microbial Robustness and Interactions During Consecutive Backsloppings. *Food Science and Technology*. 105 9-15.
- Ganzle, M. and Gobbetti, M. 2013. Physiology and Biochemistry of Lactic Acid Bacteria (M. Gobbetti and M. Ganzle Editors). *Handbook on Sourdough Biotechnology*, Springer US, Boston, MA, p 183-216.
- Ganzle, M. G. 2014. Enzymatic and Bacterial Conversions During Sourdough Fermentation. *Food Microbiology*, 37, 2-10.
- Ganzle, M., Ripari, V. 2016. Composition and Function of Sourdough Microbiota: From Ecological Theory to Bread Quality. *International Journal of Food Microbiology*. 239,19-25.
- Ganzle, M.G. 2003. Starterkulturen für fermentierte Fleischerzeugnisse.
- Ganzle, M.G., Vermeulen, N. and Vogel, R.F. 2007. Carbohydrate, peptide and lipid metabolism of lactic acid bacteria in sourdough. *Food Microbiol*, 24; 128-138.
- Gerekova, P., Petrulakova, Z., Sturdık, E. 2011. Importance of Lactobacilli For Bread Making Industry. *Acta Chimica Slovaca*, 4:118-135.
- Gobbetti, M. 1998. The Sourdough Microflora: Interactions of Lactic Acid Bacteria and Yeast. *Trends Food Science Technology*, 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 Microbiology*. 409-418.
- Guerzoni, M.E., Serrazanetti, D. L., Vernocchi, P., Gianotti, A. 2013. Physiology and Biochemistry of Sourdough Yeasts. *Physiology and Biotechnology*, Springer US; Boston, MA., 155-181.
- Gül, F. 2019 Kek Üretiminde Üretimde Ekşi Hamur Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Gül, H., Özçelik, S., Sağdıç, O., Certel, M. 2005. Sourdough Bread Production with Lactobacilli and *S.Cerevisiae* Isolated from Sourduoghs. *Process Biochemistry* Elsevier: 40, 691-697.
- Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Merck, Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti., Ankara, 358 S.

- Hammes, W. P., and Ganzle, M. G. 1998. Sourdough Breads and Related Products. *In Microbiology of Fermented Foods*, Springer US, 199-216.
- Hansen, A., Hansen, B. 1996. Flavour of Sourdough Wheat Bread Crumb. *European Food Research And Technology*, 202:244-249.
- Hansen, A., Schieberle, P. 2005. Generation of Aroma Compounds During Sourdough Fermentation: Applied and Fundamental Aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 85-94.
- Hardin, J., Bertoni, G. and Kleinsmith, L. J. 2012. Becker's World of the Cell. Pearson Education, Inc., San Francisco, P. 914.
- Holzappel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J., and Schillinger, U. 2001. Taxonomy and Important Features of Probiotic Microorganisms in Food and Nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 365s-373s.
- Huys, G., Daniel M. H., Vuyst L. D. 2013. Taxonomy and Biodiversity of Sourdough Yeasts and Lactic Acid Bacteria. *Handbook on Sourdough Biotechnology*.
- İşıkalp, H. 2019. Farklı Yörelerde Kullanılan Ekşi Hamurlarda Laktik Asit Bakterilerinin ve Mayaların Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.
- Jang, J., Kim, B., Lee, J., Kim, J., Jeong, G., and Han, H. 2002. Identification of Weissella Species By The Genus-Specific Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis. *Fems Microbiology Letters*, 212(1), 29-34.
- Jenson, J. 1998. Bread And Baker's Yeast. Editor: B.J.B., Wood. *Microbiology of Fermented Foods*. 2nd Edition, Blackie Academic&Professional, 2: 172198.
- Katina, K., Sauri, M., Alakomi, H.L., Mattila-Sandholm, T. 2002. Potential of Lactic Acid Bacteria To Inhibit Rope Spoilage in Wheat Sourdough Bread. *Food Science and Technology*, 35:38-45.
- Katina, K. 2005. Sourdough: A Tool for The Improved Flavour, Texture and Shelf-Life of Wheat Bread, Vtt publications 569. Espoo.
- Katina, K., Maina, H.N., Juvonen, R., Flander, Laura., Johansson, L., Virkki, L., Tenkanen, M., Laitila A. 2009. In Situ Production and Analysis of *Weissella Confusa* Dextran in Wheat Sourdough Food *Microbiology* 26, 734-743.
- Kılıç, S. 2008. Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 542, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 451s.
- Klaenhammer, T., Altermann, E., Arigoni, F., Bolotin, A., Brecht, F., Broadbent, J., Cano, R., Chaillou, S., Deutscher, J., Gasson, M., Van De Guchte, M., Guzo, J., Hartke, A., Hawkins, T., Hols, P., Hutkins, R., Kleerebezem, M., Kok, J., Kuipers, O., Lubbers, M., Magun, E., McKay, L., Mills, D., Nauta, A., Overbeek, R., Pel, H., Pridmore, D., Saier, M., Vansinderen, D., Sorokin, A., Steele, J., O'sullivan, D., De Vos, W., Weimmer, B., Zagorec, M., Siezen, R. 2002. Discovering Lactic Acid Bacteria by Genomics, *Antonie Van Leeuwenhoek*, 82:29-58.
- Kline, L., Sugihara, T. F. 1971. Microorganisms of the San Francisco Sour Dough Bread Process: II. Isolation and Characterization of Undescribed Bacterial Species Responsible for the Souring Activity. *Applied Microbiology*, 21 (3): 459-465.

