T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NOHUT UNU İLAVELİ EKŞİ HAMURUN DONDURULMUŞ EKMEK YAPIMINDA KULLANIMI

GÖRKEM ÖZÜLKÜ

DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. MUHAMMET ARICI

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NOHUT UNU İLAVELİ EKŞİ HAMURUN DONDURULMUŞ EKMEK YAPIMINDA KULLANIMI

Görkem ÖZÜLKÜ tarafından hazırlanan tez çalışması 17.11.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof.Dr. Muhammet ARICI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Muhammet ARICI

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Z. Dilek HEPERKAN

İstanbul Aydın Üniversitesi _____

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

Namık Kemal Üniversitesi _____

Doç. Dr. M. Zeki DURAK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd.Doç. Dr. Fatih TÖRNÜK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne sağlamış oldukları her türlü imkandan dolayı değerli bölüm kurucularımız, Prof.Dr. Muhammet ARICI ve Prof.Dr. Osman SAĞDIÇ'a öncelikle teşekkür ederim.

Tez çalışmamda ve akademik hayatımda bilgisini, tecrübesini ve desteğini benden esirgemediği için değerli danışman hocam, Prof. Dr. Muhammet ARICI'ya,

Tez izleme toplantıları boyunca değerli fikirlerini ve vaktini bizimle paylaştığı için saygıdeğer juri üyesi değerli hocam Prof. Dr. Dilek HEPERKAN'a,

Yönlendirmeleriyle tez çalışmama sunmuş olduğu katkı ve doktora eğitimim sırasında öğrettiği her türlü bilgi için değerli hocam Doç. Dr. M. Zeki DURAK 'a

Çalışmam süresince aktardığı her türlü tecrübenin ve bilginin yanında sunmuş olduğu bilimsel destek için, kıymetli zamanını benimle paylaşan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Salih KARASU'ya,

Bilgi paylaşımlarını benden esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç.Dr. Fatih TÖRNÜK ve Yrd. Doç. Dr. Ömer Said TOKER'e

Değerli katkılarından ötürü juri üyesi saygıdeğer hocam Prof.Dr.Orhan DAĞLIOĞLU'na,

Beni ekşi hamur konusuna yönlendirdiği için yüksek lisans tez danışman hocam Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY'a,

Bu yolculukta tüm samimiyetiyle hep yanımda olduğu için, sevgisini ve desteğini benden esirgemeyen değerli arkadaşım Araş.Gör. Ruşen METİN YILDIRIM'a,

Sunmuş oldukları keyifli çalışma ortamından ötürü değerli mesai arkadaşlarıma,

Tez çalışmam sırasında un teminini sağladıkları için Eriş Un San. Ve Tic.'e ve İstanbul Halk Ekmek Fabrikasına,

Beni bugünlere getiren sevgili annem ve babama,

Eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği olan bütün hocalarıma, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kasım, 2017

Görkem ÖZÜLKÜ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ x

ÇİZELGE LİSTESİ xi

ÖZET xii

ABSTRACT xiv

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
2.1 Tezin Amacı 3
3.1 Hipotez 3

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 5

2.1 Dondurulmuş Hamur Teknolojisi 5
2.1.1 Dondurma İşlemi ve Hamur Yapısı Üzerine Etkileri 6
2.1.1.1 Gluten Üzerine Etkisi 7
2.1.1.2 Nişasta Üzerine Etkisi 8
2.1.1.3 Fermentasyon Süresi Üzerine Etkisi 9
2.1.1.4 Ekmeklik Kalite Üzerine Etkisi 10
2.1.2 Dondurulmuş Ekmek Hamuru Formülasyonu 10
2.1.3 Dondurma Yöntemleri 17
2.1.4 Çözündürme 19
2.2 Ekşi Hamur 19
2.2.1 Ekşi Hamurun Muhafazası 23
2.2.2 Ekşi Hamurun Dondurulmuş Ekmek Hamurunda Kullanımı 24
2.3 Nohut Unu ve Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı 25

BÖLÜM 3

MATERYAL ve METOT 29

3.1 Materyal 29
3.2 Metot 30
3.2.1 Un Örneklerinin Kalite Analizleri 30
3.2.1.1 Nem Tayini 30
3.2.1.2 Kül Miktarı Tayini 30
3.2.1.3 Protein Analizi 30
3.2.1.4 Yaş Gluten Miktarı 30
3.2.1.5 Zeleny Sedimentasyon Analizi 30
3.2.2.6 Farinograf Analizi 30
3.2.2.7 Ekstensograf Analizi 30
3.2.2 Ekşi Hamurun Hazırlanması 31
3.2.2.1 Tip II Ekşi Hamurun Üretiminde Kullanılan Maya ve LAB'lerin İzolasyonu ve Tanımlanması 32
3.2.2.2 Tip II Ekşi Hamur Üretiminde Kullanılan Suş Kombinasyonlarının Seçimi ve Tip II Ekşi Hamur Üretimi 34
3.2.3 Ekşi Hamurların Genel Özelliklerinin Belirlenmesi 36
3.2.3.1 pH Tayini 36
3.2.3.2 Titre Edilebilir Asitlik Tayini 36
3.2.3.3 Toplam Maya ve Laktik Asit Bakteri Sayısı Tespiti 37
3.2.4 Ekmek Hamurunun Hazırlanması 37
3.2.5 Ekmek Hamuru Analizleri 37
3.2.5.1 Dinamik Reolojik Ölçümler 37
3.2.5.2 Ekstensograf Analizi 38
3.2.5.3 Donabilen Su Miktarının Ölçülmesi 38
3.2.6 Ekmek Üretimi 39
3.2.7 Ekmeklerin Kalite Analizleri 39
3.2.7.1 Hacim Ölçümü 39
3.2.7.2 Renk Ölçümü 39
3.2.7.3 Tekstür Analizi 40
3.2.7.4 Duyusal Analiz 40
3.2.8 İstatistiksel Analiz 40

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA 42

4.1 Un Örneklerinin Kalite Özellikleri 42
4.2 Ekşi Hamurların Genel Özellikleri 44
4.2.1 Tip I Ekşi Hamurunun Genel Özellikleri 44
4.2.2 Tip II Ekşi Hamurlarının Genel Özellikleri 49
4.2.2.1 Tip II Ekşi Hamur Üretiminde Kullanılan İzolatların Seçimi 49
4.2.2.2 Donma-Çözünme İşlemi Sonucu İzole Edilen Maya ve LAB'lerin Sekans Analizi Sonuçları 53
4.3 Dondurarak Muhafazanın Ekmek Hamuru Üzerine Etkisi 56

4.3.1 Dinamik Reolojik Özelliklerine Etkisi 56
4.3.2 Ekstensograf Özelliklerine Etkisi 58
4.3.3 Donabilen Su Miktarı Üzerine Etkisi 60
4.4 Ekmeklik Kalite Üzerine Etkisi 61
4.4.1 Tip I Ekşi Hamurlu Ekmeklerin Kalite Özellikleri 61
4.4.2 Tip II Ekşi Hamurlu Ekmeklerin Kalite Özellikleri 64

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER 76

KAYNAKLAR 80

EK-A

DUYUSAL ANALİZ FORMU 92

EK-B

TİP I EKŞİ HAMURLU EKMEKLER 93

EK-C

TİP II EKŞİ HAMURLARI-1 94

EK-D

TİP II EKŞİ HAMURLARI-2 95

EK-E

TİP II EKŞİ HAMURLU EKMEKLER-1 96

EK-F

TİP II EKŞİ HAMURLU EKMEKLER-2 97

ÖZGEÇMİŞ 98

SİMGE LİSTESİ

a*	kırmızılık
b*	sarılık
BU	Brabender birimi
E	Uzayabilirlik
G’	Depolama modülü
G"	Kayıp modülü
G*	Kompleks modül
L*	Parlaklık
n*	Kompleks modül değeri için eğim
R_m	Uzamaya karşı maksimum direnç

KISALTMA LİSTESİ

AACC	American Association of Cereal Chemists
BLAST	Basic Local Alignment Search Tool
BUCEH	*S.cerevisiae* ile hazırlanmış buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
BUCEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş BUCEH
BUDE	Donma çözünme işlemi sonucu izole edilen suşlarla üretilen buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
BUDED	Dondurarak muhafaza edilmiş BUDE
BUDEH	*T.delbrueckii* ile hazırlanmış buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
BUDEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş BUDEH
BUEH	%0 Nohut unlu Tip I Ekşi Hamurlu Ekmek
BUEHD	Dondurarak Muhafaza Edilmiş BUEH
BUMEH	*K.marxianus* ile hazırlanmış buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
BUMEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş BUMEH
BUTE	Taze ekşi hamurdan izole edilen suşlarla üretilen buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
BUTED	Dondurarak muhafaza edilmiş BUTE
DÇİ	Dondurma-Çözündürme İşlemi
DT	Donmaya Tolerans
EH	Ekşi Hamur
EH1	Afyon/Tınaztepe'den temin edilen ekşi hamur
EH2	Afyon/Bolvadin'den temin edilen ekşi hamur
EH3	Kastamonu'dan temin edilen ekşi hamur
HV	Hamur Verimi
LAB	Laktik Asit Bakterileri
NCBI	National Center for Biotechnology Information
NUCEH	*S.cerevisiae* ile hazırlanmış nohut unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
NUCEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş NUCEH
NUDE	DÇİ sonucu izole edilen suşlarla üretilen nohut unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
NUDED	Dondurarak muhafaza edilmiş NUDE
NUDEH	*T.delbrueckii* ile hazırlanmış nohut unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
NUDEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş NUDEH
NUMEH	*K.marxianus* ile hazırlanmış nohut unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek

NUMEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş NUMEH
NUTE	THE'den izole edilen suşlarla üretilen nohut unlu Tip II ekşi hamurlu ekmek
NUTED	Dondurarak muhafaza edilmiş NUTE
PZR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
TTA	Toplam Titre Edilebilir Asitlik
TEH	Taze Ekşi Hamur
TME	Ticari Mayalı Ekmek
TMED	Dondurarak Muhafaza Edilmiş TME
YTÜGMKK	Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Kültür Koleksiyonu
25NUEH	%25 Nohut unlu Tip I ekşi hamurlu ekmek
25NUEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş 25NUEH
50NUEH	%50 Nohut unlu Tip I ekşi hamurlu ekmek
50NUEHD	Dondurarak muhafaza edilmiş 50NUEH

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Taze ekmek ve dondurulmuş ekmek akım şeması 6
Şekil 3.1 Çalışmanın akım şeması 41
Şekil 4.1 Ekşi hamur örneklerinin besleme ile pH değişimi 46
Şekil 4.2 Ekşi hamur örneklerinin besleme ile TTA değişimi 47
Şekil 4.3 Buğday unlu Tip I ekşi hamurun besleme ile maya ve LAB sayısı değişimi 48
Şekil 4.4 Nohut unlu Tip I ekşi hamurun besleme ile maya ve LAB sayısı değişimi 48
Şekil 4.5 *L.brevis* suşlarının donmaya karşı toleransları 50
Şekil 4.6 *L.plantarum* suşlarının donmaya karşı toleransları 50
Şekil 4.7 Tip II ekşi hamurların dondurarak muhafaza ile maya ve LAB sayılarının değişimi 53
Şekil 4.8 Donma-çözünme döngüsünün ekşi hamur mikrobiyotasına etkisi 54
Şekil 4.9 Dondurma işleminin ekşi hamur mikroorganizmaları sayısı üzerine etkisi ... 56
Şekil 4.10 Tip I ekşi hamur örneklerinin dinamik reolojik ölçümleri 57
Şekil 4.11 Tip I ekşi hamurlu ekmeklerin donabilen (%) su miktarı 61
Şekil 4.12 Ekmek örneklerinde % hacim kaybı 66
Şekil 4.13 Dondurarak muhafazanın ekmek örneklerinin L* değerleri üzerine etkisi .. 67
Şekil 4.14 Dondurarak muhafazanın ekmek örneklerinin ekmek içi b* değerleri üzerine etkisi 67
Şekil 4.15 Ekmek örneklerinin genel beğeni sonuçları 70
Şekil 4.16 DÇİ sonucu izole edilen suşlarla üretilen Tip II ekşi hamurlu ekmeklerde % hacim kaybı 72
Şekil 4.17 Dondurma işleminin ekmek kabuğu L* değeri üzerine etkisi 73
Şekil 4.18 Dondurma işleminin ekmek içi b* değeri üzerine etkisi 74
Şekil 4.19 Dondurma işleminin ekmeklerin genel beğeni kriterine etkisi 75

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Buğday unu ile nohut ununun kimyasal kompozisyonu 26
Çizelge 3.1 PZR'de Kullanılan Bileşenler..... 34
Çizelge 3.2 Çalışmada Kullanılan Ekşi Hamur İzolatları 34
Çizelge 3.3 Tip II Ekşi Hamur Hazırlamada Kullanılan Formülasyonların Özellikleri 35
Çizelge 4.1 Un örneğine ait genel özellikler 44
Çizelge 4.3 Tip II ekşi hamur örneklerinin dondurarak muhafaza ile genel özelliklerinin değişimi..... 52
Çizelge 4.4 Sekans analizi sonucu 54
Çizelge 4.5 Tip II ekşi hamur hazırlamada kullanılan suş kombinasyonları 55
Çizelge 4.6 Tip I ekşi hamur örneklerinin dinamik reolojik ölçümleri 58
Çizelge 4.7 Tip I ekşi hamurların ekstensograf özellikleri 60
Çizelge 4.8 Tip I ekşi hamurlu ekmeklerin kalite özellikleri 63
Çizelge 4.9 Tip I ekşi hamurlu ekmeklerin renk özellikleri 63
Çizelge 4.10 Üretilen ekmeklerin kalite özellikleri..... 65
Çizelge 4.11 Ekmek örneklerinin duyusal analiz sonuçları..... 69
Çizelge 4.12 Ekmeklerin bazı kalite özellikleri..... 71
Çizelge 4.13 Dondurma işleminin ekmeklerin kalite özelliklerine etkisi..... 72
Çizelge 4.14 Dondurma işleminin ekmeklerin duyusal özelliklerine etkisi 75

ÖZET

NOHUT UNU İLAVELİ EKŞİ HAMURUN DONDURULMUŞ EKMEK YAPIMINDA KULLANIMI

Görkem ÖZÜLKÜ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Muhammet ARICI

Bu çalışmada, yüksek besleyici özelliklerinden dolayı nohut ununun dondurulmuş ekşi hamurlu ekmek yapımında kullanım olanakları araştırılmıştır. Tip I ekşi hamur, buğday ununa belli oranlarda nohut unu (%0, %25 ve %50) karıştırılarak üretilmiştir. Hazırlanan bu ekşi hamur, ekmek hamuruna ilave edilmiş (%30), dondurarak depolama (-35 °C'de 28 gün) öncesi ve sonrası reolojik özellikleri, % donabilen su miktarları ve ekmek üretim performansları incelenmiştir. Dinamik reolojik ölçümlere göre, depolama modulü (G') değeri, nohut unu ilave edilen örneklerde dondurarak muhafazadan önemli bir şekilde etkilenmemiştir ($p>0,05$). Donabilen su miktarı (%) ise, buğday unuyla üretilen ekşi hamurlu ekmekte %33, nohut unlu ekşi hamurlu (%25 nohut unu) ekmekte ise %25 olarak tespit edilmiştir. Dondurarak muhafaza, buğday unuyla hazırlanan ekşi hamurlu ekmeklerin spesifik hacim değerlerini (mL/g), istatistiksel açıdan önemli bir şekilde azaltırken ($p<0,05$), nohut unuyla hazırlanan ekşi hamurlu ekmeklerde önemli bir etki görülmemiştir ($p>0,05$). Çalışmanın ikinci aşamasında, %0 ve %25 nohut unu ilavesi ile Tip II ekşi hamuru hazırlanmıştır. Dondurarak muhafaza, nohut unu ilaveli, *Torulaspora delbrueckii* ve *Kluyveromyces marxianus* ile hazırlanan Tip II ekşi hamurunda, laktik asit bakterisi (LAB) sayısını 1 log artırırken, buğday unuyla hazırlanan ekşi hamurların hepsinde önemli derecede azalmaya sebep olmuştur ($p<0,05$). Buğday unlu ve nohut unlu Tip II ekşi hamur formülasyonu, dondurarak muhafaza sonrası, ekşi hamurlu ekmeklerin % hacim kaybını, Tip I ekşi hamurlu ekmeklere göre azaltmıştır ($p<0,05$). Çalışmanın son aşamasında, Afyon/Bolvadin (EH1), Afyon/Tınaztepe (EH2) ve Kastamonu (EH3)'dan temin edilen ekşi hamurlar -20 °C'de muhafaza edilerek, 15 gün

aralıklarla toplamda 5 kez donma-çözünme işlemine (DÇİ) maruz bırakılmış, her bir DÇİ sonrası LAB ve maya izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Taze ekşi hamurlardan izole edilip tanımlanan (*S.cerevisiae* KD0M1 ve *L.brevis* 28C1B3) suşlarla üretilen ekşi hamurlu ekmekler ile DÇİ uygulanmış ekşi hamurlardan izole edilip tanımlanan suşlarla (*S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5) üretilen ekşi hamurlu taze ekmeklerin spesifik hacim ve sertlik değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Dondurarak muhafaza edilen örneklerde ise *S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5 kullanılarak hazırlanan Tip II ekşi hamurlu ekmeklerin % hacim kaybı diğer örneklere göre azalmıştır ($p<0,05$). Dondurulmuş ekmek yapımında, DÇİ sonucu izole edilen maya ve LAB ile hazırlanan Tip II ekşi hamurunun kullanımının daha uygun olduğu ve nohut unlu Tip II ekşi hamur formülasyonunun, nohut unlu Tip I ekşi hamur formülasyonuna göre ekmeklik kalite açısından avantaj sağladığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dondurulmuş hamur, ekşi hamur, nohut unu, ekmeklik kalite

ABSTRACT

USAGE OF SOURDOUGH WITH CHICKPEA FLOUR IN FROZEN BREAD MAKING

Görkem ÖZÜLKÜ

Department of Food Engineering

Ph.D. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Muhammet ARICI

In this study, usage possibilities of chickpea flour due to its high nutritive properties were investigated in frozen sourdough bread making. Wheat flour was blended with chickpea flour at the level of 0%, 25% and 50% in the production of Type I sourdough. This sourdough was added in bread dough (30%) and determined the rheological properties, freezable water content (%) and bread making performance before and after frozen storage (-35 °C, 28 days). According to dynamic rheological measurements, storage modulus (G') was not affected significantly by frozen storage in the samples with chickpea flour ($p>0,05$). The freezable water content (%) was determined as 33% in bread prepared with wheat flour sourdough and as 25% in bread prepared with chickpea flour (25%) sourdough. Frozen storage decreased significantly the spesific volume (mL/g) of the breads prepared with wheat flour sourdough ($p<0,05$) while no significant effect was observed in the breads with wheat flour sourdough ($p>0,05$). Type II sourdough was prepared with addition of 0% and 25% chickpea flour in the second part of the study. Frozen storage increased Lactic acid bacteria (LAB) counts by 1 log in Type II chickpea flour sourdough prepared with *Torulaspora delbrueckii* and *Kluyveromyces marxianus*, but caused significant reduction in all samples prepared with wheat flour ($p<0,05$). Type II sourdough formulated with chickpea and wheat flour decreased the volume loss (%) of sourdough breads after frozen storage contrary to Type I sourdough bread ($p>0,05$). In the last part of the

study, sourdough obtained from Afyon/Bolvadin (EH1), Afyon/Tınaztepe (EH2), and Kastamonu (EH3) were stored at -20 °C and thawed five times in total every 15 days. LAB and yeast were isolated after every thawing stage. No significant differences were observed ($p>0,05$) between the sourdough fresh bread prepared with the strains isolated and identified from fresh sourdough (*S.cerevisiae* KD0M1 and *L.brevis* 28C1B3) and the strains isolated and identified from frozen-thawed sourdough (*S.cerevisiae* KD2M2 and *L.brevis* KD5B5). Volume loss of Type II sourdough bread prepared with *S.cerevisiae* KD2M2 and *L.brevis* KD5B5 was decreased than the other samples in the frozen storage ($p<0,05$). It was concluded that using of Type II sourdough prepared with yeast and LAB isolated from frozen-thawed sourdough was more suitable and Type II sourdough formulated with chickpea flour provided an advantage in terms of bread quality contrary to Type I sourdough in frozen bread making.

Keywords: Frozen dough, sourdough, chickpea flour, bread quality

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Fırıncılık ürünleri, dünya genelinde en çok tüketilen önemli bir gıda grubudur. Fırıncılık ürünleri içerisinde buğday ekmeği, gıdalar ile alınan kalorinin tüketilen kalorinin %20'sini sağlaması açısından ayrı bir öneme sahiptir [1]. Taze ekmek, kısa raf ömrü boyunca, bayatlama olarak bilinen fiziksel ve kimyasal değişimlere, küflenme olarak görülen mikrobiyolojik bozulmaya maruz kalmaktadır. Bu değişimler, taze ekmeğin, tekstürünü ve aromasını hızlı bir şekilde bozmakta ve ekmeğin tüketici albenisini kaybetmesine neden olmaktadır. Muhafaza sırasında karşılaşılan bu problemler için ekmek hamurunun dondurulması ve dondurarak muhafazası çözüm yollarından biridir. Dondurarak muhafaza ile taze ekmek günün her saatinde restoranlarda ve marketlerde, tüketicilere ulaştırılabilmektedir [2]. Fakat dondurarak muhafaza sırasında, üründe bazı kalite kayıplarının oluşması ve ürün özelliğinin değişmesi gibi dezavantajlar görülmektedir. Bu dezavantajları bertaraf etmek için çeşitli hidrokolloidlerin (guar gam, ksantan gam, karregenan vb.), emülgatörlerin (mono ve digliseridlerin diasetil tartarik asit esterleri) ve oksidan ajanların (askorbik asit vb.) kullanımı söz konusu olduğu gibi yeşil çay ekstraktı ve bal da kullanılmaktadır [3].

Ekşi hamur, un (buğday veya çavdar unu) ve suyun, starter kültür kullanılarak kontrollü bir şekilde veya kendiliğinden fermentasyona bırakılarak elde edilen biyoteknolojik ve geleneksel bir üründür. Ekosisteminde bulunan laktik asit bakterilerinin (LAB) ve mayaların sayısı ve çeşitliliği, ekşi hamurun asitliğini ve kabarma özelliğini belirlemektedir [4], [5] . Ekmek, kraker, pizza ve tatlı fırıncılık ürünlerinde, ekşi hamur,

ticari mayaya (*Saccharomyces cerevisiae*) alternatif olarak yada ticari maya ile birlikte günümüz fırıncılık uygulamalarında, sağlamış olduğu avantajlardan dolayı kullanılmaktadır [5]. Raf ömrünü artırması [6], aromayı geliştirmesi [7] ve besinsel özellikleri zenginleştirmesi sağlamış olduğu avantajlardır [8], [9].

Son yıllarda, sahip olduğu teknolojik ve besinsel özelliklerinden dolayı ekşi hamur ekmeği tüketicilerin de ilgisini çekmektedir. Bu durum, ekşi hamur ekmeği üretiminin artmasına neden olmakla birlikte beraberinde birçok bilimsel araştırmaya kapı açmıştır. Yapılan çalışmalar, ekşi hamur mikrobiyotası ve ekşi hamurun besinsel ve teknolojik özellikleri olmak üzere üç ana başlıkta toplanmaktadır [6], [8], [10], [11], [12], [13].

Baklagiller (mercimek, nohut , bezelye.vb) protein, nişasta ve diyet lif açısından önemli kaynaklardır. Nohut ununun, buğday ununa göre daha yüksek miktarda ve kalitede protein, yağ, lif ve mineral içerdiği bildirilmektedir [14]. Zengin besinsel özelliklerinin yanı sıra, kardiyovasküler rahatsızlıklara, tip 2 diyabete ve obeziteye karşı koruyucu etkilerinin olduğuna dair bulgularda söz konusudur. Tüm bu olumlu özelliklerine rağmen, nohut unu ve diğer baklagil unlarının tüketiminin giderek azaldığı ve bir yetişkin için günlük alınması gereken miktarın altında olduğu bildirilmektedir. Baklagillerin tüketimini yaygınlaştırmak için, ekmek ve bisküvi, kraker gibi diğer fırıncılık ürünlerinde kullanımı söz konusu olmaktadır [15].

Ekşi hamur fermentasyonu ile, düşük glisemik indeks değerine sahip ekmek üretimi ve glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilebilmektedir [16], [17]. Sağlamış olduğu bu avantajlarından ötürü ekşi hamur, dondurulmuş hamur teknolojisinde de kullanılmaktadır [17], [18]. Minervini vd. [19] ekşi hamurun, dondurulmuş ekmek hamurunda uygulanmasına yönelik yapmış oldukları bir çalışmada, kriyoprotektan çözeltilerden (skim milk, sucrose and trehalose), gıda katkılarından (DATEM vb.) ve baldan yararlanarak, ekşi hamurun dondurulmuş ekmek hamurundaki etkisini incelemişlerdir.

Baklagil unlarının fırıncılık ürünlerine ilavesi ve ekşi hamurun dondurulmuş ekmek hamurunda kullanımı ile ilgili çok sayıda araştırma söz konusudur. Bununla birlikte, baklagil unlarının (nohut unu) dondurulmuş ekmek hamurunda kullanımı ve ekşi

hamurlu dondurulmuş ekmek üretiminin geliştirilmesi ile ilgili güncel literatürde kısıtlı çalışmaya rastlanılması bu araştırmanın yapılması ihtiyacını doğurmuştur.

2.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, biyoteknolojik bir ürün olan ekşi hamurun, dondurulmuş ekmek hamurunda kullanım olanaklarının araştırılmasıdır. Bu kapsamda;

- Su tutma kapasitesinin yüksek olduğu bilinen nohut unu, ekşi hamur formülasyonuna ilave edilerek ekşi hamurun dondurarak muhafazaya dayanıklı hale getirilmesi,
- Ekşi hamurdan izole edilen 3 tür maya (*Saccharomyces cerevisiae* TGM 55, *Torulaspora delbrueckii* TGM 19 ve *Kluyveromyces marxianus* TGM 66) ve 2 tür LAB (*Lactobacillus brevis* ELB 99 ve *Lactobacillus plantarum* ELB 75) kullanılarak çeşitli kombinasyonlarda hazırlanan Tip II ekşi hamurun, dondurarak muhafazaya uygunluğunun belirlenmesi,
- Dondurarak muhafazanın, nohut unu ile hazırlanan Tip II ekşi hamurun mikrobiyotasını nasıl etkilediği,
- Farklı yörelerden temin edilen ekşi hamurların maya ve LAB sayısının, donma-çözünme sonucundaki durumu,
- Çözündürme sonucunda canlı kalan maya ve LAB'lerin dondurulmuş ekşi hamur için starter kültür olma potansiyelleri araştırılmıştır.

3.1 Hipotez

Baklagil unlarının (nohut unu) dondurulmuş ekmek hamurunda kullanımı ile ilgili bir araştırmanın olmayışı, mikrobiyolojik olarak aktif bir yapı olmasından dolayı ekşi hamurun dondurulmuş ekmek formülasyonlarında yer almayışı, bu iki eksikliğin giderilmesi gerektiği fikrini ortaya çıkarmıştır. Nohut ununun, su tutma özelliğinin yüksek oluşu ve içerdiği zengin besinsel bileşenlerin ekşi hamur mikrobiyotasına avantaj sağlayacağı düşünülmüştür. Ayrıca, donma-çözünme döngüsüne tabi tutulan ekşi hamurlardan izole edilen maya ve LAB'lerin dondurarak muhafazaya karşı daha

dirençli olabilme ihtimalleri de mevcuttur. Bu olgulardan yola çıkarak, nohut ununun ekşi hamura ilave edilmesi ve donma-çözünme sırasında ekşi hamur mikrobiyotasında canlı kalan maya ve LAB'lerin starter kültür olarak kullanılması ile ekşi hamurun dondurulmuş ekmek hamurunda daha etkin bir şekilde kullanılabileceği çalışmanın hipotezini oluşturmuştur.

BÖLÜM 2

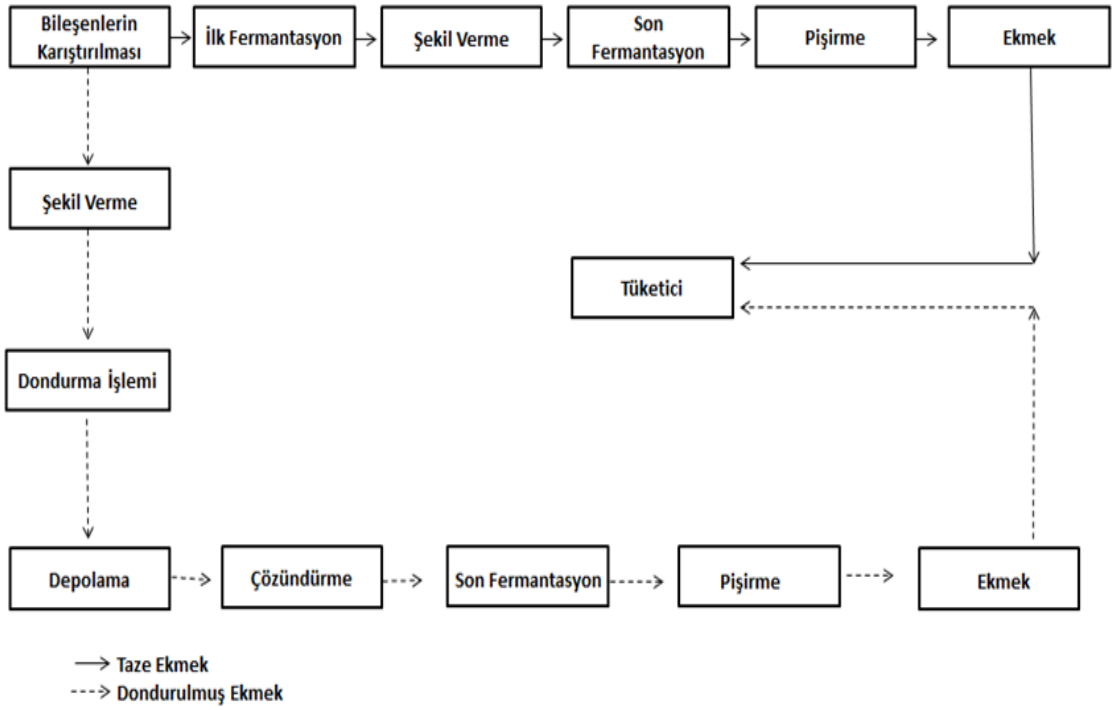
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Dondurulmuş Hamur Teknolojisi

Tüketici talepleri, yaşam tarzındaki değişiklikler, fırıncılık sektörünün zaman ve maliyet tasarrufu isteği, fırıncılık ürünlerinin zaman içerisinde çeşitli değişikliklere uğramasına neden olmuştur. Dondurulmuş hamur teknolojisi de bu değişikliklerden biridir ve ilk kez 1950'li yıllarda kullanılmaya başlamıştır. 1990 yılında, Amerik Birleşik Devletleri'ndeki supermarket fırınlarının %50'den fazlasının dondurulmuş hamur kullandığı bildirilmektedir [2], [20], [21]. Son yıllarda ise ticari olarak dondurulmuş hamur kullanımı giderek artmaktadır ve dondurulmuş mayalı hamurun kalitesini artırmaya yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, glutensiz ürünler, glisemik indeksi düşük ürünler gibi bazı fonksiyonel fırıncılık ürünlerinde de dondurulmuş hamur teknolojisinden yararlanılmaktadır [16], [17].

Taze fırıncılık ürünlerinin depolama sırasında uğradığı fiziksel ve kimyasal değişiklikler, ürün tekstürünü ve aromasını etkileyerek raf ömrünün kısalmasına sebep olmaktadır. Bu durum fırıncılık sektörünü, dondurulmuş hamur kullanımına yönlendirmiş ve ayrıca daha standart bir ürün elde etme, nitelikli çalışan ihtiyacını azaltma gibi ekonomik avantajlar da sunmuştur [3]. Sunmuş olduğu avantajların yanı sıra, dondurulmuş hamurda buz kristallerinin oluşumu, gluten ağını olumsuz etkilemekte, bu durumda gaz tutma (CO_2) kaybına, düşük ekmek hacmine ve tekstürel özelliklerde ciddi kayıplara neden olmaktadır [22]. Dondurulmuş hamurdan yapılan ekmeklerin kalitesini, hamur formülasyonunun yanı sıra, hamur karıştırma süresi, dondurma hızı, depolama süresi

ve çözündürme hızı gibi üretim basamakları da belirlemektedir [23]. Dondurulmuş ekmek üretimine ait akış diyagramı Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2. 1 Taze ekmek ve dondurulmuş ekmek akım şeması [24], [25].

2.1.1 Dondurma İşlemi ve Hamur Yapısı Üzerine Etkileri

Gıdaların muhafazası ve raf ömürlerinin uzatılması amacıyla uygulanan dondurma işlemi, 2 temel basamaktan oluşmaktadır. Birincisi, sıcaklığın düşürülmesi, ikincisi ise sıvıdan katıya faz geçişidir. Donma işlemi, -1 ile -3 °C sıcaklık aralığında başlar ve sıcaklık azaldıkça daha fazla su donmuş hale geçer [26]. Gıdalarda, donma sırasında meydana gelen değişiklikler, saf suyun donmasına göre oldukça karmaşıktır. Dondurma işleminde temel amaç, ürün içindeki bozunmaya sebep olan reaksiyonların hızını, ürün sıcaklığını düşürerek azaltmak ve böylece, enzimatik ve oksidatif reaksiyonların yanı sıra mikrobiyal gelişmeyi durdurmaktır. Sıvı fazdaki suyun, katı faza geçmesi olan dondurma işlemi, aşırı soğutma, çekirdeklenme ve rekristalizasyon aşamalarından oluşmaktadır. Aşırı soğutma sırasında, faz değişimi olmadan suyun sıcaklığı 0 °C'nin altına düşer ve sıvı-katı dönüşümü için uygun bir arayüze neden olan mikroskopik su agregatlarının oluşumu başlar [26], [27]. Sıvı haldeki moleküllerin yeniden düzenlenmesi ve kristal yapıyı organize etmesi ise çekirdeklenme aşamasında olur. Bu

düzenli yapı için gizli ısı salınır ve faz değişimi meydana gelir [28], [29]. Buz kristalleri kısmen kararsızdır ve dondurarak depolama sırasında yüzey alanını azaltmak için küçük kristallerin bir araya gelmesine rekristalizasyon denir [2].

Hsu ve Mahdi [30] hamurda rekristalizasyonun, suyun hidrofilik bileşenlerden ayrılmasına ve bunun da üç boyutlu protein ağının zayıflamasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Ekmek hamurunun dondurarak muhafazasının, gluten ağına, nişasta üzerine, fermentasyon süresi üzerine ve ekmeğin bayatlaması üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır.

2.1.1.1 Gluten Üzerine Etkisi

Dondurarak muhafaza sırasında, gluten proteinlerinin yapısal ve fonksiyonel bozulmalarının karakterizasyonu, çok farklı teknikler ile araştırılmıştır. Gluten yapısının zayıflaması, Sodyum Dodesil Sulfat Poliakrilamid Jel Elektroforezi (SDS-PAGE) ile gösterilmiştir. Bu analiz sonucunda, yüksek molekül ağırlıklı (Mw) glutenin bantlarında, glutenin depolimerizasyonundan kaynaklanan belirgin bir kaybolma rapor edilmiştir [31]. Çok açılı lazer ışığı saçılımlı size exclusion kromatografisi ile dondurulmuş glutenin moleküler ağırlığının ve dönme çapının, glutenin yüksek Mw fraksiyonunun (10^5-10^6 Da) depolimerizasyonu ile azaldığı tespit edilmiştir [32]. Depolimerizasyonun yaygın olarak, disülfit bağlarının yıkımıyla meydana geldiği düşünülmektedir. Bundan dolayı, dondurulmuş hamurun sülfidril içeriğinin belirlenmesi geniş bir şekilde çalışılmıştır. Li vd. [33], dondurulmuş hamurun sülfidril içeriğinde dikkate değer bir artış tespit ederken, Wolt and D'appolonia [34], belirgin bir değişiklik gözlemlememişlerdir. Diğer taraftan hidrate olmuş glutende, sülfidril içeriğinin kararlı bir şeklide artması, depolimerizasyon davranışı olarak açıklanmıştır. Gliadin molekül içi disülfit bağlarının ise dondurarak muhafazadan çok az etkilendiği bildirilmiştir. Sistein içeren α-gliadin ve γ-gliadin'nin biraraya gelme eğilimi göstermediği ters faz sıvı kromotografisi ((RP)-HPLC) ile açıklanmıştır [32], [35]. Dondurarak muhafazada gluten proteinlerinin sülfidril içeriğinde dalgalanma, hem molekül içi hem de moleküller arası disülfit bağlarının kurulmasının bir sonucu olarak açıklanmıştır. Gluten molekülünün, glutenin fraksiyonu, molekül içi ve moleküller arası disülfit bağı kurmada yetenekli olup, gluten ağının oluşumuna ciddi katkı sağlamakta ve gluten ağının iskeletini oluşturmaktadır

[36]. Yüksek oranda gliadinin gluten ağına katılması, daha zayıf bir glutenin ağına sebep olmaktadır. Bu durum ise, dondurarak muhafazada artan buz kristalleri tarafından glutenin daha kolay bozulmasına neden olmaktadır [37].

Proteinlerin SDS çözeltisinden ekstraksiyonu, çapraz bağın derecesi ile ilgili iyi bir göstergedir [38]. Wang vd. [37], yaptıkları bir çalışmada, dondurak depolama sırasında, SDS'de ekstrakte edilebilen protein miktarının %64'den %75'e çıktığını, SDS'de çözünebilen gluteninlerin ise %16'dan %25'e kadar yükseldiğini, bununla birlikte SDS gliadinlerin ise muhafaza boyunca miktarının %44'de kaldığını bildirmişlerdir. Graveland vd. [39], SDS çözeltisinde ekstrakte edilemeyen proteinleri, Mw'leri 10^6 Da'dan fazla olan glutenin makropolimer (GMP) olarak tanımlamışlardır. Sonuç olarak, SDS'de ekstrakte edilebilen proteinlerin ve SDS gluteninlerinin miktarının artması, GMP'nin depolimerizasyonu sonucunda küçük glutenin proteinlerinin oluşması olarak açıklanmıştır [37]. SDS de çözünebilen proteinlerin, dondurarak muhafaza sırasında miktarsal olarak arttığını Sharadanant ve Kha [40] yaptıkları bir çalışmada tespit etmişlerdir. GMP'nin hamurun viskoelastik özelliklerine ciddi bir katkısı söz konusudur ve miktarı hamur kuvveti ve ekmek hacmi ile doğru orantılıdır. Hamurdaki GMP ile son üründeki gluten yapısı arasındaki ilişkide hala açıklanamayan noktaların olduğu bildirilmektedir [41].

2.1.1.2 Nişasta Üzerine Etkisi

Nişasta granüllerinin yapısal özelliklerindeki değişiklikler, hamurun fonksiyonel özelliklerine önemli katkıda bulunur. Ekmek hamurunda nişasta, suyun absorblanmasından sorumludur ve bu durum ekmek dokusunun oluşumunda önemlidir [42]. Meziani vd. [43], düşük sıcaklıkta depolamanın tatlı hamurun kristal yapısını, nişasta retrogradasyonun bir fonksiyonu olarak azaldığını tespit etmişlerdir. Granül kristal yapısının değişmiş olması, ana nişastanın jelatinizasyon ya da çirişlenme gibi fiziksel durumunu karakterize etmektedir [44]. Donmuş su, granül üzerine, faz değişiminden ötürü baskı uygular, bu durumda granül yüzeyinin büyümesine ve içerindeki materyalin dışarı sızmasına neden olur [45]. Dışarı sızan bu maddeler, nişasta olmayan bileşenler olup, gluten olmayan proteinler ve lipitler örnek olarak verilebilir. Bu bileşenlerin, fırıncılık ürünlerinin özelliklerinde önemli oldukları çeşitli çalışmalarla

gösterilmiştir. Rouillé vd. [46], granülden sızan bu minör bileşenlerin hamur formülasyonuna ilavesiyle, ekmek içi tekstürünü modifiye ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, nişasta yüzey proteinlerinin de, hamurun reolojik özelliklerini etkilediği bilinmektedir [47]. Dondurulmuş hamurdaki kalite bozulmalarının nişasta ile olan ilişkisini anlamak, çözünmüş son ürünün kalitesini iyileştirmek için önemlidir. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada, donma-çözünme işlemine tabi tutulan nişastanın, bu işlemden sonra kristal yapısının arttığı bildirilmiştir [48]. Kristal yapıdaki bu artışın nedeni, amilozun donma-çözünme sırasında dışarı sızması ve nişastanın daha düzenli olmaya eğilim göstermesi ile açıklanmıştır [45]. Nişastadaki amiloz, amilopektin moleküllerinin hareketini engelleyerek, nişastanın yapısal organizasyonunu kısıtlamaktadır. Bu yüzden dondurma işleminin, amorf materyalleri azaltarak, kristal yapıda artış sağladığı bildirilmiştir [43], [48].

Tao vd. [48] yapmış oldukları çalışmada, ard arda uygulanan donma çözünme işlemlerinin, nişastanın çirişlenme özelliklerini etkilediğini ve pik viskositesinde önemli bir artışa neden olduğu bildirilmişlerdir. Bu durumun, amilozun, nişastaya bağlı proteinlerin ve lipitlerin dışarı sızmasıyla, amilopektin moleküllerinin daha fazla şişme eğilimi göstermesine ve böylece donmuş-çözünmüş nişastadaki pik viskositesini artırmasına yol açtığını açıklamışlardır.

2.1.1.3 Fermentasyon Süresi Üzerine Etkisi

Dondurulduktan sonra çözünmüş hamur, istenilen hacime ulaşıncaya kadar belli bir süre fermentasyona bırakılmaktadır. Donmuş-çözünmüş hamurlarda fermentasyon süresi, taze hamurlara göre daha uzundur. Bu durum, çözünen hamurun daha düşük bir hamur sıcaklığında olmasından, gaz tutma gücünü kaybetmesinden ve maya aktivitesinin azalmasından kaynaklanmaktadır [49]. Azalan maya sayısı ve aktivitesi, daha uzun fermentasyon süresinin temel nedenidir.

Yapılan çalışmalar, hamurun fermente edilmeden hemen dondurulmasının, çözünme işleminden sonra fermentasyona bırakılmasının daha yüksek hacimli ekmek üretimini sağladığını bildirmişlerdir. Öhgren vd. [50], dondurulmuş buğday unu hamuruna, çavdar ve şeker ilavesinin ve dondurma öncesi farklı fermentasyon sürelerinin (0, 18 ve 38 dak.) etkisini inceledikleri bir çalışmada, hiç fermente edilmeden direk dondurulan

hamurdan üretilen ekmeklerin daha yüksek spesifik hacim ve daha yumuşak ekmek içine sahip oldukları sonucuna varmışlardır.

2.1.1.4 Ekmeklik Kalite Üzerine Etkisi

Dondurulmuş hamurun, ekmek spesifik hacmi gibi ekmeklik özellikleri, hamurun çözünmesi sırasında yapıdan ayrılan su miktarından ciddi bir şekilde etkilenmektedir. Seguchi vd. [51], hamurun çözünmesinden sonra yapısındaki suyu santrifüj ile ayırmış ve donma-çözünme periyodunun artmasıyla, ayrılan su miktarının arttığını gözlemlemiştirler. Bu durumun, hamurun su bağlama kapasitesinin azalmasından kaynaklandığını ve buna bağlı olarak ekmeklik kalitenin azaldığını bildirmişlerdir.

Gys vd. [52] ise, su bağlama kapasitesindeki bu azalış, arabinoksilanların ksilinaz enzimi tarafından parçalanmasına bağlamışlardır. Kepeği alınmış unlardan hazırlanan hamurlarda dondurma ile, ksilinaz aktivitesinin %60 oranında azaldığını, arabinoksilanların parçalanmasının engelendiği ve böylece hamurun su tutma kapasitesinin iyileştiğini bildirmişlerdir.

2.1.2 Dondurulmuş Ekmek Hamuru Formülasyonu

Un, maya, su ve tuz; taze ekmek üretiminde kullanılan temel bileşenlerdir. Dondurulmuş ekmek formülasyonu, temel bileşenler yönünden taze ekmek formülasyonu ile aynı olsa da, dondurma işleminin hamur kalitesine olan olumsuz etkilerini azaltmak için genellikle ilave bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ekmek hamuru formülasyonuna giren ana bileşen ekmeklik buğday unudur. Buğday unu kuru madde bazında, nişasta, nişasta olmayan polisakkaritler (pentozanlar), depo protein (gluten), suda çözünen proteinler, lipidler, inorganik bileşikler ve miktarı beyaz unda sınırlı olan selülozdan oluşmaktadır [53]. Ekmeğe karakteristik özelliğini kazandıran bileşen, buğdayın depo proteini olan glutendir. Gluten, prolamin sınıfında yer alan ve hamura viskoz özellik kazandıran gliadin ile glutelinler sınıfında yer alan ve hamura elastik özellik kazandıran glutenin olmak üzere 2 fraksiyondan oluşur. Gluten proteinlerinin hem miktarı hem de kalitesi, ekmek yapımında önemlidir. Dondurma

işleminde, depolamada ve çözündürmede, protein miktar ve kalitesi yüksek unların kullanılması gerektiği bildirilmiştir [34].

Ekmek üretiminde genel olarak kullanılan maya *Saccharomyces cerevisiae*'dır. Ekmek yapımında maya, fermente edilebilen şekerleri kullanarak CO_2 üretir ve böylece ekmek hacmi oluşur. Bu temel fonksiyonunun yanı sıra, fermentasyon boyunca ürettiği kimyasal bileşiklerle, ekmek aromasının oluşmasını sağlamaktadır. Mayanın, CO_2 üretme yeteneği; suşa, hücre sayısına, hücre aktivitesine ve fermente olabilir şekerlerin miktarına bağlıdır [54]. Dondurulmuş ekmek hamurunda maya ile ilgili en büyük problem, dondurarak depolama sırasında, CO_2 üretme yeteneğini ve canlılığını sürdürememesidir. Bu nedenle, Rekombinant DNA teknolojisi yardımıyla geliştirilen *S. cerevisiae* suşları kullanımı söz konusudur. *S. cerevisiae* 'nın stres altında trehaloz, gliserol ve prolin gibi hücre içi metabolitler sentezlediği ve bu metabolitlerin hücre membranın yapısını değiştirerek, strese karşı biyokimyasal bir mekanizma oluşturduğu bilinmektedir [55]. Yapılan çalışmalarda, bu metabolitlerin parçalanmasına sebep olan enzimlerin, DNA 'daki gen bölgeleri kesilerek aktiviteleri sınırlandırılmış ve böylece stres altında üretilen metabolitlerin hücre membranındaki konsantrasyonu artırılmaya çalışılmıştır [56], [57].

Ekmek yapımında genellikle *S. cerevisiae* türleri kullanılmasına rağmen, *Torulaspora* türü mayaların, soğuğa daha dayanıklı oldukları ve dondurulmuş ekmek hamurunda kullanılabilecekleri rapor edilmiştir [58]. Almeida ve Pais [59], geleneksel ekmek hamurlarından izole ettikleri *S. cerevisiae* ve *T. delbrueckii* suşlarının ticari mayaya benzer hamur kabartma yeteneğine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bu izolatların dondurulmuş hamurdaki performansları kıyaslandığında, *T.delbrueckii* suşlarının 30 günlük depolama (-20 °C) ile hamur kabartma yeteneklerinin değişmediği ve hücre canlılığının önemli ölçüde devam ettiği sonucuna varılmıştır. Dondurarak muhafaza öncesi fermentasyon işlemi yapıldığında ise, bazı suşların, canlılığını muhafaza edemediği görülmüştür. Çalışmada ayrıca, *S. cerevisiae*'nın dondurarak muhafazaya daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

Dondurulmuş hamurdaki yapısal değişikliklerin, maya hücrelerinin sentezlemiş olduğu indirgen bir bileşik olan glutation adlı bileşiğin gluten ağını zayıflattığı, gaz tutma

kapasitesini azalttığı ve fermentasyon süresini uzattığı görüşünün yanı sıra, tüm bu değişimlerin maya hücrelerinin sentezlediği bileşiklerden ziyade dondurma ile gluten ağındaki yapısal zayıflamadan kaynaklandığı görüşü de mevcuttur [60].

Autio ve Sinda [60], dondurulmuş hamurdaki reolojik değişiklere bağlı olarak maya canlılığını araştırdıkları bir çalışmada, ölü maya hücrelerinin hamurun reolojik özelliklerini etkilemediği sonucuna varmışlardır. Glutation, serbest sülfidril grupları içeren antioksidan bir tripeptittir. Gluten ağında disülfit bağlarının oluşumunu engelleyerek, hamurun yumuşamasına sebep olduğu da bildirilmiştir [61]. Mayanın metabolik bir ürünü olan glutation, dondurma işlemi ile tahrip olmuş maya hücrelerinden dışarı sızar. Connelly ve McIntier [62], maya hücrelerinin inaktivasyonunun, buğday hamurunun uzamaya karşı direncini, tahrip olmuş maya hücrelerinin artmasından dolayı azalttığını açıklamışlardır. Kuru maya hücrelerinin kullanıldığı bir çalışmada ise, tahrip olmuş hücrelerin, fermentasyon boyunca hamurun, kompleks modulus değerini (G*) azalttığı bildirilmiştir [63].

Maya aktivitesi ve hamur oluşumu için önemli bir diğer bileşen olan su ise tuz ve şekerin çözünmesini ve besinlerin hücre membranından geçerek mayaya ulaşmasını sağlar. Su; enzimlerin aktif hale geçmesinde rol oynar ve makromoleküller arasında yeni bağların oluşmasını sağlayarak hamurun reolojik özelliklerini değiştirir. Pişirme sırasında, nişasta jelatinizasyonu açısından önemlidir ve hamurun kabarmasını sağlamaktadır. Una eklenen su miktarı, unun nem miktarına ve fizikokimyasal özelliklerine göre değişmektedir [64], [65].

Ekmek formülasyonunun önemli diğer bileşeni olan tuz ise, gluten ağını güçlendirir, maya aktivitesini düzenleyerek ekmek hacmini kontrol eder, hamur stabilitesini artırır ve böylece fermentasyonda oluşan gazın tutulma kapasitesini artırır. Tuz, nişastanın jelatinizasyon sıcaklığını artırır ve %1 oranında ilave edilen tuzun, nişasta jelatinizasyon sıcaklığını 5-10 °C kadar ertelediği tespit edilmiştir [54], [66]. Ayrıca proteaz enzimlerini inhibe ederek, gluten kompleksinin depolimerizasyonunu engeller. Aromayı geliştirme, amilaz enzimini aktive ederek maya için besin kaynağı oluşturma ve yapışkan hamur oluşumunu engelleme gibi fonksiyonları da bulunmaktadır [67].

Şeker, mayalı ekmek formülasyonunda mayanın ilk olarak ilave şekeri kullanması ve daha hızlı CO_2 üretmesi açısından önemlidir. Fermentasyonun ilerleyen aşamalarında, undaki enzimlerin aktif hale geçmesiyle şeker miktarı artar ve CO_2 üretimi devam eder. Şeker ayrıca aroma verir ve istenilen kabuk renginin oluşmasını sağlar [68]. Dondurulmuş hamur üretiminde, taze ekmek üretimine nazaran formülasyona biraz fazla şeker ilavesi tavsiye edilmektedir. Şeker, dondurulmuş hamur formülasyonunda suyu tutar, böylece serbest su azalır ve mayanın çözünme sırasında zarar görmesi engellenir [54].

Bu temel bileşenlerin yanısıra hem dondurulmuş hamur formülasyonuna hem de tercihe bağlı olarak taze ekmek formülasyonuna ilave bir takım bileşenlerin de katılması söz konusudur. Katı ve sıvı yağlar ile yüzey aktif maddeleri içine alan lipitler, bu bileşenlere örnek olarak verilebilir. Fırıncılık ürünlerinde kullanılan katı yağlar, sıvı yağlar, yüzey aktif maddeler ve bunların karışımları, genel olarak shortening sistemleri olarak adlandırılırlar [69]. Kullanımı taze ekmek üretiminde tercihe bağlı olan shortening; hamurun şekil almasına, ekmek kabuğunun görünümüne ve aromaya katkı sağlamaktadır. Shorteningin ayrıca, ekmeğin tekstürüne olumlu etkisi vardır. Protein matriksine giren shortening, hamurun yoğrulması sırasında protein-protein interaksiyonu kurmasından ve gluten ağının viskoelastik özelliğine katkı sağlamasından dolayı gereklidir [70]. Shorteninglerin ekmek formülasyonuna katılması, daha hacimli bir ekmek, daha az keskin kabuk ve raf ömrü boyunca kalitenin muhafazası ile sonuçlanmaktadır [71]. Inoue vd. [72], 3 farklı shortening sisteminin dondurulmuş ekmek hamuruna etkisini inceledikleri bir çalışmada, kalsiyum stearol laktilat (CSL), monogliseritlerin diasetil tartarik esterleri (DATEM) ve hidrojene kanola yağının su içinde yağ, yağ içinde su emulsiyonlarını dondurulmuş ekmek formülasyonuna ilave ettikleri bir çalışmada, CSL ve DATEM uygulamalarının dondurulmuş ekmekte daha yüksek ekmek hacmi verdikleri, bu yüzey aktif maddelerin %40'lık yağ içinde su emülsiyonu ile hazırlanan örneklerle önemli derecede fark göstermedikleri sonucuna varmışlardır. Bu çalışma ile, shortening sistemlerinin dondurulmuş ekmek formülasyonuna dahil edilmesiyle, dondurulmuş ekmek hamurunun ekmek yapma potansiyelindeki kayıpların azalabileceği bildirilmiştir. Dondurulmuş ekmek hamurunda kalite problemlerini bertaraf edebilmek için farklı katkı maddelerinin

kullanıldığı çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu kapsamda yararlanılan katkı maddelerini; emülgatörler (DATEM, sükroz esterleri), hidrokolloidler (guar gam, ksantan gam, karregenan vb.), ve oksidan ajanlar (askorbik asit, sodyum sterol laktilat vb.) olmak üzere 3 grup altında toplamak mümkündür [3].

Yüzey aktif madde olarak da bilinen emülgatörlerin, ekmek formülasyonunda kullanım amacı, genellikle bayatlamayı geciktirmesidir. Bu mekanizma, Rao vd. [73] tarafından, nişasta ve gluten arasındaki nem transferinin, emülgatörün nişastaya bağlanmasıyla engellenmesi şeklinde açıklanmıştır. DATEM ve sükroz esterleri dondurulmuş hamur formülasyonunda kullanılan emülgatörlerdir.

DATEM, nişasta ve proteinlerin hidrofobik kısımları arasında hidrojen bağı kurarak, hamurun kuvvetlenmesini sağlamaktadır. Böylece, ekmek hacmini artırır ve tekstürel özellikleri geliştirir [74]. Ayrıca, Ribotta vd. [75], DATEM'in gliadin ile interaksiyona girmesiyle, hamur elastikiyetini artırdığını ve gaz hücrelerinin büyümesini sağlayarak ekmek hacminin artmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir. DATEM'in dondurulmuş hamurdaki etkisi ise Zobel vd. [76] tarafından, ekmek içini yumuşatması ve bayatlamayı geciktirmesi şeklinde açıklanmıştır. Hamur formülasyonuna %0.6 oranında DATEM ilavesi, 70 günlük depolama sonucunda, dondurarak muhafazanın olumsuz etkilerini azaltmış ve daha hacimli bir ekmek üretimini sağlamıştır [77]. Benzer bir sonuç, DATEM'in formülasyona %0,5 oranında ilavesiyle de elde edilmiş ve -18 °C'de 60 gün depolamada, guar gamlı örneğe ve kontrol grubuna göre daha hacimli bir ekmek üretildiği bildirilmiştir [75].

Hidrofilik şeker ve bir ya da daha fazla lipofilik yağ asidi zinciri içeren sükroz esterleri ise dondurulmuş hamurda kullanılan diğer bir emülgatördür. Yağ asidi zinciri uzunluğu ve esterifikasyon derecesi, hidrofilik-lipofilik balansı (HLB) belirlemektedir. Düşük esterifikasyon derecesi ve kısa yağ asidi zinciri, yüksek HLB değeri verir ve böylece fırıncılık ürünleri için istenen karakteristik özellikler sağlanır. Sükroz esterlerinin ekmek hamuru formülasyonuna ilavesi ile daha yumuşak ekmek içi değeri, yüksek hacim, uzun raf ömrü elde edilir, hamurun yoğurma toleransı artar ve donma-çözünme stabilitesi gelişir [78]. Sükroz esterleri, nişasta ve proteinlerle interaksiyon kurarak hamurun bu fiziksel özelliklerini geliştirirler. Hosomi vd. [79], sükroz esterlerinin, donabilen su

miktarını azaltarak mayanın zarar görmesini engellediklerini ve böylece maya hücreleri için bir krioprotektan ajan olarak görev yaptıklarını bildirmişlerdir. Sükroz esterlerinin, ayrıca, donma sırasındaki gluten denatürasyonunu engellediği de rapor edilmiştir.

Fırıncılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir diğer katkı maddesi grubu hidrokolloidlerdir. Hidrokolloidlerin dondurulmuş hamurda kullanımı, donma-çözünme sırasında hamura dayanıklılık sağlar ve donma-çözünmenin neden olduğu olumsuzlukları azaltır. Ksantan gam, guar gam, hidroksipropil metilselüloz (HPMS) ve k-karregenan dondurulmuş hamur çalışmalarında kullanılan hidrokolloidlerdir.

Xanthomonas campestris'in hücre dışı polisakkariti olan Ksantan gam, dondurulmuş hamurda, un proteinleri ile kurmuş olduğu güçlü interaksiyon ile hamurun kuvvetlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, su absorpsiyonunu ve hamurun gaz tutma yeteneğini geliştirerek, ekmek hacmini artırır ve ekmek içini yumuşatır [80], [81]. Mandala [82], bahsedilen bu etkileri, ksantan gam'ın düşük konsantrasyonda gösterdiği (%0.16), konsantrasyonun artmasıyla ekmek hacminin azaldığını bildirmiştir. Guar gam'ın da düşük konsantrasyonlarında viskoz olduğu ve kalınlaştırıcı ajan olarak kullanıldığı bilinmektedir. Fırıncılık ürünlerinde guar gam, karıştırma toleransını artırması ve nemi tutarak sinerisisi engellemesi açısından önemlidir [83]. Dondurulmuş hamur uygulamasında ise, Mandala [82], % 0,16 ve % 0,65 konsantrasyon oranının, kontrole göre daha düşük hacim ve yapışkan kabuğa sebep olduğunu bildirirken, Ribotta vd. [31], %1,5 oranında guar gam kullanımının, dondurulmuş hamurda, hacim ve tekstürü olumlu etkilediğini fakat hamur dinamik reolojik parametreleri üzerinde olumsuz etkilere yol açtığını bildirmişlerdir.

Hidroksipropil metilselüloz (HPMS) ise ekmek hamuru gibi çok fazdan oluşan sistemlerde, ara yüzey oluşturarak, stabilite sağlar. Pişirme sırasında, HPMS, hidrokolloid zincirlerle interaksiyonu ile kalıcı bir ağ oluşturarak jel yapıyı meydana getiririr. Bu yapı genleşme sırasında hamura kuvvet kazandırır. Bu jel yapı ayrıca, nem kaybını engelleyen bir bariyer olup, ekmek içi yumuşaklığı sağlamaktadır [84]. Barcenas vd. [85], kısmı olarak pişirilmiş (165 °C, 7 dak.) dondurulmuş ekmekte, HPMS'nin etkilerini araştırmışlar ve HPMS içeren örneklerin spesifik hacminin dondurarak muhafazadan olumsuz etkilenmediği sonucuna varmışlardır. Ayrıca, HPMS'nin daha

yüksek nem içeriğine sahip ekmek üretimi sağladığını ve bu nem içeriğinin 42 günlük dondurarak muhafaza sırasında korunduğu sonucuna varmışlardır.

Fırıncılık ürünlerinde kullanılan bir diğer hidrokolloid, gluten proteinleri ile interaksiyona girerek, ekmek spesifik hacmini artıran k-karregenandır . Sharadanant ve Khan [86], dondurulmuş hamurda k-karregenan kullanımı ile ilgili yapmış oldukları bir çalışmada, k-karregenan'nın donma-çözünme periyotları sırasında dayanıklı olmayan katı bir jel oluşturduğu, bu yapının da ekmeğin spesifik hacmini dondurarak muhafaza sırasında azalttığı sonucuna varmışlardır.

Karboksimetil selüloz (CMC), gam arabik ve keçiboynuzu gamı (LBG) da fırıncılık ürünlerinde kullanılan diğer hidrokolloidlerdir.

Sharadanant ve Khan [40], CMC, gam arabik ve keçiboynuzu gamının 16 hafta süreyle dondurarak muhafaza edilen hamurların kalitesini ve ekmek özelliklerini inceledikleri bir çalışmada, CMC'nin %1 ve %3, keçiboynuzu gamının ise %1-3 oranında ilavesiyle, fermentasyon süresinin kısaldığı, ekstensograftaki oran sayısının (R/E) ise artığı sonucuna varmışlardır. Gam arabik için etkili konsantrasyonun %3 olduğu, diğer konsantrasyonların ise kontrolden daha düşük hacimli ekmek üretimine sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Sungur [87], çeşitli hidrokolloidlerin ve yüzey aktif maddelerin farklı kombinasyonlarının dondurulmuş hamurdaki etkisini araştırmış ve ekmeklik buğday ununda 12 haftalık dondurarak depolamanın sonunda, kombinasyonlar arasında en olumlu etkiyi genel olarak %0,5 Guar gam + %1,5 CMC + %1,5 LBG + %0,75 DATEM , Tip 850 buğday ununda ise %1,5 Guar gam + %1,5 CMC + %1,5 LBG + %0,75 DATEM'in sağladığını tespit etmiştir.

Ekmek formülasyonuna bitki ekstraktları veya posaları gibi doğal katkıların ilavesi ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Dondurulmuş ekmek hamuru formülasyonu ile ilgili olarak balın ve yeşil çay ekstraktının etkisinin araştırıldığı çalışmalar da yapılmıştır [3]. Addo [88], un bazında %4-6 oranında bal ilavesinin, oran sayısını (R/E) artırarak, dondurulmuş hamurun reolojik özelliklerini, geliştirdiğini bildirmiştir. Bu durumu, balın, higroskobik özelliklerinden dolayı, gluten proteinlerini dondurmanın olumsuz etkilerinden koruması olarak açıklamıştır. %4-12 arasında bal

ilavesinin de, dondurulmuş hamurun ekmeklik özelliklerini iyileştirdiği, ekmek rengini geliştirip, tüketici albenisi kazandırdığı rapor edilmiştir.

Yeşil çay ekstraktının ise antioksidan ve antikanserojen özellikleri içeren zengin bir kateşin kaynağı olması ve bunun yanında gıdaları oksidatif bozulmalara karşı koruması, onun fırıncılık ürünleri formülasyonuna ilavesini fonksiyonel ürün üretimi açısından cazip kılmıştır [3], [89]. Achiwa vd. [90], yeşil çay ekstraktı ilavesinin, buğday unundaki tiol gruplarının miktarını artırdığını ve eşzamanlı olarak disülfit (-SS) miktarını azaltarak hamurun zayıflamasına neden olduğunu fakat sert buğday ununun makinada işlenme özelliğini iyileştirdiğini bildirmiştir. Yeşil çay ekstraktının dondurulmuş hamura ilavesinin ise ekmeğin genel özelliklerini olumsuz yönde etkilediği, dondurulmuş hamur için uygun bir katkı olmadığı bildirilmiştir [91].

Bunların dışında formülasyona antifriz protein ilavesi de söz konusudur. Antifriz proteinler termal histerisis aktiviteli protein gruplarıdır ve çözeltilerin donma noktasını düşürerek işlev görürler. Antifriz proteinler sıcaklık dalgalanmaları boyunca, buz kristallerinin büyümesini modifiye edebilir, buz krsitallerinin kararlılığını artırabilir ve buzun rekristalizasyonu engelleyebilirler [92].

Antifriz proteinlerin dondurulmuş ekmek hamuruna ilavesi ile ilgili yapılan çalışmalarda, arpa antifriz proteinlerinin [93], havuç antifriz proteinlerinin [94] ve çavdar antifriz proteinlerinin [95] kullanımı araştırılmıştır. Bahsedilen bu proteinlerin, hamurda donabilen su miktarını azalttığı, donma-çözünmeye karşı dayanıklılık sağladığı bildirilmiştir.

2.1.3 Dondurma Yöntemleri

Hamur parçaları, hazırlandıktan hemen sonra ya da kısa bir fermentasyon işleminden sonra uygun bir teknoloji kullanılarak dondurulur ve sonra uygun sıcaklıkta depolanır. Dondurma teknolojisi mekanik olarak (üflemeli dondurma, plaka tipi dondurma, akışkan yatak dondurma vb.) ya da kriyojenik olarak yapılmaktadır. Uygun teknolojinin seçilmesi genellikle ürün ihtiyacına ve maliyete göre belirlenir [96].

Ayrıca, dondurma işlemi sırasında küçük buz kristallerinin oluşumu istenir. Bu yüzden, ürün sıcaklığı ne kadar hızlı düşürülürse, o kadar küçük buz kristali oluşur ve ürün daha

az zarar görür. Kriyojenik dondurma kısmen küçük buz kristali sağlayan bir yöntemdir. Soğutma tesisi gerektirmemesinden dolayı, mekanik dondurma yönteminden ayrılır. Isı transfer ortamı azot veya CO_2'dir. Kriyojenik daldırmada, ürünler sıvı azot, sıvı CO_2 yada Freon içeren soğutucu havuza direk olarak daldırılır. Daldırma yöntemi, ürün sıcaklığını hızla düşürmesi açısından avantajlı olmakla birlikte bu yöntemin, geniş çaplı ürünler için uygun olmadığı bildirilmiştir. Mekanik dondurma sistemi ise, belli bir sıcaklık derecesine inmek için gereken sürenin kritik olmadığı durumlarda tercih edilir. Birçok avantaja sahip olan geniş kabul görmüş bu sistem, kompresör, evaporatör ve soğutucu ünitesinden oluşmaktadır. Bu sistem yüksek kurulum maliyeti, gıdaların dehidrasyonu ve defrost döngüsüne ihtiyaç duyulması gibi dezavantajlara sahiptir [2].

Bunların dışında, yüksek basınç altında dondurma, buz çekirdeklenme (ice nucleation) materyalleri uygulaması, antifriz protein uygulamaları, aşırı soğutma teknolojisi ve ultrases destekli gıda dondurma gibi yeni yöntemler de mevcuttur [97].

Ultrases destekli dondurma (UAF), herhangi bir gıda katkı maddesine ihtiyaç duyulmadan, dondurulmuş gıdanın kalitesini iyileştirebilir. Gıdaların dondurulmasında, çevre dostu bir uygulama olduğu için umut vericidir [98]. Hu vd. [97], UAF işleminin, dondurulmuş hamurun kalitesi ve mikroyapısı üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, hamurun donma süresinin %11 oranında kısaldığını ve çok sayıda zayıf buz kristallerinin oluştuğunu bildirmişlerdir.

Buz çekirdeklenme materyalleri; suyun aşırı soğumasını en aza indirgemek için heterojen buz çekirdekleri olarak işlev gören dondurma yöntemidir. Buz çekirdeklenme materyalleri kış çavdarı, yabani kiraz gibi bazı bitkilerde, kaplumbağa ve jelantinsilikenler gibi hayvanlarda ve *Pseudomonas*, *Erwinia* ve *Xanthomonas* cinslerinin bazı suşlarında bulunmaktadır [99].

Erwinia herbicola'nın hücre dışı buz çekirdeklerinin (ECINs), dondurulmuş hamurdaki etkisinin incelendiği bir çalışmada, 3 dondurma-çözündürme işleminden sonra ECINs içeren örneklerin ekmek içi sertlik değerlerinin kontrole göre %50 oranında azaldığı ve spesifik hacim değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, ECINs'nin maya hücrelerinin canlılığını koruduğu, kriyoprotektan olarak işlev gördüğü şeklinde açıklanmıştır [100].

Tüm bunların dışında, dondurma işlemi sırasında uygulanan dondurma hızı, depolama sıcaklığı ve süresi gibi faktörler de önemlidir. Dört farklı dondurma hızının (19, 41, 55 ve 72 °C/sa) ve 4 farklı depolama sıcaklığının (-10, -20, -30 ve -35°C), 30, 60, 90 ve 180 günlük depolama süresinde dondurulmuş hamur kalitesi ve ekmeklik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, hamur kalitesinin uzun süre ve yüksek sıcaklıkta depolama ile azaldığı, -30 ve -35°C'de depolanan hamurların gluten ağının daha az zarar gördüğü belirtilmiştir. -20°C'de depolanan hamurların, maya aktivitelerinin daha yüksek olduğu ve daha yüksek ekmek hacmi sağladıkları tespit edilmiştir. Yüzey tepki metodu analiz sonuçlarına göre, optimum özelliklerin 19 ve 41 °C/sa dondurma hızında ve -20°C'de depolama sıcaklığında elde edildiği görülmüştür. Depolama süresinin uzaması ekmeklik kaliteyi azaltmıştır [101].

2.1.4 Çözündürme

Dondurulmuş hamurlar, fermentasyon işlemi öncesinde, çeşitli sıcaklık ve süre koşulları altında çözündürme işlemine tabi tutulurlar. Çözünme, gluten ağı ve maya hücrelerinin rehidrasyonunu sağladığından, hamurun iyi bir performans göstermesi için gerekli bir aşamadır [49]. Bu işlem ya belli bir sıcaklık altında ya da kademeli sıcaklık artışı ile tamamlanabilir. Çözünme sırasında, hamurun soğuk, ortamın sıcak olmasından dolayı, yoğuşma meydana gelmektedir. Bu durum, hamur yüzeyinin kabarmasına ve lekelenmesine neden olmaktadır. Söz konusu bu olumsuzluk, kademeli sıcaklık artışı ile minimize edilebilmektedir. Hızlı çözündürme, hamur yüzeyinin sıcaklığını artırırken, hamur içini çözündürmeye yeterli olmayabilir. Kademeli sıcaklık artışı uygulanarak yapılan çözündürme ile bu durum da bertaraf edilmiş olur. Son yıllarda mikrodalga teknolojisi de fırıncılık ürünlerinde kullanılmaktadır [96]. Mikrodalga uygulamalarının dondurulmuş hamur teknolojisi için sunacağı imkanlar araştırılırken, mikrodalga fırın kullanımı, fırıncılık sektörüne çözündürme ve yeniden ısıtma amacıyla girmiştir [6].

2.2 Ekşi Hamur

Ekmek dünya genelinde, geniş çapta tüketilmektedir. Ekmek çeşitleri ve üretim teknikleri farklı kültürel alışkanlıklara bağlı olarak değişmektedir. Ekmek yapmanın amacı; hububat unlarını, daha cazip, daha lezzetli ve sindirilebilir hale getirmektir.

Günümüzde tüketiciler, koruyucu ilave edilmeden uzun raf ömrüne sahip, besleyici ve lezzetli gıda ürünlerine ulaşmak istemektedirler. Ekşi hamur ekmeği bu açıdan son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır [6]. Ekşi hamur kullanımı, hububat ürünleri üretiminde, eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Ekşi hamur, baskın olarak laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalar tarafından aktif hale getirilen, ya kendiliğinden fermentasyona bırakılan ya da fermentasyonu, starter kültür aracılığıyla gerçekleştirilen, asıl olarak hububat unu ve suyun karışımından oluşan biyoteknolojik bir üründür [102], [103], [104].

Ekşi hamur kalitesini etkileyen faktörler, hamur verimi, sıcaklık, starter kültür ve substrat kaynağı olan undur. Ekşi hamur kıvam açısından çok çeşitlidir. Ekşi hamur fermentasyonu, su içersinde un süspansiyonu olacak şekilde sıvı formda yada katı formda gerçekleştirilebilir. Un ile su arasındaki oran, hamur verimi (HV) olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

HV= [(un miktarı + su miktarı) / un miktarı] X 100 (2.1)

HV değerinin düşük olması (150-160) hamurun katı formda, yüksek olması (200) sıvı formda olduğunu göstermektedir [105].

Sıcaklık, ekşi hamur mikrobiyotasını etkileyen önemli bir faktördür. Laktobasil türleri için suşa bağlı olarak 30-40 °C, mayalar için ise 25-27 °C 'nin optimum gelişme sıcaklığı olduğu bildirilmiştir. Sıcaklığın kritik öneme sahip olduğu bir diğer önemli nokta ise, bir önceki fermentasyonda üretilen ekşi hamurun bir sonraki fermentasyon işlemi sırasında kullanıldığı besleme işlemidir. Eğer besleme işleminde sıcaklık yeterince kontrol edilmezse mikrobiyotanın bir kısmının kaybedilebileceği bildirilmiştir [106].

Ekşi hamurun aroması ve diğer özellikleri, fermentasyonda kullanılan sıcaklığa bağlı olduğu gibi, starter kültür kullanıldığı durumlarda seçilen LAB ve maya kombinasyonlarına da bağlıdır.

Ekşi hamurun özelliklerini belirleyen diğer bir parametre ise substrat kaynağı olan undur. Unun kül içeriği, LAB'lerin gelişimi için önemlidir. Kül içeriği ayrıca, ekşi hamurun titre edilebilir asitlik değerini etkilemektedir. Unun enzimatik aktivitesinin bir indikatörü olan düşme sayısı değerinin düşük olması, undaki α-amilaz aktivitesinin fazla

olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum ise mikrobiyotanın gelişmesi için daha fazla serbest şekerin varlığını göstermektedir [105].

Ekşi hamur, Böcker ve arkadaşları tarafından [107] , Tip I, Tip II ve Tip III olmak üzere 3 grupta toplanmıştır. Tip I ekşi hamuru, geleneksel ekşi hamur olup, bir önceki hamur üretiminden bir miktar hamur ayrılarak fermentasyonun yapıldığı ekşi hamur üretim şeklidir. Starter kültür kullanılarak ekşi hamur fermentasyonun başlatıldığı ekşi hamur tipi ise Tip II ekşi hamurdur. Bu ekşi hamur endüstriyel tipteki ekşi hamur olup sıvı formdadır. Tip III ekşi hamur ise kuru formda olup genellikle fırıncılık sektörünün standart kalitede ürün üretmek için tercih ettiği ekşi hamur şeklidir. Tip II ve Tip III ekşi hamurunda, kabartıcı ajan olarak ticari maya (*S.cerevisiae*) da kullanılmaktadır.

Doğal bir starter olarak kullanılan Tip I ekşi hamuru, günlük olarak yapılan besleme aşamalarından sonra olgun bir ekşi hamur olarak kabul edilir. Olgun ekşi hamur LAB ve maya sayıları açısından geniş bir aralık gösterdiği ve LAB:maya oranın 100:1 olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir [4]. Olgun ekşi hamurun mikrobiyal kompozisyonu incelendiğinde, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Weissella*, ve özellikle *Laktobacillus* cinslerine ait 60 dan fazla LAB türünün tanımlandığı ve LAB türlerinin mayalardan daha geniş bir çeşitliliğe sahip olduğu bildirilmiştir [108], [109]. *Saccharomyces cerevisiae*, *Kazachstania exigua*, *Candida humilis*, *Pichia kudriavzevii*, *Torulaspora delbrueckii* ve *Wickerhamomyces anomalus* olmak üzere sadece 6 tür maya ekşi hamurda tanımlanmıştır [109].

Tip II ekşi hamur üretimi için uygun LAB kombinasyonlarının araştırıldığı bir çalışmada, LAB, tekli ve karışık kültür ortamlarında ekşi hamur fermentasyonuna bırakılmış, *L. plantarum* PFC22 + *P. acidilactici* PFC38 + *L. sanfranciscensis* PFC80'den oluşan kombinasyonun Tip II ekşi hamur üretimi açısından uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada, karışık kültür uygulamasının, tekli kültür uygulamasına göre daha yüksek mikrobiyal canlılık ve ekmek üretiminde meyvemsi bir aroma sağladığı da bildirilmiştir [110].

Çevresel bir takım faktörler ekşi hamur mikrobiyotası üzerinde oldukça belirleyicidir. Hububat unları ve diğer ekşi hamur bileşenleri (su, tuz vb.) mikrobiyolojik olarak steril olmadığı gibi, steril etmek için de herhangi bir işleme maruz bırakılmazlar. Bu yüzden

çevreden kontamine olan mikroorganizmalarda ekşi hamur sistemine dahil olabilir [11]. *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Weissella* ve *Lactococcus* cinslerine ait türler hububat tanelerinde ve unda yada ekşi hamur fermentasyonunun ilk aşamalarında bulunmalarına rağmen, ekşi hamurda daha az sıklıkla rastlanan türler oldukları bildirilmiştir [102], [103]. *Laktobasil* cinslerine ait bazı türler, özellikle *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paralimentarius*, *Lactobacillus rossiae*, ve *Lactobacillus sanfranciscensis*, düşük fermentasyon sıcaklığıyla ve sürekli besleme ile karakterize edilen ekşi hamurda (Tip I) baskın türlerdir. Yüksek fermentasyon sıcaklığı, uzun fermentasyon süresi ve yüksek su içeriği ile karakterize edilen Tip II ekşi hamurda ise sıcaklığa ve aside karşı toleranslı, *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus pontis* ve *Lactobacillus reuteri* olmak üzere *Laktobasil* türleri baskındır [11].

Yağmur vd.[111], Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplamış oldukları 8 adet ekşi hamur örneğinde, baskın olan LAB türlerinin *Lactobacillus (L.) sanfranciscensis*, *Pediococcus pentosaceus, L. plantarum, L. namurencis, L. rossiae, Leuconostoc mesenteroides* olduğunu ve bu türlerin yanı sıra *L. zymae*, *L. spicheri*, *L. paralimentarius*, *L. mindensis*, *L. farciminis*, *L. acetotolerans*, *L. casei*, *Enterococcus faecium* ve *Enterococcus durans* türlerinin de tanımlandığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada baskın olan maya türü *S.cerevisiae* olarak tespit edilmiş ve *Pichia guiliermondii* ve *T. delbrueckii'*nin sıklıkla izole edildiği belirtilmiştir.

Gül vd. [112], Ispartadaki fırınlardan toplamış oldukları 14 adet ekşi hamur örneğinde baskın LAB türünün, *L.brevis* (% 15,1) olduğunu ve bunu % 6,1 ile *L. amylophilus*, *L. sake*, *L. acetotolerans* türlerinin takip ettiği sonucuna varmışlardır. Toplanan ekşi hamurlar içerisinde maya olarak baskın türün *S. cerevisiae* (%27,0) olduğunu, *Torulopsis holmii* (%10.8) türününde sıklıkla izole edildiğini bildirmişlerdir.

Ekşi hamur mayaları ve özellikle LAB'leri ekşi hamur ürünlerinin, duyusal, reolojik, besinsel, fonksiyonel ve raf ömrü özelliklerinden sorumludur [8], [9]. Bu olumlu etkiler, ekşi hamur fermentasyonu sırasında LAB tarafından üretilen organik asitler, ekzopolisakkaritler (EPS) ve enzimler tarafından sağlanmaktadır. Ekşi hamur fermentasyonu sırasında üretilen EPS, hamurun viskoelastik özelliklerini etkiler ve

özellikle nişasta retrogradasyonunu etkileyerek ekmeğin tekstürünü iyileştirir ve raf ömrününün uzamasını sağlar [113].

Ekşi hamur fermentasyonunun, fırıncılık ürünlerinin glisemik indeks değerini düşürdüğü, mineral alımını artırabildiği ve biyoaktif bileşen içeriğini geliştirdiği bir çok araştırmanın konusu olmuştur [9].

Beyaz ekmekte, jelatinize olmuş nişasta miktarının fazla olması, sindiriminin de hızlı olmasına sebep olmaktadır. Diğer taraftan, nişasta retrogradasyonu olan amiloz ve amilopektin interaksiyonunun artması, kristal yapı oluşumunu meydana getirir ve bu durum yavaş sindirimi sağlar. Ekşi hamur fermentasyonu sırasında meydana gelen değişiklikler, nişastanın jelatinizasyon derecesini azaltır ve daha az sindirilebilir olan dirençli nişasta oluşumunu destekler [114],[115]. Scazzina vd. [116], sadece ticari maya ile fermente edilen ekmeklerde benzer etkilerin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Ekşi hamur fermentasyonu boyunca serbest kalan amino asitlerin, peptidlerin ve serbest fenolik bileşenlerin, glukoz metabolizmasını düzenlediği ve glisemik indeksi düşürdüğü bildirilmektedir [117], [118].

2.2.1 Ekşi Hamurun Muhafazası

Ekmek üreticileri tarafından sıklıkla kullanılan sıvı ekşi hamur (HV 225-250), hızlı soğutmanın ardından 1-2 °C'de yada 4-5°C'de muhafaza edilmektedir. Muhafaza edilen bu hamur, yeni fermentasyon için 2-3 gün içinde, besleme işlemine gerek duyulmadan kullanılabilmektedir. 10 gün gibi uzun süreli depolamada ise maya ve LAB'lerin yeniden aktif hale gelebilmesi için 1 yada 2 kez besleme işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Ekşi hamurun, 4-5°C'de bir kaç ay depolanması, un ilave edilerek su:un oranın azaltılması (%30 su, %70 un) ile mümkün olabilir. Bu durumda hamur verimi 143 olan katı ekşi hamur üretilmiş olmaktadır. Bu şekilde depolama, ekşi hamurun kullanılmadan önce en az 2 kez besleme işleminin yapılmasını gerektirmektedir [119]. Geleneksel ekmek üretiminde, ekşi hamur depolama teknikleri birbirinden farklı ve deneyime bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Günlük ekmek üretim prosedürünün bir sonucu olarak, bir kısım ekşi hamur kullanılmadan önce en az bir kez besleme işlemine tabi tutulmaktadır. Bunun yanında, ayrı bir muhafaza yöntemi uygulanarak, ana ekşi hamurun bir kısmı, bez bir torbaya konularak, bir kaç hafta 4-6°C'de

depolanabilmektedir [120]. Besleme işlemi, böyle bir ekşi hamur için, kullanılmadan önce mutlaka gereklidir. Bazı durumlarda ekşi hamurun dondurabildiği de bildirilmiştir. Muhafaza işleminin 20-30 günden fazla olacağı durumlarda ise ekşi hamurun kurutulup, öğütülmesi de söz konusu olmuştur [121].

Lattanzi vd. [121] ekşi hamurun muhafazası ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, 4 °C'de, -20°C'de ve 40 °C'de 20 sa kurutularak 7, 30, 60 ve 90 gün muhafaza edilen ekşi hamurların, TTA, pH, maya ve LAB sayıları ile beraber kabarma yetenekleri de takip etmişlerdir. Kurutulan ve -20°C'de depolanan ekşi hamurlar, kullanılmadan önce besleme işelmine tabi tutulmuştur. Bütün depolama yöntemlerinde, ekşi hamurların kabarma yetenekleri, taze ekşi hamurlara göre gerilemiş fakat asitlendirme yeteneklerinde besleme işleminden sonra herhangi bir gerileme tespit edilmemiştir. Bu durum, ekşi hamurların LAB sayılarını da muhafaza edebilmeleriyle ilişkilendirilmiştir. Maya sayısının, besleme işleminden sonra, 4 °C'de depolanan ekşi hamurda -20°C'de depolanan ekşi hamura göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kurutulmuş formda muhafaza edilen ekşi hamurda ise sadece 7 günlük depolamada bile maya sayısında ve doğal olarak kabarma yeteneğinde azalma görülmüştür. Bu çalışma ile dondurak muhafaza ile LAB'lerin sayısının kısmen korunduğu, depolamaya maruz bırakılmamış ekşi hamur ile üretilen ekmeğe kısmen yakın ekmekler üretilebildiği sonucuna varılmıştır. Kurutarak ve 4 °C'de muhafaza etmenin ise 30 günlük depolamaya uygun olduğu, 60 ve 90 günlük depolama için hiçbir muhafaza metodunun kabarma yeteneğini sağlayamadığı bildirilmiştir.

2.2.2 Ekşi Hamurun Dondurulmuş Ekmek Hamurunda Kullanımı

Ekşi hamur mikrobiyotasının çeşitliliğinin ve genel ekşi hamur özelliklerinin (pH, TTA, LAB ve maya sayısı) dondurarak muhafaza ile nasıl değiştiğine dair yapılan çalışmların yanısıra, ekşi hamurun dondurulmuş ekmek hamurunda kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmalarda mevcuttur.

Minervini vd. [19], ekşi hamurun dondurulmuş ekmek teknolojisinde kullanım olanaklarını araştırdıkları bir çalışmada, örnekleri 50 gün boyunca -18 °C'de depolamışlardır. Bu kapsamda, bal içeren, fruktoz ve glukoz içeren, krioprotektan çözelti içeren (yağsız süt tozu+treoloz+sükroz) ekşi hamurları %30 oranında ekmek

hamuruna ilave etmişlerdir. Ayrıca, formülasyona dondurulmuş hamurda kullanılan klasik katkılar (DATEM, guar gum ve askorbik asit) ilave edilerek kıyaslama yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, ekşi hamurun, krioprotektan çözelti ve bal ilavesi ile veya her ikisinin ilavesi ile dondurulmuş ekmek formülasyonunda kullanılabileceği ve taze ekmeğe yakın kalite ekmek üretimi sağladığı bildirilmiştir. Bahsedilen bu formülasyonlar, dondurulmuş hamurda kullanılan klasik katkılardan, ekmek sertliği açısından daha iyi sonuç vermiştir. Fakat, hem klasik katkıların hem de ekşi hamurun kullanıldığı formülasyonlar, düşük sertlik ve yüksek spesifik hacim değeri vermeleriyle dikkat çekmiştir. Klasik katkılara kıyasla, dondurulmuş hamura bal ilavesi kabarma yeteneği açısından daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Novotni vd. [17], [18], ekşi hamur ilavesinin kısmı olarak pişirilmiş-dondurulmuş ekmeklerdeki etkisini incelemişlerdir. Ekşi hamurun, kısmı olarak pişirilmiş dondurulmuş (KPD) glutensiz ekmeklerdeki glisemik indeks (GI) ve bayatlama kinetiğini araştırdıkları bir çalışmada [18], ekşi hamur ilavesinin ve KPD prosesinin birlikte kullanılmasının, glutensiz ekmeklerin GI değerini azaltığı, bayatlamayı geciktirdiği sonucuna varmışlardır. Çalışmada ayrıca, %15 ve 22.5 oranında ekşi hamur ilavesinin uygun olduğu ve bu oranların KPD ekmeklerinde spesifik hacim ve tekstürü iyileştirdiği belirtilmiştir. Glutensiz ekmeklerin yüksek GI değerine sahip olması ve kısa raf ömrü sorunlarına, bu iki teknolojinin birleştirilmesi ile çözüm bulunabileceği vurgulanmıştır.

Kısmı olarak pişirilmiş dondurulmuş ekmeklere ekşi hamur ilavesinin incelendiği diğer bir çalışmada, tam buğday unu ile hazırlanan ekşi hamurlara farklı starter kültürlerin etkisi araştırılmış, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* yada *Leuconostoc mesenteroides*, *Candida humilis* ile kombinasyon yapılarak tam buğday ekmeğinin kalitesi ve bayatlama kinetiği çalışılmıştır [18]. Çalışılan tüm örnekler içinde, *L.plantarum* ile hazırlanan ekşi hamurun KDP ekmeklerinin bayatlama hızını yavaşlattığı ve ekmeklik kalitesini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

2.3 Nohut Unu ve Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı

Nohut (*Cicer arietinum* L.), baklagiller (Fabaceae) ailesine ait olan, yıllık, taneli bir bitki türüdür. Asıl olarak, yarı kurak iklimlerde yetişten nohutun üretimi daha çok Ortadoğu

bölgesi ile Asya kıtasının güney batı bölgelerinde daha fazla yoğunlaşmıştır. Bunun yanı sıra Avrupa, Avusturalya ve Kuzey Amerika'da tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde ise güney doğu bölgesinde yetiştirilmektedir [14]. Nohut, Kabuli ve Desi olmak üzere 2 çeşittten oluşmaktadır ve protein, lif, polifenolller ve karbonhidrat içeriği açısından birbirinden farklıdırlar. Desi çeşidinin enerji değeri 327 kcal/100 g iken, Kabuli çeşidinin ise 365 kcal/100g'dır [122], [123]. Çeşitli araştırmalar sonucunda, nohut tanesinin yaklaşık olarak %20-25'inin protein, %40-60'nın karbonhidrat ve % 4.5-5.5'nin ise yağdan oluştuğu bildrilmektedir [14], [123]. Ülkemizde ise Diyar-95, Güney sarısı, Azkan, Sarı 98, Gökçe ve Aksu gibi farklı nohut çeşitler mevcuttur [124], [125].

Nohut ununun kimyasal kompozisyonu, buğday unuyla kıyasalandığında nohut ununun (Çizelge 1), daha yüksek oranda protein, yağ, kül ve lif içerdiği görülmektedir. Ayrıca, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, bakır, demir ve çinko mineralleri açısından da zengindir [126]. Glisemik indeks değerinin düşük olması ile de farklılık gösterdiğine dair bulgular söz konusudur. Nohut unuyla üretilen ekmeklerin buğday unuyla üretilen ekmeklere nazaran daha düşük glisemik indes değerine sahip olduğu belirtilmiştir [127].

Çizelge 2. 1 Buğday unu ile nohut ununun kimyasal kompozisyonu [14], [128]

Bileşen	**Buğday unu**	**Nohut unu**
Protein (%)	9.3–14.3	24.4–25.4
Karbonhidrat (%)	64.6–69.04	47.4–55.8
Yağ (%)	1.25–2.93	3.7–5.1
Lif (%)	0.9–1.8	3.9–11.2
Kül (%)	1.48–3.3	3.2–2.8

Nohut ununun ayrıca, esensiyal aminoasitlerden metiyonin, ve sistein açısından sınırlı fakat lösin ve lizin açısından ise zengin olduğu bilinmektedir [14].

Besleyici gıdalar, sağlıklı bir hayat sürdürmemize yardımcı olan temel faktörlerden biridir. Nohut ve diğer baklagiller (mercimek, bezelye vb.) kişinin günlük diyeti için önemli bileşenler içerirler. Baklagillerin düzenli tüketiminin, kardiyovasiküler

hastalıkların, Tip II diyabetin, bazı kanser türlerinin ve obezite riskinin önüne geçilmesinde etkili bir araç olduğu da düşünülmektedir [15], [129]. Bu olumlu özelliklerine rağmen, tüketiminin giderek azaldığı, günlük alınması tavsiye edilen miktarın altına düştüğü bildirilmiştir [130].

Nohut ve diğer baklagil türlerinin tüketiminin artırılması için ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerinin (kek, karaker, biskuvi gibi) formülasyonuna ilave edilmesi önerilmektedir [131], [132]. Baklagil unlarının ekmeğe ilavesi, fonksiyonel ve besinsel özelliklerini tamamlayıcı etki göstermesinden dolayı dikkat çekmiştir [133].

Nohut unun belli bir miktarda buğday unuyla ikame edilerek buğday/nohut unu hamurlarının reolojik ve ürün oluşturma özelliklerinin incelenmesi bazı araştırmaların konusu olmuştur. Bu araştırmalara göre, nohut ununun bir miktar buğday unu yerine kullanılması, bir dereceye kadar kabul edilebilir ürünler vermiş ve hububat bazlı diyetlerdeki besinsel eksiklikleri giderdiği bildirilmiştir [133]. Nawaz vd. [134], bazı hububat, baklagil ve bunların karışımından oluşan unların fonksiyonel özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada, nohut unu, su tutma kapasitesi ve protein çözünürlük indeksi açısından iyi olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, mısır ve buğday ununun fonksiyonel özelliklerinin nohut unu ilavesiye geliştrildiği de bildirilmiştir. Nohut ununun su absorbsiyonu açısından benzer bir sonuç, Du vd. [135] tarafından da rapor edilmiştir. Yapılan bu çalışmada da nohut unu diğer baklagil unları içinde en yüksek su absorbsiyon indeksine sahipken en düşük emulsiyon aktivitesine sahip olduğu bildirilmiştir.

Mohammed vd. [132] ise nohut ununu %10, %20 ve %30 oranında buğday ununa ilave ederek hazırladıkları hamurun reolojik ve ekmeklik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda nohut unu ilavesinin, su absorbsiyonunu ve gelişme süresini artırdığı, uzayabilirliğini ve uzamaya karşı direnci ise azalttığı sonucuna varmışlardır. Nohut unu ilavesi ile toplam protein ve pentozan içeriğinin artmasının bu duruma neden olduğu bildirilmiştir. %10 nohut unu ilavesi hamur yüzeyini olumsuz etkilemezken, %20 ve %30 nohut unu ilavesi yapışkan bir hamur oluşumu ile sonuçlanmıştır.

Baklagil unlarının hububat bazlı ürün formülasyonlarına ilavesinde yüksek duyusal özelliklerin sağlanabilmesi için çeşitli proses parametrelerinin geliştirilmesi

gerekmektedir [136]. Ekşi hamur fermentasyonu, baklagil unları içeren ekmek formülasyonunda duyusal ve fonksiyonel özellikleri iyileştirmek için iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir.

Rizzello vd. [15], buğday ununa baklagil unlarının (nohut, bezelye ve mercimek) ilavesiyle hazırladıkları ekşi hamur ekmeğinin çeşitli besleyici özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada, baklagil unları ile hazırlanan ekşi hamur ekmeğinin en yüksek antioksidant aktivite ve fitaz aktivitesi gösterdiği sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca, duyusal değerlendirmede ve tekstür analizlerinde de baklagil unları ile hazırlanan ekşi hamur ekmeğinin iyi düzeyde kabul edilebilir sonuçlar aldığı bildirilmiştir.

Baykara [137], geleneksel nohut mayasının endüstriyel beyaz buğday unu ekmeği üretiminde kullanılmasına yönelik yaptığı bir araştırmada, pres maya (%0,5) + nohut mayası ile yapılan ekmeklerin sadece pres maya ve sadece nohut mayasından yapılan ekmeklere göre, duyusal değerlendirmede daha yüksek puanlar alarak tercih edildiğini bildirmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Ekşi hamur hazırlamada ve ekmek yapımında kullanılan buğday unu, katkısız buğday unları olup İstanbul Halk Ekmek Fabrikası (Cebeci, İstanbul) ve Erişler Gıda San. ve Tic. A.Ş'den temin edilmiştir. Çalışmanın 1. aşamasında İstanbul Halk Ekmek'ten temin edilen un diğer aşamalarında ise Erişler Gıda San. ve Tic. A.Ş'den temin edilen un kullanılmıştır. Nohut unu ise İstanbul Baharat Gıda San.ve Tic.Ltd.Şti'den satın alınmıştır. Ekmek formülasyonunda kullanılan, iyotsuz tuz (Billur tuz) ve instant kuru hamur mayası (Pakmaya) ticari olarak temin edilmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü kültür koleksiyonunda bulunan laktik asit bakterileri (LAB) ve maya izolatları, starter kültür kullanılarak ekşi hamur hazırlamada kullanılmıştır. LAB ve mayaların izolasyonu, aktifleştirilmesi ve ekşi hamur örneklerinde sayımı için De Man Rogosa and Sharpe (MRS), Sabouraud Dextrose katı ve sıvı besiyerleri (Merck, Almanya) hazırlanmıştır. Genomik DNA ekstraksiyonu için, Proteinaz K (Sigma-Aldrich), lizozim (Sigma-Aldrich) ve 10X Tris-Asetat-EDTA (TAE, Biorad) kullanılmıştır. Siklohekzimid (Sigma-Aldrich), kloramfenikol (Sigma- Aldrich), pepton, sodyum klorür, sodyum hidroksit (Merck, Almanya) ve 2x PCR Master mix Solution (i-Taq^{TM} , Intron, Güney Kore) çalışmada kullanılan diğer malzemelerdir.

Ekşi hamur örneklerinden LAB ve maya izolasyonunun gerçekleştirilmesi için Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgesinin çeşitli illerinden toplamda 7 adet ekşi hamur örneği toplanmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Un Örneklerinin Kalite Analizleri

3.2.1.1 Nem Tayini

Örneklerin nem miktarı, AACC Metot No: 44-15A'ya göre belirlenmiştir [138].

3.2.1.2 Kül Miktarı Tayini

Kül miktarı tayini, AACC Metot No: 08-01'e göre yapılmıştır [138].

3.2.1.3 Protein Analizi

Protein miktarı, Kjeldahl yöntemiyle (N x 5.7) AACC Metod No: 46-11A' ya göre belirlenmiştir [139].

3.2.1.4 Yaş Gluten Miktarı

Yaş gluten miktarı, AACC Metot No: 38' e göre saptanmıştır [138].

3.2.1.5 Zeleny Sedimentasyon Analizi

Zeleny sedimentasyon değerinin tespitinde, AACC Metot No: 56-60A kullanılmıştır [139].

3.2.2.6 Farinograf Analizi

Çalışmada kullanılan unların ve un karışımlarının farinogram özellikleri (su absorbsiyonu, gelişme süresi,yumuşama derecesi, yoğurma tolerans sayısı ve stabilite değerleri) AACC Metot No:54-21'e göre Brabender farinografında (Brabender, Almanya) tespit edilmiştir [139].

3.2.2.7 Ekstensograf Analizi

Çalışmada hazırlanan hamurların donma öncesi ve çözünme sonrası ekstensograf analizleri, AACC Metod 54-10 'e göre gerçekleştirilmiştir. Brabender ekstensograf (Brabender, Almanya)'ı kullanılmıştır[139].

3.2.2 Ekşi Hamurun Hazırlanması

Çalışma kapsamında Tip I ve Tip II ekşi hamurları hazırlanmıştır. Tip I ekşi hamur üretimi, bir önceki ekşi hamur fermentasyonundan kalan ekşi hamurun, bir sonraki ekşi hamur üretiminde kullanıldığı, geleneksel ekşi hamur üretimidir. Tip II ekşi hamuru, endüstriyel olarak, kontrollü koşullarda üretilen ve üretimi sıvı formda da yapılabilen ekşi hamur çeşididir[140],[107]. Bu çalışmada, starter kültür kullanılarak ve HV 160 olacak şekilde üretilen ekşi hamur Tip II ekşi hamur olarak isimlendirilmiştir.

Tip I ekşi hamur üretimi çalışmanın 1. aşamasını oluşturmaktadır. Bu aşamada, buğday unu %0, %25 ve %50 oranında nohut unu ile karıştırılarak Tip I ekşi hamuru üretilmiştir. Çalışmanın 2. aşamasında üretilen Tip II ekşi hamuru, Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü kültür kolleksiyonunda (YTÜGMKK) bulunan ve çeşitli illerden toplanan ekşi hamurlardan izole edilen maya ve LAB'lar kullanılarak hazırlanmıştır. Üçüncü aşamada ise çeşitli illerden temin edilen ekşi hamur örneklerinin dondurulup çözündürülmesinden sonra canlı kalan maya ve LAB'ların izolasyonu ve tanımlaması yapılarak Tip II ekşi hamurunun üretiminde kullanılmıştır.

Tip I Ekşi Hamurunun Hazırlanması

Çalışma kapsamında yapılan Tip I ekşi hamur üretimi, YTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Bu ekşi hamur üretiminde, nohut unu belli oranlarda (%0, %25 ve %50) buğday unu ile karıştırılarak 400 g'lık un karışımı elde edilmiştir. Bu karışım, 240 mL musluk suyu ilavesi ile yoğurucuda (Öztiryakiler OM10, Türkiye) 5 dak. karıştırılmıştır. 25 °C'de 20-24 sa inkübasyona bırakılmış ve denklem 2.1 kullanılarak hamur verimi (HV) 160 olan ekşi hamur üretilmiştir. Üretilen bu ekşi hamurdan, Tip I ekşi hamur üretimi için, %10 oranında alınarak, HV yine 160 olacak şekilde yeni bir ekşi hamur hazırlanmıştır. Bu besleme işlemine, hamur pH'sı sabit bir değere ulaşana kadar devam edilmiştir.

Tip II Ekşi Hamurunun Hazırlanması

Tip II ekşi hamur üretimindeki ilk basamak kullanılacak olan suş kombinasyonlarının belirlenmesidir. Çalışmanın 2. aşaması için hazırlanan Tip II ekşi hamur üretiminde, YTÜGMKK'da bulunan ve çeşitli yörelerden toplanan ekşi hamurlardan izole edilip tanımlanan maya ve LAB'lardan yararlanılmıştır.

Çalışmanın 3. aşamasında hazırlanan Tip II ekşi hamur üretiminde kullanılacak maya ve LAB izolatları ise Afyon (Tınaztepe), Afyon (Bolvadin) ve Kastamonu illlerinden temin edilen ekşi hamur örneklerinin 10 hafta boyunca -20 °C'de depolanması ve 2 haftada bir, toplamda 5 kez olacak şekilde donma-çözünme (30 °C, %85 nem, 1 sa) işlemine maruz bırakılması ile elde edilmiştir. İzolatların seçimi, Tip II ekşi hamur formülasyonu ve üretimi 3.2.2.2'de anlatılmaktadır.

3.2.2.1 Tip II Ekşi Hamurun Üretiminde Kullanılan Maya ve LAB'lerin İzolasyonu ve Tanımlanması

Taze ekşi hamurlar ve donma-çözünme işlemine maruz bırakılan ekşi hamurların, maya izolasyonu için SDA, LAB izolasyonu için MRS Agar besiyerlerine yüzeye yayma yöntemine göre ekimleri gerçekleştirilmiştir. İnkübasyondan sonra yüksek dilusyonda (10^{-2}, 10^{-3} ve 10^{-4}) gelişme gösteren besiyerlerinden rastgele koloniler seçilmiş ve seçilen bu kolonilerin uygun besiyerlerine tek koloni düşürme metoduna göre ekimleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu tek koloni, mayalar için SDB'ye, LAB'lar için MRS broth besiyerine aktarılmış ve sırasıyla 30°C ve 37 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra 1 mL'lik steril santrifüj tüplerine alınan kültür, santrifüjlenerek (10000*g, 10 dak.) supernatantı atılmış ve 2 kez steril %0.9'luk NaCI çözeltisi ile yıkanmıştır. Yıkama çözeltisi uzaklaştırıldıktan sonra pellet üzerine 1-2 damla steril gliserol ilave edilerek -80°C'de depolanmıştır. Hazırlanan bu stok kültür, çalışmanın tanımlama ve ekşi hamur üretimi aşamaları için aktifleştirilerek kullanılmıştır.

<u>Genomik DNA Ekstraksiyonu</u>

Mayaların ve LAB'lerin Genomik DNA ekstraksiyonunda ise, uygun sıvı besiyerinde gelişen kültürden, 1 mL santrifüj tüpüne alınmış 13 000 rpm de 10 dak. santrifüjlenmiştir. Supernatant ayrıldıktan sonra -80 C°'de 15 dak. inkubasyona bırakılmış, süre sonunda 95 µL 1X TAE ilave edilip karıştırıldıktan sonra, 5 µL lizozim (50 mg/mL) ilave edilmiştir. Karıştırma işleminden sonra 15 dak. oda koşullarında inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra 3 µL proteinaz K (20 mg/mL) ilave edilip karıştırıldıktan sonra 1 sa 58 C° su banyosuna bırakılmıştır. Daha sonra, 95 C°'ye ayarlanmış su banyosunda 8 dak. bekletilmiştir.

LAB'larda 16S-rDNA Bölgesinin Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) ile Çoğaltılması

DNA ekstraksiyonu yapılan örnekler, 25 µL'lik reaksiyon tüpüne Çizelge 3.1'de belirtilen bileşenler ilave edildikten sonra Termal Cycler'a (Applied Biosystem-ABI, Singapur) konularak aşağıda belirtilen termal döngü koşulları (30 döngü) uygulanmıştır.

İlk denatürasyon: 95°C 'de 5 dak.
Son denatürasyon: 94°C 'de 15 sn.
Bağlanma: 52°C 'de 1 dak.
Uzama: 72°C 'de 2 dak.
Son uzama: 72°C 'de 5 dak.

Çalışmada kullanılan primerler, PEU7 (5´-GCA AAC AGG ATT AGA TAC CC-3´) ve DG74 (5´-AGG AGG TGA TCC AAC CGC A-3´)'dür [141].

Mayalarda 26S-rDNA Bölgesinin PZR ile Çoğaltılması

Mayaların PZR ile çoğaltılmasında, NL1 (5´GCCATATCAATAAGCGGAGGAAAAG-3´) ve LS2 (5´-ATTCCCAAACAACTCGACTC-3´) primerleri kullanılmış ve Çizelge 3.1'de belirtilen bileşenler 25 µL'lik reaksiyon tüpüne ilave edildikten sonra aşağıda belirtilen termal döngü koşulları (30 döngü) uygulanmıştır [142].

İlk denatürasyon: 95°C 'de 3 dak.
Son denatürasyon: 94°C 'de 1 dak.
Bağlanma: 52°C 'de 45 sn.
Uzama: 72°C 'de 1 dak.
Son uzama: 72°C 'de 7 dak.

PZR Ürünlerinin Elektroforezi ve DNA Dizi Analizi

DNA örneklerinin PZR ile çoğaltılmasından sonra, örnekler %0.7 agaroz içeren jellerde 120 voltta 90 dak. elektroforez (Thermo Scientific) işlemine tabi tutulmuştur. Jel görüntüsü alındıktan sonra (BIO RAD, Fransa) PZR ürünleri, PZR ürünleri saflaştırma kiti (GF-1 PCR Clean-up Kit ,Vivantis) kullanılarak saflaştırılmıştır. Bu aşamadan sonra DNA dizi analizine gönderilen örneklerin, Chromas Lite programı kullanılarak nükleotid dizileri belirlenmiştir. Nükleotid dizilerinin, NCBI BLAST taraması kullanılarak, tür tespitleri yapılmıştır.

Çizelge 3.1 PZR'de Kullanılan Bileşenler

Reaksiyon Bileşenleri	Miktar (µL)
Primer-Forward	1,5
Primer-Reverse	1,5
2xTaq	12,5
DNA örneği	2
Steril saf su	7,5

3.2.2.2 Tip II Ekşi Hamur Üretiminde Kullanılan Suş Kombinasyonlarının Seçimi ve Tip II Ekşi Hamur Üretimi

Çalışmanın 2. aşamasında hazırlanan Tip II ekşi hamur üretiminde kullanılan maya ve LAB'ların izole edildiği ekşi hamurlar ve tür adları Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 Çalışmada Kullanılan Ekşi Hamur İzolatları

Ekşi hamur kaynağı	İzolat Kodu	Tür adı	Erişim Numarası
Karadeniz Bölgesi/Safranbolu-1	TGM 19	*T. delbrueckii*	MG017550
Ege Bölgesi-3	TGM 55	*S. cerevisiae*	MG017561
Laboratuvar üretimi-2	TGM 66	*K. marxianus*	KJ491107
Marmara Bölgesi/İstanbul	ELB 75	*L.plantarum*	AB362740
Marmara Bölgesi/İstanbul	ELB 99	*L.brevis*	AB362619

Bu izolatlardan hazırlanan kombinasyonlar %0 ve %25 nohut unlu ekşi hamur formülasyonlarında HV 160 olacak şekilde Tip II ekşi hamur üretiminde kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Tip II Ekşi Hamur Hazırlamada Kullanılan Formülasyonların Özellikleri

Suş Kombinasyonu	Un Karışımları
L.plantarum ELB 75 *L.brevis* ELB 99 *S. cerevisiae* TGM 55	% 0 Nohut unlu
	%25 Nohut unlu + %75 buğday unlu
L.plantarum ELB 75 *L.brevis* ELB 99 *T. delbrueckii* TGM 19	%100 Buğday unlu
	%25 Nohut unlu + %75 buğday unlu
L.plantarum ELB 75 *L.brevis* ELB 99 *K. marxianus* TGM 66	%100 Buğday unlu
	%25 Nohut unlu + %75 buğday unlu

Çizelge 3.2'de gösterilen *S. cerevisiae* TGM 55, *T. delbrueckii* TGM 19 ve *K. marxianus* TGM 66 maya izolatları ve *L.brevis* ELB 99 ve *L.plantarum* ELB 75 izolatları YTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü kültür koleksiyonundan (YTÜGMKK) temin edilmiştir. Bu izolatların ve kombinasyonların seçiminde ekşi hamur ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. *L.plantarum*, *L.brevis* ve *S. cerevisiae*'nın Tip I ekşi hamurundan sıklıkla izole edildikleri tespit edilmiştir [5], [143], [144]. *L.plantarum* ELB 75 ve *L.brevis* ELB 99 seçimi, YTÜ kültür koleksiyonunda bulunan 9 adet *L.plantarum* ve 9 adet *L.brevis* izolatlarına Reale vd. [145] kullandığı soğuk şok tolerans analizi bazı modifikasyonlarla uygulanmıştır.

T.delbrueckii'nin ise , soğuğa daha dayanıklı oldukları ve dondurulmuş ekmek hamurunda kullanılabilecekleri Oda ve Tonomura [58] tarafından bildirilmiştir. *K. marxianus*'un, ticari mayaya alternatif olabileceği konusunda da çok sayıda araştırma yapıldığı bildirilmiş (Dimitrellou) fakat dondurulmuş ekmek hamurunda direk kullanılanımın dair bir araştırmaya yapılan literatür incelemeleri sonucunda rastlanılmamıştır.

Soğuk Şok Tolerans Analizi

MRS broth'da geliştirilen bakteri türleri -35 °C'de 24 sa inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda 37 °C'de 24 sa inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda, 595 nm de

absorbansları ölçülmüştür. Ölçülen absorbans değerleri, donmaya maruz bırakılmayan örnekler ile kıyaslanmıştır.

Çalışmanın 3. aşamasındaki izolatların seçiminde, taze ekşi hamurdan izole edilen ve tanımlanması yapılan aynı tür maya ve LAB'lar ile dondurma-çözündürme periyodu sonucunda canlı kalan aynı tür maya ve LAB'lar arasında bir kombinasyona gidilmiştir. Suş kombinasyonun belirlenmesinden sonra Tip II ekşi hamur üretimi gerçekleştirilmiştir.

Tip II Ekşi Hamur Üretimi

Tip II ekşi hamurunu hazırlamak için, 187.5 g un karışımı, 82.5 g steril su ve 30 mL hücre süspansiyonu, yoğurucuda (Öztiryakiler OM10, Türkiye) 5 dak. karıştırılmış ve 30 °C'de 18 sa inkübasyona bırakılmıştır. Böylece, hamur verimi 160 olan ekşi hamur üretilmiştir.

Hücre Süspansiyonunun Hazırlanması

Tip II ekşi hamurunu hazırlamak için kullanılan maya suşları Sabouraud Dextrose agara (SDA), LAB'lar MRS agara, stok kültürlerinden alınarak tek koloni düşürme yöntemine göre ekim yapılmıştır. Mayalar 30 °C'de 2-3 gün, LAB'ler ise 37 °C'de 2 gün inkübasyona bırakılarak aktifleştirilmiştir. Aktifleşen kültürden, tek koloni alınarak sıvı besiyerine geçilmiş, 1 gün inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra bu kültürden 10 mL'lik sıvı besiyerine %1 oranında ekim yapılmış ve 1 günlük inkübasyonun sonunda santrifüjlenmiştir (5000 rpm, 10 dak.). Besiyeri uzaklaştırıldıktan sonra 2 kez steril %0.9'luk NaCl çözeltisi ile yıkanmıştır. Son olarak 10 mL steril su ilave edilip kaıştırıldıktan sonra ekşi hamur formülasyonuna katılmıştır.

3.2.3 Ekşi Hamurların Genel Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.3.1 pH Tayini

Üretilen ekşi hamurların pH ölçümü için OHAUS Starter 300 cihazı kullanılmıştır.

3.2.3.2 Titre Edilebilir Asitlik Tayini

Toplam titre edilebilir asitlik (TTA) miktarının tayini için 10 g ekşi hamur örneği tartılmış üzerine 90 mL distile su ilave edilerek 3 dak. homojenize (DAIHAN HG-15D, Güney

Kore) edilmiştir. TTA miktarı, pH'nın 8.3'e gelebilmesi için harcanan 0.1 M NaOH miktarı olarak belirlenmiştir.

3.2.3.3 Toplam Maya ve Laktik Asit Bakteri Sayısı Tespiti

Toplam maya sayısı tespiti için Sabaroud Dekstroz agar (SDA) besiyeri, toplam laktik asit bakteri sayısı için de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar besiyeri maltoz (10 g/L) ve taze maya ekstraktı (50 mL/L) kullanılarak modifiye edilmiştir. Modifiye edilen MRS agarın (mMRS) pH'sı 5.6 ayarlanarak kullanılmıştır [146]. 10 g ekşi hamur örneği tartılmış üzerine 90 mL steril peptonlu su ilave edilerek 2 dak. homojenize edildikten sonra, dilusyonlar hazırlanarak yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır.

3.2.4 Ekmek Hamurunun Hazırlanması

Hazırlanan ekşi hamur %30 oranında ekmek formülasyonuna katılarak ekmek hamuru hazırlanmıştır. Ekmek hamuru formülasyonunda ayrıca 1.5 g tuz, 1 g şeker, 2 g ticari kuru maya kullanılmış ve farinografta belirlenen su miktarı, ekşi hamurdan gelen su miktarı da dikkate alınarak formülasyona ilave edilmiştir. Tüm bileşenler 5 dak. karıştırıldıktan sonra (Öztiryakiler OM10, Türkiye) elde edilen ekmek hamuru 2 eşit parçaya ayrılmıştır. Bir kısmı dondurarak muhafaza edilirken (-35 °C'de 28 gün) diğer kısmı taze olarak ekmek hamuru analizlerinde kullanılmıştır.

3.2.5 Ekmek Hamuru Analizleri

Ekmek hamuruna uygulanan analizler, dondurarak muhafaza öncesi (taze hamur) ve dondurarak muhafazadan (-35 °C'de 28 gün) sonrası uygulanan çözündürme işleminden sonra (30°C, 1 sa) gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.1 Dinamik Reolojik Ölçümler

Hazırlanan ekmek hamuru örneklerinin, donma öncesi ve çözündürme sonrası dinamik reolojik ölçümleri için basınç ve sıcaklık kontrollü reometre cihazı (Antonpaar MCR 302, Avusturya) kullanılmıştır. İlk olarak, hamur örneklerindeki lineer viskoelastik bölgenin belirlenmesi amacıyla uygulanması gereken kuvvetin ne olduğunu tespit etmek için genlik kayma testi (amplitude sweep test) uygulanmıştır ve bu değer %0.1 olarak

bulunmuştur. Daha sonra, bulunan bu sabit kuvvette (%0.1), 0.628 - 62.8 rad/s açısal frekansta ve 25 °C'de frekans kayma testi, 2mm'lik boşluk bırakılarak uygulanmıştır. Bu test sonucunda örneklerin, elastic modulus (G'), viskoz modulus (G") ve kompleks viskosite (ŋ*) değerleri belirlenmiştir.

3.2.5.2 Ekstensograf Analizi

Çalışmada hazırlanan hamurların donma öncesi ve çözünme sonrası ekstensograf analizleri, AACC Metod 54-10 'e göre gerçekleştirilmiş fakat hamur hazırlama aşamasında ekmek yapımında kullanılanan yoğurucu (Öztiryakiler OM10, Türkiye) kullanılmıştır. Hazırlanan hamurların, uzamaya karşı gösterdiği maksimum direnç (R_m, BU), uzayabilirlik (mm), oran sayısı (BU/mm), Brabender ekstensograf (Brabender, Almanya)'ı kullanılarak belirlenmiştir [139]. Bu analiz için hamur formülasyonuna ticari kuru maya ilavesi yapılmamıştır.

3.2.5.3 Donabilen Su Miktarının Ölçülmesi

Örneklerin donabilen su miktarı (Wc), diferansiyel taramalı kalorimetre [130] cihazı kullanılarak, Zhang vd. [94] önerdikleri metoda göre tespit edilmiştir. Donma öncesi ve çözündürme sonrası 10 mg hamur örneği aluminyum panlara tartılmış ve −30 °C for 48 sa depolanmıştır. Depolama sonrası örnekler, DSC (TA instrument Q20, USA) cihazında −30 °C'de 5 dakika izotermal olarak, sonrasında 3 °C/dak ısıtma hızıyla −30 °C'den 15 °C'ye, endotermik entalpi (ΔHW) değerinin tespit edilmesi için ısıtılmıştır. Örneklerdeki donabilen su miktarı, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$Wc= (\Delta H_W)/(\Delta_{fus}H_m) \quad (3.1)$$

ΔH_W: Örneğin endotermik entalpisi (J/g)

$\Delta_{fus}H_m$: Suyun endotermik entalpisi (333.3 J/g)

Örnekteki % donabilen su miktarı ise;

$$\Delta=W_C/W_A*100\% \quad (3.2)$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Formüldeki WA örnekteki nem miktarı olup, Radwag MR50 (Polanya) nem tayin cihazı ile tespit edilmiştir.

3.2.6 Ekmek Üretimi

Ekşi hamurlu ekmek üretiminde Rizello vd. [15] uygulamış olduğu yöntem bazı modifikasyonlarla kullanılmıştır. Hazırlanan ekşi hamur %30 oranında ekmek formülasyonuna katılarak ekmek hamuru hazırlanmıştır. Ekmek formülasyonunda ayrıca 1.5 g tuz, 1 g şeker, 2 g ticari kuru maya kullanılmış ve farinografta belirlenen su miktarı, ekşi hamurdan gelen su miktarı da dikkate alınarak formülasyona ilave edilmiştir. Tüm bileşenler 5 dak. karıştırıldıktan sonra (Öztiryakiler OM10, Türkiye) şekil verilip tavalara yerleştirilmiş bir kısmı 30 °C'de %85 nemde 2 sa fermentasyona (Nüve TK 242, Türkiye) bırakılırken bir kısmı ise -35 C°'de 28 gün boyunca depolanmıştır. Fermentasyon işleminin sonunda 230 C°'de 25 dak. pişirilmiştir. Dondurarak muhafazadan sonra ekmek hamuru örneklerine, 30 C°, %85 nemde önce 1 sa çözündürme işlemi ardından da 1 sa fermentasyon işlemi uygulanmış ve süre sonunda 230 C°'de 30 dak. pişirilmiştir. Yapılan çalışmaya ilişkin akım şeması, Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

3.2.7 Ekmeklerin Kalite Analizleri

3.2.7.1 Hacim Ölçümü

Ekmek hacmi; üretimden 2 saat sonra AACC Metot 10-05.01' de [138] belirtilen kolza tohumu yer değiştirme metoduna göre ölçülmüştür. 2 parelel üretim yapılmış ve her bir ekmek için 2 ölçüm alınarak ortalamaları hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca dondurarak muhafazanın % ne kadar hacim kaybına neden olduğu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [94].

$$\% \text{ hacim kaybı} = (V_t - V_d) / V_t \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.7.2 Renk Ölçümü

Ekmeklerde renk ölçümü, renk ölçüm cihazı (CR-100 Konica Minolta, Japonya) kullanılarak, L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) renk değerleri ekmek kabuğunda ve ekmek içinde 3 farklı noktadan ölçülmüştür. Her bir ekmek için 3 farklı noktadan alınan ölçümün ortalamaları alınmıştır.

3.2.7.3 Tekstür Analizi

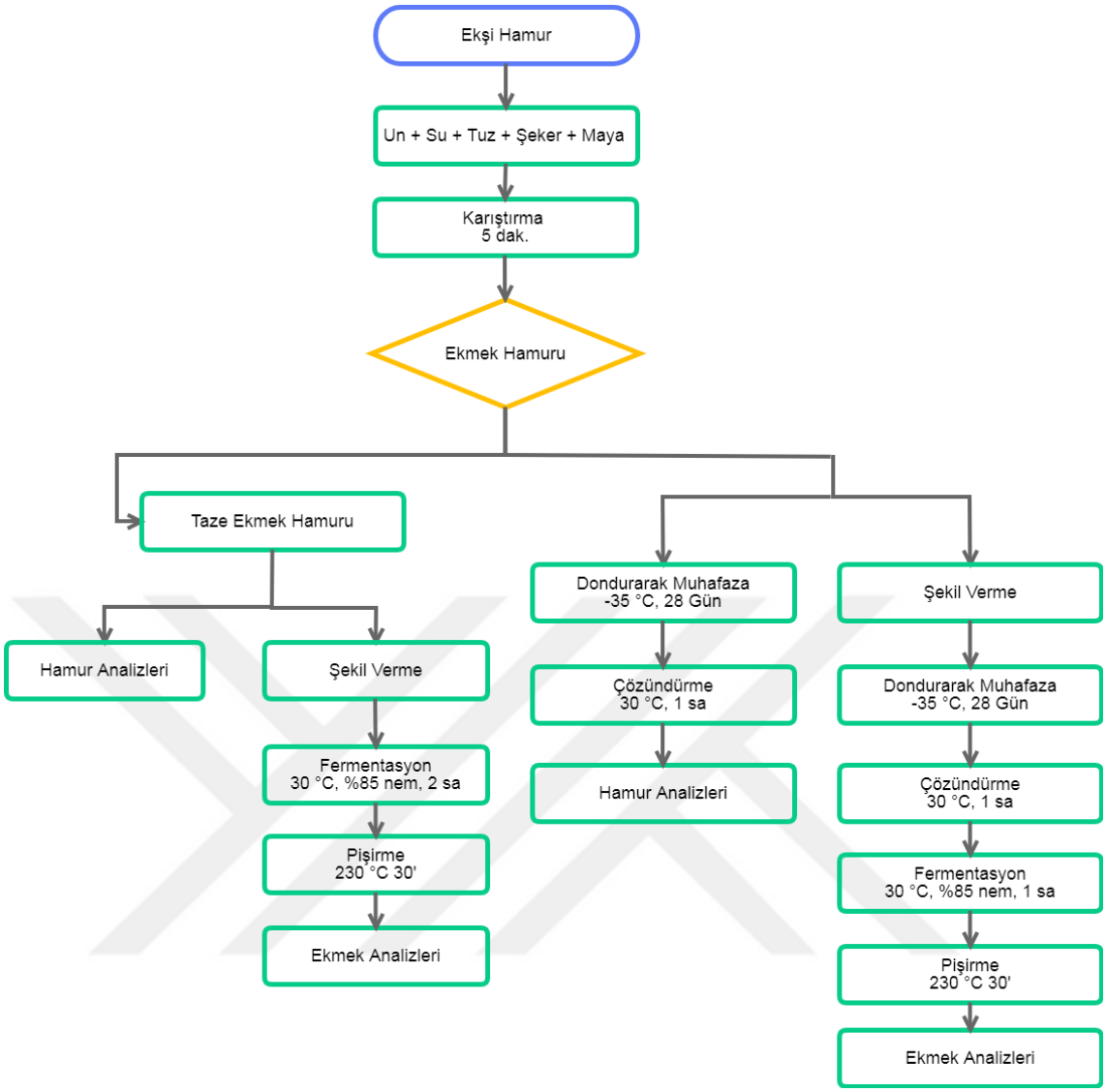
Tekstür analizi için örnekler, 1.25 cm kalınlığında kesilmiş, dilimin orta kısımından 3x3 cm'lik kare şeklinde hazırlanarak, 2 dilim üst üste olacak şekilde Tekstür Profil Analiz cihazına (SMS TA.XT2 Plus, İngiltere) yerleştirilmiştir. Kullanılan prob 36 mm olup, 50 N'luk kuvvet, 55 mm/dak test hızıyla örneklere uygulanmış ve sertlik değeri Newton (N) cinsinden ölçülmüştür.

3.2.7.4 Duyusal Analiz

Ekmek örneklerine, 7 skalalı tanımlayıcı duyusal analiz, 9 kişilik bir panelist grubunca uygulanmıştır. Kabuk rengi, ekmek içi rengi, gözenek yapısı, tat, koku, çiğnenebilirlik ve genel beğeni değerlendirme kriterleridir. 7 skalalı bu duyusal analiz formu, (1) ' beğenilirliği çok kötü', (7) ise 'beğenilirliği çok yüksek' şeklinde sayısal verilere dönüştürülmüş olup EK A'da gösterilmektedir [147].

3.2.8 İstatistiksel Analiz

Elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, JMP ver.6 software (SAS Institute, Inc. 2005) programında tek yönlü varyans analizi kullanılmış, ortalamalar arasındaki farkı ortaya koymak için 'Student t test'i 0,05 önem düzeyinde uygulanmıştır. Tüm analizler 2 paralel şeklinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışmanın akım şeması

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1 Un Örneklerinin Kalite Özellikleri

Çalışmada Tip I ekşi hamuru hazırlamada kullanılan ve İstanbul Halk Ekmek'ten temin edilen buğday ununun, nem (%), kül (%), protein (%) ve su absorbsiyonu (%) değerleri sırasıyla % 13,8, % 0,72, % 10,2 (km) ve % 59 olarak tespit edilmiştir. Tip II ekşi hamur hazırlamada kullanılan ve Erişler Un San.Tic.'den temin edilen buğday ununa ait kalite özellikleri ise Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Buğday Unu Tebliğine (2 Nisan 2013 tarihli resmi gazete yayını, sayı:28606) göre ekmeklik buğday ununda istenen özellikler, en fazla %14,5 nem, kuru madde (km) üzerinden kül değeri 0,7<%Kül≤ 0,8, % protein (km) 10,5 ve sedimantasyon en az 30 olacak şekilde belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan un, nem, protein ve sedimantasyon değeri açısından tebliğe uymaktadır. Dondurulmuş ekmeğin kalitesi, kullanılan mayanın aktivitesi ve unun kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Unun protein miktar ve kalitesinin ekmeklik kaliteyi önemli ölçüde etkilediği düşünüldüğünde, dondurulmuş ekmek üretiminde bu 2 özelliğin ekmeklik kaliteyi ne ölçüde etkilediğine dair çalışmalar yapılmıştır. İlk olarak, Marston [148], dondurulmuş ekmek üretiminde kullanılacak unun, protein miktarının %11-13 olması gerektiğini rapor etmiştir. Unun, protein miktarının ve dondurma koşullarının (dondurma sıcaklığı ve hızı), dondurulmuş hamurdaki etkisinin incelendiği bir çalışmada ise, protein miktarı %9.5 (orta) ve %11 (yüksek) olan unlardan yapılan buharda pişirilmiş ekmeklerin dondurma işlemine daha dirençli oldukları sonucuna varılmıştır [149]. Wolt ve D'Appolonia [34], unun sahip

olduğu protein kalitesinin de dondurulmuş ekmek üretiminde önemli olduğuna dikkat çekmişlerdir. Inoue ve Bushuk [22] yaptıkları bir çalışmada, protein miktarı açısından aynı değere sahip unlardan, kuvvetli olanının (R_m=1273) donma-çözünme sırasında kalitesinin daha yavaş gerilediği fakat bu unlarında taze ekmek üretiminde tercih edilmediğini bildirmişlerdir.

Farinograf ve ekstensograf değerleri, un çeşitlerinin hamur oluşturma kaliteleri hakkında bilgi verir. Ekmek üretiminde kullanılacak unun su kaldırma değerinin yüksek olması istenir. Buğday çeşidi, protein miktar ve kalitesi, zedelenmiş nişasta ve çevresel koşullara bağlı olarak değişen bu değerin beyaz unlar için %56-66 arasında değiştiği, ortalama %60 olduğu belirtilmiştir [150]. Hamurun, tepe noktasındaki konsistensinin 5 dak. sonra düştüğü konsistense olan uzaklığı olarak ifade edilen yoğurma tolerans sayısı, iyi kaliteli unlar için 20 BU olarak belirtilirken, hamurun 500 BU konsistensde yatay olarak kaldığı süre olan stabilite değeri ise 13,5 dak. olarak bildirilmiştir [151]. Bu çalışmada kullanılan unun su kaldırma değeri %58.8 , yoğurma tolerans sayısı 49 ve stabilite değeri 6,7 dak. olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Bazı hidrokolloidler ve yüzey aktif maddenin hamurun reolojik özellikleri ile dondurulmuş hamurun ekmek kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, %0,5 guar gum, %1,5 karboksi metil selüloz, %1,5 keçiboynuzu gamı ve %0,75 DATEM kullanılarak hazırlanan ekmeklik unun, 12 haftalık dondurarak depolamanın sonunda katkı içermeyen örneğe kıyasla ekmeklik özelliklerinin olumlu yönde geliştiği sonucuna varılmıştır. Bu olumlu sonucu veren un karışımının farinogram değerleri, su kaldırma %73,2, gelişme süresi 3,4 dak., stabilite 13 dak., yoğurma tolerans sayısı 30 BU ve yumuşama derecesi 20 BU şeklinde tespit edilmiştir. Bu unun ekstensogram değerleri ise, enerji 126.7 cm^2, maksimum direnç (R_m) 620 BU, uzayabilirlik 140 mm ve oran değeri 4.4 olarak bildirilmiştir [87]. Bu çalışmada kullanılan un ise katkı içermeyen un olduğundan, ekstensograf değerleri ekmeklik unların ekstensograf değerleri ile kıyaslanabilir. Boyacıoğlu [151], ekstensogram değerlerine göre buğday unlarını 4 gruba ayrılabileceğini bildirmiştir. Buna göre, alan değeri 80 cm^2'den az olan unlar zayıf, 80 - 120 cm^2 arası orta, 120 - 200 cm^2 arası kuvvetli ve 200 cm^2'nin üzeri ise çok kuvvetli un olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada kullanılan un, enerji değeri açısından kuvvetli un sınıfında yer aldığı söylenilebilir.

Arduzlar [152], 2007 ve 2008 yıllarına ait organik ve konvansiyonel buğday unlarının özelliklerini incelediği bir çalışmada, organik ticari paçal beyaz un için alan değerini yıllara göre sırasıyla 59,25 – 98,56 (cm^2) şeklinde tespit etmiştir. Unların bu özellikleri, çevre koşulları, protein miktar ve kalitesi ile yakından ilişkili olduğundan, fırıncılık ürünleri çalışmalarında kullanılan unların temel özelliklerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Çizelge 4.1 Un örneğine ait genel özellikler

Fiziksel Özelliği		**Farinograf Değerleri**		**Ekstensograf Değerleri**			
					45 dak.	**90 dak.**	**135 dak.**
Nem (%)	14	**Su kaldırma (%)**	58,8	**Enerji (cm^2)**	93	120	127
Kül (%)	0,53[a]	**Gelişme süresi (dak.)**	2,0	**Rm (BU)**	394	574	600
Protein (%)	12,67[ab]	**Stabilite (dak.)**	6,7	**E (mm)**	175	161	160
Yaş gluten miktarı (%)	27,9[a]	**Yoğurma tolerans sayısı (BU)**	49	**Oran sayısı (BU/ mm)**	2,3	3,6	3,8
Zeleny sedimentasyon değeri	45[a]	**Yumuşama Derecesi (BU)**	70				

a: kuru madde bazında
b: N x 5.7
Rm: Uzamaya karşı maksimum direnç
E: Uzayabilirlik

Çalışmada kullanılan nohut unu ise %13,2 nem, %2,6 kül ve %20,9 protein (km) değerine sahiptir.

4.2 Ekşi Hamurların Genel Özellikleri

4.2.1 Tip I Ekşi Hamurunun Genel Özellikleri

Çalışmanın ilk aşamasında hazırlanan, buğday unlu Tip I ekşi hamur (BUEH), %25 nohut unlu Tip I ekşi hamur (25NUEH) ve %50 nohut unlu Tip I ekşi hamur (50NUEH) örneklerine ait genel ekşi hamur özellikleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Olgun ekşi hamur (mature sourdough) üretimi için, hazırlanan bu ekşi hamur örnekleri sabit pH değerine ulaşana kadar beslenmiştir. Buğday unlu ekşi hamur örneği, sabit pH'ya 3

günlük besleme ile ulaşırken, nohut unlu ekşi hamur örnekleri için 2 günlük besleme işleminin yeterli olduğu görülmüştür. BUEH, 25NUEH ve 50NUEH örneklerinin ulaştıkları pH değerleri sırasıyla 3.94±0.02, 4.20±0.03 ve 4.50±0.02 şeklindedir. Nohut unu ile hazırlanan ekşi hamurun pH değerinin 5 günlük besleme işlemi ile sabitlendiği ve 4.19 ± 0.12 değerine ulaştığı Rizzello vd. [15] tarafından bildirilmiştir. Besleme sürelerinde karşılaşılan bu farklılık, Rizzello vd. [15]'nin çalışmasındaki ekşi hamurun, tamamen nohut unuyla hazırlanmış olması ve HV değerinin 320 olması sebebiyle açıklanabilir. Baykara [137], geleneksel nohut mayasını beyaz ekmek üretiminde kullanılması ile ilgili yaptığı bir çalışmada, %100 nohut mayalı ekmek hamurunun pH değerini 4.01, pres maya + nohut mayası kullanılarak hazırlanan ekmek hamurunun pH değerini 4.20 olarak bildirmiştir.

Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere, nohut unu ilavesi LAB sayısını artırırken maya sayısını azaltmıştır. BUEH için LAB sayısı 9.41±0.3 iken, 25NUEH ve 50NUEH için 9.81±0.06 ve 9.91±0.08 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Maya sayısı ise BUEH için 8.26±0.02 log kob/g , 25NUEH için 7.47±0.01 log kob/g ve 50NUEH için 7.50±0.03 log kob/g olarak belirlenmiştir. Beyaz ekmeğin besleyici, tekstürel ve duyusal özelliklerini geliştirmek için yapılan bir çalışmada ise nohut, bezelye ve mercimek unlarından hazırlanan ekşi hamur kullanılmış ve nohut unu ile hazırlanan ekşi hamur ekmeğinde ulaşılan maya ve LAB sayısı sırasıyla 7.42 and 8.6 log kob/g olarak bildirilmiştir [15].

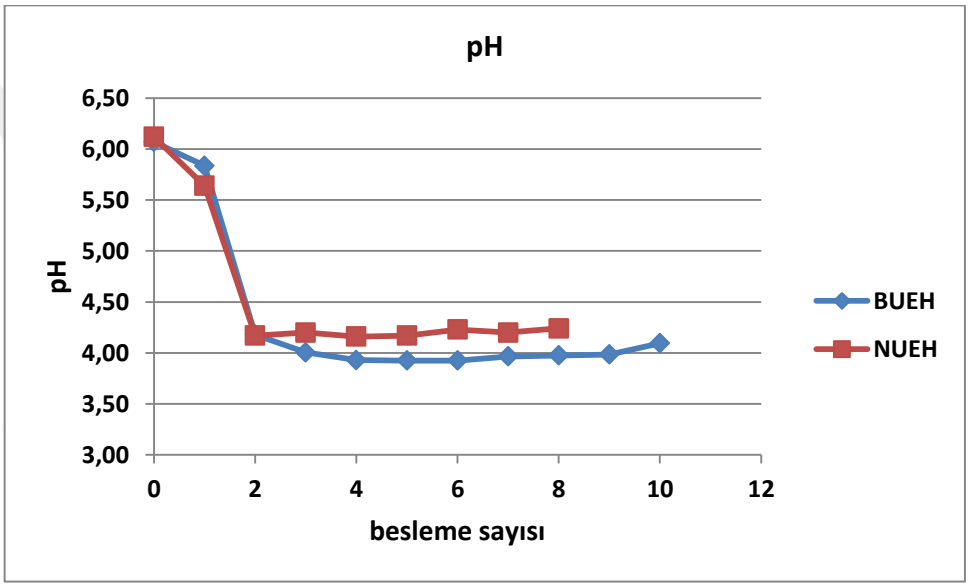
Çizelge 4.2 Tip I ekşi hamurların genel özellikleri

Ekşi Hamur Çeşidi	pH	LAB (log kob/g)	Maya (log kob/g)
BUEH	3,94±0,02	9,41±0,3	8,26±0,02
25NUEH	4,20±0,03	9,81±0,06	7,47±0,01
50NUEH	4,50±0,02	9,91±0,08	7,50±0,03

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

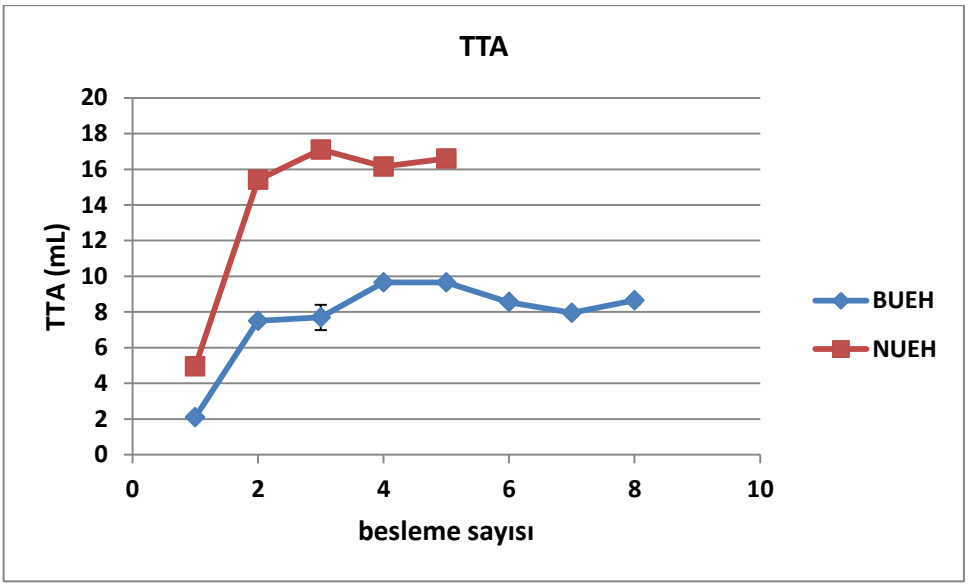
Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4 buğday unlu (BUEH) ve %25 nohut unu ve %75 buğday unuyla hazırlana Tip I ekşi hamurların (25NUEH) besleme işlemi ile sırasıyla pH, TTA, maya ve

LAB sayılarının nasıl değiştiğini göstermektedir. Geleneksel Tip I ekşi hamur üretiminde olgun ekşi hamur üretimi için besleme işlemi kullanılmaktadır. Olgun ekşi hamur, LAB, maya sayısı ve teknoljik özellikleri (asitlendirme hızı ve kabarma yeteneği) açısından standart olan hamur olarak tanımlanmaktadır [153]. Çalışmada, BUEH örneği 10 gün boyunca besleme işlemine tabi tutulmuştur. 3 günlük beslemenin sonunda pH değerinin 3.8 cıvarına ulaştığı ve bu değerde sabit kaldığı tespit edildiğinden pH değeri açısından 3 günlük besleme işlemi ile olgun bir ekşi hamur üretildiği görülmüştür (Şekil 4.1). 25NUEH örneğinde ise 2 günlük besleme ile pH değeri 4,2 cıvarında sabit kalmış ve besleme işlemi 6 gün ile sonlandırılmıştır (Şekil 4.1).



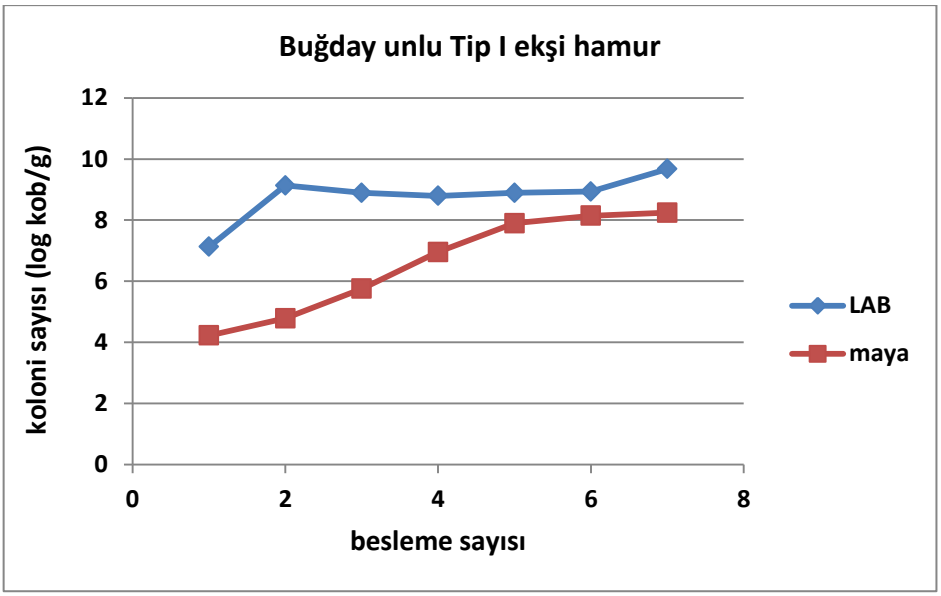
Şekil 4.1 Ekşi hamur örneklerinin besleme ile pH değişimi

25NUEH örneğinin, BUEH örneğine göre pH değeri açısından daha kısa sürede olgun ekşi hamur olduğu sonucuna varılmıştır. Ekşi hamurların besleme ile TTA değişimleri incelendiğinde ise 25NUEH örneği, BUEH örneğine göre daha yüksek TTA değerine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.2). Literatürde benzer bir araştırma incelendiğinde ise buğday-baklagil unu karışımından hazırlanan ekşi hamurun TTA değeri 24,64 ± 1.21 mL 0,1M NaOH olarak bildirilmiştir [15]. Buğday unlu ekşi hamur için ise TTA değeri 3,5 ± 0.4 ile 7,3 ± 0.4 mL 0,1M NaOH arasında değiştiği bildirilmiştir [139].



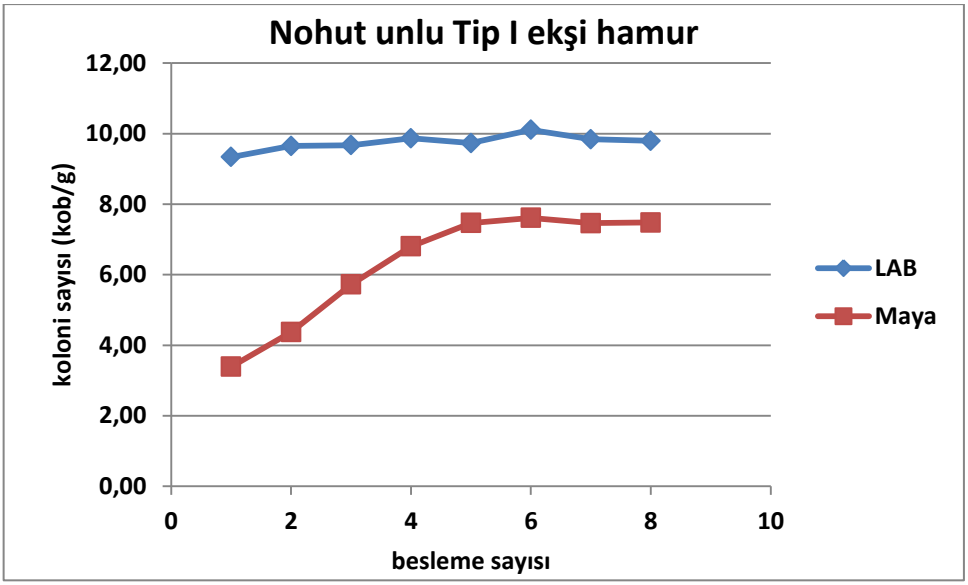
Şekil 4.2 Ekşi hamur örneklerinin besleme ile TTA değişimi

Şekil 4.3 buğday unlu Tip I ekşi hamurunun (BUEH) besleme ile LAB ve maya sayısının değişimini göstermektedir. BUEH örneğinin LAB sayısı, 3.beslemeden sonra sabit bir değerde devam ederken (~ 9 log kob/g) maya sayısı ise 5. beslemeden sonra (~ 8 log kob/g) sabitlenmiştir (Şekil 4.3). Gobbetti vd. [4] olgun bir ekşi hamur üretiminde maya:LAB oranının 1:100 olduğunu bildirmişlerdir. BUEH örneği için bu orana 5. beslemeden sonra ulaşıldığı görülmüştür. Çavdar ve buğday unundan hazırlanan ekşi hamurların, besleme ile mikrobiyal yoğunluğunun ve çeşitliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, ekşi hamurun besleme ile teknolojik özelliklerinin nasıl değiştiği de takip edilmiş ve 5 ile 7 günlük besleme ile olgun bir ekşi hamur üretimi yapılabileceği ve un farklılıklarının bu durumu çok az etkilediği sonucuna varılmıştır [153]. Bu çalışmada da maya:LAB oranı açısından olgun bir ekşi hamur üretimi için geçen sürenin hem buğday unlu Tip I ekşi hamurunda hem de nohut unlu Tip I ekşi hamurunda 5 gün sürdüğü sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.3 Buğday unlu Tip I ekşi hamurun besleme ile maya ve LAB sayısı değişimi

Nohut unlu Tip I ekşi hamurun (NUEH) besleme ile maya ve LAB sayısı değişimi ise Şekil 4.4'de gösterilmektedir. NUEH örneğinin LAB sayısı besleme boyunca sabit bir değerde kaldığı fakat maya sayısının 5.beslemeden sonra sabitlendiği görülmüştür. BUEH örneğinde olduğu gibi NUEH örneğinde de maya: LAB oranı açısından olgun bir ekşi hamur üretimi için gerekli sürenin 5 gün olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4 Nohut unlu Tip I ekşi hamurun besleme ile maya ve LAB sayısı değişimi

4.2.2 Tip II Ekşi Hamurlarının Genel Özellikleri

Tip II ekşi hamurlarının hazırlanmasında, LAB'lerinden *L.plantarum* ve *L.brevis*, mayalardan ise *S. cerevisiae*, *T. delbrueckii* ve *K. marxianus* kullanılarak 3 çeşit ekşi hamur hazırlanmıştır. İzolatların seçiminde soğuk şok tolerans analizi uygulanmıştır. Çalışmanın 3.aşamasında ise DÇİ'ye maruz bırakılan çeşitli yörelerden toplanan ekşi hamurlardan izole edilen maya ve LAB'ler kullanılarak Tip II ekşi hamuru hazırlanmıştır.

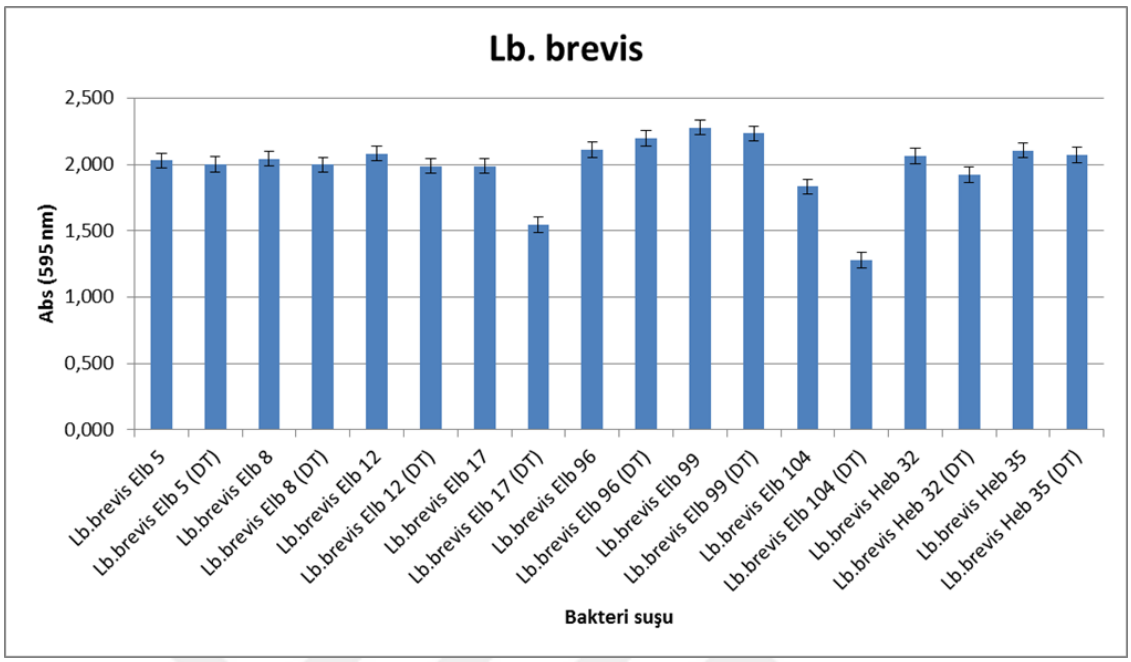
4.2.2.1 Tip II Ekşi Hamur Üretiminde Kullanılan İzolatların Seçimi

Soğuk Şok Tolerans Analizi Sonuçları

Çalışmanın 2. kısmında Tip II ekşi hamur üretiminde YTÜGMKK'da bulunan LAB izolatları (9 adet *L.brevis* ve 9 adet *L.plantarum*) ve maya izolatları (*S. cerevisiae*, *T. delbrueckii* ve *K. marxianus*) kullanılmıştır. LAB izolatlarının seçiminde soğuk şok tolerans analizinden yararlanılmıştır. Şekil 4. 5 ve 4.6, sırasıyla *L.brevis* ve *L.plantarum* türlerinin, suş bazında donmaya karşı toleransı sonuçlarını göstermektedir. *L.brevis* Elb 17 ve 104 kodlu suşlar dışında diğer suşlar donmaya karşı göstermiş oldukları toleransın aynı olduğu görülmüştür (Şekil 4.5). *L.plantarum* türünde ise *L.plantarum* Elb 43, 51, 62 ve 93 kodlu suşların donmaya toleranslarının diğer suşlara göre az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6). *L.brevis* Elb 99 ve *L.plantarum* Elb 75 suşlarının diğer suşlar içinde donmaya karşı en toleransı suşlar olduğu belirlenmiş ve ekşi hamurun dondurulmuş ekmek üretiminde kullanımı için uygun suşlar olduğuna sonucuna varılmıştır.

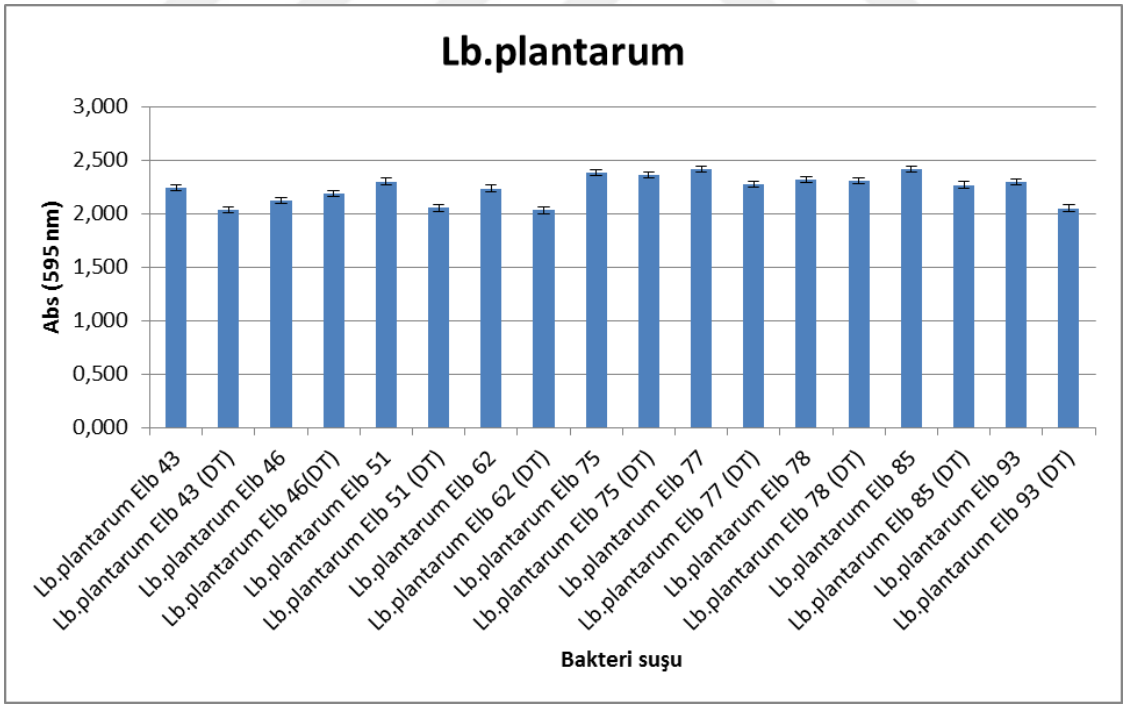
LAB'nin soğuğa maruz kaldıklarındaki davranışları, ekşi hamur ve diğer fermente ürünlerin soğukta depolama koşullarının belirlenmesi açısından önemlidir. Reale vd. [145], *L. casei*, *L. paracasei* ve *L. rhamnosus*'un buzdolabı sıcaklığında (4°C) ve -20 °C'de ki muhafazasındaki canlılığını araştırdıkları bir çalışmada, buzdolabı sıcaklığındaki muhafazanın, -20 °C'deki muhafazaya göre canlılıklarını önemli bir derecede azalttığı sonucuna varmışlardır. Çalışmada ayrıca, aynı tür içinde de farklılıkların olduğu belirtilmiş ve bunun nedeni, aynı türlerin farklı ekolojik ortamlardan izole edilmesi şeklinde açıklanmıştır. Bu çalışmada ise *L.brevis* içinde 2 suş dışında (*L.brevis* Elb 17 ve

104) diğer suşlar arasında farklılık görülmemiştir. Bunun durum, çalışılan bütün suşların ekşi hamur ortamından izole edilmesinden kaynaklanabilir.



DT: Donmaya tolerans

Şekil 4.5 *L.brevis* suşlarının donmaya karşı toleransları



DT: Donmaya tolerans

Şekil 4.6 *L.plantarum* suşlarının donmaya karşı toleransları

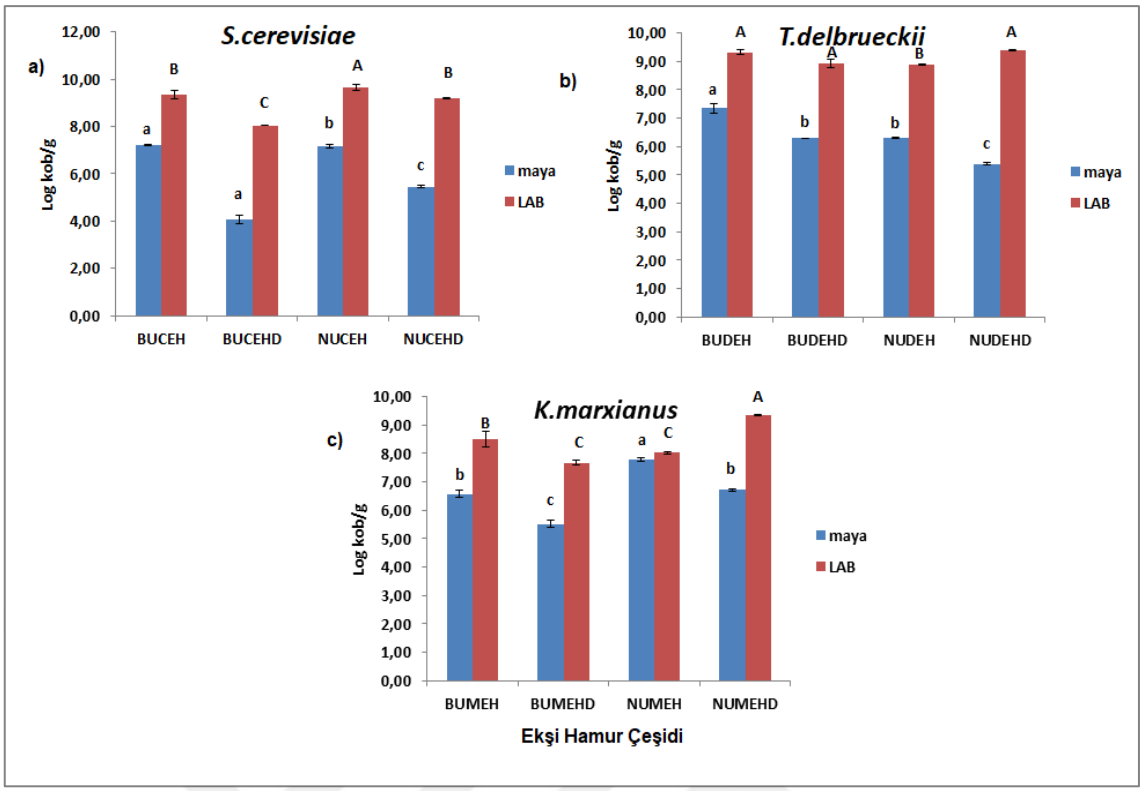
Çizelge 4.3, Tip II ekşi hamurlarının dondurarak muhafaza ile (-35 °C' de 28 gün) genel ekşi hamur özelliklerinin nasıl değiştiğini göstermektedir. Dondurarak muhafazanın, ekşi hamurların TTA ve pH değerlerini önemli derecede etkilemediği görülmüştür ($p>0,05$). Buğday unlu Tip II ekşi hamurlarında, *S.cerevisiae* (BUCEH), *T.delbrueckii* (BUDEH) ve *K.marxianus* (BUMEH) ile hazırlanan ekşi hamurların pH değerleri sırasıyla, 3,87, 3,89 ve 3,80 olarak bulunmuştur. Nohut unlu Tip II ekşi hamurların pH değerleri ise *S.cerevisiae* (NUCEH) ile hazırlanan ekşi hamur için 4,27, *T.delbrueckii* (NUDEH) ile hazırlanan ekşi hamur için 4,31 ve *K.marxianus* (NUMEH) ile hazırlanan ekşi hamur için 4,66 olarak tespit edilmiştir. Nohut unlu Tip II ekşi hamurları için kullanılan maya kombinasyonlarındaki farklılık pH değerlerini istatistiksel olarak önemli bir şekilde etkilemiştir ($p<0,05$). TTA değerleri ise nohut unlu formülasyonlarda, buğday unlu formülasyonlara göre daha fazladır ($p<0,05$). Buğday unlu Tip II ekşi hamurlarında TTA değeri 9,60±0,71 ile 9,85±0,07 aralığındayken, bu değer nohut unlu Tip II ekşi hamurlarında 17,35±0,07 ile 17,80±0,28 aralığında değişmiştir. Tip II ekşi hamurlarında kullanılan maya kombinasyonlarının farklılığı TTA değerlerini etkilemediği görülmüştür ($p>0,05$).

Buğday unlu Tip II ekşi hamur örneklerinde ise dondurarak muhafazadan sonra LAB sayısında 1 log azalış tespit edilirken, nohut unlu ekşi hamur örneklerinde LAB sayısının dondurarak muhafazadan olumsuz etkilenmediği görülmüştür. *T. delbrueckii* ve *K. marxianus* suşları kullanılarak hazırlanan örneklerde (NUDEH ve NUMEH), dondurarak muhafazadan sonra LAB sayısında 1 Log artış tespit edilmiştir. Dondurarak muhafazanın, tüm Tip II ekşi hamur örneklerinin maya sayısını azaltmış fakat nohut unuyla hazırlanan örneklerde logaritmik olarak 1 log daha az azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.7).

Çizelge 4.3 Tip II ekşi hamur örneklerinin dondurarak muhafaza ile genel özelliklerinin değişimi

Ekşi Hamur No**	pH	TTA (mL NaOH)	Maya (Log kob/g)	LAB (Log kob/g)
BUCEH	3,87±0,01^{g}	9,60±0,71^{de}	7,22±0,01^{bc}	9,33±0,18^{b}
BUCEHD	3,90±0,01^{f}	10,10±0,42^{d}	4,07±0,16^{g}	8,04±0,00^{e}
NUCEH	4,27±0,01^{e}	17,35±0,07^{c}	7,15±0,07^{c}	9,64±0,12^{a}
NUCEHD	4,29±0,01^{d}	17,20±0,14^{c}	5,46±0,06^{f}	9,19±0,03^{b}
BUDEH	3,89±0,01^{fg}	9,85±0,07^{de}	7,35±0,17^{b}	9,32±0,09^{b}
BUDEHD	3,88±0,01^{g}	9,15±0,07^{e}	6,30±0,01^{e}	8,92±0,16^{c}
NUDEH	4,31±0,01^{c}	17,35±0,21^{c}	6,30±0,03^{e}	8,88±0,02^{c}
NUDEHD	4,32±0,01^{c}	21,55±0,49^{a}	5,39±0,05^{f}	9,39±0,02^{ab}
BUMEH	3,80±0,01^{h}	9,70±0,42^{de}	6,57±0,13^{d}	8,50±0,28^{d}
BUMEHD	3,78±0,01^{i}	9,80±0,14^{de}	5,52±0,12^{f}	7,67±0,08^{f}
NUMEH	4,66±0,01^{a}	17,80±0,28^{bc}	7,78±0,06^{a}	8,03±0,04^{e}
NUMEHD	4,45±0,01^{b}	18,30±0,14^{b}	6,71±0,02^{d}	9,35±0,01^{b}

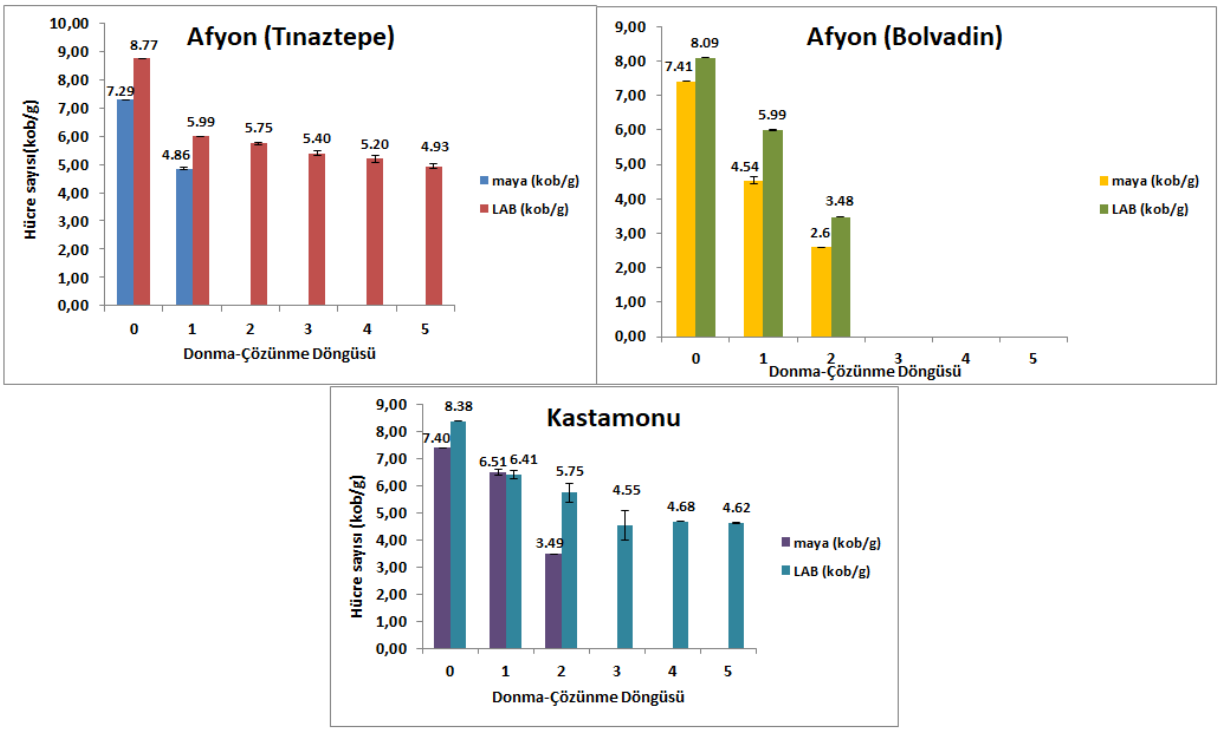
*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).



Şekil 4.7 Tip II ekşi hamurların dondurarak muhafaza ile maya ve LAB sayılarının değişimi

4.2.2.2 Donma-Çözünme İşlemi Sonucu İzole Edilen Maya ve LAB'lerin Sekans Analizi Sonuçları

Afyon/Bolvadin (EH1), Afyon/Tınaztepe (EH2), Kastamonu (EH3)'dan temin edilen ekşi hamur örneklerinin, maya ve LAB sayılarının donma-çözünme periyotları sonunda nasıl değiştiği Şekil 4.8'de gösterilmektedir. EH1 kodlu örnekte, 2.çözünme periyodundan sonra hem LAB hem de maya gelişimi tespit edilmemiştir. LAB sayısı, EH2 nolu örnekte 1.çözündürme işleminden sonra sabitlenirken, EH3 nolu örnekte 2.çözündürmeden sonra sabitlenmiştir. EH2 nolu örnekte maya gelişimi diğerlerinden farklı olarak 1.çözündürme sonunda tespit edilememiştir.



Şekil 4.8 Donma-çözünme döngüsünün ekşi hamur mikrobiyotasına etkisi

Çalışmanın son aşamasında, Kastamonu'dan temin edilen ekşi hamur örneğinin, 1. DÇİ'den sonra ve 2.DÇİ sonra izole edilen mayalar (KD0M1, KD2M2) ile 5.DÇİ'den sonra izole edilen LAB'ın (KD5B5), dizin (sekans) analizi sonuçları Çizelge 4.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 Sekans analizi sonucu

İzolat Kodu	Donma-çözündürme periyodu	İzolat türü
KD0M1	0	*S.cerevisiae*
KD2M2	2	*S.cerevisiae*
KD5B5	5	*L.brevis*

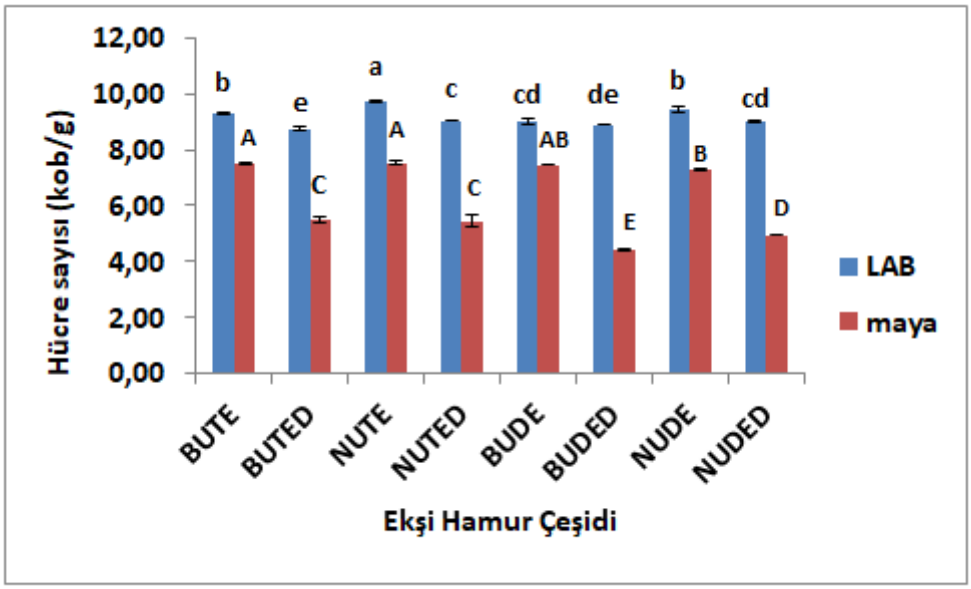
Donma-Çözünme Periyodu Sonucunda Tanımlanan Türlerin Tip II Ekşi Hamur Üretiminde Kullanımı

Çalışmanın 3. kısmında, 0.DÇİ sonucunda tanımlanan *S.cerevisiae* ile 2.DÇİ sonucunda tanımlanan *S.cerevisiae*'dan hazırlanan ekşi hamurların dondurulmuş ekmek hamurundaki kullanım potansiyelleri araştırılmıştır. LAB içinde benzer bir uygulamaya gidilmiştir. Fakat, 0. DÇİ sonucunda aynı tür LAB tanımlanamamıştır. Bu yüzden, daha önce ekşi hamurdan izole edilip tanımlanan aynı tür LAB (28C1B3) ile kıyaslanmıştır. Tip II ekşi hamur hazırlamada kullanılan maya ve LAB kombinasyonları Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Tip II ekşi hamur hazırlamada kullanılan suş kombinasyonları

	Suş Kombinasyonu	**Un Çeşidi**	**EH Kodu**
Taze ekşi hamurdan izole edilen	*L.brevis* 28C1B3	Buğday unlu	BUTE
	S.cerevisiae KD0M1	%25Nohut unlu + %75 nohut unlu	NUTE
Dondurulmuş ekşi hamurdan izole edilen	*L.brevis* KD5B5	Buğday unlu	BUDE
	S.cerevisiae KD2M2	%25Nohut unlu + %75 nohut unlu	NUDE

Dondurma işleminin, hazırlanan ekşi hamurların maya ve LAB sayısı üzerine etkisi Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, Çizelge 4.5'deki suş kombinasyonlarına göre hazırlanan ekşi hamurların, dondurarak muhafaza ile hem maya hem de LAB sayısı önemli derecede azalmıştır ($p<0,05$). Çalışmada hazırlanan diğer Tip II ekşi hamurlardan farklı olarak, nohut unu ilavesinin donma-çözünme periyodu sonucunda LAB sayısı üzerine olumlu etkisi görülmemiştir. Çalışmanın bu kısımında hazırlanan ekşi hamurlarda LAB olarak sadece *L. brevis*'in kullanılması, *L.plantarum*'un izole edilemediğinden dolayı kullanılmaması bu sonuca neden olmuş olabilir. Bu durumda nohut ununun dondurarak muhafazada olumlu etkisi *L.plantarum* türü üzerine olduğu söylenebilir.



Şekil 4.9 Dondurma işleminin ekşi hamur mikroorganizmaları sayısı üzerine etkisi

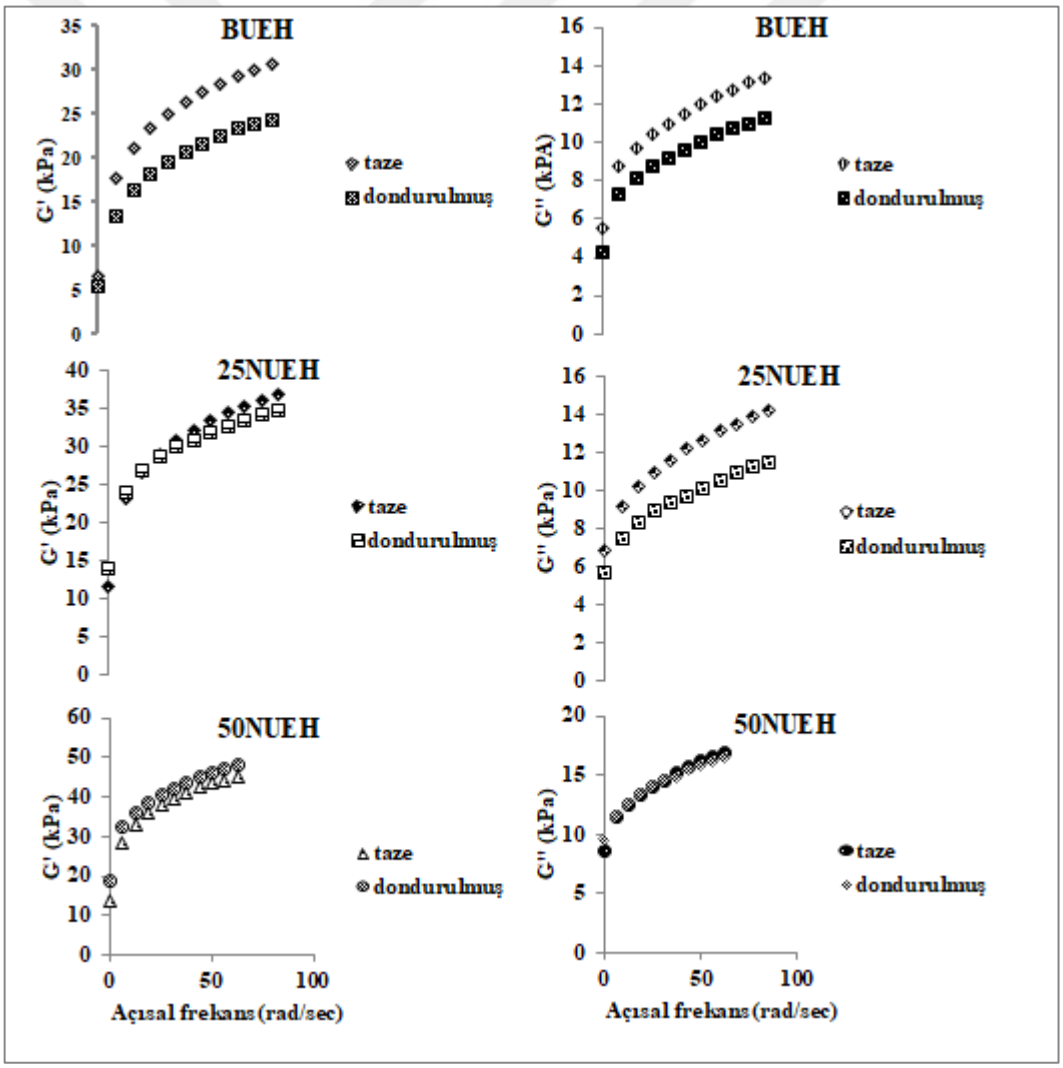
4.3 Dondurarak Muhafazanın Ekmek Hamuru Üzerine Etkisi

4.3.1 Dinamik Reolojik Özelliklerine Etkisi

Şekil 4.10, nohut unlu ekşi hamur ilavesinin, taze ekmek hamuru ile dondurarak muhafaza edilen ekmek hamurunun dinamik reolojik özelliklerine etkisini göstermektedir. Bütün örneklerin tüm frekans aralığı boyunca depolama modülü (G') değerlerinin, kayıp modülü (G'') değerlerinden yüksek oluşu jel tipi davranış modeline sahip olmaları ile açıklanabilir [75], [154].

Dondurarak muhafaza (−35°C, 28 gün), buğday unlu ekşi hamur kullanılarak hazırlanan ekmek hamurunun (BUEH), hem depolama modülü (G') değerinin, hem de kayıp modülü (G'') değerinin azalmasına sebep olmuştur. Benzer sonuçlar daha önce, buğday unlu ekmek hamurunun dondurarak muhafazasında da tespit edilmiş ve G' değerinin, G'' değerinden daha fazla bir azalma gösterdiği belirtilmiştir [75], [155]. Baier-Schenk vd. [156] bu durumu, dondurma işlemi sırasında buz kristali oluşumunun, gluten matriksine zarar vermesinden dolayı, hamur elastikiyetinin azalması olarak açıklamışlardır.

Bu çalışmada ise, buğday unlu ekşi hamura nohut unu ilavesinin (25NUEH ve 50NUEH) dondurarak muhafazada (−35°C, 28 gün) G’ değeri üzerinde azalmaya sebep olmadığı görülmüştür. Ayrıca, %50 oranında nohut unu ilave edilerek hazırlanan örnekte (50NUEH), dondurarak muhafazadan sonra G’’ değerinin azalmadığı fakat, G’ değerinin hala G’’ değerinden yüksek olduğu ve örneğin hala jel tipi davranış modeline uygun olduğu görülmüştür. Ekşi hamura nohut unu ilavesi (%25 ve %50), dondurarak muhafazada, hamurun elastik özelliklerinde gerilemeye sebep olmamıştır. Bu durum, nohut ununun su bağlama yeteneğinin yanı sıra ekmek hamurundaki toplam protein içeriğine yapmış olduğu katkı ile açıklanabilir. Dondurulmuş hamur sistemlerinde serbest suyu bağlayabilmek, buz kristali oluşumunu engelleyerek, gluten ağının zarar görmesini engellemesi açısından önemlidir [31].



Şekil 4.10 Tip I ekşi hamur örneklerinin dinamik reolojik ölçümleri

Hamur örneklerinin açısal hız değerlerine karşılık G’ ve G’’ değerlerine ait elde edilen veriler Üssü yasa modeliyle modellenmiş ve K’, K’’, n’, n’’ ve R^2 değerleri elde edilmiştir. (Çizelge 4.6). Elde edilen R^2 değerinin yüksek olması (R^2>0,97) hamur örneklerinin viskoelastik özelliklerinin Üssü yasa modeliyle başarılı bir şekilde modellenebileceğini göstermektedir. Çizelge 4.6’ dan görüleceği üzere tüm örneklerin K’ değerleri K’’ değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Bu durum örneklerin viskoelastik katı karakterinin hakim olduğunu göstermektedir. Ayrıca görüldüğü üzere Örneklerin K’ ve K’’ değerleri formülasyonda nohut unu artıkça artığı n' ve n'' değerlerinin ise azaldığı görülmektedir. Bu durum nohut ununun örneklerin viskoelastik özelliklerinin iyileşmesine neden olduğu ve daha sıkı bir hamur yapısının elde edildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.6 Tip I ekşi hamur örneklerinin dinamik reolojik ölçümleri

	Depolama modülü			**Kayıp modülü**			**Kompleks modül**		
	$G'=K'(W)^{n'}$			**$G''= K''(W)^{n''}$**			**$G^*= K^*(W)n^*$**		
Ekmek Hamuru	**$K'(Pas^n)$**	**n'**	**R^2**	**$K''(Pas^n)$**	**n''**	**R^2**	**$K^*(Pas^n)$**	**n***	**R^2**
BUEH	7370±1449^{c}	0,33±0,,03^{a}	0,98^{a}	5338± 580^{b}	0,21±0,02^{ab}	0,99^{a}	9176±1551^{b}	0,30±0,02^{a}	0,99^{a}
BUDEH	6051±1365^{c}	0,34±0,04^{a}	0,98^{a}	4476±408^{b}	0,21±0,01^{a}	0,98^{a}	7576±1326^{b}	0,30±0,03^{a}	0,98^{a}
25 NUEH	14462±801^{b}	0,27±0,03^{b}	0,99^{a}	6843±240^{ab}	0,16±0,00^{abc}	0,98^{a}	13992±1981^{ab}	0,25±0,02^{ab}	0,99^{a}
25 NUEHD	16349±885^{b}	0,23±0,00^{c}	0,98^{a}	5298±720^{b}	0,17±0,02^{abc}	0,97^{a}	13311±5143^{ab}	0,22±0,05^{b}	0,99^{a}
50 NUEH	16933±1028^{b}	0,24±0,02^{bc}	0,99^{a}	8871±73^{a}	0,15±0,01^{bc}	0,99^{a}	17789±1502^{ab}	0,24±0,01^{ab}	0,99^{a}
50 NUEHD	21590 ±926^{a}	0,19±0,01^{c}	0,99^{a}	9586±3364^{a}	0,13±0,05^{c}	0,98^{a}	26295±12430^{a}	0,19±0,04^{b}	0,99^{a}

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır (p<0,05).

4.3.2 Ekstensograf Özelliklerine Etkisi

Dondurarak muhafazanın buğday unlu ve nohut unlu ekşi hamur ekmeklerinin 45, 90 ve 135 dakikalık dinlenme periyotlarındaki ekstensograf özelliklerine (uzamaya karşı maksimum direnç (R_m), uzayabilirlik (E) ve oran) olan etkisi Çizelge 4.7’de gösterilmektedir. Nohut unu içeren (%25 ve %50) ekşi hamurun ekmek hamuruna ilavesiyle hamurun R_m değeri, 45 dakikalık dinlenme periyodu için artmış fakat uzayabilirlik değeri etkilenmemiştir (P<0,05). Mohammed vd.[132], buğday ununa belli

oranlarda nohut unu ilavesinin hamurun reolojik ve ekmeklik kalitesine etkisini inceledikleri bir çalışmada, %20 ve %30 oranlarında nohut unu ilavesinin, %10 seviyesindeki ilavesine göre hamurun uzayabilirlik değerini azalttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada da %25 ve %50 oranında nohut unu içeren ekşi hamur, ekmek hamuruna %30 oranında ilave edilmesinden dolayı, ekmek hamurunda nohut unu miktarı sırasıyla %5 ve %10 seviyesinde olmuştur. Bu açıdan, hamurun uzayabilirlik değerinin nohut unu ilavesinden etkilenmemesi Mohammed vd. [132] elde etmiş olduğu sonuç ile uyuşmaktadır. 50NUEH örneğinin, diğer örneklere göre (BUEH ve 25NUEH) daha yüksek oran değerine sahip olduğu görülmüştür(Çizelge 4.7). Hamurun viskoelastik dengesi ile ilgili fikir veren oran değerinin (R_m/E) yüksek olması hamurun daha uzun süreli fermentasyonunu gerektirir. Düşük oran değeri ise hamurun uzamaya eğimli olduğunu göstermektedir [157].

Buğday unlu ekşi hamur örneğinin uzayabilirlik değeri, dondurarak muhafaza sonucunda 45 dakikalık dinlenme periyodu sonunda önemli derecede artarken, 90 ve 135 dakikalık dinlenme periyodu sonunda, dondurarak muhafazanın hamurun uzayabilirlik değeri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi görülmemiştir ($P<0,05$). Dondurma işlemi ve dondurarak muhafaza, buğday unlu hamurun R_m değerinde azalmaya, uzayabilirlik değerinde ise artışa sebep olduğu bildirilmiştir [101]. Kondakçı vd. [149], unun protein miktarının ve hamurun dondurma koşullarının buharda pişirilmiş ekmekte etkisini inceledikleri bir çalışmada, %11 protein miktarına sahip unların dondurma işlemi ile R_m değerlerinin azaldığı uzayabilirlik değerlerinin artığını tespit etmişlerdir. %9 ve %7.5 oranında protein miktarına sahip un örneklerinde ise benzer bir durumun görülmediği sonucuna varmışlardır. Bhattacharya vd. [158] ise dondurarak muhafaza ve dondurma-çözündürme aşamalarında hamurun, uzayabilirliğe göre R_m değerinde bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise nohut unlu ekşi hamur içeren örneklerin (25NUEH, 50NUEH), 45 dakikalık dinlenme periyodunda Rm değerlerinin, dondurulurak muhafazadan etkilenmediği görülmüştür ($P<0,05$). Elde edilen bu sonuç, dinamik reolojik ölçümler sırasında, aynı örneklerin G' değerlerini de etkilenmemesi ile parelel çıkmaktadır. Fakat, BUEH örneği için benzer bir sonuç elde edilememiştir. Nohut unu ilaveli ekşi hamurlu ekmek hamurlarının, dondurarak

muhafazasında tespit edilen bu olumlu sonuç, nohut unu ilavesinin örneğin toplam protein miktarını ve kalitesini etkilemesiyle açıklanabilir.

Çizelge 4.7 Tip I ekşi hamurların ekstensograf özellikleri

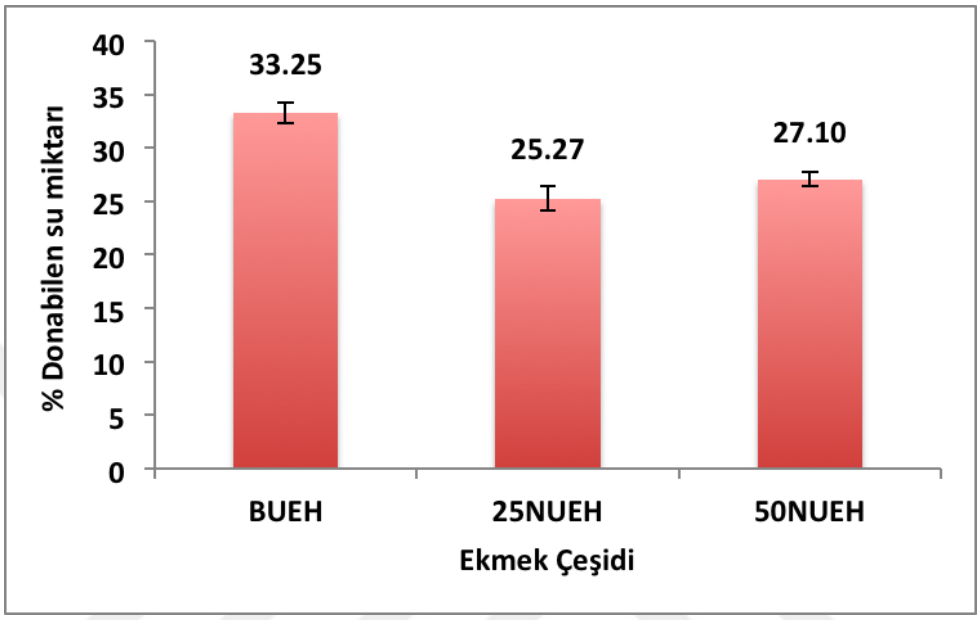
	45 dak,			90 dak,			135 dak,		
Ekmek Hamuru	**Rm (BU)**	**E (mm)**	**Oran (BU/mm)**	**Rm (BU)**	**E (mm)**	**Oran (BU/mm)**	**Rm (BU)**	**E (mm)**	**Oran (BU/mm)**
BUEH	313^{c}	103,5^{bc}	3,05^{cd}	289^{d}	97,5^{a}	2,9^{c}	305,5^{abc}	91^{b}	3^{b}
BUEHD	272,5^{c}	126,5^{a}	2,3^{d}	230^{d}	103,5^{a}	2,2^{c}	177,5^{c}	85^{bc}	2,35^{b}
25NUEH	387^{b}	98^{bc}	3,95^{bc}	501,5^{b}	86^{a}	5,85^{b}	465,5^{ab}	80,5^{bc}	5,9^{a}
25NUEHD	402,5^{b}	108^{b}	3,75^{bc}	374,5^{c}	113,5^{a}	3,6^{c}	249^{bc}	116,5^{a}	2,1^{b}
50NUEHD	546,5^{a}	90,5^{c}	6,1^{a}	589^{a}	72^{a}	8,2^{a}	536^{a}	69,5^{c}	7,7^{a}
50NUEHD	497^{a}	108^{b}	4,6^{b}	568,5^{ab}	90,5^{a}	6,3^{ab}	496^{a}	85^{bc}	5,85^{a}

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).
Rm: Uzamaya karşı maksimum direnç
E: Uzayabilirlik

4.3.3 Donabilen Su Miktarı Üzerine Etkisi

Donabilen su miktarı, dondurulmuş hamur kalitesini kontrol etmede kullanılan kriterlerden biridir. Dondurarak depolama süresinin artması, buğday unlarının donabilen su miktarının artmasına sebep olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeninin moleküllerinin, un proteinlerinin polar ve polar olmayan aminoasitleriyle olan interaksiyonun çözünme sırasında gluten ağının zarar görmesi sebebiyle azalması ve su moleküllerinin serbest hale geçmesi olarak açıklanmıştır. Nohut unu ilavesiyle hazırlanan ekşi hamurun, dondurulmuş ekmek hamuruna ilavesinin donabilen su miktarını azalttığı Şekil 4.11'de gösterilmektedir. Dondurarak muhafaza sırasında, su-protein ve su-nişasta interaksiyonları, buz kristali oluşumu yüzünden, taze hamura göre sınırlı olduğu bildirilmiştir [159]. Donabilen su miktarının azalması ile buz kristali oluşumu azalır ve böylece hem gluten ağının zarar görmesi engellenirken hem de maya hücrelerinin hasar görmesi azalmaktadır [160]. Gıdalarda kullanılan gumların, dondurulmuş hamur sistemlerine ilavesi, suyun serbest hareketini kısıtlamasından ötürü, donabilen su miktarını azalttığı bildirilmiştir [159], [160]. Hamed vd. [161], β-

glucan ile zengin arpa unu fraksiyonunun, dondurulmuş hamur sistemlerinde, serbest su miktarını azalttığını bildirmişlerdir. Literatürdeki bu sonuçlara benzer olarak, bu çalışmada da nohut unu ilavesinin serbest su miktarını azalttığı görülmüştür. Böylece, buz kristallerinin gluten ağına zarar vermesi kısmen de olsa engellenmiş ve bu durum üretilen ekmeklerin spesifik hacim ve tekstür sonuçlarına da yansımıştır (Çizelge 4.8).



Şekil 4.11 Tip I ekşi hamurlu ekmeklerin donabilen (%) su miktarı

4.4 Ekmeklik Kalite Üzerine Etkisi

4.4.1 Tip I Ekşi Hamurlu Ekmeklerin Kalite Özellikleri

Çizelge 4.8, dondurulmuş ve taze hamurlardan yapılan ekmek örneklerinin (BUEH, 25NUEH ve 50NUEH) spesifik hacim (mL/g) ve sertlik (N) değerlerini göstermektedir. Ekmek hamuruna, nohut unlu ekşi hamur ilavesi (25NUEH, 50NUEH), buğday unlu ekşi hamur ekmeğine göre, ekmeğin spesifik hacim değerinde önemli derecede azalmaya sebep olmuştur ($P<0,05$). Benzer bir sonuç, nohut unu ilavesinin hamur reolojisi ve ekmeklik kaliteye etkisini araştıran Mohammed vd. [132] tarafından da rapor edilmiştir. Baklagil unlarının kullanımı (nohut, bezelye, mercimek), genellikle zayıf hamur yapısı, ekmek hacminin azalması, ekmek içi elastikiyetin gerilemesi ile ilişkilendirilmektedir [162]. Kohajdova vd. [162] %10 oranında baklagil unu kullanımının kabul edilebilir fırıncılık ürünleri üretilebileceğini rapor etmişlerdir. Rizello

vd. ise, ekşi hamur fermentasyonu sayesinde bu oranın %15 çıkabileceğini ve renk, tat ve besleyicilik özellikleri üstün ürünler üretilebileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise, ekşi hamurun dondurarak muhafazasında nohut unu ilavesinin ekmeklik kaliteye olan etkisi araştırılmıştır. Nohut unlu ekşi hamur örneklerinin (25NUEH ve 50NUEH) spesifik hacim değerlerinin önemli derecede azalmadığı ($P<0,05$) fakat buğday unlu ekşi hamur ekmeğinin dondurulurak muhafaza sonucu spesifik hacim değerinin önemli derecede ($P<0,05$) azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.8). Ribotta vd. [75], DATEM ve guar gumın dondurulmuş ekmek hamuruna olan etkisini araştırdıkları bir çalışmada, DATEM'in guar guma göre dondurulmuş ekmek hacmini iyileştirdiği sonucuna varmıştır. Bu çalışmada ise, buğday unlu ekşi hamur ilavesinin aksine , %25 ve %50 oranında nohut unlu ekşi hamur ilavesinin, ekmeğin dondurarak muhafazasında spesifik hacim değeri açısından olumsuz bir etkisi görülmemiştir. Ekmeklerin sertlik değeri ise dondurulurak muhafaza ile artmıştır ve önemli derecede etki ($P<0,05$) yine buğday unlu ekşi hamur (BUEHD) ekmeğinde görülmüştür.

Ekmeğin pişirilmesi sırasındaki renk oluşumu da, ekmeklik kalitede önemli kriterlerdendir. Giannou ve Tzia [25] , ekmeğin kabuk rengi için açık kahverengi, ekmek içi rengi için ise kremsi beyazın kabul edilebilir olduğunu ve her ikisinin de homojen bir görünümde olması gerektiğini bildirmişlerdir. Nohut unu ilavesi, ekmek örneklerinin, L*(parlaklık) değerini, hem ekmek içinde hem de ekmek kabuğunda azalmasına sebep olmuştur ($P<0,05$, Çizelge 4.9). Bu beklenen sonuç, Mohammed vd.[132] tarafından da bildirilmiştir. Nohut ununun, belli oranlarda buğday unuyla yer değiştirmesi, serbest aminoasitler ve indirgen şekerler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu artırır. Nohut unun lizin içeriğinin, buğday unundan fazla olması, L* değerinde azalmaya, a*(kırmızılık) değerinde artmaya sebep olmuştur [14]. Dondurarak muhafazanın ise ekmeklerin kabuk rengi üzerine bir etkisi görülmemiştir ($P<0,05$). Ekmeklerin iç renginde, özellikle b*(sarılık) değerinde, dondurarak muhafazanın önemli derecede artırıcı etkisi olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Kırmızılık (a*) değeri ise, buğday unlu ekşi hamur ekmeğinde herhangi bir değişime sebep olmazken, nohut unlu ekşi hamur ekmeğinde dondurarak muhafazada a* değeri azalmıştır ($P<0,05$, Çizelge 4.9).

Çizelge 4.8 Tip I ekşi hamurlu ekmeklerin kalite özellikleri

Ekmek Çeşidi	Hacim [68]	Spesifik hacim (mL/g)	Sertlik (N)
BUEH	402±4[a]	2,93±0,00[a]	2,49±0,14[d]
BUEHD	332±18[b]	2,43±0,13[b]	6,44±1,13[b]
25NUEH	307±4[bc]	2,23±0,04[c]	4,69±0,17[c]
25NUEHD	312±4[bc]	2,24±0,03[c]	5,88±0,19[b]
50NUEH	287±18[c]	2,08±0,13[c]	7,97±0,61[a]
50NUEHD	290±7[c]	2,06±0,05[c]	7,33±0,18[a]

*Aynı harfle gösterilmiş ve aynı sütunda ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.9 Tip I ekşi hamurlu ekmeklerin renk özellikleri

	Kabuk rengi		İç rengi		
Ekmek Çeşidi	**L***	**a***	**L***	**a***	**b***
BUEH	67,46±1,48[a]	10,62±1,31[b]	67,53±0,37[bc]	5,72±0,01[d]	10,74±0,01[f]
BUEHD	65,94±1,02[a]	11,20±0,97[b]	69,03±0,76[a]	5,60±0,04[d]	12,41±0,23[e]
25NUEH	56,91±0,96[b]	18,43±0,62[a]	66,73±0,23[d]	6,42±0,03[a]	13,79±0,17[d]
25NUEHD	54,93±2,85[b]	18,62±0,86[a]	66,94±0,47[cd]	5,98±0,07[c]	14,27±0,16[c]
50NUEH	57,30±4,34[b]	16,95±1,48[a]	66,64±0,13[d]	6,22±0,11[b]	17,34±0,12[b]
50NUEHD	53,87±3,97[b]	18,21±1,99[a]	68,11±0,52[b]	6,05±0,21[c]	17,60±0,31[a]

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

4.4.2 Tip II Ekşi Hamurlu Ekmeklerin Kalite Özellikleri

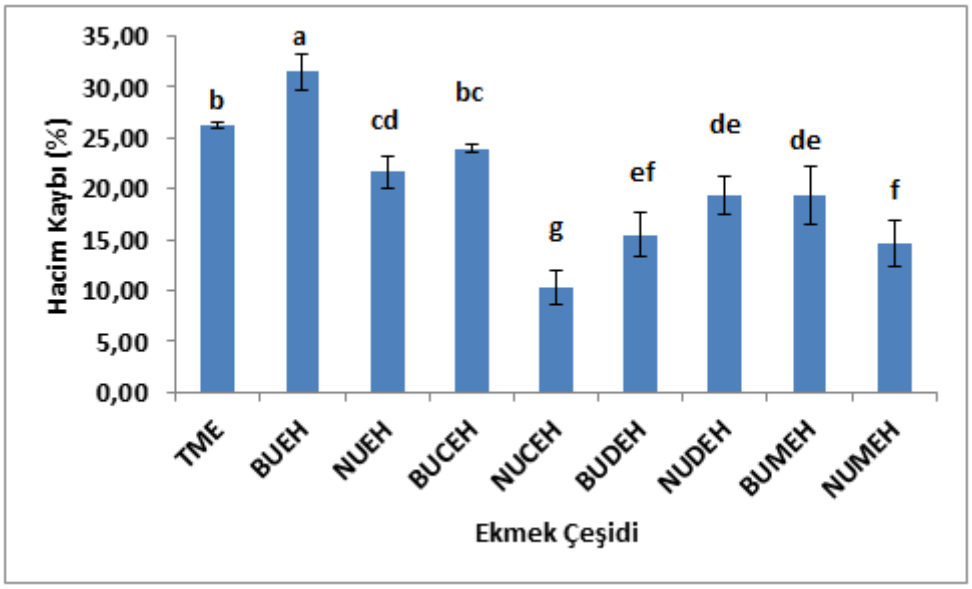
Çizelge 4.10 ise, ticari mayalı ekmek, Tip I buğday unlu ekşi hamur ekmeği, Tip I nohut unlu ekşi hamur ekmeği, ve çeşitli maya kombinasyonlarıyla, nohut unlu ve buğday unlu olarak hazırlanan Tip II ekşi hamur ekmeklerinin spesifik hacim ve sertlik değerlerini göstermektedir. Dondurarak muhafaza, tüm ekmek örneklerinin hacim değerinde önemli derecede azalmaya sebep olmuştur ($P<0,05$). Şekil 4.12 ise, dondurarak muhafaza ile ekmeklerde oluşan hacim kaybını (%) göstermektedir. En yüksek % hacim kaybı, Tip I buğday unlu ekşi hamur ekmeğinde görülürken, Tip I nohut unlu ekşi hamur ekmeğinde görülen % hacim kaybı daha azdır ($P<0,05$). Tip II ekşi hamur ekmeklerindeki % hacim kaybı ise yine, nohut unlu ve *S.cerevisiae* ile hazırlanan ekşi hamur ekmeğinde (NUCEH), istatistiksel olarak önemli düzeyde daha az olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Şekil 4.12'den elde edilen sonuçlara göre, nohut unu ile hazırlanan ekşi hamur örneklerinin buğday unuyla hazırlanan ekşi hamur örneklerine göre, dondurulurak muhafazada daha az % hacim kaybına sebep olduğu söylenebilir. Nohut unlu ekşi hamur örneklerinde ise % hacim kaybı sırasıyla NUEH>NUDEH>NUMEH>NUCEH şeklindedir. Buğday unlu ekşi hamur ekmeklerinde gözlenen durum ise BUEH>BUCEH>BUMEH≥BUDEH şeklinde olmuştur. *S.cerevisiae* ile hazırlanan Tip II ekşi hamurunun nohut unlu formülasyonunda (NUCEH), buğday unlu formülasyonlara nazaran daha az hacim kaybı görülmüştür (Şekil 4.12). Aynı olumlu etki, NUCEH örneğinin ekmek içi sertlik değeri için de geçerlidir. Diğer örneklerin ekmek içi sertlik değerine ise dondurarak muhafaza olumsuz yönde etki etmiştir (Çizelge 4.10).

Dondurarak muhafazanın Tip I ekşi hamurlu ekmekler ile Tip II ekşi hamurlu ekmeklerin % hacim kaybını nasıl etkilediği incelendiğinde ise , Tip II ekşi hamurlu ekmeklerin hem buğday unlu hem de nohut unlu formülasyonunda, dondurarak muhafaza sonrası % hacim kaybı, Tip I ekşi hamurlu ekmeklerden daha az olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.10 Üretilen ekmeklerin kalite özellikleri

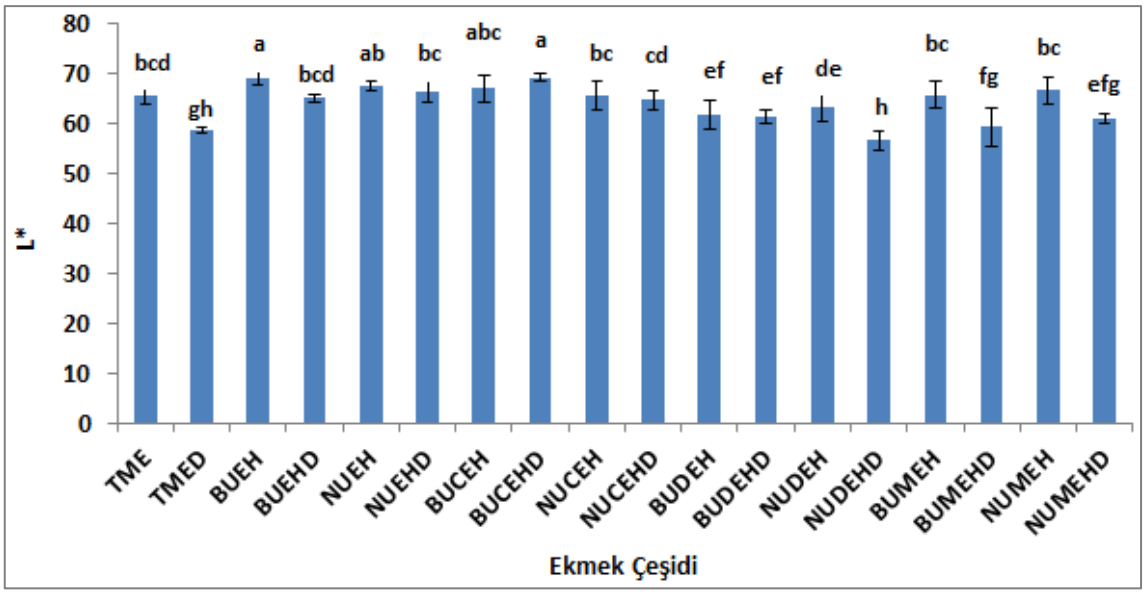
Ekmek Çeşidi	Hacim (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)	Sertlik (N)
TME	525±7^{a}	4,00±0,08^{b}	1,87±0,11^{e}
TMED	388±4^{g}	2,77±0,03^{gh}	2,12±0,30^{cd}
BUEH	540±7^{a}	4,19±0,05^{a}	1,15±0,13^{hi}
BUEHD	370±14^{h}	2,65±0,10^{hi}	1,55±0,13^{f}
NUEH	393±4^{fg}	2,83±0,03^{g}	2,91±0,34^{b}
NUEHD	308±4^{k}	2,24±0,02^{l}	3,54±0,11^{a}
BUCEH	470±7^{c}	3,49±0,03^{d}	1,30±0,05^{gh}
BUCEHD	358±4^{hi}	2,57±0,03^{ij}	1,47±0,20^{fg}
NUCEH	388±4^{g}	2,83±0,02^{g}	2,87±0,13^{b}
NUCEHD	348±4^{ij}	2,49±0,02^{jk}	2,80±0,16^{b}
BUDEH	468±4^{c}	3,60±0,02^{d}	1,57±0,07^{f}
BUDEHD	395±7^{fg}	2,85±0,05^{g}	1,70±0,09^{ef}
NUDEH	413±4de	2,98±0,02^{f}	1,90±0,14^{de}
NUDEHD	333±11^{j}	2,38±0,09^{k}	2,93±0,12^{b}
BUMEH	503±18^{b}	3,86±0,02^{c}	0,93±0,03^{i}
BUMEHD	405±0^{ef}	2,90±0,03^{fg}	2,81±0,02^{b}
NUMEH	425±7^{d}	3,13±0,06^{e}	2,33±0,11^{c}
NUMEHD	363±4^{hi}	2,59±0,01^{ij}	3,49±0,30^{a}

*Aynı harfle gösterilmiş ve aynı sütunda ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

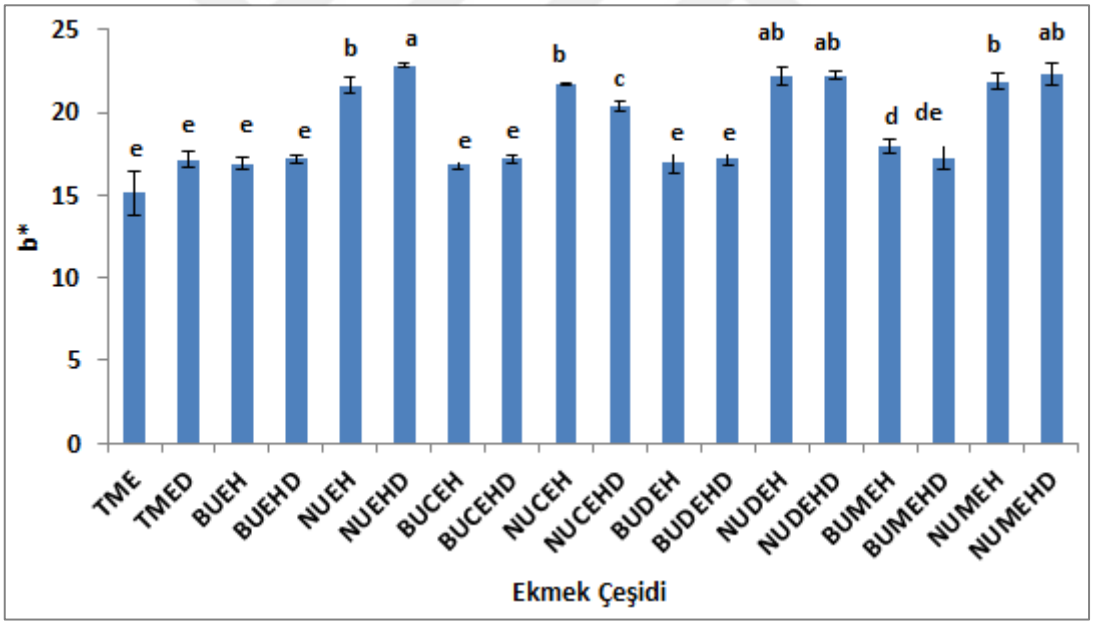


Şekil 4.12 Ekmek örneklerinde % hacim kaybı

Şekil 4.13 Ticari mayalı ekmek, Tip I ve Tip II buğday unlu ve nohut unlu ekşi hamur örneklerinin, kabuk rengi L*(parlaklık) değerini göstermektedir.Dondurulmuş hamurdan hazırlanan ticari mayalı ekmekte, Tip I buğday unlu ekşi hamur ekmeğinde, kabuk rengi L* değeri azalmıştır ($P<0,05$). Tip II ekşi hamur ekmeklerinde ise belirgin farklılık, *T.delbrueckii* ile hazırlanan nohut unlu ekşi hamur ekmeğinde (NUDEH, NUDEHD), *K.marxianus* ile hazırlanan buğday unlu ve nohut unlu ekşi hamur örneklerinde (3BUMEH, BUMEHD, NUMEH, NUMEHD) görülmüştür. Dondurulmuş hamurdan hazırlanan bu ekmeklerin L* değeri azalmış, ekmek kabuk rengi koyulaşmıştır. Yi vd.[163], amilozsuz buğday unu olarak bilinen vakslı buğday unu ile yapmış oldukları bir çalışmada dondurulurak muhafaza edilen örneklerin, depolama süresinin artmasıyla kabuk renklerinin koyulaştığı sonucuna varmışlardır. Ekmek içi sarılık (b*) değerinde ise, örneklerin genelinde dondurarak muhafazanın bir etkisi görülmemiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.13 Dondurarak muhafazanın ekmek örneklerinin L* değerleri üzerine etkisi



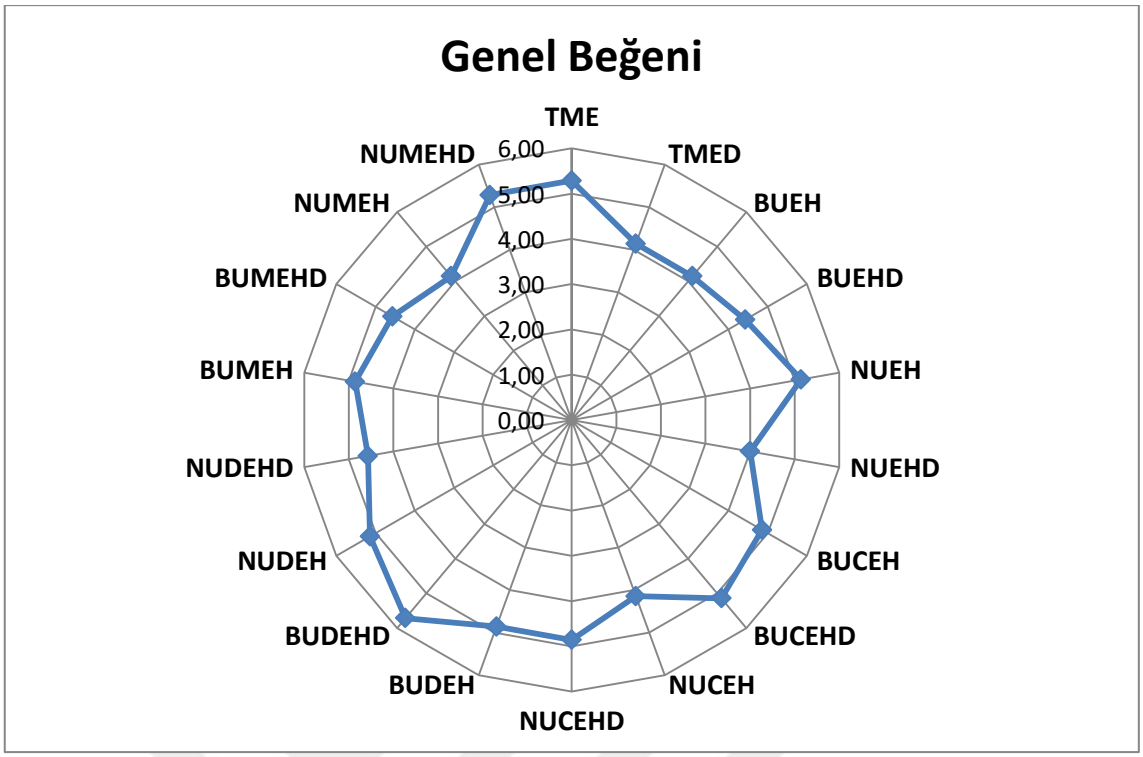
Şekil 4.14 Dondurarak muhafazanın ekmek örneklerinin ekmek içi b* değerleri üzerine etkisi

Çalışmanın bu aşamasında üretilen ekmeklere ait duyusal analiz sonucu Çizelge 4.11'de gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre dondurarak muhafazanın olumsuz etkisi ticari mayalı (TME) ekmek örneğinin, kabuk rengi, ekmek içi rengi, gözenek yapısı ve genel durumunda görülmüştür ($p<0,05$). Buğday unlu Tip I ekşi hamur ekmeğinin (BUEH), ekmek içi rengi ve gözenek yapısında dondurarak muhafazanın olumsuz etkisi görülürken, nohut unlu Tip I ekşi hamur ekmeğinin (NUEH) ise kabuk rengi, tat ve çiğnenebilirlik değerinde olumsuz etki görülmüştür ($p<0,05$). Tip II ekşi hamurlu ekmek örneklerinde ise *S.cerevisiae* ile hazırlanan buğday unlu ekşi hamurlu ekmek (BUCEH) ve *K. marxianus* ile hazırlanan nohut unlu ekşi hamur ekmeğinin (NUMEH) kabuk renginde görülmüştür. TME örneğinin dondurarak muhafaza ile L* değerinin önemli ölçüde azalması ($p<0,05$) duyusal analizde elde edilen sonuçları, TME örneğinin kabuk rengi açısından doğrular niteklikte bulunmuştur. Ayrıca nohut unlu Tip I ekşi hamur ekmeğinin (NUEH), sertlik değeri dondurarak muhafaza ile artmış (Çizelge 4.10), bu durumda duyusal analiz sonuçlarına yansımıştır. TME örneği ile NUEH örneği genel beğeni açısından dondurarak muhafazadan olumsuz etkilenmişlerdir (Şekil 4.15). Buğday unlu Tip II ekşi hamurlu dondurarak muhafaza edilmiş örnek genel beğeni açısından en yüksek puanı almıştır. Baykara [137] ise pres maya ile beraber nohut mayası kullanılan beyaz ekmeğin, %100 nohut mayası ve pres maya kullanılarak üretilen ekmeklerden duyusal analizde en yüksek puanı aldığını bildirmiştir.

Çizelge 4.11 Ekmek örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Ekmek Çeşidi	Kabuk Rengi	Ekmek içi rengi	Gözenek yapısı	Tat	Koku	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
TME	5,71± 0,49^{ab}	5,43±0,53 ^{ab}	4,57±1,27^{abc}	5,00±0,82^{abc}	5,14±0,69^{a}	5,29±1,11^{a}	5,29±0,76^{ab}
TMED	3,14±1,21^{e}	4,29 ±1,38 ^{cd}	3,00±1,41^{d}	5,00±1,41^{abc}	5,00±1,41^{a}	4,71±1,11^{ab}	4,14±1,35^{c}
BUEH	2,71±1,80^{e}	3,57 ±1,51 ^{d}	4,00±1,63^{cd}	4,29±0,76^{cd}	4,57±0,79^{a}	4,57±0,79^{ab}	4,14±1,35^{c}
BUEHD	3,86±0,90^{de}	4,86± 1,07 ^{abc}	5,57±0,98^{a}	4,29±0,95^{cd}	4,29±0,76^{a}	4,57±0,53^{ab}	4,43±0,79^{bc}
NUEH	4,43±0,98^{c}	4,86± 0,69 ^{abc}	5,29±0,76^{ab}	4,86±0,90^{d}	5,00±1,15^{a}	5,29±0,76^{a}	5,14±0,90^{ab}
NUEHD	5,71±0,95^{ab}	4,57 ±0,98 ^{abcd}	4,71±1,70^{abc}	3,71±1,38^{abc}	4,29±1,11^{a}	4,29±0,95^{b}	4,00±0,82^{c}
BUCEH	3,86±1,35^{de}	4,71 ±1,38 ^{abc}	4,43±0,98^{abc}	5,00±1,00^{ab}	4,71±0,49^{a}	5,00±0,58^{ab}	4,86±0,69^{abc}
BUCEHD	4,57±1,27^{bcd}	4,86 ±1,07^{abc}	5,57±0,53^{a}	5,43±0,98^{cd}	5,00±1,00^{a}	5,00±1,00^{ab}	5,14±0,69^{ab}
NUCEH	4,86±1,21^{abcd}	4,43 ±0,79^{bcd}	5,00±0,82^{abc}	4,00±1,15^{cd}	4,86±0,90^{a}	4,71±0,76^{ab}	4,14±0,90^{c}
NUCEHD	5,43±0,98^{abc}	4,71 ±0,95 ^{abc}	4,71±1,38^{abc}	4,86±1,21^{abc}	5,14±0,90^{a}	4,86±0,69^{ab}	4,86±0,69^{abc}
BUDEH	4,71±0,76^{bcd}	5,14 ±1,07 ^{abc}	5,00±1,00^{abc}	4,71±0,95^{abcd}	5,14±1,07^{a}	4,71±0,76^{ab}	4,86±0,90^{abc}
BUDEHD	4,71±0,95^{bcd}	5,57 ±0,53 ^{a}	5,57±0,79^{a}	5,71±0,76^{a}	5,29±1,25^{a}	5,14±0,69^{ab}	5,71±0,76^{a}
NUDEH	5,00±1,15^{abc}	4,86 ±0,69 ^{abc}	5,57±0,98^{a}	4,43±0,79^{bcd}	5,00±1,15^{a}	5,29±1,11^{a}	5,14±0,69^{ab}
NUDEHD	4,86±2,12^{abcd}	4,43 ±1,27 ^{bcd}	4,86±1,46^{abc}	4,57±0,53^{bcd}	4,86±1,35^{a}	5,14±0,90^{ab}	4,57±0,98^{bc}
BUMEH	4,71±1,11^{bcd}	4,57 ±0,79 ^{abcd}	4,14±1,07^{bcd}	4,57±0,79^{bcd}	4,71±0,76^{a}	4,86±1,07^{ab}	4,86±1,07^{abc}
BUMEHD	5,57±0,53^{abc}	5,00 ±0,00 ^{abc}	4,71±0,76^{abc}	4,29±1,11^{cd}	4,71±0,95^{a}	4,57±1,13^{ab}	4,57±0,79^{bc}
NUMEH	4,86±1,68a^{bcd}	4,57 ±0,98 ^{abcd}	5,14±0,69^{abc}	4,29±1,11^{cd}	4,57±1,27^{a}	4,57±1,13^{ab}	4,14±0,90^{c}
NUMEHD	6,00±0,82^{a}	5,00 ±1,00 ^{abc}	5,29±0,49^{ab}	4,57±1,27^{bcd}	5,29±0,76^{a}	5,00±1,15^{ab}	5,29±0,95^{ab}

*Aynı harfle gösterilmiş ve aynı sütunda ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır (p<0,05).



Şekil 4.15 Ekmek örneklerinin genel beğeni sonuçları

Donma-Çözünme İşlemi Sonucu İzole Edilen Maya ve LAB'leri ile Hazırlanan Tip II Ekşi Hamurlu Ekmeklerin Kalite Özellikleri

Çizelge 4.5'de hazırlanan ekşi hamurlardan üretilen ekmeklerin bazı kalite özellikleri Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Taze ekşi hamurlardan izole edilen (*S.cerevisiae* KD0M1 ve *L.brevis* 28C1B3) suşlarla üretilen ekşi hamurlu ekmekler ile (BUTE, NUTE) donma-çözünme işlemine maruz bırakılmış ekşi hamurlardan izole edilen suşlarla (*S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5) üretilen ekşi hamurlu ekmekler (BUDE, NUDE) arasında sertlik değeri açısından bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Nohut unu ile hazırlanan ekşi hamur, buğday unlu ekşi hamur ekmeğine göre ekmeğin spesifik hacminde azalmaya sebep olmuştur (BUTE ve NUTE) fakat ekmeklerin sertlik değeri etkilenmemiştir ($p>0,05$). Taze ekşi hamurdan izole edilen suşlar ile dondurulmuş ekşi hamurlardan izole edilen suşlar kullanılarak yapılan ekşi hamurlu ekmekler (BUTE/BUDE ve NUTE/NUDE) arasında da bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Bu durum, donma-çözünme sonrası izole edilen maya ve LAB'lerin ekşi hamur oluşturma özelliklerinin değişmemesi ile açıklanabilir.

Çizelge 4.12 Ekmeklerin bazı kalite özellikleri

Ekmek Çeşidi	V (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)	Sertlik (N)
Buğday unlu *S.cerevisiae* KD0M1 ve *L.brevis* 28C1B3 (BUTE)	467,5±3,54[a]	3,73±0,03[a]	1,64±0,51[a]
Nohut unlu *S.cerevisiae* KD0M1 ve *L.brevis* 28C1B3 (NUTE)	407,5±3,54[b]	3,33±0,02[b]	1,64±0,21[a]
Buğday unlu *S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5 (BUDE)	455±8,01[a]	3,74±0,26[a]	1,33±0,44[a]
Nohut unlu *S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5 (NUDE)	395±7,07[b]	3,22±0,08[b]	1,58±0,35[a]

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

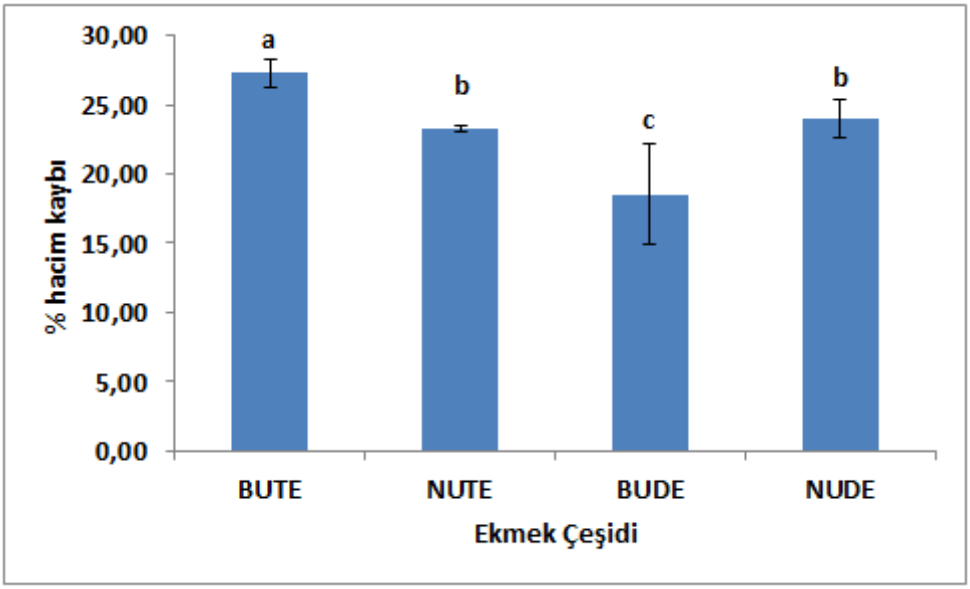
Dondurarak muhafazanın, ekmeklerin spesifik hacim ve sertlik değeri üzerine etkisi Çizelge 4.13'de gösterilmektedir. Dondurarak muhafaza, ekmeklerin bu özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Sadece, dondurulmuş ekşi hamurdan izole edilen maya ve LAB kullanılarak hazırlanan buğday unlu Tip II ekşi hamur örneğinin (BUDE/BUDED) sertlik değeri olumsuz etkilenmemiştir ($P>0,05$).

Şekil 4.16 BUTE, NUTE, BUDe ve NUDE örneklerinin dondurarak muhafaza ile % hacim kayıbını göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, ekşi hamurdan DÇİ sonucu izole edilen *S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5 kullanılarak hazırlanan buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmeğinde (BUDE) % hacim kaybı, taze ekşi hamurdan izole edilen suşlarla üretilen buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmeğine önemli düzeyde az olduğu görülmüştür($p<0,05$).

Çizelge 4.13 Dondurma işleminin ekmeklerin kalite özelliklerine etkisi

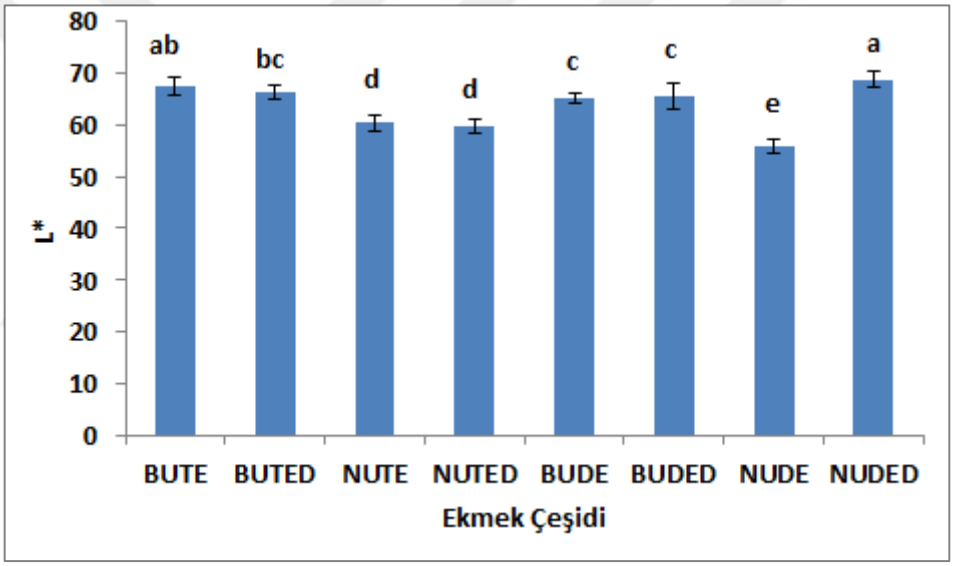
Ekmek Çeşidi	V (mL)	Spesifik hacim (g/mL)	Sertlik (N)
BUTE	467,5±3,54^{a}	3,73±0,03^{a}	1,21±0,08^{e}
BUTED	340,0±7,07^{c}	2,57±0,01^{d}	2,36±0,21^{c}
NUTE	407,5±3,54^{b}	3,33±0,02^{b}	1,80±0,06^{d}
NUTED	312,5±3,54^{d}	2,39±0,03^{de}	2,83±0,11^{b}
BUDE	472,5±3,52^{a}	3,74±0,26^{a}	1,71±0,22^{d}
BUDED	385±14,14^{b}	3,00±0,11^{c}	1,73±0,02^{d}
NUDE	395±7,07^{b}	3,22±0,08^{bc}	1,81±0,14^{d}
NUDED	300±0,00^{d}	2,29±0,02^{e}	3,61±0,22^{a}

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır (p<0,05).

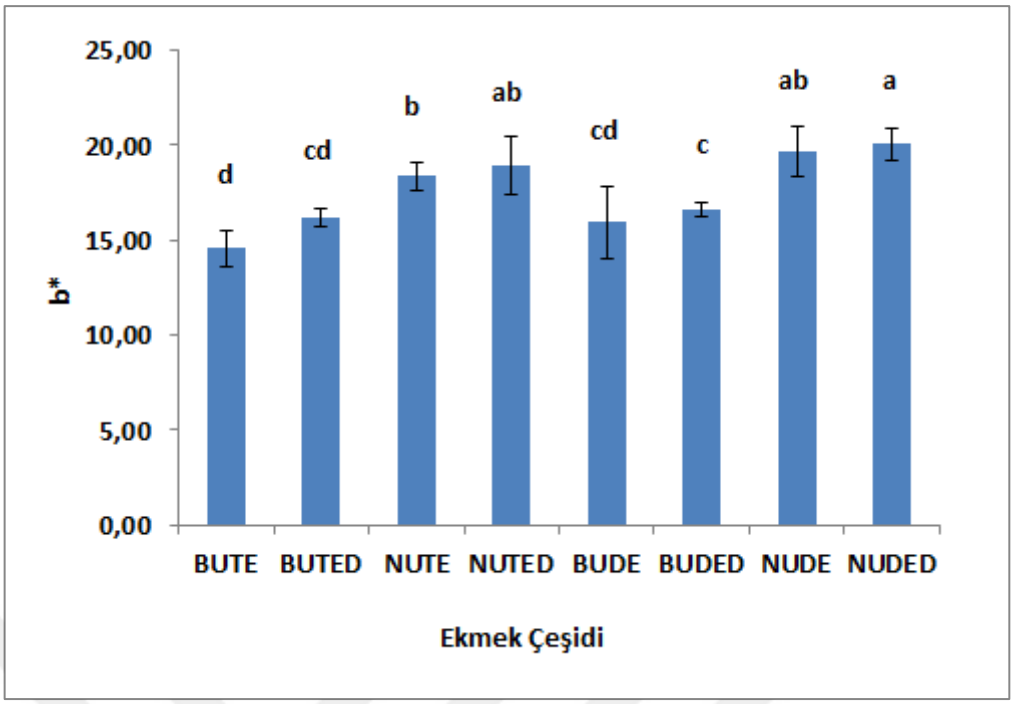


Şekil 4.16 DÇİ sonucu izole edilen suşlarla üretilen Tip II ekşi hamurlu ekmeklerde % hacim kaybı

Şekil 4.17 ve 4.18 dondurarak muhafazanın ekmeğin kabuk L* (parlaklık) değerine ve ekmek içi b*(sarılık) değerine olan etkisini göstermektedir. Dondurarak muhafazanın ekmeklerin renk değeri üzerine önemli bir etkisi görülmemiştir. Donma-çözünme periyodunun 5. aşamasında izole edilen LAB (*L.brevis* KD5B5) ve 2. aşamasında izole edilen maya (*S.cerevisiae* KD2M2) kullanılarak hazırlanan ekşi hamur ekmeklerinin (BUDE ve NUDE) L* değerlerinin, taze ekşi hamurlardan izole edilen aynı tür kombinasyonlarının (*L.brevis* 28C1B3 ve *S.cerevisiae* KD0M1) kullanıldığı örneklerden (BUTE ve NUTE) daha az olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aynı tür bakteri ve mayaların farklı suşlarının ekşi hamur yapımında kullanılması ekmeklerin L* değerlerinde farklılığa sebep olmuştur. Ekmek içi b*(sarılık) değerinde benzer bir duruma rastlanmamıştır.



Şekil 4.17 Dondurma işleminin ekmek kabuğu L* değeri üzerine etkisi



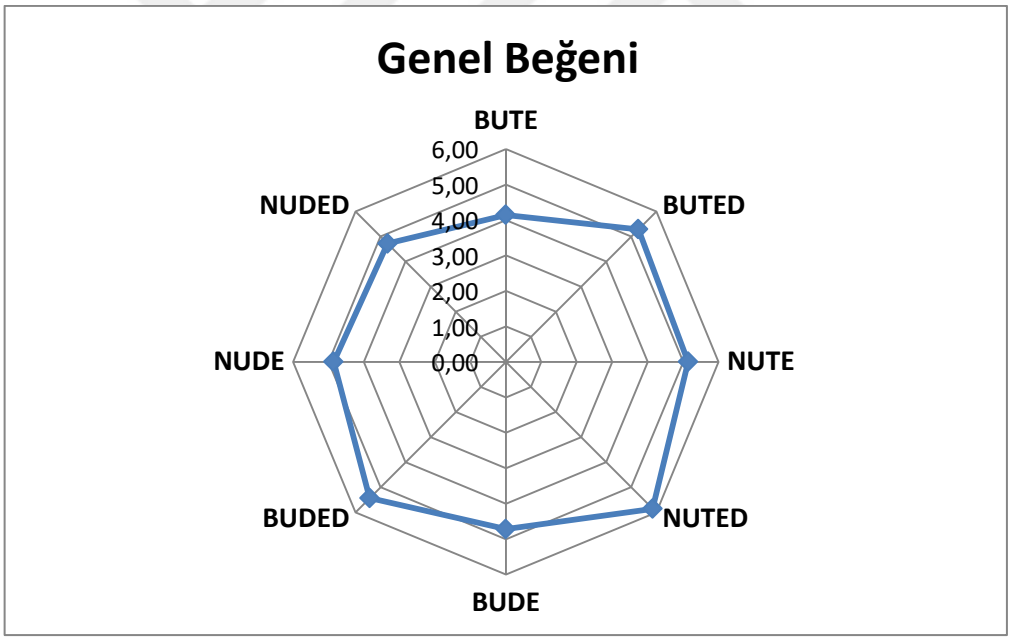
Şekil 4.18 Dondurma işleminin ekmek içi b* değeri üzerine etkisi

Çizelge 4.14, dondurma işleminin donma-çözünme periyodu sonucunda izole edilen mikroorganizmaların starter kültür olarak kullanılması ile hazırlanan Tip II ekşi hamur ekmeği örneklerine ait duyusal analiz sonuçlarını göstermektedir. Tüm örnekler açısından dondurarak muhafaza işleminin, ekmeklerin, ekmek içi rengi, gözenek yapısı, koku ve çiğnenebilirlik özelliklerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. Ekmek içi renginde elde edilen duyusal sonuçlar, renk ölçüm cihazında ölçülen sonuçlar ile uyuşmaktadır (Şekil 4.17). BUTE örneği için dondurarak muhafazanın (BUTED), duyusal analizde genel beğeni kriteri için olumlu etkisi görülmüştür ($p<0,05$, Şekil 4.18).

Çizelge 4.14 Dondurma işleminin ekmeklerin duyusal özelliklerine etkisi

	Kabuk Rengi	Ekmek içi rengi	Gözenek Yapısı	Tat	Koku	Çiğnenebilirlik	Genel Beğeni
BUTE	2,86±0,90^{b}	4,71±0,76^{a}	4,43±1,13^{b}	3,86±0,90^{b}	4,29±0,49^{ab}	4,43±1,27^{b}	4,14±0,69^{c}
BUTED	5,43±0,79^{a}	5,14±0,90^{a}	4,86±0,69^{ab}	5,00±1,29^{a}	4,86±1,21^{ab}	5,29±0,76^{ab}	5,29±0,95^{ab}
NUTE	5,43±0,98^{a}	5,43±0,53^{a}	5,57±0,53^{a}	4,71±0,95^{ab}	4,29±0,95^{ab}	5,14±0,69^{ab}	5,14±0,69^{ab}
NUTED	5,71±0,76^{a}	5,43±0,53^{a}	5,43±0,53^{a}	5,29±1,25^{a}	5,00±1,00^{ab}	5,71±0,76^{a}	5,86±0,90^{a}
BUDE	3,57±1,13^{b}	5,00±0,82^{a}	5,29±0,95^{ab}	4,43±0,98^{ab}	4,00±0,82^{b}	5,00±0,82^{ab}	4,71±0,95^{bc}
BUDED	4,71±0,95^{a}	5,43±0,79^{a}	5,29±0,95^{ab}	5,00±1,00^{a}	5,14±1,07^{ab}	5,29±0,95^{ab}	5,43±0,79^{ab}
NUDE	5,43± 1,27^{a}	5,43±0,53^{a}	5,29±0,76^{ab}	4,29±0,95^{ab}	4,14±1,07^{ab}	5,29±0,76^{ab}	4,86±1,07^{bc}
NUDED	4,86±1,35^{a}	4,71±0,49^{a}	5,00±0,82^{ab}	4,86± 0,90^{ab}	4,43±0,98^{ab}	4,71±0,95^{b}	4,71±0,95^{bc}

*Aynı harfleve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).



Şekil 4.19 Dondurma işleminin ekmeklerin genel beğeni kriterine etkisi

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dondurarak muhafaza, gıda endüstrisinin her alanında olduğu gibi fırıncılık ürünlerinin muhafazasında da kullanılmaktadır. Fakat ekşi hamur gibi mikrobiyal faaliyetlerin yoğun olduğu sistemlerde bazı dezavantajlara sahip olduğundan dolayı pek tercih edilmemektedir. Biyoteknolojik bir ürün olan ekşi hamurun dondurulmuş mayalı fırıncılık ürünlerinde kullanımına yönelik çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Baklagil unlarından nohut ununun ise dondurulmuş ekmek yapımında kullanımına yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, ekşi hamurun dondurulmuş ekmek hamuruna ilave edilebilmesi için, nohut unundan yararlanarak, hem fiziksel açıdan hem ekşi hamurda kullanılan maya ve LAB'ler açısından uygun ekşi hamur formülasyonu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda elde edilen ana sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

1) Ekşi hamur, kültürel alışkanlıklara göre çeşitli formülasyonlarda üretilmektedir. Starter kültür kullanılmadan üretilmek istendiğinde (Tip I), olgun bir ekşi hamur üretimi için besleme işlemi yapılmaktadır. Ekşi hamurun sabit bir pH değerine ulaşabilmesi göz önüne alındığında, besleme süresi, buğday unlu ekşi hamurda en az 3 aşamada gerçekleşirken, nohut unlu ekşi hamurda 2 aşamada gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tip I ekşi hamur üretiminde nohut unu kullanımı, ekşi hamurun sabit bir pH değerine ulaşma süresini kısaltması açısından önemlidir.

2) Besleme işleminin ilk aşamalarında nohut unlu Tip I ekşi hamur örneğinde LAB sayısı önemli düzeyde bir artış göstermemiş ve besleme boyunca sabit kalmıştır. Buğday unlu Tip I ekşi hamur örneğinde ise LAB sayısı 3.beslemeden sonra sabit bir değere ulaşmıştır. Diğer taraftan maya:LAB oranının sabitlenmesi için geçen süre her iki ekşi hamur örneği için 5 gün olarak tespit edilmiştir.
3) Tip I ekşi hamur hazırlamada nohut unu kullanımı (%25) LAB sayısını, buğday unlu formülasyona göre 1 log artırmıştır. Maya sayısı ise buğday unlu ekşi hamur örneğine göre ~1 Log daha azdır. Nohut unu ilavesi, LAB'ların üremesini teşvik etmiştir. Nohut unlu Tip I ekşi hamurlarda LAB ve maya çeşitliliğinin besleme ile nasıl değiştiğine dair araştırmaların yapılması ve buğday unlu Tip I ekşi hamur ile kıyaslanması hangi tür maya ve LAB'ların nohut ununda baskın olduğunun ve nohut ununun neden o mikroorganizmalar açısından cazip olduğunun açıklanması açısından önemlidir.
4) Dondurarak depolamaya (-35 °C'de 28 gün) uygun bir ekşi hamurlu ekmek üretimi, ekşi hamur formülasyonuna %25 nohut unu ilavesi ile dinamik reolojik ölçümler ve donabilen su miktarı açısından gerçekleştirilmiştir. Bu sonuç, daha önce, nohut ununun dondurulmuş ekmek hamurunda kullanılmamış olması açısından önemlidir. Dinamik reolojik ölçümler ve donabilen su miktarı açısından %50 nohut unu ilaveli ekşi hamurlu ekmek hamurları da dondurarak muhafazaya uygun sonuçlar vermiştir. Bu örneklerin ekmeklik kaliteleri, %25 nohut unu içeren örneklerin gerisinde kalmıştır.
5) Tip I ekşi hamuru ile üretilen ekmeklerin, kalite özellikleri incelendiğinde nohut unlu ekşi hamurlu taze ekmeklerin, buğday unlu ekşi hamurlu taze ekmeklere göre sertlik ve hacim değeri açısından geri planda kaldığı fakat dondurarak muhafazada (-35 °C'de 28 gün) hacim kaybının, nohut unlu ekşi hamurlu ekmeklerde, buğday unlu ekşi hamurlu ekmeklere göre daha az olduğu görülmüştür. Nohut unu ilavesiyle üretilen ekşi hamurlu ekmeklerin, dondurarak muhafazaya daha uygun hale geldiği tespit edilmiş olup, dondurulmuş hamur üretiminde nohut unu kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6) Nohut unu ilavesi, Tip II ekşi hamurlu ekmeklerin, dondurarak muhafazadan sonra buğday unu ile hazırlanan formülasyonlara kıyasla LAB sayısında 1 log artış tespit edilmiştir. Dondurarak muhafazanın LAB sayısını, nohut unlu ekşi hamur formülasyonlarında olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür.
7) Tip II ekşi hamurlu ekmeklerin hem buğday unlu hem de nohut unlu formülasyonunda, dondurarak muhafaza sonrası % hacim kaybı, Tip I ekşi hamurlu ekmeklerden daha az olduğu tespit edilmiştir. Ekşi hamurun dondurulmuş ekmek yapımında kullanımında Tip II ekşi hamur kullanımının tercih edilmesi avantaj sağlayacaktır.
8) Tip II ekşi hamur üretiminde, starter kültür seçimi önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Dondurulmuş ekşi hamur üretimi için, uygun starter kültürlerin tespitinde genellikle genetik modifikasyonlara başvurulmaktadır. Bu çalışmada, yörelerden toplanan ekşi hamurlar, donma-çözünme periyoduna tabi tutularak, maya ve LAB sayıları takip edilmiştir. Ekşi hamurlardaki maya gelişimi, 2.çözünmeden sonra gözlemlenmez iken, LAB gelişimi 5. çözünmede de görülmüştür. Donma-çözünme periyodunun 2. aşamasından sonra izole edilen maya ile 5. aşamadan izole edilen LAB'nin, donma-çözünme periyodu öncesi izole edilen maya ve LAB'lerden dondurulmuş Tip II ekşi hamur üretimi için daha dayanıklı olup olmadıkları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, taze ekmek üretimi açısından bir fark görülmemiştir.
9) Donma-çözünme işlemi sonucu izole edilen suşlarlarla hazırlanan (*S.cerevisiae* KD2M2 ve *L.brevis* KD5B5) buğday unlu Tip II ekşi hamurlu ekmeğin dondurarak muhafazasında görülen % hacim kaybının diğer ekmeklere göre %7 daha az olduğu tespit edilmiştir. Buğday unlu Tip II ekşi hamurun dondurulmuş ekmek yapımında kullanımında, donma-çözünme işlemi sonucu izole edilen suşların kullanımı ekmeklik kalite açısından avantaj sağlayacaktır.
10) Taze ekşi hamurlardan maya ve LAB izole edilerek hazırlanan buğday unlu Tip II ekşi hamurunda (*S.cerevisiae* KD0M1 ve *L.brevis* 28C1B3), dondurma-çözündürme işlemi sonucu izole edilen maya ve LAB'lardan hazırlanan buğday unlu Tip II ekşi hamuruna (*L.brevis* KD5B5 ve *S.cerevisiae* KD2M2) göre, fermentasyondan sonra daha yüksek LAB sayısına ulaşılırken, maya sayıları

açısından bir fark görülmemiştir. LAB açısından benzer durum, nohut unlu formülasyonda da görülmüştür. Donma-çözünme işlemine tabi tutulan ekşi hamurlardan izole edilen *L.brevis*'in Tip II ekşi hamurunda kullanımı fermentasyondan sonra daha az sayıya ulaşmalarına neden olmuştur.

11) Baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye vb.) fırıncılık ürünleri formülasyonuna en fazla %10-15 arasında katılabildiği, daha fazlasının ürün özelliklerini olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Fakat ekşi hamur fermantasyonu ile bu miktarın artırılabilmesi mümkündür. Böylece, besleyici özellikleri yüksek bu unların kullanımındaki kısıtlamalar ortadan kalkabilecektir.

KAYNAKLAR

[1] Brenchley, R. Spannagl, M. Pfeifer, M. Barker, G.L. D'Amore, R. Allen, A.M. McKenzie, N. Kramer, M. Kerhornou, A. ve Bolser, D., (2012). "Analysis of the bread wheat genome using whole genome shotgun sequencing", Nature, 491: 705.

[2] Yi, J., (2008). Improving frozen bread dough quality through processing and ingredients, Doktora Tezi, The University of Georgia , Athens.

[3] Selomulyo, V.O. ve Zhou, W., (2007). "Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers", Journal of Cereal Science, 45: 1-17.

[4] Gobbetti, M. Corsetti, A. ve Rossi, J., (1994). "The sourdough microflora. Interactions between lactic acid bacteria and yeasts: metabolism of carbohydrates", Applied Microbiology and Biotechnology, 41: 456-460.

[5] Minervini, F. De Angelis, M. Di Cagno, R. ve Gobbetti, M., (2014). "Ecological parameters influencing microbial diversity and stability of traditional sourdough", International Journal of Food Microbiology, 171: 136-146.

[6] Chavan, R.S. ve Chavan, S.R., (2011). "Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: a review", Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10: 169-182.

[7] Hansen, A. ve Schieberle, P., (2005). "Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects", Trends in Food Science & Technology, 16: 85-94.

[8] Arendt, E.K. Moroni, A. ve Zannini, E., (2011). "Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread", Microbial cell factories, 10: S15.

[9] Gobbetti, M. Rizzello, C.G. Di Cagno, R. ve De Angelis, M., (2014). "How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods", Food Microbiology, 37: 30-40.

[10] Arendt, E.K. Ryan, L.A. ve Dal Bello, F., (2007). "Impact of sourdough on the texture of bread", Food Microbiology, 24: 165-174.

[11] De Vuyst, L. Vrancken, G. Ravyts, F. Rimaux, T. ve Weckx, S., (2009). "Biodiversity, ecological determinants, and metabolic exploitation of sourdough microbiota", Food Microbiology, 26: 666-675.

[12] Hammes, W.P. Brandt, M.J. Francis, K.L. Rosenheim, J. Seitter, M.F. ve Vogelmann, S.A., (2005). "Microbial ecology of cereal fermentations", Trends in Food Science & Technology, 16: 4-11.

[13] Moroni, A.V. Dal Bello, F. ve Arendt, E.K., (2009). "Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue?", Food Microbiology, 26: 676-684.

[14] Rachwa-Rosiak, D. Nebesny, E. ve Budryn, G., (2015). "Chickpeas—composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review", Critical reviews in food science and nutrition, 55: 1137-1145.

[15] Rizzello, C.G. Calasso, M. Campanella, D. De Angelis, M. ve Gobbetti, M., (2014). "Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread", International Journal of Food Microbiology, 180: 78-87.

[16] Di Cagno, R. Rizzello, C.G. De Angelis, M. Cassone, A. Giuliani, G. Benedusi, A. Limitone, A. Surico, R.F. ve Gobbetti, M., (2008). "Use of selected sourdough strains of Lactobacillus for removing gluten and enhancing the nutritional properties of gluten-free bread", Journal of Food Protection, 71: 1491-1495.

[17] Novotni, D. Čukelj, N. Smerdel, B. Bituh, M. Dujmić, F. ve Ćurić, D., (2012). "Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough", Journal of Cereal Science, 55: 120-125.

[18] Novotni, D. Čukelj, N. Smerdel, B. ve Ćurić, D., (2013). "Quality attributes and firming kinetics of partially baked frozen wholewheat bread with sourdough", International Journal of Food Science & Technology, 48: 2133-2142.

[19] Minervini, F. Pinto, D. Di Cagno, R. De Angelis, M. ve Gobbetti, M., (2011). "Scouting the application of sourdough to frozen dough bread technology", Journal of Cereal Science, 54: 296-304.

[20] Berglund, P. Shelton, D. ve Freeman, T., (1991). "Frozen bread dough ultrastructure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles", Cereal Chemistry, 68: 105-107.

[21] Gélinas, P. Fiset, G. LeDuy, A. ve Goulet, J., (1989). "Effect of growth conditions and trehalose content on cryotolerance of bakers' yeast in frozen doughs", Applied and Environmental Microbiology, 55: 2453-2459.

[22] Inoue, Y. ve Bushuk, W., (1992). "Studies on frozen doughs. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough", Cereal Chem, 69: 423-428.

[23] Rouille, J. Le Bail, A. ve Courcoux, P., (2000). "Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough", Journal of Food Engineering, 43: 197-203.

[24] Asghar, A. Anjum, F.M. ve Allen, J.C., (2011). "Utilization of dairy byproduct proteins, surfactants, and enzymes in frozen dough", Critical reviews in food science and nutrition, 51: 374-382.

[25] Giannou, V. Tzia, C. ve Le Bail, A., (2006). "Quality and safety of frozen bakery products", Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker-, 155: 481.

[26] Gaonkar, A.G., (1995). Food processing: recent developments: Elsevier.

[27] Reid, D.S. Kerr, W. ve Hsu, J., (1994). "The glass transition in the freezing process", Journal of Food Engineering, 22: 483-494.

[28] Hartel, R.W., (2001). Crystallization in foods: Aspen Publishers.

[29] Sahagian, M.E. ve Goff, H.D., (1996). "Fundamental aspects of the freezing process", Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker-: 1-50.

[30] Hsu, K. ve Mahdi, J., (1980). "Rheological and structural-changes in frozen dough", Bakers Digest, 54: 32-34.

[31] Ribotta, P.D. León, A.E. ve Añón, M.C., (2001). "Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 913-918.

[32] Zhao, L. Li, L. Liu, G.-Q. Liu, X.-X. ve Li, B., (2012). "Effect of frozen storage on molecular weight, size distribution and conformation of gluten by SAXS and SEC-MALLS", Molecules, 17: 7169-7182.

[33] Li, J. Kang, J. Wang, L. Li, Z. Wang, R. Chen, Z.X. ve Hou, G.G., (2012). "Effect of water migration between arabinoxylans and gluten on baking quality of whole wheat bread detected by magnetic resonance imaging (MRI)", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 6507-6514.

[34] Wolt, M. ve D'appolonia, B., (1984). "Factors Involved in the Stability of Frozen Dough. I. The Influence of Yeast Reducing Compound on Frozen Dough Stability", Cereal Chem, 61: 209-212.

[35] Wang, P. Chen, H. Mohanad, B. Xu, L. Ning, Y. Xu, J. Wu, F. Yang, N. Jin, Z. ve Xu, X., (2014). "Effect of frozen storage on physico-chemistry of wheat gluten proteins: Studies on gluten-, glutenin-and gliadin-rich fractions", Food Hydrocolloids, 39: 187-194.

[36] Wang, P. Xu, L. Nikoo, M. Ocen, D. Wu, F. Yang, N. Jin, Z. ve Xu, X., (2014). "Effect of frozen storage on the conformational, thermal and microscopic properties of gluten: Comparative studies on gluten-, glutenin-and gliadin-rich fractions", Food Hydrocolloids, 35: 238-246.

[37] Wang, P. Wu, F. Rasoamandrary, N. Jin, Z. ve Xu, X., (2015). "Frozen-induced depolymerization of glutenin macropolymers: Effect of the frozen storage time and gliadin content", Journal of Cereal Science, 62: 159-162.

[38] Hayta, M. ve Schofield, J.D., (2004). "Heat and additive induced biochemical transitions in gluten from good and poor breadmaking quality wheats", Journal of Cereal Science, 40: 245-256.

[39] Graveland, A. Bosveld, P. Lichtendonk, W. Marseille, J. Moonen, J. ve Scheepstra, A., (1985). "A model for the molecular structure of the glutenins from wheat flour", Journal of Cereal Science, 3: 1-16.

[40] Sharadanant, R. ve Khan, K., (2003). "Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. Bread characteristics", Cereal Chemistry, 80: 773-780.

[41] Weegels, P. Hamer, R. ve Schofield, J., (1996). "Functional properties of wheat glutenin", Journal of Cereal Science, 23: 1-17.

[42] Gray, J. ve Bemiller, J., (2003). "Bread staling: molecular basis and control", Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2: 1-21.

[43] Meziani, S. Jasniewski, J. Gaiani, C. Ioannou, I. Muller, J.-M. Ghoul, M. ve Desobry, S., (2011). "Effects of freezing treatments on viscoelastic and structural behavior of frozen sweet dough", Journal of Food Engineering, 107: 358-365.

[44] Vandeputte, G. Vermeylen, R. Geeroms, J. ve Delcour, J., (2003). "Rice starches. I. Structural aspects provide insight into crystallinity characteristics and gelatinisation behaviour of granular starch", Journal of Cereal Science, 38: 43-52.

[45] Szymońska, J. Krok, F. ve Tomasik, P., (2000). "Deep-freezing of potato starch", International Journal of Biological Macromolecules, 27: 307-314.

[46] Rouillé, J. Della Valle, G. Lefebvre, J. ve Sliwinski, E., (2005). "Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components", Journal of Cereal Science, 42: 45-57.

[47] Larsson, H. ve Eliasson, A., (1997). "Influence of the starch granule surface on the rheological behaviour of wheat flour dough", Journal of Texture Studies, 28: 487-501.

[48] Tao, H. Wang, P. Ali, B. Wu, F. Jin, Z. ve Xu, X., (2016). "Fractionation and reconstitution experiments provide insight into the role of wheat starch in frozen dough", Food Chemistry, 190: 588-593.

[49] Kulp, K., (1995). "Biochemical and biophysical principles of freezing", Frozen and Refrigerated Doughs and Batters: 63-90.

[50] Öhgren, C. Fabregat, N. ve Langton, M., (2016). "Quality of bread baked from frozen dough–effects of rye, and sugar content, kneading time and proofing profile", LWT-Food Science and Technology, 68: 626-633.

[51] Seguchi, M. Nikaidoo, S. ve Morimoto, N., (2003). "Centrifuged liquid and breadmaking properties of frozen-and-thawed bread dough", Cereal Chemistry, 80: 264-268.

[52] Gys, W. Courtin, C.M. ve Delcour, J.A., (2003). "Refrigerated dough syruping in relation to the arabinoxylan population", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 4119-4125.

[53] Stauffer, C.E., (2007). "Principles of dough formation", Technology of breadmaking: 299-332.

[54] Kamel, B.S. ve Stauffer, C.E., (1993). "Advances in baking technology".

[55] Takagi, H., (2017). Construction of Baker's Yeast Strains with Enhanced Tolerance to Baking-Associated Stresses, ed. Biotechnology of Yeasts and Filamentous Fungi. Springer, 63-85.

[56] Sasano, Y. Takahashi, S. Shima, J. ve Takagi, H., (2010). "Antioxidant N-acetyltransferase Mpr1/2 of industrial baker's yeast enhances fermentation ability after air-drying stress in bread dough", International Journal of Food Microbiology, 138: 181-185.

[57] Tan, H. Dong, J. Wang, G. Xu, H. Zhang, C. ve Xiao, D., (2014). "Enhanced freeze tolerance of baker's yeast by overexpressed trehalose-6-phosphate synthase gene (TPS1) and deleted trehalase genes in frozen dough", Journal of industrial microbiology & biotechnology, 41: 1275-1285.

[58] Oda, Y. ve Tonomura, K., (1993). "Selection of a novel baking strain from the Torulaspora yeasts", Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 57: 1320-1322.

[59] Almeida, M. ve Pais, C., (1996). "Leavening ability and freeze tolerance of yeasts isolated from traditional corn and rye bread doughs", Applied and Environmental Microbiology, 62: 4401-4404.

[60] Autio, K. ve Sinda, E., (1992). "Frozen doughs: rheological changes and yeast viability", Cereal Chem, 69: 409-413.

[61] Dong, W. ve Hoseney, R., (1995). "Effects of certain breadmaking oxidants and reducing agents on dough rheological properties", Cereal Chemistry, 72: 58-63.

[62] Connelly, R.K. ve McIntier, R.L., (2008). "Rheological properties of yeasted and nonyeasted wheat doughs developed under different mixing conditions", Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 2309-2323.

[63] Verheyen, C. Albrecht, A. Herrmann, J. Strobl, M. Jekle, M. ve Becker, T., (2015). "The contribution of glutathione to the destabilizing effect of yeast on wheat dough", Food Chemistry, 173: 243-249.

[64] Gil, M. Callejo, M. ve Rodriguez, G., (1997). "Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation", Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 205: 268-273.

[65] Schiraldi, A. ve Fessas, D., (2012). "The role of water in dough formation and bread quality", Breadmaking: Improving quality (Second edition)(ed Cauvain SP): 352-369.

[66] Chinachoti, P. Kim-Shin, M. Mari, F. ve Lo, L., (1991). "Gelatinization of wheat starch in the presence of sucrose and sodium chloride: correlation between gelatinization temperature and water mobility as determined by oxygen-17 nuclear magnetic resonance", Cereal chemistry (USA).

[67] Charley, H. ve Weaver, C., (1998). Foods: A scientific approach: Merrill.

[68] Sahlström, S. Park, W. ve Shelton, D.R., (2004). "Factors influencing yeast fermentation and the effect of LMW sugars and yeast fermentation on hearth bread quality", Cereal Chemistry, 81: 328-335.

[69] Shortening, O., (1981). "Shortening Systems: Fats, Oils, and Surface-Active Agents—Present and Future1", Cereal Chem, 58: 171-174.

[70] Demiralp, H. Çelik, S. ve Köksel, H., (2000). "Effects of oxidizing agents and defatting on the electrophoretic patterns of flour proteins during dough mixing", European Food Research and Technology, 211: 322-325.

[71] Autio, K. ve Laurikainen, T., (1997). "Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties", Trends in Food Science & Technology, 8: 181-185.

[72] Inoue, Y. Sapirstein, H. ve Bushuk, W., (1995). "Studies on frozen doughs. IV. Effect of shortening systems on baking and rheological properties", Cereal Chemistry, 72: 221-226.

[73] Rao, P.A. Nussinovitch, A. ve Chinachoti, P., (1992). "Effects of selected surfactants on amylopectin recrystallization and on recoverability of bread crumb during storage", Cereal chemistry (USA).

[74] Hähnel, W. Jussofie, I. ve Müller, F., (1995). "Investigations into the properties of emulsifiers in yeast-leavened dough by means of infrared spectroscopy", Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 200: 244-246.

[75] Ribotta, P. Pérez, G. Leon, A. ve Anon, M., (2004). "Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough", Food Hydrocolloids, 18: 305-313.

[76] Zobel, H., (1973). "Review of bread staling", Bakers Digest.

[77] Sahlstrom, S. Nielsen, A. Faergestad, E. Lea, P. Park, W. ve Ellekjaer, M., (1999). "Effect of dough processing conditions and DATEM on Norwegian hearth bread prepared from frozen dough", Cereal Chemistry, 76: 38-44.

[78] Barrett, A. Cardello, A. Maguire, P. Richardson, M. Kaletunc, G. ve Lesher, L., (2002). "Effects of sucrose ester, dough conditioner, and storage temperature on long-term textural stability of shelf-stable bread", Cereal Chemistry, 79: 806-811.

[79] Hosomi, K. Uozumi, M. Nishio, K. ve Matsumoto, H., (1992). "Studies on frozen dough baking", Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 39: 806-812.

[80] Collar, C. Andreu, P. Martınez, J. ve Armero, E., (1999). "Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study", Food Hydrocolloids, 13: 467-475.

[81] Rosell, C. Rojas, J. ve De Barber, C.B., (2001). "Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality", Food Hydrocolloids, 15: 75-81.

[82] Mandala, I., (2005). "Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids", Journal of Food Engineering, 66: 291-300.

[83] Maier, H. Anderson, M. Karl, C. Magnuson, K. ve Whistler, R., (1993). "Guar, locust bean, tara, and fenugreek gums", Industrial gums: Polysaccharides and their derivatives, 3: 215-218.

[84] Sarkar, N. ve Walker, L., (1995). "Hydration—dehydration properties of methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose", Carbohydrate polymers, 27: 177-185.

[85] Bárcenas, M.a.E. Benedito, C. ve Rosell, C.M., (2004). "Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage", Food Hydrocolloids, 18: 769-774.

[86] Sharadanant, R. ve Khan, K., (2006). "Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: electron microscopy, protein solubility, and electrophoresis studies", Cereal Chemistry, 83: 411-417.

[87] Sungur, B. ve Ercan, R., (2011). "Yüzey Tepki Metodu Kullanılarak Bazı Hidrokolloidler ve Yüzey Aktif Maddenin Sert Buğday Unu Hamurunun Reolojik Özellikleri Üzerine Etkileri (İngilizce)", Gıda Dergisi, 36.

[88] Addo, K., (1997). "Effects of honey type and level on the baking properties of frozen wheat flour doughs", Cereal foods world (USA).

[89] Wang, R. ve Zhou, W., (2004). "Stability of tea catechins in the breadmaking process", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 8224-8229.

[90] Achiwa, Y. Furuichi, Y. ve Komiya, T., (2001). "The improving effects of tea catechin on rheological properties of wheat flour dough", Bulletin of the Faculty of Bioresources-Mie University (Japan).

[91] Wang, R. Zhou, W. Yu, H.H. ve Chow, W.F., (2006). "Effects of green tea extract on the quality of bread made from unfrozen and frozen dough processes", Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: 857-864.

[92] Amornwittawat, N. Wang, S. Duman, J.G. ve Wen, X., (2008). "Polycarboxylates enhance beetle antifreeze protein activity", Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics, 1784: 1942-1948.

[93] Ding, X. Zhang, H. Wang, L. Qian, H. Qi, X. ve Xiao, J., (2015). "Effect of barley antifreeze protein on thermal properties and water state of dough during freezing and freeze-thaw cycles", Food Hydrocolloids, 47: 32-40.

[94] Zhang, C. Zhang, H. Wang, L. Gao, H. Guo, X.N. ve Yao, H.Y., (2007). "Improvement of texture properties and flavor of frozen dough by carrot (Daucus carota) antifreeze protein supplementation", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 9620-9626.

[95] Zhang, Y. Zhang, H. Wang, L. Qian, H. ve Qi, X., (2015). "Extraction of oat (Avena sativa L.) antifreeze proteins and evaluation of their effects on frozen dough and steamed bread", Food and bioprocess technology, 8: 2066-2075.

[96] Giannou, V. Kessoglou, V. ve Tzia, C., (2003). "Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough", Trends in Food Science & Technology, 14: 99-108.

[97] Hu, S.-Q. Liu, G. Li, L. Li, Z.-X. ve Hou, Y., (2013). "An improvement in the immersion freezing process for frozen dough via ultrasound irradiation", Journal of Food Engineering, 114: 22-28.

[98] Kiani, H. Sun, D.-W. Delgado, A. ve Zhang, Z., (2012). "Investigation of the effect of power ultrasound on the nucleation of water during freezing of agar gel samples in tubing vials", Ultrasonics Sonochemistry, 19: 576-581.

[99] Zachariassen, K.E. ve Kristiansen, E., (2000). "Ice nucleation and antinucleation in nature", Cryobiology, 41: 257-279.

[100] Shi, K. Yu, H. ve Lee, T.-C., (2013). "A novel approach for improving yeast viability and baking quality of frozen dough by adding biogenic ice nucleators from Erwinia herbicola", Journal of Cereal Science, 57: 237-243.

[101] Yi, J. ve Kerr, W.L., (2009). "Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties", LWT-Food Science and Technology, 42: 1474-1483.

[102] Corsetti, A. ve Settanni, L., (2007). "Lactobacilli in sourdough fermentation", Food Research International, 40: 539-558.

[103] De Vuyst, L. ve Neysens, P., (2005). "The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions", Trends in Food Science & Technology, 16: 43-56.

[104] De Vuyst, L. ve Vancanneyt, M., (2007). "Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria", Food Microbiology, 24: 120-127.

[105] Gobbetti, M. ve Gänzle, M., (2012). Handbook on sourdough biotechnology: Springer Science & Business Media.

[106] Brummer, J. ve Lorenz, K., (1991). "European developments in wheat sourdoughs", Cereal foods world (USA).

[107] Böcker, G. Stolz, P. ve Hammes, W., (1995). "Neue Erkenntnisse zum Ökosystem Sauerteig und zur Physiologie der sauerteigtypischen Stämme Lactobacillus sanfrancisco aund Lactobacillus pontis", Getreide, Mehl und Brot, 49: 370-374.

[108] De Vuyst, L. Van Kerrebroeck, S. Harth, H. Huys, G. Daniel, H.-M. ve Weckx, S., (2014). "Microbial ecology of sourdough fermentations: diverse or uniform?", Food Microbiology, 37: 11-29.

[109] Huys, G. Daniel, H.-M. ve De Vuyst, L., (2013). Taxonomy and Biodiversity of Sourdough Yeasts and Lactic Acid Bacteria, M. Gobbetti ve Gänzle, M., ed. Handbook on Sourdough Biotechnology. Boston, MA: Springer US, 105-154.

[110] Ekinci, R. Şimşek, Ö. Küçükçuban, A. ve Nas, S., (2016). "Evaluation of mono or mixed cultures of lactic acid bacteria in type II sourdough system", Preparative Biochemistry and Biotechnology, 46: 247-253.

[111] Yağmur, G. Tanguler, H. Leventdurur, S. Elmacı, S.B. Turhan, E.Ü. Francesca, N. Settanni, L. Moschetti, G. ve Erten, H., (2016). "Identification of Predominant Lactic Acid Bacteria and Yeasts of Turkish Sourdoughs and Selection of Starter

Cultures for Liquid Sourdough Production Using Different Flours and Dough Yields", Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 66: 99-108.

[112] Gül, H. Özçelik, S. Sağdıç, O. ve Certel, M., (2005). "Sourdough bread production with lactobacilli and S. cerevisiae isolated from sourdoughs", Process Biochemistry, 40: 691-697.

[113] Galle, S. ve Arendt, E.K., (2014). "Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria", Critical reviews in food science and nutrition, 54: 891-901.

[114] Östman, E., (2003). Fermentation as a Means of Optimizing the Glycaemic Index-Food Mechanisms and Metabolic Merits with Emphasis on Lactic Acid in Cereal Products: Lund Institute of Technology.

[115] Singh, J. Dartois, A. ve Kaur, L., (2010). "Starch digestibility in food matrix: a review", Trends in Food Science & Technology, 21: 168-180.

[116] Scazzina, F. Del Rio, D. Pellegrini, N. ve Brighenti, F., (2009). "Sourdough bread: Starch digestibility and postprandial glycemic response", Journal of Cereal Science, 49: 419-421.

[117] Katina, K. Laitila, A. Juvonen, R. Liukkonen, K.H. Kariluoto, S. Piironen, V. Landberg, R. Åman, P. ve Poutanen, K., (2007). "Bran fermentation as a means to enhance technological properties and bioactivity of rye", Food Microbiology, 24: 175-186.

[118] Novotni, D. Ćurić, D. Bituh, M. Colić Barić, I. Škevin, D. ve Čukelj, N., (2011). "Glycemic index and phenolics of partially-baked frozen bread with sourdough", International journal of food sciences and nutrition, 62: 26-33.

[119] Kulp, K. ve Lorenz, K., (2003). Handbook of dough fermentations: Crc Press.

[120] Ottogalli, G. Galli, A. ve Foschino, R., (1996). "Italian bakery products obtained with sour dough: characterization of the typical microflora", Advances in food sciences, 18: 131-144.

[121] Lattanzi, A. Minervini, F. ve Gobbetti, M., (2014). "Assessment of comparative methods for storing type-I wheat sourdough", LWT-Food Science and Technology, 59: 948-955.

[122] Maheri-Sis, N. Chamani, M. Ali-Asghar, S. Mirza-Aghazadeh, A. ve Aghajanzadeh-Golshani, A., (2008). "Nutritional evaluation of kabuli and desi type chickpeas (Cicer arietinum L.) for ruminants using in vitro gas production technique", African Journal of biotechnology, 7.

[123] Babaoğlu, M., (2003). "Nohut ve Tarımı", Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü: 1-7.

[124] Biçer, B., Albayrak, Ö., ve Akıncı, C., (2017). "Farklı Ekim Zamanlarının Nohutta Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi", ADÜ Ziraat Dergisi, 14: 51-57.

[125] Kaya, M., Şanlı, A., (2008). "Ekim Derinliğinin Nohut (*Cicer arietinum* l.) Çeşitlerinde Kök ve Toprak Üstü Organlarının İlk Gelişmesine Etkisi ", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12: 115-122.

[126] Arab, E.A. Helmy, I. ve Bareh, G., (2010). "Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (Cicer arietinum L.) flour and the improvement of spaghetti produced from its", Journal of American Science, 6: 1055-1072.

[127] Foster-Powell, K. Holt, S.H. ve Brand-Miller, J.C., (2002). "International table of glycemic index and glycemic load values: 2002", The American journal of clinical nutrition, 76: 5-56.

[128] Khan, M.A. Akhtar, N. Ullah, I. ve Jaffery, S., (1995). "Nutritional evaluation of desi and kabuli chickpeas and their products commonly consumed in Pakistan", International journal of food sciences and nutrition, 46: 215-223.

[129] Jukanti, A.K. Gaur, P.M. Gowda, C. ve Chibbar, R.N., (2012). "Nutritional quality and health benefits of chickpea (Cicer arietinum L.): a review", British Journal of Nutrition, 108: S11-S26.

[130] McCrory, M.A. Hamaker, B.R. Lovejoy, J.C. ve Eichelsdoerfer, P.E., (2010). "Pulse consumption, satiety, and weight management", Advances in Nutrition: An International Review Journal, 1: 17-30.

[131] Gómez, M. Oliete, B. Rosell, C.M. Pando, V. ve Fernández, E., (2008). "Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends", LWT-Food Science and Technology, 41: 1701-1709.

[132] Mohammed, I. Ahmed, A.R. ve Senge, B., (2012). "Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends", Industrial Crops and Products, 36: 196-202.

[133] Angioloni, A. ve Collar, C., (2012). "High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions", European Food Research and Technology, 234: 273-284.

[134] Nawaz, H. Shad, M.A. Mehmood, R. Rehman, T. ve Munir, H., (2015). "Comparative evaluation of functional properties of some commonly used cereal and legume flours and their blends", International Journal of Food and Allied Sciences, 1: 67-73.

[135] Du, S.-k. Jiang, H. Yu, X. ve Jane, J.-l., (2014). "Physicochemical and functional properties of whole legume flour", LWT-Food Science and Technology, 55: 308-313.

[136] Kaur, M. ve Singh, N., (2005). "Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars", Food Chemistry, 91: 403-411.

[137] Baykara, P., (2006). "Geleneksel Nohut Mayasının Endüstriyel Beyaz Buğday Unu Ekmeği Üretiminde Kullanılması", Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

[138] AACC, (1990). "American Association of Cereal Chemists International ".

[139] AACC, (2000). "American Association of Cereal Chemists International".

[140] Decock, P. ve Cappelle, S., (2005). "Bread technology and sourdough technology", Trends in Food Science & Technology, 16: 113-120.

[141] Durak, M.Z. Fromm, H.I. Huck, J.R. Zadoks, R.N. ve Boor, K.J., (2006). "Development of molecular typing methods for Bacillus spp. and Paenibacillus spp. isolated from fluid milk products", Journal of Food Science, 71.

[142] Cocolin, L. Bisson, L. ve ills, D., (2000). "Direct profiling of the yeast dynamics in wine fermentations", FEMS microbiology letters, 189: 81-87.

[143] Lattanzi, A. Minervini, F. Di Cagno, R. Diviccaro, A. Antonielli, L. Cardinali, G. Cappelle, S. De Angelis, M. ve Gobbetti, M., (2013). "The lactic acid bacteria and yeast microbiota of eighteen sourdoughs used for the manufacture of traditional Italian sweet leavened baked goods", International Journal of Food Microbiology, 163: 71-79.

[144] Minervini, F. Di Cagno, R. Lattanzi, A. De Angelis, M. Antonielli, L. Cardinali, G. Cappelle, S. ve 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. 07721-07711.

[145] Reale, A. Di Renzo, T. Rossi, F. Zotta, T. Iacumin, L. Preziuso, M. Parente, E. Sorrentino, E. ve Coppola, R., (2015). "Tolerance of Lactobacillus casei, Lactobacillus paracasei and Lactobacillus rhamnosus strains to stress factors encountered in food processing and in the gastro-intestinal tract", LWT-Food Science and Technology, 60: 721-728.

[146] Lhomme, E. Lattanzi, A. Dousset, X. Minervini, F. De Angelis, M. Lacaze, G. Onno, B. ve Gobbetti, M., (2015). "Lactic acid bacterium and yeast microbiotas of sixteen French traditional sourdoughs", International Journal of Food Microbiology, 215: 161-170.

[147] Vulicevic, I. Abdel-Aal, E.M. Mittal, G. ve Lu, X., (2004). "Quality and storage life of par-baked frozen breads", LWT-Food Science and Technology, 37: 205-213.

[148] Marston, P., (1978). "Frozen dough for breadmaking", Bakers Digest.

[149] Kondakci, T. Zhang, J.W. ve Zhou, W., (2015). "Impact of flour protein content and freezing conditions on the quality of frozen dough and corresponding steamed bread", Food and bioprocess technology, 8: 1877-1889.

[150] Talay, M., (1997). "Ekmek Bilimi ve Teknolojisi," Ray Filmcilik Matbaacılık Organizasyon Ltd. Sti.

[151] Boyacıoğlu, M.H., (1996). "Unların Ekmek Yapım Performanslarının İncelenmesi", Dünya-Gıda, Ocak: 12-17.

[152] Arduzlar, D., (2011). Organik Buğday Ekmeğinin Karakterizasyonu, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[153] Ercolini, D. Pontonio, E. De Filippis, F. Minervini, F. La Storia, A. Gobbetti, M. ve Di Cagno, R., (2013). "Microbial ecology dynamics during rye and wheat sourdough preparation", Applied and Environmental Microbiology, 79: 7827-7836.

[154] Giboreau, A. Cuvelier, G. ve Launay, B., (1994). "Rheological behaviour of three biopolymer/water systems, with emphasis on yield stress and viscoelastic properties", Journal of Texture Studies, 25: 119-138.

[155] Kenny, S. Wehrle, K. Dennehy, T. ve Arendt, E., (1999). "Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough", Cereal Chemistry, 76: 421-425.

[156] Baier-Schenk, A. Handschin, S. Von Schönau, M. Bittermann, A. Bächi, T. ve Conde-Petit, B., (2005). "In situ observation of the freezing process in wheat dough by confocal laser scanning microscopy (CLSM): Formation of ice and changes in the gluten network", Journal of Cereal Science, 42: 255-260.

[157] Hoseney, R.C., (1994). Principles of cereal science and technology: American Association of Cereal Chemists (AACC).

[158] Bhattacharya, M. Langstaff, T.M. ve Berzonsky, W.A., (2003). "Effect of frozen storage and freeze–thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs", Food Research International, 36: 365-372.

[159] Sim, S. Noor Aziah, A. Teng, T. ve Cheng, L., (2012). "Thermal and dynamic mechanical properties of frozen wheat flour dough added with selected food gums", International Food Research Journal, 19.

[160] Sharadanant, R., (2003). "Effect of hydrophilic gum on frozen dough. Dough quality", Cereal Chem., 80: 764-772.

[161] Hamed, A. Ragaee, S. ve Abdel-Aal, E.S.M., (2014). "Effect of β-Glucan–Rich Barley Flour Fraction on Rheology and Quality of Frozen Yeasted Dough", Journal of Food Science, 79.

[162] Kohajdová, Z. Karovičová, J. ve Magala, M., (2013). "Effect of lentil and bean flours on rheological and baking properties of wheat dough", Chemical Papers, 67: 398-407.

[163] Yi, J. Johnson, J. ve Kerr, W., (2009). "Properties of bread made from frozen dough containing waxy wheat flour", Journal of Cereal Science, 50: 364-369.

EK-A

DUYUSAL ANALİZ FORMU

Panelist:

Tarih:

Ekmek örneklerini 1-7 arasında aşağıdaki kriterlere göre puanlandırınız.

Örnek Kodu	Kabuk Rengi	Ekmek içi Rengi	Gözenek Yapısı	Tat	Koku	Çiğnenebilirlik	Genel durum

PUANLAMA

1 Çok kötü

2 Kötü

3 Biraz kötü

4 Ne beğenilir ne kötü

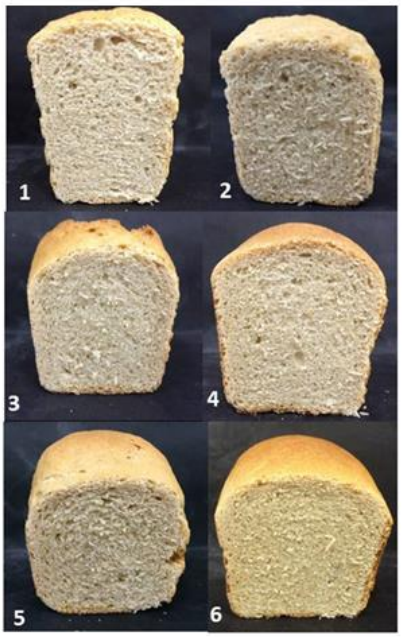
5 Beğenilir

6 Beğenilirliği yüksek

7 Beğenilirliği çok yüksek

EK-B

TİP I EKŞİ HAMURLU EKMEKLER



1) Buğday unlu Tip I ekşi hamur ekmeği (BUEH)
2) Dondurulmuş BUEH
3) %25 nohut unlu Tip I ekşi hamur ekmeği (25NUEH)
4) Dondurulmuş 25NUEH
5) %50 nohut unlu Tip I ekşi hamur ekmeği (50NUEH
6) Dondurulmuş 50NUEH)

EK-C

TİP II EKŞİ HAMURLARI-1



L.brevis 28C1B3 ve *S.cerevisiae* KD0M1 kullanılarak hazırlanan buğday unlu ekşi hamur (BUTE1)



L.brevis 28C1B3 ve *S.cerevisiae* KD0M1 kullanılarak hazırlanan nohut unlu ekşi hamur (NUTE1)

EK-D

TİP II EKŞİ HAMURLARI-2



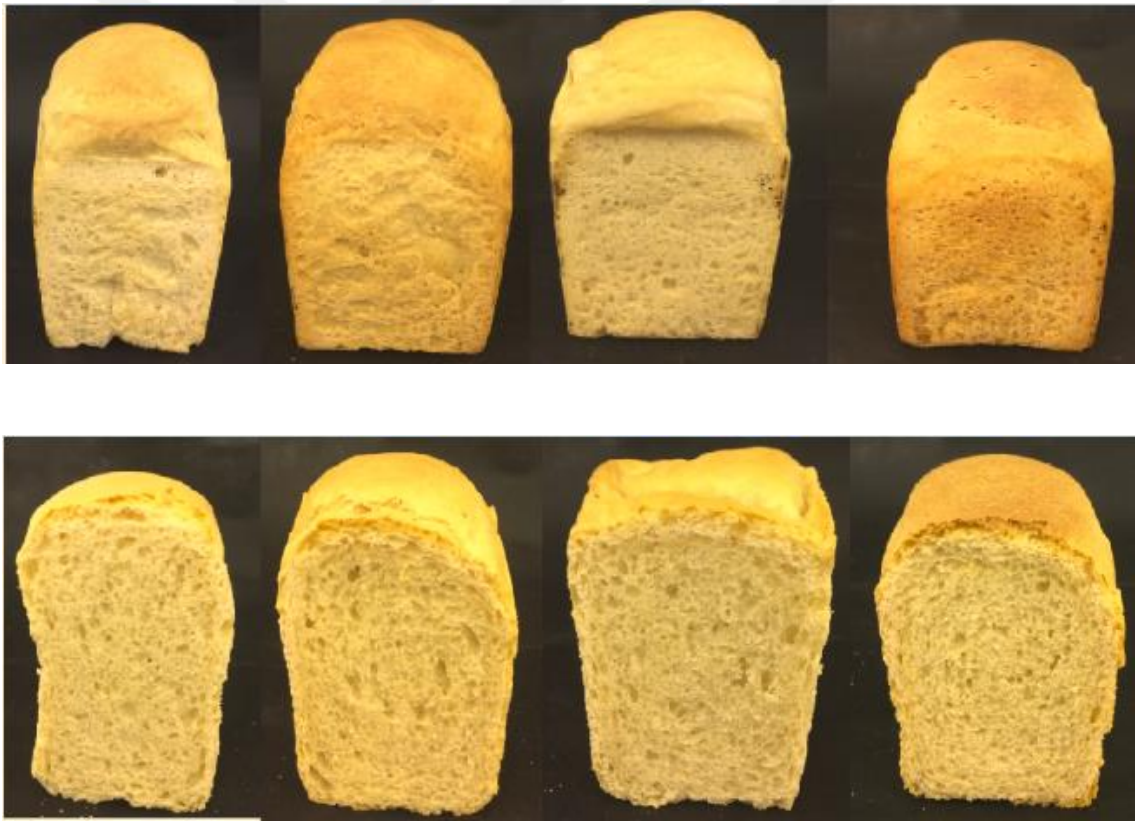
L.brevis KD5B5 ve *S.cerevisiae* KD2M2 kullanılarak hazırlanan buğday unlu ekşi hamur (BUDE2)



L.brevis KD5B5 ve *S.cerevisiae* KD2M2 kullanılarak hazırlanan nohut unlu ekşi hamur (NUDE2)

EK-E

TİP II EKŞİ HAMURLU EKMEKLER-1



BUTE **NUTE** **BUDE** **NUDE**

EK-F

TİP II EKŞİ HAMURLU EKMEKLER-2



BUTED **NUTED** **BUDED** **NUDED**

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Görkem ÖZÜLKÜ

Doğum Tarihi ve Yeri : 01.11.1985/ANKARA

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta :ozulkug@yildiz.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Gıda Müh.	Hacettepe Univ.	2013
Lisans	Gıda Müh.	Hacettepe Univ.	2009
Lise	Fen Bilimleri	Dr.Binnaz EGE-Dr.Rıdvan EGE Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014-	Yıldız Teknik Üniv. Gıda Müh. Böl.	Araştırma Görevlisi
2011-2014	İstanbul Sabahattin Zaim Univ. Gıda Müh.Böl.	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Makale

1. Yildirim, R. M., Ozulku, G., Toker, O. S., Baslar, M., Durak, M. Z., & Sagdic, O. (2017). Modeling of Bioactive Compound Content of Different Tea Bags: Effect of Steeping Temperature and Time. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1).

2. Arıcı, M., Yıldırım, R. M., Özülkü, G., Yaşar, B., & Toker, O. S. (2016). Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta L. Schott*) flour as affected by drying temperature and air velocity. LWT-Food Science and Technology, 74, 434-440.

3. Ozulku, G., & Arıcı, M. (2017). Characterization of the rheological and technological properties of the frozen sourdough bread with chickpea flour addition. Journal of Food Measurement and Characterization, 1-8.

4. Ozulku, G., Yildirim, R. M., Toker, O. S., Karasu, S., & Durak, M. Z. (2017). Rapid detection of adulteration of cold pressed sesame oil adultered with hazelnut, canola, and sunflower oils using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometric. Food Control, 82, 212-216.

5. Ozkan, K., Sagcan, N., Ozulku, G., Sagdic, O., Toker, O. S., & Muz, M. N. (2017). Bioactive and bioaccessibility characteristics of honeybee pollens collected from different regions of Turkey. Journal of Food Measurement and Characterization, 1-7.

Bildiri

1. Özülkü G., Metin Yildirim R., Toker Ö.S., Cebi N. , Durak M.Z., Arici M., "Detection of Adulteration of Orange Juice Adulterated with Grapefruit, Mandarin, Apple and Grape Juices using ATR-FTIR Spectroscopy", II. International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies, Üsküp, Makedonya, 26-30 Ekim 2016, pp.164-164.

2. Ozulku, G., Sivri Özay, D., Improving the bread quality of high protease activity flour by using hops (Humulus Lupulus), International Food Technologist Conference, IFT 16, Chicago, ABD, Temmuz 2016.

3. Özülkü G., Metin Yildirim R., Sağdiç O., Arici M., "Physical and sensory charachteristics of cake enriched with honeybee pollen", 15th International Cereal and Bread Congress, İstanbul, Türkıye, 18 Nisan - 21 Temmuz 2016, pp.161-161

4. Arici M., Metin Yildirim R., Özülkü G., Toker Ö.S., Yasar B., "Resistant Starch Content of Taro (Colocasia esculenta L. Schott) Flour Drying at Different Conditions", IFT Annual Meeting , Chicago, A.B.D., 16-19 Temmuz 2016

5. Arici M., Cakir E., Özülkü G., Toker Ö.S., Metin Yildirim R., "Improvement Functionality of Bread With Olive Pulp Powder", IFT Annual Meeting , Chicago, A.B.D., 16-19 Temmuz 2016.

6. Ozulku, G., Metin Yıldırım, R., Yılmaz, D., Arıcı, M., Durak, MZ., Sağdıç, O., Bread making performance of yeast isolated from Turkish sourdough., VIth Sourdough Symposium, Nantes, Fransa, Eylül 2015.

Proje

1. Fonksiyonel bir bileşen olarak Gölevez (Colocasia esculenta L. Schott) ununun fırıncılık ürünlerinde kullanımı", TÜBITAK Projesi, 114O391, Bursiyer, 2016

2. ‘’Ekmeklerde Küflenmeyi Engellemeye Yönelik Antifungal Sprey Üretimi’’-, BSTB Teknogirişim Projesi, Proje Yürütücüsü, 2015.