

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EKŞİ HAMUR VE EKŞİ HAMUR EKMEĞİ ÜRETİMİNDE FARKLI TAHİL
TANELERİNİN FONKSİYONEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zühal ALKAY

NİSAN - 2017
BAYBURT



**EKŞİ HAMUR VE EKŞİ HAMUR EKMEĞİ ÜRETİMİNDE FARKLI TAHİL
TANELERİNİN FONKSİYONEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Zühal ALKAY

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Enes DERTLİ**

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EKŞİ HAMUR VE EKŞİ HAMUR EKMEĞİ ÜRETİMİNDE FARKLI TAHIL
TANELERİNİN FONKSİYONEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zühal ALKAY

2017

BAYBURT

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAY SAYFASI

**Ekşi Hamur ve Ekşi Hamur Ekmeği Üretiminde Farklı Tahıl Tanelerinin
Fonksiyonel Etkilerinin İncelenmesi**

Yrd. Doç. Dr. Enes DERTLİ danışmanlığında, Zühal ALKAY tarafından hazırlanan bu tez çalışması 18/04/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA

İmza: 

Üye: Yrd. Doç. Dr. Enes DERTLİ

İmza: 

Üye: Yrd. Doç. Dr. Engin ŞAHİN

İmza: 

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.


Doç. Dr. Metin UÇURUM

Enstitü Müdürü (V.)

Not:Bu tezde kullanılan ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların Kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


Zühal ALKAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EKŞİ HAMUR VE EKŞİ HAMUR EKMEĞİ ÜRETİMİNDE FARKLI TAHIL TANELERİNİN FONKSİYONEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Zühal ALKAY

Bayburt Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Enes DERTLİ

Geleneksel yollarla üretilen ekşi hamurda tat, aroma ve yapının oluşması Laktik Asit Bakterilerinin (LAB) varlığına ve fermentasyon süresince ürettikleri metabolitlere bağlıdır. Bu etkilerin oluşmasında önemli faktörlerden bir tanesi de LAB türleri tarafından ekzopolisakkarit (EPS) üretimidir. EPS üretiminin hamurun fizikokimyasal karakteristikleri üzerine etkisi uzun süredir bilinen bir fonksiyon olmakla birlikte bu etki çevresel ve genetik faktörlere bağlı olarak üretim seviyesinin değişmesi ve farklı kimyasal yapıda EPS üretilmesi ile yakından ilişkilidir. Ekşi hamurdaki kullanılabilir karbon kaynaklarına ilaveten prebiyotik potansiyeli olan bileşenlerin hamur formülasyonuna ilavesi ekşi hamurun oluşumunu sağlayan LAB türlerinin gelişimini ve EPS gibi farklı metabolitlerin üretimini teşvik ederek hamurun ve ekmeğin karakteristikleri üzerine olumlu etkiler oluşturabilir. Bu bağlamda yapılan tez çalışması ile süt olum devresindeki buğday, çavdar, yulaf ve arpa tanelerinin prebiyotik potansiyeli ve neticesinde bu etkinin ekşi hamur ve ekmeği üzerinde oluşturduğu sonuçlar irdelenmeye çalışılmıştır.

Bu tez kapsamında ekşi hamur izolatu; *Lactobacillus rossiae*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* ve *Weissella cibaria* suşları ile Bayburt İlinden toplanan süt olum evresindeki tahıl tanelerinden buğday, çavdar, yulaf ve arpa unları ekmeçlik buğday ununda kullanılarak ekşi hamur üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu tahıl tanelerinin şeker profili ve ekşi hamurdan izole edilen EPS'in içerdiği şeker grupları HPLC analizi ile ortaya konmuştur. Tahıl tanelerindeki şeker grupları glukoz, ksiloz ve arabinoz olurken, ekşi hamur ortamında üretilen EPS'in içerdiği monosakkaritlerin ise glukoz, mannoz ve fruktoz olduğu saptanmıştır. İlgili türlerin ürettikleri EPS miktarlarının farklı tahıl tanesi şartlarında önemli ölçüde farklılık arz ettiği gözlemlenmiştir. Farklı süt olum evresindeki tahıl tanelerinin ilavesi ve farklı LAB türleri ile üretilen ekşi hamurların reolojik özellikleri elastik (G') ve viskoz modül (G'') değerlerinin 0., 8. ve 24. saatte belirlenmesi ile tespit edilmiştir. Ekşi hamur örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi noktasında ise ekşi hamur ekmeği yapılarak tekstür analizi ile sonuçlar ortaya konmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlar farklı türlerin farklı tahıl tanesi katkı ekşi hamur ve ekmeği üzerindeki etkilerini göstermesi bakımından önem arz etmektedir.

2017, 77 sayfa

Anahtar kelimeler: Ekşi Hamur, Laktik Asit Bakterileri, Ekzopolisakkarit, Prebiyotik.

ABSTRACT

MS Thesis

INVESTIGATION OF THE FUNCTIONAL EFFECTS OF DIFFERENT GRAIN SOURCES IN SOUR DOUGH AND SOUR DOUGH BREAD PRODUCTION

Zuhal ALKAY

Bayburt University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Department of Food Engineering
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Enes DERTLI

The formation of taste, aroma and texture in traditional sourdoughs depends on the presence of Lactic Acid Bacteria (LAB) and their metabolites that they produce during fermentation process. One of the important factors in the formation of these effects is the production of exopolysaccharide (EPS) by LAB species. The effect of EPS production on the physicochemical properties of sourdough is a well-known function although this effect can change depending on EPS production level as well as EPS structure in which environmental and genetic factors can play roles. In addition to the available carbon sources in the sourdough environment, the addition of components with prebiotic potentials to the dough formulation may have form positive effects on the characteristics of the dough and bread by encouraging the development of LAB species that provide sourdough formation. In this respect, the aim of this thesis was to investigate the prebiotic potential of immature grains (wheat, rye, oat and barley) in sourdough environment and their role on final sourdough bread.

In this thesis, sourdough isolates *Lactobacillus rossiae*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* and *Weissella cibaria* and wheat, rye, oat and barley flour from immature grains collected from Bayburt were used for sourdough production. Sugar profiles of those cereal grains and sugar groups of the EPS isolated from sourdough were revealed by HPLC analysis. The sugar groups in cereal grains were glucose, xylose and arabinose whereas the monosaccharides of EPSs were formed isolated from sourdough were glucose, mannose and fructose. The level of EPS produced by different strains in different sourdoughs produced with different immature grains was altered significantly. The effect of the addition of cereal grains at different milk stages on the rheological properties of the sourdoughs produced with different LAB types was detected by determining the elastic (G') and viscous modulus (G'') values at 0, 8 and 24 h during sourdough formation. Depending on the fermentation process of the results. Similarly, the textural properties of sourdough breads produced with different sourdoughs were determined by textural analysis. At the point of determination of the textural properties of the sourdough samples: the sour dough bread is baked and the results are revealed by texturing analysis. These findings are important in terms of determination of the effects of different sourdough isolates and different immature grains on final properties of sourdough and sourdough bread.

2017, 77 pages

Keywords: Sourdough, Lactic Acid Bacteria, Exopolysaccharides, Prebiotics.

TEŞEKKÜR

Tezimin başarılı bir şekilde tamamlanmasını nasip eden Allah'a hamd olsun.

Yüksek Lisans öğrenimim ve tez çalışmam sırasında her konuda desteğini aldığım, gerek çalışma ahlakı açısından gerekse hayat tecrübesi noktasında bana öncülük eden ve kendime örnek aldığım saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Enes DERTLİ'ye tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Çalışmalarımı gerçekleştirmek için laboratuvar imkanı sunan Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Analiz sırasında yardımcı olan arkadaşım Öğr. Gör. Aslı MUSLU'ya, Yüksek Lisansım boyunca her an yanımda olup, bana destek olan değerli arkadaşım Hümeysra İSPİRLİ'ye,

Eğitim hayatım boyunca desteğini yanımda hissettiğim Canım Ablam Remziye ALKAY'a, maddi ve manevi açıdan desteklerini esirgemeyen Canım Aileme ve çalışmamın gerçekleşmesinde 2016/02-03 no'lu projeyi destekleyen Bayburt Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi'ne sonsuz teşekkürler.

Zühal ALKAY

Nisan / 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİSİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Ekşi Hamurun Genel Özellikleri.....	5
2.2 Ekşi Hamurun Sınıflandırılması.....	7
2.2.1 Tip I Ekşi Hamur.....	7
2.2.2 Tip II Ekşi Hamur	8
2.2.3 Tip III Ekşi Hamur	8
2.3 Ekşi Hamur Üzerine Laktik Asit Bakterilerinin Fonksiyonu.....	11
2.4 LAB Türlerinin Genel Özellikleri	13
2.4.1 Ekşi hamur açısından önemli bazı laktik asit bakterilerinin özellikleri	16
2.5 Laktik Asit Bakterileri ve EPS Üretimi	18
2.5.1 Homopolisakkaritler.....	19
2.5.2 Heteropolisakkaritler.....	20
2.6 Ekşi Hamur Açısından EPS Üretiminin Önemi	21
2.7 Ekşi Hamur-Prebiyotik İlişkisi.....	21
2.8 Prebiyotik Etkisi Olan Karbonhidratların Özellikleri	22

2.8.1 İzomaltooligosakkaritler	22
2.8.2 Fruktooligosakkaritler	23
2.8.3 Galaktooligosakkaritler	23
2.9 Prebiyotik Etkileri Olan Diğer Karbonhidratlar	24
2.9.1 İnülin	24
2.9.2 Arabinooligosakkarit (AXOS)	25
2.9.3 Ksilooligosakkaritler	25
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1 Materyal	26
3.1.1 Tahıl Örneklerinin Temin Edilmesi	26
3.1.2 Hamur Temel Bileşenleri	26
3.2 Yöntem	27
3.2.1 Ekşi hamur örneklerinin hazırlanması	27
3.2.2 Ekşi hamur örneklerinde pH tayini	30
3.2.3 Ekşi hamur örneklerinde titrasyon asitliği tayini	30
3.2.4 Ekşi hamur örneklerinde mikrobiyolojik analizin yapılması	30
3.2.5 Ekşi hamurdan EPS izolasyonu ve saflaştırılması	31
3.2.6 Fenol-Sülfirik asit testi ile EPS üretim miktarı analizi	31
3.2.7 Ekşi hamurdaki şeker profillerinin HPLC ile açığa çıkartılması	31
3.2.8 Tahıl tanelerindeki şeker profillerinin HPLC ile açığa çıkartılması	32
3.2.9 Ekşi hamurun reolojik özelliklerin belirlenmesi	32
3.2.10 Ekmek pişirme denemeleri.....	33
3.2.11 Ekmeğin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	36
4.1 Ekşi Hamur Örneklerine Ait Mikrobiyolojik Sonuçlar.....	36
4.2 Ekşi Hamur Örneklerinde pH Tayini Analiz Sonuçları	38

4.3 Ekşi Hamur Örneklerinde Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları	39
4.4 Tahıl Tanelerindeki Şeker Profillerinin HPLC ile Açığa Çıkartılması	40
4.5 Ekşi Hamurdaki Şeker Profillerinin HPLC ile Açığa Çıkartılması	42
4.6 Fenol-Sülfirik Asit Testi İle EPS Üretim Miktarı	47
4.7 Ekşi Hamurun Reolojik Açından Viskoelastik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	49
4.8 Ekmeğin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	54
5. SONUÇ.....	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ.....	78

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
Dk	Dakika
g	Gram
$\times\text{g}$	Yerçekimi İvmesi
G'	Elastik Modülü
G''	Viskoz Modülü
H	Saat
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
L	Litre
M	Molarite
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimolar
N	Normalite
Pa	Pascal
pH	Asitlik Bazlık Birimi
rad	Radyan
s	Saniye
α	Alfa
β	Beta
μl	Mikrolitre
μmol	Mikromol
Da	Dalton

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AX	Arabinoksilan
AXOS	Arabinoooligosakkarit
C	Sitozin
CO ₂	Karbondioksit
CPS	Kapsüler Polisakkarit
DNA	Deoksiribonükleik Asit
EPS	Ekzopolisakkarit
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
FOS	Fruktooligosakkarit
Fru	Fruktoz
FTF	Fruktoziltransferaz
FTS	Fizyolojik Tuzlu Su
G	Guanin
Gal	Galaktoz
Glu	Glukoz
GOS	Galaktooligosakkarit
GRAS	Genel Olarak Güvenilir Kabul Edilen
GTF	Gluktoziltransferaz
HePS	Heteropolisakkarit
HoPS	Homopolisakkarit
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IMO	İzomaltooligosakkarit
Kob	Koloni Oluşturan Birim
LAB	Laktik Asit Bakterisi
Log	Logaritma
MRS	De Man-Rogosa-Sharpe

M.Ö	Milattan Önce
NaOH	Sodyum Hidroksit
NDO	Sindirilemeyen Oligosakkarit
NR	Nisbi Nem
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
rRNA	Ribozomal RNA
TA	Titre Edilebilir Asitlik
TPA	Tekstür Profil Analizi
WHO	World Health Organization



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Homo ve Heteropolisakkaritlerin kimyasal yapısı	20
Şekil 3.1 Ekşi hamur üretim şeması.....	29
Şekil 3.2 Çalışmada Üretilen Hamur Görüntüleri.....	29
Şekil 3.3 Ekmek Üretim Yöntemi.....	34
Şekil 3.4 Çalışmada Yapılan Ekmekler	35
Şekil 3.5 Çalışmada Kullanılan Tekstür Analiz Cihazı	35
Şekil 4.1 Farklı süt olum evrelerindeki tahıl ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin 8 saat (A) ve 24 saat (B) içindeki <i>Lactobacillus rossiae</i> (ED1), <i>Lactobacillus plantarum</i> (ED10), <i>Lactobacillus brevis</i> (E25) ve <i>Weissella cibaria</i> (N9) sayılarındaki değişim.....	36
Şekil 4.2 Farklı süt olum evrelerindeki tahıl ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin 8 saat (A) ve 24 saat (B) içindeki pH değişim; <i>Lactobacillus rossiae</i> (ED1), <i>Lactobacillus plantarum</i> (ED10), <i>Lactobacillus brevis</i> (E25) ve <i>Weissella cibaria</i> (N9) sayılarındaki değişim	38
Şekil 4.3 Farklı süt olum evrelerindeki tahıl ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin 8 saat (A) ve 24 saat (B) içindeki asitlik değişim; <i>Lactobacillus rossiae</i> (ED1), <i>Lactobacillus plantarum</i> (ED10), <i>Lactobacillus brevis</i> (E25) ve <i>Weissella cibaria</i> (N9) sayılarındaki değişim	40
Şekil 4.4 Süt olum devresindeki tahıl tanelerinden elde edilen unların HPLC kromatogramı.....	41
Şekil 4.5 <i>Lactobacillus rossiae</i> kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.....	43
Şekil 4.6 <i>Lactobacillus plantarum</i> kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.....	44
Şekil 4.7 <i>Lactobacillus brevis</i> kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.....	45
Şekil 4.8 <i>Weissella cibaria</i> kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.	46
Şekil 4.9 Ekşi hamur örneklerinden elde edilen EPS üretim miktarı	48
Şekil 4.10 <i>Lactobacillus rossiae</i> ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.	51

Şekil 4.11 <i>Lactobacillus brevis</i> ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.....	52
Şekil 4.12 <i>Lactobacillus plantarum</i> ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.....	52
Şekil 4.13 <i>Wessiella cibaria</i> ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.....	53
Şekil 4.14 Kontrol Ekşi hamurunun Reogramı.....	53



ÇİZELGELER DİZİSİ

Çizelge 2.1 Tip I ve Tip II ekşi hamurlarındaki LAB ve maya türleri	10
Çizelge 2.2 Ekşi hamurdan izole edilen Lactobacillus türleri	15
Çizelge 3.1 Çalışmada Kullanılan Bakteriler ve Suş Kodları.....	27
Çizelge 3.2 Çalışmada Yapılan Ekşi Hamurlar ve Kodları	28
Çizelge 4.1 Ekşi hamur örneklerinin viskoelastik sonuçları.....	50
Çizelge 4.2 Prebiyotik katkılı ekşi hamur ekmeklerinin tekstür analiz sonuçları.....	56



1. GİRİŞ

Ekmek üretimi ve ekmeğin insanoğlunun hayatına girmesi çok eski çağlara uzanmaktadır. Dünyada yapılan kazı çalışmaları ekmek yapımının yazılı tarihin başında hatta daha öncesinde var olduğunu göstermektedir. İlk zamanlarda ekmek yapımı; buğdayın ezilip, su ile karıştırıldıktan sonra, kızgın taşlarda haşlanarak pişirilmesiyle başlamıştır. Zamanla gelişim göstererek, çağımızda ileri teknolojilerden yararlanan bir bilim dalı haline gelmiştir (Göçmen, 1996; Clarke ve Arendt, 2005).

Yapılan çalışmalarda ekmekçiliğin yaklaşık olarak 7800 yıl öncesine dayandığı belirlenmiştir. Asya kıtasının bazı bölgelerinde ve Çatalhöyük'de M.Ö.5900-5700 yılları arasında taş ve topraktan yapılmış fırınlar bulunmuştur. Aynı zamanda Mısırlılar'ın M.Ö.3000-2700 tarihleri arasında ekmekçilik alanında büyük gelişmeler gösterdikleri ve M.Ö.2000'li yıllarda 16 farklı türde ekmek yaptıkları yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir (Talay, 1997).

Ekmek; buğday unu, maya, tuz ve belli miktarda su ile karıştırılıp, yoğrulması ve daha sonra hamurun belli bir süre fermente ettirilip pişirilmesi ile elde edilen; nötr bir aromada olan, ucuz ve kolaylıkla temin edilebilen, besleyici ve doyurucu özellikleri olan bir gıda ürünüdür (Elgün ve Ertugay, 1995).

Ekmeğin tüketimi ekonomik ve sosyal koşullara bağlı olarak değişim gösterse de gelecekte de önemini sürdüreceği kuşkusuzdur (Armero ve Collar, 1998). Bugün dünyada birçok gıda maddesi üretilmektedir. Fakat ekmek dünya ülkelerinin %53'ünde toplam kalorisinin %50'sini, dünya ülkelerinin % 87'sinde ise alınan kalorisinin %30'dan fazlasını sağlamaktadır. Az tüketildiği söylenen batı Avrupa ülkelerinde bile alınan proteinin %30'unu, karbonhidratların %50'sini ve B grubu vitaminlerinin %50'sini sağladığı belirtilmektedir (Özkaya 1992).

Ekmek üretim metodu, yıllarca bilinen en eski işlemlerden birisidir. Gelişmiş ülkelerde, endüstriyel olarak üretilen ekmeklerin bayatlama ve mikrobiyolojik

bozulmalar sonucu oluşan ekonomik kayıpların artması, duyuşsal özelliklerini kaybetmesi ve bunun sonucunda tüketici tercihinin değişmesi büyük önem kazanmıştır. Ekmeğin raf ömrünü uzatmak, duyuşsal özelliklerini ve besin kalitesini geliştirmek ve “doğal” üretim teknolojilerini tercih eden tüketicileri memnun etmek ve ekmek için kullanılan unun daha iyi mekanik özelliklere sahip olmasını sağlamak için araştırmalar ekşi hamur üretimi üzerine yoğunlaşmıştır (Plessas vd., 2005).

Ekşi hamur fermentasyonu en eski tahıl fermentasyonu olarak bilinir. Ekşi hamurun ana fonksiyonu daha fazla gazlı hamur üretmek için hamurun mayalanmasıdır(Spicher ve Stephan, 1993). Son zamanlarda geleneksel ekşi hamur ekmeği üretimi, doğal ve sağlıklı bir ürün olarak algılandığı için tüketiciler tarafından büyük bir talep görmektedir (Brummer ve Lorenz, 1991). Muhtemelen ilk hamur fermentasyonu doğal maya ve LAB’lerin karışımına dayanır (Oura vd., 1982; Williams ve Pullen, 1998). Buğday ekmeklerinde ekşi hamur aynı zamanda tat geliştirmek için de kullanılabilir (Hansen ve Hansen, 1996). Ekmek hacminde ve kırıntı yapısında (Corsetti vd., 2000; Clarke vd., 2002; Crowley vd., 2002), tat (Thiele vd., 2002), besinsel değerinde (Liljeberg ve Björck, 1994; Liljeberg vd., 1995) ve raf ömründe (Corsetti vd., 1998b; Lavermicocca vd., 2000, 2003; Dal Bello vd., 2006) iyileşme dahil olmak üzere ekmek üretimi için ekşi hamurun eklenmesinin pozitif bir etkisi olduğu düşünölmektedir.

Ayrıca ekşi hamurun kullanımı ekmeğin tadı ve lezzetini artırarak hamur ve ekmek özelliklerini geliştirir, mineral emilimi artırarak besinsel değeri değiştirir, fitat bileşenini azaltır, glukoz seviyesini düşürür ve prebiyotik davranışa sahip ekzopolisakkarit (EPS) üretimi sağlar(Arendt vd., 2007).

EPS; farklı monosakkaritler ve şeker türevlerinin birleşmesi ile oluşur. Bitkiler, algler, funguslar ve bakteriler tarafından üretilir (Dilna vd., 2015). LAB’ler genellikle güvenli olduklarından dolayı GRAS mikroorganizmalar olarak tanınır (Surayot vd., 2014; De Vuyst ve Degeest,1999). LAB tarafından üretilen EPS'ler, tüketicilere sağladıkları sağlık yararları nedeniyle son zamanlarda büyük bir ilgi görmektedir.Bu avantajlar anti-tümör,anti-ülser, antioksidant aktivitesi ve kolesterol düşürücü etkiler olmaktadır (Kim vd., 2010). Mikrobiyal EPS'ler genellikle iki farklı biçimde oluşurlar.

- 1) Bakteri yüzeyine yakından yapışan hücreye bağlı EPS'ler
- 2) Çevreleyen ortama salınan EPS'ler (Wang vd.,2014, Fontana vd., 2015)

Ortamın bileşeni,LAB suşları ve büyüme koşulları, LAB tarafından üretilen EPS'lerin toplam alanı için önemlidir (Zajšek vd., 2013).EPS'ler kimyasal yapıları açısından homopolisakkaritler ve heteropolisakkaritler olarak ikiye ayrılırlar (Dertli vd., 2013; Mende vd., 2016; Jolly vd., 2002). Homopolisakkaritler tek tip monosakkaritten oluşan monomerlerdir. Heteropolisakkaritler ise iki ya da daha fazla monosakkaritten oluşurlar. Üretici mikroorganizmalar enerji kaynağı olarak bakteriyel EPS'leri kullanmazlar. EPS'ler yapıştırıcı, emülsifiyer, stabilizatör, jelleştirici olarak birkaç fermente gıdaların üretiminde kullanılır (Sanlibaba ve Çakmak, 2016).

Yukarıdaki özelliklere ek olarak EPS'nin reoloji üzerinde de etkisi vurgulanmıştır. Fermente hamurun reolojik özellikleri birçok faktör tarafından belirlenir. Karışma prosesinin başlangıcında hidrasyon gibi fiziksel eylemler yer alır. Hamur reolojisi üzerine ekşi hamurun etkisi farinograf, ekstensograf ve reofermentometre gibi reolojik teknikler kullanılarak belirlenebilmektedir (Clarke vd., 2002; Barber vd., 1991).

Tahılların fermantasyonu sindirilemeyen polisakkaritlerin üretimini sağlayabilme ve böylece bağırsak mikroflorası için kompleks tahıl liflerinin üretimini gerçekleştirebilme özelliğine sahiptir (Poutanen vd., 2009). Yapılan çalışmalarda, tahılların FOS ve GOS gibi oligosakkaritlerin ana kaynağı olduğu vurgulanmıştır (Costa vd., 2001). FOS; prebiyotik gıda maddesi olarak çok sık kullanılan sindirilmeyen karbonhidratlar kategorisinde yer almaktadır (Bijlani, 1984). FOS'un diyet kaynakları arasında yer alan süt olum aşamasındaki tahıl tanelerinde, olgunlaşmış buğday tanesinden 10 kat daha fazla miktarda olduğu gözlemlenmiştir (D'Egidio ve Cecchini, 1997; D'Egidio ve Cecchini, 1998; Escalada ve Moss, 1976). FOS, gıda endüstrisinde teknolojik özellikleri ve besinsel değerinden ötürü kullanılmaktadır (Franck, 2002). Bu nedenlerden dolayı son zamanlarda prebiyotik fonksiyona sahip katkı maddelerine olan ilgi artmaktadır.

Muhtemel olarak prebiyotik özelliğe sahip olan EPS'ler ise, ekmek hacmini artırıp, sertliğini azaltmaktadır. EPS'ler oligosakkarit ve bazı şeker monomerlerinin kaynağı olarak kullanılma özelliğine sahip olmaktadır. Prebiyotik olarak LAB tarafından

üretilen EPS'ler üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Örneğin bazı LAB suşlarının üretilen EPS'i kullandıkları gözlemlenmiştir (Ruijssenaars vd., 2000; Korakli vd., 2002). Benzer olarak birkaç çalışma LAB tarafından üretilen EPS'lerin sindirilmeme, bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente olabilme, bağırsak bakterilerinin gelişimini ve büyümesini uyardığından dolayı prebiyotik özellik gösterdiği vurgulanmıştır (Nandal vd., 2005; Hongpattarakere vd., 2012)

Farklı olgunlaşmamış tahıl taneleri ile üretilen ekşi hamurlarda EPS üreticisi farklı LAB türlerinin davranışları yukarıda sayılan sebeplerden ötürü değişebilir. Bu bağlamda bu tez çalışması kapsamında farklı ekşi hamur izolatları ile ekşi hamur karışımına süt olum evresindeki buğday unu, çavdar unu, yulaf unu, arpa unu eklenecek ekşi hamur üretilmiştir. Böylece şeker profilleri çıkarılmış olan süt olum evresindeki tahıl tanelerinin ekşi hamur ve ekmeği üzerindeki fizikokimyasal etkileri ortaya konmuştur. Aynı zamanda tahıl tanelerinin potansiyel prebiyotik etkisi ekşi hamur ortamında açığa çıkarılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar ekşi hamur ekmeğine farklı tekno-fonksiyonel özellikler kazandırabilmek adına farklı LAB türlerinin ve tahıl tanelerinin etkisini göstermesi bakımından önemlidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Ekşi Hamurun Genel Özellikleri

Ekşi hamur teknolojisi, un ve su karışımının hem ortamdan hem de hammaddeden gelebilen LAB ve mayalarla doğal fermantasyona uğratılması, kademeli fermantasyonla hamur mikroflorasının teşekkülünün sağlanması ve asitlik gelişiminin sağlanması ile ekmeğin üretimi için hamurun hazır hale getirildiği bir yöntemdir (Ercolini vd., 2013).