- Kulp, K. 2003. Baker's Yeast and Sourdough Technologies in the Production of U.S. Bread Products. Handbook of Dough Fermentations.
- Küçükçuban, A. 2012. Sıvı Ekşi Hamur Sistemi İçin Uygun Laktik Asit Bakteri Kombinasyonunun Belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 85s. (Yüksek Lisans Tezi).
- Laws, A. P., Marshall, V. M. 2001. The Relevance of Exopolysaccharides to the Rheological Properties in Milk Fermented with Ropy Strains of Lactic Acid Bacteria. *International Dairy Journal*, 11(9), 709-721.
- Leroy, F., and De Vuyst, L. 2004. Lactic Acid Bacteria as Functional Starter Cultures for The Food Fermentation Industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- Mayo, B., Aleksandrak-Piekarczyk, T., Fernández, M., Kowalczyk, M., Álvarezmartín, P. And Bardowski, J. 2010. Updates in The Metabolism of Lactic Acid Bacteria (F. Mozzi, R. R. Raya, G. M. Vignolo Editors). *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria*, Wiley-Blackwell, Iowa, USA, P 333.
- Menteş, Ö., Akçelik, M., Ercan, R. 2004. Türkiyede Üretilen Ekşi Hamurlardan *Lactobacillus* Suşlarının İzolasyonu, İdentifikasyonu ve Bu Suşların Temel Endüstriyel Özellikleri. *Gıda*, 29 (5):347-355.
- Meroth, C.B., Hammes, W.P., Hertel, C., 2003b. Identification and Population Dynamics Of Yeasts İn Sourdough Fermentation Processes By Pcr-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:7453-7461.
- Meroth, C.B., Walter, J., Hertel, C., Brandt, M.J., Hammes, W.P. 2003a. Monitoring The Bacterial Population Dynamics in Sourdough Fermentation Processes By Using PCR-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:475-482.
- Messens, W., De Vuyst, L. 2002. Inhibitory Substances Produced by *Lactobacilli* Isolated from Sourdoughs A Review. *International Journal of Food Microbiology*, 72(1), 31-43.
- Minervini, F., Di Cagno, R., Lattanzi, A., De Angelis, M., Antonielli, L., Cardinali, G., Cappelle, S., Gobbetti, M. 2011. The Lactic Acid Bacteria and Yeast Microbiota of Nineteen Sourdoughs Used for The Manufacture of Traditional/Typical Italian Breads: Interactions Between Ingredients and Microbial Species Diversity. *Applied And Environmental Microbiology*, AEM07721.
- Minervini, F., Lattanzi, A., De Angelis, M., Celano, G. and Gobbetti, M. 2015. House Microbiotas as Sources of Lactic Acid Bacteria and Yeasts in Traditional Italian sourdoughs. *Food Microbiology*, 52: 66-76.
- Minervini, F., M., De Angelis, Raffaella D., Marco, G. 2014. Ecological parameters influencing microbial diversity and stability of traditional sourdough. *International Journal of Food Microbiology*, 171, 136-146.
- Minervini, F., M., Lattanzi, A., De Angelis, M., Raffaella D., Marco, G. 2012. Influence Of Artisan Bakery-Or Laboratory-Propagated Sourdoughs on The Diversity of Lactic Acid Bacterium And Yeast Microbiotas. *Applied and Environmental Microbiology*, 15, 5328-5340.

