

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARHANA HAMURUNDA MİKROORGANİZMA GELİŞME
KİNETİĞİ MODELLENMESİ**

**TUĞÇE TONGUÇOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE
2016**

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARHANA HAMURUNDA
MİKROORGANİZMA GELİŞME KİNETİĞİ
MODELLENMESİ**

**TUĞÇE TONGUÇOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI
DOÇ. DR. MAHMUT ŞEKER**

**GEBZE
2016**

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING AND SCIENCES

MODELLING OF MICROBIAL GROWTH
KINETICS IN TARHANA DOUGH

TUĞÇE TONGUÇOĞLU
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. MAHMUT ŞEKER

GEBZE
2016



GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27/06/2016 tarih ve 2016/43 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 30/06/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Tuğçe Tonguçoğlu'nun tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç.Dr.Mahmut ŞEKER

ÜYE

: Prof.Dr.Murat ÖZDEMİR

ÜYE

: Doç.Dr.Z. Sibel ÖZILGEN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Tarhana, protein, vitamin, mineral içeriği zengin besin olduğundan, yetişkin ve çocukların beslenmesinde yaygın olarak kullanılan geleneksel fermente gıdalardan biridir. Tarhana un, yoğurt ve ekmek mayasının karıştırılması ile elde edilen hamurun belirli bir sıcaklıkta 1-5 gün bekletilmesi ile yoğurt bakterileri tarafından asit ve ekmek mayası tarafından alkol fermantasyonuna uğraması sonucu elde edilen fermente gıda ürünüdür. Bu çalışmada tarhana hamurunda laktik asit bakterilerinin fermente edilebilir şeker miktarını belirli bir oranda arttırılmasına bağlı olarak mikrobiyal kinetiği çalışılmaktadır. Laktik asit bakterileri tarhana hamurunda yoğurttan kaynaklı fermente edilebilen şeker olarak laktoz kullanılmaktadır. Yoğurttaki laktoz belirli oranda arttırılmasıyla laktik asit bakterisinin gelişimi, ph değişimi, reolojik özellikleri gözlemlendi ve mikrobiyal kinetiği belirlendi. Sonrasında, ekmek mayası da fermente edilebilen şeker kaynağını un olarak kullanılmaktadır. Belirli oranlarda maltoz şurubu eklenmesiyle fermantasyon sırasında maya gelişimi, ph değişimi, reolojik özellikleri gözlemlenmiş ve mikrobiyal kinetiği belirlendi. En son olarak ekmek mayası ve starter kültürün birlikte varlığında şeker miktarına bağlı kinetikleri belirlendi. Sonuç olarak yoğurt bakterileri ve ekmek mayasını birlikte kullanımı onların etkinliğini arttırdığı gözlemlendi. Şeker miktarındaki değişimin belirli bir orana kadar ekmek mayası ve laktik asit bakterisi için kullanılabilir iyi bir kaynak olduğu fakat belirli bir orandan sonra ekmek mayası ve laktik asit bakterisi oluşumunu olumsuz etkilediği gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Fermantasyon, Mikrobiyal Kinetik, Laktoz, Tarhana, Laktik asit bakterisi.

SUMMARY

Tarhana is rich for protein, vitamin and mineral content, it is widely used in adults and children's nutrition is one of the traditional fermented foods. Tarhana dough is obtained by mixing yogurt, flour and yeast. The obtained dough undergo alcohol fermentation by acid bacteria and yeast at a given temperature. In this study microbial growth kinetic of lactic acid bacteria and yeast in tarhana dough is studied. Lactic acid bacteria in tarhana dough utilize lactose as a fermentable sugar which is provided by yogurt. Development of lactic acid bacteria, pH change and the rheological properties were determined with increase of lactose amount. Then, yeast utilize maltose as a fermentable sugar which is provided by flour. Effect of maltose concentration on development of yeast, pH change and rheological properties of tarhana dough include yeast was determined. Finally, microbial kinetics were determined in the presence of starter cultures and yeast at varying amount of sugar. As a result, the use of yogurt bacteria together with yeast increase their effectiveness. Increasing sugar concentration up to defined level enhance microbial growth. But after exceeding amount of certain amount of sugar have negative impact on microbial growth.

Key Words: Fermentation. Microbial Kinetic, Lactose, Tarhana, Lactic Acid Bacteria.

TEŞEKKÜR

Başta, y¼ksek lisans eğitimimde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bu çalıŐmayı y¼neten, fikir ve önerileri ile katkıda bulunan değerli hocam Doç. Dr. Mahmut Şeker'e,

B¼t¼n çalıŐmam boyunca bilgi ve tecr¼belerini benimle paylaŐan ArŐ. Gör. Meral Yıldırım Yalçın, Uzman Tansel Kemerli'ye, her daim desteğini ve bilgisini benden esirgemeyen t¼m arkadaşlarıma ve sevdiklerime,

Attığım her adımda her zaman yanımda olan sevgili babam Kemal Caner Tonguçoğlu'na, sevgili annem Nurg¼l Tonguçoğlu'na, kardeŐim Yılmaz Caner Tonguçoğlu ve t¼m aileme teŐekk¼rlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	1
2. FERMANTASYON VE FERMENTE ÜRÜNLER	3
2.1. Fermente Tahıl Ürünleri	4
2.1.1. Tarhana	6
2.1.1.1. Tarhana Fermantasyonu	8
2.1.1.2. Tarhananın Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikler	9
2.1.1.3. Tarhana Fermantasyonunda Şeker Değişimi	11
2.1.1.4. Tarhananın Reolojik Özellikleri	11
2.1.1.5. Tarhanada Kurutma İşlemi	11
3. MİKROORGANİZMA GELİŞME KİNETİĞİ	13
4. MATERYAL METOT	18
4.1. Materyal	18
4.2. Metod	18
4.3. Tarhana Hamurunda Yapılan Analizler	20
4.3.1. Asitlik	20
4.3.2. pH	21
4.3.3. Mikrobiyolojik Analiz	21
4.3.4. Renk	21
4.3.5 Reolojik Parametreler	21
4.4. İstatiksel Analiz	22

5. BULGULAR VE YORUMLAR	23
5.1. Tarhana Hamurunda Zamanla Mikrobiyal Yükdeki Değişim	23
5.2. Tarhana Hamurlarında Zamanla Asitlikteki Değişim	29
5.3. Tarhana Hamurlarında Zamanla pH Değişimi	31
5.4. Laktik Asit Bakterisi ve Maya Gelişme Kinetiği	34
5.5. Tarhana Hamurunda Renk	34
5.6. Tarhana Hamurunda Reoloji	36
6. SONUÇLAR	38

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

μ	:	Spesifik gelişme hızı
X	:	Biyokütle miktarı
S	:	Substrat miktarı
$^{\circ}\text{C}$:	Santigrat derece
ml		Mililitre
g		Gram
K_s	:	Substart spesifik sabiti
μ_{\max}	:	Maksimum büyüme hızı
mg	:	Miligram
C	:	Katılaşmamış yoğurt ve maya içeren, un içermeyen kontrol
MRS		De Man Rogosa Sharpe Agar
PCA	:	Plate count agar
PDA	:	Potato dextrose agar
TLC	:	Katılaşmamış yoğurt içeren tarhana hamuru
TL1	:	Katılaşmamış yoğurt ve % 2,5 laktoz içeren tarhana hamuru
TL2	:	Katılaşmamış yoğurt ve % 4 laktoz içeren tarhana hamuru
TLM	:	Katılaşmamış yoğurt ve maya içeren tarhana hamuru
TLM1	:	Katılaşmamış yoğurt, maya, % 1,5 maltoz, % 2,5 laktoz içeren tarhana hamuru
TLM2	:	Katılaşmamış yoğurt, maya, % 3 maltoz, % 4 laktoz içeren tarhana hamuru
TMC	:	Sadece maya içeren tarhana hamuru
TM1	:	Sadece maya ve % 1,5 maltoz içeren tarhana hamuru
TM2	:	Sadece maya ve % 3 maltoz içeren tarhana hamuru
Y	:	Katılaşmamış yoğurt içeren kontrol

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Kesikli fermantasyon mikrobiyal büyüme kinetiği.	13
3.2: Spesifik büyüme hızı (μ) hesaplaması.	15
3.3: Substrat konsantrasyonunun büyüme hız sabitine etkisi.	15
4.1: Çalışmada kullanılan dondurarak kurutucu (VirTis Ultra 25 Super XL, ABD).	19
4.2: Tarhana hamuru fotoğrafı.	20
5.1: Toplam laktik asit bakterisi (LAB) değişimi grafiği.	23
5.2: % Toplam laktik asit bakterisi (LAB) kontrol karşılaştırılmalı değişimi grafiği.	24
5.3: Maya değişimi grafiği.	25
5.4: Kontrol karşılaştırılmalı maya değişim grafiği.	26
5.5: Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değişimi grafiği.	27
5.6: Kontrol karşılaştırılmalı toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değişimi grafiği.	28
5.7: % Asitlik değişimi grafiği.	29
5.8: % Asitlik kontrol karşılaştırılmalı değişim grafiği.	30
5.9: pH değişim grafiği.	32
5.10: pH kontrol karşılaştırılmalı değişim grafiği.	33
5.11: Tarhana hamurlarında akış özellikleri grafiği.	36

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Tahıl bazlı fermente ürünler ve fermentasyon mikroorganizmaları.	5
2.2: Tarhana örneklerin üretiminde kullanılan malzemeler ve kökenleri.	7
2.3: Tarhana'da aroma aktif bileşikler.	9
2.4: Tarhana vitamin mineral içeriği.	10
4.1: Katılaşmamış yoğurt formülasyonu.	18
4.2: Tarhana hamuru formülasyonları.	19
5.1: Etüv kurutma ve dondurarak kurutmada ki değişim.	28
5.2: Spesifik büyüme hızı tablosu.	34
5.3 Maksimum spesifik büyüme hızları ve Ks tablosu.	34
5.4 Tarhanana hamuru örneklerin L*, a*, b* değerleri.	35
5.5 K ve n değerleri.	36

1. GİRİŞ

Son yıllarda daha az işlem görmüş, koruyucu kimyasal maddeden uzak, doğal gıdalara karşı artan tüketici istekleri alternatif gıda işleme ve muhafaza tekniklerinin geliştirilmesinin de önemli rol oynamış ve yenilikleri de zorunlu hale getirmiştir. Bu muhafaza yöntemleri arasında, fermantasyon biyoteknolojik bir üretim ve koruma yöntemi olarak ciddi derecede önem taşımaktadır [Erbaş vd., 2004].

Fermentasyona uğramış gıdalar, üretimlerinde kullanılan ham maddelerle kıyaslandığında yüksek besinsel ve duyuşal değere sahiptir. Ayrıca fermente gıdalar uzun raf ömürlerine sahip olması sebebi ile dünyanın her yerinde büyük öneme sahiptir [Tamime and O'Connor, 1995]. Fermente gıdaların üretiminde yaygın olarak kullanılan yoğurt bakterileri (*Lactobacillus delbrueckii* spp. *Bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* spp. *Thermophilus*) ve ekmek mayasının (*Saccharomyces cerevisiae*) birlikte kullanımı onların etkinliğini arttırmaktadır [Erbaş vd., 2004].

Tarhana, Türkiye'nin fermente ve yüksek besin değere sahip en önemli geleneksel ürünlerinden biridir. Besin değeri çok yüksek olan bu gıda eski zamanlardan beri çorba ve atıştırmalık olarak sevilerek tüketilen bir üründür.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmada tarhana hamurunda laktik asit bakterilerinin fermente edilebilir şeker miktarını belirli bir oranda artırılmasına bağlı olarak mikrobiyal kinetiği çalışılmaktadır. Literatürde fermantasyonun şeker içeriğindeki değişimi ve yaş/kuru tarhanda üretimi ve depolama sırasında laktik asit bakterisi değişimini içeren çalışmalar bulunmakta iken şeker miktarındaki değişimin fermantasyon kinetiği üzerindeki etkisini içeren çalışmalar bulunmamaktadır. Laktik asit bakterileri tarhana hamurunda yoğurttan kaynaklı fermente edilebilen şeker olarak laktöz kullanılmaktadır. Yoğurttaki laktöz miktarının belirlenmesi ve belirli oranda bu miktarın artırılmasıyla laktik asit bakterisinin gelişimi, pH değişimi, reolojik özellikleri gözlemlendi ve mikrobiyal kinetiği belirlendi. Sonrasında, ekmek mayası da fermente edilebilen şeker kaynağını un olarak kullanılmaktadır. Şeker miktarının belirlenmesi ve ardından belirli oranlarda maltoz şurubu eklenmesiyle fermantasyon sırasından maya gelişimi, pH değişimi, reolojik özellikleri ve mikrobiyal kinetiği

belirlendi. En son olarak ekmek mayası ve starter kültürün birlikte varlığında şeker miktarına bağlı kinetikleri hesap edildi.

Bu tez kapsamında öncelikle ikinci bölümde tarhana genişçe açıklandı. Üçüncü bölümde fermantasyon kinetiği ile ilgili bilgilere yer verildi. Dördüncü bölümde çalışmada uygulanan tarhana hamurunun yapılması açıklanıp akabinde hamurlara uygulanan analizlerin metotları belirtildi. Altıncı bölümde ve son bölümde ise yapılan analizlerin sonuçları incelendi ve karşılaştırıldı.

2. FERMANTASYON ve FERMENTE ÜRÜNLER

Fermente ürünler, bitkisel ve hayvansal ürünlerin doğal yolla ya da başlatıcı kültürlerin eklenmesiyle üretilen gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Fermente gıdalar başlatıcı bakteri, maya ve mantarlar gibi mikroorganizmalar ve enzimler aracılığıyla üretilmektedir. Fermantasyon biyokimyasal açıdan değerlendirildiğinde karbonhidrat ve ilgili bileşiklerin herhangi bir elektron alıcısının yokluğunda kısmen okside edilerek enerjinin serbest bırakıldığı metabolik bir olaydır [Karaçıl ve Tek, 2013].

Temelde fermantasyon ortam fazına göre 3'e ayrılmaktadır. Bunlar; katı-hal, sıvı-hal, katı-sıvı hal (yarı katı hal) fermantasyondur. Katı fermantasyonda ürün katı halde (tempeh), sıvı fermantasyonda sıvı halde (shoyu, soya sosu), katı-sıvı fermantasyonda ise nemli halde bulunmaktadır (kinema). Mikroorganizmanın kullanım durumuna göre ise 2 tür fermantasyon bulunmaktadır. Bunlar; doğal yolla olan fermantasyon (başlatıcı herhangi bir kültür eklenmeden kendiliğinden doğal ortamda fermente olabilen) ve başlatıcı kültür eklenerek yapılan kontrollü fermantasyondur. Başlatıcı kültür eklenerek yapılan kontrollü fermantasyonlarda, tek kültürlü (monokültür) fermantasyon ve iki veya daha çok kültür kullanılan çok kültürlü fermantasyon (peynir, sucuk) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Geleneksel fermente ürünler genellikle, ortamın farkına göre katı hal fermantasyonu ve mikroorganizma kullanımına göre de kendiliğinden ya da başlatıcı kültür kullanılarak hazırlanmaktadır. Fermantasyon sürecinde, Doğu ve Güneydoğu Asya ülkelerinde ip ve misel şeklinde küfler yaygın kullanılırken; Afrika, Avrupa, Avustralya ve Amerika'da bakteri, bakteri-maya karışımları kullanılmaktadır [Karaçıl ve Tek, 2013].

Çok uzun zaman öncelerine bakıldığında fermente yiyecek ve içeceklerin yapımında mikroorganizmaların etkinliği bilinmemesine rağmen, bu ürünler ustaca üretilebilmişlerdir. Fakat 19. yüzyıl ortalarında gıda fermantasyonu ve bu süreç ile ilgili olarak gelişmeler meydana gelmiştir. 1850 yıllarında mikrobiyolojinin bir bilim dalı olarak ortaya çıkması ile birlikte biyolojik kaynaklı bilgiler fermantasyon sürecinin anlaşılmasını sağlamıştır [Karaçıl ve Tek, 2013].

Ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) ve LAB (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacilluslactis*, *Lactococcus diacetilactis*, *Lactobacillus*

bulgaricus, *Lactobacillus acidophilus*, *Leuconostoc cremoris* ve *Lactobacillus casei*) içecek ve gıdalar gibi tahıl ürünleri için en önemli fermentatif mikroorganizmalardır [zdemir et al., 2007].

2.1. Fermente Tahıl rnleri

Hububat bazlı fermente ürünlerde fermentasyon işleminin ürüne sağladığı pek çok yarar vardır. Son yıllarda doğal gıdaya ilginin artmasıyla alternatif koruma metotları ihtiyacı ortaya ıktı. Bunlar arasında, laktik asit bakterilerin bulunduğu biyolojik koruma yöntemi olan fermentasyon ciddi önem arttı. Laktik asit bakterileri ve mayaların birlikte buldukları kapalı ortamlarda gerçekleştirilen fermentasyon sırasında ortam hızla anaerobik, asidik, CO₂ ile doymuş ve ve alkollü bir ortam meydana gelir. Bu şartların oluşumu doğal olarak gıdaların bozulmalarına ve gıda zehirlenmelerine neden olabilecek mikroorganizmaların inhibisyonunu sağlamaktadır [Hancıoğlu ve Karapınar, 1998].

Hububat rnleri, günlük protein, karbohidrat, vitamin, mineral ve diyet lifi ihtiyacını karşılama açısından önemli kaynaklardır. Hububat rnlerinin besinsel kalitesi ve duyusal özellikleri, süt ve süt ürünleri ile karşılaştırıldıklarında daha düşüktür. Ancak bu ürünlerin fermente edilmesi ile hem besin kalitesinde ve hem de duyusal özelliklerinde önemli artışlar sağlanmaktadır [Blandino et al., 2003].

Tablo 2.1'de, bazı fermente hububat ürünleri ve bu ürünlerin fermentasyonunda rol alan mikroorganizmalar verilmiştir. Ülkemize özgü hububat bazlı fermente ürünler arasında yaygın olarak bilinen boza, nohut mayası ekmeği ve tarhana bulunmaktadır. Bu ürünlerde fermentasyonu gerçekleştiren LAB'lerinin tanımlanmasına yönelik yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur [şengün, 2006].

Tablo 2.1: Tahıl bazlı fermente ürünler ve fermentasyon mikroorganizmaları.

Ürün adı	İçerik	Mikroorganizmalar	Kaynak
Bensaalga	Darı	<i>Lb. fermentum, Lb. plantarum</i>	Guyot et al., 2006
Boza	Mısır, pirinç, buğday	<i>Leu. paramesenteroides, Mesenteroides subsp. mesenteroides, mesenteroides subsp dextanicum, oenos, Lb. coryniformis, confusus, sanfrancisco, fermentum</i>	Hancioğlu ve Karapınar, 1997, Zorba et al., 2003
Kivunde	Kasava	<i>Lb. plantarum</i>	Kimaryo et al., 2000
Bushera	Sorghum, darı	<i>W. confusa, Lb. plantarum, paracasei subsp. paracasei, fermentum, Brevis</i>	Muyanja et al., 2004
Mısır ekmeği	Mısır unu Buğday unu	<i>Lb. brevis, casei, fermentum, P. acidilactici, pentasaceus, Lactobacillus spp.</i>	Sanni et al., 1998
Khanomjeen	Pirinç	<i>Lactobacillus sp., Streptococcus sp.</i>	Lee, 1997
Nohut mayası ekmeği	Nohut mayası, buğday unu	<i>E. mundtii, E. casseliflavus, Lb. sanfrancisco, Saccharomyces cerevisiae, Lb. plantarum, Lb. viridescens, Lb. bifermentans, P. urinae-equi, S. thermophilus, L. lactis subsp. Cremoris</i>	Sıkılı, 2003
San Francis. Ekmeği	Un, ekşi maya	<i>Candida milleri, Lb. sanfrancisco</i>	Sugihara, 1985
Pozol	Mısır	<i>L. lactis, S. suis, Lb. plantarum, Lb. alimentarium, Lb. delbrueckii, Clostridium sp.</i>	Escalante et al., 2001
Tarhana	Yoğurt, un, tarhana otu ve farklı sebzeler	<i>P. acidilactici, pentosaceus, S. thermophilus, Lb. fermentum, Casei, paraplantarum, plantarum, delbrueckii spp. bulgaricus E. faecium, Leu. pseudomesenteroides, W. cibaria, Leu. citreum,</i>	Sengun vd., 2009

[Şengün, 2006]
*L.: Lactococcus, Lb.: Lactobacillus, Leu.: Leuconostoc, S: Streptococcus, E.: Enterococcus, P.: Pediococcus, W.: Weissella

2.1.1.Tarhana

Türkiye'de genellikle yaygın bir şekilde çorba olarak tüketilen tarhana tahıl karışımı, yoğurt bakterileri ve ekmek mayası tarafından yapılan geleneksel fermente edilmiş gıdadır. Tarhana buğday unu, yoğurt, tuz, ekmek mayası, bazı sebze ve baharatların (domates, soğan, kırmızı biber,...) karıştırılması ve yoğurulmasının ardından 1-7 gün süren laktik asit ve alkol fermantasyonunun oluşmasıyla meydana gelmektedir [Erbaş et al., 2005]. Geleneksel Türk gıdası olarak kabul edilen tarhana yüksek besin kalitesi ve herhangi bir bozulma olmadan uzun raf ömrü özellikleriyle popüler bir gıda olmuştur [Tamer et al., 2007].

Tarhana, güçlü şekilde asidik ve ekşi bir tat ile mayadan kaynaklı lezzete sahiptir. Tarhana üretimi sırasında hem laktik asit bakterisi tarafından hem de mayadan kaynaklı olarak eş zamanlı fermantasyon meydana gelmektedir. Tarhana karışımında ki protein, karbonhidrat lipid bileşenleri fermantasyon sırasında kısmi sindirim ve hidrolize maruz kalırlar sonuç olarak geliştirilmiş sindirim özelliklere sahip bir ürün elde edilir. Bu ürün B vitamini, mineraller, organik asitler ve serbest amino asitler içeren iyi bir besin kaynağıdır [Herken and Çon, 2012].

Tarhana kuru (külçe, bisküvi ya da toz) ya da ıslak olarak elde edilebilir ve uygun koşullar altında 1-2 yıl saklanabilir. Tarhan Türkiye'de kuru veya ıslak tarhanadan hazırlanarak çorba esaslı olarak ana yemeklerde yada seyrek görülse kahvaltı veya meze olarak da tüketilmektedir. Buna ek olarak, külçe ve bisküvi formları kurutulmuş aperatifler olarak tüketilir. Tarhananın standart bir üretim yöntemi olmadığı bölgelere göre farklılık gösterdiği için, besin değeri hem malzemelerin bileşenlerine hem de üretim şekline göre değişiklik göstermektedir Bu farklılıklar Tablo 2.2'de gösterilmiştir [Certel vd., 2007].

Tablo 2.2: Tarhana örneklerin üretiminde kullanılan malzemeler ve kökenleri.

No	Bölge	İçerik	Hal
1	Burdur	Un, yoğurt, domates, tuz, nane	Kurutulmuş/öğütülmüş
2	Bolu	Un, yoğurt, salça, biber, soğan, tuz, nane	Kurutulmuş/öğütülmüş
3	Afyon	Un, süzme yoğurt, patates, domates salçası, biber, domates, soğan, tuz	Kurutulmuş/öğütülmüş
4	Eskişehir	Un, yoğurt, domates, kırmızı biber, soğan, tuz, nane	Kurutulmuş/öğütülmüş
5	Bolu	Un, kızılıcık	Kurutulmuş/öğütülmüş
6	Eskişehir	Un, süzme yoğurt, yumurta, tuz	Kurutulmuş/öğütülmüş
7	Eskişehir	Çatlak ve Soyulmuş buğday, un, süzme yoğurt (Tam yağlı süt ürünüdür), süt, yumurta	Kurutulmuş/öğütülmüş
8	Eskişehir	Un, yoğurt, domates, kırmızı biber	Kurutulmuş/öğütülmüş
9	Kütahya	(Pişirilmiş), tuz, nane Un (pişmiş), ekmek hamuru, süzme yoğurt, domates, kırmızı biber, soğan	Kurutulmuş/öğütülmüş
10	Eskişehir	Soyulmuş buğday, irmik, yoğurt, süt ve yumurta (malzemeler kaynatıldıktan sonra pişirilmiş irmik ilave edilir)	Kurutulmuş/öğütülmüş
11	Eskişehir	Un, sıcak yoğurt, domates, kırmızı biber	Kurutulmuş/öğütülmüş
12	Eskişehir	(Tam yağlı süt üretilen)yoğurt, un, süt, yumurta	Kurutulmuş/öğütülmüş
13	Tokat	Tanımlanmamış	Kurutulmuş/öğütülmüş
14	Eskişehir	Un, süzme yoğurt, kırmızı ve yeşil biber, domates, soğan, yumurta	Kurutulmuş/öğütülmüş
15	Eskişehir	Un, yoğurt, patates, kırmızı biber, tuz	Kurutulmuş/öğütülmüş
16	Eskişehir	Tanımlanmamış	Kurutulmuş/öğütülmüş
17	Ankara	Tanımlanmamış	Kurutulmuş/öğütülmüş
18	Afyon	Soyulmuş buğday, süzme yoğurt, nohut, nane	Dondurulmuş
19	Tekirdağ	Un, irmik (süt ile pişirilmiş), yoğurt, domates, soğan, kırmızı biber	Kurutulmuş/öğütülmüş

[Tamer et al., 2007]

Halen yaygın şekilde ev yapımı olarak üretilen tarhana, artan taleple birlikte zaman kazandırmasından dolayı son zamanlarda endüstriyel üretim başlandı. Geleneksel yöntemde, doğal florası ve yoğurt mikroorganizmaları tarhana fermantasyonuna etki eder. Ancak, hammaddeden kaynaklı mikrobiyal yükten dolayı geniş aralıkta bir mikrobiyal flora meydana gelir. Bu da son ürün özelliklerinde olumsuz etki yaratabilmektedir. Fermantasyonu kontrol etmek ve son ürün özelliklerinde istikrar sağlayabilmek için uygun olacak şekilde saf mikrobiyal kültür geliştirilmelidir. Son yıllarda, fonksiyonel gıda üretimi ve laktik asit bakterilerinin (LAB) kullanımı ile ilgili çalışmalarda başlatıcı kültürlerin güçlü proteolitik etkileri ve çok yönlü faydaları, artmıştır. Uygun bir kültür belirlenmesi fonksiyonel özelliklerini artırmak ve istenen kalite ve kapasite de standart ürünler üretmek için önemlidir [Herken and Çon, 2012].

2.1.1.1. Tarhana Fermantasyonu

Tarhana fermantasyonu genellikle yoğurt bakterileri (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactococcus diacetylactis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Leuconostoc cremoris*, and *Lactobacillus casei*) ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) tarafından gerçekleşir. Tahıl fermantasyonlarında, homofermantatif LAB formu laktik asit, heterofermantatif LAB formu laktik asit, asetik asit, bu asitlerin etil esterleri, karbon dioksit ve çeşitli aromatik bileşikler üretir. Farklı tarhana örneklerinde 41 aroma aktif bileşikler tespit edilmiştir; bunlar temel olarak aldehitler, esterler, ketonlar, alkoller, terpenler, furanlar, fenoller, kükürt bileşikleri, asitler, vb'dir. Tarhananın en büyük tek sınıf aroma bileşiği aldehitlerdir. Aroma aktif bileşikler Tablo 2.3'de verilmektedir [Özdemir et al., 2007].

Tablo 2.3: Tarhana'da aroma aktif bileşikler.

Grup	Bileşik
Ester	Ethyl octanoate, Linalyl acetate, Bornyl acetate
Aldehit	Hexanal, Furfural, Methional, Benzaldehyde, Octanal,, Phenylacetaldehyde, (E)-2-octenal, (E,Z)-2,6-Nonadienal, (E,E)-2,4-Nonadienal, β -Cyclocitral, (E)-2-Decenal, (E,Z)-2,4-Decadienal, (E,E)-2,4-Decadienal, Geranial, (E)-2-Undecenal β -Sinensal, α -Sinensal
Keton	Octen-3-one,1, Geranylacetone, B-Ionone
Alkol	Hexanol,1, 2-Phenylethanol, Linalool, Nonanol,1, Citronellol
Sülfür bileşikler	Dipropyl disulfide
Diğer	Naphthalene

Tarhana yapımında yoğurt miktarını arttırmak fermentasyon öncesi ve sonrasında toplam LAB sayısında bir artışa neden olur ve ayrıca yüksek laktik asit içeren ürüne neden olur. İnek yoğurdunun soya yoğurdu ile değiştirilmesi kısmen veya tamamen tarhana üretiminin bitiminde yüksek viskoziteli ve pH değerli ürüne neden olur [Tamer et al., 2007].

2.1.1.2. Tarhananın Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Önceki yapılan bir araştırmada Türkiye'nin değişik yerlerinden alınan tarhana örneklerinde ortalama yaklaşık olarak rutubet % 1,2, protein % 16, karbonhidrat % 60, yağ % 5,4, lif % 1, tuz % 3,8 ve kül de % 6,2 olarak tespit edilmiştir [Akbaş ve Coşku, 2006]. TS 2282'e göre tarhana standardın da en çok % 10 rutubet, kuru maddede en az % 12 protein ve en çok % 10 tuz içermesi, asitlik derecesinin de 10-35 arasında bulunacağı bildirilmiştir [TSE, 2004]. Fermentasyon bittiğinde pH'nın düşük olması (3,8 – 4,2) ve son üründe rutubetin düşük olmasından (% 6–9) tarhana da bozulmaya sebep veren patojen mikroorganizmaların bulunması için elverişsiz bir ortam oluşur [İbanoğlu and İbanoğlu, 1999].

Ayrıca tarhana vitamin açısından iyi bir kaynaktır. Vitaminler geniş organik grupların içinde küçük ama normal büyüme, insan ve hayvan organlarının kendi kendine bakım ve işleyişi için gerekli önemli gıda bileşimidir. Bu bileşikler suda çözünür ve yağda çözünen vitaminler olarak sınıflandırılır. Suda çözünen vitaminlerden tiamin (B1) ve piridoksin (B6) önemlidir. Bu vitaminler metabolizmada farklı özel ve önemli fonksiyonlara sahiptir ve onların eksikliği ya da fazlalığı bazı hastalıklara neden olur. Fermantasyon sırasında tarhananın tiamin, riboflavin, ve vitamin B12 içeriğinde önemli bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Tablo 2.4’de mineral ve vitamin içerikleri gösterilmiştir [Özdemir et al., 2007].

Tablo 2.4: Tarhana vitamin mineral içeriği.

Mineral ve vitamin	Min. (mg/100 g)	Max. (mg/100 g)	Average (mg/100 g)
Kalsiyum	59	191	109
Demir	2,1	5,9	3,6
Sodyum	296	1130	634
Potasyum	60	182	114
Magnezyum	30	134	78
Çinko	0,8	3,2	1,8
Bakır	147	807	450
Magnezyum	211	1182	612
B1 Vitamini	-	-	0,01
B1 Vitamini	-	-	0,08

TS 2282’e göre tarhana standardında tarhanada bulunabilecek maksimum aerobik mezofilik bakteri sayısı 1×10^4 kob/g, küf ve maya sayısı da 1×10^3 kob/g olarak belirtilmiştir [TSE, 2004]. Tarhana fermentasyonu süresince ortama substrat ilave edilmediğinden fermentasyon aktivitesinin düştüğü daha öne gözlemlenmiştir. Ayrıca tarhana yapımında kullanılan yoğurt ve tuz miktarının da fermentasyon da etkili olduğu, fermentasyon aktivitesinin yoğurt miktarının artırılmasıyla doğru orantılı olduğu, fakat tuz ilavesi ile ters orantılı olduğu belirtilmiştir [Akbaş ve Coşkun, 2006].

2.1.1.3. Tarhana Fermantasyonunda Şeker Değişimi

Tarhanada glikoz, laktoz, galaktoz, sakkaroz ve maltoz şekerleri bulunmuştur. Fermantasyon meydana gelirken glikoz, laktoz ve maltozda azalma olduğu görülmektedir bu sırada galaktozda artma meydana gelmiştir. Glikoz laktik asit bakterileri ve mayalar tarafında enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Laktozda laktik asit bakterileri tarafından glikoz ve galaktoza, maltoz mayadaki enzim tarafından glikoza dönüştürülür bu nedenle azalma olur. Sakkaroz ortamda fermente edilebilir şeker çokluğundan dolayı değişme olmamıştır [Erbaş vd., 2004].

2.1.1.4. Tarhananın Reolojik Özellikleri

Günümüzde pratik olarak temel tahıl proteini ve yüksek süt proteini içeren tarhana önemli bir yere sahiptir. Peynir altı suyu ve proteinleri emülsifiye, jelleşme, kıvamlaşma, köpük ve su-bağlayıcı etkisi gibi kendilerine özgü işlevsel özelliklerinden dolayı gıda katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır. Bunlar gıdalarda lezzet, doku ve rengi geliştirir iken yüksek seviyede de proteine neden olmaktadır. Tarhana peyniraltı suyu konsantresi gibi süt protein kaynakları ile takviye edilip, besin değeri açısından zenginleştirilmiş ürün elde edilir. Viskozite, tarhana üretiminde kalite kontrol parametresi olarak kullanılmaktadır. Tarhana çorbası akış davranışı tanımlamak için power-law ilk tanımlanmaktadır [Yılmaz et al., 2010].

2.1.1.5. Tarhana da kurutma işlemi

Kurutma tarhana üretiminde son ve önemli bir işlemdir. Türkiye'de genellikle ev yapımı tarhana yapılmakta ve tüketilmektedir. Bundan dolayı kurutma işlemi güneşte kurutularak yapılmaktadır. Fakat Türkiye'de ticari tarhana üretiminin artmasıyla modern kurutma teknikleri de ciddi anlamda kullanılmaktadır [İbanoğlu, and Maskan, 2002].

Tarhana da fermantasyondan sonra yapılan kurutma işlemi nemi %10'nun altına düşürdüğü için katılaşmasını ve mikrobiyal bozulmayı engeller. Doğal kurutma ve fırın (konvansiyonel) kurutma düşük maliyet olmasından dolayı hala en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir [Kurtulmuş et al., 2014].

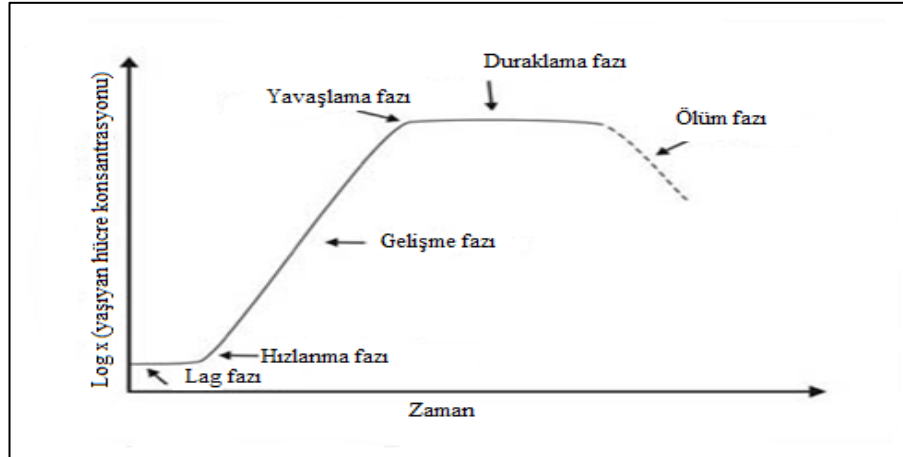
Dondurarak kurutma işlemi, vakumla birlikte düşük sıcaklıkta yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmek için yapılan bir işlemdir. İşlemden, hammaddenin dondurulması ve vakum altında buzun süblimleşmesi ile ürünün kurutulması sağlanır [Litchfield and Liapis, 1979]. Dondurarak kurutma ile uçucu aroma ve tat bileşenleri korunabilir. Ayrıca diğer kurutma proseslerine göre düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden dolayı yüksek sıcaklıklarda bozulabilen bileşiklerin aktiviteleri korunmuş olur [Stapley, 2008], [Ratti, 2008].

3.MİKROORGANİZMA GELİŞME KİNETİĞİ

Endüstriyel boyutta bir üretimin planlanması sırasında üretilecek veya katalizör olarak kullanılması planlanan mikroorganizmanın en uygun tür olduğunun belirlenmesi, mikroorganizmanın fizyolojik özelliklerinin tespiti, ortam faktörlerine bağlı değişimi ve teknolojik açıdan en uygun reaktörün şekillendirilmesi gerekir. Özellikle saf kültür ve bileşimi iyi bilinen substrat kullanılan bir fermantasyon sisteminde matematiksel modelleme yapmak mümkündür.

Fermantasyon sistemleri kesikli, kesikli beslemeli ve sürekli olmak üzere üç gruba ayrılır.

Kesikli fermantasyon, bu fermantörler kapalı sistem olarak düşünebilir. Kesikli sistemlerde ortam hazırlanır ve mikroorganizmalar eklenir. Sistemin pH, sıcaklık ve diğer değerleri aylandıktan sonra sisteme substrat ilavesi olmaz. Kesikli fermantasyonda steril besiyerine inokula edilme yapılmasının ardından uygun koşullarda etüve bırakılır ve gelişme fazları gözlenir. Fazlar şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Kesikli fermantasyon mikrobiyal büyüme kinetiği.

- Lag fazı: Hazırlık evresi.
- Hızlanma fazı: Bu evrede hücre çoğalması başlar ama yavaş yürür.
- Gelişme fazı: Büyüme hızı pratik olarak sabittir ve maksimuma ulaşmıştır.
- Yavaşlama fazı: Bu evrede hücre çoğalma hızı sürekli azalır. Fakat hücre sayısı ve biyokütle artışı devam eder.

- Duraklama fazı: Bu evrede yeni oluşan hücre sayısı ile ölen hücre sayısı dengelenmiştir. Toplam hücre sayısı sabit kalır.
- Ölüm fazı: Ölen hücrelerin sayısı yeni oluslanlardan daha fazladır.

Hızlanma fazında hücre logaritmik olarak artmaya başlar ve kültürün spesifik büyüme hızı sabit kalmaktadır. Spesifik büyüme hızı matematiksel olarak ifade edilebilmekte. Biyokütlenin konsantrasyonu, X(mg/L) substratın biyokütle tarafından kullanılmasıyla zamana bağlı olarak artar.

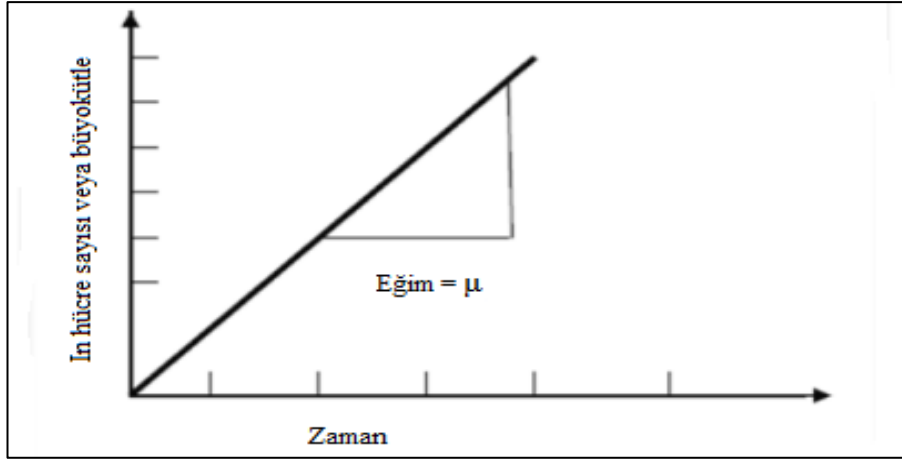
Mikroorganizma büyüme hızı eşitlik (3.1) ile ifade edilir [Şener, 2005].

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \quad (3.1)$$

Bu denklemin integrali alındığında, $X_t = X_0 e^{\mu t}$ denklemi elde edilir. Bu denklemden, X_t : t zaman sonra elde edilen biyokütle konsantrasyonu X_0 : logaritmik büyümenin başladığı andaki biyokütle konsantrasyonu e: doğal logaritma tabanıdır. Bu denklemin de doğal logaritması alındığında ($\log_e = \ln$), (3.2) denklemi elde edilir.

$$\ln X_t = \ln X_0 + \mu t \quad (3.2)$$

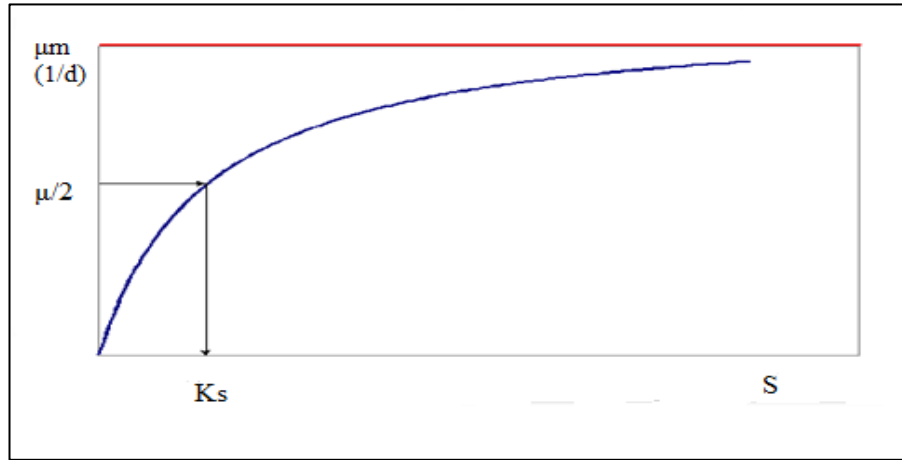
Bu denklem $y = ax+b$ doğru denklemdir ve bu denklemden a değeri bu doğrunun eğimini gösterir. Biyokütle konsantrasyonunun doğal logaritmasının zamana karşı grafiği çizildiğinde doğrunun eğimi spesifik büyüme hızını yani μ değerini verir [Şener, 2005].



Şekil 3.2: Spesifik büyüme hızı (μ) hesaplaması.

Burada;

- t: Zaman (saat)
- μ : Spesifik gelişme hızı (1/saat)
- X : Biyokütle miktarı (g/L)'dir.



Şekil 3.3: Substrat konsantrasyonunun büyüme hız sabitine etkisi.

Spesifik büyüme hızı μ , şu üç parametrenin bir fonksiyonu olarak bulunabilir:

- S: sınırlayıcı substrat konsantrasyonu,
- μ_{max} : Maksimum büyüme hızı,
- K_S: Substrat spesifik sabiti.

Buna göre aşağıdaki eşitlik çıkarılabilir (Monod eşitliği).

$$\mu = \mu_{\max} \frac{S}{K_S + S} \quad (3.3)$$

Kesikli Beslemeli Fermentasyon, kesikli beslemeli fermantörler kesikli ve sürekli sistemlerin olumlu yönlerini beraberce bulundurduğu için endüstride sıkça kullanılmaktadır.

Proses başlangıçta kesikli olarak başlar. Besin elementleri tükenmeye başlayınca substrat, fermantasyon sırasında çeşitli zamanlarda azar azar ortama ilave edilir. İlave besin eklenmesi hem logaritmik hem de durgun faz sırasında yapılır. Bu hem biyokütle hem de sekonder metabolit miktarının artmasına neden olur. Başlangıçta fermantöre konan substratın mümkün olduğu kadar konsantre olması istenir. Böylece reaktör hacminin neden oluştuğu problemler de aşılmış olur.

Sürekli Fermantasyon, açık sistemlerdir. Bu sistemde steril substrat çözeltisi sabit bir akış hızı (F) ile reaktöre ilave edilirken, eşit miktarda ürün ve onunla birlikte mikroorganizma sistemden alınır [Şener, 2005]. Fermentördeki sıvı hacminin değişmediği koşullarda denge koşullarına ulaşılır ve böyle bir sistem aşağıda ki gibi matematiksel olarak ifade edilir.

$$D = \frac{F}{V} \text{ (saat}^{-1}\text{)} \quad (3.4)$$

- V: sistemde bulunan sıvı hacmi (L),
- F: substrat çözeltisinin sisteme akış hızı (L/saat)
- D: ise seyreltme hızı (bir saatte reaktör içinden dışarı alınan sıvı miktarı)'dır [Şener, 2005].

Sürekli bir sistemde mikroorganizma hücrelerinin konsantrasyonundaki değişim aşağıdaki model ile gösterilir.

$$\frac{dX}{dt} = \mu X - DX \quad (3.5)$$

Bu modelde;

- μX : sistemde bulunan mikroorganizma hücrelerinin büyüme hızı

- DX: sistemde bulunan mikroorganizma hücrelerinin sistemden kayıp hızıdır.

Denge koşulları oluştuğunda yani sistemdeki sıvı hacminin değişmediği koşullarda $dX/dt = 0$ olur ve,

$$\frac{dX}{dt} = 0 = \mu X - DX \quad (3.6)$$

Modeli, $\mu = D$ eşitliği bulunur. Seyreltme hızı sayısal olarak büyüme hızına eşittir [Şener, 2005].

4. MATERİYAL VE METOT

4.1. Materyal

Tarhana hamuru örneklerinin hazırlanmasında kullanılan un (Söke buğday unu, Aydın, Türkiye) instant maya (Dr.Oetker, *Saccharomyces cerevisiae*), süt tozu (Pınar, İstanbul, Türkiye), başlatıcı kültür Y401(*Lactobacillus delbrueckii* spp. *Bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* spp. *Thermophilus*) ürünü(Maysa, İstanbul, Türkiye), laktoz (GMT gıda, Bursa, Türkiye), maltoz şurubu (Cargill M50 kuru bazda % 51-55 maltoz içeren ürünü, Bursa, Türkiye), tuz kullanılmıştır.

4.2. Metod

Tarhana üretim sürecinin başlangıcında, Tablo 4.1’de verilen formülasyon ile süt tozu, su tartıldı ve karıştırıldı sonrasında bu karışıma başlatıcı kültür tartıldı ve eklendi. Karışımın pH derecesi 5,5’e düşene kadar etüvde 40°C’de bekletildi. Sonrasında Tablo 4.2’de formülasyonda ki diğer malzemeler belirtilen miktarlarda tartıldı, katılaştırmamış yoğurt haline gelen bu karışım ile karıştırılarak hamur elde edildi. Araştırmada Tablo 4.2’de gösterildiği gibi, kontrol grubunun haricinde, içeriğine farklı oranlarda laktoz (şeker içeri baz alınarak % 2,5 ve % 4) ve maltoz (un baz alınarak %1,5 ve 3) eklenerek 6 farklı formülasyonda hamur hazırlanmıştır. Her bir formülasyondan 2 tekerrürlü üretim yapıldı. Tablo 4.2’de gösterilen C ve Y formülasyonlarında un eklenmeden yapıldı. Şekil 4.2’de hamur örnekleri gösterildi.

En son olarak elde edilen hamurlar 32°C’de etüvde fermantasyona tabi tutuldu. Fermantasyon sonunda tablo 4.2’de TLM1 hamuru 10’ar gram tartıldı, dondurarak kurutma (Şekil 4.1) ve 38°C’de etüv kurutma (Binder Ltd.,Tuttlingen, Almanya) işlemi 24 saat uygulandı.

Tablo 4.1: Katılaştırmamış yoğurt formülasyonu.

Bileşen	Miktar (g)
Süt tozu	160
Su	8,85
Başlatıcı kültür	0,002

Tablo 4.2: Tarhana hamuru formülasyonları.

	Un (g)	Su (ml)	Maya (g)	Katlaşmamış Yoğurt (g)	Laktöz (g)	Maltoz (g)	Tuz (g)
TLC	140	20	-	100	-	-	8,8
TL1	140	20	-	100	3,45	-	8,8
TL2	140	20	-	100	6,9	-	8,8
TMC	140	20	1,6	-	-	-	8,8
TM1	140	20	1,6	-	-	2,1	8,8
TM2	140	20	1,6	-	-	4,2	8,8
TLM	140	20	1,6	100	-	-	8,8
TLM1	140	20	1,6	100	3,45	2,1	8,8
TLM2	140	20	1,6	100	6,9	4,2	8,8
C	-	20	1,6	100	-	-	8,8
Y	-	-	-	100	-	-	8,8



Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan dondurarak kurutucu (VirTis Ultra 25 Super XL, ABD).



Şekil 4.2: Tarhana hamuru fotoğrafı.

4.3. Tarhana Hamurunda Yapılan Analizler

Tarhana hamurlarının hazırlandığı gün ve fermentasyon periyodu boyunca periyodik olarak her gün tarhana hamurlarında asitlik, pH tayini ve mikrobiyal ekim yapıldı. Fermentasyonun son gününde ise renk tayini ve reolojik parametereleri belirlendi. Kurutulan tarhana hamurlarında ise mikrobiyal ekim yapıldı.

4.3.1. Asitlik

Tarhana için asitlik derecesi % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır. 5 g tarhana örneği tartılarak bir beher içine konulmuştur. Üzerine 45 ml distile su eklenerek homojen karışım sağlanana kadar karıştırılmıştır. % 1'lik fenolftalein indikatörü eşliğinde 0,1 N NaOH çözeltisi ile pembe renk elde edilinceye kadar titrasyon yapılmıştır.

Asitlik derecesi laktik asit cinsinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [İbanoğlu et al., 1999].

$$\% \text{ Asitlik} = \frac{0,009 \cdot 100 \cdot V}{m} \quad (4.1)$$

- m: Titrasyon için tartılan örnek miktarı, g
- V: Titrasyonda harcanan NaOH'ın miktarı, ml
- % Asitlik: Laktik asit cinsinden asitlik miktarı, %

4.3.2. pH

pH değerinin belirlenmesinde, 5 g tarhana örneği 45 ml distile su içinde homojenize edilmiştir. Daha sonra pH metre (Mettler Toledo) ile pH değeri ölçülmüştür (Erbaş vd., 2004).

4.3.3. Mikrobiyolojik analiz

Mikrobiyolojik ekimler de 10 g tarhana hamuru örneği 90 ml önceden hazırlana steril Ringer's solüsyonunda (1/4 -strength Ringer's tablet, Merck, Darmstadt, Almanya) uygun dilüsyona kadar saflaştırılmıştır. Toplam laktik asit bakterisi (LAB) sayımı, dilüsyonlardan De Man Rogosa Sharpe Agar (MRS; Merck 1.10660) besiyerine üç paralel olacak şekilde yayma yöntemiyle ekimler gerçekleştirildi. Petri kaplarında 32°C'de 48 saatlik anaerobik inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayıldı. Maya sayımı, dilüsyonlardan Potato Dextrose Agar (PDA; Merck 1.10130) besiyerine üç paralel olacak şekilde yayma yöntemiyle ekimler gerçekleştirildi. Petri kaplarında 32°C'de 48 saatlik inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayıldı. Toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayımı, dilüsyonlardan Plate Count Agar (PCA; Merck 1.05463) besiyerine yayma yöntemi ile üç paralel ekim yapıldı. Ekim sonrası 32 °C'de 48 saat süreyle inkübasyona tabi tutulan petri kaplarında gelişen koloniler sayıldı. Tüm sonuçlar logkob/g cinsinden verildi.

4.3.4. Renk

Hamurların renk değerleri (L*,a*,b*) reflektans kolorimetre (Konica Minolta CM-5, Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür [Bayrakçı and Bilgiçli, 2014]. Bu cihaz ile CIE standartlarında ölçüm yapılmaktadır. Renk ölçümü örneklerin farklı yerlerinden alınan ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

4.3.5. Reolojik Parametler

Tarhana hamurularından 17 ml alınarak sabit sıcaklıkta farklı kayma hızında kullanılarak ostwald regarsyonunda R/S+ rheometre (Brookfield, Middeleboro, USA) ile K ve n değerleri hesap edildi.

Akış davranış özelliklerini tespit etmek için power-law modeli “ $\delta = K (\gamma)^n$ ” kullanıldı. Formülde δ kayma gerilimini (Pa), γ kayma hızını (1/s), K kıvam katsayısını (Pa.s) ve n akış davranış indisini ifade etmektedir.

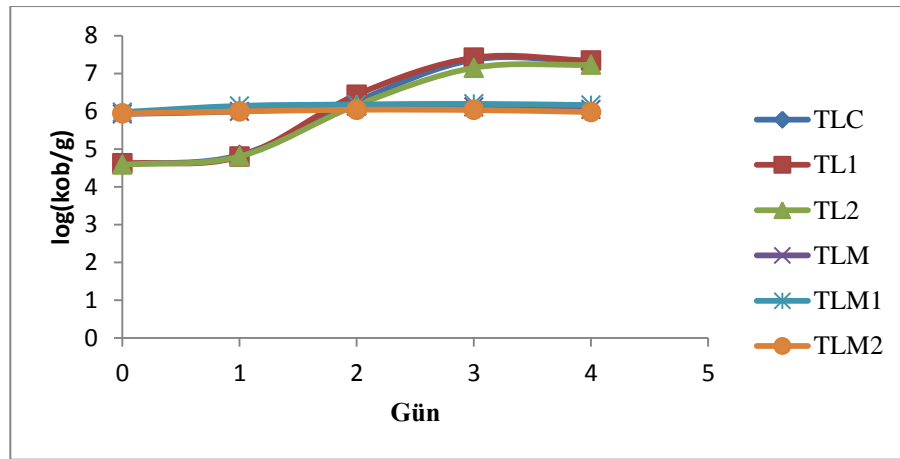
4.4. İstatiksel Analiz

Şeker miktarındaki değişimin tarhana hamur özelliklerine etkisi tek yönlü ANOVA varyans analizi ve çiftleştirilmiş numune t test ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizler için SPSS (Windows Evaluation Version Release 15.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, A.B.D.) programı kullanılmıştır.

5. BULGULAR VE YORUMLAR

5.1. Tarhana Hamurunda Zamanla Mikrobiyal Yükdeki Değişim

Araştırmada, tarhana hamuru fermantasyonu sırasında her gün sırasıyla toplam laktik asit bakterisi (LAB), toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve maya gelişimlerinde şeker ilavesinin etkisi çalışılmıştır. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de toplam laktik asit bakterisi (LAB) değişimi verilmiştir.



Şekil 5.1: Toplam laktik asit bakterisi (LAB) değişimi grafiği.

Şekil 5.1’e bakıldığında sadece laktik asit fermantasyonunda LAB gelişimi 6 fazda (hazırlık, hızlanma, gelişme, yavaşlama, duraklama, ölüm) görülmektedir.

Hem laktik asit hem de etil alkol fermantasyonun birlikte gerçekleştiği ve kontrol amaçlı unsuz yapılan fermantasyonlarda bu fazlar gözükmemektedir.

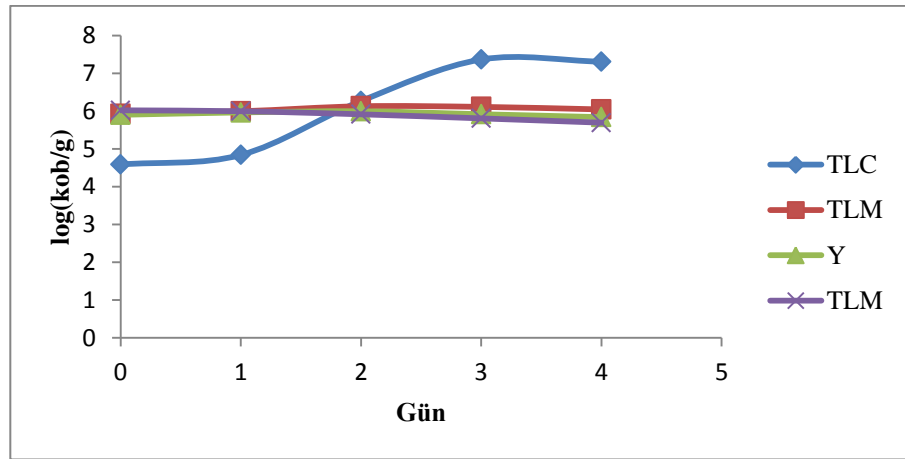
Hamurun yapıldığı güne bakıldığında iki fermantasyonun birlikte gerçekleştiği hamurlarda ortalama 5,96 log(kob/g) ile en fazla gelişim olmuştur. Sadece laktik asit fermantasyonunun gerçekleştiği hamurlarda ortalama 4,6 log(kob/g) ile en düşüktür. Farklı zamanlarda yapılan hamurlara aynı miktarlarda maya ilavesi laktik asit bakterisinin gelişimini arttırdığı gözlemlendi.

Sadece laktoz ilavesi olana TLC, TL1 ve TL2 karşılaştırıldığında LAB gelişmesinde anlamlı bir etkisi gözükmemiştir ($P>0,05$). Laktoz ilavesi sonucu etkilememiştir.

İlk başta laktik asit bakterisi ve mayanın birlikte olduğu hamurlara bakıldığında laktoz ve maltoz ilavesinde TLM ve TLM1 olan hamurlarda istatistiksel olarak farklılık görülmüştür ($P<0,05$), TLM ve TLM2 olan hamurlara bakıldığında ise istatistiksel olarak bir farklılık yoktur ($P>0,05$) son olarak TLM1 ve TLM2 hamurlarında istatistiksel farklılık vardır ($P<0,05$). % 3 maltoz ve % 4 laktoz ilavesinin olması durumunda laktik asit bakterisi gelişimi şekere ilavesi olmadan olan hamur ile yakın sonuçlara sahip iken % 1,5 maltoz ve % 2,5 laktoz içeren hamurun optimum şeker ilavesi olduğu ve maya varlığında gelişimi olumlu etkileyerek istatistiksel olarak farklılığa sahip olmuştur.

Ayrıca laktoz ve maltoz ilavesi olmadan gerçekleştirilen TLC ile ek olarak maya kullanılan TLM ve % 4 laktoz ilavesi olan TL2 ile % 4 laktoz,% 3 maltoz ve maya ilavesi olan TLM2 arasında fark yoktur ($P>0,05$). Fakat optimum olarak gözükken % 1,5 maltoz, % 2,5 laktoz ve maya içeren TLM1 ve % 2,5 laktoz ilaveli olan TL1 arasında anlamlı fark olduğu gözlemlendi ($P<0,05$).

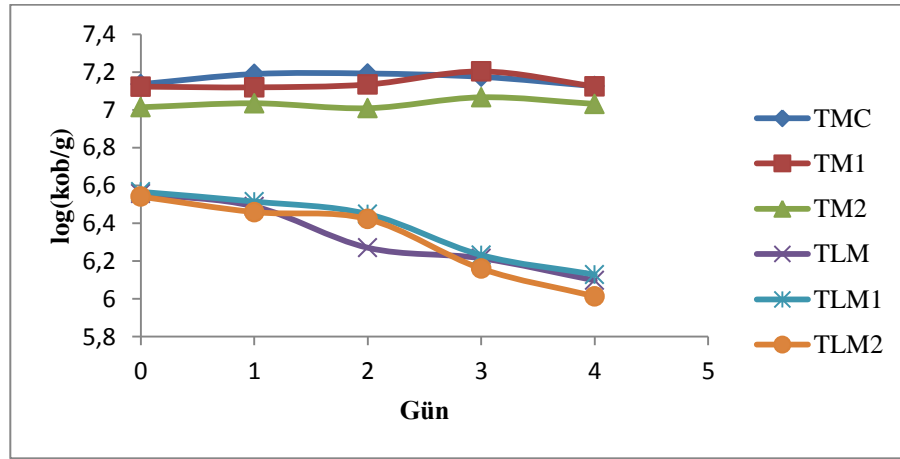
Fermantasyonun sonuna gelindiğinde ise iki fermantasyonun birlikte gerçekleştiği hamurlarda 6 log(kob/g) ile ciddi değişim olmaz iken laktik asit fermantasyonunda ortalama 7,25 log(kob/g) ile en fazla gelişim olmuştur.



Şekil 5.2: Toplam laktik asit bakterisi (LAB) kontrol karşılaştırılmalı değişimi grafiği.

Şekil 5.2'ye bakıldığında unun etkisi hem TLC ve Y arasında hemde TLM ve C arasında bakıldığında anlamlı bir fark olmaması unun etkili bir parametre olmadığını göstermiştir ($P>0,05$).

LAB için yeni yoğrulmuş tarhana hamurlarında yapılan Erbaş ve arkadaşlarının 2005 yılında yapmış olduğu, Herken ve arkadaşlarını 2012 yılında yapmış olduğu ve Settanni ve arkadaşlarının 2011 yılında yapmış olduğu çalışmalara bakıldığında değerlerin 3,00-8,66 log(kob/g) gibi geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir, fermente olmuş tarhana hamurları için gene aynı çalışmalara bakıldığında 3,10-6,79 log(kob/g) aralığında tespit edilmiştir [Erbaş et al., 2005], [Herken ve Çon, 2012], [Setanni et al., 2011].



Şekil 5.3: Maya değişimi grafiği.

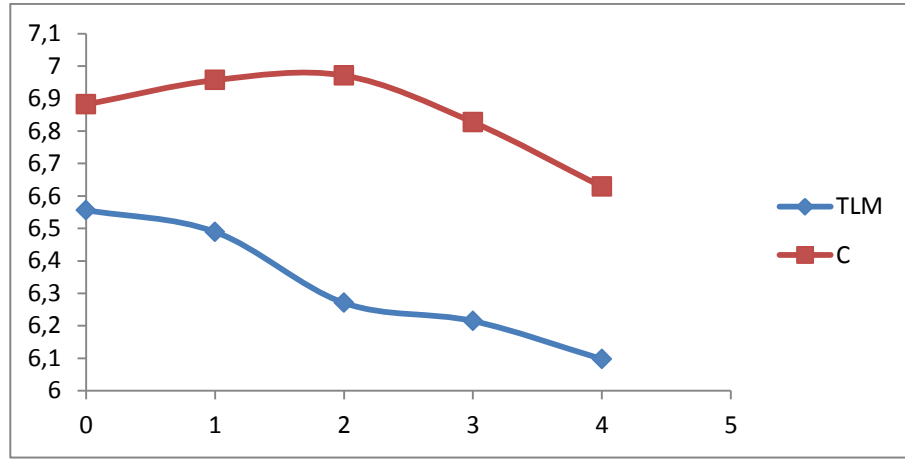
Maya gelişimi Şekil 5.3'e bakıldığında, TMC 7,13 log(kob/g) gelişme ile en çok gelişmenin olduğu hamur olmuştur. Her iki fermantasyonun gerçekleştiği hamurlarda ortalama 6,55 log(kob/g) ile en düşük gelişmeye sahiptir. Laktik asit fermantasyonu ile birlikte gerçekleşen etil alkol fermantasyonunda maya gelişimi olumsuz yönde etkilenmiştir.

Sadece etil alkol fermantasyonu gerçekleşen hamurlarda % 1,5 maltoz ilavesinin anlamlı değişiklik yapmadığı ($P>0,05$) gözükürken % 3 maltoz eklenmesinin diğerlerine göre maya gelişiminde düşüşe neden olduğu, istatistiksel olarak farklılık olduğu gözlemlendi ($P<0,05$).

Her iki fermantasyonu birlikte gerçekleştiği hamurlara kendi içinde bakıldığında TLM-TLM1 ve TLM-TLM2 arasında fark olmadığı ($P>0,05$) ama TLM1 ve TLM2 arasında fark olduğu gözüküştür ($P<0,05$). Nedeni ise %1,5 maltoz, % 2,5 laktöz ilavesinde % 3 maltoz, % 4 laktöz ilavesine göre daha çok gelişim olmasından kaynaklıdır.

Sadece etil alkol fermantasyonu gerçekleştiren TMC ile her iki fermantasyonunda birlikte gerçekleştiği TLM'ye ve şeker ilaveli TM1-TLM1 ve TM2-TLM2' ye bakıldığında laktik asit fermantasyonun maya gelişimini olumsuz etkilediği TMC'ye göre daha düşük kalmıştır istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlemlendi.(P<0,05). İki fermantasyonun birlikte olması maya gelişimi için istenilen ortamı sağlamamasından kaynaklı olduğu gözlemlendi.

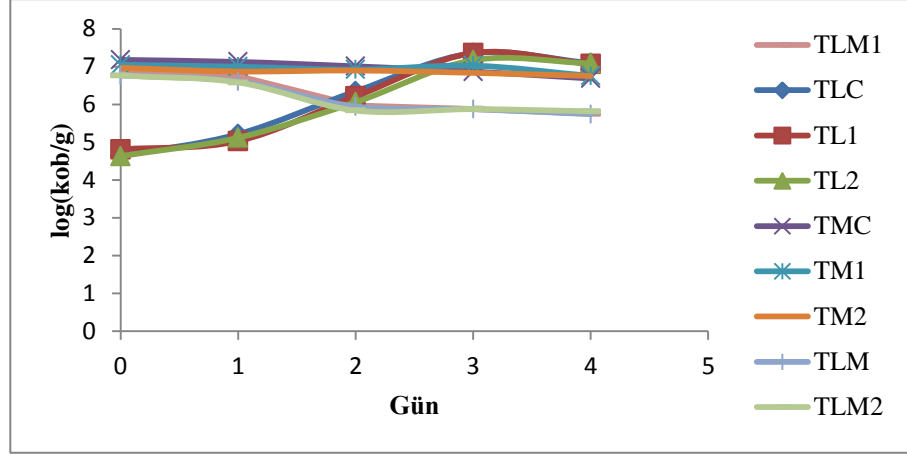
Fermantasyonun son gününe bakıldığında da gene aynı şekilde en yüksek TMC ve TM1 iken en düşük TLM2 olmuştur.



Şekil 5.4: Kontrol karşılaştırılmalı maya değişim grafiği.

Şekil 5.4'e bakıldığında unun etkisi hem TLM ve C arasında hemde TLM ve C arasında bakıldığında anlamlı bir fark olması unun etkili bir parametre olduğunu göstermiştir (P<0,05).

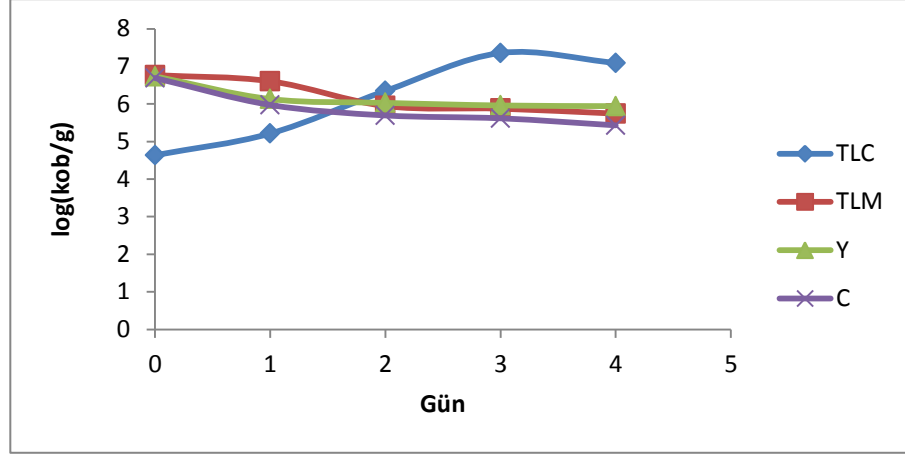
Maya sayıları yeni yoğrulmuş tarhana hamurlarında Erbaş ve arkadaşlarının 2005 yılında yaptığı çalışmada 6,59 log(kob/g), Settanni ve arkadaşlarını 2011 yılında yaptığı çalışmada 7,20 log(kob/g) ve Herken ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı çalışmada 6,7-6,8 log(kob/g) bulunmuştur. Fermente olmuş tarhana hamurlarındaki maya sayılarına gene sırasıyla aynı çalışmalara bakıldığında 6,26-5,78 log(kob/g) aralığında , 5,9-5,4 log(kob/g) aralığında ve 8,0-7,2 log(kob/g) aralığında şeklinde verilmiştir [Erbaş et al., 2005], [Herken ve Çon, 2012], [Setanni et al., 2011] .



Şekil 5.5: Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değişimi grafiği.

Şekil 5.5'e bakıldığında hamurun yapıldığı gün TMC 7,13 log(kob/g) ile en yüksek değere sahip iken TLC ve TL2 4,63 log(kob/g) en düşük değere sahiptirler. Fermantasyon sırasında laktik asit fermantasyonun gerçekleştiği hamurlarda ciddi anlamda gelişme olurken, etil alkol fermantasyonu olan hamurlarda az miktarda düşme ve her iki fermantasyonun olduğu hamurlarda düşme görülmektedir. Son güne bakıldığında TL2 7,08 log(kob/g) ile en yüksek gelişmeye sahip iken TLM1 5,75 log(kob/g) ile en düşük gelişmeye sahiptir.

TLM1-TM1 ve TLM2-TM2'de her iki fermantasyonun birlikte olduğu şartlarda TMAB gelişmesini sadece etil alkol fermantasyonuna göre daha çok etkilediği görülmektedir ($P < 0,05$). Bunun haricinde diğer diğer fermantasyon hem kendi içlerinde hem de birleri arasında karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($P > 0,05$).



Şekil 5.6: Kontrol karşılaştırılmalı toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) değişimi grafiği.

Unun TMAB'yi TLM-C ve TLC-Y karşılaştırılmasında etkilemediği görülmüştür ve istatistiksel olarak fark yoktur ($P>0,05$).

TMAB sayıları yeni yoğrulmuş tarhana hamurlarında Erbaş ve arkadaşlarının 2005 yılında yaptığı çalışmada 6,43 log(kob/g), Settanni ve arkadaşlarını 2011 yılında yaptığı çalışmada 7,50 log(kob/g) ve Herken ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı çalışmada 6,8 log(kob/g) olarak bulunmuştur. Fermente olmuş tarhana hamurlarındaki TMAB sayılarına gene aynı çalışmalara sırasıyla bakıldığında e 6,58-5,95 log(kob/g) aralığında, 6,7-5,2 log(kob/g) aralığında 8-6,9 log(kob/g) aralığında şeklinde verilmiştir [Erbaş et al., 2005], [Herken ve Çon, 2012], [Setanni et al., 2011].

% 1,5 maltoz, % 2,5 laktoz eklenmiş hem laktik asit fermantasyonu hem de etil alkol fermantasyonunun birlikte gerçekleştiği TLM1 hamurunda etüv kurutma ve dondurarak kurutma yapılmıştır. Laktik asit bakterisi, maya ve toplam mezofilik aerobik bakteri yüklerindeki değişim Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Etüv kurutma ve dondurarak kurutmada ki değişim.

log(kob/g)	LAB	Maya	TMAB
TLM1	7,03	7,04	7,00
TLM1+Etüv	7,23	7,04	6,98
TLM1+Ddondurark	5,65	5,50	5,61

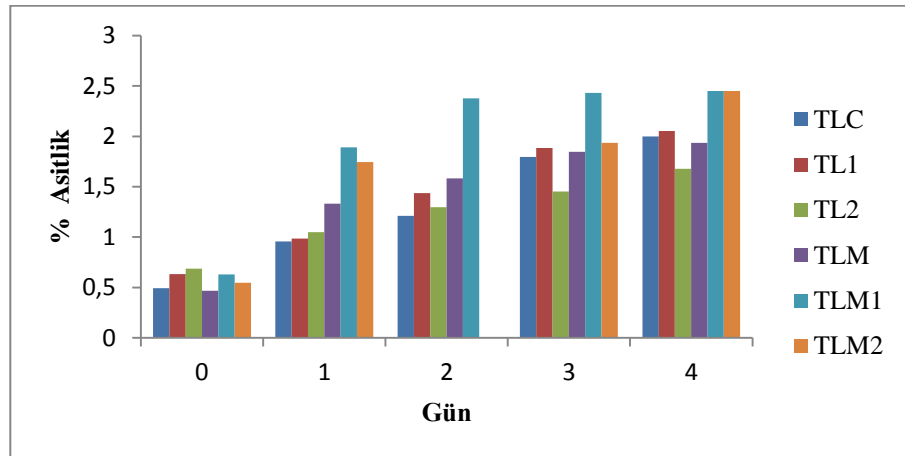
Etüv kurutmada LAB, maya ve TMAB’de değişme olmamış iken dondurarak kurutmada ciddi düzeyde azalma olduğu gözükmemektedir.

Daha önce Bozkurt ve arkadaşınının 2008 yılında yapmış olduğu çalışmada fermentasyon zamanının ve yoğurt miktarını yanı başlatıcı kültürün arttırılmasının laktik asit miktarını arttıracacağı bulundu. Bununla birlikte iki kurutma methodu arasındaki en önemli farkın nem olduğu sonucuna varıldı. Laktik asit miktarının fazla olması nemden kaynaklı bozulma ile bağlantılı olduğu bulundu [Bozkurt, 2008].

5.2. Tarhana Hamurlarında Zamanla Asitlikteki Değişim

Tarhana, fermentasyonunda laktik asit bakterilerinin ve mayaların birlikte çalışmasıyla oluşan organik asitler nedeniyle ekşi bir aromaya sahiptir. Asitlik, hem kuru bir ürün olan tarhananın bozulmadan uzun süre muhafaza edilebilmesini hem de tüketiciler tarafından duysal anlamda kabul edilebilirliğini artırması açısından önemli bir özelliktir [Erol, 2010].

Araştırmada tarhana hamurlarının hazırlandığı gün ve fermentasyon periyodu boyunca periyodik olarak her gün tarhana hamurlarında asitlik derecesi tayini yapıldı. Tarhana hamurlarının asitlik dereceleri fermentasyon süreci boyunca Şekil 5.7’deki gibi değişim gösterdi. Her bir değer, iki tekrarlı ve iki paralelli sonuçların ortalamasıdır.



Şekil.5.7: % asitlik değişimi grafiği.

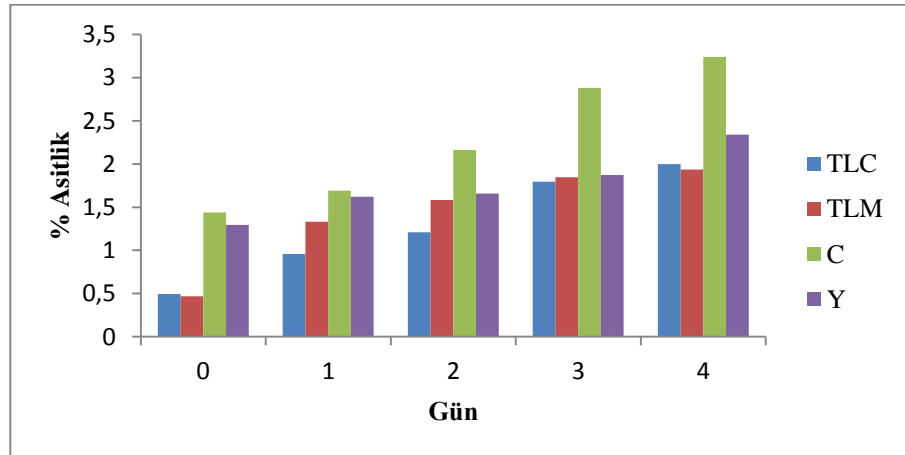
Asitlik değerleri hamurun ilk hazırlandığı günde en yüksek % 4 laktoz ilaveli TL2 hamurunda gözlenmiştir. En son güne bakıldığında TLC ve TLM şeker ilavesi

olmayan örnekler en düşük asitliğe sahiptir. Şekil 5.7'e göre tarhana hamurları içinde asitlik değişimi en yüksek olan TLM1 örneğidir. Bu örnekte % 2,5 laktoz, % 1,5 maltoz ilavesi ile maya ve başlatıcı kültür birlikte kullanılmıştır. Fakat TL2 görüleceği üzere fazla şeker ilavesi varlığında asitlik diğer örenklere kıyasla daha düşük kalmıştır.

Laktoz miktarı artırılarak yapılan örneklerde, TLC ile TL1 ve TLC ile TL2 kıyaslandığında şeker olmadan yapılan ile laktoz eklenerek yapılanlar arasında farklılık görülmemiştir ($P>0,05$). Fakat % 2,5 laktoz ilaveli TL1 ile % 4 laktoz ilaveli TL2 arasında fark olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Laktik asit ve etil alkol fermantasyonunun birlikte gerçekleştiği TLM örneğinin % 1,5 maltoz, % 2,5 laktoz ilaveli TLM1 ve % 3 maltoz, % 4 laktoz ilaveli TLM2 kıyaslanmasında şeker ilavesinin etkili olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Fakat TLM1 ve TLM2 birlikte kıyaslandığında şekerin fazla arttırımında ciddi değişiklik görülmemiştir ($P>0,05$). Ayrıca TLM1 numunesi 2.günde istenilen asitlik değerine ulaşmıştır. Böylece fermantasyon süresinde kısaltma sağnabilir.

Hem şeker ilavesi hem de maya varlığında olan fermantasyonlara TLM1-TL1 ve TLM2-TL2 arasında farklılıklar vardır ($P<0,05$). Son olarak laktik asit ve etil alkol fermantasyonunun şeker ilavesi olmadan birlikte gerçekleştiği TLM içinde maya ve şeker eklenmeden yapılan TLC ile bakıldığında mayanın asitliği etkilemediği fark edilmiştir ($P>0,05$).



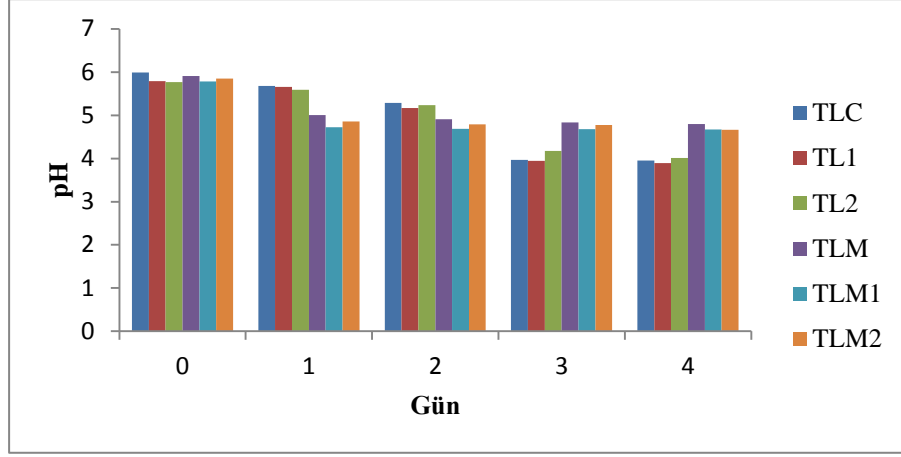
Şekil 5.8: % asitlik kontrol karşılaştırmalı değişim grafiği.

Unun laktik asit fermentasyonunda etkili olduğu TLC ve Y örneklerine bakıldığında görülmektedir ($P<0,05$). Örneklerinde un olmadan yapılan TLM ve C bakıldığında unun asitliğe etki ettiği görülmüştür ($P<0,05$).

Tarhana hamurlarının fermentasyon süreci boyunca gelişen asitlik derecesi değerleri Erbaş ve arkadaşlarını 2006 yılında yaptığı çalışmada, Bilgiçli ve arkadaşının 2007 yılında yapmış olduğu çalışmada verilmiştir. Erbaş ve arkadaşının çalışmasında tarhana hamurlarının 3 günlük fermentasyon sürecindeki titre edilebilir asitlik değerlerini belirleyip, sonuçları laktik asit cinsinden vermişlerdir. Araştırmada tarhana hamurlarındaki titre edilebilir asitliğin 0. günde 26,50 g/kg olduğu, bu değer fermentasyonun 1. gününde 35,70 g/kg'a, 2. gününde 38,90 g/kg'a ve 3. gününde 41,40 g/kg'a yükseldiği bulunmuştur. Söz konusu çalışmada, ilk 3 günlük fermentasyon süresinde titre edilebilir asitlik değeri ile Şekil 5.1'deki ilk üç günlük artışlar kıyaslandığında diğer çalışmaya göre daha fazla artış olduğu görüldü. Bu durumun tarhana hamurlarının formülasyonlarındaki ve hazırlama yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [Erbaş et al., 2006], [Bilgiçli and İbanoğlu, 2007].

5.3. Tarhana Hamurlarında Zamanla pH Değişimi

Tarhanada laktik asit ve etil alkol fermentasyonu birlikte gerçekleşmektedir. Laktik asit fermentasyonu, yoğurtla bileşimine giren, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* bakterileri tarafından gerçekleşmekte ve üründe laktik asit oluşmaktadır. Maya, etil alkol fermentasyonunu gerçekleştirmekte ve üründe etil alkol ile CO₂ oluşmaktadır. Fermentasyon sırasında laktik asit miktarı arttıkça ortamın asitliği artmakta ve böylelikle pH değeri düşmektedir [Temiz ve Pirkul, 1990]. Bu çalışmada ilk olarak tarhanada sadece laktik asit fermentasyonu ikinci olarak sadece etil alkol fermentasyonu ve son olarak bu iki fermentasyon birlikte gerçekleştirilmiştir. Ayrıca un varlığını etkisini gözlemlemek için de unsuz olarak 2 örnek yapılmıştır. Her bir değer, iki tekrarlı ve iki paralelli sonuçların ortalamasıdır. Tarhana hamurlarının fermentasyonu süresince belirlenen pH değerlerinde ki değişim Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'de verildi.



Şekil 5.9: pH değişim grafiği.

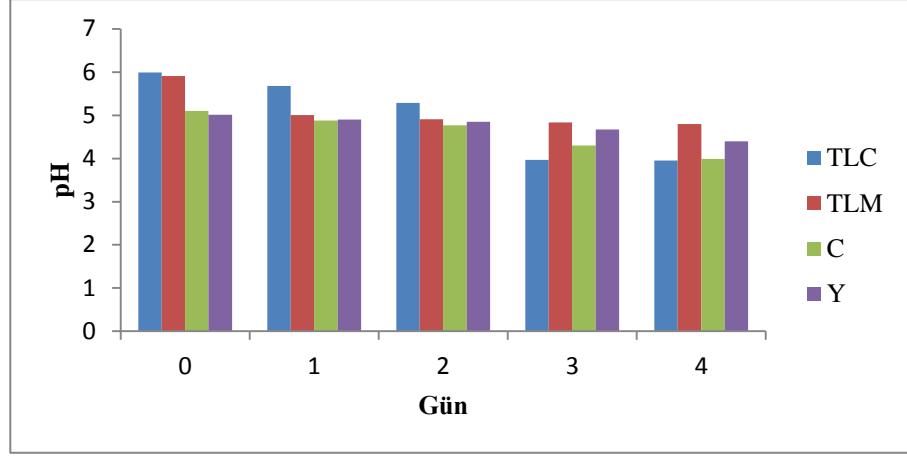
Başlangıç pH değerleri dikkate alındığında en yüksek değer TLC şeker eklemesi olmadan ve maya olmadan yapılan hamurda görülür iken, en düşük değer ile TL1 % 2,5 laktoz ilavesi olan hamur ve TLM1 % 2,5 laktoz, % 1,5 maltoz ve maya ilavesi olan hamurda gözlemlendi.

Ayrıca Şekil 5.9 incelendiğinde TLC, TL1 ve TL2 sadece laktik asit fermantasyonu gerçekleşen örneklerde 2.günden sonra pH'da ciddi düşüş gözükürken TLM, TLM1 ve TLM2 laktik asit ve etil alkol fermantasyonu birlikte gerçekleşen örneklerde 1.günde ciddi düşüş gerçekleşmiştir. Sadece laktik asit asit fermantasyonu gerçekleşen TLC, TL1 ve TL2 bakıldığında şeker ilavesinin anlamlı bir farklılık yaratmadığı görülmüştür ($P>0,05$).

Şekil 5.9'da görüldüğü üzere hem laktik asit hemde etil alkol fermantasyonu birlikte gerçekleştiği hamurlarda pH düşüşü sadece laktik asit fermantasyonu olan hamurlara göre daha az olmuştur fakat aralarında anlamlı farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($P>0,05$).

TL1-TLM1 ve TL2-TLM2'de maya ve maltoz varlığında değişiklik olmamıştır ($P>0,05$).

Her iki fermantasyonun birkilte gerçekleştiği örnekler ve ve sadece laktik asit fermantasyonu birlikte gerçekleştiği örneklerde TLC-TLM, TL1-TLM1 ve TL2-TLM2 arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ($P>0,05$).



Şekil 5.10: pH kontrol karşılaştırmalı değişim grafiği.

Un katılmadan sadece yoğurt içeren Y numunesinde un varlığında olan TLC ile bakıldığında unun etkili olmadığı gözlemlenmiştir ($P>0,05$). Her iki fermantasyonu birlikte gerçekleştiği örnekler arasında ise anlamlı farklılıklar vardır ($P<0,05$). Son olarak unun her iki fermantasyonun birlikte gerçekleşmesinde pH’da etkili olduğu C ile TLM arasında fark olduğu görüldü ($P<0,05$).

Ayrıca “Toplam asitlik” ve “pH”, birbirleriyle karıştırılmaması gereken iki farklı kavramdır. Temelde asitlik olgusuyla ilgili ancak birbirleriyle sadece uzaktan bağlantılı kavramlardır. Toplam asitlik; asidin zayıf veya kuvvetli olduğuna bakılmaksızın toplam asit miktarını gösterirken, pH terimi, etkili asitliği yani asitliğin gücünü tanımlamak için kullanılır [Cemeroğlu, 2007].

Bu alanda Erbaş ve arkadaşlarını 2006 yılında yaptığı çalışmada tarhana hamurlarının 3 günlük fermentasyon periyodu boyunca pH değerleri başlangıçta 4,61, 1. günde 4,21, 2. günde 4,09 ve 3. gününde 4,05 şeklinde ölçülmüştür. İfade edilen değerler, Şekil 5.2 ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu gözükmektedir [Erbaş et al., 2006]. Gürbüz ve arkadaşlarını 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada ise fermantasyonu süreci boyunca pH 4.35-0.29 olarak bulunmuştur [Gürbüz et al., 2010]. Bu farklılığın tarhana hamurlarının formülasyonlarındaki ve hazırlama yöntemlerindeki yoğurt kullanımı ve başlatıcı kültür kullanılarak elde edilen katılaşmamış yoğurt kullanılmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir [Erbaş et al., 2006].

5.4. Laktik Asit Bakterisi ve Maya Gelişme Kinetiği

Araştırmada laktik asit bakterisinin değişik şeker miktarlarında farklı fermantasyonlara gelişme kinetiği çalışıldı.

- Laktik asit fermantasyonunun da LAB gelişme kinetiği parametreleri;
- Laktik asit-Etil alkol fermantasyonunda LAB gelişme kinetiği parametreleri;
- Etil alkol fermantasyonunda maya gelişme kinetiği parametreleri; Tablo 5.2 ve Tablo 5.3’de verildi.

Tablo 5.2: Spesifik büyüme hızı tablosu.

	TLC	TL1	TL2	TLM	TLM1	TLM2	
$\mu(sa-1)$	0,073	0,0737	0,0692	0,0047	0,0062	0,022	LAB
$\mu(sa-1)$	0,0008	0,0009	0,000008	-0,0112	-0,0097	-0,0114	MAYA

Tablo 5.3: Maksimum spesifik büyüme hızları ve Ks tablosu.

	LAB		MAYA	
	LAB	LAB+Maya	LAB	LAB+Maya
Ks	0,058	0,021	0,016	0,005
$\mu_{max}(sa-1)$	0,08	0,0063	0,00094	-0,00113

Tablolara bakıldığı zaman laktik asit fermantasyonu ve etil alkol fermantasyonun birlikte gerçekleştiği TLM, TLM1 ve TLM2 hamurlarında maya gelişmesinin olumsuz olduğu yani elde edilen pH değerinin mayanı gelişmesi için uygun olmadığı elde edildi.

5.5. Tarhana Hamurunda Renk

Tarhana hamuru örneklerinin L*, a*, b* değerleri Tablo 5.4’de verilmiştir. Verilen sonuçlar örneklerin farklı yerlerinden alınan ölçümlerin ortalaması şeklindedir.

Tablo 5.4: Tarhanana hamuru örneklerin L*, a*, b* değerleri.

	L*	a*	b*
TLC	66,236 ±0,353	-0,138 ±0,106	13,006 ±0,973
TL1	65,949 ±0,452	-0,187 ±0,076	13,332 ±0,873
TL2	66,082 ±0,287	-0,172 ±0,082	13,784 ±0,559
TMC	68,904 ±3,230	0,504 ±0,066	13,964 ±0,334
TM1	68,733 ±3,395	0,457 ±0,037	13,979 ±0,102
TM2	68,976 ±3,417	0,337 ±0,091	13,993 ±0,278
TLM	74,296±0,022	1,24±0,038	13,546±0,015
TLM1	75,616±0,107	0,516±0,027	14,522±0,043
TLM2	75,226±0,289	0,51±0,014	14,162±0,139

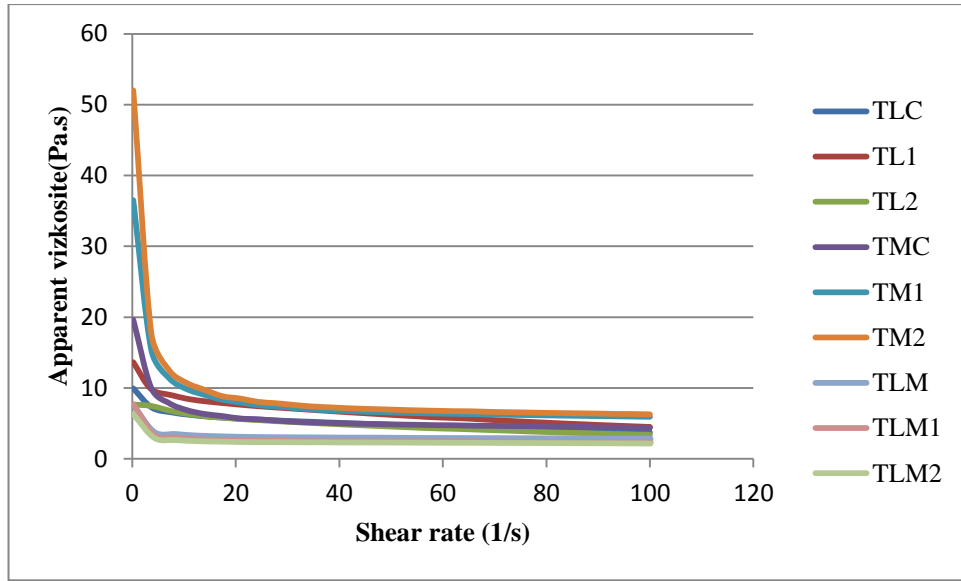
TS 2282 tarhana standardına göre tarhananın kendine özgü sarımsak kırmızı renkte olması istenmektedir [TSE, 2004]. Fakat bizim yaptığımız çalışmada salça ve benzeri kırmızı ve sarımsak renk veren ürünler kullanmadığımız için daha açık renk oluşumuna neden olmaktadır.

Sadece laktik asit fermentasyonun yapıldığı TLC, TL1 ve TL2'ye göre laktoz artırılması L*, yani parlaklığa etki etmediği görülmüştür (P>0,05), a* yani kırmızılığında da değişim olmamıştır (P>0,05) ve aynı şekilde b* yani sarılığında da etki etmemiştir (P>0,05). Sadece etil alkol fermentasyonun yapıldığı TMC, TM1 ve TM2'ye göre maltoz miktarının artırılmasının parlaklığında L*, kırmızılığında a* ve sarılığında b* değişime neden olmadığı gözükmemektedir (P>0,05). Ancak şeker ilavesi olmadan bütün fermentasyon türleri karşılaştırıldığında parlaklık ve sarılığında değişim olmadığı (P>0,05) sadece fermentasyon türünün kırmızılığa etki ettiği üç değerinde birbirinden farklı olduğu ve artış gösterdiğini görmekteyiz (P<0,05).

Daha önce Bilgiçli'nin 2009 yılında yaptığı çalışmada L değerini 70,89, a değerini 10,37 ve b değerini 31,98 şeklinde bulmuştur [Bilgiçli, 2009].

5.6. Tarhana Hamurunda Reoloji

Farklı fermantasyon türlerinde şeker ilavesi ile elde edilen tarhana hamurlarında fermantasyon sonuna hamurun sıvılaştığı görülmüştür. Tarhana hamurunda ki asit konsantrasyonu, hidroliz olma sıcaklığı ve zaman viskoziteyi etkileyen en önemli temel değişkenlerdir [İbanoğlu, 2004]. Hamurun davranış özelliği newtonian olmayan kayma ile incelen özellik gösterdiği Şekil 5.11’de görülmüştür.



Şekil 5.11: Tarhana hamurlarında akış özellikleri grafiği.

Tablo 5.5: K ve n değerleri.

	TLC	TL1	TL2	TMC	TM1	TM2	TLM	TLM1	TLM2
K(Pa.sⁿ)	11,18	17,63	10,16	12,5	20,52	24,734	4,44	3,11	2,67
n	0,7611	0,735	0,806	0,761	0,72	0,69	0,9	0,95	0,96

Akış özelliklerine göre K ve N değerleri kıyaslamasında K değerleri için sadece laktik asit fermantasyonun ve sadece etil alkol fermantasyonun olduğu hamurlarda şeker miktarındaki artış değişime neden olmamıştır ($P>0,05$).

Her iki fermantasyon birlikte gerçekleştiğinde TL2 TLM'ye göre daha katı kalmıştır şeker fazla arttırıldığında etki göstermektedir ($P<0,05$). Şeker ilavesinin

olmadığı TLC, TMC ve TLM'ye bakıldığında her iki fermantasyonun birlikte gerçekleştiği TLM'de farklılık vardır ($P < 0,05$).

N değerleri için baktığımızda sadece laktik asit fermantasyonun, sadece etil alkol fermantasyonun ve her ikisinin birlikte olduğu fermantasyonda şeker miktarında ki artışın akış davranışına da etkili olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0,05$). Yalnızca şeker ilavesinin olmadığı TLC, TMC ve TLM'ye bakıldığında laktik asit fermantasyonu ve etil alkol fermantasyonun birbirine yakın olduğu görülürken ($P > 0,05$) her iki fermantasyonun birlikte gerçekleşmesinde bu iki duruma göre akış davranış özelliği yüksek kalmıştır ($P < 0,05$).

Daha önce Ertaş ve arkadaşlarının 2009 yılında yapmış olduğu çalışmada shear rate artmasıyla apparent vizkositenin azaldığı yani newtonion olmayan davranış özelliği gösterdiği bulunmuştur. Aynı çalışmada n değeri 0.2260 -0.3387 aralığında k değeri ise 25,640 - 44,720 Pa.sⁿ aralığında verilmiştir [Ertaş et al, 2009].

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada şekerin laktik asit bakterisi (LAB), toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve maya kolonilerin gelişimini ve bu şeker artırımının hamurlar üzerinde kimyasal ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir.

Bu çalışmadaki sonuçlara göre sadece laktik asit fermantasyonun gerçekleştiği, TLC şeker ilavesiz hamur, TL1 % 2,5 laktoz ilaveli hamur ve TL2 % 4 laktoz ilaveli hamurda asitliğin artışı kıyaslandığında en az TL2'de olduğu görülmüştür. Bu farklılık pH çok etki etmemiş birbirine yakın olarak günden güne değişmiştir. LAB gelişimine bakıldığında ise TM1'de daha fazla olduğu TM2'nin ise en düşük kaldığı gözükmektedir. Laktik asit bakterisi (LAB), toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve maya μ_{max} değerlerine bakıldığında bu değer en yakın TL1'e olduğu görülmektedir. Fazla şeker artışının mikrobiyal gelişmeyi olumsuz etkilediği, optimumdan sonra gelişmelerin düştüğü gözükmektedir. Şeker artırımının renk değerlerine etkisinde gözlemlenmemiştir. TLM1'in reolojik özellikleri diğer 2 numuneden farklıdır.

Sadece etil alkol fermantasyonun gerçekleştiği TMC şeker ilavesiz hamur, TL1 % 1,5 laktoz ilavesi olan ve TL2 % 3 laktoz ilavesi olan hamurlara bakıldığında gene fazla şeker ilavesinin maya gelişimini olumsuz etkilediği görülmüştür. Optimum değer TMC ve TM1 arasında olduğu μ_{max} değerlerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca fermantasyonun gerçekleştiği kaplar günlük olarak incelendiğinde CO₂ oluşumuna bağlı olarak kabarma miktarında en çok TL1'de olduğu dikkat çekmiştir. Bunu nedenin hamurun içindeki mayaların şekeri en rahat bu numunede kullandığı çıkarımı yapılabilmektedir. Renk değerleri arasında fark olmazken, reolojik parametrelerde k değerinin arttığını n değerinin ise azaldığı dikkat çekmiştir.

Her iki fermantasyonun birlikte gerçekleştiği TLM şeker ilavesiz, TLM1 % 1,5 maltoz, % 2,5 laktoz ilaveli ve TLM2 % 3 maltoz, % 4 laktoz ilaveli hamurlarda laktik asit bakterisi ciddi anlamda gelişme gösterirken mayayı olumsuz etkileyerek mayada ki gelişiminde düşüş gözlemlenmiştir. Bütün değerler kıyaslandığında tarhana yapımında TLM2 hamurunun optimum olabileceği düşüncesine varılmıştır. C ve Y ise un konulmadan kontrol amaçlı yapılmıştır. Ayrıca reolojik parametrelere en düşük TLM, TLM1 ve TLM2 sahip olduğu gözlemlenmiştir. Nedeni ise her iki

fermantasyon birden gerçekleştiğinden ortamda fazla asit oluşumundan olabileceğidir.

KAYNAKLAR

Akbaş Ş., Coşkun H., (2006), “Tarhana üretimi ve özellikleri üzerine bir değerlendirme”, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 703- 706, Bolu, Türkiye, 24-26 Mayıs

Bayrakçı A. H., Bilgiçli N., (2014), “Influences of resistant starches of chemical and functional properties of tarhana”, Journal of Food Science and Technology, 52 (8), 5335–5340.

Bilgiçli N., (2009), “Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of Tarhana”, Food Science and Technology, 42, 514-518.

Bilgiçli N., İbanoğlu Ş., (2007), “Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour–yoghurt mixture”, Journal of Food Engineering, 78(2), 681-686.

Blandino A., Al-Aseeri M. E., Pandiella S. S., Cantero D., Webb C., (2003), “Cereal-based fermented foods and beverages”, Food Research International, 36, 527-543.

Bozkurt O., Gürbüz O., (2008), “ Comparison of lactic acid contents between dried and frozen tarhana”, Food Chemistry, 108, 198-204.

Cemeroğlu B., (2007), “Gıda Analizlerinde Genel Yöntemler”, In: B. Cemeroğlu, Editor, “Gıda Analizleri Kitabı”, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.

Certel M., Erbaş M., Uslu M.K., Erbaş M.O., (2007), “Effects of fermentation time and storage on the water-soluble vitamin contents of tarhana”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87, 1215-1218.

Erbaş M., Certel M., Uslu M. K., (2004), “Yaş ve kuru tarhananın şeker içeriğine fermentasyon ve depolamanın etkisi”, Gıda, 29 (4), 299-305.

Erbaş M., Certel M., Uslu M. K., (2005), “ Microbiological and chemical properties of tarhana during fermentation and storage as wet-sensorial properties of tarhana soup”, Swiss Society of Food Science and Technology, 38, 409-416.

Erbaş M., Uslu M. K., Erbaş M .O., Certel, M., (2006), “ Effects of fermentation and storage on the organic and fatty acid contents of tarhana, a Turkish fermented cereal food”, Journal of Food Composition and Analysis, 19, 294-301.

Ertaş N., Sert D., Demir M. K., Elgün A., (2009), “ Effect of whey concentrate addition on the chemical, nutritional and sensory properties of tarhana (a Turkish fermented cereal-based food)”, Food Science and Technology Research, 15 (1), 51-58.

Erol I. N., (2010), “Keçiboynuzlu Tarhana Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi.

Gürbüz O., Göçmen D., Özmen N., Dağdelen F. (2010), "Effects of yeast, fermentation time, and preservation methods on tarhana", *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 40 (4), 263–275.

Hancığlu Ö., Karapınar M., (1998), "Hububat bazlı fermente ürünler ve fermantasyon işleminin sağladığı avantajlar", *Gıda*, 23 (3), 211-215.

Herken E. N., Çon A. H., (2012), "Use of different lactic starter cultures in the production of tarhana", *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (1),59-67.

İbanoğlu Ş. (2004), "Effect of dilute lactic acid hydrolysis on the cooked viscosity of a fermented white wheat flour-yogurt mixture", *Journal of Food Engineering*, 64, 343–346.

İbanoğlu Ş., İbanoğlu E., (1999), "Rheological properties of cooked tarhana, a cereal-based food", *Food Research International*, 32, 29-33.

İbanoğlu S., İbanoğlu E., Ainsworth P., (1999), "Effect of different ingredients on the fermentation activity in tarhana", *Food Chemistry*, 64, 103-106.

İbanoğlu Ş., Maskan M., (2002), "Effect of cooking on the drying behaviour of tarhana dough, a wheat flour-yoghurt mixture", *Journal of Food Engineering*, 54, 119-123.

Karaçıl M. Ş., Tek N. A., (2013), "Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ilişkileri", *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27, 163-173.

Kurtulmuş F., Gürbüz O., Değirmencioğlu N., (2014), "Discriminating drying method of tarhana using computer vision", *Journal of Food Process Engineering*, 37 (4), 362-374.

Litchfield R. J., Liapis A. I., (1979), "An adsorption-sublimation model for a freeze dryer", *Chemical Engineering Science*, 34, 1085-1090.

Özdemir S., Gocmen D., Kumral A.Y., (2007), " A Traditional Turkish fermented cereal food: Tarhana", *Food Reviews International*, 23, 107-121.

Ratti C., (2008), "Freeze and Vacuum Drying of Foods", In: X. D. Chen, A. S. Mujumdar, Editors, "Drying Technologies in Food Processing", Blackwell Publishing.

Settanni L., Tanguler H., Moschetti S.R., Gargano V., Erten H., (2011), "Evolution of fermenting microbiota in tarhana produced under controlled technological conditions", *Food Microbiology*, 28, 1367-1373.

Stapley A., (2008), "Freeze Drying" In: J. A. Evans, Editor, "Frozen Food Science and Technology", Blackwell Publishing.

Şengün Y. İ., (2006), "Ege Bölgesinin Bazı Yörelerinde Yapılan Geleneksel Tarhana Ve Bileşenlerinin Bakteri Florasının Tanımlanması", *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi*.

Şener A., (2005), “Emir Üzümünün Şaraba İşlenmesinde Sıcaklığın ve Maya Şusunun Etil Alkol Fermantasyonu Kinetiğine Etkisi” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.

Tamer C. E., Kumral A., Aşan M., Şahin İ., (2007), “Chemical compositions of traditional tarhana having different formulations”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 31, 116-126.

Tamime A. Y., O’Connor T. P., (1995). “Kishk-a dried fermented milk/cereal mixture”, *International Dairy Journal*, 5, 109-128.

Temiz A., Pirkul T., (1991), “Farklı bileşimlerde üretilen tarhanaların kimyasal ve duyu özellikleri”, *Gıda*, 16 (1), 7-13.

TSE, (2004), Tarhana Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, TS 2282.

Yılmaz M. T., Sert D., Demir K., (2010), “Rheological properties of tarhana soup enriched with whey concentrate as a function of concentration and temperature”, *Journal of Texture Studies*, 41, 863-879.

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe TONUÇOĞLU 1991 yılında İstanbul'da doğdu. 2009 yılında Körfez Oruç Reis Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl lisans eğitimine başladı. Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 2014 yılında tamamladı. Aynı yıl Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.