Ekmeğin, kek, kraker gibi çeşitli ürünlerin üretiminde rol oynayan tahılların önemli bir fermentasyon şekli oluşturmaktadır (De Vuyst vd., 2009; Hammes vd., 2005). Ekşi hamurlar; LAB ve maya ile fermente olan belirli oranlarda un ve suyun karışımı ile hazırlanan ürünlerdir (Gänzle vd., 1998; Vogel vd., 1999; Iacumin vd., 2009). Kendiliğinden gelişen mikrobiyal popülasyonun metabolik aktivitesi asidifikasyonla ekşi hamurun biyolojik stabilitesine olanak sağlar. Ve böylelikle özel aroma ve tekstür sağlanmış olmaktadır (De Vuyst vd., 2009; Hammes vd., 2005). Mikrobiyal topluluğun oluşumu; Ham maddenin tipi ve fizikokimyasal oluşumu, Süreç parametreleri, Fermantasyon sürecinin devamlılığı gibi birçok önemli faktör vasıtasıyla belirlenebilmektedir (De Vuyst ve Neysens, 2005; Hammes vd., 2005).

Dünyada birçok ekşi hamur çeşidi bulunmaktadır. Ekşi hamur ekmeğinin üretiminde un tipi, eklenen katkı maddesi, uygulanan teknoloji ve çevresel koşullar farklı olmaktadır. Bu özellikler genellikle mayalarla ilişkilendirilmesinde LAB'nin kompleks karışımını içeren karakteristik mikrofloranın seçimine neden olmaktadır (Iacumin vd., 2009). Aynı zamanda ekşi hamur, ekmeğinin besleyicilik değerini, duyu özelliklerini ve raf ömrünü geliştirmek için binlerce yıldır kullanılmaktadır (Paramithiotis vd., 2007).

Ekşi hamur ilave edilmiş ekmeğin yapma geleneği Akdeniz ve Orta Doğu ülkeleri ile ABD'de San Francisco'da hala yaygın bir şekilde sürdürülmektedir. Avrupa'da fırıncılık ürünlerinin yıllık tüketim miktarı 50-85 kg olmaktadır. Ve bunun %20'si

buğday ya da çavdar unlarıyla ekşi hamur fermantasyonu sağlayarak üretilmektedir (Vogel vd., 2011). Kuzey, Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde çavdar yetiştiğinden dolayı daha çok çavdar ekşi hamurları kullanılmaktadır (Hansen ve Schieberle, 2005). Orta, Doğu ve Kuzey Avrupa'da çavdar ekmeği üretimi için asitliği yüksek olan ekşi hamurlar tercih edilirken, Güney Avrupa'da buğday ekmeği tüketimi fazla olduğu için asitliği düşük ekşi hamurlar tercih edilmektedir (Brandt, 2007). Geleneksel ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple ekşi hamur ekmeklerine olan talep de artmaktadır. Tüketiciler raf ömrü uzun, daha besleyici ve daha lezzetli, koruyucu içermeyen ürün çeşitlerini istemektedir (Lotong vd., 2000). Bundan dolayı modern ekşi hamur ekmeği üretimindeki en önemli amaçlardan birisi ekmeğin raf ömrünü uzatmak ve ekmek içi tat ve aromayı geliştirmektir (Hansen ve Schieberle, 2005). Yapılan çalışmalarda ekmeklerde ekşi hamur kullanılmasının kaliteyi artırdığı görülmüştür. Ekşi hamur ile hazırlanan ekmeklerin avantajları aşağıda belirtildiği şekilde sıralanmaktadır;

- 1.** Hamur özelliklerinin düzenlenmesi; ekşi maya, hamura elastik bir özellik (reolojik özellik) kazandırmaktadır ve suda çözünme özelliği olmayan bir protein olan gluten'in ekmek içerisinde pozitif yönde bir etki sağlamasına sebep olmaktadır (Guillemet vd., 1942).
- 2.** Ekşi hamur kullanılarak yapılan ekmekler şekil açısından daha düzgün ve daha yumuşak olmaktadır (Salovaara ve Valjakka, 1987; Lönner vd., 1986). Hamur daha iyi kabarır ve bu yüzden ekmek hacmi de daha iyi olmaktadır (Kline ve Sugihara, 1971).
- 3.** Tat ve aromanın daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Salovaara ve Valjakka, 1987).
- 4.** Bayatlamayı geciktirdiği vurgulanmıştır (Salovaara ve Katunpaa, 1984).
- 5.** Ekşi maya, aynı zamanda undaki nişastanın enzimatik olarak parçalanmasını geciktirmektedir ve unun su tutma kapasitesini arttırmaktadır (Savola vd., 1983).

Ekşi hamur oldukça karmaşık bir flora içermektedir. Mikroorganizmalar genellikle undan, fırın ortamından ya da bazı durumlarda hamura ilave edilen meyve, sirke, şıra gibi hammaddelerden bulaşlırlar (Catzeddu vd., 2006; De Vuyst ve Vancanneyt,

2007). Yapılan mikrobiyolojik çalışmalarda; *Lactobacillus* cinsine ait 50'den fazla LAB türü ve *Saccharomyces* ve *Candida* cinsine ait 20'den fazla maya türü ekosistemden izole edilmiştir (Iacumin vd., 2009; De Vuyst ve Vancanneyt 2007; Reale vd., 2005; Succi vd., 2003; De Vuyst vd., 2002). Ayrıca *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella* gibi lactobasil türü olmayan mikroorganizmalarda ekşi hamur ortamında bulunabilmektedir (Corsetti vd., 2007a; Valmorri vd., 2006).

2.2 Ekşi Hamurun Sınıflandırılması

Teknolojide ekşi hamur 3 grupta toplanır.

2.2.1 Tip I Ekşi Hamur

Tip I ekşi hamur geleneksel tekniklerle üretilen ekşi hamur metodudur. Bu metotta mikroorganizmaları aktif fazda tutmak gerekir. Bu yüzden sürekli ve günlük olarak tazeleme yapılmaktadır. Tazeleme işleminde bir parça hamur, bir önceki fermentasyondan alınır ve bir sonraki fermentasyon için kullanılır (back-slopping) (Messens ve De Vuyst, 2002). Bunun sayesinde mikroorganizmalar yüksek metabolik aktiviteye sahip olur ve ürettikleri gaz ile iyi bir kabarma sağlarlar. Üretimleri 20-30 °C sıcaklıklar arasında yapılır (Meroth vd., 2003; Palomba 2008).

Tip I ekşi hamurdan genellikle *L. sanfranciscensis*, *L. paralimentarius*, *L. plantarum*, *L. rossiae*, *L. brevis* (Minervini vd., 2011), *L. pontis*, *L. fructivorans*, *L. farciminis* ve *L. fermentum* türü LAB'leri ve *C. humilis* maya türü izole edilmektedir. Bu tip ekşi hamurlarda baskın olarak bulunan LAB, *L. sanfranciscensis* suşlarıdır (De Vuyst vd., 2002; Kline ve Sugihara, 1971). Fakat *Weissella*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* and *Enterococcus* gibi türler de bulunmuştur (Rocha ve Malcata, 1999; Corsetti vd., 2001, 2003; De Vuyst vd., 2002; Ehrmann vd., 2003; Meroth vd., 2003; De Vuyst ve Neysens, 2005).

Tip I ekşi hamurları tip Ia, tip Ib, tip Ic diye ayrılmaktadır. Tip Ia; farklı kaynaklardan izole edilen saf kültürlerini, tip Ib; buğday ve çavdardan çok aşamalı fermentasyon prosesiyle üretilen karışık kültür ekşi hamurlarını ve son olarak tip Ic ise tropikal bölgelerde yüksek sıcaklıklarda üretilen ekşi hamurları içermektedir

(Palomba, 2008). Bu metotla üretilen ekmeklere örnek olarak, San Francisco ekşi hamur Fransız bageti, panetton ve üç aşamalı ekşi hamur çavdar ekmeği verilebilir. Çavdar ekmeklerinin endüstriyel olarak üretilmesi Tip II ekşi hamurlarının gelişmesine yol açmıştır (Meroth vd., 2003).

2.2.2 Tip II Ekşi Hamur

Tip II ekşi hamurları yarı akışkan özellikte olmaktadır ve daha çok endüstriyel talepleri karşılamak üzere ortaya çıkmıştır. Tip II ekşi hamur metodu, Tip I ekşi hamuruna göre daha yüksek sıcaklık, daha uzun fermentasyon süresi ve daha yüksek su içeriğiyle karakterize edilir (Minervini vd., 2011). Bu tipteki ekşi hamurların kullanımı tek aşamalı olarak uzun süreli fermentasyon ve sürekli çoğaltmayla gerçekleştirildiğinden dolayı daha güvenilir olmaktadır. Bu da esnek üretim yapmaya olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda hamur asitlendiriciler olarak da görev yaparlar. Üretimleri 30 °C'de 2-5 gün süren fermentasyonla yapılır (Meroth vd., 2003a; Böcker vd., 1995; Hammes ve Gänzle, 1998). İlk 24 saatlik fermentasyondan sonra ortam pH'sı 3,5'in altına düşer. Bu aşamada mikroorganizmalar son durgun fazda bulunup metabolik aktiviteleri kısıtlı olur (Palomba, 2008).

Bu tip ekşi hamurlarda *L. acidophilus*, *L. delbrueckii*, *L. amylovorus*, *L. farciminis* ve *L. johnsonii* gibi obligatif homofermantatifler ile *L. fermentum*, *L. frumenti*, *L. panis*, *L. pontis*, *L. reuteri*, *L. brevis* ve *Weissella* gibi heterofermantatif türler bulunmaktadır (De Vuyst vd., 2002; Palomba, 2008). *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella* cinslerine ait türler ise daha az sıklıkta izole edilmektedir (Minervini vd., 2011). Bu ekşi hamurlar tipik olarak *Lactobacillus pontis* ve *Lactobacillus panis* dahil termofilik, aside toleranslı bakterilerce baskındır (Böcker vd., 1995; Vogel vd., 1999; De Vuyst vd., 2009).

2.2.3 Tip III Ekşi Hamur

Bu tipteki ekşi hamurları kurutulmuş toz halindeki ekşi hamurlar oluşturmaktadır ve genellikle ortamı asitlendirici, aroma artırıcı olarak kullanılırlar (Meroth vd., 2003a). Ayrıca Tip III ekşi hamur; kurutma işlemine dayanıklı olan LAB içeren kurutulmuş formdaki ekşi hamur türüdür (Hammes ve Ganzle, 1998; De Vuyst ve Neysens, 2005).

Endüstriyel fırınlarda çok sık kullanılan ekşi hamur tipi olmasının nedeni kalitesinin stabil olmasından dolayıdır. Günümüzde yüksek teknolojiye sahip fırın endüstrisinde özgün ekmeğin tadını elde etmek için kullanılan en uygun yol olarak görülmektedir. Bunlar, geleneksel yolla üretilen ekşi hamurların dondurarak kurutma ile suyunun uzaklaştırılması ve sonrasında püskürtmeli ya da akışkan yataklı kurutucularda kurutulmasıyla elde edilirler (Messens ve De Vuyst, 2002). Bu tür ekşi hamurlar: *L. brevis*, *P. pentosaceus* ya da *L. plantarum* gibi kurutmaya dirençli LAB türlerini içerir (Palomba, 2008). Kurutulmuş ekşi hamur üretiminde dondurarak kurutma gibi bazı teknikler kullanılmaktadır. Kurutulmuş ekşi hamurlardaki asetik asit içeriği ise kurutma tekniğine bağlı olarak değişir. Asetik asidin evaporasyon sıcaklığı 118 °C olmaktadır. Bu yüzden kurutulmuş ekşi hamurlar genellikle taze ekşi hamurlardan daha az asetik asit içermektedir. Yüksek asitlikte ekşi hamur üretimi için Tip II fermantasyonları uygulanmaktadır (Brandt, 2007).

Tip I ekşi hamurunun aksine, Tip II ve Tip III ekşi hamurlarında mayalanmayı sağlamak için ekmeğin mayası (*S. cerevisiae*) kullanılması gerekir. Kendiliğinden fermente olabilen ekşi hamurların mikroflorasının oluşumu üzerine yapılan çalışmalarda LAB'nin dominant karakterde olduğu gösterilmiştir (Corsetti ve Settanni, 2007; De Vuyst ve Neysens, 2005; De Vuyst ve Vancanneyt 2007; De Vuyst vd., 2009; Meroth vd., 2003a). Tip I ve Tip II ekşi hamurlarından en çok izole edilen LAB ve mayalar Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. 1. Tip I ve Tip II ekşi hamurlarındaki LAB ve maya türleri (Ganzle, 2005)

LAB		MAYA	
TİP I	TİP II	TİP I	TİP II
DOMİNANT		DOMİNANT	
<i>L. sanfranciscensis</i>	<i>L. pontis</i>	<i>C. humilis</i>	
	<i>L. panis</i>	-	
GENELLİKLE İZOLE EDİLENLER		GENELLİKLE İZOLE EDİLENLER	
<i>L. alimentarius</i>	<i>L. acidophilus</i>	<i>S. exiguous</i>	<i>S. cerevisiae</i>
<i>L. brevis</i>	<i>L. crispatus</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>I. orientalis</i>
<i>L. fructivorans</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>I. orientalis</i>	
<i>L. paralimentarius</i>	<i>L. fermentum</i>		
<i>L. pentosus</i>	<i>L. reuteri</i>		
<i>L. plantarum</i>			
<i>L. pontis</i>			
<i>L. spicheri</i>			
<i>Leu. Mesenteroides</i>			
<i>W. confusa</i>			
BELİRLENEN BAŞKA TÜRLER		BELİRLENEN BAŞKA TÜRLER	
<i>L. hammesii</i>	<i>L. amylovorus</i>	<i>T. delbrueckii</i>	<i>C. glabrata</i>
<i>L. mindensis</i>	<i>L. frumenti</i>	<i>C. boidinii</i>	
<i>L. nantensis</i>	<i>L. johnsonii</i>	<i>Deboramyces hansenii</i>	
<i>L. rossii</i>	<i>L. mucosae</i>	<i>Dekkera bruxellensis</i>	
<i>Pediococcus spp.</i>	<i>L. paracasei</i>	<i>Galactomyces geotrichum</i>	
<i>W. cibaria</i>	<i>L. rhamnosus</i>	<i>T. pretoriensis</i>	

C.=*Candida*, *L.*=*Lactobacillus*, *Leu.*=*Leuconostoc*, *S.*=*Saccharomyces*, *W.*=*Weisella*,

Ekşi hamurlarda genellikle *L. plantarum*, *L. sanfranciscensis*, *L. pontis* ve *L. panis* anahtar organizmalar olarak tanımlanmaktadır. Ekmeğin kalitesi üzerinde ekşi hamurların ekolojik kompozisyonu, LAB arasındaki asidifikasyon özellikleri ve metabolizma farklılıkları etkili olmaktadır (Arendt vd., 2007). Ekşi hamur mikroflorasında bulunan bu mikroorganizmalar birlikte etkileşim içerisinde bulunarak ekmeğin teknolojik ve duysal özellikleri üzerinde olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. En önemli metabolik özelliklere örnek olarak; LAB'nin organik asit üretimi, proteolitik aktivitesi, uçucu bileşenlerin sentezi, antifungal özellikleri verilmektedir (Corsetti ve Settanni, 2007; Güre, 2009). Söz konusu bu metabolitler ekmekte bayatlamamın geciktirilmesinde, aroma gelişimi üzerinde ve daha güvenli ekmek üretimine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca mineral maddelerin kullanılabilirliğini de artırmaktadır (Çon ve Şimşek, 2003; Akgün, 2007; Arendt vd., 2007).

2.3 Ekşi Hamur Üzerine Laktik Asit Bakterilerinin Fonksiyonu

LAB ekşi hamur fermantasyonunda önemli bir role sahip olmaktadır. Aynı zamanda fermantasyonun yönlendirilmesi ve hızlandırılmasında, fermente bir gıdanın üretiminde kullanılan önemli bir familya olmaktadır. LAB; hamurda asitliği artırmasının yanı sıra serbest halde çeşitli aminoasitleri ve küçük peptitleri hamur ortamında açığa çıkarmaktadır. Böylece diğer mikroorganizmaların gelişmelerini ve metabolik aktivitelerini arttırmaktadır. Aynı zamanda hamurun reolojik özellikleri, tadı ve aroması üzerine de olumlu etkide bulunarak katkı sağlamaktadır. Ayrıca ekmeğin bayatlamasını, küf ve bakteriyel kaynaklı bozulmaları geciktirmektedirler (Leroy ve De Vuyst, 2004; Martinez-Anaya 1996; Schieberle 1996; Gobbetti 1998; Angioloni vd.,2005). LAB türleri proteolitik aktiviteleri ile buğday proteinlerinden, aminoasit ve küçük peptitlerin üretiminde rol alabilir. Böylece hamurun gelişimini artırmış olur. Laktik asit bakterilerine ek olarak un ve mayalar asidik koşullar altındaki proaminleri degrade eden proteolitik enzimleri içerir (Gocmen vd.,2007; Loponen vd.,2004).

Fermantasyon başlangıcında ekşi hamur florasında çeşitli mikroorganizmalar yaygın bir şekilde gelişme göstermektedir. Fakat florada daha sonra LAB asit üretiminden dolayı baskın hale gelmektedir. Ancak florada aside toleranslı mayalarda bulunabilmektedir (Paterson ve Piggott, 2006;Venturi vd., 2012). Bu yüzden ekşi hamurun mikrobiyal florasının temel unsurlarını LAB ve mayalar oluşturmaktadır. Genel olarak ekşi hamurdaki LAB/maya oranı 100:1 şeklindedir (Gobbetti vd., 1994a ; Ottogalli vd., 1996).

Pek çok gıdada LAB ve mayalar arasındaki stabil ortak metabolizmaya rastlanmaktadır. Bu durum fermente edilemeyen nişasta gibi bazı substratların belirli mikroorganizmalar tarafından kullanılmasına olanak sağlamasıdır. Bu da kompleks gıda ekosistemlerine mikrobiyal uyumu arttırmaktadır (Corsetti ve Settanni, 2007; Güre, 2009).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda ekşi hamurda en sık gözlenen bakteriler *Lactobacillus* suşlarıdır. *Lactobacillus sanfranciscensis*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. pontis* ve *L. reuteri* ekşi hamurlardan en sık izole edilen laktobasillerdir. Bunun yanı sıra *Leuconostoc* (genellikle *Leuconostoc mesenteroides*), *Weissella*, *Pediococcus* (genellikle *Pediococcus pentosaceus*), *Lactococcus*, *Enterococcus* ve *Streptococcus* cinslerine ait türler de izole edilmiştir (Baykara, 2006;Güre, 2009). Son zamanlarda tanımlanan *Lactobacillus frumenti*, *Lactobacillus mindensis*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus spicheri*, *Lactobacillus rossiae*, *Lactobacillus acidifarinae*, *Lactobacillus zymae*, *Lactobacillus hamnesii*, *Lactobacillus siliginis* türleri ilk olarak ekşi hamurlardan izole edilmişlerdir (Plessas vd., 2011).

Ekşi hamurda yer alan LAB fonksiyonel özelliklerinin yanında teknolojik açıdan da bir takım avantajlar sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda bu avantajların; fermantasyon süresinin kısılması, fermantasyon kayıplarının azalması, hamurun olgunlaşmasının hızlanması, gaz oluşturma gücünün artması, hamurların makinede işlenebilme özelliklerinin iyileşmesi, hamurun reolojik ve duyuşsal özelliklerini iyileştirmesi, hamurda ve ekmekte asiditenin artması olduğu belirlenmiştir (Corsetti ve Settanni, 2007; Plessas vd., 2008; Ravyts ve De Vuyst, 2011).

Ekşi hamurda yer alan LAB türlerinin ekmek kalitesini etkileyen metabolik aktiviteleri şunlardır:

1. Proteolitik aktiviteleri
2. Uçucu aroma bileşenlerinin ve aroma öncü maddelerinin oluşumu
3. Kızarmış aromasını arttıran arjinin metabolizması
4. Antibakteriyel bileşiklerin, antifungal maddelerin üretimi
5. Ekmek yapısını, bayatlamasını ve raf ömrünü etkileyen EPS üretimi gibi aktivitelerdir (De Vuyst ve Neysens, 2005).

2.4 LAB Türlerinin Genel Özellikleri

Gıdalarda kullanılan mikroorganizmalar, onların metabolitleri veya hücresel bileşenleri, zararlı etkisi olmayan ve güvenilir (GRAS=Generally Recognised As Safe), gıda ile tüketilebilir, Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) ile Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization, FAO) gibi düzenleyici kurumlarca onaylanmış olmalıdır. Faydalı mikroorganizmalar ve metabolitleri, gıdayla birlikte canlı olarak tüketilmeleri durumunda (yoğurttaki gibi), tüketici sağlığı üzerinde de faydalı etkilere sahip olmaktadır. Diğer önemli bir nokta da yararlı bir mikroorganizma genetik olarak modifiye edilmiş ve eğer bir gıdada kullanılacak ise kullanımına izin verilmiş olmalıdır. Böylece, gıdalarda çeşitli amaçlarla kullanılan yararlı mikroorganizmaların ticari ve düzenleyici kriterlere uyması gerekmektedir (Sağdıç ve Arıcı, 2010).

LAB karbonhidrat fermantasyonu sırasında başlıca son ürünü laktik asit olan, Gram (+), spor oluşturmayan, katalaz (-), asidi tolere edebilen bakterilerdir (Bulut, 2003). Bu organizmaların doğal habitatı hayvanlar, insanlar ve bitkiler olmaktadır. (Holzapfel vd.,2001). Ayrıca filogenetik olarak da, DNA'larında genel olarak %50'den az Guanin+Citosin (G+C) miktarına sahiptir. Taşıdıkları bu özellik ile bifidobakterilerden ayrılmaktadırlar (Sağdıç ve Arıcı, 2010). Homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (Gobbetti vd., 1995a; Spicher ve Brümmer, 1983). Homofermantatif bakteriler şekeri fermente ederek laktik asit ve

iz miktarda diğ er ürünleri oluştururken; heterofermantatif olanlar laktik asit yanında önemli miktarlarda CO₂, alkol, asetik asit ve diğ er uçucu bileş ikler meydana getirmektedir. Laktik asit ve asetik asit bileş eninin ekmek üretimi sırasında aroma üzerinde önemli bir faktör oldu ğ u düşünülür. Homofermantatif laktik asit bakterileri; laktik asidin yaklaşık >85%'ini heksozlara dönüştürür. Oysa heterofermantatif laktik asit bakterileri; laktik asit, asetik asit/etanol ve CO₂'i heksozlara indirger (Spicher ve Rabe, 1980).Heterofermantatif LAB; pentozlardan hem laktik hem de asetik asit üretir (Hammes ve Vogel, 1995).

Genel olarak fermente gıdaların tümünde homofermantatif laktik asit bakterileri kullanılırken, heterofermantatif laktik asit bakterileri özellikle geleneksel açıdan ekşi hamurların hazırlanmasında önemli bir rol oynar (Corsetti vd., 2003; Corsetti vd., 2001) (Çizelge 2.2).Laktik asit bakterileri gıda teknolojisi açısından büyük önem taşımaktadır. Bunların başında tabiatta yaygın oluşları, çeşitli gıda maddelerinde sıkça rastlanılan bozulmalara neden olmaları ve bazı gıdaların üretim ve olgunlaştırılmasında önemli rol oynamaları gelmektedir.Çiğ materyalin laktik asit bakterileri ile fermente edilerek yeni gıdaların üretilmesi ve çeşitli gıdaların bu yöntemle muhafaza edilmesi en eski muhafaza metotlarından birisi olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 2. 2. Ekşi hamurdan izole edilen *Lactobacillus* türleri (Hammes vd., 2005).

Heterofermentatif	Fakültatif heterofermentatif	Homofermentatif
<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. amyolyticus</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>		

Lactobacillus sanfranciscensis, *Lb. brevis* ve *Lb. plantarum* çoğunlukla ekşi hamurdan izole edilen laktobasiller olmaktadır (Böcker vd., 1990; Corsetti vd., 2003; Corsetti vd., 2001; Gobbetti, 1998; Valmorri vd., 2006).

2.4.1 Ekşi hamur açısından önemli bazı laktik asit bakterilerinin özellikleri

- *Lactobacillus brevis*:

Lactobacillus brevis heterofermantatif bir tür olup laktik asitin yanında asetik asit, etanol ve diğer aromatik bileşikler üretmektedir. Asetik asit oluşumu bu kültüre koruyucu özellik vermektedir. Asetik asit/laktik asit oranı 1/4 olmaktadır (Dinçer ve Çam, 1992). Çubuk şeklinde olup, genellikle boyutları 0.7-1 µm arasında değişmektedir. Kısa ve düzgün, tekli veya kısa zincir şeklinde olmaktadır. Çubukların uç kısımları ise yuvarlaktır. Gram boyama veya metilen mavisi ile boyama yapıldığında bipolar ve granülasyon şeklinde gözlenmektedir. Genelde pigment oluşturmamasına rağmen, bazı suşlarda bulunduğu ortam koşullarına göre değişmekte ve turuncudan kırmızıya kadar değişen renkte pigment üretebilmektedir. Optimum gelişme sıcaklıkları 20°C olmaktadır. Aynı zamanda 30 °C'de de gelişmektedir, fakat 45 °C' de ise gelişim gösteremezler. DNA'sında % G+C oranı 42.7-46.4 arasında değişmektedir. Heterofermentatif olmasından dolayı glukozdan gaz ve asit oluşturmaktadır(Kılıç, 2008).

- *Lactobacillus plantarum*:

Bu suşlar yumuşak fakat hafif ekşimsi tat arzulanan ekmek çeşitleri için uygun olmaktadır. Hızlı asitlenme özelliği gösterdiğinden dolayı ekmekte iyi bir tekstür oluşturmaktadır. Bilimsel ve ticari kuruluşlarda yapılan denemelerde bu kültürün çeşitli Türk tipi ekmekçilikte, Türk damak tadına uygun tat ve aromayı sağladığı görülmüştür (Dinçer ve Çam, 1992). Uç kısımları yuvarlak çubuk şeklinde olmaktadır. Genellikle 0,9-1,2 µm ende, 3-8 µm uzunlukta, tekli, ikili veya kısa zincir şeklinde bulunmaktadır. Normalde hareketlilik ve flagella yoktur, fakat yan flagellalı suşlarda hareketlilik belirlenmiştir. Optimum gelişme sıcaklığı ise 30-35 °C arasında değişmektedir. DNA'daki %G+C oranı genel olarak %45 civarındadır (Kılıç, 2008). Petrilerde yüzeyde gelişen kolonileri 3 mm çapta olup, yuvarlak, mat, kompakt, beyaz renklidir. Seyrek olarak da açık veya koyu sarıdır. Gelişme ortamında yoğun bulanıklılığa sebep olmaktadır. Çoğu zaman α -metil-D-glukozit ve melezitoz'u fermente etmektedir. Aynı zamanda DL laktik asit oluşturur. Fruktoz 1,6-difosfat aldolaz enzimine ve heksoz monofosfat aktiviteye sahiptir. Glukonatlı

besiyerinde CO₂ oluşturarak gelişir. Ayrıca riboz'u 1 mol laktik asit ve 1 mol asetik asite çevirmektedir. Diğer pentozları da fermente etmektedir (Kılıç, 2008).

-*Lactobacillus rossiae*

Ekşi hamur fermantasyonunda, uygulamalarda starter kültür olarak kullanılan obligat heterofermentatif LAB türüdür (Di Cagno vd., 2007; Leroy ve De Vuyst, 2004). *Lactobacillus rossiae*; *Lactobacillus durianis*, *Lactobacillus malefermentans* ve *Lactobacillus suebicus* türleri ile yakından ilişkilidir (Corsetti vd., 2005). DNA'daki G + C oranı % 44 mol olmaktadır. Gelişme sıcaklığının sadece 45°C de değil aynı zamanda 15°C de geliştiği gözlemlenmiştir.

Bu türlerin İtalyan buğday ekşi hamurundan izole edildiği (Corsetti vd., 2005) ve son zamanlarda İtalya'da üretilen ekşi hamur ortamına yüksek oranda adapte olduğu bilinmektedir (Settanni vd., 2006; Settanni vd., 2005).

-*Weissella cibaria*

1993 yılında Yunan fermente sucuklarında *Leuconostoc* benzeri, fakat taksonomik tanımlaması tam olarak yapılmamış bir bakteri izole edilmiştir. Yapılan genetik çalışmalar sonucunda genetik yapısındaki farklılıklardan dolayı *Leuconostoc*'tan ayrı olduğu ortaya konmuştur. Bu yüzden *Leuconostoc paramesenteroides* türüne dahil edilemeyeceği bildirilmiştir. Bu gelişmelerin ışığında, *Leuconostoc* cinsinden farklı bir özellik gösteren *Leuc. paramesenteroides* ile önceki sınıflandırmalarda *Lactobacillus* cinsi içerisinde yer alan bazı türler *Weissella* cinsi adı altında toplanmıştır (Stiles ve Holzapfel, 1997; Tangüler ve Erten, 2006). Bu cinse ait bakteriler Gram (+), hareketsiz, spor oluşturmayan, katalaz (-), fermentatif, kısa çubuk veya kokoid şekilli olmaktadır (Shin vd., 2007). Ayrıca heterofermentatif ve asiduriktirler. Ve bunların bazı suşları arjinini hidrolize etme yeteneğine sahip olmaktadır. *Weissella paramesenteroides* ve *Weissella hellenica* glikozdan D-laktik asit üretirken, diğer türler DL-laktik asit üretirler (Stiles ve Holzapfel, 1997). Gelişme sıcaklıkları 15°C' dir ve 45°C' de gelişemezler. Genellikle patojen olmayan mikroorganizmalar olarak değerlendirilmektedirler. Ancak bazı türlerin patojen olabileceği bildirilmiştir (Tangüler ve Erten, 2006). *Weissella* cinsine ait 13 tür belirlenmiştir. Bunların başında; *W. confusa*, *W. viridescens*, *W. halotolerans*, *W.*

hilgardii, *W. kandleri*, *W. minor*, *W. hellenica*, *W. paramesenteroides* gelmektedir (Stiles ve Holzapfel, 1997; Jang vd., 2002). *W. cibaria*; kısa çubuk şeklinde olup, 0.8-1.2 µm genişliğinde ve 1.5-2.0 µm uzunluğundadır (Tangüler ve Erten, 2006). İzole edildiği alanlar arasında, insan safrası ve dışkısı da yer almaktadır (Vela vd., 2003). Yunan ekşi hamurunda, ürün yapısına ve maksimum büyüme oranı üzerine, metabolit üretimine ve total asitlik titrelerine etkileri bakımından *Saccharomyces cerevisiae* ile LAB (*W. cibaria*, *Lb. paralimentarius*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Enterococcus faecium*) arasındaki ilişki açıklığa kavuşturulmuştur (Paramithiotis vd., 2006). Iacumin vd. (2009), yaptıkları çalışmada starter kültür kullanmadan 4 farklı tipte ekşi hamur üretmişler ve üçünü sınıf I, birisini sınıf II olarak sınıflandırmışlar. Araştırmacılar diğer üçünden farklı olan ve kuru ekşi hamur olarak isimlendirdikleri örnekten (sınıf II) izole ettikleri LAB'ın %58'ini *W. cibaria*'nın oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada, Fermente Türk tarhanasında izole edilen LAB'ların multipleks PCR ve 16S rDNA gen dizini analizinde %4'ünde *W. cibaria* çıktığı belirlenmiştir (Sengun vd., 2009).

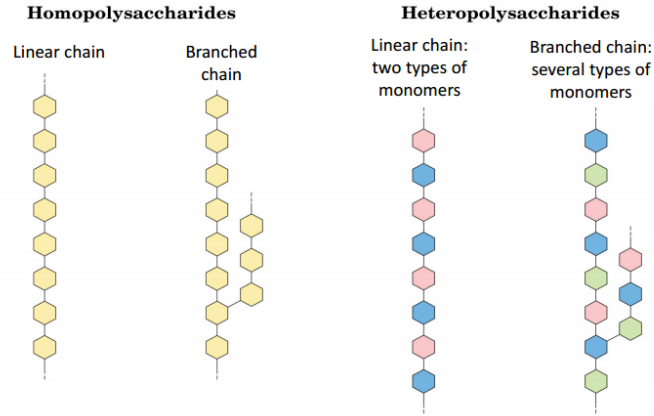
2.5 Laktik Asit Bakterileri ve EPS Üretimi

GRAS statüsüne sahip LAB tarafından üretilen EPS'lere olan ilgi son yıllarda artmaktadır (De Vuyst ve Marshall., 2001). Sutherland (1972), ekzopolisakkarit'in genel terimini önermiş olup hücre duvarı dışında bulunan bütün bakteriyel polisakkarit yapıları için kullanmıştır. EPS, tekrar eden şeker ve şeker türevi ünitelerinin dallanmış, uzun zincirli polisakkaritlerden oluşmaktadır. Bu şeker birimleri genellikle farklı oranlarda bulunur. Çoğunluğunu glikoz olmak üzere galaktoz ve ramnoz bu şeker birimlerinde genel olarak yer alır (Welman ve Maddox, 2003). Bunun yanı sıra sadece früktozdan oluşan, mannoz ve galaktozamin içeren EPS'lerde tanımlanmıştır (Yang 2000). EPS, salgılanan iki tür polisakkarit türünü tanımlamak için kullanılmaktadır. Birinci tür hücre duvarına kovalent bir şekilde (genelde fosfodiester veya lipit bağlı) bağlı kapsül halinde (kapsüler polisakkaritler, CPS, K-antigenleri) kapsüler EPS. İkinci tür ise gevşek serbest bir materyal şeklinde olup, ekstra-hücresele EPS olarak adlandırılmaktadırlar. Bu polisakkaritlere ek olarak, hücre duvarı bileşeni olan polisakkaritler de mevcuttur. Hücre duvarı bileşeni

polisakkaritleri ve kapsüler polisakkaritler, genellikle, üretici bakterilerin patojenitesini belirlemede görev almaktadır. Gıda endüstrisinde ekzopolisakkaritlerin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Ancak; LAB gibi GRAS mikroorganizmalardaki kapsüler ve yapışkan ekzopolisakkaritler, gıdaların üretiminde rol aldıklarında onlara arzu edilen özellikleri kazandırmaktadır. Bazı türler iki EPS çeşidini de üretirken, bazıları sadece tek çeşit EPS üretmektedir (De Vuyst ve Deegest, 1999; Deegest vd., 2001; Tok 2007; Dertli vd., 2013). EPS üreten laktik asit bakterileri genel olarak “ropy” kültür adıyla anılmaktadır (Laws ve Marshall, 2001a). Laktik asit bakterileri tarafından yapısal olarak üretilen EPS, homopolisakkaritler (HoPS) ve heteropolisakkaritler (HePS) olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmaktadır.

2.5.1 Homopolisakkaritler

HoPS tek tip monosakkaritlerden (D-glukopiranoz ve D-fruktofuranoz) oluşan şekerler olmaktadır (Şekil 2.1). HoPS'e örnek olarak; selüloz, dekstran, pullulan, levan ve kurdan polisakkaritleri verilebilir. HoPS, hem tek tip bağlantı (örn. 1-2 veya 1-4) ile hem de sınırlı sayıda bağlantı (örn. 1-2 veya 1-4) kombinasyonları ile oluşturulmaktadır (Laws vd. 2001). Pek çok LAB türü özel şeker olarak sakarozdan yararlanarak dekstran, levan ve mutan üretmektedir (Sutherland 1972). Genellikle HoPS moleküler ağırlıkları 4.0×10^4 ile 6.0×10^6 Da aralığında olmaktadır. HoPS, *Lactobacillus* suşları tarafından salgılanan tek monosakkarit olarak glukoz ve fruktoz içermektedir. Sırasıyla, glukanlar ve fruktanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu 2 alt familya spesifik bağlanma tiplerine, moleküler ağırlıklarına, uzunluklarına ve kimyasal yapısına göre çok çeşitli polisakkaritler içermektedir (Badel vd., 2011). HoPS, son on yılda LAB'den gelen EPS'ler üzerinde yapılan en çok çalışma grubu arasında yer almaktadır. HoPS üreten suşların izolasyonu, moleküler ve yapısal EPS'nin karakterizasyonu, biyosentetik enzimler üzerindeki çalışmalar ve gıdalarda HoPS'nin uygulanışı HoPS'in bazı özelliklerini belirler.



Şekil 2. 1. Homo ve Heteropolisakkaritlerin kimyasal yapısı

2.5.2 Heteropolisakkaritler

LAB tarafından üretilen EPS'lerin çoğunluğu 2 ya da daha fazla monosakkaritten oluşan ve 3'den 8'e tekrar eden birimleri içeren heteropolisakkaritler olmaktadır (Şekil 2.1, Ryan vd., 2015). HePS'lerin büyük çoğunluğu mezofilik ve termofilik türler tarafından üretilir. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus rhamnosus* ve *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus casei* mezofilik LAB'ler arasındadır. Ek olarak termofilik LAB'nin başlıca temsilcileri: *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus* ve *Streptococcus thermophilus*'tur (Bajpai vd., 2015). HePS'ler ya düz ya da dallı olarak tekrarlanan birimlerden oluşur. Bu birimler genellikle D-glikoz, D-galaktoz ve L-ramnoz gibi farklı tipte monosakkaritlerin kombinasyonlarından oluşur. Birkaç durumda N-asetilglukozamin, N-asetilgalaktozamin veya glukuronik asit HePS'nin bir parçası olmaktadır. HePS'nin bazıları gellan, ksantan ve kefiran olmaktadır (Ruas-Madiedo vd., 2002).

Diğer bir deyişle HoPS; tek tip şeker monomerlerinden oluşurken, HePS'ler iki yada daha fazla şeker monomerlerinden oluşmaktadır. Homopolimerik olan için sadece *gtf* yada *ftf* geni gerekirken heteropolimerik EPS üretimi için birkaç geni barındıran kompleks *eps* gen kümesi gereklidir (Dertli vd., 2013).

Ayrıca EPS tek hücre düzeyindeki stres direncinde de önemli bir rol oynamaktadır. (Dertli vd., 2015). Bunlar ekşi hamur ve ekmeğin teknolojik özelliklerini geliştirmede eşsiz fizikokimyasal özelliklere sahip olmaktadır (Tieking vd., 2003b).

2.6 Ekşi Hamur Açısından EPS Üretiminin Önemi

Ekzopolisakkaritler; ekstrasellüler olarak üretilebilen mikrobiyal polisakkaritlerdir. Miktarı ve yapıları özel mikroorganizmalara ve mevcut karbon substratlarına bağlı olarak değişmektedir (Koraklı vd., 2001). Tahıl bazlı laktobasiller büyük yapısal çeşitlilikte EPS ve glikoziltransferaz aktivitesi sayesinde sukrozdan oligosakkaritler üretmektedir (Tieking vd., 2005a). Ayrıca ekşi hamur fermantasyonunda üretilen EPS'lerin çoğu glukoz(glukan) ve früktozdan (fruktan) oluşan yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir. Bu EPS'ler arasında α - (1 → 6) bağlı dekstranların ekmek üretimi açısından önem arz ettiği düşünülmektedir. Örneğin ekşi hamurda *W. cibaria* tarafından üretilen dekstranın ekmek hacmini artırdığı ve bayatlamayı azalttığı bildirilmiştir(Schwab vd., 2008). Bunlar hidrokolloidler tarafından değişme potansiyeline sahiptir. Bu bileşenler yaygın olarak "gum" diye adlandırılmaktadır. Ekmeğin tekstürel özelliklerinin iyileşmesi açısından, ekmek üretiminde prebiyotik ilavesi olarak kullanılmaktadırlar (Tieking vd., 2003b, 2003c).

2.7 Ekşi Hamur-Prebiyotik İlişkisi

Tahıl gruplarının prebiyotik (inülin ve oligofruktoz gibi) etki sağlayarak sağlığı teşvik edici özelliklerinin olduğu ve dünya çapında fonksiyonel gıdalar olarak kullanıldığı bilinmektedir.Prebiyotikler; insan tarafından sindirilemeyen ancak insan kolonunda bulunan yararlı probiyotik türlerin gelişimini teşvik eden düşük ve yüksek molekül ağırlıklarına sahip karbonhidrat yapısında bileşenlerdir (Gibson vd., 1995).Son yıllarda yapılan çalışmalar; tahıl ürünlerinde bulunan diyet lifi ve tahılın bileşimindeki dirençli nişasta ve oligosakkaritlerin prebiyotik etki gösterdikleri kaydedilmiştir (Slavin, 2000).

Diyet liflerinin en önemli kaynağını tahıllar oluşturmaktadır (Brennan ve Cleary, 2005). Yulaf ve arpa, tahıl bazlı fonksiyonel gıdalar için doğal ve ideal kaynaklar olarak gösterilmektedir. Buğday ve çavdardaki hemiselülozik polisakkaritler pentozanların, yulaf ve arpanın ise esasen β -glukanların kaynağını oluşturduğu kabul edilmektedir (Wood, 1997). Seibel (1983) 'e göre, ekşi hamura lif ilavesi teknolojik değişikliğe neden olmaktadır. Bu değişimler şöyle sıralanabilir;

- 1) Nemli ve daha kısa sürede hamur hazırlanır.
- 2) Fermantasyon toleransı azalır.
- 3) Ekmek hacmini azaltır.
- 4) Gergin ve elastik olmayan bir kırıntı oluşturur.
- 5) Lif ve ekmek çeşidine bağlı olarak aroma değişikliklerini oluşturduğu sonucuna varmışlardır.

Aynı şekilde prebiyotikleri gıda bileşeni olarak sınıflandırmak için belli kriterler mevcuttur. Bunlar;

- 1) Sindirime dirençli olması
- 2) Kolon mikroflorası ile hidrolizi ve fermentasyonu
- 3) Önemli bir şekilde dışkıda istenen türlerin sayısını artırma ve istenmeyen türleri sınırlandırmasıdır(Gibson vd., 2004).

Prebiyotiklerin en önemlileri; İnülin, fruktooligosakkarit ve galaktooligosakkaritlerdir (Roberfroid, 1998).

2.8 Prebiyotik Etkisi Olan Karbonhidratların Özellikleri

2.8.1 İzomaltooligosakkaritler

İzomaltooligosakkaritler (IMO), α -(1-6) glukozidik bağlarla bağlı glukoz monomerlerinden oluşan glukooligosakkaritler olarak tanımlanmaktadır (Gibson, 2004). Sükroz, maltoz, nişasta ve dekstran gibi karbohidratlar kullanılarak farklı metotlarla üretilen yeteneğine sahiptir (Kuriki vd., 1993). İzomaltooligosakkaritler izomaltoz, izomaltotirioz, izomaltotetraoz gibi bir karışım olmaktadır (Kaneko vd., 1995). İzomaltooligosakkaritler, ticari ürünlerde 2-6 aralığında polimerizasyon derecesine sahiptir(Cho vd., 2014).

İzomaltooligosakkaritler'in düşük kalorili olmasından, kariyojenizitesinin olmamasından ve diyabet açısından güvenilir olmasından dolayı çoğu gıdaların kalitesini geliştirmek için büyük bir potansiyele sahip olmaktadır. Bu yüzden yeni gelişen fonksiyonel gıda katkıları olmaktadır. IMO, asit çözeltilerinde stabil olma özelliği gösterdiğinden dolayı diğer oligosakkaritlerden ayrılırlar. Üretilme şekli mısır nişastasından α -amilaz, β -amilaz ve transglukosidaz ile nişastanın bir dizi

reaksiyonları olmaktadır (Zhang vd., 2009). İzomaltooligosakkaritlerin önemli bir özelliği de dış çürümesini önleme yeteneğine sahip olmasıdır.

2.8.2 Fruktooligosakkaritler

FOS, insanlarda ve hayvanlarda olumlu etkisi incelenen en yaygın prebiyotiklerdendir. Fruktoz birimlerinden oluşmaktadır (Swanson vd., 2002). Fruktooligosakkaritler fonksiyonel gıda katkısı olarak sınıflandırılabilirler. Buğday, soğan, muz, hindiba gibi depo karbonhidratları içeren birçok bitki türünde bulunmaktadır. FOS, β -(2-1) bağlarıyla bağlı fruktoz oligomerler olup, polimerizasyon derecesi 2-20 arasında değişmektedir. Ayrıca FDA tarafından güvenilir gıda (GRAS) olarak adlandırılırlar. Başka bir tanımlamada FOS, diyet lifi olarak tanımlanmaktadır. FOS, bifidobacteria gibi intestinal bakterilerin büyümesini yöneten sindirilemeyen gıda katkıları olduklarından prebiyotik olarak da adlandırılır. Kalori değeri 1.5 kcal/g olmaktadır. FOS'lar hem besleyici avantajlarıyla hem de teknolojik özellikleri nedeniyle kullanılabilirler. Fakat daha çok organoleptik kaliteyi geliştirdikleri ve besleyici kompozisyonu daha iyi dengeledikleri için tercih edilirler. Besin desteği olarak dayag ve şeker ikamesi olarak kullanılırlar (Ishwarya ve Prabhasankar, 2013). Fruktooligosakkaritler farklı polimerizasyon derecelerine sahip β -D fruktanlardır. FOS'lar inülinin endoinülinaz enzimi tarafından hidrolizi ile elde edilirler. İnülin, $\text{Glu } \alpha\text{-}(1-2)[\beta\text{-Fru}(1-2)]_n$ $n > 10$ yapısında, fruktoz birimlerinden oluşan bir polimerdir (Gibson, 2004). Ayrıca FOS'lar, *Aspergillus sp.* ve *Aureobasidium sp.* gibi bakterilerden elde edilen fruktoziltransferazlar ile sükrozdan da üretilir. Fruktoziltransferazlar, FOS sentezini yapabilmesi için sükrozdaki fruktoza -3 adet fruktoz transfer ettirerek gerçekleştirir (Yun, 1996).

2.8.3 Galaktooligosakkaritler

Diğer önemli prebiyotik molekül sınıfını galaktooligosakkaritler (GOS) oluşturmaktadır (Pandey vd., 2015). Glukoz ve galaktoz moleküllerinden oluşan laktozun enzimatik dönüşümüyle elde edilir. Daha çok büyüme performansı, bağışıklık sistemi ve intestinal morfoloji üzerine etkili olmaktadır (Hoseinifar vd., 2013). Galaktooligosakkaritler galaktoz içeren $\text{Glu } 1-4(\beta\text{-Gal } 1-6)_n$ $n=1-4$ yapısında bulunan oligosakkaritler olarak da geçmektedir. β -galaktosidaz enziminin trans-galaktosidaz aktivitesiyle laktozdan üretilmesinin yanı sıra bitki kaynaklarından

(baklagiller, soya fasulyesi) ekstrakte edilerek elde edilmektedirler (Bouhnik vd., 1997).

GOS asidik ortamlarda bile yüksek ısı seviyelerine kadar dayanıklıdırlar. Bu oligosakkaritlerin kalori değeri yaklaşık 1 ile 7 kcal/g arasında değişip, yiyecek katkı maddesi olarak kullanıma uygun olduğu vurgulanmıştır. Özellikle aside dayanıklı olduklarından asitli içecekler ve fermente sütlerde, şekerlemelerde prebiyotik ve tatlandırıcı olarak kullanılmaktadırlar (Intanon vd., 2014). FOS'daki gibi, GOS tüketiminin de sağlık üzerine belirli faydalı etkileri çalışmalarda gösterilmiştir (Pandey vd., 2015; Intanon vd., 2014).

Yapılan bir çalışmada, kabızlığı olan diyabetik hastalarda GOS alımı sonrası fekal *Bakteroides* sayısında azalma ile konstipasyon iyileşme hızında korelasyon bulunmuştur (Narimiya vd., 1996). Başka bir diğer çalışmada ise emzirilerek beslenen bebeklerde formül sütle beslenenlere göre daha yüksek seviyelerde Bifidobakteri oranı bulunmuştur. Günlük 3 ile 10 g GOS tüketimi ile Bifidobakterilerin sayısında anlamlı düzeyde bir artış olduğu gösterilmiştir, ancak bu etki günlük 10 g alımda anlamlı saptanmıştır (Tanaka vd., 1983; Jackson vd., 1999). Maksimum 10 g/gün GOS alımının fekal mikrobiyota üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada *Bakteroides*, *Enterobakter* ve *Enterokok* türlerinin sayısında herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir. Fakat Bifidobakter ve *Laktobasil* sayısında anlamlı bir artış olduğu vurgulanmıştır (Jackson vd., 1999).

2.9 Prebiyotik Etkileri Olan Diğer Karbonhidratlar

2.9.1 İnülin

İnülin, polidispers karbonhidrat olarak tanımlanır. İnülin içeren bitkiler genellikle *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Gramineae* ve *Compositae* familyasındandır (Apolinario vd., 2014). Fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılmasının nedeni orta asitlikte stabil olması, ürüne kalıcı bir tat vermediğinden ve renginde bir değişime neden olmadığından dolayı tavsiye edilmektedir (Debon vd., 2010). İnülin ve oligofruktoz sıklıkla tüketilen gıdalardan en çok un, soğan, muz, sarımsak ve pırasada bulunur (Pompei vd., 2008). Sentetik inülin tipi fruktanlar ise, sukroz moleküllerinin enzimatik olarak katalize edilmesiyle üretilir (Roberfroid, 2000). Bunun yanı sıra

endüstriyel açıdan inülin, geleneksel olarak hindibadan üretilir. Prebiyotik olarak, inülin ve oligofruktoz, meyve ve sebzelerde önemli oranda bulunmaktadır. ABD’de de günlük tüketim miktarı 1-4 g olurken, bu oran Avrupa’da 3-11 g arasında değişmektedir. İnülin tipi fruktanlar tatlandırıcı olarak, yağ ikamesi olarak (sadece inülin), tekstür düzeltici olarak, stabilizatör olarak, dondurma ve tatlılarda jelleştirici olarak, ekmekçilikte, pastacılıkta ve bebek mamalarında kullanılmaktadır. Glukoz ünitesi olsun veya olmasın β -(2-1)-glikozidik bağlarla fruktoza bağlı olan zincirler olup, polimerizasyon derecesi 3-60 arasında değişmektedir (Pompei vd., 2008).

2.9.2 Arabinooligosakkarit (AXOS)

Arabinoksilanlar (AX) birçok tahıl tanelerinde bulunmaktadır ve temel nişasta olmayan polisakkaritler olarak geçmektedir. Ayrıca diyet lifin bir parçası olmaktadır. Bunlar arabinofuranosil bağları β -(1,4) bağlantılı D-ksilopiranosil artıklarından oluşmaktadır. Bu maddeler AX-indirgeyici enzimlere sahip spesifik bağırsak bakterileri tarafından memelilerin bağırsak kolonunda indirgenmiştir. AX bazı sağlık etkileri belgelenmiş olmasına rağmen AXOS’un hidroliz ürünlerinin etkileri daha az incelenmektedir (Grootaert vd., 2007).

2.9.3 Ksilooligosakkaritler

Bu grup bileşenler (XOS) β -(1-4) bağlı ksiloz moleküllerinin zincirleridir ve özellikle ksilobioz, ksilotrioz ve ksilotetraozdan oluşmaktadır (Gibson, 2004). Gıda ve yem sanayi ile ilgili alanlarda uygulamaları geliştirmek için araştırma çalışmaları sürdürülmekte olan bazı özel özelliklere sahiptir. XOS bambu filizleri, meyve, sebze, süt ve balda doğal olarak bulunur (Vazquez vd., 2000). Bağırsak bakterileri tarafından ksilooligosakkaritlerin fermentasyonu üzerine çok az çalışma mevcuttur (Gibson, 2004).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Tahıl Örneklerinin Temin Edilmesi

Araştırmada buğday (*Triticum aestivum*), çavdar (*Secale cereale*), yulaf (*Avena sativa*) ve arpa'nın (*Hordeum vulgare*) süt olum devresindeki tahıl taneleri Bayburt'un Demirözü ilçesindeki üreticilerden toplanmış olup, laboratuara getirilmiş ve örnekler yabancı maddelerden uzaklaştırıldıktan sonra analiz için laboratuvar tipi öğütme değirmeninde (Yücebaş değirmen, 380 Volt, Türkiye) öğütülmüştür.

3.1.2 Hamur Temel Bileşenleri

3.1.2.1 Un

Araştırmada piyasadan temin edilen tip 650 ekmeklik buğday unukullanılmıştır.

3.1.2.2 Maya

Kontrol amaçlı yapılan ekmekte "Pakmaya" tarafından üretilen, pres yaş maya standardına uygun olduğu belirtilen pres maya; kullanıldığı süre içerisinde buzdolabı şartlarında muhafaza edilmiş ve daha sonra araştırmada kullanılmıştır.

3.1.2.3 Tuz

Araştırmada ekmek için Tuzum markalı rafine iyotlu tuz kullanılmıştır.

3.1.2.4 Su

Araştırmada piyasadan temin edilen hazır su kullanılmıştır.

3.1.2.5 Besiyerleri

Çalışma kapsamında Laktik Asit Bakterilerinin (LAB) geliştirilmesi amacıyla de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) broth ve agar kullanılmıştır. Kullanılan besiyerleri Merck-Türkiye'den sağlanmıştır.

3.1.2.6 Kullanılan laktik asit bakterileri ve gelişme koşulları

Bu çalışmada 114O695 nolu TUBİTAK projesi çerçevesinde ekşi hamurdan izole edilip tanımlanmış 4 farklı LAB türü kullanılmıştır. Kullanılan suş türleri kodları ile

birlikte Çizelge 3.1’de verilmiştir. Laktik asit bakterileri gliserol stoklarından sıvı MRS’e ekilerek 37 °C’de 24-48 saat boyunca geliştirilmişlerdir. Daha sonra santrifüj (5000 rpm 15 dk 4 °C) edilip, süpernatant kısmı uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan pelletler steril su içerisinde çözündürülerek aşılama yapmak için ekşi hamur üretiminde kullanılmıştır.

Çizelge 3. 1 Çalışmada Kullanılan Bakteriler ve Suş Kodları

Suş Kodları	Bakteriler
ED1	<i>Lactobacillus rossiae</i>
ED10	<i>Lactobacillus plantarum</i>
E25	<i>Lactobacillus brevis</i>
N9	<i>Weissella cibaria</i>

3.2 Yöntem

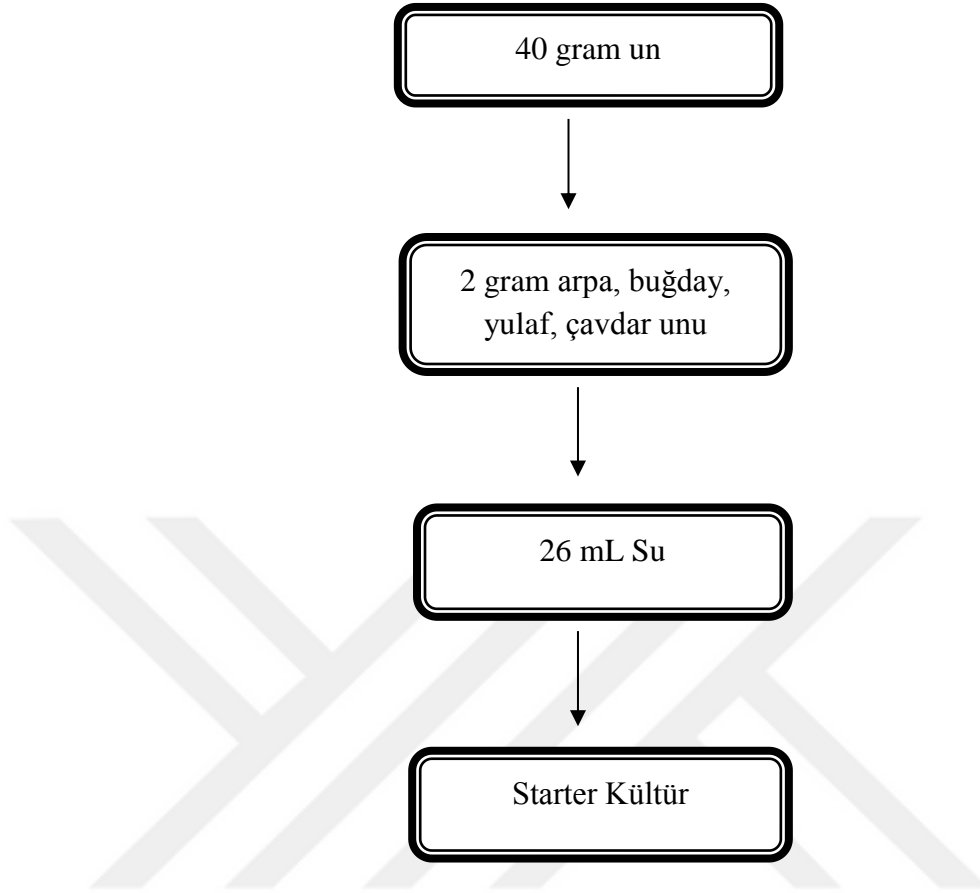
3.2.1 Ekşi hamur örneklerinin hazırlanması

Araştırmada Şekil3.1’de gösterildiği gibi piyasadan temin edilen tip 650 ekmeklik undan 40 g, 26 mL hazır su, 2 g buğday, arpa, yulaf, çavdar unları ve 10^7 kob/mL olacak şekilde starter kültür kullanılmıştır. Kontrol grubunda un, su ve asetik asit kullanılmıştır. Çalışmada yapılan ekşi hamur kodları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Mayalı ekmek üretimi noktasında da %1 ve %3 maya içerecek şekilde hamur formülasyonu hazırlanmış ve ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. 2 Çalışmada Yapılan Ekşi Hamurlar ve Kodları

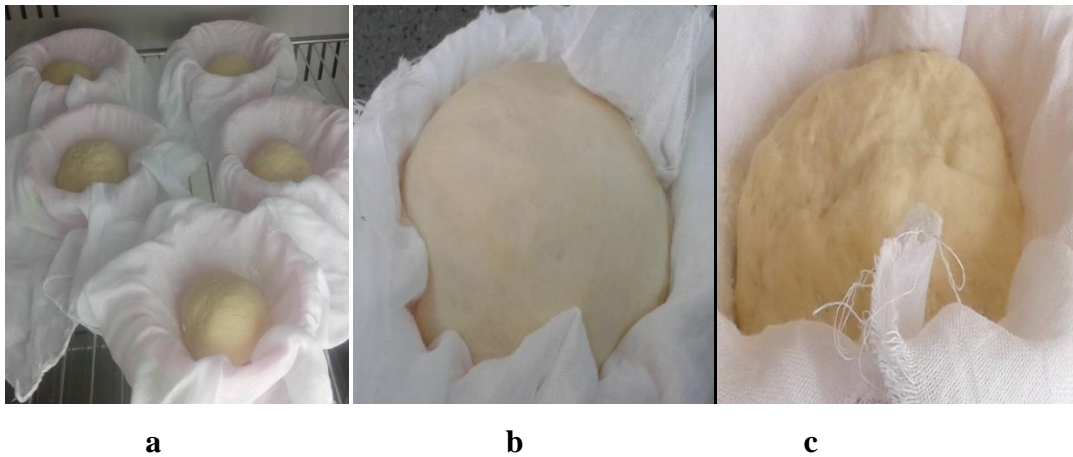
BU-ED1	Buğday Unu- <i>Lactobacillus rossiae</i>
ÇU-ED1	Çavdar Unu- <i>Lactobacillus rossiae</i>
YU-ED1	Yulaf Unu- <i>Lactobacillus rossiae</i>
AU-ED1	Arpa Unu- <i>Lactobacillus rossiae</i>
BU-ED10	Buğday Unu- <i>Lactobacillus plantarum</i>
ÇU-ED10	Çavdar Unu- <i>Lactobacillus plantarum</i>
YU-ED10	Yulaf Unu- <i>Lactobacillus plantarum</i>
AU-ED10	Arpa Unu- <i>Lactobacillus plantarum</i>
BU-E25	Buğday Unu- <i>Lactobacillus brevis</i>
ÇU-E25	Çavdar Unu- <i>Lactobacillus brevis</i>
YU-E25	Yulaf Unu- <i>Lactobacillus brevis</i>
AU-E25	Arpa Unu- <i>Lactobacillus brevis</i>
BU-N9	Buğday Unu- <i>Weissella cibaria</i>
ÇU-N9	Çavdar Unu- <i>Weissella cibaria</i>
YU-N9	Yulaf Unu- <i>Weissella cibaria</i>
AU-N9	Arpa Unu- <i>Weissella cibaria</i>

Ekşi hamurun hazırlanmasında (TK 252 NÜVE) %86 nem içeren iklimlendirme kabini kullanılmıştır. Ekşi hamur, kabinde 24 h bekletilmiştir. Fermentasyon süresince 0., 8. ve 24. saatlerde ekşi hamur örneklerinde pH, titrasyon asitliği, mikrobiyolojik analiz ve viskozite elastikiyeti belirlenmiştir. Ekşi hamur üretimine ilişkin şema Şekil 3.1 de verilmiştir.



Şekil 3. 1 Ekşi hamur üretim şeması

Çalışmada yapılan ekşi hamur görüntüleri Şekil 3.2 de verilmiştir.



a)Yapılan Ekşi Hamurlar **b)**%1 mayalı kontrol hamuru **c)**%3 mayalı kontrol hamuru

Şekil 3. 2 Çalışmada Üretilen Hamur Görüntüleri

3.2.2 Ekşi hamur örneklerinde pH tayini

Ekşi hamur örneklerinin 0., 8. ve 24. saatlerde pH ölçümleri yapılmıştır. Ekşi hamurun pH'sını belirlemek için 2 g örnek 20 mL saf su ile homojen hale getirilmiş ve pH-metre (WTW Inolab 7110) kullanılarak ölçümler yapılmıştır (Erbaş, 2003). pH metre standart tampon çözeltiler ile kalibre edildikten sonra ölçüm işlemi $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de gerçekleştirilmiştir.

3.2.3 Ekşi hamur örneklerinde titrasyon asitliği tayini

Ekşi hamurların asitliğini belirlemek amacıyla pH ölçümü yapıldıktan sonra ekşi hamurun 0., 8. ve 24. saatlerdeki bulamaçları pH 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilip, titrasyon asitliği belirlenmiştir ve sonuçlar % laktik asit cinsinden aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Erbaş, 2003).

$$\% \text{ Laktik asit} = (V \times 0,009 \times 100) / m$$

V: Titrasyonda kullanılan 0,1 N NaOH çözeltisi (mL)

m: Titrasyonda kullanılan ekşi hamur miktarı (g)

3.2.4 Ekşi hamur örneklerinde mikrobiyolojik analizin yapılması

Mikrobiyolojik analiz için fermantasyon işleminin başlamasına müteakip 0 (T0) ve 8 (T8) ve 24 (T24) saatlerde ekim için örnekler 1 g alınarak 9 mL fizyolojik tuzlu su (FTS) içerisinde stomacherde (İnterscience, Bag mixer, Fransa) homojenize edilmiş ve 1/10'luk dilüsyonlar hazırlanmıştır. Daha sonra homojenize hale getirilen örneklerden 100 µL alınarak içinde 900 µL FTS bulunan tüpe aktarılmış ve bu şekilde seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Mikroorganizma sayımı için uygun dilüsyonlar hazırlanıp ilgili besiyerine ekim yapılmıştır.

3.2.4.1 Laktobasillerin sayımı

Laktobasillerin sayımı amacıyla de Man Rogosa Sharpe Agar (MRS Agar) (Merck 1.10660) kullanılmıştır. Spot yöntemi ile (her bir spot 20 µL) uygun dilüsyonlardan katı besiyerini içeren petri plaklara ekimi yapıldıktan sonra petri plakları 37°C 'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda yukarıda ifade edildiği şekilde sonuçlar log kob/g olarak bulunmuştur.

3.2.5 Ekşi hamurdan EPS izolasyonu ve saflaştırılması

Ekşi hamurdan EPS ekstrakte etmek için 2 g ekşi hamur tartılmıştır. 2:1 oranında ultra saf su ilave edilmiştir. Çözündürüldükten sonra 5000×rpm de 20 dksantrifüjlenmiştir. Santrifüj işleminin sonunda süpernatant kısmı alınarak temiz bir kaba aktarılmış olup, 2 kat %96 soğuk etanol eklenmiştir. İşlemi takiben 4°C de 1 gece bekletilmiştir. Oluşan çökelti santrifüj aracılığı ile 5000×rpm de 20 dk 5 °C de santrifüjlenerek bir araya toplanmıştır. Süpernatant kısmı uzaklaştırılarak elde edilen pelletdeiyonize suda çözündürülüp 2 kat soğuk etanol ilave edilerek 5000×rpm de 20 dk 5 °C de santrifüjlenerek bir araya toplanmıştır. Takiben süpernatant kısmı uzaklaştırılarak saf EPS elde edilmiştir (Van Geel-Schutten vd., 1999).

Elde edilen saf EPSdistile suda çözündürülüp kurutulmadan önce fenol- sülfirik asit testinde, -80°C'de dondurulup ardından liyofilizatörde kurutulduktan sonra HPLC işlemi dahil sonraki analizlerde kullanılmıştır.

3.2.6 Fenol-Sülfirik asit testi ile EPS üretim miktarı analizi

EPS izolasyonunu takiben üretilen EPS miktarını belirlemek amacıyla fenol-sülfirik asit testi uygulanmıştır (Dubois vd, 1956). 200 µL örnek spektro küvetine konmuş ve üzerine 600 µL %98'lik sülfirik asitten ilave edildikten sonra 120 µL %5'lik fenol ilave edilmiş ve renk gelişimi için 5 dakika beklenmiştir. Ardından ilgili küvetlerdeki OD_{490nm} ölçülmüş (UV-1800-240 V, Shimadzu Japonya) ve glikoz eğrisi kullanılarak örneklerin EPS miktarı belirlenmiştir.

3.2.7 Ekşi hamurdaki şeker profillerinin HPLC ile açığa çıkartılması

Ekşi hamur LAB'leri tarafından üretilen EPS'de yer alan şeker gruplarının tespiti amacıyla HPLC analizi uygulanmıştır. Bu kapsamda ağzı kapaklı tüplere yaklaşık100 mg örnek tartılmışve örnekler 0,5 M 25 mL sülfirik asit ilave edildikten sonra 95°C sıcaklıkta tam 12 saat süreyle hidrolizasyona uğratılmıştır. İşlem sonunda örnekler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve daha sonra 4 M NaOH ile nötralize edildikten sonra hacimleri 30 mL'ye tamamlanmıştır. İşlem sonunda tüpler 8000×rpm hızında 10 dakika süre ile santrifüj edilmiş ve süpernatantlar şırınga(Hayat 5 mL, Türkiye)ile 0,45 µm filtrelerden (PTFE-Filter)geçirilerek safsızlıklardan arındırılmıştır. Bu şekilde hazırlanan örnekler RID-10A refraktif

indeks dedektörüne sahip yüksek basınçlı sıvı kromatografisi(HPLC-RID, Shimadzu) sistemine enjekte edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlenmiş ve kolon olarak CARBOsep CHO-682 Pb kolon kullanılmıştır. Akış hızı 0.7 mL/min olacak şekilde ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 25 °C’de sabit tutulmuş ve mobil faz olarak deiyonize su kullanılmıştır.

3.2.8 Tahıl tanelerindeki şeker profillerinin HPLC ile açığa çıkartılması

Süt olum evresindeki tahıl tanelerindeki şeker profillerinin açığa çıkartılması için HPLC analizi uygulanmıştır. Bu kapsamda ağzı kapaklı tüplere 100 mg örnek tartılmış ve üzerine 4 mL %80 lik Etanol ilave edilmiştir. Daha sonra 20 dakika boyunca sıcak su banyosunda (80-90 °C’ de) hidrolizasyona uğratılmıştır. Takiben 8000 rpm, 4 °C’ de, 10 dk santrifüj edilip, süpernatant’tan 400 µL alınmıştır. RotaryEvaporatör ile etanol uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan katı bileşen 75 µL suda çözündürülmüştür ve üzerine aynı miktarda asetonitril ilave edilip, son olarak enjektör yardımıyla filtreden(0.45 µm) geçirilerek safsızlıklardan uzaklaştırılmıştır(Shimbata vd., 2011). Bu şekilde hazırlanan örnekler refraktif indeks dedektörüne sahip yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC-RID, Shimadzu) sistemine enjekte edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlenmiş ve kolon olarak CARBOsep CHO-682 Pb kolon kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı 85 °C’de sabit tutulmuş ve hareketli faz olarak deiyonize su kullanılmıştır.

3.2.9 Ekşi hamurun reolojik özelliklerin belirlenmesi

Hamurun reolojik özellikleri kesme kontrollü ve peltier sistemli bir reometre (Anton Paar, MCR 302, Avusturya) kullanılarak belirlenmiştir. Prob olarak PP25 kullanılmıştır. Örneklerde 0,1-100 Pa aralığında ve 25°C de sabit 10 rad/s açısal hızda strese maruz bırakılmış ve örneklerde meydana gelen deformasyon incelenmiştir. Böylelikle örneklere ait doğrusal vizkoelastik bölge belirlenerek frekans tarama testinin gerçekleştirildiği strain (gerilim) değeri tespit edilmiştir.

Bu test 25°C’de 0,1-100 rad/s aralığında, %0,5 strain değerinde gerçekleştirilmiştir. Örneklere ait G' elastik modül, G'' viskoz modüldeğerleri belirlenmiştir.

Elde edilen viskoelastik model parametreleri aşağıda verilen Power law model kullanılarak modellenmiştir.

Power-law model:

$$G' = K'(\omega)^{n'} \quad G'' = K''(\omega)^{n''} \quad \eta^* = K^*(\omega)^{n^*-1}$$

K:viskozite katsayısı(kıvam katsayısı)

ω :kesme hızı(açısal frekans)

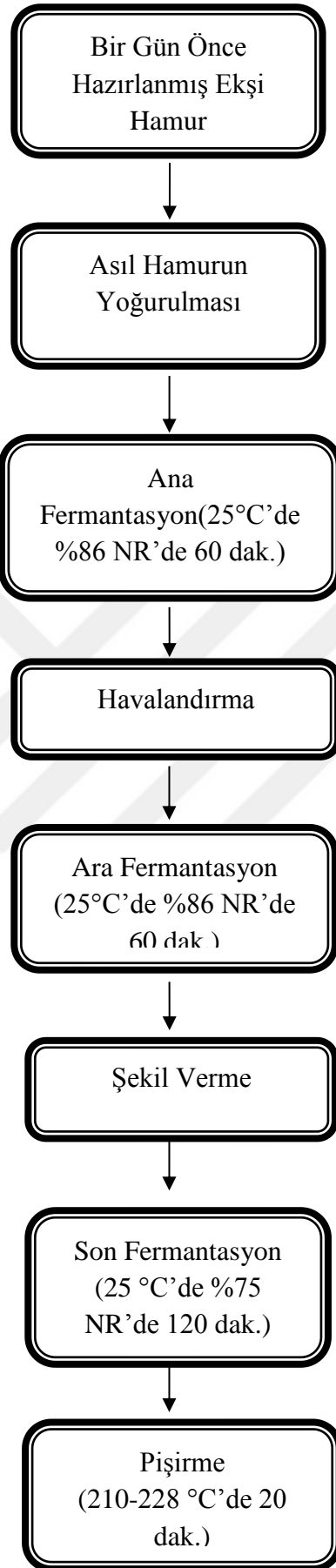
n:akış indeksi

Bu denklemde, K kıvam indeksini (Pa.sn) ve n akış davranış indeksini (boyutsuz) göstermektedir. Akış davranış indeksi Newtonyen davranıştan sapmayı gösterir ve akışkanlar n değerine göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmaya göre akışkanlar; $n = 1$ ise Newtonyen, $0 < n < 1$ ise kaymayla incelen (psödoplastik) ve $n > 1$ kaymayla kalınlaşan özelliğe sahiptir (Steffe, 1996; Rao, 1986).

3.2.10 Ekmek pişirme denemeleri

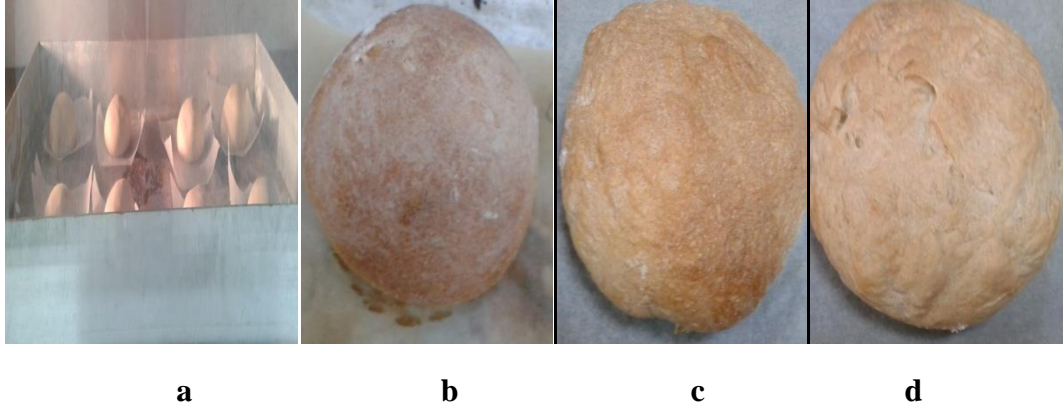
Bu çalışmada 16 farklı hamur hazırlanmıştır.Ayrıca ekşi hamur içermeyen ve bakteri inokülasyonu yapılmayan kontrol hamur örnekleri kontrol amaçlı hazırlanmıştır. Hazırlanan ekmek hamurları sırasıyla; AU-ED1, BU-ED1, ÇU-ED1, YU-ED1, AU-ED10, BU-ED10, ÇU-ED10, YU-ED10, AU-E25, BU-E25, ÇU-E25, YU-E25, AU-N9, BU-N9, ÇU-N9, YU-N9 şeklinde kodlanmıştır.

Ekmek hamurunun hazırlanmasında; 50 g un tartılıp, yoğurma kabına alınmıştır. Üzerine 14 g ekşi hamur, 0,95 g tuz, 27,5 mL su ilave edildikten sonra yoğrulmuştur. Ekmek hamurunun hazırlanmasında kullanılan ekşi hamur daha önce belirtilen yöntem ile iklimlendirme kabininde 24 h bekletildikten sonra kullanılmıştır. Şahit olarak aynı koşullarda ekşi hamur kullanılmamış, %1 ve %3 mayalı ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmek üretim yöntemine ilişkin işlem diyagram Şekil 3.3 de verilmiştir.



Şekil 3.3 Ekmek Üretim Yöntemi

Çalışma kapsamında üretilen ekmek örneklerine ilişkin fotoğraflar Şekil 3.4 de verilmiştir.

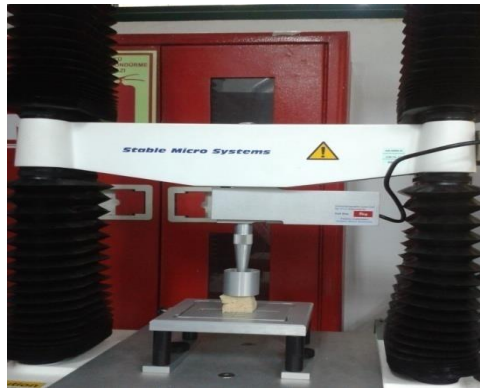


a)Ekşi hamurlar **b)** Ekşi hamur ekmeği **c)** % 1 Mayalı ekmek **d)**% 3 Mayalı ekmek

Şekil 3. 4 Çalışmada Yapılan Ekmekler

3.2.11 Ekmeğin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi

Ekmeklerde tekstür profil analizi (TPA) ekmek üretiminden 30-45 dakika sonra TextureAnalyser TA Plus marka cihazda 35 mm'lik silindir prob ile, yaklaşma hızı 55 mm/dak, sıkıştırma oranı %25 ve maksimum yük 50 N olacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca ekmekler 2 cm olacak şekilde dilimleme aletiyle paralel olarak kesilmiştir. Ekmeklerin sertlik, yapışkanlık, esneklik ve çiğnenebilirlik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tekstür marka cihazına ilişkin görüntü Şekil 3.6 da verilmiştir.

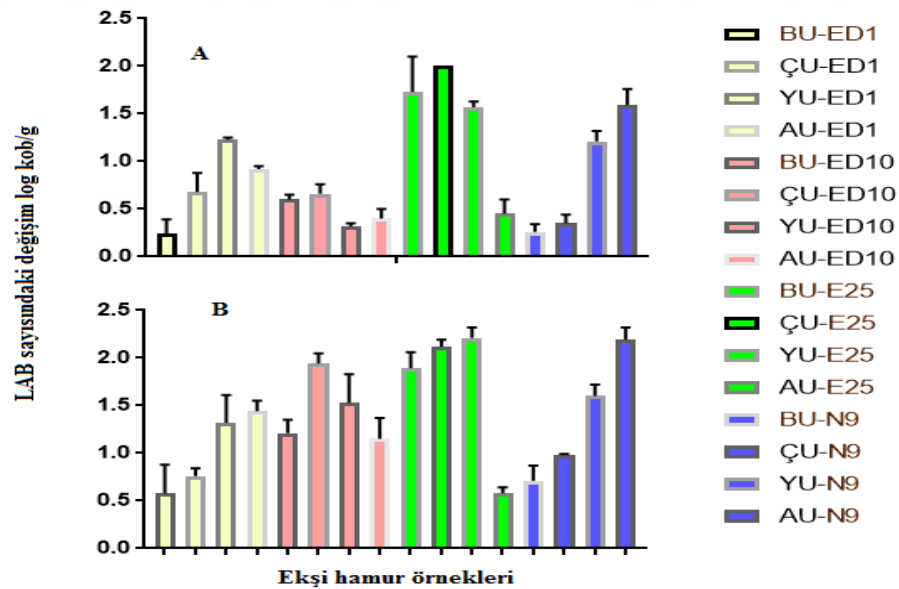


Şekil 3.5 Çalışmada Kullanılan Tekstür Analiz Cihazı(Texture Analyser TA.HD Plus,İngiltere)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Ekşi Hamur Örneklerine Ait Mikrobiyolojik Sonuçlar

Ekşi Hamur örneklerinde yaklaşık olarak 10^8 kob/g ekimi takiben fermantasyon süresi boyunca LAB sayısındaki değişim (8 ve 24. saat sonunda) belirlenmiştir (Şekil 4.1). Kontrol örneklerinde ise bu süre boyunca LAB gelişimi meydana gelmemiştir. Şekil 4.1-A 4 farklı süt olum evresindeki tahıl tanesinin ilavesi ile hazırlanmış ilgili ekşi hamurlarda 8. saat sonunda başlangıca göre 4 türün değişimini göstermektedir. Genel itibariyle en yüksek gelişim buğday, çavdar ve yulaf katkılı hamurda geliştirilen *Lactobacillus brevis*(E-25) ve takiben arpa katkılı *Weissella cibaria*(N9)'da gözlenmiştir. İlginç bir şekilde *L. brevis*(E-25) ise en az arpa katkılı hamurda gelişmiştir. Bu farklı türlerin farklı tahıl tanelerinde çok farklı oranlarda gelişebilmelerini göstermesi bakımından önemlidir. Benzer olarak *Lactobacillus rossiae*(ED1) buğday katkılı hamurda 0,5 log, diğer hamurlarda ise yaklaşık 1 log düzeyinde artış göstermiştir. Genel itibariyle 8 saat boyunca en az gelişim *Lactobacillus plantarum* (ED-10)'da gözlenmiştir.



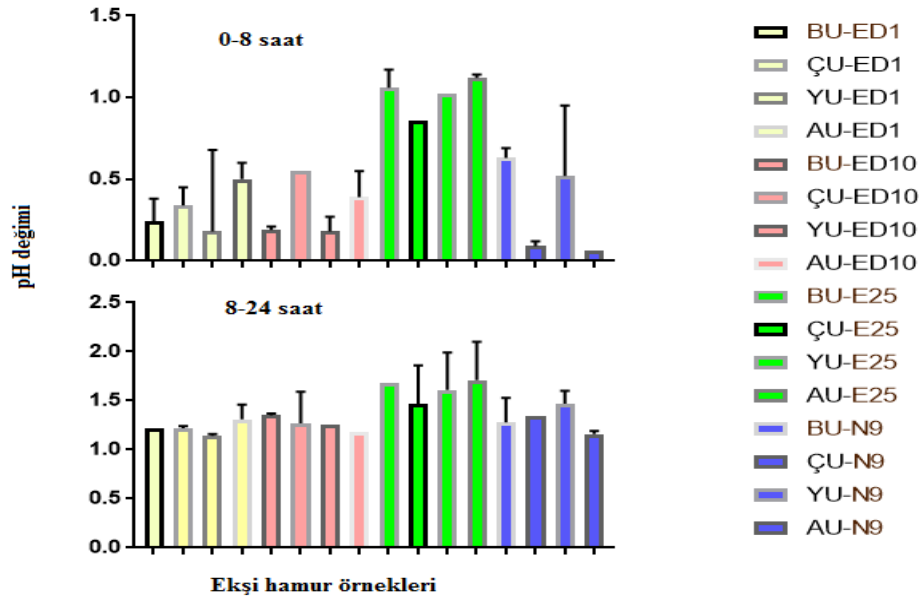
Şekil 4.1 Farklı süt olum evrelerindeki tahıl ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin 8 saat (A) ve 24 saat (B) içindeki *Lactobacillus rossiae*(ED1), *Lactobacillus plantarum*(ED10), *Lactobacillus brevis*(E25) ve *Weissella cibaria*(N9) sayılarındaki değişim (log kob/g)

Şekil 4.1-B ise ilgili türlerin hamurlarda 8 ila 24. saat arasındaki gelişim düzeyini göstermektedir. Şekilden de görüleceği gibi *L. brevis*(E-25) ve *W. cibaria* (N9) ilgili tahıl taneleri hamurlarda 8. saate kadar gösterdikleri gelişim farklılıklarına benzer gelişim eğilimi göstermişlerdir. Ek olarak *L. plantarum*(ED-10) bu süreçte daha fazla gelişmiş ve gelişim seviyesi yaklaşık 2 log ünite değerlerinde gerçekleşmiştir ve bu oran bu periyotta *L. brevis*(E-25) gelişim düzeylerine yakınlık göstermiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar tahıl tanelerinin LAB türleri üzerindeki etkisini göstermesi bakımından oldukça ilginçtir. Örneğin buğday tanesi *L. plantarum* (ED-10) hariç diğer üç türün gelişiminde önemli teşvik edici özellik gösterememiştir. Ancak Şekil 4.1'den de görüleceği üzere bu tanelerde şeker monomerleri açısından oransal olarak bir takım farklılıklar olmasına rağmen önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Dolayısıyla elde ettiğimiz bu sonuçların bakterilerin biyokimyasal ve genetik farklılıklarına (örneğin şeker monomerlerini metabolize etme sıraları ve hızları gibi) dayalı olduğu düşünülebilir.

Ekşi hamur fermentasyonunda: tahılın büyüme koşulu, unun kalitesi, ön kültürün tipi ve kalitesi, sıcaklık, fermentasyon zamanı, ürünün yetiştirme hızı, ürünün kalitesi önemli bir etkiye sahip olmaktadır (Gänzle vd., 1998; Wick vd., 2003). LAB suşları ekşi hamurun ekosistemine iyi bir adaptasyon sağladıklarından dolayı iyi bir büyüme kapasitesi göstermekte ve fırın ürünleri için starter kültür olarak kullanılma yeteneğine sahip olmaktadır (Palomba vd., 2008). Ayrıca ekşi hamur fermentasyonu sırasında LAB tarafından proteoliz oluşumu da hamurun reolojisini ve ekmeğin tekstürünü etkilediği vurgulanmıştır (Angioloni vd., 2006; Gocmen vd., 2007). Rizzello vd.,(2013); buğday tohumundan yapılmış ekşi hamur örneklerinde starter olarak *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus rossiae* suşlarını ayrı ayrı kullanmışlardır. 24 saatlik fermentasyonun bitiminden sonra *Lactobacillus plantarum* 9,8 log kob/g, *Lactobacillus rossiae* 9,36 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Aynı zamanda Garofalo vd.,(2012) tarafından yapılan bir diğer çalışmada *Lactobacillus rossiae* starter katkılı buğday ekşi hamurunda 0. ve 24. saatlerdeki laktobasil sayıları sırasıyla 7,5 log kob/g ve 9,8 log kob/g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar bulduğumuz değerlerle benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak farklı tahıl taneleri şeker profilleri yüksek oranda benzerlik göstermesine rağmen LAB türleri üzerinde farklı etkiler oluşturmuşlardır.

4.2 Ekşi Hamur Örneklerinde pH Tayini Analiz Sonuçları

Araştırmada farklı LAB türleri ve erken olum devresindeki tahıl taneleri ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerindeki pH değişimi belirlenmiş olup, 8 ve 24 saatlik süreçte pH değişimi Şekil 4.2’de gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre farklı suşlar farklı tahıl tanelerinde özellikle ilk 8 saat boyunca asitliği farklı oranlarda değiştirmişlerdir. En belirgin pH düşüşü *Lactobacillus plantarum* E25’te gözlenmiş olup bu durum bu suşun daha fazla oranda gelişim sergilemesinden kaynaklanabilir, zira bu suş fakültatif heterofermantatif bir suştur. Bu çalışmada kullanılan diğer suşlarda heterofermantatif suşlardır (De Vuyst ve Neysen, 2005). Bununla birlikte bu dönemde *W. cibaria* (N9), arpa ile katkılanmış ekşi hamurda iyi gelişirken pH üzerinde o oranda etki gösterememiştir ki bu durum ürettiği asit oranının azlığından kaynaklanabilir. 8-24 saat arasında ise her bir ekşi hamur örneğindeki pH değişimi birbirine yakın olup yaklaşık olarak pH’da 1,5 birimlik bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuç bakteri sayılarının yanı sıra üretilen asitlerin miktarındaki farklılıkların pH düşüşünde son derece önemli olduğunu göstermesi bakımından önem arz etmektedir.



Şekil 4. 2 Farklı süt olum evrelerindeki tahıl ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin 8 saat (A) ve 24 saat (B) içindeki pH değişimi; *Lactobacillus rossiae*(ED1), *Lactobacillus plantarum*(ED10), *Lactobacillus brevis*(E25) ve *Weissella cibaria*(N9) sayılarındaki değişim (log kob/g)

Hamurun pH değeri ve asitlik seviyesi LAB ve mayanın fermantasyon aktivitelerinin önemli bir göstergesidir. Bu faktör aynı zamanda ekmeğin duyu özelliklerinin

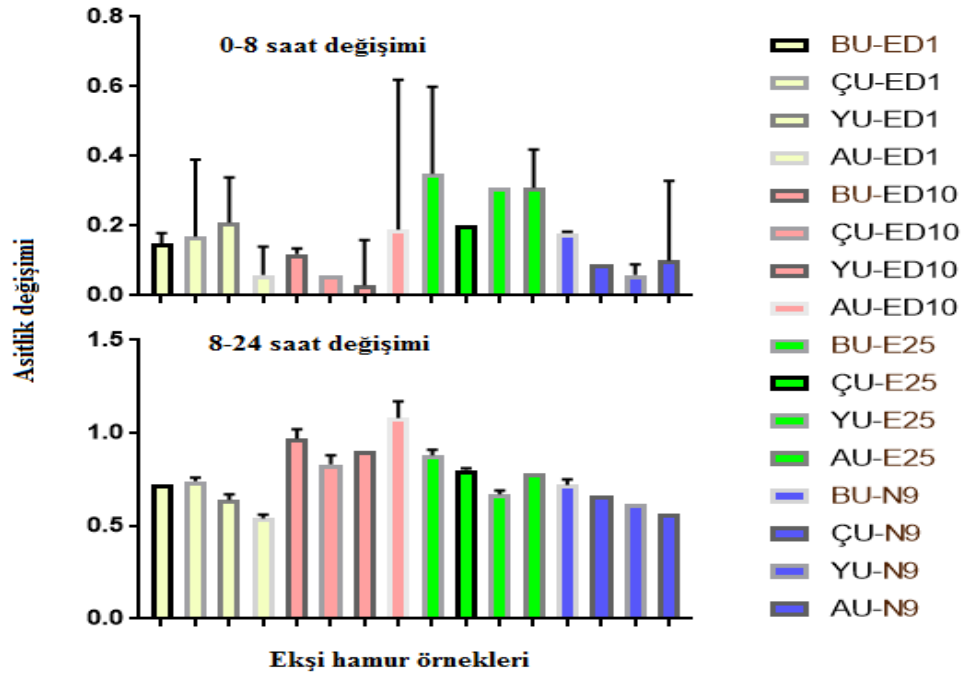
belirlenmesinde önemli olmaktadır (Đukić vd., 2014). Fermantasyon süresince pH'nın düşmesinden dolayı değişen enzimatik aktivite proteaz aktivitesini artırarak gluten ağında zayıflık meydana getirmekte ve kısmi nişasta degradasyonuna neden olmaktadır. Böylece ekşi hamur kullanımı hamurun işleyişini değiştirerek daha yumuşak bir hamur oluşumu sağlamaktadır (Belz, 2016).

Ekşi hamurda meydana gelen asit değişiminin bir diğer ana faktörü fermente olabilir şekerler olmaktadır. Ekşi hamurda başlangıç aşamasında gözlenen pH değerleri genel olarak 4,57-5,54 arasında iken fermantasyon süreleri boyunca oluşan alkol ve laktik asit ile bu değerler 3,38-3,94'lere kadar düştüğü belirtilmektedir (Katina, 2005).

Galle vd.,(2011) yaptıkları çalışmada *Weissella cibaria* starterli buğday ekşi hamurunun 24 saat fermantasyonundan sonra pH değerini 3,8 olarak bulmuşlardır.Minervini vd.,(2010) yaptıkları çalışmada *Lactobacillus plantarum* suşları ile buğday ekşi hamurunun 8 saat fermantasyonundan sonra pH değerini sırasıyla 4,00 ve 4,17 arasında bulmuşlardır.Bu sonuçlar bulduğumuz değerlerle benzerlik göstermektedir.

4.3 Ekşi Hamur Örneklerinde Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları

Araştırmada farklı LAB türleri ve erken olum devresindeki tahıl taneleri ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin TA miktarları % laktik asit cinsinden belirlenmiş olup, 8 ve 24 saatlik süreçte asitlik değişimi Şekil 4.3'de gösterilmektedir. Çalışmada kullanılan suşların ortamda ürettiği organik asitlerin artmasıyla, pH değerleri düşmüştür. 0.saatlerde TA değerleri % 0,27 -%0,54 arasında değişirken, bu değerler 24. saatlerde sırasıyla %1,01 ile %1,52 arasında değişmiştir.



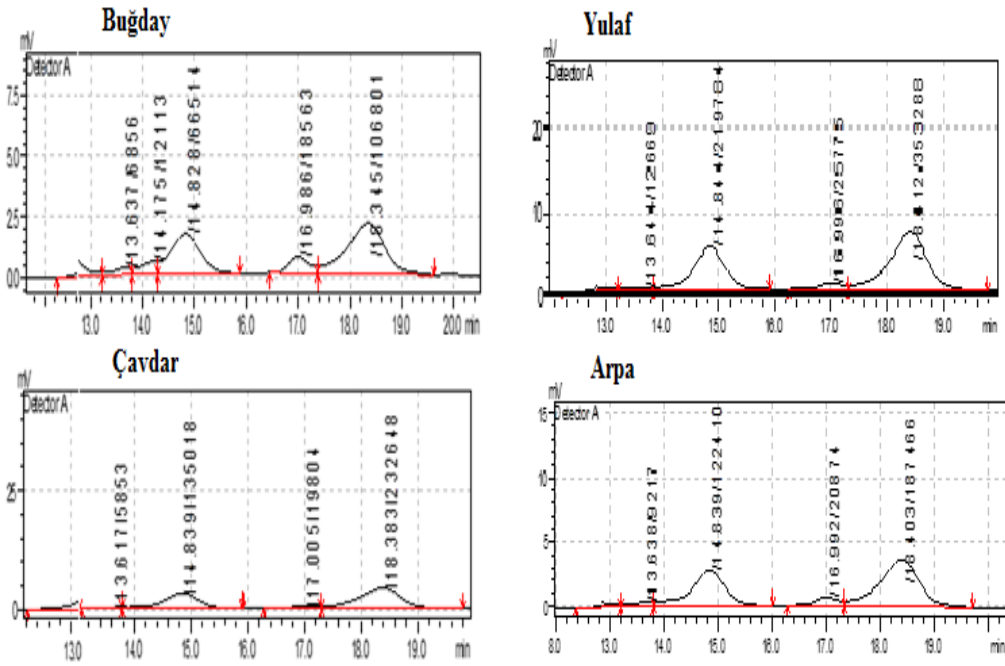
Şekil 4. 3 Farklı süt olum evrelerindeki tahıl ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinin 8 saat (A) ve 24 saat (B) içindeki asitlik değişim; *Lactobacillus rossiae*(ED1), *Lactobacillus plantarum*(ED10), *Lactobacillus brevis*(E25) ve *Weissella cibaria*(N9) sayılarındaki değişim(log kob/g)

Sonuçlardan da görüleceği üzere asitlik değişimindeki eğilim pH ile örtüşmektedir ve bakteri sayısındaki değişiklik ile asitlik arasında daha belirgin bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ekşi hamur örneklerinin asidifikasyonunda artış olması ile birlikte pH değerlerinin düşmesi ve ekmek hamurunun kısmi asidifikasyonu gluten, nişasta ve arabinoksilanlar gibi yapıyı oluşturan bileşenler üzerine etkili olmaktadır(Axford vd., 1979; Zeleny, 1947; Tafti vd., 2013). Fermentasyonun başlangıç fazında hem asitlik hem de pH sabit kalıp, orta fazlara gelindiğinde LAB aktivitesi nedeniyle titre edilebilir asitlik artmaktadır (Schulz, 1972). Asitlikte artış meydana gelmesi protein degradasyonuna, proteolitik enzimlerin aktivitesinin kontrolüne yol açmaktadır. Asitlikte artış meydana gelmesi iyi bir fermentasyon için, enzim aktivitesinin kontrolü için, elastikiyet ve raf ömrünün uzaması için gerekli olmaktadır (Pepe vd., 2013).

4.4 Tahıl Tanelerindeki Şeker Profillerinin HPLC ile Açığa Çıkartılması

Süt olum devresindeki tahıl tanelerinde bulunan şeker monomerlerinin belirlenmesi amacıyla HPLC ile şeker analizi uygulanmıştır. Standart şeker monomerleri ile

yapılan HPLC işlemi sonucunda glukozun alıkonma süresi 14,828-14,844 dk olarak, mannozun alıkonma süresi 16,986-17,005dk olarak, fruktozun alıkonma süresi ise 18,345-18,412dk olarak bulunmuştur. Şekil 4.4'den görülebileceği üzere süt olum evresindeki buğday tanesinde glukoz, mannoz ve fruktoz tespit edilmiş ve genel itibariyle şekerlerin yoğunluğu fruktoz en fazla takiben glukoz ve mannoz da en az olacak şekilde tespit edilmiştir.



Şekil 4.4 Süt olum devresindeki tahıl tanelerinden elde edilen unların HPLC kromatogramı.

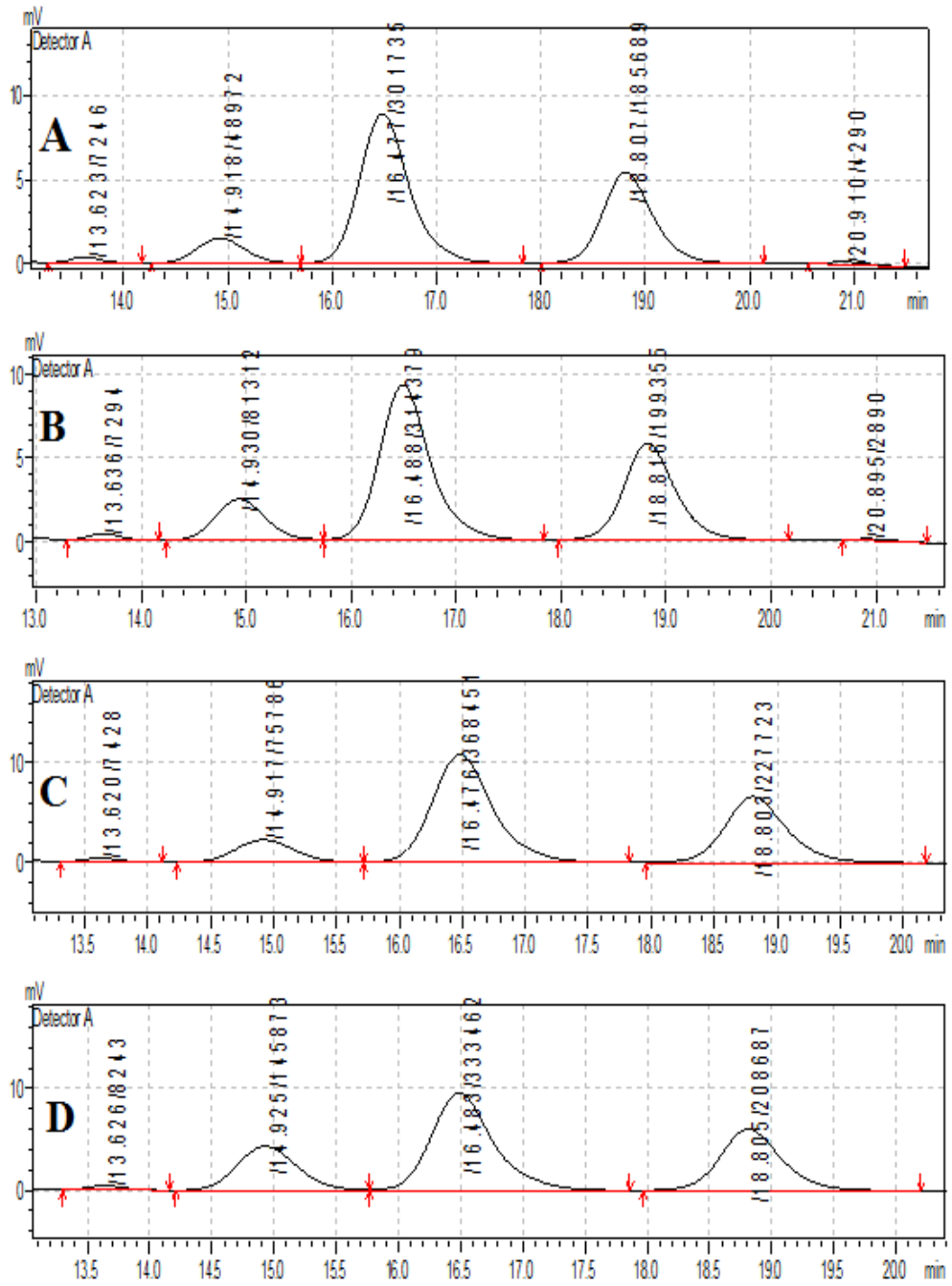
Glukoz 14,828 dk'dan sonra, mannoz 16,986 dk'dan sonra, fruktozun ise 18,345 dk'dan sonra geldiği tespit edilmiştir.

Çavdar ununda ise glukoz-fruktoz oranı buğday ununa benzer olmak ile birlikte mannozun bu unda hiç olmadığı veya iz miktarlarda olduğu gözlenmiştir. Benzer durum yulaf ununda da söz konusu olup yulafta da fruktoz en fazla bulunan monomer olmak ile birlikte mannoz varlığı yulafta çavdardan az buğdaydan ise fazla olarak gözlenmiştir. Son olarak arpa ununda şeker içeriği incelenmiş ve her üç şekerinde bu unda olduğu bununla birlikte diğer unlara nazaran glukoz-fruktoz oranının benzer olduğu elde edilen kromatogramdan anlaşılmıştır. Sonuç olarak her

dört unda farklı oranlarda kullanılabilir şeker içermekte ve bu şekerlerin LAB türleri üzerinde teşvik edici etkilerinin farklı olabileceği düşünülmektedir. Nitekim bakteri sayılarında belli oranlarda değişiklikler gözlene de bu etki istenen seviyede gerçekleşmemiştir.

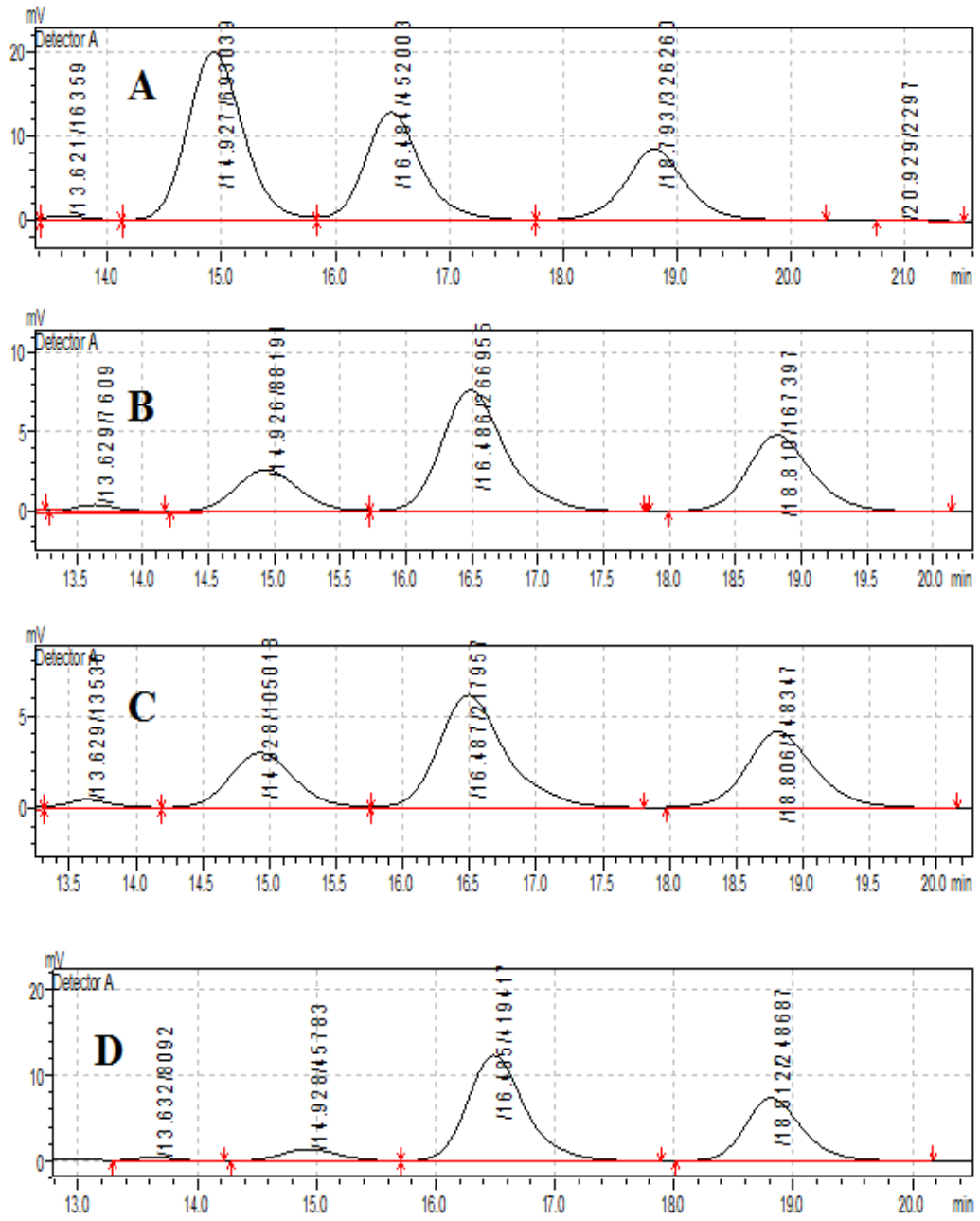
4.5 Ekşi Hamurdaki Şeker Profillerinin HPLC ile Açığa Çıkartılması

Ekşi hamur örneklerinde fermentasyon süresince LAB türlerinin aktiviteleri sonucunda elde edilen EPS'nin şeker gruplarının tespiti amacıyla HPLC işlemi uygulanmıştır. Şekil 4.5-4.8 sırasıyla farklı LAB türleri kullanılarak farklı süt olum evresindeki taneler kullanılarak üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS ve potansiyel oligosakkaritlere ait kromatogramları göstermektedir. HPLC işlemi sonucunda glukozun alıkonma süresi 14,917-14,932 dk olarak, ksilozun alıkonma süresi 16,476-16,491 dk olarak, arabinozun alıkonma süresi 18,793-18,816 dk olarak bulunmuştur. Kontrol hamurunda ise glukoz, galaktoz ve fruktoz tespit edilmiştir. Bu kromatogramlardan görüleceği üzere farklı LAB türleri ile üretilen ekşi hamurlarda üretilen EPS'nin yapısında olmak üzere glukoz, unda doğal olarak az miktarda da olsa bulunabilen ve LAB türlerinin aktiviteleri sonucunda kullanılabilir hale dönüşebilen arabinoksantanlardan kaynaklanan arabinoz ve ksiloz bulunmuştur (Gobbetti vd., 2000; Ganzle 2014). Bu sonuçlar farklı LAB türlerinin ekşi hamurda gelişerek metabolik aktiviteleri neticesinde daha fazla arabinoksantan erişilebilirliğine neden olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ek olarak bütün test edilen LAB türleri glukoz yapısında EPS üretmiş ve bu EPS üretimi türler ve hatta farklı süt olum evresindeki tahıl taneleri temel alındığında fazla farklılık göstermemiştir. Sadece *Lactobacillus plantarum* süt olum evresindeki buğday tanelerinden elde edilen unu içeren ekşi hamurda glukoz üretimi ciddi oranda artmıştır (Şekil 4.6).



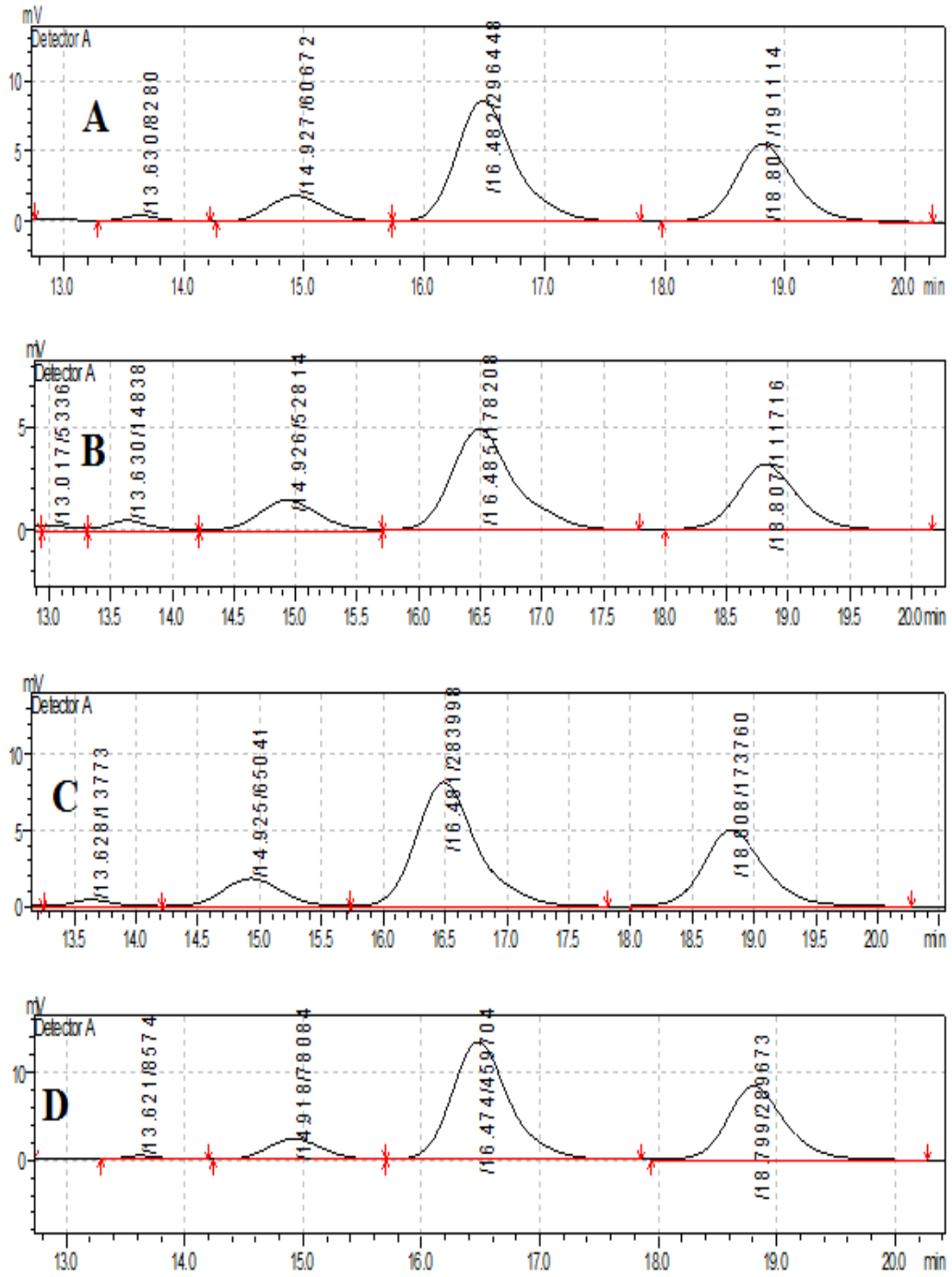
Şekil 4.5 *Lactobacillus rossiae* kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.

Glukoz 14,918 dk'dan sonra, ksiloz 16,477 dk'dan sonra, arabinozun ise 18,807 dk'dan sonra geldiği tespit edilmiştir.



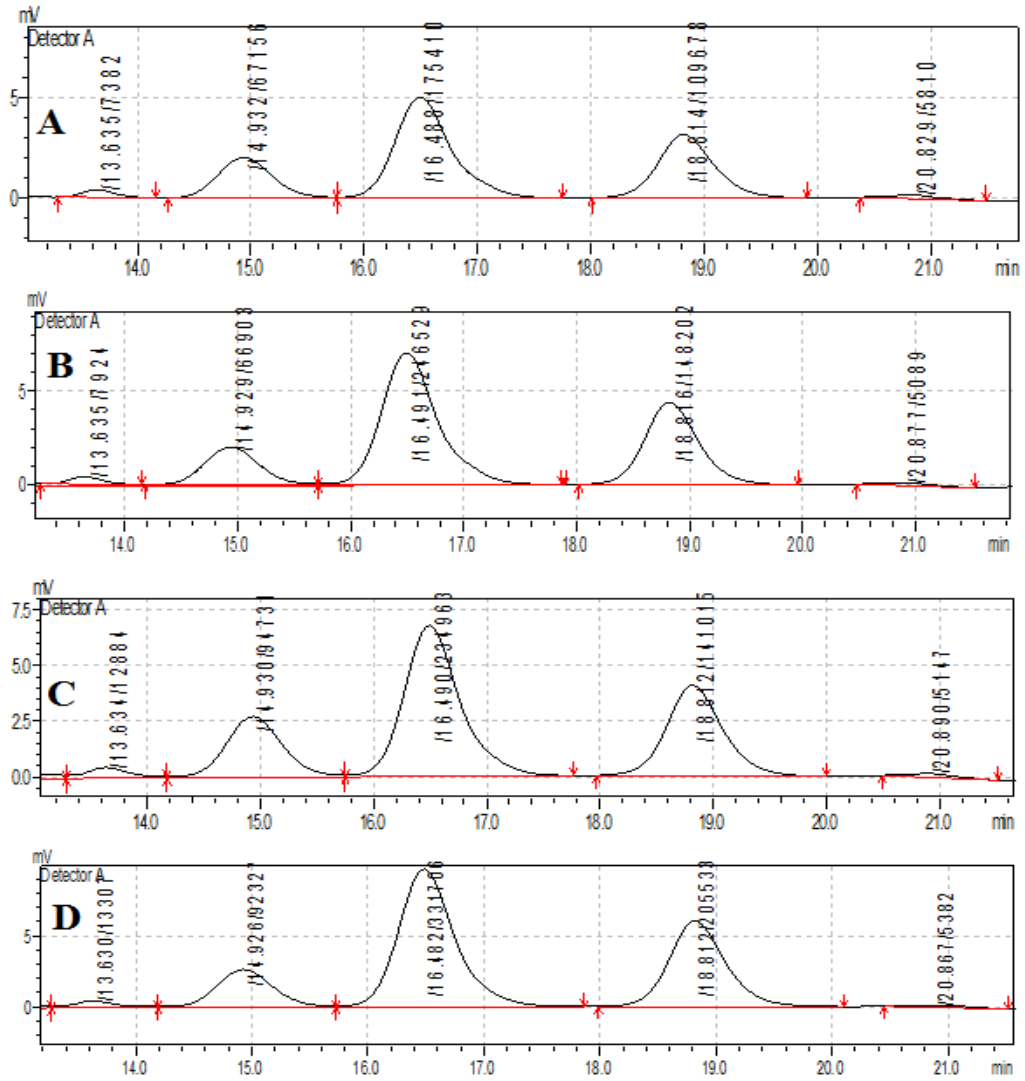
Şekil 4.6 *Lactobacillus plantarum* kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.

Glukoz 14,918 dk'dan sonra, ksiloz 16,477 dk'dan sonra, arabinozun ise 18,807 dk'dan sonra geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.7 *Lactobacillus brevis* kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.

Glukoz 14,927 dk'dan sonra, ksiloz 16,482 dk'dan sonra, arabinozun ise 18,807 dk'dan sonra geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.8 Weissella cibaria kullanılarak sırasıyla Buğday (A), Çavdar (B), Yulaf (C) ve Arpa (D) taneleri ile üretilen ekşi hamurlardan elde edilen EPS'lerin HPLC kromatogramları.

Glukoz 14,932 dk'dan sonra, ksiloz 16,488 dk'dan sonra, arabinozun ise 18,814 dk'dan sonra geldiği tespit edilmiştir.

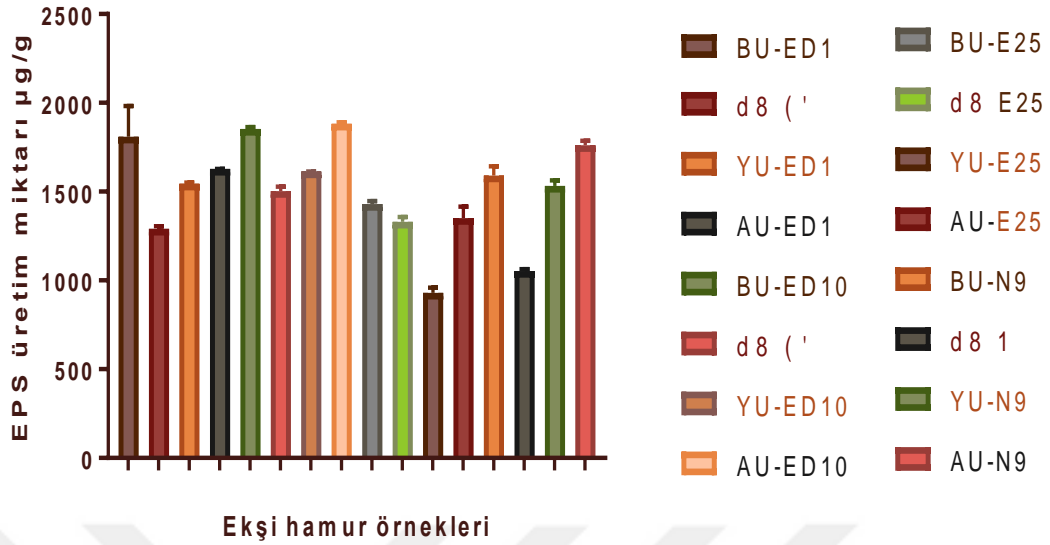
EPS üretimi fermente gıdaların üretiminde teknolojik öneme sahip olmaktadır. Bu teknolojik avantajlar fermente edilmiş gıda formülasyonlarının reolojisini, tekstürünü geliştirmektedir (Dilna vd., 2015; Lee vd., 2011). Ekşi hamur LAB'lerine ilgi olması glukoz ve fruktan gibi EPS'lerinin büyük yapısal değişiklikleri sentezleme yeteneğine sahip olmasıdır (Galle ve Arendt, 2014). Ayrıca EPS'ler oligosakkaritlerin ve şeker monomerlerinin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu oligosakkaritler prebiyotik, nutrasötikler, tatlandırıcılar, humektanlar, kolon kanserine karşı ilaçlar,

bağışıklık uyarıcıları vb. gibi büyük endüstriyel uygulama alanlarına sahip olmaktadır(Patel vd., 2012). Sonuç olarak LAB tarafından üretilen bazı EPS'ler gıda endüstrisinde viskosfer, koyulaştırıcı, emülgatör veya stabilizör olarak kullanılabilme kabiliyeti göstermiştir (Sanlibabave Çakmak, 2016). Çalışmamızda LAB tarafından üretilen EPS'lerin tümü glukan yapısında olup homopolisakkarit karakterdedir (De Vuyst ve Degeest, 1999).Tieking vd., (2003c), bizim sonuçlarımıza benzer olarak yaptıkları çalışmada ekşi hamurdaki bazı LAB türlerinin glukan ve fruktan tiplerinde EPS üretimi yeteneğine sahip olduğunu kaydetmişlerdir.

Ekşi hamur örneklerinden ksiloz ve arabinozun bulunması normalde unda çok az oranda bulunabilen suda çözünebilir arabinoksantan varlığını göstermektedir. Arabinoksantanların çözünlüklerinin artışı LAB türlerinin ekşi hamurda fermantasyonu gerçekleştirmeleri ile pozitif yönde etkilenmekte ve üretilen ekmeğin kalitesine bu durum olumlu etkiler oluşturmaktadır (Neumann vd., 2006). Bu durumun bir nedeni de ekşi hamurda LAB türlerinin aktivitleri ile ekşi hamur pH'sının ksilinazlarını çalışma aralığına düşmesi olarak gösterilebilir (Rasmussen vd., 2001). Sonuç olarak çözünebilir formda arabinoksantanların oluşumu ve ekmek ile birlikte tüketimi arabinoksantanların prebiyotik etkileri nedeniyle oldukça önemlidir (Neyrinck vd., 2012).

4.6 Fenol-Sülfirik Asit Testi İle EPS Üretim Miktarı

Ekşi hamurun fermantasyonu sırasında EPS üretimi farklı türlerde farklı seviyelerde gerçekleşebilmektedir. Önceleri LAB türleri tarafından üretilen EPS'nin daha çok süt ürünlerinde etkisi fazlaca dikkat çekmiş olmasına rağmen son dönemlerde ekşi hamur başta olmak üzere farklı fermente ürünlerin üretiminde EPS'nin rolü üzerinde durulmaktadır (Korakli vd., 2001; Tieking ve Gänzle, 2005; Tieking vd., 2003c). Bu açıdan EPS üretim miktarının son derece önem arz ettiği görülmüştür. Bu bağlamda yapılan çalışmada farklı LAB türleri ve erken olum devresindeki tahıl taneleri ile hazırlanmış ekşi hamur örneklerinden EPS izolasyonu gerçekleştirilerek EPS üretim miktarları belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Ekşi hamur örneklerinden elde edilen EPS üretim miktarı

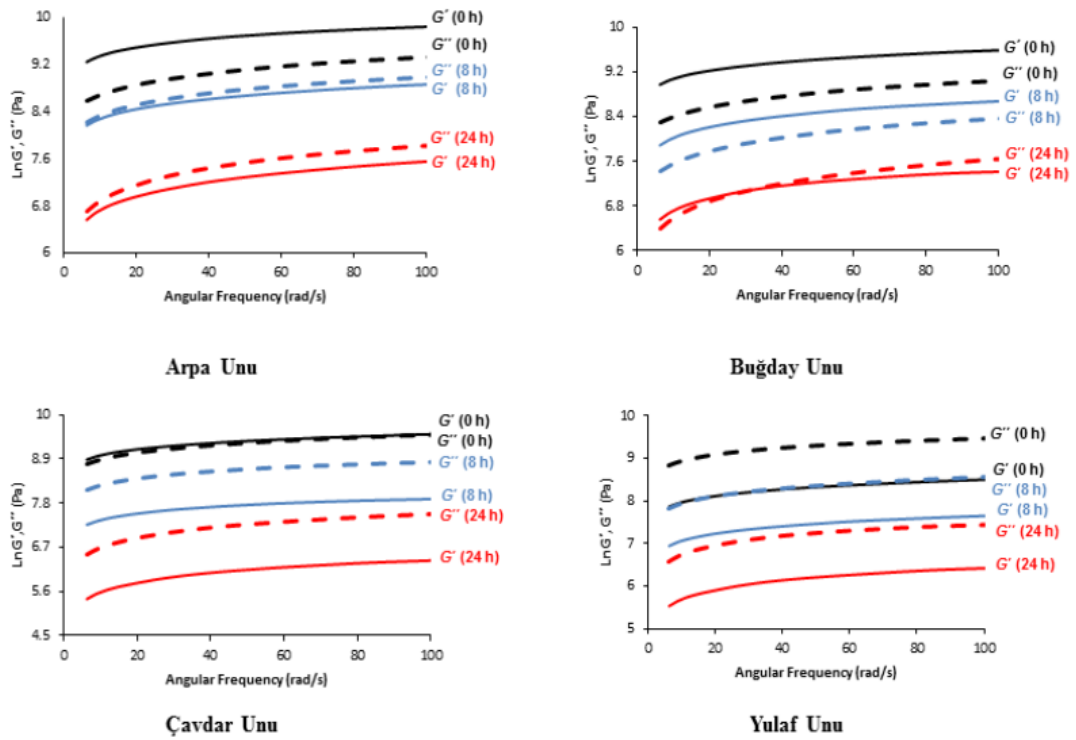
Şekilden de anlaşılacağı gibi *Lactobacillus rossiae*(ED1) suşu, en yüksek EPS üretim miktarını buğday unlu ekşi hamurda gerçekleştirirken, en düşük çavdar unlu ekşi hamurda gerçekleştirmiştir. *Lactobacillus plantarum*(ED10) suşu, en yüksek EPS üretim miktarını arpa unlu ekşi hamurda gerçekleştirirken, en düşük çavdar unlu ekşi hamurda gerçekleştirmiştir. *Lactobacillus brevis* (E25) suşu ise, en yüksek EPS üretim miktarını buğday unlu ekşi hamurda gerçekleştirirken, en düşük yulaf unlu ekşi hamurda gerçekleştirmiştir. Son olarak *Weissella cibaria* (N9) suşu ise, en yüksek EPS üretim miktarını arpa unlu ekşi hamurda gerçekleştirirken, en düşük çavdar unlu ekşi hamurda gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak EPS üretim miktarı en yüksek buğday ve arpa katkılı ekşi hamurdan, en düşük ise çavdar katkılı ekşi hamurdan elde edilmiştir. Aynı zamanda genel itibariyle en yüksek EPS üreten suş *Lactobacillus plantarum* olurken, en düşük EPS üreten suş *Lactobacillus brevis* olmuştur. Önemli olarak elde ettiğimiz EPS üretim sonuçları ile süt olum evresindeki tahıl tanelerinin kullanımı arasında doğrudan bir ilişki kurulamamıştır. Bu durum LAB türlerinin metabolizmalarından kaynaklanabileceği gibi ortamdaki yüksek şeker içeriği nedeniyle bu bileşenlerin yeterince tercih edilmemeleri de bu sonuç üzerinde etkili olabilir. Ekşi hamurdaki LAB türleri tarafından EPS üretimi hamurun reolojik özelliklerinin stabilizasyonunu ve viskoelastik özelliklerini etkilemektedir. Ekşi hamurda EPS miktarının artması ekşi hamur viskozitesinde artış meydana getirdiği

ve psödoplastik bir davranış sergilediği önceki çalışmalarda kaydedilmiştir (Pepe vd., 2013). Ayrıca ekmeğin hacmini, tekstürünü geliştirip, diyet lifi bileşenlerini artırmaktadır. Aynı zamanda son ürünün tadını, tekstürünü etkileyip, raf ömrünü uzatmaktadır (Tieking ve Ganzle, 2005).

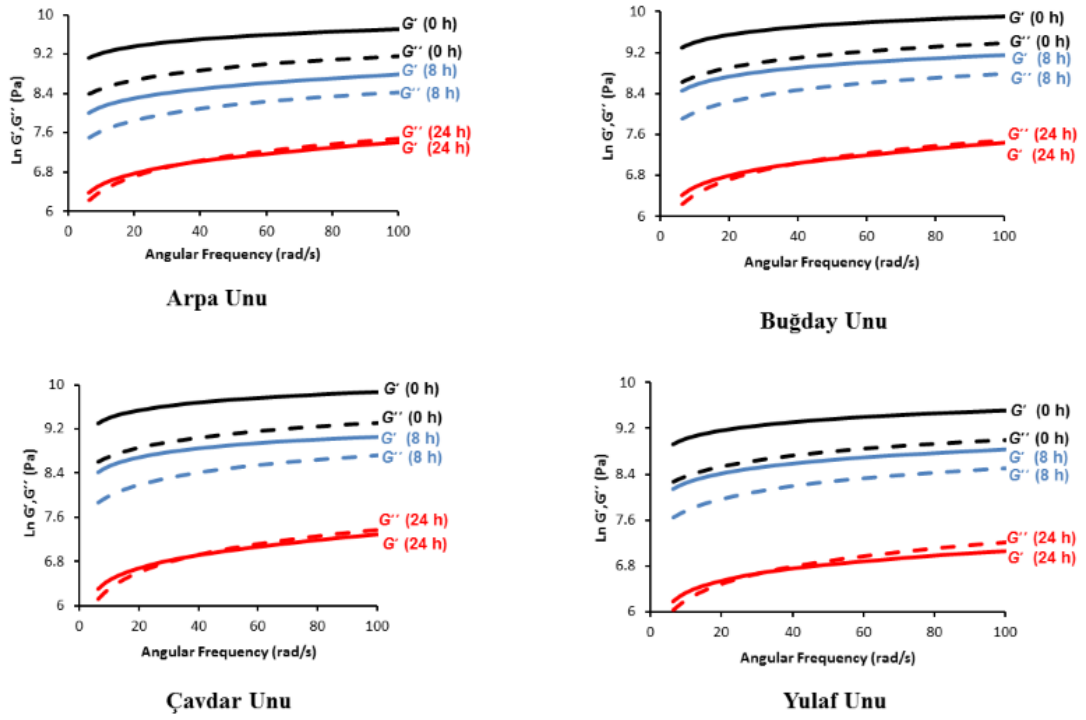
4.7 Ekşi Hamurun Reolojik Açıdan Viskoelastik Özelliklerinin Belirlenmesi

Fermente edilmiş hamurun reolojisi üzerinde birçok faktör etkili olmaktadır. Reolojik özellikler, asitlenme ve lezzet gelişimi gibi parametreler fermentasyon süreçlerinde önemli olmaktadır. Mikroorganizmaların türü, metabolik aktiviteler ve pH değerindeki değişime bağlı olarak reolojik özelliklerin etkilendiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda ekşi hamur örneklerinin 0., 8., ve 24. Saatlerdeki viskoelastik özellikleri frekans tarama testinde % 0.5 strain altında ölçülmüş olup G' ve G'' değerlerinin frekansa bağlı değişimi reogramlarda verilmiştir. Çalışmada yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler Power-law modele göre uyarlanmıştır. K' değeri örneğin elastik olarak kıvam katsayısını, K'' değeri ise örneğin viskoz olarak kıvam katsayısını göstermektedir. Analiz sonuçlarında örnekler viskoelastik özellik gösterip, başlangıçta $K' > K''$ olduğu için elastik özellikleri daha yüksek bulunmuştur. Fermentasyonun ilerleyen sürecinde elastik özelliğinde azalma olup, $K'' > K'$ için viskoz özelliği baskın hale gelmiştir. Ayrıca ekşi hamur örneklerinin hepsinde R^2 determinasyon katsayısı 0,999 olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

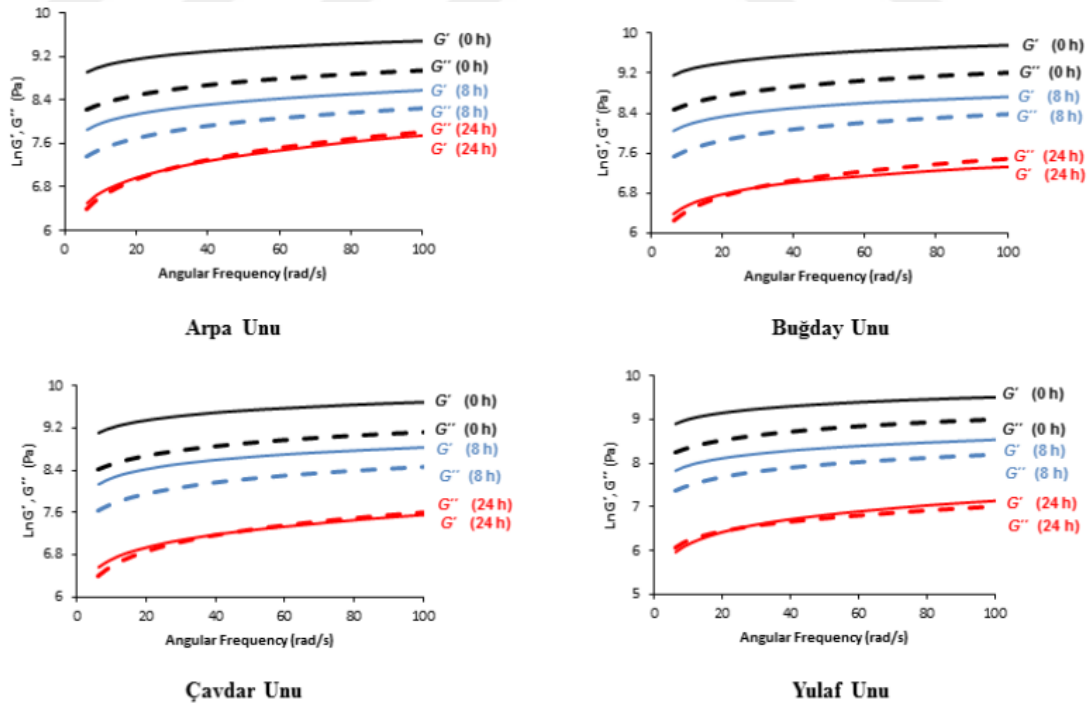
Farklı süt olum evresindeki tahıl tanelerinin ilavesi ve farklı LAB türleri ile üretilen ekşi hamurların reolojik özellikleri elastik (G') ve viskoz modül (G'') değerlerinin 0., 8. ve 24. saatte belirlenmesi ile tespit edilmiştir (Şekil 4.10-4.13). *Lactobacillus rossiae*ED1 ile üretilen hamurlarda Buğday süt tanesi ilaveli hamurların G' değeri 0. ve 8. saatte G'' değerinden yüksek çıkarken 24. saatte ise bu değerler birbirine çok yaklaşmıştır. Arpa süt taneli hamurlarda ise 0. saatte $G' > G''$ iken 8. Saatte bu değerler eşitlenmiş 24. Saatte ise $G'' > G'$ dan yüksek bulunmuştur. Benzer karakteristikler yulaf ve çavdar süt taneli hamurlar içinde bulunmuştur. Bu hamurlarda EPS üretiminde çeşitli farklılıklar bulunsa da elastik ve viskoz modül değerlerinin ölçümü ile EPS üretim seviyeleri arasında direkt bir ilişki hem *Lactobacillus rossiae*ED1 hem de diğer türler için ortaya konamamıştır. Bununla birlikte diğer türler ile üretilen ekşi hamurlarda elastik (G') ve viskoz modül (G'') değerleri arasındaki ilişki daha stabil ve beklendiği şekilde gerçekleşmiştir. Başlangıçta elastik modül yüksek iken 24. saatin sonunda iki değer birbirine çok yaklaşmışlardır. Kontrol hamurunda da benzer nitelikler kaydedilmiştir (Şekil 4.14).



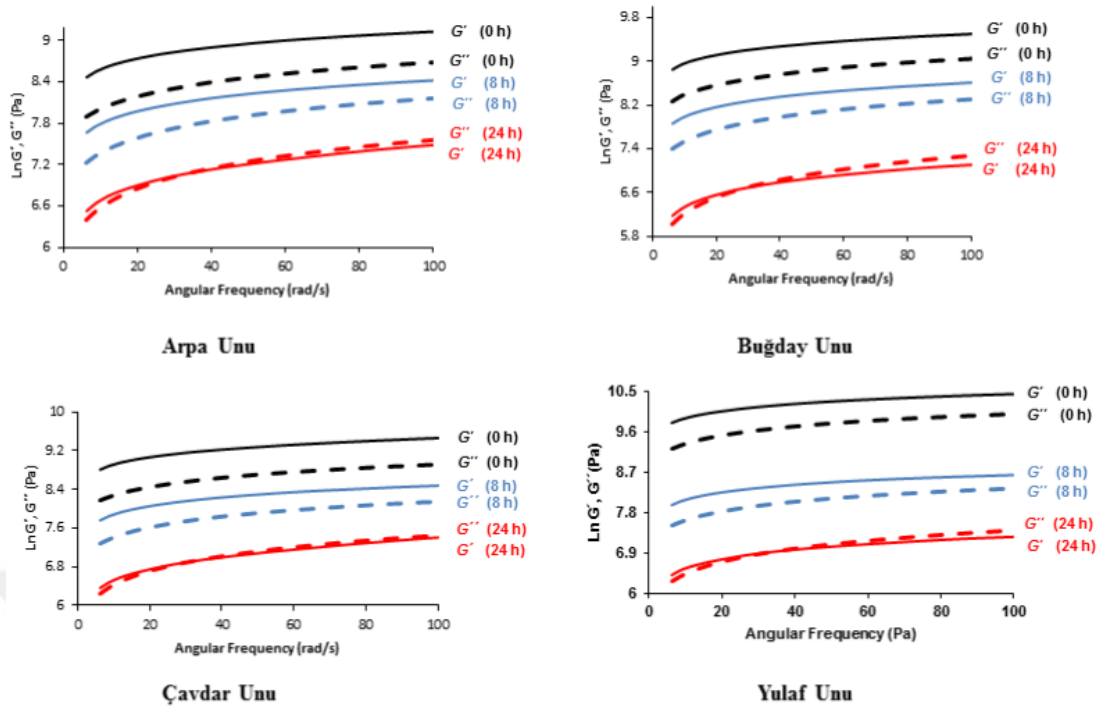
Şekil 4. 10 *Lactobacillus rossiae* ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.



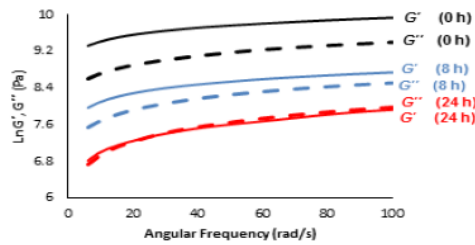
Şekil 4. 11 *Lactobacillus brevis* ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.



Şekil 4. 12 *Lactobacillus plantarum* ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.



Şekil 4.13 *Wessella cibaria* ve farklı süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen Ekşi hamurunun Reogramları.



Şekil 4.14 Kontrol Ekşi hamurunun Reogramı.

Clarke vd.,(2004) yaptığı çalışmada ekşi hamurunun 24 saatlik fermantasyonu sırasında elastikiyetinde ve sertliğinde önemli derecede bir azalma olduğunu kaydetmiştir. Bunlar optimum asitliğe sahip tahıl proteazlarının ekşi hamur fermantasyonu sırasında meydana gelen reolojik değişiklikleri üzerinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Sonuç olarak fermantasyon süresince pH değerlerinde düşme meydana gelmesi, enzimatik aktivitenin proteaz aktivitesini artırması ve gluten ağında zayıflık meydana getirmesinin yanı sıra kısmi nişasta degradasyonuna neden olmaktadır. Böylece ekşi

hamur kullanımı hamurun işleyişini değiştirerek daha yumuşak bir hamur oluşumunu sağlamıştır (Thiele vd., 2002; Bleux ve Delcour, 2000). Elde ettiğimiz sonuçlar fermantasyona bağlı olarak ve özellikle de pH düşüşünün etkisi ile elastik ve viskoz modüllerdeki değişikliği göstermesi bakımından önemlidir ancak EPS üretimi ve bu değerler arasında direkt bir ilişki kurmak mümkün olmamıştır.

4.8 Ekmeğin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi

Farklı LAB türleri ve süt olum evresindeki tahıllar ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin tekstür profil analiz (TPA) sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. TPA ekmekler pişirildikten 30-45 dakika sonra yapılmış olup, ekmeklerin sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması olarak verilmiştir.

Tanık olarak kullanılan %1 mayalı ve %3 mayalı ekmeklerin “sertlik” değerleri sırasıyla 2,64 N ve 2,46 N bulunmuştur. Farklı starter ve prebiyotik kullanımı ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinin “sertlik” değerleri 5,25 N ve 20,57 N arasında değişmiştir. En düşük değere arpa unu katkılı- *W.cibaria* ekşi hamur ekmeği olurken, en yüksek değere kontrol örneğiyle üretilen ekşi hamur ekmeği olmuştur. Elde edilen sonuçlar farklı türler ile üretilen ekşi hamur ekmeklerinde önemli oranlarda farklılıkların ortaya çıkması bakımından önemlidir. Örneğin *Lactobacillus brevis*E25 ile üretilen ekşi hamurların sertlik değeri kontrol hamurlarına oldukça yakın bulunmuştur. Bu sonuç farklı türlerin ekşi hamur ve ekmeği üzerindeki etkilerini gösterme bakımından dikkat çekicidir. Ekmekte sertlik genellikle ekmek içinin yumuşaklığında meydana gelen azalma olarak ifade edilir. Yumuşaklıkta birincisi ekmek içinin nem kaybetmesi; ikincisi, nişastanın retrogradasyonudur (Cauvain, 2004).Çeşitli ekşi hamur ve katkıların ekmeğin sertliği ve bayatlaması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada sadece ekşi hamur fermantasyonunun nişastanın retrogradasyonunu geciktirmede etkili olduğu ve bu etkinin asitleşme derecesine ve LAB türüne bağlı olduğu vurgulanmıştır (Corsetti vd.,2000).

“Yapışkanlık” değerleri sonuçları birbirlerine istatistiksel açıdan yakın çıkmış olup, en düşük 0,80 N ile *L. rossia* starterli süt olum evresindeki buğday tanesi katkılı ekşi hamur ekmeği olurken, en yüksek değer 0,89 N ile *L.brevis* starterli buğday katkılı

ekşi hamur ekmeğinde bulunmuştur. Kontrol örneği, %1 mayalı ve %3 mayalı tanık ekmeklerin yapışkanlık değerleri aynı çıkmış olup 0,87 N bulunmuştur.

“Çiğnenebilirlik” değerleri 4,11-15,37Nmm arasında değişmiştir. En düşük değere *L.rossiaestarterli* çavdar katkılı ekşi hamur ekmeği olurken, en yüksek değere *L.brevisstarterli* yulaf katkılı ekşi hamur ekmeğinde bulunmuştur. Kontrol örneğinin değeri 15,39 çıkarken, %1 mayalı ve %3 mayalı tanık ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 2,25, 2,08 Nmm bulunmuştur.

“Esneklik” değerleri 0,467- 0,614 arasında değişmiştir. En düşük değere *L.rossiaestarterli* yulaf prebiyotik katkılı ekşi hamur ekmeği olurken, en yüksek değere *L.brevisstarterli* buğday prebiyotik katkılı ekşi hamur ekmeğinde bulunmuştur. Kontrol örneğinin değeri 0,567 çıkarken, %1 mayalı ve %3 mayalı tanık ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 0,531, 0,516 bulunmuştur.

Çizelge 4.2 Prebiyotik katkı ekşi hamur ekmeklerinin tekstür analiz sonuçları

Un tipi ve Suş tipi	(Hardness) SERTLİK*	(Springiness) ESNEKLİK	(Cohesiveness) YAPIŞKANLIK	(Gumminess) YAPIŞKANLIK	(Chewiness) ÇİĞNEBİLİRLİK	(Resilience) ESNEKLİK
BU-ED1	6,436 ± 0,087 ^a	0,892 ± 0,026 ^{**}	0,814 ± 0,039 [*]	5,234 ± 0,181 ^a	4,673 ± 0,296 ^a	0,480 ± 0,044 [*]
ÇU-ED1	5,449 ± 0,573 ^a	0,917 ± 0,019	0,822 ± 0,017	4,484 ± 0,566 ^a	4,117 ± 0,605 ^a	0,512 ± 0,030
YU-ED1	6,662 ± 0,539 ^a	0,916 ± 0,036	0,805 ± 0,011	5,361 ± 0,362 ^a	4,903 ± 0,137 ^a	0,467 ± 0,067
AU-ED1	8,104 ± 1,208 ^{ac}	0,912 ± 0,009	0,832 ± 0,008	6,736 ± 0,939 ^a	6,138 ± 0,795 ^a	0,497 ± 0,017
BU-ED10	6,894 ± 0,915 ^a	0,950 ± 0,019	0,856 ± 0,022	5,892 ± 0,632 ^a	5,591 ± 0,482 ^a	0,561 ± 0,031
ÇU-ED10	6,640 ± 3,009 ^a	0,950 ± 0,007	0,828 ± 0,007	5,506 ± 2,538 ^a	5,238 ± 2,446 ^{ae}	0,478 ± 0,005
YU-ED10	5,612 ± 1,993 ^a	0,943 ± 0,002	0,828 ± 0,035	4,682 ± 1,848 ^a	4,416 ± 1,752 ^{ae}	0,490 ± 0,051
AU-ED10	7,796 ± 1,629 ^a	0,922 ± 0,052	0,837 ± 0,041	6,489 ± 1,045 ^a	5,956 ± 0,625 ^a	0,494 ± 0,050
BU-E25	17,679 ± 3,071 ^b	0,950 ± 0,066	0,898 ± 0,005	15,860 ± 2,669 ^b	14,978 ± 1,481 ^b	0,614 ± 0,010
ÇU-E25	11,987 ± 1,389 ^c	0,979 ± 0,028	0,886 ± 0,002	10,614 ± 1,207 ^{bc}	10,371 ± 0,883 ^{cd}	0,601 ± 0,005
YU-E25	16,202 ± 2,554 ^b	1,753 ± 1,136	0,892 ± 0,009	14,464 ± 2,426 ^b	15,377 ± 2,174 ^b	0,609 ± 0,010
AU-E25	13,810 ± 2,793 ^b	0,857 ± 0,04	0,888 ± 0,000	12,266 ± 2,483 ^{bc}	10,508 ± 2,080 ^{cd}	0,596 ± 0,003
BU-N9	6,159 ± 0,130 ^a	0,968 ± 0,015	0,851 ± 0,017	5,243 ± 0,212 ^a	5,078 ± 0,285 ^b	0,532 ± 0,015
ÇU-N9	5,779 ± 0,00 ^a	1,663 ± 0,00	0,859 ± 0,00	4,965 ± 0,00 ^a	8,260 ± 0,00 ^d	0,536 ± 0,00
YU-N9	6,139 ± 1,128 ^a	0,961 ± 0,018	0,863 ± 0,007	5,303 ± 1,015 ^a	5,084 ± 0,878 ^a	0,521 ± 0,005
AU-N9	5,254 ± 2,194 ^a	0,932 ± 0,045	0,864 ± 0,022	4,514 ± 1,780 ^{ad}	4,166 ± 1,454 ^{ae}	0,514 ± 0,018
%3 MAYALI	2,463 ± 0,211 ^d	0,968 ± 0,002	0,875 ± 0,022	2,153 ± 0,131 ^d	2,084 ± 0,123 ^e	0,516 ± 0,036
%1 MAYALI	2,634 ± 0,220 ^d	0,986 ± 0,031	0,871 ± 0,005	2,295 ± 0,205 ^d	2,259 ± 0,132 ^e	0,531 ± 0,021
KONTROL	20,571 ± 0,317 ^e	0,859 ± 0,060	0,872 ± 0,004	17,929 ± 0,197 ^{be}	15,392 ± 0,902 ^b	0,567 ± 0,004

*Her bir sütundaki farklı harf sütundaki gruplar arasında istatistik fark olduğunu gösterir ($p < 0.05$).

** Örnekler arasında herhangi bir istatistiki fark bulunamamıştır.

Elde edilen verilere göre ekşi hamur ekmekleri mayalı ekmekler ile kıyaslandığında daha sert ve yapışkan olduğu, esneklik açısından benzer olduğu, iğnenebilirliğinin daha g olduğu söylenbilir.

Mujoo ve Ng (2013), yaptıkları alışmada olgunlaşmamış tahıl tanesiyle yapılan ekmeklerin daha kk ve fruktooligosakkarite zengin olan süt olum devresindeki buğday tanesiyle yapılan ekmeklerin kırıntılarının daha sert olduğunu gözlemlemişlerdir. Ekşi hamur ekmeklerinin sert olması nem miktarının azalması ve kısmi olarak nişasta retrogradasyonunun meydana gelmesi düşünülebilir.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında daha önceki çalışmalarda tanımlanmış Laktik Asit Bakterileri ile süt olum aşamasında toplanan tahıl taneleri kullanılarak ekşi hamur ekmeği yapılmış olup tahıl tanelerinin ve ekşi hamurların şeker profilleri, ekşi hamurların reolojik açıdan viskoelastik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tekstürel açıdan ise; prebiyotiklerin ekşi hamurda kullanılmasının ekmek kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan *L.plantarum*, *L.brevis*, *L.rossiae*, *W.cibaria* suşlarının hamur ortamında davranışları oldukça farklıdır. Hamurlarda ölçülen pH değerleri ve asitlik bunun en belirgin göstergesidir. Çalışmada kullanılan 4 farklı tahıl tanesinin glukoz, mannoz ve fruktoz'dan oluşan bir şeker profiline sahip olduğu gözlenmiştir. Test edilen tahıl tanelerinde şeker profili açısından varsayılandan çok daha az bir fark olduğu ortaya konmuştur. Bu tanelerin ilavesi ile LAB türlerinin gelişimi farklı oranlarda etkilenmiştir. Bu tanelerde bulunan özellikle glukoz ve früktoz bakterilerin hızlı bir şekilde metabolize edebileceği şekerler olmasına rağmen tahıl ortamında da bunların özellikle endüstriyel unlarda önemli oranda hazır bir şekilde bulunması bu şekerlerin bakterilerin gelişimine doğrudan bir etkisi olmaması şeklinde bir sonuç ortaya koymuştur. Bununla birlikte türlerin farklı tane içeren hamur ortamlarında davranışlarında farklılıklarda oluşmuştur. Bu durum EPS üretimi noktasında da kendisini göstermiş ve 4 tür bütün ortamlarda glukozdan oluşan glukoz üretilenlerde bu üretim hamur ortamına bağlı olarak farklılık arz etmiştir. Bu çalışma boyunca elde edilen bir diğer sonuç ekşi hamur fermantasyonu neticesinde arabinoksanların hamur ortamında önemli oranlarda oluşturulduklarının gösterilmesi olmuştur. Bu durum bu bileşenlerin fonksiyonel etkilerinin hamur ve ekmek ortamında gösterilebilecek olmasının ortaya konması bakımından önem arz etmektedir. Farklı tür ve tahıl tanesi içerecek şekilde üretilen ekşi hamurların reolojik nitelikleri belirlenmiş ve türler arasında ve aynı şekilde tahıl taneleri baz alındığında bir takım farklılıkların olduğu G' ve G'' değerlerinin ölçülmesi ile ortaya konmuştur. Bununla birlikte EPS üretiminden kaynaklanabileceği düşünülen beklenen reolojik etki net olarak elde ettiğimiz sonuçlar ile ortaya konamamıştır. Aynı etki üretilen ekmeklerin tekstürel nitelikleri açısından da söz konusudur. Sonuç olarak EPS'in ve ekşi hamur ortamındaki LAB türlerinin gelişimini teşvik edebilecek prebiyotiklerin ekşi hamur ve ekmeği

üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için daha fazla çalışmaya gerek olduğu açıktır. Elde ettiğimiz sonuçların bu çalışmalara önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Akgün, F. B. (2007). Ekşi Hamur Tozu Eldesi ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilir Olanakları, **Yüksek Lisans Tezi**, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 57s.
- Angioloni, A., Romani, S., Pinnavaia, G. G., and Dalla Rosa, M. (2006). Characteristics of bread making doughs: influence of sourdough fermentation on the fundamental rheological properties. *European Food Research and Technology*, 222(1-2), 54-57.
- Apolinario, A. C., de Lima Damasceno, B. P. G., de Macêdo Beltrão, N. E., Pessoa, A., Converti, A., and da Silva, J. A. (2014). Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. *Carbohydrate Polymers*, 101, 368-378.
- Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., and Bello, D.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 anti-staling additives. *Journal of cereal Science*, 28(2), 165-174.
- Axford, D. W. E., McDermott, E. E., and Redman, D. G. (1979). Note on the sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality: comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chemistry (USA)*.
- Badel, S., Bernardi, T., and Michaud, P. (2011). New perspectives for Lactobacilli exopolysaccharides. *Biotechnology advances*, 29(1), 54-66.
- Bajpai, V. K., Rather, I. A., Majumder, R., Shukla, S., Aeron, A., Kim, K., Kang S.C., Dubey R.C., Maheshwari D.K., Lim J., Park Y. (2015). Exopolysaccharide and lactic acid bacteria: Perception, functionality and prospects. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 11(1), 1-23.
- Barber, S., Báguena, R., de Barber, C. B., and Martínez-Anaya, M. A. (1991). Evolution of biochemical and rheological characteristics and breadmaking quality during a multistage wheat sour dough process. *Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 192(1), 46-52.
- Baykara P. (2006). Geleneksel nohut mayasının endüstriyel beyaz buğday unu ekmeği üretiminde kullanılması [Using of traditional chickpea leavener in the manufacture of industrial white wheat bread], **PhD thesis**, Trakya University, Tekirdağ, Turkey, p 97.

- Belz, M. C. (2016). Reduction of salt in yeasted wheat bread: impact on bread quality and solutions using sourdough fermented by functional lactic acid bacteria strains.
- Bijlani, R. L. (1984). Dietary fibre: consensus and controversy. *Progress in food & nutrition science*, 9(3-4), 343-393.
- Bleukx, W., and Delcour, J. A. (2000). A second aspartic proteinase associated with wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 32(1), 31-42
- Bouhnik, Y., Flourié, B., D'Agay-Abensour, L., Pochart, P., Gramet, G., Durand, M., and Rambaud, J. C. (1997). Administration of transgalacto-oligosaccharides increases fecal bifidobacteria and modifies colonic fermentation metabolism in healthy humans. *The Journal of nutrition*, 127(3), 444-448.
- Böcker, G., Stolz, P., and Hammes, W. P. (1995). Neue Erkenntnisse zum Ökosystem Sauerteig und zur Physiologie der sauerteigtypischen Stämme *Lactobacillus sanfrancisco* and *Lactobacillus pontis*. *Getreide, Mehl und Brot*, 49(6), 370-374.
- Böcker, G., Vogel, R. F., and Hammes, W. P. (1990). *Lactobacillus sanfrancisco* als stabiles Element in einem Reinzucht-Sauerteig-Präparat. *Getreide Mehl Brot*, 44, 269-274.
- Brandt, M. J. (2007). Sourdough products for convenient use in baking. *Food microbiology*, 24(2), 161-164.
- Brennan, C. S., and Cleary, L. J. (2005). The potential use of cereal (1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 4)- β -D-glucans as functional food ingredients. *Journal of cereal science*, 42(1), 1-13.
- Brummer, J.M., Lorenz, K., (1991). European developments in wheat sourdoughs. *Cereal Foods World* 36, 310–314.
- Bulut, Ç. (2003). Isolation and Molecular Characterization of Lactic Acid Bacteria from Cheese, **Yüksek Lisans Tezi**. İzmir Teknoloji Enstitüsü, 102s.
- Catteddu, P., Mura, E., Parente, E., Sanna, M., and Farris, G. A. (2006). Molecular characterization of lactic acid bacteria from sourdough breads produced in Sardinia (Italy) and multivariate statistical analyses of results. *Systematic and applied microbiology*, 29(2), 138-144.
- Cauvain, S. P. (2004). Improving the texture of bread. *Texture in food*, 2, 432-450
- Cho, S. K., Eom, H. J., Moon, J. S., Lim, S. B., Kim, Y. K., Lee, K. W., and Han, N. S. (2014). An improved process of isomaltooligosaccharide production in

kimchi involving the addition of a *Leuconostoc* starter and sugars. *International journal of food microbiology*, 170, 61-64.

Clarke, C. I., Schober, T. J., and Arendt, E. K. (2002). Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. *Cereal Chemistry*, 79(5), 640.

Clarke, C. I., Schober, T. J., Dockery, P., O'sullivan, K., and Arendt, E. K. (2004). Wheat sourdough fermentation: effects of time and acidification on fundamental rheological properties. *Cereal Chemistry*, 81(3), 409-417.

Clarke, C.I. and Arendt, E.K. (2005). A review of the application of sourdough technology to wheat breads. *Advances in Food and Nutrition Research*, 49, 137-161.

Corsetti, A., and Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40(5), 539-558.

Corsetti, A., De Angelis, M., Dellaglio, F., Paparella, A., Fox, P. F., Settanni, L., and Gobbetti, M. (2003). Characterization of sourdough lactic acid bacteria based on genotypic and cell-wall protein analyses. *Journal of Applied Microbiology*, 94(4), 641-654.

Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., and Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 3044-3051.

Corsetti, A., Gobbetti, M., Rossi, J., Damiani, P. (1998b). Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria, identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* CB1. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 50, 253–256.

Corsetti, A., Lavermicocca, P., Morea, M., Baruzzi, F., Tosti, N., and Gobbetti, M. (2001). Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species *Triticum durum* and *Triticum aestivum*) sourdoughs of Southern Italy. *International journal of food microbiology*, 64(1), 95-104.

Corsetti, A., Settanni, L., Valmorri, S., Mastrangelo, M., and Suzzi, G. (2007a). Identification of subdominant sourdough lactic acid bacteria and their evolution during laboratory-scale fermentations. *Food microbiology*, 24(6), 592-600.

- 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.
- Costa A, Oliviero D, D'Egidio MG.(2001). Fructo-oligosaccharides in wheat kernel: effect of genotype and environmental factors on the accumulation and degradation kinetic. *Tec. Molitoria* **52**:849–853.
- Crowley, P., Schober, T., Clarke, C., Arendt, E. (2002). The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. **Eur. Food Res. Technol.** 214, 489–496.
- Çon, A. H. ve Şimşek, Ö. (2003): Ekşi hamur Laktik Asit Bakterileri ve Ekmeğin Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, *Unlu Mamuller Teknolojisi*, 12(58), 44-56.
- Dal Bello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmer, H., Ström, K., Sjögren, J., van Sinderen, D., Schnürer, J., Arendt, E.K. (2006). Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by using the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. **J. Cereal Sci.**, submitted for publication.
- D'Egidio, M. G., and Cecchini, C. (1997). Cariossidi di grano immature come alimento funzionale. In *Atti III Convegno CISETA" Ricerche e innovazioni nell'industria alimentare"* (Vol. 3, pp. 478-483).
- D'egidio, M. G., and Cecchini, C. (1998). Cariossidi Di Grano Immature Come Alimento Funzionale. *Tecnica Molitoria*, 49(12), 1304-1310.
- De Vuyst L, Schrijvers V, Paramithiotis S, 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. **Appl Environ Microbiol** 68:6059–6069
- 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). Biodiversity of sourdough lactic acid bacteria. *Trends Food Sci. Technol.*, 16, 43-56.

- De Vuyst, L., and Vancanneyt, M. (2007). Biodiversity and identification 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.
- Debon, J., Prudêncio, E. S., and Petrus, J. C. C. (2010). Rheological and physico-chemical characterization of prebiotic microfiltered fermented milk. *Journal of Food Engineering*, 99(2), 128-135.
- Degeest, B., Vaningelgem, 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.
- 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.
- Dertli, E., Mayer, M. J., and Narbad, A. (2015). Impact of the exopolysaccharide layer on biofilms, adhesion and resistance to stress in *Lactobacillus johnsonii* FI9785. *BMC microbiology*, 15(1), 8.
- 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.
- Dilna, S. V., Surya, H., Aswathy, R. G., Varsha, K. K., Sakthikumar, D. N., Pandey, A., and Nampoothiri, K. M. (2015). Characterization of an exopolysaccharide with potential health-benefit properties from a probiotic *Lactobacillus plantarum* RJF 4. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 1179-1186.
- Dinçer, A., ve Çam, G., 1992: Ekmek Üretiminde Starter Kültür Kullanımı ve Ekşi Hamur Fermantasyonu, *ÖDÖKHQGLVÖL.RQJUÏZmir, 104-109s.
- DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. T., and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28, 350-356.
- Đukić, D. A., Radović, M. M., Mandić, L. G., and Vesković-Moračanin, S. M. (2014). Effect of bread dough mixing method on rye bread quality. *Acta Periodica Technologica*, (45), 11-22.

- Ehrmann, M. A., Müller, M. R., and Vogel, R. F. (2003). Molecular analysis of sourdough reveals *Lactobacillus mindensis* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53(1), 7-13.
- Elgün, A., Ertugay, Z. (1995). **Tahıl İşleme Teknolojisi**. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 297 (2.Baskı), Erzurum, 481 s.
- Erbaş M., 2003. Yaş Tarhananın Üretim ve Farklı Saklama Koşullarında Bileşimindeki Değişmeler. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- 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.
- Escalada, J. A., and Moss, D. N. (1976). Changes in nonstructural carbohydrate fractions of developing spring wheat kernels. *Crop Science*, 16(5), 627-631.
- Fontana, C., Li, S., Yang, Z., and Widmalm, G. (2015). Structural studies of the exopolysaccharide from *Lactobacillus plantarum* C88 using NMR spectroscopy and the program CASPER. *Carbohydrate research*, 402, 87-94.
- Franck A., 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose, *British Journal of Nutrition*, 87:287-289.
- Galle, S., and Arendt, E. K. (2014). Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(7), 891-901.
- Galle, S., Schwab, C., Arendt, E. K., and Gänzle, M. G. (2011). Structural and rheological characterisation of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough. *Food Microbiology*, 28(3), 547-553.
- Gänzle, M.G., Ehmann, M., Hammes, W.P.(1998). Modeling of growth of *Lactobacillus sanfranciscensis* and *Candida milleri* in response to process parameters of sourdough fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 2616–2623.
- Gänzle, M. G. (2014). Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food microbiology*, 37, 2-10.
- Garofalo, C., Zannini, E., Aquilanti, L., Silvestri, G., Fierro, O., Picariello, G., and Clementi, F. (2012). Selection of sourdough lactobacilli with antifungal activity for use as biopreservatives in bakery products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(31), 7719-7728.

- Gibson, G. R. (2004). Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clinical Nutrition Supplements*, 1(2), 25-31.
- Gobbetti, M. (1998). The Sourdough Microflora: Interactions of Lactic Acid Bacteria and Yeast. *Trends Food Science Technology*, 9, 267–274.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J., La Rosa, F., and De Vincenzi, S. (1994a). Identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat sourdoughs of central Italy. *Italian Journal of Food Science*, 6, 85–94.
- Gobbetti, M., Simonetti, M. S., Corsetti, A., Santinelli, F., Rossi, J., & Damiani, P. (1995a). Volatile compound and organic acid production by mixed wheat sour dough starters: influence of fermentation parameters and dynamics during baking. *Food Microbiology*, 12, 497–507.
- Gobbetti, M., Lavermicocca, P., Minervini, F., De Angelis, M., and Corsetti, A. (2000). Arabinose fermentation by *Lactobacillus plantarum* in sourdough with added pentosans and α -L-arabinofuranosidase: a tool to increase the production of acetic acid. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 317-324.
- Gocmen, D., Gurbuz, O., Kumral, A. Y., Dagdelen, A. F., and Sahin, I. (2007). The effects of wheat sourdough on glutenin patterns, dough rheology and bread properties. *European Food Research and Technology*, 225(5-6), 821-830.
- Göçmen, D. (1996). Hamur Hazırlanmasında Şerbetçiotu ve Laktik Starter Kullanımının Hamur ve Ekmeğin Özelliklerine Etkileri., Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Bursa, 87 s.
- Grootaert, C., Delcour, J. A., Courtin, C. M., Broekaert, W. F., Verstraete, W., and Van de Wiele, T. (2007). Microbial metabolism and prebiotic potency of arabinoxylan oligosaccharides in the human intestine. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), 64-71.
- Guillemet R, Sonntag G, Guilbot A. (1942). CR Acad Agric Fr 28:491–495.
- Güre, S. (2009): Ekşi hamurlardan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Gluten Üzerine Proteolitik Etkilerinin İncelenmesi, **Yüksek Lisans Tezi**, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 73s.
- Hammes, W. P., and Gänzle, M. G. (1998). Sourdough breads and related products. *In Microbiology of fermented foods*(pp. 199-216). Springer US.
- Hammes, W. P., Brandt, M. J., Francis, K. L., Rosenheim, J., Seitter, M. F., and Vogelmann, S. A. (2005). Microbial ecology of cereal fermentations. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 4-11.

- Hammes, W. P., and Vogel, R. F. (1995). The genus *Lactobacillus*. In *The genera of lactic acid bacteria* (pp. 19-54). **Springer US**.
- Hansen, A., and Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 85-94.
- Hansen, A., Hansen, B. (1996). Flavour of sourdough wheat bread crumb. **Z. Lebensm.-Unters. Forsch.** 202, 244–249.
- 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.
- Hongpattarakere, T., Cherntong, N., Wichienchot, S., Kolida, S., and Rastall, R. A. (2012). In vitro prebiotic evaluation of exopolysaccharides produced by marine isolated lactic acid bacteria. *Carbohydrate Polymers*, 87(1), 846-852.
- Hoseinifar, S. H., Khalili, M., Rostami, H. K., and Esteban, M. Á. (2013). Dietary galactooligosaccharide affects intestinal microbiota, stress resistance, and performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Fish & shellfish immunology*, 35(5), 1416-1420.
- Iacumin, L., Cecchini, F., Manzano, M., Osualdini, M., Boscolo, D., Orlic, S., and Comi, G. (2009). Description of the microflora of sourdoughs by culture-dependent and culture-independent methods. *Food Microbiology*, 26(2), 128-135.
- Intanon, M., Arreola, S. L., Pham, N. H., Kneifel, W., Haltrich, D., and Nguyen, T. H. (2014). Nature and biosynthesis of galacto-oligosaccharides related to oligosaccharides in human breast milk. *FEMS microbiology letters*, 353(2), 89-97.
- Ishwarya, S. P., and Prabhasankar, P. (2013). Fructooligosaccharide–Retention during baking and its influence on biscuit quality. *Food Bioscience*, 4, 68-80.
- Jackson, K. G., Taylor, G. R., Clohessy, A. M., and Williams, C. M. (1999). The effect of the daily intake of inulin on fasting lipid, insulin and glucose concentrations in middle-aged men and women. *British Journal of Nutrition*, 82(01), 23-30.
- 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.

- Jolly L, Vincent SJ, Duboc P, Neeser JR (2002) Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek* 82:367–374.
- Kaneko, T., Yokoyama, A., and Suzuki, M. (1995). Digestibility characteristics of isomaltooligosaccharides in comparison with several saccharides using the rat jejunum loop method. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 59(7), 1190-1194.
- Katina, K. (2005). Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread.
- Kılıç, S. (2008): Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri, **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları** No: 542, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 451s.
- Kim, Y., Oh, S., Yun, H. S., and Kim, S. H. (2010). Cell-bound exopolysaccharide from probiotic bacteria induces autophagic cell death of tumour cells. *Letters in applied microbiology*, 51(2), 123-130.
- Kline, L., and 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.
- Korakli, M., Gänzle, M. G., and Vogel, R. F. (2002). Metabolism by bifidobacteria and lactic acid bacteria of polysaccharides from wheat and rye, and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus sanfranciscensis*. *Journal of applied microbiology*, 92(5), 958-965.
- Korakli, M., Rossmann, A., Gänzle, M. G., and Vogel, R. F. (2001). Sucrose metabolism and exopolysaccharide production in wheat and rye sourdoughs by *Lactobacillus sanfranciscensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5194-5200.
- Kuriki, T., Yanase, M., Takata, H., Takesada, Y., Imanaka, T., and Okada, S. (1993). A new way of producing isomalto-oligosaccharide syrup by using the transglycosylation reaction of neopullulanase. *Applied and environmental microbiology*, 59(4), 953-959
- Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A., Gobbetti, M. (2000). Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough *Lactobacillus plantarum* strain 21B. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 4084–4090.

- Lavermicocca, P., Valerio, F., and Visconti, A. (2003). Antifungal activity of phenyllactic acid against molds isolated from bakery products. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 634-640.
- Laws, A. P., and Marshall, V. M. (2001a). 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.
- Laws, A., Gu, Y., and Marshall, V. (2001). Biosynthesis, characterisation, and design of bacterial exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Biotechnology advances*, 19(8), 597-625.
- Lee, S. J., Kim, J. H., Jung, Y. W., Park, S. Y., Shin, W. C., Park, C. S., Hong, S. Y., Kim, G. W. (2011). Composition of organic acids and physiological functionality of commercial Makgeolli. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 43(2), 206-212.
- 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.
- Liljeberg, H., Björck, I. (1994). Bioavailability of starch in bread products. Postprandial glucose and insulin responses in health subjects and in vitro resistant starch content. *Eur. J. Clin. Nutr.* 48, 151–164.
- Liljeberg, H.G.M., Lönner, C.H., Björck, I.M.E. (1995). Sourdough fermentation or addition of organic acids or corresponding salts to bread improves nutritional properties of starch in healthy humans. *J.Nutr.* 125, 1503–1511.
- Loponen, J., Mikola, M., Katina, K., Sontag-Strohm, T., and Salovaara, H. (2004). Degradation of HMW glutenins during wheat sourdough fermentations. *Cereal Chemistry*, 81(1), 87-93.
- Lotong, V., Chambers, E., Chambers, D.H. (2000). Determination of The Sensory Attributes of Wheat Sourdough Bread. *Journal of Sensory Studies*. 15:309-326.
- Lönner, C., Welander, T., Molin, N., Dostalek, M., and Blickstad, E. (1986). The microflora in a sour dough started spontaneously on typical Swedish rye meal. *Food Microbiology*, 3(1), 3-12.
- Martinez-Anaya, M. A. (1996). Carbohydrate and nitrogen related components in wheat sourdough processes: a review. *Advances in food sciences*, 18(5-6), 185-200.

- Mende S, Rohm H, Jaros D. (2016). Unfluence of exopolysaccharides on the structure, texture, stability and sensory properties of yoghurt and related products. **Int Dairy J** 52: 57-71.
- Meroth, C. B., Hammes, W. P., and Hertel, C. (2003). Identification and population dynamics of yeasts in sourdough fermentation processes by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. **Applied and Environmental Microbiology**, 69(12), 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., and 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., De Angelis, M., Di Cagno, R., Pinto, D., Siragusa, S., Rizzello, C. G., and Gobbetti, M. (2010). Robustness of Lactobacillus plantarum starters during daily propagation of wheat flour sourdough type I. **Food microbiology**, 27(7), 897-908.
- 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**, AEM-07721.
- Mujoo, R., and Ng, P. K. W. (2003). Physicochemical properties of bread baked from flour blended with immature wheat meal rich in fructooligosaccharides. **Journal of food science**, 68(8), 2448-2452.
- Nandal, K., Sehrawat, A. R., Yadav, A. S., Vashishat, R. K., and Boora, K. S. (2005). High temperature-induced changes in exopolysaccharides, lipopolysaccharides and protein profile of heat-resistant mutants of Rhizobium sp.(Cajanus). **Microbiological research**, 160(4), 367-373.
- Narimiya, M., Yokoi, K., Tajima, N., Sakai, O., Ikeda, Y., and Takayama, H. (1996). The effect of b1-4 galactooligosaccharides on fecal flora in non insulin dependent diabetic patients with constipation. **Jpn J Clin Nutr**, 18, 44-50.
- Neumann, H., Stephan, H., Brümmer, J.M. (2006). Roggen als Rohstoff und Technik der Roggensauerteigführung. In: Brandt, M.J., Gänzle, M.G. (Eds.), Handbuch Sauerteig. Behr's Verlag, Hamurg, pp. 185-284.

- Neyrinck, A. M., Van Hée, V. F., Piront, N., De Backer, F., Toussaint, O., Cani, P. D., and Delzenne, N. M. (2012). Wheat-derived arabinoxylan oligosaccharides with prebiotic effect increase satietogenic gut peptides and reduce metabolic endotoxemia in diet-induced obese mice. *Nutrition & diabetes*, 2(1), e28.
- Ottogalli, G., Galli, A., and Foschino, R. (1996). Italian bakery products obtained with sour dough: characterization of the typical microflora. *Advances in Food Science*, 18, 131–144.
- Oura, E., Suomalainen, H., Viskari, R. (1982). Breadmaking. In: Rose, A.H. (Ed.), *Economic Microbiology*, vol. 7. Academic Press, London, pp. 87–146
- Özkaya, H. (1992). Ekmeğin beslenmedeki önemi ve ekmeğin türlerinin sağlık açısından farklılıkları, *Unlu Mamüller Dünyası* 1 (5): 9-15.
- Palomba, S. (2008). *Sourdoughs For Sweet Baked Products: Microbiology, Characterization, Screening And Study Of Exopolysaccharides Produced By Microbial Strains* (Doctoral dissertation, Università degli Studi di Napoli Federico II).
- Pandey, K. R., Naik, S. R., and Vakil, B. V. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics-a review. *Journal of food science and technology*, 52(12), 7577-7587.
- Paramithiotis, S., Gioulatos, S., Tsakalidou, E., and Kalantzopoulos, G. (2006). Interactions between *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria in sourdough. *Process Biochemistry*, 41(12), 2429-2433.
- Paramithiotis, S., Sofou, A., Tsakalidou, E., and Kalantzopoulos, G. (2007). Flour carbohydrate catabolism and metabolite production by sourdough lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(10), 1417-1423.
- Patel, S., Majumder, A., and Goyal, A. (2012). Potentials of exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Indian journal of microbiology*, 52(1), 3-12.
- Paterson, A., and Piggott, J. R. (2006). Flavour in sourdough breads: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 17(10), 557-566
- Pepe, O., Ventrino, V., Cavella, S., Fagnano, M., and Brugno, R. (2013). Prebiotic content of bread prepared with flour from immature wheat grain and selected dextran-producing lactic acid bacteria. *Applied and environmental microbiology*, 79(12), 3779-3785.

- Plessas, S., Alexopoulos, A., Mantzourani, I., Koutinas, A., Voidarou, C., Stavropoulou, E., and Bezirtzoglou, E. (2011). Application of novel starter cultures for sourdough bread production. *Anaerobe*, 17(6), 486-489.
- Plessas, S., Fisher, A., Koureta, K., Psarianos, C., Nigam, P., and Koutinas, A. A. (2008). Application of *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* and *L. helveticus* for sourdough bread making. *Food chemistry*, 106(3), 985-990.
- Plessas, S., Pherson, L., Bekatorou, A., Nigam, P., and Koutinas, A. A. (2005). Bread making using kefir grains as baker's yeast. *Food chemistry*, 93(4), 585-589.
- Pompei, A., Cordisco, L., Raimondi, S., Amaretti, A., Pagnoni, U. M., Matteuzzi, D., and Rossi, M. (2008). In vitro comparison of the prebiotic effects of two inulin-type fructans. *Anaerobe*, 14(5), 280-286.
- Rao, M. A. (1986). Rheological properties of fluid foods. *Engineering properties of foods*, 1-47.
- Rasmussen, C. V., Hansen, H. B., Hansen, Å., and Larsen, L. M. (2001). pH-, temperature- and time-dependent activities of endogenous endo- β -D-xylanase, β -D-xylosidase and α -L-arabinofuranosidase in extracts from ungerminated rye (*Secale cereale* L.) grain. *Journal of Cereal Science*, 34(1), 49-60.
- Ravyts, F., and De Vuyst, L. (2011). Prevalence and impact of single-strain starter cultures of lactic acid bacteria on metabolite formation in sourdough. *Food microbiology*, 28(6), 1129-1139.
- Reale, A., Tremonte, P., Succi, M., Sorrentino, E., and Coppola, R. (2005). Exploration of lactic acid bacteria ecosystem of sourdoughs from the Molise region. *Ann Microbiol*, 55(1), 17-22.
- Rizzello, C. G., Mueller, T., Coda, R., Reipsch, F., Nionelli, L., Curiel, J. A., and Gobbetti, M. (2013). Synthesis of 2-methoxy benzoquinone and 2, 6 dimethoxybenzoquinone by selected lactic acid bacteria during sourdough fermentation of wheat germ. *Microbial cell factories*, 12(1), 105.
- Roberfroid, M. B. (1998). Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties. *The British journal of nutrition*, 80(4), S197-202.
- Roberfroid, M. B. (2000). Prebiotics and probiotics: are they functional foods?. *The American journal of clinical nutrition*, 71(6), 1682s-1687s.
- Rocha, J. M., and Malcata, F. X. (1999). On the microbiological profile of traditional Portuguese sourdough. *Journal of food protection*, 62(12), 1416-1429.

- Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J., and Zoon, P. (2002). An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 12(2), 163-171.
- Ruijsenaars, H., Stingele, F., and Hartmans, S. (2000). Biodegradability of food-associated extracellular polysaccharides. *Curr. Microbiol.*, 40, 194-199.
- Ryan, P. M., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Caplice, N. M., and Stanton, C. (2015). Sugar-coated: exopolysaccharide producing lactic acid bacteria for food and human health applications. *Food & function*, 6(3), 679-693.
- Sağdıç, O. ve Arıcı, M., (2010): Gıda Mikrobiyolojisi Kitabı, Editör: Osman Erkmen Efil Yayınevi, 1. Basım, 21.bölüm, Gıda Fermentasyonunda Kullanılan Mikroorganizmalar, Ankara. 407-426.
- Salovaara, H., and Katunpaa, H. (1984). approach to the classification of Lactobacilli isolated from Finnish sour rye dough ferments. *Acta alimentaria polonica*.
- Salovaara, H., and Valjakka, T. (1987). The effect of fermentation temperature, flour type, and starter on the properties of sour wheat bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 22(6), 591-597.
- Sanlibaba P, Çakmak G.A. (2016) Exopolysaccharides Production by Lactic Acid Bacteria. *Appli Micro Open Access 2*: 1000115. doi:10.4172/2471-9315.1000115.
- Savola, P., Salovaara, H., and Enqvist, J. (1983). Concentrations of carbohydrate fractions in the sour dough rye bread process. *Developments in food science*.
- Schieberle, P. (1996). Intense aroma compounds: Useful tools to monitor the influence of processing and storage on bread aroma. *Advances in food sciences*, 18(5-6), 237-244
- Schulz A. (1972). Der Einfluss organischer Säuren auf die Vergärung verschiedener Z. Getr Mehl Brot 26:129–33.
- Schwab, C., Mastrangelo, M., Corsetti, A., and Ganzle, M. (2008). Formation of oligosaccharides and polysaccharides by *Lactobacillus reuteri* LTH5448 and *Weissella cibaria* 10M in sorghum sourdoughs. *Cereal Chemistry*, 85(5), 679-684.
- Seibel, W. (1983). Anrechnung von Brot and Backverhalten. *Getreide Mehl und Brot*, 12, 377-379.

- Sengun, I. Y., Nielsen, D. S., Karapinar, M., and Jakobsen, M. (2009). Identification of lactic acid bacteria isolated from Tarhana, a traditional Turkish fermented food. *International Journal of Food Microbiology*, 135(2), 105-111.
- 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. *Journal of Food Microbiology* (QYÖRQPHQWDOOĞUREĞORJ) 171(6), 3793-3796.
- 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.
- Slavin, J. L. (2000). Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(sup3), 300S-307S.
- Spicher, G., and Brümmer, J. M. (1983). Baked goods. *Biotechnology Set, Second Edition*, 239-319.
- Spicher, G., and Rabe, E. (1980). Die Mikroflora des Sauerteiges. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 171(6), 437-442.
- Spicher, G., and H. Stephan., (1993). "Handbuch Sauerteig-Biologie." *Biochemie, Technologie Berhr's Verlag GmbH & Co., Hamburg, Niemcy*
- Steffe, J.F.(1996): *Rheological Methods in Food Process Engineering*, 2nd edn. Freeman Press, East Lansing.
- Stiles, M. E., and Holzapfel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *International journal of food microbiology*, 36(1), 1-29.
- Succi, M., Reale, A., Andrighetto, C., Lombardi, A., Sorrentino, E., and Coppola, R. (2003). Presence of yeasts in southern Italian sourdoughs from *Triticum aestivum* flour. *FEMS microbiology letters*, 225(1), 143-148.
- Surayot, U., Wang, J., Seesuriyachan, P., Kuntiya, A., Tabarsa, M., Lee, Y., Kim, J.K., Park, W. and You, S. (2014). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: structural analysis, molecular weight effect on immunomodulation. *International journal of biological macromolecules*, 68, 233-240.

- Sutherland, I. W. (1972). Bacterial exopolysaccharides. *Advances in microbial physiology*, 8, 143-213.
- Swanson, K. S., Grieshop, C. M., Flickinger, E. A., Bauer, L. L., Wolf, B. W., Chow, J., Garleb K. A., Williams J. A. and Fahey G. C. (2002). Fructooligosaccharides and Lactobacillus acidophilus modify bowel function and protein catabolites excreted by healthy humans. *The Journal of nutrition*, 132(10), 3042-3050.
- Tafti, A. G., Peighambaroust, S. H., Behnam, F., Bahrami, A., Aghagholizadeh, R., Ghamari, M., and Rafat, S. A. (2013). Effects of spray-dried sourdough on flour characteristics and rheological properties of dough. *Czech J. Food Sci. Vol*, 31(4), 361-367.
- Talay, M. (1997) Ekmek Bilimi ve Teknolojisi. (NLQ <DÖFÖÑ YH 3D]DUODPD İstanbul 70s.
- Tanaka R, Takayama, H, Morotomi M, Kuroshima T, Ueyama S, Matsumoto, K, Kurodo A, Mutai, M. (1983). Effects of administration of TOS and Bifidobacterium breve 4006 on the human fecal flora. *Bifidobacteria and microflora*, 2(1), 17-24.
- Tangüler H., Erten H. (2006). Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Gıda Müh. Bölümü, Türkiye 9.Gıda Kongresi; Bolu.
- Thiele, C., Gänzle, M. G., and Vogel, R. F. (2002). Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. *Cereal Chemistry*, 79(1), 45-51.
- Tieking, M., and Gänzle, M. G. (2005). Exopolysaccharides from cereal-associated lactobacilli. *Trends in food science & technology*, 16(1), 79-84.
- Tieking, M., Ehrmann, M. A., Vogel, R. F., and Gänzle, M. G. (2005a). Molecular and functional characterization of a levansucrase from the sourdough isolate Lactobacillus sanfranciscensis TMW 1.392. *Applied microbiology and biotechnology*, 66(6), 655-663.
- Tieking, M., Kaditzky, S., Gänzle, M. G., and Vogel, R. F. (2003b). Biodiversity and potential for baking applications of glycosyltransferases in lactobacilli for use in sourdough fermentation. *Sourdough, from fundamentals to applications. Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium*, 58-59.
- Tieking, M., Korakli, M., Ehrmann, M. A., Gänzle, M. G., and Vogel, R. F. (2003c). In situ production of exopolysaccharides during sourdough fermentation by

cereal and intestinal isolates of lactic acid bacteria. *Applied and environmental microbiology*, 69(2), 945-952.

- Tok, E. (2007). Probiyotik olarak kullanılabilir bazı laktik asit bakterilerinin kollesterol giderimi özellikleri ve safra tuzu dekonjugasyonuna etkilerinin araştırılması. **Yüksek lisans tezi**. Gazi Üniversitesi, 95 s., Ankara.
- Valmorri, S., Settanni, L., Suzzi, G., Gardini, F., Vernocchi, P., and Corsetti, A. (2006). Application of a novel polyphasic approach to study the lactobacilli composition of sourdoughs from the Abruzzo region (central Italy). *Letters in applied microbiology*, 43(3), 343-349.
- Van Geel-Schutten, G. H., Faber, E. J., Smit, E., Bonting, K., Smith, M. R., Ten Brink, B., Kamerling J.P., Vliegthart, J. F. G. and Dijkhuizen L. (1999). Biochemical and Structural Characterization of the Glucan and Fructan Exopolysaccharides Synthesized by the *Lactobacillus reuteri* Wild-Type Strain and by Mutant Strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 3008-3014.
- Vazquez, M. J., Alonso, J. L., Dominguez, H., and Parajo, J. C. (2000). Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 11(11), 387-393.
- Vela, A. I., Porrero, C., Goyache, J., Nieto, A., Sánchez, B., Briones, V., Angel Moreno, M., Domínguez, L., and Fernández-Garayzába J. F. (2003). *Weissella confusa* infection in primate (*Cercopithecus mona*). *Emerging infectious diseases*, 9(10), 1307-1309.
- Venturi, M., Guerrini, S., and Vincenzini, M. (2012). Stable and non-competitive association of *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida milleri* and *Lactobacillus sanfranciscensis* during manufacture of two traditional sourdough baked goods. *Food microbiology*, 31(1), 107-115.
- Vogel, R. F., Knorr, R., Müller, M. R., Steudel, U., Gänzle, M. G., and Ehrmann, M. A. (1999). Non-dairy lactic fermentations: the cereal world. In *Lactic Acid Bacteria: Genetics, Metabolism and Applications* (pp. 403-411). Springer Netherlands.
- Vogel, R.F., Pavlovic, M., Ehrmann, M.A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Voget, S., Angelov, A., Böcker, G., Liebl, W. (2011). Genomic Analysis Reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* As A Stable Element In Traditional Sourdoughs. *Microbial Cell Factories*, 10 (Suppl 1):S6.
- Wang, K., Li, W., Rui, X., Chen, X., Jiang, M., and Dong, M. (2014). Characterization of a novel exopolysaccharide with antitumor activity from

Lactobacillus plantarum 70810. *International Journal of Biological Macromolecules*, 63, 133-139.

Welman, A. D., and Maddox, I. S. (2003). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: perspectives and challenges. *Trends in biotechnology*, 21(6), 269-274.

Wick, M., Stolz, P., Böcker, G., and Lebeault, J. M. (2003). Influence of several process parameters on sourdough fermentation. *Engineering in Life Sciences*, 23(1), 51-61.

Wood, P. J. (1997). Functional foods for health. **In** *Cereals*(pp. 233-239). Springer US.

Yang, Z. (2000). *Antimicrobial compounds and extracellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria: structures and properties*. Z. Yang.

Yun, J. W. (1996). Fructooligosaccharides—occurrence, preparation, and application. *Enzyme and microbial technology*, 19(2), 107-117.

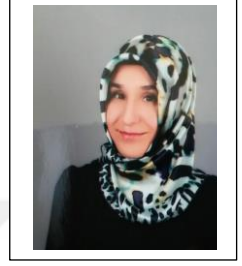
Zajšek, K., Goršek, A., and Kolar, M. (2013). Cultivating conditions effects on kefir production by the mixed culture of lactic acid bacteria imbedded within kefir grains. *Food chemistry*, 139(1), 970-977.

Zeleny, I. (1947). A simple sedimentation test estimating the breadbaking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chem.*, 24, 465-475.

Zhang, L., Jiang, Y., Jiang, Z., Sun, X., Shi, J., Cheng, W., and Sun, Q. (2009). Immobilized transglucosidase in biomimetic polymer–inorganic hybrid capsules for efficient conversion of maltose to isomaltooligosaccharides. *Biochemical Engineering Journal*, 46(2), 186-192.

ÖZGEÇMİŞ

Zühal ALKAY



18 Mart 1992 yılında Diyarbakır'da doğdu. 2010 yılında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2014 yılında tamamladı. Aynı yıl Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

Yayınlanan Makaleler

Akin, N., Dertli, E., Ispirli, H., Yuvasen, A., and **Alkay, Z.** (2016). Determination of functional characteristics, presence of virulence factors and antibiotic resistance of enterococci isolated from Turkish White-Cheese. *Abstracts/Journal of Biotechnology* 231S, 4, S109.