- Narvhus, J.A., Sorhaug, T. 2012. *Food Biochemistry and Food Processing*. Editor: B. K. Simpson, Wiley Blackwell, Pp: 594-602.
- Olojede A. O., Sanni A. I. 2020. Banwo K. Rheological, Textural and Nutritional Properties of Gluten-Free Sourdough Made with Functionally Important Lactic Acid Bacteria and Yeast from Nigerian sorghum LWT - *Food Science and Technology*.
- Özkaya, H. 1984. Ekmek Aroması ve Buna Etkili Faktörler, *Gıda Dergisi*, 9(1), 21-27.
- Palomba, S. 2008. Sourdoughs for Sweet Baked Products: Microbiology, Characterization, Screening and Study of Exopolysaccharides Produced by Microbial Strains. Doctora Thesis. Universty Degli Studi Di Napoli Federico.
- Paramithiotis, S., Gioulatos, S., Tsakalidou, E., Kalantzopoulos, G. 2006. Interactions Between *Saccharomyces Cerevisiae* and Lactic Acid Bacteria in Sourdough. *Process Biochemistry*, 41:2429-2433.
- Paramithiotis, S., Sofou, A., Tsakalidou, E., Kalantzopoulos, G. 2007. Flour Carbohydrate Catabolism and Metabolite Production by Sourdough Lactic Acid Bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23: 1417-1423.
- Plessas, S., Fisher, A., Koureta, K., Psarianos, C., Nigam, P., Koutinas, A. A. 2008. Application of *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *L. helveticus* for sourdough bread making, *Food Chemistry*, 106, 985-990.
- Randazzo, C.L., Heilig, H., Resestuccia, C., Giudici, P., Caggia, C. 2005. Bacterial Population in Traditional Sourdough Evaluated by Molecular Methods. *Journal of Applied Microbiology*, 99:251-258.
- Ravyts, F. and Vuyst, L. D. 2011. Prevalence and Impact of Single-strain Cultures of Lactic Acid Bacteria on Metabolite Formation in Sourdough, *Food Microbiology*, 28, 1129-1139.
- Rehman, S., Paterson, A. and Piggott, J.R. 2006. Flavour İn Sourdough Breads: A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 557-566.
- Ripari, V., Cecchi, T., Berardi, E. 2016. Microbiological Characterisation And Volatiles Profile of Model, Ex-Novo, and Traditional Italian White Wheat Sourdoughs. *Food Chemistry*. 297-307.
- Rizzello, C.G., Nionelli, L., Coda, R., Di Cagno, R. 2010. Use of Sourdough Fermented Wheat Germ for Enhancing The Nutritional, Texture and Sensory Characteristics of The White Bread. *European Food Resarch and Technology*, 230:645-654.
- Rollan G., Gerez, C.L., Dallagnol, A.M., Torino, M.I., Font, G. 2010. Update in Bread Fermentation by Lactic Acid Bacteria. Current Research, *Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. 1168-1174.
- Rosenquist, H., Hansen, A. 2000. The Microbial Stability of Two Bakery Sourdoughs Made from Conventionally and Organically Grown Rye. *Food Microbiology*, 17:241-250.
- Sağdıç, O., Arıcı, M. 2010. Gıda Mikrobiyolojisi Kitabı, Editör: Osman Erkmen Efil Yayınevi, 1.Basım, 21.Bölüm, Gıda Fermentasyonunda Kullanılan Mikroorganizmalar, Ankara. 407-426.



- Salovaara, H. 1998. Lactic Acid Bacteria in Cereal-Based Products. Lactic Acid Bacteria Microbiology and Functional Aspects, 2nd Edition, Ed: S. Salminen and A. Vonwright. Marcel Dekker Inc. Newyork, USA, 115-137.
- Sanna, M., Fois, S., Giovanni F., Campus M., Roggio T., Catzeddu P. 2018. Effect of Liquid Sourdough Technology on The Pre-Biotic, Texture, and Sensory Properties of A Crispy Flatbread *Food Science and Biotechnology*.
- Sarıkaya, Y., 1993. Fizikokimya, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, Sayfa 1-13.
- Settanni, L., Valmorri, S., Van Sinderen, D., Suzzi, G., Paparella, A., and Corsetti, A. 2006. Combination of Multiplex PCR and PCR-DGGE for Monitoring Common Sourdough-Associated Lactobacillus Species. *72*, 3793-379
- Settanni, L., Van Sinderen, D., Rossi, J., And Corsetti, A. 2005. Rapid Differentiation and in Situ Detection of 16 Sourdough Lactobacillus Species by Multiplex PCR. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3049-3059
- Shin, J. H., Kim, D. I., Kim, H. R., Kim, D. S., Kook, J. K., and Lee, J. N. 2007. Severe Infective Endocarditis of Native Valves Caused by Weissella Confusa Detected Incidentally on Echocardiography. *Journal of Infection*, 54(3), E149-E151.
- Sıkılı, Ö. H., Karapınar, M. 2002. Ekşi Maya Ekmeğinin Mikroflorası ve Aromatik Karakteristikleri, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 13-18 Mayıs 2002, İzmir, 165-175s
- Sicard, D, Legras, JL. 2011. Bread, Beer and Wine: Yeast Domestication in the *Saccharomyces Sensu Stricto* Complex Comptes Rendus Biologies Pages 229-236.
- Siepmann, F.B, Ripari V, Waszczynskyj N, Spier MR. 2018. Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing. *Food Bioprocess Tech* 11(2):242–270. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1968-2>
- Stiles, M. E, and Holzapfel W., H. 1997. Lactic Acid Bacteria Of Foods And Their Current Taxonomy. *International Journal of Food Microbiology*, 1-29.
- Stolz, P, Böcker, G, Vogel, R.F, Hammes, W.P.1993. Utilisation of Maltose and Glucose by Lactobacilli Isolated from Sourdough. *FEMS Microbiology Letters*. 109(2-2237).
- Sutherland, L. W. 1971. Bacterial Exopolysaccharides. *Advances in Microbial Physiology*, 8, 143-213.
- Şimşek, Ö., Çon, A.H., Tulumoğlu, Ş. 2006. Isolating Lactic Starter Cultures with Antimicrobial Activity for Sourdough Processes. *Food Control*, 17:26327.
- Tamang, J.P., Fleet G.H. 2009. Yeasts Diversity in Fermented Foods and Beverages *Yeast Biotechnology: Diversity and Applications* pp 169-198.
- Tangüler, H., Erten H. 2006. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Türkiye 9.Gıda Kongresi; Bolu.
- Tok, E. 2007. Probiyotik Olarak Kullanılabilecek Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Kolesterol Giderimi Özellikleri ve Safra Tuzu Dekonjugasyonuna Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, 95 S., Ankara.

- Vernocchi, P., Ndagijimana, M., Serrazanetti, D., Gianotti, A., Vallicelli, M., Guerzoni, M.E. 2008. Influence of Starch Addition and Dough Microstructure on Fermentation Aroma Production by Yeasts and Lactobacili. *Food Chemistry*, 108:1217-1225.
- Vogel, R. F., Knorr, R., Muller, M. R., Steudel, U., Ganzle, M. G. And Ehrmann, M. A. 1999. Non-Dairy Lactic Fermentations: The Cereal World. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 76 (1-4): 403-411.
- Wehrle, K., Arendt, E. K. 1998. Rheological Changes in Wheat Sourdough During Controlled and Sponaneous Fermentation. *Cereal Chemistry* 882-886.
- Welman, A. D., Maddox, I. S. 2003. Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: perspectives and challenges. *Trends in biotechnology*, 21(6), 269-274.
- Yağmur, G. 2013. Ekşi Hamur Fermantasyonunda Etkili Olan Laktik Asit Bakterilerinin ve Mayaların Belirlenmesi ve Bunlardan Elde Edilen Sıvı Ekşi Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Yezbick, G., Jarvis, A. J., Schwartz, J. S., Vodovotz Y. 2013. Physicochemical Characterization and Sensory Analysis of Yeast-leavened and Sourdough Soy Breads. *Journal of Food Science* Vol.78 Nr.10
- Yılmaz, D. 2019. Ekşi Hamurdan Mayaların İzolasyonu ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

**7. EKLER****İsim:****Tarih:**

Lütfen size sunulan türünde belirtilen kriterler için aşağıdaki açıklamayı kullanarak puansal bir değerlendirme yapınız.

ÖZELLİKLER	Örnek Kodu			
Hacim				
Kabuk Rengi				
Ekşilik				
Koku				
Gözenek Yapısı				
İç Rengi				
<b>GENEL BEĞENİ</b>				

**NOT:** Çok beğendim (5 puan), Beğendim (4 puan), Orta derecede beğendim (3 puan), Az beğendim (2 puan), Hiç beğenmedim (1 puan) tercihiniz için yanlarındaki puanları dikkate alarak değerlendirmenizi yapınız.

## ÖZGEÇMİŞ

Merve SÜMBÜL

[mervesumbul123@gmail.com](mailto:mervesumbul123@gmail.com)



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018-2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2014-2018	Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa