T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBOYNUZU UNU İLAVESİNİN EKŞİ HAMUR FERMANTASYONUNA ETKİSİ

Senem KARLIDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi GÖRKEM ÖZÜLKÜ

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBOYNUZU UNU İLAVESİNİN EKŞİ HAMUR FERMENTASYONUNA ETKİSİ

Senem KARLIDAĞ tarafından hazırlanan tez çalışması 11.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ertan ERMİŞ, Üye
İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi

Danışmanım Dr.Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Keçiboynuzu Unu İlavesinin Ekşi Hamur Fermantasyonuna Etkisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Senem KARLIDAĞ

İmza

Çok Kıymetli Ailem'e,

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilimsel bilgi ve tecrübesini seve seve benimle paylaşan ve katkılarını esirgemeyen, birlikte çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ'ye sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konumun belirlenmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında sağlamış olduğu katkılardan ötürü Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Muhammet ARICI'ya teşekkürü bir borç bilirim. Kariyer hayatım boyunca eğitimci kimliğini örnek alacağım ve kendi öğrencilerime de öğrettiklerini aktarmaktan gurur duyacağım.

Eğitimim ve tez çalışmam süresince sağlanan imkanlar için Fen Bilimleri Enstitüsüne, Kimya-Metalürji Fakültesi Dekanlığına, Gıda Mühendisliği bölümüne, bölümümüzün birbirinden kıymetli öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve tez savunmamda bulunan saygıdeğer jüri üyelerine saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda kullandığım keçiboynuzu ununu sağlayan Atışeri Gıda İmalat Ticaret firmasına teşekkürlerimi sunarım.

Uzun ve birazda yorucu olan çalışmalarımızı hoş sohbetleriyle eğlenceli kılan arkadaşım Muhammet Murat ATAÇ'a, yaz stajı süresince bana çalışmalarımda eşlik eden Semanur YILDIRIM'a, anlayışı ve desteğiyle yanımda olan mesai arkadaşım Ezgi YIKAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayata gözlerimi açtığım andan itibaren sevgi ve şefkatiyle, her ihtiyaç duyduğumda bir an olsun tereddüt etmeden tüm özverisiyle yanımda olan biricik annem Nermin KARLIDAĞ'a minnet ve şükranlarımı sunarım. Rahmetli babam Necdet KARLIDAĞ'ın izinden gidip onunla aynı üniversiteden yıllar sonra yüksek lisans derecemi almaya hak kazanmış olmaktan gurur duyarım. Madden ve manen üzerimde hakkı olan Şaban KURBAN'a desteklerinden ötürü teşekkür eder, kucak dolusu sevgilerimi sunarım.

Senem KARLIDAĞ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ VIII
KISALTMA LİSTESİ IX
ŞEKİL LİSTESİ X
ÇİZELGE LİSTESİ XI
ÖZET XII
ABSTRACT XIV
1 Giriş 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Hipotez 3
2 Literatür Taraması 4
2.1 Ekşi Hamur 4
2.1.1 Tarihsel Gelişimi 4
2.1.2 Ekşi Hamur Mikrobiyotası 8
2.1.3 Laktik Asit Bakterileri 10
2.1.4 Maya 16
2.1.5 Endüstriyel Tipleri ve Kullanımları 18
2.2 Ekşi Hamur Fermantasyonlarının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri 19
2.2.1 Asidifikasyon 19
2.2.2 Proteoliz 20
2.2.3 Ekzopolisakkarit Üretimi 22
2.2.4 Aroma ve Lezzet 24
2.2.5 Tekstür 25
2.2.6 Antimikrobiyal Bileşenler 25
2.2.7 Raf Ömrü 28
2.3 Keçiboynuzu 28
2.3.1 Morfolojisi 29
2.3.2 Yetiştiği Yerler 29
2.3.3 Özellikleri ve Besin Öğesi Değerleri 29
2.3.4 Keçiboynuzu Unu 31

3 Materyal ve Metot 34
3.1 Materyal 34
3.2 Unda Fizikokimyasal Analizler 34
3.2.1 Nem Tayini 34
3.2.2 Unda Renk Tayini 34
3.2.3 Kül Tayini 35
3.3 Unda Teknolojik Özelliklerin Tespiti 35
3.3.1 Yaş Öz Tayini 35
3.3.2 Gluten İndeks Tayini 35
3.3.3 Sedimentasyon Testi 36
3.3.4 Düşme Sayısı Tayini 36
3.3.5 Farinograf Analizi 36
3.3.6 Ekstensograf Analizi 37
3.4 Ekşi Hamurun Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi 37
3.4.1 Ekşi Hamurun Hazırlanması ve Yenileme İşlemi 37
3.4.2 Ekşi Hamurda pH ve Titre Edilebilir Asit Miktarı (TTA) Tespiti 38
3.4.3 Ekşi Hamurda Mikrobiyolojik Analizler 38
3.5 Ekmek Yapımı 38
3.6 Ekmekte Yapılan Analizler 39
3.6.1 Ağırlık, Hacim ve Spesifik Hacimin Belirlenmesi 39
3.6.2 Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi 39
3.6.3 Ekmekte Renk Tayini 40
3.6.4 Duyusal Değerlendirme 40
3.7 İstatistiksel Analiz 40
4 Bulgular ve Tartışma 41
4.1 Unda Fizikokimyasal Analizler 41
4.2 Unda Reolojik Özelliklerin Tespiti 46
4.2.1 Farinograf ve Ekstensograf Sonuçları 46
4.3 Ekşi Hamurun Teknolojik Özellikleri 52
4.3.1 Ekşi Hamurda pH 52
4.3.2 Ekşi Hamurda TTA 55
4.3.3 Ekşi Hamurda Bulunan Toplam Maya ve LAB Sayısı 56
4.4 Ekmeklerin Özellikleri 60

4.4.1 Ekmeklerin Ağırlık, Hacim, Spesifik Hacim ve Tekstür Özellikleri.. 60
4.4.2 Ekmeklerde Renk Değerleri 66
4.5 Duyusal Özellikler..... 69
5 Sonuç ve Öneriler..... 74
Kaynakça..... 77
A Örneklere Ait Farinograf Grafikleri..... 88
B Ekmek Numunelerinin Duyusal Analiz Değerlendirme Formu..... 89
C Hazırlanan Ekmek Numuneleri Duyusal Analiz Sonuçları..... 90
Tezden Üretilmiş Yayınlar..... 91

SİMGE LİSTESİ

a*	Renk Ölçümünde Kırmızı-Yeşil Göstergesi
b*	Renk Ölçümünde Sarı-Mavi Göstergesi
BU	Brabender Unit
^{O}C	Santigrat Derece
%	Yüzde
cm	Santimetre
cm^3	Santimetre Küp
EU	Ekstensogram Unit
g	Gram
kg	Kilogram
L	Litre
L*	Renk Ölçümünde Siyahlık-Beyazlık Göstergesi
mg	Miligram
mL	Mililitre
N	Newton
N	Normalite
P	İstatistikte Anlamlılık Seviyesi

KISALTMA LİSTESİ

BLIS	Bakteriyosin benzeri inhibitör maddeler
BU	Buğday Unu
dk	Dakika
E	Ekşi Hamur Ekmeği
EPS	Ekzopolisakkarit
ET	Ekşi Hamurlu Ekmek
GRAS	Zararlı Etkisi Olmayan ve Güvenilir (Generally Recognized as Safe)
KBU	Keçiboynuzu Unu
KÇU	Keçiboynuzu çekirdeği unu
KM	Kuru madde
kob	Koloni oluşturan birim
LAB	Laktik Asit Bakterisi
log	Logaritmik
mo.	Mikroorganizma
MRS	De Man, Rogosa and Sharpe Agar
rpm	Dakikadaki devir sayısı
SDA	Sabouraud Dekstroz Agar
sn	Saniye
sp.	Tür
spp.	Türler
T	Ticari Mayalı Ekmek
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TPA	Tekstür Profil Analizleri
TTA	Toplam Titre Edilebilir Asit Miktarı
vd.	ve diğerleri
ZS	Zeleny Sedimentasyon

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 Ekmek yapımında kullanılan buğday unu ve *KBU* karışımları 44
Şekil 4.2 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük pH değişimi 54
Şekil 4.3 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük TTA miktarı değişimi 56
Şekil 4.4 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük maya miktarı değişimi..... 58
Şekil 4.5 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük LAB miktarı değişimi 59
Şekil 4.6 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin ağırlık değerleri 63
Şekil 4.7 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin hacim değerleri..... 64
Şekil 4.8 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin spesifik hacim değerleri..... 64
Şekil 4.9 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin sertlik değerleri 65
Şekil 4.10 *KBU* katkılı ekşi hamur ekmeklerinin iç ve dış görünümü..... 68
Şekil 4.11 *KBU* katkılı ekşi hamurlu ekmeklerin iç ve dış görünümü..... 68
Şekil 4.12 *KBU* katkılı ticari mayalı ekmeklerin iç ve dış görünümü..... 69
Şekil 4.13 *KBU* katkılı ekmeklerin duyusal analiz değerleri (A, B, C ve D) 71
Şekil 4.14 *KBU* katkılı ekmeklerin duyusal analiz değerleri (E, F, G ve H)..... 73

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Ticari starter preparatlarında kullanılan mayalar ve laktik asit bakterileri (Brandt, 2014). 7
Tablo 2.2 Orla-Jensen (1919)'a göre laktik asit bakterilerinin sınıflandırılması ve geçerli taksonomik sınıflandırma (Holzapfel ve Wood, 2014). 11
Tablo 2.3 Lactobacillus cinsinin gruplandırılması (Axelsson, 2004). 13
Tablo 2.4 Genellikle ekşi hamur fermantasyonu ile ilgili veya fermente edilmiş ekşi hamurda bulunan Lactobacillus türleri (Corsetti ve Settanni, 2007). 14
Tablo 2.5 Keçiboynuzu meyvesinin yapısında bulunan bazı vitamin ve mineraller (Ayaz vd., 2007) 30
Tablo 2.6 Keçiboynuzu meyvesinin şeker ve organik asit içerikleri (mg/g kuru ağırlık) (Ayaz vd., 2007). 31
Tablo 2.7 Keçiboynuzu meyvesinin ve ununun besin öğesi değerleri (Özcan, Arslan ve Gökçalik, 2007) 32
Tablo 2.8 Keçiboynuzu ununun besin ögesi değerleri (USDA., 2011) 32
Tablo 3.1 Ekşi hamurun hazırlanması 37
Tablo 4.1 Farklı oranlarda keçiboynuzu unu ilavesi yapılan buğday ununun fizikokimyasal analiz değerleri 41
Tablo 4.2 Un numunelerine ait teknolojik özelliklerin tayin sonuçları 43
Tablo 4.3 Farklı oranlarda keçiboynuzu unu ikame edilen unların renk değerleri 45
Tablo 4.4 Un karışımlarının farinogram özellikleri 47
Tablo 4.5 Un karışımlarının ekstensogram özellikleri [a,b] 50
Tablo 4.6 Hazırlanan ekşi hamurların pH değerleri[a,b] 53
Tablo 4.7 Hazırlanan ekşi hamurların TTA değerleri[a,b] 55
Tablo 4.8 Ekşi hamurların içerdiği maya sayısı[a,b] 57
Tablo 4.9 Ekşi hamurların içerdiği LAB sayısı[a,b] 58
Tablo 4.10 Ticari mayalı ekmeklerin Hacim, Spesifik Hacim ve Sertlik değerleri 60
Tablo 4.11 Ekşi hamur ekmeklerinin Hacim, Spesifik Hacim ve Sertlik değerleri 61
Tablo 4.12 Ekşi hamurlu ekmeklerin Hacim, Spesifik Hacim ve Sertlik değerleri 62
Tablo 4.13 Hazırlanan ekmeklerin kabuk ve iç renk ölçüm değerleri 67

ÖZET

Keçiboynuzu Unu İlavesinin Ekşi Hamur Fermantasyonuna Etkisi

Senem Karlıdağ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Keçiboynuzu unu çeşitli biyoaktif bileşiklere sahip, yüksek oranda lif, protein, vitamin ve mineral ihtiva eden bir ürün olmasından dolayı, son yıllarda fırıncılık ürünleri formülasyonlarında kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, ekmek hamurunda farklı keçiboynuzu unu (*KBU*) oranlarının (%0, %2, %4, %6, %8 ve %12) ticari mayalı ekmeğin (T), ekşi hamur ekmeğinin (E) ve ekşi hamurlu ekmeğin (ET) kalitesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca, farklı *KBU* oranlarının buğday ununun reolojik özellikleri üzerine etkisi de tespit edilmiştir. *KBU* ilavesine bağlı farinograf su absorbsiyonu değeri ve gelişme süresi istatistiksel olarak kontrole göre (%0 *KBU*) önemli ölçüde artmıştır ($P<0,05$). Buğday ununa *KBU* ilavesi stabilite değerini de önemli ölçüde artırmış ($P<0,05$) ve en yüksek stabilite değeri %12 *KBU* (11,10 dk) içeren karışımda görülmüştür. Artan *KBU* miktarı, örneklerin enerji ve uzayabilirlik değerlerini kontrole göre azaltmış ve uzamaya karşı direnç ve oran numarasını artırmıştır ($P<0,05$). Hazırlanan ekşi hamurlar bir hafta boyunca yenileme işlemine tabi tutulmuştur. Ekşi hamur pH değerlerinin 3,53±0,01 ile 3,86±0,01 arasında değiştiği tespit

edilmiştir. Ekşi hamurda artan *KBU* miktarı maya sayısını azaltmış (P<0,05), laktik asit bakteri sayısını ise etkilememiştir (P>0,05). Ekmek hamurunda *KBU* miktarı artıkça ekmek hacmi azalmış ve ekmek içi sertlik değeri (N) artmıştır (P<0,05). *KBU* ikamesi arttıkça ekmek içi renk değerlerinden, L* değerinin azaldığı a* değerinin ise artığı tespit edilmiştir (P<0,05). Düşük oranda *KBU* (%2-%6) kullanımı, ekmeklerin duyusal özelliklerini olumsuz etkilememiştir. *KBU*'nun ekşi hamur fermantasyonu yoluyla ekmek üretiminde kullanımı, ekşi hamurlu ekmeklerin kalite özelliklerini aynı oranda *KBU* içeren ticari mayalı ekmeklere göre artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekşi hamur fermantasyonu, ekmek, keçiboynuzu unu, hamur reolojisi, tekstürel ve duyusal özellikler

ABSTRACT

Effect of Carob Flour Addition on Sourdough Fermentation

Senem Karlidag

Department of Food Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assist.Prof. Dr. Gorkem OZULKU

Carob flour (CF) has been used in bakery products formulations in recent years since containing various bioactive compounds, high percentage of fiber, protein, vitamins and minerals. This study investigates the effect of CF substitution with the level of 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 12% on bread with commercial bakery yeast (T), bread with sourdough (ET) and sourdough bread (E). This study also investigates the rheological behaviour of the flours containing different amounts of CF. Water absorpsion capacity and dough development time increased significantly with the increase of CF ($P<0.05$). CF addition to wheat flour also increased the stability value and the composite flour containing 12% CF had the highest stability value (11.10 min) in all ($P<0.05$). Energy and extensibility value of the samples decreased according to control sample. Resistance to extension and ratio number of the samples increased with the increase of CF addition ($P<0.05$). Refreshment procedure was performed to the sourdough during one week. The pH of the sourdough ranged from 3.53±0.01 to 3.86±0.01. Yeast number of sourdough decreased with the increase of CF addition to sourdough ($P<0.05$) and no significant differences were observed among sourdoughs in terms of lactic acid

bacteria count (P>0.05). With the increase level of CF in bread dough, spesific volume of the breads decreased and the hardness value increased (P<0.05). As for the color characteristics of the breads, L* (lightness) decreased and a* (redness) increased (P<0.05) in crumb. No adverse effect was observed in sensory properties at the low level of CF usage. Usage of CF via sourdough fermentation increased the quality properties of bread with sourdough as compared to the commercial bakery yeast bread with containing same level CF.

Keywords: Sourdough fermentation, bread, carob flour, dough rheology, textural and sensorial properties.

1

Giriş

1.1 Literatür Özeti

Ekmek yapımı, insanlığın kullandığı en eski gıda işleme tekniklerinden biridir. Antik Babil, Mısır, Yunan ve Roma medeniyetleri ekmeği günlük diyetlerinin bir parçası olarak tüketmeğe milattan çok uzun yıllar önce başlamıştır. Ekmek, kültürel alışkanlıklara bağlı olarak Dünya'da çok farklı çeşitlerde ve büyük miktarlarda üretilmektedir. Tüm bu çeşitliliğe rağmen ekmek yapımının ortak amacı tahıl unlarını, lezzetli ve sindirilebilir bir gıda haline getirmektir. Buğday ekmeklerinin başlıca karakteristikleri; yüksek hacim, yumuşak ve elastik ekmek içi yapısı, iyi bir raf ömrü ve ürünün mikrobiyolojik olarak güvenli olmasıdır (R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Türk Gıda Kodeksi ekmek ve ekmek çeşitleri tebliğinde ekmek: "Buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürün" olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2014).

Teknolojik gelişmeler ve biyoteknolojide görülen atılımlar tarım ve sanayii ilişkisini son derece etkilemiştir. Tarım ve sanayi ilişkisinin belirleyici ve ortak noktası gıda sanayidir. Türkiye tarımının gıda ve diğer tarıma dayalı sanayilere hammadde sağlama bağlamında çok büyük potansiyeli bulunmaktadır. Tarım ürünlerinin katma değerinin arttırılması ve arz esnekliği kazandırılması, bu sayede pazarlama imkânlarının genişletilmesi gibi birçok kazanım sağlaması nedeniyle gıda sanayi ve teknolojisinin gelişimi Türkiye ekonomisinin iktisadi kalkınmasında önem taşıyan noktalardan biridir (Aktaş ve Yurdakul, 2001).

Fermente edilmiş tahıl ürünleri, beslenmede önemli bir rol oynamaktadır ve gıda fermantasyonları arasında en büyük üretim hacmine ulaşmıştır (Brandt, 2014). En eski biyoteknolojik proseslerden biri olan ekşi hamur, un ve su karışımının laktik

asit bakterileri (LAB) tarafından fermantasyonu ile hazırlanır (Gobbetti vd., 2008). Özellikle heterofermantatif suşların oluşturduğu laktik asit ve asetik asit karışımı ile son ürün hoş bir ekşi tat sunmaktadır (R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Ekşi hamur, ekmek üretiminde istenilen teknolojik, besleyici ve organoleptik özelliklerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (De Vuyst ve Neysens, 2005).

Son yıllarda, tüketiciler gıdaların günlük enerji ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra giderek artan bir şekilde sağlık ve iyilik hallerini destekleyici olmasını talep etmektedirler (Zeeb, Fische ve Weiss, 2014). Modern tüketiciler, minimal işlenmiş ve yüksek kaliteli, az veya hiç katkı maddesi kullanılmamış gıdaları tercih etmeye başlamıştır (Linko, Javanainen ve Linko, 1997). Bu bağlamda ekşi hamur, ekmek mayası (*S. cerevisiae*) gibi diğer mayalama ajanlarıyla karşılaştırıldığında tekstür, aroma ve besleyici özellikleri geliştirici yönleri ile ön plana çıkmaktadır (Gobbetti vd., 2008). Ekşi hamur fermantasyonu, ekmekçiliğe özgü bazı problemlerin çözümünde (rop hastalığı), ekmeğin bayatlamasını geciktirerek mikrobiyal bozunmalara karşı koruyucu etki göstererek raf ömrünün uzatılmasında etkili bir çözüm olmuştur (Corsetti vd., 2000).

Ekşi hamur ekmeğinin besleyici içeriğini zenginleştirmek ve tüketicinin ilgisini çekebilecek yeni fonksiyonel ürün geliştirilmesi fikriyle yola çıkıldığında keçiboynuzu meyvesi büyük bir potansiyele sahiptir. Keçiboynuzuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde (ağacı, yaprağı, meyvesi, çiçeği, gövde kabuğu, tohumu ve kökünün) tüm kısımlarının başta insan ve hayvan beslenmesi, gıda endüstrisi, sağlık ve arıcılık olmak üzere birçok alanda kullanıldığı dikkat çekmektedir. Türkiye'de Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yetiştirilmekte olan keçiboynuzu meyvesi ve bu meyveden üretilen keçiboynuzu ununun (*KBU*) yüksek düzeyde lif, karbonhidrat, protein, kalsiyum, sodyum, potasyum ve demir mineralleri ve düşük düzeyde yağ içerdiği bilinmektedir. Keçiboynuzu rafine edilmemiş şeker, mineral ve fenolik bileşiklerin aynı anda alınması için uygun bir seçenektir. Ayrıca kolesterolün düşürülmesi, ishalin önlenmesi, osteoporoz, antideprasan, deri hastalıkları ve kanser tedavilerinde etkin şekilde kullanılmaktadır. Bu meyveyi tüketmenin temel fikri, doğal bir kaynaktan enerji almaktır. Dünyada bazı

beslenme kaynaklı hastalıklarda artış görülmektedir. Bunu önlemek için beslenme alışkanlıkları rafine edilmemiş enerji kaynaklarını içermelidir.

1.2 Tezin Amacı

Ekmek en temel gıda maddelerinden biridir. Dünya'da ve ülkemizde yüksek miktarlarda tüketilmektedir. Halkın ve özellikle düşük gelir grubuna sahip kesimlerin ana besin ve enerji kaynağı olan bu ürünün fonksiyonel olarak geliştirilmesi şüphesiz ki halk sağlığı sorunlarıyla mücadelede destek sağlayacaktır.

Bununla beraber ülkemizde ekmek israfı büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Raf ömrünün uzaması ve bayatlamanın geciktirilmesi için katkı maddeleri geliştirilmiştir. Ancak günümüz tüketim trendleri doğal ve minimal üretim felsefesiyle üretilmiş ürünlere doğru kaymaktadır. Tüm bu gelişmeler sonucunda sorunlara çözüm olarak doğal ve katkısız olarak nitelenen ekşi hamurun çözüm olabileceği öne sürülmüş ve bunun sonucunda da ekşi hamur üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır. Literatür araştırmalarımızda, *KBU*'nun daha çok glutensiz fırıncılık ürünlerinde kullanıldığı görülmüş, ekşi hamur fermantasyonuna etkisi üzerine bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Çalışmanın amacı; yüksek miktarda lif ve şeker içeren doğal ve sağlıklı bir katkı olan *KBU*'nun ekşi hamur fermantasyonuna ve ekşi hamur ekmeğinin fizikokimyasal, reolojik, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

1.3 Hipotez

KBU; kek, bisküvi ve ekmek gibi fırıncılık ürünlerinde sağlıklı ve fonksiyonel özellikli ürünler elde edilmesine imkan sağlayan gıda sanayisinde katkı olarak geniş kullanım alanına (şekerlemelerde, içeceklerde, atıştırmalık barlarda, dondurmalarda) sahip olan; yüksek miktarda kompleks karbonhidratlara, diyet lif miktarına, fenolik bileşenlere, düşük yağ içeriğine sahip kendine has tadı olan doğal bir ürün olması sebebiyle çalışmamızda kullanılmıştır.

KBU miktarının ekmek hamurunda ekşi hamur fermantasyonu yolu ile ekmek kalitesinde herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadan kullanılması bu çalışmanın hipotezini oluşturmaktadır.

2

Literatür Taraması

2.1 Ekşi Hamur

Ekşi hamur bir ara üründür ve metabolik olarak aktif maya ve LAB'ni içermektedir. Geleneksel ekşi hamur, doğal kontaminasyon yoluyla veya starter kültür olarak ilave edilen LAB türlerini içerir (De Vuyst ve Neysens, 2005).

Avrupa 'da yıllık tüketimi toplamda 3 milyon tondan fazla olan ve kişi başına 50-85 kg olan unlu mamüllerin %20'sini ekşi hamur ürünlerinin oluşturduğu belirtilmiştir (Vogel vd., 2011). Finlandiya pazarındaki ekmeklerin %40'ının ekşi hamur ekmeği ve bunların çoğununda çavdardan üretildiği bildirilmiştir (Linko vd., 1997).

Ekmek, birçok farklı şekilde üretilen ve insan beslenmesinin en temel gıdalarından biridir. Geleneksel olarak ekmek üretimi, buğdaydan elde edilen una dayanmaktadır. Diğer birçok tahıl ve hatta baklagil tanesi öğütülerek un elde edilebilmektedir. Fakat buğday ve birkaç tahıl (çavdar, kavılca, siyez, mısır vb.) dışında hiç birinin proteinleri un ve suyu viskoelastik yapıya dönüştürebilecek yeteneğe sahip değildir (Cauvain, 2015:1-22). Çavdar ekşi hamurları, çavdar yetiştirilen Kuzey, Doğu ve Orta Avrupa ülkelerinde yaygındır. Buğday ekmeklerinde ekşi hamur kullanımı bir tercih iken çavdar ekmeklerinde ekşi hamur kullanımı bir gerekliliktir (Hansen ve Schieberle, 2005). Ekmek eldesinde ekşi hamur fermantasyonu kullanılan una bağlı olarak farklılaşmaktadır. Buğday ekmeklerinde iç yapı gliadin ve glutenin proteinlerinden oluşan matrikse bağlıyken, çavdar ekmeklerinde nişasta matriksine bağlıdır (Kulp ve Lorenz, 2003).

2.1.1 Tarihsel Gelişimi

Ekmek neredeyse tüm medeniyetlerde antik zamanlardan beri var olmuş temel gıda maddesidir. Kültürel ve coğrafik kimliklere göre farklıklaşmış ve bu kimliklere katkı sağlamıştır (De Vuyst ve Neysens, 2005). Tüm ekmek çeşitlerinin ham

maddesi tahıl unları ve su olmasına rağmen, Doğu ve Batı Avrupa ülkelerinde tarifler, coğrafi orijin ve fırıncılık tecrübelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu durum üretilen ekmeklerin aromalarında kayda değer derecedeki farklılığın asıl sebebi olarak gösterilmektedir (Hansen ve Schieberle, 2005).

Ekşi hamur fermantasyonu insanoğlu tarafından bilenen en eski tahıl fermantasyonlarından biridir (Decock ve Capelle, 2005). Ekşi hamur, ekmeğin hacim kazanmasında gerekli görüldüğü için antik zamanlardan beri kullanılmaktadır. Geleneksel olarak ekşi hamur, ekmek hamuru yapmak için karıştırılan un, tuz ve su karışımının küçük bir parçasının pişirme işleminden önce ayrılması ile günümüze kadar gelmiştir. Bu hamur parçası muhafaza edilirken, LAB'nin metabolik aktivasyonu sonucu laktik asit fermantasyonu gerçekleşir. Buna ek olarak undaki mayaların ortama adaptasyonu ve çoğalması gerçekleşir. LAB ve mayaların karbon dioksit üretme yeteneği sayesinde ise hamur hacim kazanır. Mısır'da bir arkeolojik kazıda bulunmuş olan, M.Ö. 5000 yıllarından kalma mayalanmış ve asitlenmiş hamur kalıntıları bilinen en eski örnektir. Ancak bu şekilde mayalanmış ekşi hamur ekmeği üretiminin Mısır'da M.Ö. 3000 yılına kadar dayandığı bilinmektedir. İbraniler Mısır'da iken ekşi hamur ekmeği yapmayı keşfetmişlerdir. Antik Yunanlıların geleneksel ekşi hamur ekmeği yapımını bilmedikleri düşünülmektedir. Yunan tarihçi Herodot'un: "Diğer bütün insanlar yiyeceklerinin bozulmasından korkarken, Mısırlılar hamurlarını bozulana kadar bekletiyorlar ve oluşan değişimi memnuniyetle gözlemliyorlardı." diyerek durumu açıklaması bu ihtimali kuvvetlendirmektedir. Romalı bilim tarihçisi Büyük Plinty'e göre ise mayalanmış ekmek yapım sanatı Roma'da M.Ö 168'de başlamıştır ve Roma İmparatorluğunun Avrupa'daki diğer topraklarına yayılmıştır (Hansen ve Schieberle, 2005).

Hollandalı Antoine Van Leeuwenhoe'un mikroskobu keşfiyle mayalarla ilgili çalışmalar başlamış, sonrasında araştırmacılar tarafından birada bulunan organizmaların tomurcuklanarak üreyen ve alkol üretimine yardımcı olan canlılar olduğu tespit edilmiştir. Pasteur 1837'de mayalanmaya canlı organizmaların sebep olduğu ve bu dönüşümden sorumlu ajanların maya hücrelerinde bulunduğunu ispatlamıştır. Sonrasında mayanın heterofermentatif olduğu, oksijen varlığında

çoğalabildiği, oksijensiz ortamda ise mayalanmayı sağladığını kanıtlamıştır (Trivedi vd.,1989). 18. yüzyıla kadar bira üretiminden arta kalan üst fermantasyon mayası olan *Saccharomyces cerevisiae*'nın fırıncılıkta kullanımı zor değilken, 19. yüzyıl başlarında bira üreticileri tarafından alt fermantasyon ürünlerinin kullanılmaya başlanmasıyla başka bir maya türü olan *Saccharomyces carlsbergensis* ile imkansız hale gelmiştir (Ünlütürk ve Akbulut 1984). Böylece, 1780'de Hollandalı damıtıcılar tarafından piyasaya ekmek yapımı için özel olarak tasarlanmış bir maya sürülmüş, mayanın üretim işlemine Hollanda prosesi ismi verilmiştir. Bu proses Hollanda'dan 1800'lerde Hannover'de, Lücke'de bir fabrika kurulmasıyla Almanya'ya geçmiştir. Krema şeklinde satılan maya 1825'te maya üreticisi olan Tebbenhof tarafından ilk defa sıkıştırılmış maya olarak üretilmiştir (Caplice ve Fitzgerald, 1999). Endüstriyel devrimin getirdiği kentleşmenin sonucunda, 19. yy. başlarında ekmek üretiminde temel amacın daha hacimli ekmekler üretmek olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzyılda ayrıca, mikrobiyoloji biliminin temelleri atılmış ve böylece bakteri, maya ve küflerin fermente gıdaların oluşumunda rol oynadıkları anlaşılmıştır (Caplice ve Fitzgerald, 1999; Decock ve Capelle, 2005). İlk maya fabrikasının 1847 yılında Viyana'da kurulduğu bilinmektedir. 1867 yılında Viyana Lücke'de başlayan Reiminghaus, Mautner fabrikasında, uygun fiyatlı iyi kalitede endüstriyel maya üretimine imkan sağlayan bir proses geliştirilmiştir (Reed ve Nogodawithana, 1991).

1840 yılında Fransa'da bir Avusturyalı fırıncı ekmek yapım sürecinde sadece mayanın kullanıldığı bir teknik geliştirmiştir. Bu teknik "poolish" olarak adlandırılmıştır. Bu teknikle elde edilen ekmeğe ise "pain viennois" denilmiştir. 19.yy ortalarından itibaren ekşi hamur ekmeği üretim süreci hızlandırılmaya çalışılmış ve aşamalı olarak yerini daha kısa süreçli işlemlere bırakmıştır. 1872'de Fransa'da Fould-Springer tarafından kurulan tahıl fermantasyonları için maya üreten ilk fabrikayla birlikte ekmek yapımını kolaylaştıran sadece mayaya dayalı yöntem gelişme gösterirken, ekşi hamur tekniğinin kullanımı zamanla azalmıştır (Gobetti ve Gänzle, 2012; Brandt, 2007).

Fermantasyon sürecini kısaltmak, daha stabil ve etkili bir hal almasını sağlamak için ticari starter kültür üretim çalışmaları yapılmıştır. Ekşi hamur üretimi için ilk ticari starter preparatları İskoçya ve İrlanda'da "Parisian Barm" adıyla satılmıştır.

1892 yılında Boutroux tarafından yayımlanmış makalede belirtilene göre bu ilk starter sütümsü bir sıvı şeklindeydi ve mayalanma için gerekli bakteri ve mayaları içermekteydi. Almanya'da "Reinzucht" ticari starter kültürleri ise 1910'da piyasaya çıkmıştır (Brandt, 2014). Son yıllarda aktif starter kültür içeren sıvı ekşi hamur ve kurutulmuş toz halinde ekşi hamur sistemleri geliştirilmiştir (Carnevali vd., 2007; Brandt 2007). Tablo 2.1'de günümüzde ekşi hamur için kullanılan tek veya karışık suşlar içeren kültürler toplanmıştır. Tipik bir ekşi hamur ticari starter kültürü gramında 10^{10} mikrobiyal hücre içermektedir (Linko vd., 1997).

Tablo 2.1 Ticari starter preparatlarında kullanılan mayalar ve laktik asit bakterileri (Brandt, 2014).

	Laktik Asit Bakterileri	Mayalar
Donuk/ Dondurularak Kurutulmuş/ Püskürtmeli Kurutulmuş Preparatlar	*Lactobacillus casei, L.plantarum, L.sanfranciscensis, L.brevis, L.delbrueckii, L.fermentum, Pediococcus pentosaceus, P.acidilactici*	*Saccharomyces cerevisiae, S.cerevisiae, S.chevalieri, Torulaspora delbrueckii*
Tahıl-bazlı Preparatlar	*L.sanfranciscensis, L.pontis, L.crispotus, L.brevis,L.casei, L.plantarum, L.fermentum, L.paracasei, L.helveticus, L.paralimentarius, Leuconostoc lactis*	*Candida milleri, S.cerevisiae, S.pastorionus*

2.1.2 Ekşi Hamur Mikrobiyotası

Ekşi hamur, mikrobiyojik kompozisyonları ve ekmek yapım süreçlerinde içindekiler ile etkileşimleri açısından oldukça karmaşık biyolojik sistemlerdir (Gobetti, 1998). Ekşi hamurun karakteristik özelliklerini içerdiği LAB ve maya kompozisyonu ile beraber üretim koşulları (sıcaklık, süre) ve kullanılan un çeşidi belirlemektedir. Mikrobiyal yükü nedeniyle ekşi hamur metabolik olarak aktiftir (R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Başlıca metabolik aktiviteleri asidifikasyon (LAB tarafından), aroma oluşumu (LAB ve maya tarafından) ve CO_2 üretimidir (maya ve LAB tarafından). Fermantasyon sonucunda hamur, düşük pH'a (yaklaşık 4.0) ve ekmek yapımında arzu edilen yapı ve lezzete sahip olur (De Vuyst vd., 2009).

Ekşi hamurlarda *Lactobacillus sanfranciscensis, L. plantarum* ve *L. brevis* en sık izole edilen *Lactobasil*lerdir. Ekşi hamurda birden fazla çeşit maya türü bulunmuştur; en sıklıkla bulunan veya kullanılan ise *Saccharomyces cerevisiae* 'dır. Ekşi hamurlarda bulunan LAB: maya oranı ise genellikle 100:1'dir (Gobetti, 1998).

Spontan hamur fermantasyonu; un ve suyun karıştırılmasıyla, bir starter kültür veya eski bir ekşi hamur kısmı olmadan başlatılır. Bu tip hamurların mikroflorası kullanılan hammaddenin mikroflorasına, geçerli olan hijyen koşullarına, unun türü, unun menşei ve depolama koşullarına göre değişkendir. İşlenmemiş tahılların mikroflorası bakteri, maya ve mantarlardan (10^4-10^7 kob/g) oluşurken un $2x10^4$-$2x10^6$ kob/g mikrobiyal yük içermektedir (De Vuyst ve Neysens, 2005). Örneğin tam taneli tahıllar ve %100 randımanlı bir çavdar unu 10^4-10^6 kob/g toplam bakteri içerirken; bu yükün 10^2-10^3 kob/g kadarını *Lactobacillus* cinsi oluşturur (Katina, 2005).

Kendiliğinden fermente olmuş ekşi hamurlarda esas olarak bulunan mikroorganizmalar (mo.), mezofilik bakterilerdir. Gram negatif aerob (örneğin *Pseudomonas*) ve fakültatif anaeroblar (*Enterobacteriacae*) ve ayrıca Gram pozitif heterofermantatif çubuk şekilli LAB (*L. casei, L. coryniformis, L. curvatus, L. platarum ve L. salivarius*) ve homofermantatif çubuk şekilli LAB (*L. brevis, L. fermentum*), homofermantatif koklar (*E. faecalis, L. lactis, Pediococcus acidilactici, P. purvalus* ve *P. pentosaceus*) ve heterofermantatif koklar (*Leuconostoc* ve *Weissella*) içerir (De Vuyst ve Neysens, 2005). Spontan fermente olmuş hamurun baskın mo.'ları homofermantatif *laktobasiller* ve hem buğday hem çavdar ekşi

hamurlarında $3x10^8$-$3x10^9$ kob/g seviyesinde bulunan *pedioccoci* (*P. acidilactici, P. pentosaceus*) türleridir. Spontan ekşi hamurda tipik homofermantatif LAB'lar *L. casei, L. delbrueckii, L. farciminis, L. plantarum*, ve *Pc. pentosaceus* 'tur. *Leuconostoc* ve *Weissella* fermantasyonun ilk aşamalarında rol alabileceği ve işbirliği yaparak *lactobasillerin* gelişimlerinde etkili olabileceği belirtilmiştir (De Vuyst ve Neysens, 2005).

Tip I ekşi hamurların baskın LAB *Lactobacillus sanfranciscensis* ve *L. pontis* iken ekmek mayasının eklendiği Tip II ekşi hamurlarda dominant olan LAB, *L. panis, L. pontis, L. reuteri, L. johnsonii, L. sanfranciscensis, L. fermentum, L. delbrueckii, L. acidophilus, L. brevis, L. amylovorus,* ve *L. frumenti* olarak belirtilmiştir (De Vuyst vd., 2002).

Okada vd. (1992) San Francisco ekşi hamurunda *Lactobacillus Sanfranciscensis, L. reuteri* ve *L. curvatus*'u, İtalya 'da üretilen Panettone ekşi hamurunda *L. brevis* ve *L. hilgardii*'yi, Almanya'da üretilmiş çavdar ekşi hamurunda *L. sanfrancisco*'yu ve İsviçre'de çavdar ekmeği ekşi hamurda ise *L. casei* ve *L. curvatus*'u dominant türler olarak tanımlamışlardır. Corsetti vd. (2001), Güney İtalya bölgesinden 25 farklı ekşi hamur numunesinin bakteriyel kompozisyonunu incelemiştir. Sonuçlarına göre tüm izolatların bakteri kompozisyonu; %30'u *L. sanfranciscensis*, %20 *L. alimentarius*, %14 *L. brevis*, %12 *Leuconostoc citreum*, %6 *Lactococcus lactis sp. lactis*, %4 *L. fermentum*, ve %2 *L. acidophilus* ve %1 *Weissella confusa* ve *L. delbrueckii sp. delbureckii* olarak bulunmuştur. Randazzo vd. (2005) Sicilya'nın farklı bölgelerinden elde edilmiş 45 adet geleneksel ekşi hamur örneğinin bakteriyel kompozisyonunu incelemiştir. Bulgularına göre en sık rastlanan türlerin sırasıyla *L. sanfranciscensis* (17 izolat), 14 adet *L. pentosus*, 5 *L. plantarum*, dört adet *L. kimchii* ve *L. alimentarius* ve 3 adet *L. casei* olduğunu tespit etmişlerdir.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise; Ankara, Bursa ve Trabzon'dan alınan 20 farklı ekşi hamur örneğinden *Lactobacillus* suşları tanımlanmıştır. İzole edilen bakterilerin 150 adedi *Lactobacillus* türü ya da alt türü olarak tanımlanmıştır. Türkiye'nin üç farklı kentinde üretilen ekşi hamurlarda en fazla rastlanılan (dominant) türlerin *L. alimentarius* (31 adet), *L. plantarum* (21 adet), en az rastlanılanların ise *L. amylovorus* ve *L. agilis* (1'er adet) olduğu tespit edilmiştir (Menteş, Akçelik ve Ercan, 2004). Gül vd. (2005) tarafından Isparta ilinden

toplanmış 14 örneğin mikrobiyotası incelenmiş ve rastlanma sıklığına göre türler; *Carnobacterium divergens* (%6,1), *Lactobacillus brevis* (%15,1), *Lactobacillus amylophilus* (%6,1), *Lactobacillus sake* (%6,1), *Lactobacillus acetotolerans* (%6,1), *Lactobacillus plantarum* (%3), *Pediococcus pentosaceus* (%6,1) ve *P. acidilactici* (%6,1), *Tetragenococcushalophilus* (%3) şeklinde belirlenmiştir. Yağmur (2013), Türkiye'nin farklı şehirlerinden (Trabzon, Ankara, Kütahya, Isparta ve Adana) temin edilen ekşi hamurlardaki LAB'lerini tanımlamış ve izole ettiği 168 adet LAB'nin %20,8'i *Leuconostoc mesenteroides*, %12,5'i *P. pentosaceus*, %11,9'u *L. sanfranciscensis*, %11,9'u *L. plantarum* %7,0'si *L. namurensis*, %6,5'i *L. rossiae*, %6,0'sı *L. casei* ve %5,4'ü *L. zymae* baskın tür olarak bildirmiştir.

2.1.3 Laktik Asit Bakterileri

LAB'i genellikle mezofiliktir (20°C-45°C), fakat 5°C kadar düşük veya 45°C kadar yüksek sıcaklıklarda da gelişebilirler. Benzer şekilde suşlarının çoğunluğu pH 4,0-4,5'te gelişirken; bazıları pH 9,6, bazıları da pH 3,2'de gelişebilmektedir. Suşlar genellikle zayıf proteolitik ve lipolitik aktivite gösterir ve gelişimleri için önce oluşmuş amino asit, B vitamini, pürin ve pirimidin bazları gereklidir. Tüm LAB'i altı karbonlu basit şekerler olan heksozlardan laktik asit üretirler (Caplice ve Fitzgerald, 1999). LAB'i, 20. yy. sonundan itibaren çok sayıda önemli araştırma ve geliştirme çalışmalarına konu olmuştur. LAB'nden, fermantasyon, biyoproses, tarım, gıda ve tıp alanında yararlanılmaktadır (Klaenhammer vd., 2002).

Mo.'ların, LAB'i olarak tek bir grup altında toplanması fikrinin 19. yüzyılın ikinci yarısı boyunca geliştiren öncü bilimsel ve teknik çalışmaların ardından, aslında 20. yy. başlarına dayanmaktadır. LAB'in gıdalar üzerindeki etkisini araştıran ilk çalışmalar 1857 yılında Pasteur'ün laktik asit fermantasyonu ile ilgili yaptığı önemli katkılarla sonuçlanmıştır. Bunu takiben 1873 yılında Joseph Lister tarafından ilk saf bakteri kültürü izolasyonu, "*Bacterium lactis*" gerçekleştirilmiştir. 1890 yılında Kopenhag 'da ekşimiş süt ürünleri ve peynir üretimi için ilk starter kültür kullanımı Weigrnann tarafından tanıtılmıştır. Bir grup olarak LAB'nin ilk tanımı fermantasyon yapabilme yeteneğine sahip mo.'lardı. Ancak bu tanımlamaya sütte bulunabilen koliform bakterilerde girmekteydi. 1901 yılında Beijerinck, gram pozitif bakteriler olan LAB'ni koliformlardan ayırt edebilmiştir. Bundan sonra çeşitli gıda fermantasyonlarında *laktobasillerin* varlığı tespit edilebilmiştir. Orla-

Jensen (1919)'a göre gerçek bir LAB'si, gram-pozitif, hareketsiz, spor oluşturmayan, çubuk (rod) veya yuvarlak (coccus) şekilli, karbonhidratları fermente ederek alkolden daha fazla laktik asit üretmelidir. Tablo 2.2'de gösterildiği gibi bu tanımlamaya uyan 7 cinsi LAB olarak göstermiş ve LAB'nin bu şekilde sınıflandırmasını önermiştir (Holzapfel ve Wood, 2014).

Tablo 2.2 Orla-Jensen (1919)'a göre laktik asit bakterilerinin sınıflandırılması ve geçerli taksonomik sınıflandırma (Holzapfel ve Wood, 2014).

Cins	**Şekil**	**Katalaz**	**Fermantasyon**	**Geçerli Cinsler**
Betabacterium	Rod		Hetero-	*Lactobacillus* *Weisella*
Thermobacterium	Rod		Homo-	*Lactobacillus*
Streptobacterium	Rod		Homo-	*Lactobacillus* *Carnobacterium*
Streptococcus	Coccus		Homo-	*Streptococcus* *Enterococcus* *Lactococcus* *Vagococcus*
Betacoccus	Coccus		Hetero-	*Leuconostoc* *Oenococcus*
Microbacterium	Rod	+	Homo-	*Brochothrix*
Tetracoccus	Coccus	+	Homo-	*Tetragenococcus*

LAB grubunun sınırları tartışmalı olsa da tarihsel olarak grubun çekirdeğini oluşturan türler; *Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus* ve *Streptoccus*'tur. Taksonomik revizyonlar ve yeni tür tanımlamalarıyla LAB yaklaşık 20 türden oluşmaktadır. Gıda teknolojisi açısından pratikte kullanılan türler ise: *Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus,*

Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus ve *Weissella*'dır. *Bifidobacterium* cinsi sahip olduğu ortak özellikler ile genel olarak LAB grubu içerisinde nitelendirilirmesine rağmen eşsiz fermantasyon yoluna sahiptir ve filogenetik olarak LAB grubuyla bağlantısızdır. LAB kendi içinde sınıflandırılması morfolojisine, glukozu fermente şekline, gelişme sıcaklıklarına, alkali veya asidik toleransına, yüksek tuz konsantrasyonlarında gelişebilme yeteneğine ve ürettikleri laktik asidin konfigürasyonuna dayandırılmaktadır. Kemotaksonomik sınıflandırmada ise hücre duvarının bileşenleri ve yağ asidi kompozisyonu kullanılabilmektedir. Günümüz taksonomik çalışmaları ise kapsamlı çalışmalar sonucu elde edilen rRNA sekanslamalarıyla tanımlanan filogenetik ilişkilere dayanmaktadır (Axelsson, 2004).

Bakteri ve mayaların işbirliği halinde olması fermente içecek ve gıda üretiminde sık karşılaşılan veya kullanılan bir durumdur (Gobetti, 1998). Maya ve LAB'lerinin birlikte ve kararlı bulunma durumunun en iyi bilinen örneklerinden biri San Fransisco ekşi hamurunda bulunan *Candida milleri* ve *L. sanfranciscensis* arasındadır. Bu iki mo. arasındaki etkileşim; *L. sanfranciscensis*'in esas olarak maltozu fermente etmesi ve glikozu, maltozu kullanamayan maya için kullanılabilir halde ortamda bırakmasıdır. Ayrıca ekşi hamurun LAB'lerinin aktivasyonu sonucu sahip olduğu düşük pH *Candida milleri*'nin gelişimi üzerinde etkilidir (Katina, 2005).

LAB gelişimiyle beraber asidifikasyon ve enzimatik prosesleriyle fermente gıdalara aroma oluşumu, tekstür gelişimi ve ürün niteliklerinin korunması gibi kilit özellikler kazandırır. Endüstriyel uygulamalarda en sık kullanılan faydalı ve patojen olmayan cinsler; *Lactococcus* (süt), *Lactobacillus* (süt, et, sebze, tahıl), *Leuconostoc* (sebze ve süt), *Pediococcus* (sebze ve meyve), *Oenococcus* oeni (şarap) ve *Streptococcus thermophilus* (süt)'dur. Diğer laktik asit türlerinden özellikle *laktobasiller* insan ve hayvan gastrointestinal sistemindeki patojenleri baskılayarak sağladığı probiyotik faydalarıyla iyilik halinin korunmasını desteklemektedirler. Son zamanlardaysa endüstriyel kimyasal ve biyolojik materyallerin üretiminde kullanılmaktadırlar; biyopolimer üretimi (*Leuconostoc spp.*), enzim üretimi (*L. brevis*) etanol ve laktik asit (*L. casei, L. lactis, L. delbrueckii, L. brevis*) üretimleri bunlardan bazılarıdır (Klaenhammer vd., 2002).

Tablo 2.3 Lactobacillus cinsinin gruplandırılması (Axelsson, 2004).

Nitelik	Grup I, Zorunlu homo fermentatif	Grup II, Fakültatif hetero fermentatif	Grup III, Zorunlu hetero fermentatif
Pentoz fermantasyonu	-	+	-
Glukozdan CO_2 üretimi	-	-	+
Glukonattan CO_2 üretimi	-	+	+
FDP aldolase oluşumu	+	+	-
Fosfoketolaz oluşumu	-	+	+

LAB'leri, heksozu metabolize ediş yollarına göre homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılırlar. *Pediococcus*, *Streptococus*, *Lactococcus* ve bazı *laktobasiller* gibi homofermantatifler glikoz fermantasyonu sonucu sadece veya baskın olarak laktik asit üretir. Homofermantatifler Embden-Meyerhof-Parnas yolunu kullanarak her bir glikoz molekülüne karşılık laktik asit üretirler ve heterofermantatiflere göre her bir glikoz molekülünden iki kat enerji elde ederler. *Weisella* ve *Leuconostoc* ve bazı l*actobasiller* gibi heterofermantatifler ise heksoz monofosfat veya pentoz yolu ile aynı miktarlarda laktik asit, CO_2 ve etanol üretirler (Caplice ve Fitzgerald, 1999).

LAB en geniş grubu 50'den fazla farklı türe sahip olan *Lactobacillus* cinsidir (Holzapfel ve Wood, 2014). Tablo 2.4'de ekşi hamurdan izole edilmiş *Lactobacillus* türleri derlenmiştir. Birçok LAB'si fermente gıdaların korunması, tadı ve tekstürüne yaptığı katkılar dolayısıyla endüstriyel veya geleneksel fermente gıda fermantasyonlarında starter kültür olarak kullanılmaktadır (De Vries vd., 2006).

Elde edildiği coğrafyaya bağlı olarak değişmekle birlikte birçok araştırmacı tarafından ekşi hamurların mikroflorasında en sık izole edilen LAB türleri *Lactobacillus sanfranciscensis, L. plantarum* ve *L. brevis* 'tir (Gobbetti ve Corsetti,

1997; Linko vd., 1997; Gobbetti, 1998; Kulp ve Lorenz 2003; Ganzle ve Gobbetti, 2012).

Tablo 2.4 Genellikle ekşi hamur fermantasyonu ile ilgili veya fermente edilmiş ekşi hamurda bulunan Lactobacillus türleri (Corsetti ve Settanni, 2007).

Zorunlu Heterofermentatif	**Fakültatif Heterofermentatif**	**Zorunlu Homofermentatif**
L. acidifarinae	*L. plantarum*	*L. amylovorus*
L. brevis	*L. pentosus*	*L. acidophilus*
L.buchneri	*L. alimentarius*	*L. delbreueckii sp. delbrueckii*
L. fermentum	*L. paralimentarius*	*L. farciminis*
L. frutivorans	*L. casei*	*L. mindensis*
L. frumenti		*L. crispatus*
L. hilgardii		*L. johnsonii*
L. pontis		*L. amylolyticus*
L. rossiae		
L. sanfranciscensis		
L. siliginis		
L. spicheri		
L. zymae		

Üzerinde en çok durulan tür ise *Lactobacillus sanfranciscensis* veya eski adıyla *Lactobacillus sanfrancisco*'dur. Bir obligat heterofermantatif olan *L. sanfranciscensis* adını ilk kez izole edildiği şehirden almıştır ve ilk kez Kline ve Sugihara (1971) tarafından izole edilmiştir. *L. sanfranciscensis* karakteristik olarak DNA'sında %36-38 G+C içeriğine sahiptir. *L. sanfranciscensis* oldukça müşkülpesent olarak nitelendirilmiştir. Gelişimi için taze maya ekstraktları, doymamış yağ asitleri (özellikle oleik asit) gerektiği ve glikozdan ziyade maltozu fermente etmeyi tercih ettiği belirtilmiştir (Gobbetti ve Corsetti, 1997). *L.*

sanfranciscensis'in spesifik amino asit ve peptit kullanımı, belirgin proteolitik aktivitesi ve antimikrobiyal bileşikleri sentezlemesi ile fizyolojik olarak ekşi hamur sistemlerine iyi bir şekilde adapte edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca ekşi hamur mayaları (*S. cerevisiae* ve *S. exiguus*) ile besin yönünden de uyum gösterdiği bildirilmiştir. *L. sanfrancissensis*'in gelişiminin uyarılması, mayalar tarafından salınan spesifik amino asit ve peptitlerin varlığında artmaktadır (Gobbetti ve Corsetti, 1997). *L. sanfranciscensis*'in gelişmesinde etkili stimulant faktör taze maya ekstraktı ve ticari mayada bulunan, karaciğer ve protein hidrolizatlarında yeterince bulunmayan küçük peptitler (Asp-Cys-Glu-Gly-Lys) olduğu bildirilmiştir. *L. sanfranciscensis*'in çözünür karbonhidratların tüketimi ve eneji verimliliğinin mayalar ve şeker çeşitleriyle alakalı olduğu ve büyük ölçüde etkilendiği belirtilmiştir. *L. sanfranciscensis* ve *S. exiguus* arasındaki bu stabilitede maltoz varlığı kritiktir. Heterolaktik metabolizma tarafından üretilen asetik asite yüksek tolerans gösteren *S. exiguus* öncelikle sükroz ve glikozu kullanır. *S. cerevisiae* ise yüksek miktarda maltoz ve özellikle glikoz kullanımı nedeniyle bakteriyel metabolizmayı baskılamaktadır (Gobbetti ve Corsetti, 1997).

Ekşi hamurda sıklıkla izole edilen bir diğer LAB *Lactobacillus brevis*'tir (Gül vd., 2005; De Vuyst, 2002). Çok çeşitli ortamlardan izole edilen mikroaerofilik, zorunlu heterofermantatif LAB'leridir. *L. brevis*'in fermente gıda üretiminde kullanımı yaygınlaşmıştır (Teixeira, 2014). Bir *Lactobacillus* türü olması ve uzun zamanlardan beri fermente gıda üretiminde kullanıldığı için genel olarak güvenilir kabul edilenler (GRAS List) listesindedir. O'Sullivan vd. (1992) ve Collins vd. (1998) tarafından yayımlanan makalelerde probiyotik olarak listelenmiştir (Rönkä vd., 2003).

Yapılan çalışmalarda çavdar ekşi hamurundan Danimarka'da *Lactobacillus reuteri, L. panis, L. amylovorus* (Rosenquist ve Hansen, 2000), Finlandiya'da *L. acidophilus, L. plantarum, L. casei* (Salovaara ve Katunpää, 1984), Rusya'da *L. plantarum, L. brevis, L. fermentum* (Kazanskaya, Afanasyeva ve Patt, 1983) , İsveç'te *Lactobacillus sp., P. pentosaceus* (Lönner vd., 1986), Almanya'da *L. acidophilus, L. casei, L. plantarum, L. farciminis, L. alimentarius, L. brevis, L. buchneri, L. fermentum, L. fructivorans, L. sanfranciscensis, Pediococcus spp.* (Spicher, 1984) ve bir başka

çalışmada RAPD-PCR kullanılarak *L. amylovorus, L. pontis, L. frumenti, L. reuteri* (Müller vd., 2001) tanımlanmıştır.

Buğday unuyla (*BU*) hazırlanan ekşi hamurlarda ise *Almanya'da L. delbrueckii, L. plantarum, L. casei, L. fermentum, L. buchneri, L. brevis* (Spicher, 1959), Panettone ekmeği yapımında kullanılan ekşi hamurdan *L. plantarum, L. casei, L. farciminis, L. homohiochii, L. brevis, L. hilgardii (spontaneous); L. sanfranciscensis, L. brevis, L. hilgardii, W. viridescens (masa madre)* (Spicher, 1987), Yunanistan'da *L. sanfranciscensis, L. brevis, Lactobacillus spp., L. paralimentarius, W. cibaria* (De Vuyst vd., 2002), İspanya'da *L. brevis, L. plantarum L. cellobiosus, Leuc. mesenteroides* (Barber and Báguena, 1988, 1989), Fas'ta spontan ekşi hamurda *L. plantarum, L. brevis, L. buchneri, L. casei, Leuc. mesenteroides, Pediococcus sp.* (Boraam vd., 1993) ve yumuşak *BU*'yla hazırlandığında *L. plantarum, L. delbrueckii, L. buchneri, L. casei, L. sanfranciscensis, Leuc. mesenteroides, P. Pentosaceus* (Faid vd., 1994) suşları tanımlanmıştır.

2.1.4 Maya

Maya Farsça kökenli bir kelimedir ve "kıvam verici" veya fermente edici anlamına gelirken batı dillerinde "hefe" (Alm.), "levure" (Fra.), "yeast" (İng.) ve "gist" olarak adlandırılır, kaldırma veya köpük anlamına gelmektedir. Yani buna göre maya "kabartıcı" veya "köpürtücü" anlamında kullanılmaktadır (Ataman, 2014).

Mayalar ekşi hamurda anaerobik şartlar altında fermente edilebilir şekerleri metabolize ederek CO_2 üretip hamur hacminin artmasını sağlamaktadırlar (R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Ekşi hamurda mayalar, fermantasyon süresinde yan ürün olarak ortama CO_2 ve etil alkol olmak üzere, laktik asit, asetik asit, aminoasit gibi bileşenler bırakarak ekmeğin tat ve aromasını belirlemektedirler (Baykara, 2006; Arıcı vd., 2018). Aynı zamanda oluşan bu bileşenler sayesinde ortamın pH'ı düşmeye, hamurun akışkanlığı azalmaya, arzu edilen tekstür ve hacimde hamur yapısı oluşmaya başlamaktadır (Jespersen, 2003; Yakar, 2010).

Ekşi hamurdaki maya florası bakterilere nazaran daha homojendir. Yaygın olarak ekşi hamur mayasının *Candida milleri* ve/veya bunlara yakın suşlar olabileceği bildirilmiştir. Bununla beraber *Saccharomyces cerevisiae* 'da sıklıkla izole edilmiştir (Giannone vd., 2010). Fırıncılık endüstrisinde kullanılan ve genellikle ekmek mayası (baker's yeast) olarak isimlendirilen mayalama ajanları *S. cerevisiae'* nın

suşlarıdır. Ekmek mayasının yüksek kabartma gücü, şekerlere, dondurma işlemine ve kimyasallara karşı toleranslı, melibiozu kullanım, iyi muhafaza edilebilme ve topaklanmama gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özelliklerin bazıları ekmek yapımı için gerekli değildir fakat yüksek kabartma gücü iyi kalitede ekmek üretmek için gerekli olan en önemli özelliktir (Giannone vd., 2010). *S. cerevisae*'ya alternatif olarak ekmek yapımında *Kluyveromyces marxianus*'un da uygun bir maya olduğu ileri sürülmüştür (Banu ve Aprodu, 2012). Daha önce *Torulopsis holmii* olarak tanımlanan üç suşun, diğer suşlara göre kayda değer ölçüde yüksek guanin-sitozin içeriğine sahip olduğunun bulunmasıyla yeni bir tür olarak (sp. nov), ekşi hamurda bulunan *Candida milleri* tanımlanmıştır (Yarow, 1978).

Spontan ekşi hamur fermantasyonlarında *S. turbidans, S. marchalianus, T. albida, S. exiguus, S. cerevisiae*, *Saturnispora saitoi* ve *Pichia sato* gibi çok çeşitli maya türleri izole edilmiştir (Katina, 2005; De Vuyst ve Neysens, 2005). Ekşi hamurlarda dominant maya olarak genellikle *Candida milleri* olarak belirtilmiştir. San Francisco ekşi hamur ekmeğinde *Saccharomyces exiguus* önemliyken, donmuş hamur ürünleri ve şekerli hamur ürünlerinde *Saccharomyces rosei* ve *Saccharomyces rouxii* baskın mayalardır (Linko vd., 1997).

Hammes ve Gänzle (1998), maya sayısının olgun ekşi hamurda 5,2 ila 7,1 log kob/g arasında olduğunu bildirmiştir. Arıcı vd. (2018) Türk ekşi hamurlarındaki maya özelliklerini tespit etmek amacıyla çeşitli fırınlarından ekşi hamur örnekleri toplamıştır. Bunlardan 4'ü Karadeniz, 6'sı ise Ege bölgesinden temin edilmiştir. Laboratuvar şartlarında spontan olarak *BU* ve tarhana ile iki ekşi hamur üretmişlerdir. 12 örnekte toplam maya sayıları 3,78 ila 6,28 log kob/g arasında; Karadeniz bölgesi için 5,30 ± 1,14 log kob/g, Ege bölgesi için 4,96 ± 0,91 log kob/g ve laboratuvarda üretilen örneklerde 4,78 ± 0,83 log kob/g olarak tespit edilmiştir. 16 Fransız ekşi hamurunda 4,70 ila 7,60 log kob/g, 19 İtalyan ekşi hamurunda ortalama değerin 7,30 log kob/g, buharda pişirilecek ekmeklerde kullanılan 28 Çin ekşi hamurunda 4,13 ila 6,37 log kob/g aralığında olduğu belirtilen maya hücresi yoğunlukları kıyaslanmıştır. Türk ekşi hamurlarının maya sayısı açısından batı ekşi hamurlarından ziyade Çin ekşi hamurlarına daha yakın olduğu belirtilmiştir.

2.1.5 Endüstriyel Tipleri ve Kullanımları

Ekşi hamur, teknolojisinin uygulanışına göre 3 tip olarak gruplandırılmıştır (Messens ve De Vuyst, 2002; R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Tip I, önceki fermantasyonun bir parçasının yeniden kullanılmasıyla süre gelen hamur tipidir. Tip I geleneksel ekşi hamurları ifade etmektedir ve genelde geleneksel 3 aşamalı fermantasyon süreçlerinde kullanılmaktadır. *L. sanfranciscensis* ve *L. pontis* bu tip hamurların baskın türleridir. *L. fructivorans*, *L. fermentum* ve *L. brevis* türleri rastlanabilen türlerdir (Messens ve De Vuyst, 2002).

Tip II ise daha çok endüstriyel amaçlı üretilen ve fermantasyonu başlatmak için uygun suşların kullanıldığı ekşi hamur tipidir. Bu tip ekşi hamurlar, hamur verimi genellikle 200'ün üzerinde sıvı veya yarı akışkan özelliktedir. Böylece kolaylıkla pompalanarak endüstriyel proseslerde kullanılabilir (De Vuyst ve Neysens, 2005; Brandt, 2007; R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Ekşi hamur hazırlamada uzun dönem tek aşamalı fermantasyon ve sürekli üretim sağlamak için tip II hamur prosesleri (silo sours) geliştirilmiştir (Kulp ve Lorenz, 2003; De Vuyst ve Neysens, 2005). Aynı zamanda Tip I ekşi hamurların aksine Tip II ekşi hamurların mayalanması için ekmek mayası ilave edilebilmektedir. Bu işlem daha kısa sürede oluşan 30°C tek aşamalı fermantasyon süreçleri için bir gerekliliktir. Tip II ekşi hamurların dominant türleri ise *L. panis, L. pontis, L. reuteri, L. johnsonii, L. sanfranciscensis, L. fermentum, L. delbrueckii, L. acidophilus, L. lactis, L. brevis ve L. amylovorus* olarak belirtilmiştir (Messens ve Vuyst, 2002). Tip II ekşi hamurda *L. sanfranciscensis*' in rekabetçi olamadığı bildirilmiştir.

Tipik Tip II proseslerinin 2-5 günde tamamlandığı belirtilirken sürecin hızlandırılması için fermantasyon sıcaklığının yükseltilebileceği (genellikle 30°C üzerine) belirtilmiştir. Bu tip ekşi hamurların 24 saat fermantasyon sonucunda pH 3,5 gibi yüksek asit değerleri sahip olduğu bildirilmiştir. Mo.'ların genellikle durağan fazda olduğu ve sınırlı metabolik aktivite gösterdiği bilgisi verilmiştir. Bir haftanın üzerinde tazeliğini koruyabileceği belirtilmiştir. Yüksek hamur verimleri sayesinde pompalanabilir olmasıyla endüstriyel üretimi kolay olabilir ve yüksek miktarlarda üretilebilirler. Endüstride kurutulmuş ekşi hamurların yanı sıra uygulanan yöntemlerdendir (De Vuyst ve Neysens, 2005).

Tip III ekşi hamur ise kurutularak hazırlanan hamurlardır. Tip III ekşi hamurlar otantik ekmek lezzetini oluşturmak için ileri teknoloji endüstri tesisleri için en uygun yöntemdir (R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Geleneksel fermantasyon yöntemleriyle yapılan hamurların, dondurularak kurutma (liyofilizasyon), püskürtmeli (sprey) kurutucular, akışkan yatak kurutucular ve benzeri modern kurutma teknikleriyle kurutularak hazırlanmasıyla elde edilir (Messens ve De Vuyst, 2002). Geleneksel ekşi hamurların kurutulmasıyla hazırlanabileceği gibi tanımlı starter kültürler tarafından fermente edilen ekşi hamurların toz haline getirilmesiyle de elde edilebilirler. Genellikle kurutmaya karşı direnç gösteren ve faaliyet gösterebilen türler olan *L. brevis*, *P. pentosaceus* ve *L. plantarum*'u içerirler. Tip III ekşi hamurlar asitliği arttırmak ve ekmek yapımında aroma taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır. Kurutma işlemi, ekşi hamurun raf ömrünün uzamasına ve kullanılana kadar saklanabilen bir stok ürüne dönüşmesini sağlamaktadır. Starter kültür kullanılarak kurutulmuş ekşi hamurlar kullanımı kolaydır ve son ürünün standardize edilmesini sağlar (De Vuyst ve Neysens, 2005).

Corsetti ve Settanni (2007) ana fermente edici ajanı olarak ekmek mayasının kullanıldığı, ekşi hamur teknolojisinin kullanılmadığı hamurları ise Tip 0 olarak nitelendirmiştir.

2.2 Ekşi Hamur Fermantasyonlarının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri

2.2.1 Asidifikasyon

Ekşi hamurun pH'ı elde ediliş metoduna ve kullanılan starter kültüre bağlı farklılık gösterebildiği ve 3,5–4,3 arasında bir değerde olabileceği bildirilmiştir (Clarke vd., 2004). Un çeşidinin ve özellikle kül miktarının asidifikasyon üzerinde kayda değer etkisi bulunmaktadır. Ekşi hamur asidifikasyonu ve ekmek hamurunun kısmi asidifikasyonunun gluten, nişasta ve arabinoksilanlar gibi yapı oluşturan bileşenler üzerinde etkilidirler. Glutenin asidik ortamda şişerek kabardığı bilinen bir etkidir ve nişastanın zayıf asidik şartlarda hidrolize olduğu öne sürülmüştür. Asitler, hamurların karışım oluşturma davranışını kuvvetli bir şekilde etkilemektedir ve bu nedenle düşük pH sahip hamurlar normal hamurlara göre daha kısa sürede karıştırılır ve daha az istikrarlıdırlar (Arendt, Ryan ve Dal Bello, 2007).

Buğday ekmeklerinin iç yapısı, gliadin ve glutenin proteinlerinden oluşan gluten matrisine bağlıdır. Gluten ağ yapısı buğday ekmeklerinin gaz tutma kapasitesi açısından büyük öneme sahiptir. Çavdar unları ise gluten ağ yapısı oluşturma yeteneği göstermezler. Bu yüzden çavdar ekmeklerinde ekmek içi yapısı nişasta matrisine dayanmaktadır. Çavdar unları, buğday unlarından daha fazla amilaz aktivitesine sahiptir. Ayrıca çavdar nişastasının jelatinizasyon sıcaklıkları (çavdar nişastası 53-64°C, buğday nişastası 63-79°C) α-amilazın optimal aktivite sıcaklıkları ile aynı aralıklardadır. Bu sebeple hamur asidifikasyonu, çavdar ve çavdar karışımı ekmek üretiminde düzgün ekmek içi yapısının elde edilmesinde gereklidir (Kulp ve Lorenz, 2003). Asidifikasyon ile endojen amilazların inhibisyonu pişirme işlemi sırasında nişastanın parçalanmasını engellemekte ve kabul edilebilir bir ekmek hacmine ulaşmasını sağlamaktadır. Özellikle çavdar ekmeği üretiminin eski bir gelenek olduğu Almanya ve Avusturya'da ekmek mayasının kullanımının artışıyla uygun hamur asitlendiricilerine olan talebi arttırmıştır. 1920'de ilk hamur asitlendirici, prejelatinize un ve laktik asit karışımı ürün (Ireks Fertigsauer) piyasaya çıkmıştır. Ürünün aromasının tatmin edici olmaması nedeniyle kurutulmuş ekşi hamurlar geliştirilmesi amaçlanmış ve sonucunda da 1970'lerin başında doğal olarak fermente edilmiş kurutulmuş toplam titre edilebilir asitliği (TTA) 200'ün üzerinde olan ekşi hamurlar geliştirilmiştir. 10 g hamurun pH'sı 8,5 değerine ulaşana kadar sarf edilen 0,1 N NaOH'ın milimetre olarak tanımlanan TTA, ekşi hamurlarda başlıca kalite kriterlerinden biridir (Brandt, 2007).

Düşük pH'ın hamurun karakteristiklerine doğrudan etkisinin yanı sıra asidifikasyonun ikincil etkileriyse tahıl ve bakteriyel enzimlerinin aktivitesi üzerinedir (Arendt vd., 2007). Asidifikasyon hububat enzimlerini aktive ederek, besinlerin biyoyararlanımını arttırmaktadır (Fretzdorff ve Brummer, 1992).

2.2.2 Proteoliz

Buğdayda bulunan gluten proteinleri hamurların reolojik özelliklerinin ve ekmek tekstürünün belirlenmesinde temel bileşendir. Ekmek yapım kalitesi ile undaki gluten makro polimerleri ve gluten alt bileşenlerinin içeriği arasında yüksek korelasyon vardır (Thiele, Grassl ve Gänzle, 2004). Glutenin alt bileşenleri disülfit bağları ile polimerize olur ardından milyonlarcası toparlanarak gluten makro

polimerini oluşturur. İleri sürülen görüşlere göre hamur karışımı hazırlanırken bu makro polimer kısmen depolimerize olarak daha küçük parçalara ayrılır fakat karışımı takip eden dinlendirme süresi boyunca yüksek molekül ağırlıklı gluten alt birimleri tekrar kaynaşarak makro polimerleri oluşturmaktadır (Thiele vd., 2004).

Ekşi hamur fermantasyonu sırasında proteinler, daha kullanılabilir besin öğeleri olan peptit ve serbest amino asitlere hidrolize edilir (Minervini vd., 2014). Genel olarak, LAB rol aldığı ekşi hamur fermantasyonları sonucunda amino asit konsantrasyonu artarken, sadece mayalar ile yapılan fermantasyonlarda serbest amino asit konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Gobbetti, 1998; Gobbetti vd., 2005). Bu gelişime, ekşi hamur mikroflorasındaki LAB'nin proteolitik aktivitesi ve/veya hububat enzimlerinin asidik koşullarda aktivitesinin arttırmasının sebep olduğu belirtilmektedir (Gobbetti vd., 2005).

Thiele vd. (2002) asidik hamur sistemlerindeki amino asit konsantrasyonunun asidik olmayan hamur sistemlerine göre çok daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. *BU*'nda proteaz enziminin yaklaşık pH 4'te optimal aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Kawamura ve Yonezawa, 1982). Thiele vd., (2004) asit takviyesi ile asitlendirilmiş hamur ve ekşi hamuru karşılaştırdığı çalışmasında glutenin hidrolizi ve glutenin depolizmerizasyonunun ana sebebi olarak pH'a bağlı artan hububat enzimlerinin aktivitesi olduğunu bildirmişlerdir. Spicher ve Nierle (1998) çavdar unundan hazırlanan ekşi hamurlarda oluşan proteolitik aktivitenin yalnızca 1/3'ünün hububat enziminden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Hububat proteinazları pH 3,7'de aktif iken pH 5,5'de aktivite göstermezler. Bu yüzden, ekşi hamur fermantasyonu sırasındaki proteoliz, asit oluşumu ile oldukça ilişkilidir. LAB, ekşi hamur fermantasyonu boyunca gelişen asitlik, hububat proteinazları için optimum koşulların oluşmasında etkilidir (Katina, 2005).

Serbest amino asit miktarının, hamurun pH seviyesi, fermantasyon süresi ve mikrobiyota tarafından tüketilen amino asit miktarına bağlı olduğu bildirilmiştir. Proteoliz ile serbest amino asitlerin birikimi ancak mo.'ların gelişimi için gerekli olan miktarı aştığı taktirde mümkündür. Glutamik asit, izolösin ve valin *L. brevis* ve *L. plantarum*'un gelişimi için esansiyeldir; lisin, sistein ve histidin dışındaki tüm amino asitler ise mayaların gelişimi için uygundur ve söz konusu mo.'lar tarafından metabolize edilir (Katina, 2005).

Maya varlığı veya yokluğu peptit ve amino asit metabolizmasını etkilemektedir. Maya varlığında, fermantasyon boyunca amino asitler ve düşük molekül ağırlıklı peptitlere talep fazladır. Fermantasyon sürecinin başında uygun olmayan pH koşulları sebebiyle proteolitik aktivite düşüktür. Bu aşamada mayalar gelişimlerinin logaritmik fazındadırlar ve yüksek nitrojen kaynağına ihtiyaç duyarlar. Aynı dönemde LAB ise uzun lag fazı sebebiyle ilk 4 saat içinde düşük düzeyde metabolik aktivite gösterirler. Bu yüzden serbest amino asitlerin birikimi fermantasyonun bundan sonraki aşamasına kadar gözlemlenmez (Kulp ve Lorenz, 2003).

Amino asit metabolizması ve proteolitik aktivite mikrobiyal starter ve proses koşullarına bağlıdır. Buğday ekşi hamurlarında, un verimi ve fermantasyon sıcaklığının toplam serbest amino asit miktarına pozitif etki yapan ana faktörler olduğu bildirilmiştir. Kullanılan unun türü ise proteolizi etkilemektedir. Çavdar unları yüksek kül içeriği sebebiyle daha yüksek seviyede amino asit oluşturmaktadır (Kulp ve Lorenz, 2003).

Ekşi hamur fermantasyonları sırasında gerçekleşen proteoliz ekmek aromasında da etkilidir. Proteoliz sonucu oluşan serbest amino asitler, fırınlama aşamasındaki başlıca Maillard reaksiyonları sonucunda oluşan ekmek kabuğunun aromasının, potansiyel aroma bileşenleridir (Kulp ve Lorenz, 2003; De Vuyst vd., 2009).

2.2.3 Ekzopolisakkarit Üretimi

Suda çözülerek, kıvam arttırma ve jelleştirebilme yeteneğine sahip, uzun zincirli, yüksek moleküler kütleli polimerlerin gıda formülasyonlarında kullanımı yaygındır. Günümüzde gıda endüstrisi tarafından bitkilerden (nişasta, pektin, guar gum vb.) ve deniz yosunlarından (karragenan, aljinat vb.) elde edilen birçok kıvam arttırıcı kullanılmaktadır. Kıvam arttırıcıların alternatif çeşidi ise mikrobiyal ekzopolisakkaritlerdir (EPS). EPS yaygın olarak bakteriler, mikroalgler ve daha az sıklıkla maya ve küfler tarafından üretilmektedir (De Vuyst ve Degeest, 1999).

Polisakkarit üretebilme yeteneği bakteriler arasında yaygındır. Mo.'lar; sitoplazmalarında bulunan glikojen; gram pozitif bakterilerin hücre duvarının yapısındaki bulunan peptidoglikan ve lipoteikoik asit; gram negatif bakterilerin hücre duvarına yapışık lipopolisakkaritler gibi polisakkaritleri sentezleyebilirler. Bazı bakteriler ise glikoporetinler ile birlikte "glikokaliks" olarak gruplandırılan,

polisakkaritleri hücre kabuğunun yüzeyine salgılayabilmektedir. Bu hücre dışı polimerler, hücre yüzeyine kovalent bağlarla veya kohezif bir kapsül tabaka oluşturan kapsüler polisakkaritleri ve hücre duvarına gevşek bir şekilde bağlı balçık bir tabaka veya ortama salınmış halde bulunan EPS'leri oluşturmaktadır (Ruas-Madiedo ve de los Reyes-Gavilan, 2005).

Gıda endüstrisinde LAB veya diğer bakteriler tarafından üretilen EPS; stabilizatör, emülgatör veya jelleşme ajanı olarak ürünlerin reolojik özellikleri ve tekstürünü düzenlemek için kullanılmaktadır. Sırasıyla Gram negatif bakteriler *Xanthomonas campestris*, *Acetobacter xylinum* ve *Sphingomonas paucimovilis* tarafından üretilen ksantan, acetan ve gellan veya *Leuconostoc mesenteroides*' in bazı suşları tarafından üretilen dekstran bunlara örnektir (Ruas-Madiedo ve de los Reyes-Gavilan, 2005).

Di Monaco vd. (2015) yaptıkları çalışmada EPS üreten LAB suşları (EPS+) ile (*L. lactis* 95A ve *L. curvatus* 69B2) EPS üretmeyen LAB suşlarının (EPS-) (*Leuconostoc lactis* 68A ve *L. curvatus* 68A) raf ömrü süresince duyusal kalitesini incelemiştir. Bulgularına göre EPS, duyusal algılama üzerinde olumlu etkiye sahiptir. EPS+ suşların kullanıldığı örneklerin daha parlak kabuk ve ekmek içi rengine ve daha açık ekmek içi yapısına sahip olduğu bildirilmiştir. EPS+ örneklerin daha yüksek asiditeye sahip olduğunu, EPS+ ve EPS- örneklerin arasında bir lezzet farklılığı algılanmadığını raporlamışlardır. EPS+ örneklerinde 21 günlük depolama sonucunda esnekliğinde bir değişim olmadığı, sertliğini ve çiğnenebilirliği iyi bir şekilde koruduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca EPS'nin raf ömrü boyunca duyusal kalitenin korunmasında olumlu etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Laktobasillerin ekşi hamur fermantasyonu sırasında oluşan EPS üretiminin, günümüzde tekstürü geliştirmek, bayatlamayı geciktirmek amacıyla kullanılan katkıların ve prebiyotik amacıyla kullanılan hidrokolloidlerin yerini alabileceğini belirtmişlerdir. Tieking vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada ekşi hamur bakterilerinin yaygın bir şekilde sükroz metabolizması sonucu EPS üretebildiğini bildirmişler ve bu organizmaların ekmek üretiminde kullanımıyla katkı maddelerini ikame edebileceğini ileri sürmüşlerdir.

2.2.4 Aroma ve Lezzet

Ekşi hamur, ticari maya kullanılarak hazırlanan ekmeklerde (aroma yapıcı veya ekmek kalitesini geliştirme), butik olarak üretilen özel ekmeklerde (yüksek duyusal kalite) ve geleneksel çavdar ekmeklerinde (çavdar unlarını fırınlamaya uygun hale getirme) amacıyla kullanıldığı gibi kek, kraker, pizza ve çeşitli şekerli fırın ürünlerinde kullanılmaktadır (De Vuyst vd., 2009). Tüketicilerin ekşi hamurdan beklentisi ülkeden ülkeye hatta bazen aynı ülke içinde bile değişmektedir. Avrupa'nın orta, kuzey ve doğu kısımlarında geleneksel çavdar ekmeği üretiminde daha yüksek TTA değerine sahip ekşi hamurlar tercih edilirken, güney kısımlarında daha düşük TTA değerine sahip buğday ekmeği tercih edilmektedir. Avusturya, Fransa ve Almanya'da ekşi hamurun ne olduğuna dair resmi ve kısmen yasal tanımlamalar yapılmıştır. Tüm tanımlamaların ortak noktası ekşi hamurun laktik asit ve mayalarla fermente edilen bir hamur olduğudur. Almanya'da TTA değerini etkileyecek kimyevi maddelerin kullanımına izin verilmemekte ve ek olarak ekşi hamurun, hamur asitlendiricisi olmaksızın yeni bir hamur fermantasyonunu başlatabilmesi gerekmektedir. Fransa'da ise ekşi hamurun fonksiyonu mayalama elemanı olarak tanımlanmıştır (Brandt, 2007).

Ekşi hamur ekmek aromasını, tekstürünü ve mikrobiyolojik yönden raf ömrünü geliştirme amaçlı kullanılan çok eski metotlardan biridir. Metot tam çavdar unuyla hazırlanan ürünlerin pişirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lorenz ve Brummer 2003). *BU*'yla hazırlanan ürünlerin pişirilmesinde ekşi hamurun kullanılması tercihe bağlıdır ve daha az kullanılmaktadır. Bunun sebebi endosperm *BU*'yla hazırlanan ürünlerin lezzetinin daha hafif olması, *BU*'yla hazırlanmış olan asidik ekşi hamurun kullanım miktarını sınırlamaktadır. Asitli çavdar ekmeğinin aksine, tüketicilerin çoğu buğday ekmeğindeki hafif asitliği kabul etmektedir. Böylece, buğday ekşi hamurunun ve sonraki ekmeğin asitlik seviyesinin kontrolü, kalitenin geliştirilmesi için bir öncüldür (Röcken ve Voysey, 1995).

Ekşi hamur fermantasyonu ile gelişen asitliğin ve ardından görülen proteolitik olayların aroma üzerinde etkili olabilen serbest aroma asitleri oluşmasında rol alan ekmek hamur fermantasyonları sonucunda özellikle kavruk ekmek kabuğu kokusunu geliştiren ornitin amino asitlerin konsantrasyonunun artmasını sağlamaktadır (Thiele vd., 2002).

Heterofermentatif LAB'leri başlıca etilasetat, bazı alkoller ve aldehitler, homofermentatif LAB'leri sentezlenmiş diasetil ve diğer karbonilleri üretirken, izo alkoller maya fermantasyonu ürünleridir. Mikrobiyal etkileşimlerin etkisi değerlendirilmiştir. Farklı uçucu profillere sahip karışık ekşi maya starterleri (*L. brevis* sp. lindneri CB1, *L. plantarum* DC400 and *S. cerevisiae* 141 ya da *S. exiguus* M14) önerilmiştir. LAB başlıca, L-laktik asit ve asetik asit üretirken bunun yanında; az miktarda sitrik ve malik asit gibi diğer asitleri ve aroma bileşenlerini üretmektedirler (Linko vd., 1997).

2.2.5 Tekstür

Bir gıdanın tekstürel özellikleri Bourne (2007:165-174) tarafından "Deformasyon ve parçalanmaya bağlı olarak dokunma hissi ile algılanan ve güç uygulaması altında gıdanın akışının güç, zaman ve kuvvete bağlı olarak objektif olarak ölçülebilen bir takım fiziksel özelliklerdir" şeklinde tanımlanmıştır. Bu fiziksel karakteristikler, sıcaklık, optik ve elektriksel özellikler dışında kalan ancak ağızda veya el ile hissedilebilen fiziksel karakteristikler ile kısıtlanmıştır. Bir diğer bakış açısına göre ise tekstür bir duyusal karakteristiktir ve bu yüzden de sadece bir insan tarafından algılanabilir, tanımlanabilir ve ölçülebilir (Arendt vd., 2007).

Ekşi hamurun tekstür geliştirdiği belirtilmiştir (Hansen ve Schieberle, 2005; De Vuyst vd., 2009). Laktik asit seviyesine ve ekşi hamur kullanımına bağlı olarak ekmek hacminde artış olmaktadır. Fırınlama öncesi hamurun uzamaya gösterdiği dirençte düşüş ve hem uzayabilirlikte hem de yumuşama derecesinde artış görülmektedir. Tüm bu değişimler sonucunda ekşi hamur fermantasyonunun gaz tutabilme kabiliyetinin geliştirilebildiği belirtilmiştir (Gobbetti vd., 2008). Asidifikasyon; gluten, nişasta, arabinoksilanlar ve tahıl enzimleri gibi tekstür oluşturan bileşenlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Gobbetti vd., 2008).

2.2.6 Antimikrobiyal Bileşenler

Tüm Dünya'da, ekmek üzerindeki mikrobiyal riskler çok önemli kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıplardaki ana sebepler mikrobiyal gelişim için gerekli pH ve su aktivitesi gibi şartların ekmek ve diğer tahıl ürünlerinde uygun olmasıdır. Sık görülen problemler ise küf kontaminasyonu ve rope bozulmalarıdır. Ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerine bozulma sebebi bakteriler ve küfler bulaşabilmektedir (R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Ekşi hamurdan izole edilmiş birçok LAB'si organik

asitler haricinde de mo.'ları inhibe edici maddeler üretmektedir (Messens ve De Vuyst, 2002). Gıdaların muhafazasında kullanılan LAB'lerinin spesifik antimikrobiyal mekanizmaları; ürettiği organik asitler, hidrojen peroksit, karbondioksit, diasetil ve geniş bir spektruma sahip antibiyotikler ve bakteriyosinler aracılığıyla oluşur (Caplice ve Fitzgerald, 1999).

Tahıl ürünlerinde en yaygın bozulma küf gelişiminden kaynaklanmaktadır. Sıklıkla rastlanılan küfler arasında en başta açık ara *Penicillium* cinsi gelmekle birlikte *Aspergillus, Fusarium, Cladosporium, Mucor, Endomyces* ve *Rhizopus* cinsleri sıralanmaktadır. Bozulma etmeni baskın flora ekmek türüne ve depolama şartlarına bağlı olarak değişmekle birlikte birçok mikotoksin (başlıca aflatoksin ve okratoksin A) üreterek halk sağlığını tehdit etmektedir (Legan, 1993; R. Chavan ve S. Chavan, 2011). Lavermicocca vd. (2000), ekşi hamur bakterisi olan *Lactobacillus plantarum*'un 21B suşu ile yaptıkları çalışmada mo.'nın *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavur* ve *Fusarium graminearum* gibi küflere karşı baskılayıcı olduğunu bildirmişlerdir. Bu antifungal etkinin *Lactobacillu plantarum* 21B tarafından üretilen fenillaktik asit (PLA) ve 4-hidroksifenillaktik asit sayesinde görüldüğünü belirtmiştir. Tahıl, un ve fırın ürünlerinden izole edilmiş 23 küf suşu üzerinde yapılan araştımada 7,5 mg/mL PLA'nın tüm suşların gelişimini %90 oranınında inhibe ederken 10 mg/mL seviyesinde kullanıldığında 19 suş üzerinde fungusidal etki gösterdiği bildirilmiştir (Lavermicocca, Valerio ve Visconti, 2003). Rizello vd. (2011) yaptıkları çalışmada fermente ekşi hamurları antifungal etki gösteren bileşen olarak inceledikleri çalışmalarında %4 ekşi hamur ilavesi ile yapılmış ekmeklerin oda sıcaklığında 28 güne kadar küf gelişimini geciktirebildiğini bildirmişlerdir.

LAB tarafından üretilen bakteriyosinler 3 farklı sınıfa ayrılabilir. Bakteriyosinlerin birinci sınıfı lantibiyotiklerden oluşur. Lantibiyotikler ısı stabil ve küçük peptitlerdir. LAB'nin bir diğer sınıfı antilisterial aktivite gösteren küçük, ısı stabil ve hidrofobik peptidlerdir. Bakteriyosinlerin bir diğer sınıflandırılması ise ısı duyarlı, hidrofilik ve büyük moleküllü proteinlerdir. Dördüncü bir bakteriyosin sınıfı olarak önerilen bileşikler ise tam aktivitesi için bileşiminde bir karbonhidrat veya lipit bulunmasına ihtiyaç duymaktadır. Homojen bir şekilde saflaştıralamayan bu antimikrobiyal moleküller bakteriyosin benzeri etki gösterdiği için bakteriyosin

benzeri inhibitör maddeler (Bacteriocin like inhibitory substances; BLIS) olarak tanımlanmaktadır (Messens ve De Vuyst, 2002).

LAB'nin ürettiği bakteriyosinler; *Listeria monocytogenes, Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus auerus* gibi gıda kaynaklı patojenler ve/veya bozulma yapan bakteriler üzerinde baskılayıcı etki gösterebilmektedir. Bu sayede bakteriyosinler, katkı maddesi veya starter ya da koruyucu kültür olarak kullanılmalarıyla daha güvenli ürünler imal edilebilir ve gıda endüstrisinde kullanılan kimyasal koruyucuların kullanımı azaltılabilir. Ayrıca antibakteriyal bileşimler karmaşık gıda sistemlerindeki mikrobiyal etkileşimleri düzenleyebilmektedir. Ekşi hamur LAB tarafından üretilen sadece birkaç bakteriyosin ve BLIS keşfedilmiştir. R. Chavan ve S. Chavan (2011) tarafından yapılan derlemeye göre bunlardan bazıları; *L. bavaricus* MI401 tarafından üretilen bavaricin A, *L. plantraum* ST31 tarafından plataricin ST31 ve *L. sanfrancsicensis* C57 tarafından BLIS C57'dir. Ayrıca buna ek olarak Gänzle vd. (2000) *L. reuteri* LTH2584 ile yaptıkları çalışmada *Bacillus subtilis, B. cereus, Enterococcus faecalis, Staphyloccus aureus, Listeria innocua* ve *Lactobacillus spp. ü*zerine etkili bir antibiyotik ürettiğini keşfetmişlerdir.

Ekmekteki rope bozulması genellikle *Bacillus spp*. özellikle *B. subtilis* ve *B. licheniformis* aktivasyonu ile oluşmaktadır. Bozulma ilk olarak nahoş koku oluşumu ile fark edilirken, onu renk bozulması ve mikrobiyal amilaz ve proteaz etkisi ile parçalanan nişasta ve proteinlerin yapışkan ekmek içi oluşumu takip eder (Katina, 2005).

Yapılan çalışmalarda ekşi hamurda bulunan LAB'nin rop oluşturan *Bacillus* suşlarını karşı inhibe edebildiği bilidirilmiştir (Pepe, 2003; Katina, 2005; Menteş, Ercan ve Akçelik, 2007). Ekşi hamur ve ondan üretilen ekmeğin asitliğinin yeterince düşük olduğu taktirde antimikrobiyal etkisi görülebilmektedir. Ekşi hamurda pH 4'ün altında ve TTA değeri 12'nin üzerinde; ondan üretilen ekmekte 4,8-5,1 ve TTA 4,8-6,2 olduğunda etki görülürken; daha yüksek pH ve düşük TTA'da (ekşi hamur için pH 4,1-4,9 ve TTA 3,9-5,4; ekşi hamur ekmeği için pH 5,4-5,6 ve TTA 2,8-3,7) rop oluşumuna karşı yeterli etki göstermediği bildirilmiştir (Katina, 2005).

2.2.7 Raf Ömrü

Uzun yıllardır çalışılmasına rağmen ekmek bayatlaması engellenememiştir. Bu durum ekonomik kayıplara uğranmasına neden olmaktadır (Gray ve Bemiller, 2003). Fırıncılık ürünlerinin muhafazası sırasında, bayatlamaya yol açan birçok fizikokimyasal değişiklikler olmaktadır. Birçok oksidatif süreç, protein ve nişasta arasındaki etkileşimler nedeniyle ekmek kabuğu gevrekliğini kaybetmekte ve ekmek içi sertleşmekte, tipik ekmek tadı kaybedilmektedir. Asıl karmaşık fiziksel ve kimyasal süreçler ise: nişasta retrogradasyonu, nişasta ve protein oluşumları arasındaki nem transferi, protein fraksiyonları ve nişasta arasında etkileşimlerin artışı, ekmekteki suyun yeniden dağılımı ve aromatik moleküllerin kaybıdır (Di Monaco vd., 2015).

LAB ile fermente edilen ekşi hamur ekmeklerinin raf ömrünün uzadığı ve bayatalmanın geciktiği belirtilmiştir (Gül vd., 2005). Ekşi hamur teknolojisi raf ömrünü uzatıcı etki göstermektedir. Tüketicilerin katkı maddelerine karşı negatif tepkisi sebebiyle ekşi hamurun bu fonksiyonları daha önemli hale gelmiştir (Salovaara, 2004). Corsetti vd. (2000), çeşitli ekşi hamurların ve katkı maddelerinin (Pentozanlar, bakteriyel proteaz ve endoksilanaz enzimi) ekmek sertliği ve bayatlaması üzerine etkilerini araştırmışlar ve tek başına ekşi hamur kullanımının fermantasyonun nişastanın retrogradasyonunu geciktirmede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ekşi hamurun etkisinin asidifikasyon seviyesine ve LAB suşlarına bağlı olduğunu belirtilirken amilolitik suşların varlığında etkinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Torrieri vd. (2014), ekşi hamur konsantrasyonlarının kalite ve raf ömrü üzerine etkilerini incelemişler ve bildirilerine göre 30g/100g ekşi hamur oranının bayatlamaya karşı etkilili olduğunu vurgulamışlardır.

2.3 Keçiboynuzu

Baklagiller *(Fabaceae)* familyasından olan, keçiboynuzu *(Ceratonia siliqua)*, Akdeniz ikliminin etkili olduğu yerlerde doğal olarak yetişen ve meyveleri (baklaları) tüketilen, dört mevsim yeşil çalı ya da ağaç formunda olan bir tür bitkidir (Fearn, 2002). Türkiye'de harnup adıyla bilinen bu bitkiye İngilizce ve Almanca'da ''Yakup peygamberin ekmeği'' denilmektedir.

2.3.1 Morfolojisi

Boyu 10 metreyi aşmayan, sert ve koyu yeşil yapraklı, uzun ömürlü, maki türü bir ağaçtır. Yabani ve aşılı tipi mevcuttur. Uzunluğu 10-20 cm olan damla uçlu karşılıklı dizilmiş bileşik yapraklara sahiptir. Çiçekleri sayıca çoktur ve açık yeşilimsi kırmızı tonlarda, 6-12 cm boyundadır. Meyvelerin boyutları ise 15-20 cm'ye kadar ulaşmaktadır.

Meyveleri ilk başta yeşil buruk tatta olmasına rağmen olgunlaştıkça parlak kahverengi renge bürünüp tatlılaşır. Keçiboynuzunun orta tabakası yaş iken yumuşak ve tatlıdır. Keçiboynuzu açıldığında her birinden 10-15 adet yassı sert kabuklu çekirdek çıkmaktadır (Fearn, 2002). Bu çekirdekler doğada ağırlığı değişmeyen tek tohumdur. 4 tanesi yaklaşık 3 gramdır.

2.3.2 Yetiştiği Yerler

Ekildiğinde ilk 15 yıl hiç meyve vermeyen keçiboynuzu, sonrasında yılda bir tona yakın meyve verebilmekte ve verimi her geçen sene artmaktadır.

Dünyada yıllık ortalama üretimi 150,000 tondur. Akdeniz'in kıyı kesimlerinde en fazla İspanya olmak üzere, İtalya, Fas, Portekiz, Yunanistan, Kıbrıs, Libya ve ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yetişmektedir (USDA, 2010). Türkiye'de Antalya'nın Alanya, Manavgat, Gazipaşa, Kaş ilçeleri ile Mersin'in Anamur, Bozyazı, Aydıncık, Gülnar ve Silifke ilçeleri ile Muğla'nın Marmaris ve Datça ilçeleri çevresinde gruplar halinde yetiştirilmektedir (USDA, 2010). Dünya'da 315,000 ton keçiboynuzu üretilmektedir (Turhan, Tetik ve Karhan, 2007). Bunun %4,8'inin Türkiye'de yetiştiği ve bu oranın yıllık ortalama 14,000 ton keçiboynuzu olduğu bilinmektedir (Batu vd., 2007). Hasatı Ağustos ortalarında başlayıp Aralık ayına kadar devam eder.

2.3.3 Özellikleri ve Besin Öğesi Değerleri

Keçiboynuzunun kimyasal kompozisyonu birçok araştırmacı tarafından araştırılmış ve kimyasal bileşiminin bitkinin çeşidine, yetiştiği bölgeye ve hasat zamanına bağlı olarak farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Battle ve Tous, 1997). Grados ve Cruz, keçiboynuzu meyvesinin bileşimini %46,35 sükroz, %32,22 toplam diyet posası, %2,14 indirgen şekerler, %8,11 protein, %0,80 pektin, %0,77

yağ ve %0,82 toplam çözünür polifenoller olarak tespit etmiştir (Prokopiuk vd., 1996).

Keçiboynuzu meyvesinden püre elde edildiğinde içerisinde %46 sükroz, C vitamini, nikotinik asit ve kalsiyum pentotanat bulunduğu tespit edilmiştir (USDA., 2011, Ayaz vd., 2007).

Tablo 2.5 Keçiboynuzu meyvesinin yapısında bulunan bazı vitamin ve mineraller (Ayaz vd., 2007)

Vitamin ve Mineraller	Miktarı
Vit A (mg/kg)	-
Vit E (mg/kg)	5,00
Vit B1 (mg/kg)	1,90
Vit B2 (mg/kg)	0,6
Vit B6 (mg/kg)	2,35
Nikotinik asit (mg/kg)	31,00
Vit C (mg/kg)	60,00
Folik asit (mg/kg)	0,18
Kalsiyum pentotanat (mg/kg)	10,50
Potasyum (mg/100g)	2650,00
Sodyum (mg/100g)	113,00
Kalsiyum (mg/100g)	75,90
Magnezyum (mg/100g)	90,40
Demir (mg/100g)	33,0

Keçiboynuzunda bulunan mineral maddeler: Potasyum (827 mg/100g), kalsiyum (348 mg/100 g), magnezyum (54 mg/100g), fosfor (79 mg/ 100 g), sodyum (35 mg/100g), selenyum (5 mg/100 g), demir (2,9 mg/100g) ve bakır (0,6 mg/100g). Ayrıca keçiboynuzunda mirisetin ramnosit (%9,8), kuersetin ramnosit (%10,23), metil gallat (% 1,03), sinamik asit (%1,5), mirisetin glikozit (%1,58) ve gallik asit(%41,7) gibi 24 çeşit fenolik bileşen bulunmaktadır. İçerdiği toplam fenolik maddenin (3944,7 mg/kg kuru maddede) büyük çoğunluğu gallik asittir (Owen vd., 2003).

Keçiboynuzu ağacının yapraklarının da fenolik madde kaynağı olduğu tespit edilmiştir (Hajaji vb., 2010). Keçiboynuzu meyvesi biyoaktif bileşen olan insülin benzeri etkisi bulunan Dpinitol için önemli bir kaynaktır. Yapılan araştırmalarda Dpinitol miktarı kuru maddede %10,2–11 olarak tespit edilmiştir (Camero ve Merino, 2004). Türkiye'de yetişen aşılı ve yabani keçiboynuzları D-pinitolce kıyaslanmış (Karhan, 2010), aşılı tip 28,04-60,00 g/kg kuru maddede olduğu, yabani keçiboynuzlarında ise 27,08-74,69 g/kg kuru madde olduğu tespit

edilmiştir. Elde edilen D-pinitol ekstraktları çeşitli gıda takviyeleri ve ilaçların üretiminde kullanılmaktadır (Hajaji vb., 2010).

Ülkemizde keçiboynuzu, yaş tüketildiği gibi pekmez, renksiz şeker şurubu veya *KBU* olarak da tüketilmektedir. Pekmezi besleyici ve enerji değeri yüksek olduğu için daha fazla tüketilmektedir. Meyvenin çekirdeklerinden ise gam üretilmektedir.

Anadolu'da yetişen keçiboynuzu meyvesinin toplam kuru ağırlığının %87,54'ünü sükroz, glikoz ve früktoz olmak üzere üç çeşit şeker oluşturur. İçerisindeki sükroz miktarı diğer şekerlerden daha fazladır (Ayaz, 2007). Ayrıca 100 g keçiboynuzu 25,83 g diyet lifi, 4,18 g protein, 0,69 g yağ bulundurur (Turkomp, 2018).

Tablo 2.6 Keçiboynuzu meyvesinin şeker ve organik asit içerikleri (mg/g kuru ağırlık) (Ayaz vd., 2007).

Bileşenler	
Şekerler	***Keçiboynuzu***
Sükroz	437,3±10,6
Glikoz	395,8±2,9
Fruktoz	42,3±2,8
Glikoz/Fruktoz	0,2
Σ Şeker*	875,4
Organik Asitler	***Keçiboynuzu***
Malik asit	2,4±0,1
Sitrik asit	n.d.
Askorbik asit	n.d.
Σ Asit**	2,4

*n.d (not determined).: tespit edilememiştir. *: Σ Şeker: sükroz+glikoz+fruktoz değeridir.**: Σ Asit: malik asit+sitrik asit+askorbik asit değeridir.*

2.3.4 Keçiboynuzu Unu

İnsan sağlığı açısından oldukça fazla yararı bulunan keçiboynuzu meyvesi çözünmez posa ve polifenollerce (tanin) zengin bir besindir (Fearn, 2002). Bu sebeple son yıllarda keçiboynuzu meyveleri öğütülerek un elde edilimekte ve ya parçaları kızartılarak fırıncılık ürünlerine ilave edilmektedir. Düşük enerjili atıştırmalık ürünlerde, pasta ve şekerlemelerde çikolata yerine alternatif olarak kullanılmaktadır. Ayrıca *KBU* kakao yerine süte ilave edilerek tüketime sunulmaktadır (Demirtaş, 2007). Teobromin, etil alkol, kolestrol ve kafein içermemesi buna rağmen yüksek oranda şeker ihtiva etmesi nedeniyle gıda sanayiinde kakao ikamesi olarak kullanılmaktadır (Yousif ve Alghzawi, 2000).

Antalya'da yetişen keçiboynuzu meyvesi ile yapılan araştırmada, ununun ve pekmezinin besin ögesi değerleri diğer yağlı tohumlarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; keçiboynuzunun yağ içeriğinin diğer yağlı tohumlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu veriye dayanarak ara öğünlerde atıştırmalık olarak *KBU* içeren ürünlerin tüketilmesi tavsiye edilebilir (Demirtaş, 2007).

Tablo 2.7 Keçiboynuzu meyvesinin ve ununun besin öğesi değerleri (Özcan, Arslan ve Gökçalik, 2007)

Besin Öğesi	Ham Meyvesi	Unu	Pekmezi
Nem (%)	6,01±0,11	6,27±0,22	34,65±0,47
Protein (%)	4,71±0,66	5,34±0,17	1,40±0,42
Yağ (%)	0,23±0,02	0,15±0,19	-
Çözünmez posa (%)	9,69±1,2	11,66±1,35	3,34±0,82
Kül (%)	3,33±0,20	2,92±0,41	2,16±0,03
Toplam şeker (%)	48,35±0,52	41,55±1,18	63,88±0,75
Enerji (kkal/100g)	395,22±15,2	399,82±2,3	248,38±7,6

Çiğ meyveyi tüketemeyenler için pekmezi yerine yaş meyveye kimyasal bileşenler açısından daha yakın olması ve yüksek oranda diyet lif içermesi sebebiyle *KBU*'nu tüketmeleri tavsiye edilmektedir.

ABD Tarım Bakanlığı'nın (USDA) Ulusal Gıda Veritabanı Standart Değerleri'ne (USDA., 2011) göre *KBU*'nun detaylı besin öğeleri Tablo 2.8 'te yer almaktadır.

Tablo 2.8 Keçiboynuzu ununun besin ögesi değerleri (USDA., 2011)

Besin Ögesi	Birim	100 g için Değerler	10 g için Değerler
Su	g	3,58	0,358
Enerji	kkal	222	22,2
Enerji	kJ	929	92,9
Protein	g	4,62	0,462
Toplam lipit	g	0,65	0,065
Kül	g	2,27	0,227
Karbonhidrat	g	88,88	8,88
Toplam diyet lif	g	39,8	3,98
Toplam şeker	g	49,08	4,9
Mineraller			
Kalsiyum, Ca	mg	348	34,8
Demir, Fe	mg	2,94	0,294
Magnezyum, Mg	mg	54	5,4
Fosfor, P	mg	79	7,9
Potasyum, K	mg	827	82,7
Sodyum, Na	mg	35	3,5

Çinko, Zn	mg	0,92	0,09
Bakır, Cu	mg	0,571	0,05
Manganez, Mn	mg	0,508	0,05
Selenyum, Se	mcg	5,3	0,53
Vitaminler			
Toplam askorbik asit	mg	0,2	0,02
Tiamin	mg	0,053	0,005
Riboflavin	mg	0,461	0,04
Niasin	mg	1,897	0,189
Pantotenik asit	mg	0,047	0,004
Vitamin B-6	mg	0,366	0,036
Folat, toplam	mcg	29	2,9
Kolin, toplam	mg	11,9	1,19
Vitamin A, RAE	mcgRAE	1	0,1
Beta karoten	mcg	8	0,8
Vitamin A, IU	IU	14	1,4
Vitamin E (alfa-tokoferol)	mg	0,63	0,06
Amino asitler			
Triptofan	g	0,048	0,004
Tironin	g	0,271	0,027
İzolösin	g	0,209	0,02
Lösin	g	0,442	0,04
Lizin	g	0,196	0,019
Metionin	g	0,081	0,008
Sistin	g	0,029	0,002
Fenilalanin	g	0,151	0,015
Tirozin	g	0,120	0,012
Valin	g	0,446	0,044
Arginin	g	0,130	0,013
Histidin	g	0,122	0,012
Alanin	g	0,584	0,058
Aspartik asit	g	0,503	0,05
Glutamik asit	g	0,362	0,036
Glisin	g	0,267	0,026
Prolin	g	0,354	0,035
Serin	g	0,304	0,03

3

Materyal ve Metot

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan *KBU* (Atışeri Ltd., Mersin), 2017 yılı Mersin'de hasat edilen keçiboynuzlarından (kabuk ve çekirdek kısımlarının öğütülmesiyle) elde edilmiştir. *BU* (Ova Un, Konya), ekmek yapımında kullanılan maya ve tuz ticari olarak temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan sarflar; De Man Rogosa and Sharpe (MRS), Sabouraud Dextrose katı besiyerleri (Merck, Almanya), kloromofenikol (Sigma- Aldrich), 0,1 N NaOH, izopropil alkol (%99-100), sedimentasyon test çözeltisi ve bromfenol mavisidir.

3.2 Unda Fizikokimyasal Analizler

3.2.1 Nem Tayini

Numunelerde nem tayini AACC (1990) standart metoduna göre yapılmıştır. Önceden daraları alınan ve sabit tartıma getirilen kroze kaplara 2 g un örneği konularak etüvde 135^{o}C de 2 saat kurutulmuştur. Son tartım kaydedilerek unun nem mitarı tespit edilmiştir.

3.2.2 Unda Renk Tayini

Un numunelerinde renk ölçümü; renk tayin cihazı (Konica Minolta Chroma Meter CR-400, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Unlar beyaz bir kâğıt üzerine eşit miktarda alınarak yüzeyinde üç farklı noktadan renk ölçümü yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Ölçüm öncesinde cihaz beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir. Renk parametreleri L*, a*, b* olarak tanımlanmıştır. L* parametresi siyahlık-beyazlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında, a* parametresi yeşillik-kırmızılık olarak -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) değer aralığında ve b* parametresi mavilik-sarılık olarak -60 (mavi) ile +60 (sarı) değerleri arasında ölçüm gerçekleştirilmiştir.

3.2.3 Kül Tayini

Krozeler sabit tartıma getirilmek amacıyla 105˚C 'de 2 saat süreyle kül fırınında (WiseTherm-Daihan, FH-03, Kore) yakılmıştır. Sabit tartıma getirilen krozeler desikatörden alınıp içlerine 1,5 g un numunesi konulmuştur. Ön yakma işlemi 300^{o}C'de 3,5 saat uygulandıktan sonra kül fırını 550˚C ayarlanmıştır. Yanan un örneklerinin rengi beyazlaşıncaya kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen kül tartılarak kurumaddede % kül miktarı hesaplanmıştır. Analiz her un numunesi için 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3 Unda Teknolojik Özelliklerin Tespiti

3.3.1 Yaş Öz Tayini

Yaş gluten miktarını tespit etmek amacıyla; çalışma öncesinde yıkama çözeltisi olarak kullanılacak sıcaklığı 22-26^{o}C, %2'lik saf tuzlu su çözeltisi hazırlanmıştır. Yoğurma süresi 20-25 sn, yıkama süresi 4,5-5 dk ve yıkama suyu akış hızı 50-54 mL/dk olan, gluten yıkama (SAY-TEK GLW-02, Türkiye) cihazı kullanılarak yapılmıştır. 10 g un numunesi, ipek tül gerilip üzerine 1-2 damla tuzlu su damlatılarak ıslatılmış metal hazne içerisine çeperlere bulaşmayacak şekilde konulmuştur. 5 mL tuzlu su cam pipet yardımıyla metal hazneye konan un üzerine ilave edilmiştir. Cihaz çalıştırılmış ve işlem tamamlandığında haznedeki yaş gluten alınarak tartımı yapılmıştır (AACC 38-21A).

3.3.2 Gluten İndeks Tayini

Örneklerden elde edilen yaş gluten santrifüj cihazının elek haznesine yerleştirilmiştir. 6000 rpm\1 dk santrifüj edilen numunelerin eleğin arka tarafına geçen kısmı spatül yardımıyla kazındıktan sonra tartılmıştır. Eleğin diğer tarafında kalan çürük gluten değerini göstermiştir. Analiz gluten indeks (SAY-TEK GI-02, Türkiye) cihazı ile yapılmıştır (AACC 38-21A).

Gİ= [(TG - ÇG) / TG] * 100 (3.1)

*Gİ Gluten indeks

*TG Toplam gluten

*ÇG Çürük gluten

3.3.3 Sedimentasyon Testi

Un numunesinden 3,2 g tartılmıştır. Tartımı yapılan un numunesi sedimentasyon mezürüne konulmuş; üzerine 50 mL bromfenol mavisi çözeltisi eklenerek mezürün ağzı tıpa yardımıyla kapatılmıştır. 5 sn boyunca 12 kez sallanarak iyice karışan örnek 5 dk da çalkalama aletinde (SAY-TEK ZL-06, Türkiye) çalkalanmıştır. Durduğunda üzerine 25 mL sedimentasyon test çözeltisi eklenip 5 dk daha çalkalanmıştır. Süre dolduğunda mezür düz bir zemine konup 5 dk sonunda çöken kısmın hacmi mL olarak sedimentasyon değerini göstermiştir (AACC Metot No: 56-60A).

3.3.4 Düşme Sayısı Tayini

Viskometre tüpüne 20^{o}C de 25 mL su ve %14-14,5 neme sahip 6,9 g un numunesi tartılarak konmuştur. Tüpün ağzı kapandıktan sonra 30 kez kuvvetlice çalkalanmıştır. Analizde (SAY-TEK Falling Number FN-9100, Türkiye) cihazı kullanılmıştır. Viskometre tüpü içine karıştırıcı konarak su banyosuna yerleştirilmiştir. Otomatik saat çalıştırıldıktan 5 sn sonra karıştırma başlatılmış 60 sn boyunca devam etmiştir. Süre sonunda karıştırıcı en üst noktada serbest kalıp belirli bir noktaya kadar süspansiyonda ilerlemiştir. Başlangıçtan itibaren geçen süre amilaz aktivitesi olarak kaydedilmiştir (AACC 56-81b).

Fungal düşme sayısı analizinde ise; tüp içerisine 5 g patates nişastası ve 5 g un (%14 nem), üzerine 30 mL 22±2^{o}C tampon çözeltisi ilave edilerek ağzı tıpayla kapatılmış ve 30 kez çalkalanmıştır. Tıpa çıkartılarak temiz ve kuru bir viskoz ölçer karıştırıcısıyla tüpün kenarlarına yapışan kalıntılar süspansiyon içine kazınmıştır. Tüp cihaz içindeki kaynar su banyosuna aktarılarak deney gerçekleştirilmiştir (SAY-TEK Falling Number FN-9100, Türkiye).

3.3.5 Farinograf Analizi

Farinograf analizi, cihazın karıştırma ünitesine nemi (Radwag, MA50.R, Polonya) tespit edilen 300 gr un numunesi konularak, (Brabender, Farinograf AT, Almanya), AACC 54-21 metoduna göre yapılmıştır. Farinograf gelişme süresi, farinograf su absorbsiyonu, farinograf stabilitesi, farinograf yumuşama değeri, farinograf kalite sayısı değerleri tespit edilmiştir.

3.3.6 Ekstensograf Analizi

Ekstensograf analizleri (Brabender, Ekstensograf-E, Germany) AACC 54-10 'a göre yapılmıştır. Farinograf cihazında hesaplanan su absobsiyonuna göre %2'lik tuz ilave edilmiş ve 5 dk yoğurma işlemi sonrası fermantasyon kabininde dinlenen hamur örneklerinin analizi yapılmıştır. Ekstensograf direnç, ekstensograf elastikiyet, ekstensograf maksimum direnç, ekstensograf maksimum oran değerleri ve enerji (cm^2) olarak kaydedilmiştir.

3.4 Ekşi Hamurun Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

3.4.1 Ekşi Hamurun Hazırlanması ve Yenileme İşlemi

Kontrol olarak kullanılacak olan *BU*'yla ve ekmek hamurunda %2, %4, %6, %8 ve %12 *KBU* içerecek şekilde hazırlanan 160 hamur verimine sahip 6 adet ekşi hamurun yapım aşamaları Tablo 3.1'de verilmiştir. Ekmek hamurunun %2, %4, %6, %8 ve %12 *KBU* içermesi için ekşi hamur hazırlık aşamasında sırasıyla %5, %10, %15, %20 ve %30 *KBU, BU* ile karıştırılmıştır. 300 g olarak hazırlanan ekşi hamurlar, yenileme işleminden sonra üstü kapatılarak iklimlendirme kabininde (30 °C, %65 nem) 22 saat muhafaza edilmiştir. 6 gün yenileme işlemine tabi tutulan ekşi hamurlar 7. günde ekmek üretiminde kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Ekşi hamurun hazırlanması

	Malzemeler	**Miktar**
0.Gün	Un karışımı (%0-5-10-15-20-30)	187,5 g
	Su (22±2°C)	112,5 mL
	FERMANTASYON (25 °C , 22 sa)	
1.-6. Gün	Ekşi hamur (Önceki Gün hazırlanan)	30 g
	Un karışımı (%0-5-10-15-20-30)	168,75 g
	Su (22±2°C)	101,25 mL
	FERMANTASYON (25 °C , 22 sa)	
2.-6. gün	1.günde yapılan işlemler tekrar edilerek devam edilmiştir.	

3.4.2 Ekşi Hamurda pH ve Titre Edilebilir Asit Miktarı (TTA) Tespiti

Öncelikle pH metre, pH'ı 4,00 ve 7,00 olan tampon çözeltilerle standardize edilmiştir (Elgün vd., 2002). Daha sonra Tip I ekşi hamur örneğinden 10 g alınarak behere konulmuş ve pH metre (Mettler-Toledo AG, Seven Compact pH/Ion S220, İsviçre) kullanılarak pH değeri ölçülmüştür. Üzerine 90 mL saf su ilave edildikten sonra el blenderı (Tefal, E67HBS, Türkiye) yardımıyla 1 dk boyunca homojen hale getirilmiştir. 0,1 *N* NaOH ile pH 8,3 olana kadar titre edilmiştir. Analiz her örnek için iki paralelli olarak yapılmış ve 10 g örnekte tüketilen 0,1 *N* NaOH miktarı mL olarak kaydedilmiştir (Yetim ve Kesmen, 2009).

3.4.3 Ekşi Hamurda Mikrobiyolojik Analizler

Toplam bakteri ve küf-maya sayısının belirlenmesi için steril bir spatül vasıtasıyla ekşi hamur numunesinden 10 g tartılarak steril karıştırma poşetine alınmıştır. Üzerine 90 mL steril peptonlu su ilave edilerek homojenize edilmiş ve dilüsyonlar hazırlanmıştır. Ekşi hamur numunesinde bulunan toplam LAB De Man, Rogosa and Sharpe Agar (MRS) ve toplam maya analizi ise klomofenikol ilavesiyle Sabouraud Dekstroz Agar (SDA) kullanılarak tespit edilmiştir. Hazırlanan besiyerlerine dilüsyonlardan 0,1 mL örnek alınarak yüzeye yayma tekniğiyle ekim yapılmıştır. MRS agar içeren petriler ekim sonrasında anaerobik kavanoz içerisinde 48 saat, 28-30^{o}C'de inkübe edilmiştir. 24 saat sonunda besiyerinde gelişen maya, 48 saat sonunda petrilerde gelişme gösteren LAB'leri sayılmıştır.

3.5 Ekmek Yapımı

Öncelikle un karışımları ekmekler %0, %2, %4, %6, %8 ve %12 *KBU* içerecek şekilde hazırlanmıştır. Üç farklı metotla ekmek hazırlanmıştır. Bunlardan ilki kontrol olarak kıyaslamada kullanılması planlanan ticari maya ilaveli ekmeklerdir. Formülasyon olarak 100 g un karışımı, 1,5 g tuz, 2 g ticari maya ve su absorbsiyonuna göre dinlendirilmiş musluk suyu ilavesiyle elde edilen hamurun şekil verilerek pişirme kalıplarına yerleştirilip, 2 saat iklimlendirme kabininde (30^{0}C, %65 nem) dinlendirildikten sonra pişirilmesiyle elde edilen ekmeklerdir. Analizler iki paralelli yapılacağı için ölçüler iki katına çıkarılarak uygulanmıştır.

İkincisi ekşi hamurlu ekmekler (ET); 122,4 g ekşi hamur, 123,5 g *BU*, 75,9 mL dinlendirilmiş musluk suyu, 3 g tuz ve 4 g ticari maya eklenerek homojen hale

gelene kadar karıştırıcıda 5. devirde 7 dk (Öztiryakiler, OM10, Türkiye) yoğrulmuştur. Hamura son şekli verilerek pişirme kalıplarına alınıp, üstü örtülü 2 saat iklimlendirme kabininde (30^0C, %65 nem) dinlendirildikten sonra pişirilmiştir.

Son olarak ekşi hamur ekmekleri (E); ekşi hamurlu ekmek reçetesi ticari maya ilavesiz olarak hamur verimi 160 ekşi hamur %30 oranında ekmek hamuruna ilave edilerek hazırlanmıştır. Karıştırma işlemi sonunda homojen hale gelen hamur tezgaha alınıp, ters düz yapılarak yuvarlak şekil verilmiştir. Oda sıcaklığında üstü kapatılarak 20 dk fermantasyona bırakılmıştır. Süre sonunda iki adet 155,4 g beze hazırlanmıştır. Yapılan bezeler 10 dk üstü örtülerek bekletilmiştir. Ardından ilk yapılan bezeden başlanarak şekil verilmiştir Şekillenen bezeler oda sıcaklığında 30 dk bekletilip, son şekli verilen hamur bezeleri kalıplara yerleştirilerek, üst kısmı nemli pasa beziyle kapatılarak 30^0C, %65 nemde 22 saat süreyle fermantasyona bırakılmıştır.

Tüm metotlarda hazırlanan ekmekler taş tabanlı fırında (200±20^{o}C) başlangıcında 10 sn buhar verilerek 30 dk süreyle gerçekleştirilmiştir. Pişen ekmekler rüzgarsız alanda, 2 saat soğutulduktan sonra analizleri yapılmıştır.

3.6 Ekmekte Yapılan Analizler

3.6.1 Ağırlık, Hacim ve Spesifik Hacimin Belirlenmesi

Pişen ekmek numuneleri oda sıcaklığında (21^{o}C±2^{o}C) 2 saat süreyle soğutulduktan sonra hacim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hacim ölçer cihazı (Şimşek, Laborteknik, Türkiye) ile ölçümler yer değiştirme prensibine göre yapılmış ve değerler kaydedilmiştir. Terazide (Densi, TBP, Türkiye) tartımı yapılan ekmeklerin ağırlıkları kaydedilmiştir. Ekmek hacminin ekmek ağırlığına bölünmesiyle spesifik hacim hesaplanmıştır (Elgün vd. 2002).

3.6.2 Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi

Tekstür profil analizleri (TPA, SMS TA.XT2 Plus, İngiltere) için ekmek örneklerinden elektrikli bıçak (Beko, Divix, Türkiye) yardımıyla iki dilim kesilerek (her biri 1,25 mm kalınlığında), her ekmek örneği için üç ölçüm gerçekleştirilmiştir. TPA yöntemi aşağıdaki gibidir: 5 kg yük hücresi ve 36 mm

çapında silindirik sıkıştırma probu kullanılarak test hızı 1,7 mm/sn; %30 sıkıştırma, birinci ve ikinci sıkıştırma döngüsü arasındaki bekleme süresi 5 sn'dir.

3.6.3 Ekmekte Renk Tayini

Ekmek örneklerinde renk ölçümü; renk tayin cihazı (Konica Minolta Chroma Meter CR-400, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Üst ve iç kısımlardan olmak üzere üç farklı noktadan renk ölçümü yapılarak ortalaması alınmıştır. Ölçüm 3.2.2 kısmında bahsedildiği metotla gerçekleştirilmiştir.

3.6.4 Duyusal Değerlendirme

Ekmek numunelerinin duyusal analizi toplam 14 kişilik bir panelist grubunca gerçekleştirilmiştir.

Değerlendirme formu oluşturulurken panelistlerden değerlendirmeyi 1-5 puan arasında yapmaları istenmiştir. Kriterler; ekmek kabuk rengi, ekmeğin iç rengi, sertliği, gözenek yapısı, kokusu, çiğnenebilirliği, tadı ve genel beğeni olarak belirlenmiştir.

Hazırlanan ekmek örneklerine farklı kodlar verilerek ve; 1-Hiç beğenmedim, 2-Az beğendim, 3-Orta derecede beğendim, 4-Beğendim, 5-Çok beğendim olacak şeklinde numaralandırarak panelistlerin beğenilerini ifade etmeleri sağlanmıştır (Ek C, Şekilde 4.13 ve Şekil 4.14).

3.7 İstatistiksel Analiz

Tüm verilerde JMP 6 paket programı kullanılmış, değişkenler için aritmetik ortalama ve standart sapmalar hesaplanmış, aralarında fark olup olmadığı $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde bağımsız "t" testi ve tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Tüm ölçümler iki tekerrür ve üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

4

Bulgular ve Tartışma

4.1 Unda Fizikokimyasal Analizler

Çalışmada kullanılan un ve un karışımlarına ait fizikokimyasal analiz sonuçları, Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Katkısız *BU* ve *KBU* nem miktarları ortalama olarak sırasıyla %14,35 ve %8,64 olarak ölçülmüştür. Artan *KBU* miktarı, un karışımlarının nem miktarını azaltmıştır (Tablo 4.1). %2-%4 ve %6-%8 oranında *KBU* ikamesinde istatistiksel bir fark görülmemiştir (P>0,05).

Tablo 4.1 Farklı oranlarda keçiboynuzu unu ilavesi yapılan buğday ununun fizikokimyasal analiz değerleri

KBU **Katkısı**	**Nem (%)**	**Yaş Gluten (%)**	**Gluten İndeks (%)**	**Kül (KM)(%)**
%0	14,35±0,07^{a}	26,35±0,07^{ab}	99,10±0,14^{a}	0,537±0,004^{e}
%2	14,15±0,07^{ab}	27,40±0,71^{a}	97,45±1,63^{ab}	0,572±0,002^{d}
%4	14,15±0,07^{ab}	27,10±0,42^{a}	94,30±1,98^{b}	0,642±0,001^{c}
%6	13,90±0,14^{bc}	25,25±0,92^{bc}	97,70±0,14^{ab}	0,828±0,006^{b}
%8	13,85±0,07^{bc}	24,70±0,14^{c}	98,65±1,48^{a}	0,829±0,001^{b}
%12	13,70±0,28^{c}	-	-	0,833±0,004^{b}
%100	8,64±0,03^{d}	-	-	2,877±0,001^{a}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde *BU*'nun nem içeriğinin %10,88 ile %13,5 arasında (Dirim, 2014; Abdel-Kader, 2000:418-421; Çakmak vd., 2013, Seguchi vd., 2001, Kohajdová, Karovičová ve Magala, 2013; Oliete vd., 2008) olduğu belirtilmiştir. *KBU*'nun nem miktarının ise çeşitli çalışmalarda %9,07-%9,35 arasında olduğu görülmüştür (Dirim vd., 2014; Tsatsaragkou, Gounaropoulos ve Mandala, 2014).

Aydın (2012) tarafından yapılan bir çalışmada *BU* ve *KBU* içerdikleri nem, kül, protein ve karbonhidrat miktarlarınca kıyaslanmıştır. *KBU*'nun nem (%3,76) ve protein (%3,47) miktarınca düşük; kül (%2,89) ve karbonhidrat (%88,31) miktarınca daha zengin olduğu tespit edilmiştir. *BU* değerleri ise nem %10,40, kül %0,76, protein %8,66 ve karbonhidrat %77,77 olarak belirtilmiştir.

Farklı sıcaklıklarda kavurma işleminin *KBU* üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; 150°C'de 60 dk kavurma işleminin en iyi sonucu verdiği ve elde edilen *KBU*'nun %9,00 nem, 5,82 protein, 2,48 kül ve 0,74 yağ, %38,7 toplam şeker, %7,24 lif ve %3,75 tanenleri içerdiği belirtilmiştir (Yousif ve Alghzawi, 2000).

Salinas vd., (2015) ekmek denemelerinde kullandıkları *BU*'nun %13 nem, keçiboynuzu kabuk kısmından elde edilmiş *KBU*'nun %7,2 nem ve keçiboynuzu çekirdeğinden elde *KBU*'nun %8 nem içerdiğini belirtmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada *BU*'da nem %13,8 ve kül miktarı %0,45 olarak (Sertekan, 2006), başka bir çalışmada da %14,6 nem ve %0,61 kül olarak bildirilmiştir (Wang, Rosell ve Barber, 2002). Ortega vd. (2011) yaptıkları bir çalışmada *KBU* nem miktarı %2,3 ve kül oranı %3,3 olarak tespit etmişlerdir. Yousif ve Alghzawi (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada *KBU*'nun %9 nem ve %2,84 kül içerdiği bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde kül miktarları bakımından *BU* ve *KBU* değerleri çalışmamızla benzerlik göstermektedir. *KBU*'nun içermiş olduğu yüksek mineral miktarı kül oranının *BU*'na kıyasla çok daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Tablo 4.1'de görüldüğü gibi ikame oranına bağlı kül miktarında artış tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen kül miktarları yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

Tablo 4.1 ayrıca unlara ait yaş gluten miktarı ve gluten indeks değerlerini göstermektedir. Kalite göstergelerinden biri olan yaş öz (gluten), hamurun ekmek yapımına elverişliliğini gösteren elastik yapıdaki proteindir. Bu değerin yüksek olması ekmeklik kalitesi iyi bir un olduğunun göstergesidir. Unda yaş öz %27'nin üzerinde yüksek, %20-22 arası orta, %20'nin altında düşük olarak kabul edilir (Bulut, 2012). Sedimantasyon değeri ise gluten miktar ve kalitesini belirtmektedir. Bu değerin yüksek olması glutenin iyi su tuttuğu ve hazırlanan ekmeklerin yüksek hacimli olduğunu ifade etmektedir (Elgün, Türker ve Bilgiçli, 2001). TS 2004

buğday standardına göre ekmeklik buğdaylar için Zeleny sedimantasyon (ZS) değeri 36 mL'nin üzerinde çok iyi, 25-36 mL arasında iyi, 16-24 mL arasında zayıf ve 15 mL'nin altında kötü olarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar bu açıdan değerlendirildiğinde *BU*'nun sedimentasyon değerinin çok iyi sınıfında olduğu, buğday ununa, %2 ile 12 arasında *KBU* ilavesinin sedimentasyon değerini iyi sınıfına indirgediği görülmüştür. %6 ve %8 oranında *KBU* içeren örneklerin sedimentasyon değerleri, birbirinden farksız (P>0,05) ve kontrole en yakın değerde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.2 Un numunelerine ait teknolojik özelliklerin tayin sonuçları

KBU **Katkısı**	**Sedimantasyon (mL)**	**Gecikmeli Sedimantasyon (mL)**	**Düşme Sayısı (sn)**	**Fungal Düşme Sayısı(sn)**
%0	37,50±0,71^{a}	45,50±0,71^{a}	421±4,24^{a}	222±8,49^{d}
%2	29,50±0,71^{c}	43,50±0,71^{b}	397,50±9,19^{ab}	259±11,31^{c}
%4	26±1,41^{d}	42±1,41^{b}	397±1,41^{ab}	270,50±9,19^{bc}
%6	33,50±2,12^{b}	41,50±0,71^{bc}	397,50±2,12^{ab}	324±1,41^{a}
%8	33,00±1,41^{b}	39,50±0,71^{cd}	382,50±16,26^{b}	286,50±0,71^{b}
%12	32,50±0,71^{bc}	38±1,41^{d}	370±21,21^{b}	208,50±3,54^{d}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

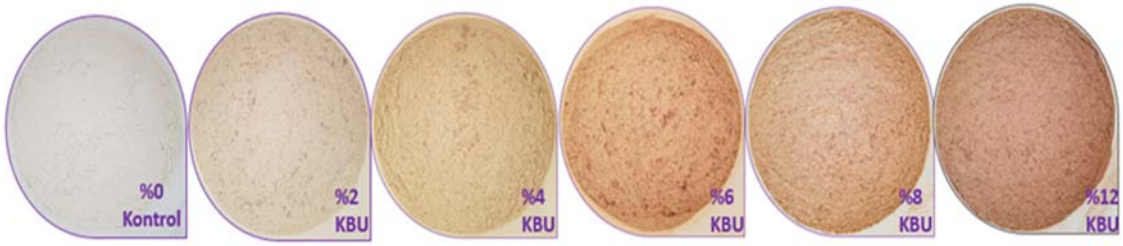
Düşme sayısı; un su karışımı ile hazırlanmış jelin belirli sıcaklıkta karıştırıldıktan sonra oluşan jel içerisinde serbest bırakılan karıştırıcının, nişastanın sıvılaşmasından dolayı belirli bir seviyeye kadar düşmesi için geçen süreyi (sn) ifade etmektedir. Bu yöntemle unda varolan amilaz enziminin aktivitesi belirlenmektedir. Normal olarak ekmeklik buğday unlarında düşme sayısı 250±25 sn olmaktadır. Fungal düşme sayısı ise una sonradan eklenen fungal alfa amilaz miktarı hakkında bilgi sağlamaktadır. Alfa amilazlar, buğday nişastasına etki ederek onları parçalarlar. Bu sayede mayaların kullanabileceği formda şekerler meydana gelmektedir. Bu şekerler ise iyi bir fermantasyon ile fırında hamur gelişimini desteklemekte, daha iyi bir ekmek yapımını sağlamaktadır. Tablo 4.2'de; *BU*'na, *KBU* ilavesi, örneklerin düşme sayısı değerini kontrole (%0 *KBU*) göre

istatistiksel olarak önemli derecede %8 ve %12 *KBU* ilavesi ile azaltmıştır. Fungal düşme sayısında ise %6 *KBU* içeren karışım istatistiksel açıdan önemli derecede yüksektir (P<0,05).

Kotancılar vd., (2006) yapmış oldukları araştırmada nem oranı %13,22 ve kül miktarı %0,57 olan *BU* için yaş öz %26,56, ZS değerini 32,81 mL, düşme sayısı 935 sn olarak belirtmişlerdir.

Keçeli vd., (2017) 11 çeşit buğdaydan elde edilen ekmeklik *BU*'larının fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada; ZS değerini 15 mL-61 mL arasında ve ortalama değerin 10 mL olduğunu, beklemeli ZS değerinin ise 22- 66 mL arasında değiştiğini ve ortalama 45 mL olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, yaş gluten miktarı %11,3- 42,5 arasında tespit edilip ortalaması %28,8'dir. Gluten indeks değerleri ise %43-99 arasında değişmiş ve ortalaması %85 olarak bildirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Buğday Unu Tebliğine (2 Nisan 2013 tarihli resmi gazete yayını, sayı:28606) göre ekmeklik *BU*'unda istenen özellikler, en fazla %14,5 nem, kuru madde (KM) üzerinden kül değeri 0,7<%Kül≤ 0,8 ve sedimantasyon en az 30 mL olacak şekilde bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan *BU*'nun bu kriterleri sağladığı da görülmüştür (Tablo 4.1 ve 4.2).



Şekil 4.1 Ekmek yapımında kullanılan buğday unu ve *KBU* karışımları

Şekil 4.1 çalışmada kullanılan un karışımlarını göstermektedir. Un karışımlarına ait renk değerleri ise Tablo 4.3'te verilmiştir. Artan *KBU* konsantrasyonu, örneklerin L* (parlaklık) değerini önemli derecede azaltmış ve a* (kırmızılık) değerini ise arttırmıştır (P<0,05). Örneklerin b* (sarılık) değerinde ise benzer bir durum görülmemiştir.

Yapılan bir çalışmada *BU* ve *KBU*'na ait renk ölçümleri kıyaslanmıştır. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla; *BU* için 68,34, -0,24 ve 8,43, *KBU* için 35,36, 6,62 ve 11,54 olarak ölçülmüştür (Aydın, 2012).

Madenci ve Bilgiçli (2014) kullandıkları *BU*'nun renk değerlerini L*=94,51 a*=−0,77 b*=9,59; Dirim vd. (2014) L*=95,06 a*=0,10 b*=8,70; Kotancılar vd., (2006) ise L*=93,96, a*=0,74 ve b*=9,74 ve *KBU* için L*=56,52 a*=8,26 b*=20,67 olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmada elde edilen renk değerleri literatür değerleriyle benzerlik göstermektedir. %4-%6 *KBU* ikamelerine ait a* değerleri arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir (P>0,05).

Tablo 4.3 Farklı oranlarda keçiboynuzu unu ikame edilen unların renk değerleri

	Un Renk		
***KBU* Katkısı**	***L**	**a***	**b***
%0	93,95±0,26^{a}	-0,30±0,05^{e}	9,12±0,21^{a}
%2	91,38±0,25^{b}	0,50±0,01^{d}	7,49±0,01^{d}
%4	87,81±0,24^{c}	1,80±0,06^{c}	7,56±0,11^{cd}
%6	87,21±0,14^{d}	1,92±0,08^{c}	7,74±0,08^{c}
%8	84,17±0,19^{e}	2,80±0,04^{b}	8,35±0,04^{b}
%12	80,44±0,64^{f}	3,83±0,24^{a}	11,29±0,22^{a}

*Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

BU ile karşılaştırıldığında *KBU*'nun L* değerinin belirgin bir şekilde düşük, a* ve b* değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Keçiboynuzunun kendine has kahverenginde oluşu L* değerinin düşük olmasının başlıca sebebidir.

Yapılan benzer çalışmalarla, elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, değerler arasında görülen temel farklılıkların, esas olarak kullanılan kavurma (uygulanan sıcaklık) metodundaki farklılıklar, tür çeşitliliği, farklı coğrafi faktörler ve depolama koşulları gibi birçok etkenden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

4.2 Unda Reolojik Özelliklerin Tespiti

4.2.1 Farinograf ve Ekstensograf Sonuçları

Farinograf analizinde, hamurun yoğrulması sırasında yoğurma haznesindeki paletlere göstermiş olduğu direnç ölçülür ve hazırlanan hamurun yoğurma özellikleri tespit edilir. Kaliteli ekmeklik unlarda kurve genişliği, stabilitesi, yoğurma toleransı, yumuşama derecesi düşüktür. Gelişme süresinin uzaması yoğurma süresini de arttırmaktadır. Stabilitesinin artışı hamur yoğurma toleransını olumlu etkilemektedir. Yumuşama derecesinin yüksek olmaması tercih edilmektedir. Sebebi ise değerin artmasıyla hamurun işlenebilirliğinin ve fermantasyona toleransının azalmasıdır (Köksel vd., 2000, Elgün vd., 2002).

Un karışımlarına ait farinograf özellikleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Çalışmada kullanılan buğday ununun (%0 *KBU*), gelişme süresi (dk), % su absorbsiyonu ve stabilite değerleri sırasıyla 2,12±0,01 dk., % 58,38±0,03 ve 5,04±0,02 dk. şeklinde tespit edilmiştir. Aydoğan vd., (2015) Konya'da yetiştirilmiş 100 çeşit ekmeklik buğday genotipinden un elde ederek farinograf analizi sonucunda; su absorpsiyonunu %61,76-68,40, stabilite değerlerini 0,50-16,11 dk aralığında, gelişme süresinin 1,35-12,17 dk aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise; ekşi hamur yapımında kullanılan *BU* için farinogram özellikleri, su absorbsiyonu %62,1, gelişme süresi 2 dk, hamur stabilitesi 13,5 dk olarak tespit edilmiştir (Kotancılar vd., 2006). Farinograftan elde edilen bu sonuçlar, buğdayın yetiştiği çevre kosulları, protein miktarı ve protein kalitesi ile yakından ilişkilidir (Boyacıoğlu, 2007; Arduzlar 2010).

Bilgin vd., (2008) ekşi hamur ve ticari mayalı ekmek üretiminde kullanılması planlanan tam buğday, Tip 650 ve her ikisinin yarı yarıya karıştırıldığı unlarla farinograf analizleri gerçekleştirmiş; sırasıyla su absorbsiyon değerleri %66,5, 62 ve 65, gelişme süreleri 6, 4,5, ve 6 dk olarak, stabiliteleri 7,5, 10,5 ve 8 dk, yumuşama dereceleri 60, 70 ve 70 BU olarak bidirmiştir. Farklı bir çalışmada ekmeklik 11 çeşit buğdaydan elde edilen *BU*'nun reolojik kalite özellikleri incelendiğinde; farinograf absorpsiyon değeri %46,6-66,8 ortalama olarak %59,05, yumuşama derecesi 0-210 BU aralığında tespit edilmiştir (Keçeli vd., 2017). Yapılan çalışmalarda da kaliteli unlarda su absorpsiyonu yüksek iken yumuşama

derecesinin düşük olduğu görülmüştür (Tablo 4.4). Bu çalışmada da elde edilen veriler bu durumu desteklemektedir (Tablo 4.4).

Çalışmada *BU* için elde edilen sonuçlar, literatürde belirtilen diğer sonuçlarla kıyaslandığında, *BU*'nun ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmış ve bu kapsamda *KBU*'ndan yararlanılmıştır. Artan *KBU* miktarı, %2 *KBU* içeren örnek dışında, diğer örneklerin % su absorbsiyon değerini kontrole göre (%0 *KBU*) önemli derecede arttırmıştır (P<0,05). Benzer şekilde, artan *KBU* örneklerin gelişme süresi değerlerini de artırmış (P<0,05) fakat en yüksek gelişme süresi %2 ve %4 *KBU* içeren örneklerde görülmüştür. Benzer etkiler, stabilite, consistency ve tolerans indeks değerlerinde de görülmüş ve %12 *KBU* içeren örneğin bu parametreler açısından en yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Un karışımlarının farinogram özellikleri

***KBU* Katkısı**	**Gelişme Süresi(dk)**	**Su Kaldırma(%)**	**Stabilite(dk)**	**Yumuşama Derecesi(BU)**	**Tolerans Index (FU)**
%0	2,12±0,01^{c}	58,38±0,03^{c}	5,04±0,02^{e}	41±1,63^{d}	35,50±0,71^{c}
%2	8,24±0,01^{a}	58,60±0,42^{c}	8,20±0,14^{d}	55±2,04^{cd}	53,50±2,12^{b}
%4	8,43±0,01^{a}	59,90±0,14^{b}	9,85±0,45^{b}	63±1,36^{bc}	56,50±3,54^{b}
%6	7,42±0,02^{b}	60,30±0,57^{ab}	9,30±,0,02^{c}	87±0,71^{b}	56,00±1,41^{b}
%8	7,66±0,54^{ab}	60,55±0,49^{ab}	9,50±0,13^{bc}	95±1,83^{b}	63,00±1,41^{a}
%12	7,78±0,61^{ab}	60,95±0,07^{a}	11,10±0,12^{a}	109±1,41^{a}	67,00±2,83^{a}

***** Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Wang vd. (2002) keçiboynuzu kabuğundan elde edilen un, bezelye lifi ve inulin ilavesinin ekmek hamuru reolojisine etkilerini incelemiştir. Lif katkısının su absorbsiyonunu etkileyerek en yüksek su absorbsiyonunu bezelye lifinin ardından *KBU* ve inulin ilavesiyle elde edildiğini belirtmiştir. Hamur gelişim süresi ve stabilite bezelye lifi ve inulin ilavesiyle sabit kalırken, *KBU* stabilite artışına neden olmuştur. Bu çalışmada da elde edilen sonuçlar, stabilite değeri açısından Wang vd. (2002) sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Miś vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ekmeğe %1-5 *KBU* ve %5-25 yulaf kepeği ilavesiyle hamurun su absorbsiyonunun %56-59 olarak arttığı ve yulaf kepeği katılanlara oranla *KBU* ilave edilen hamurların stabilitelerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Haber (2002) yapmış olduğu çalışmalarda ekmek ve mini sandviç ekmeklerinin üretiminde %6'a kadar *KBU* ilavesinin hamur reolojisini iyileştirici etkisinin olduğunu belirtmiştir. Özellikle buğday, çavdar ve çok tahıllı ekmek formülasyonlarını çok değiştirmeden %6 oranında keçiboynuzu lifi ve su absorbsiyonuna göre su ilave edilerek hazırlandığında, hamurların yüzeylerinin kuru ve yapışkan kıvamın (özellikle çavdar unlu hamurda) azaldığını bildirmiştir. Çok tahıllı mini ekmek hamurlarına %3 ve %6 lif ilave edildiğinde sırasıyla %2-3 ve %4-6 su absorbsiyonunun arttığını tespit etmiştir.

Farinograf verilerinde *KBU* ilavesiyle tespit edilen bu iyileşmenin temel sebebinin *KBU*'daki karoubin proteini ve liflerden kaynaklandığı bilinmektedir. Su varlığı hamur gelişimi için çok önemlidir, aksi halde lifce zengin yapı kayda değer miktarda su emmeyip (Collar, Santos ve Rosell, 2007), böylece hamurun fermantasyon kapasitesini azaltmaktadır (Laurikainen vd., 1998). Bu kabiliyet esas olarak, lif yapısında, hidrojen bağlarıyla su ile etkileşime giren çok sayıda hidroksil grubunun varlığıyla belirlenir (Rosell, Rojas ve Benedito de Barger, 2001). Liflerin yanı sıra, keçiboynuzu proteinleri (karoubin) güçlü bir hidrofilik karaktere sahiptirler önemli bir su miktarına ihtiyaç duyarak 25°C'da yaklaşık 3 g su/g, glutenden (25°C'da 2 g su/g) daha fazla su emmektedirler **(**Wang vd., 2001). Keçiboynuzu çekirdeği embriyosundan izole edilen suda çözünmeyen protein olan karoubin, farklı ebat ve polimerizasyon derecesine sahip bir protein karışımıdır. Glutene benzer reolojik özellikler göstermektedir (Wang vd., 2001).

KBU ikameli hamurun gelişimi sırasında iki maksimum tepe noktasına sahip farinograf eğrileri üretilmiştir. *KBU* için kaydedilen eğriler, ilkinden daha düşük ikinci bir zirveye sahiptir (EK A). Yulaf kepeği ve keçiboynuzu lifi kullanılarak yapılan bir çalışmada da ekmek hamurları hazırlanmış ve yulaf kepekli olması durumunda, ikinci tepe noktası birinci seviyeden daha yüksek ve bu nedenle hamur geliştirme süresinin belirlenmesinde bu nokta, ikinci tepe noktası dikkate alınmıştır (Alvarez-Jubete, Arendt ve Gallagher, 2009). Tablo 4.4'de görüldüğü

üzere; %4 *KBU* ilavesinden sonra gelişme süresi azalmıştır. Artan *KBU*'la gelişme süresinin kısaldığı bilinmektedir (Alvarez-Jubete vd., 2009). Gelişme süresinin düşük olmasının da ekmek hacminin düşmesine, gözenek yapısının bozulmasına sebep olacağı belirtilmiştir (Aydoğan vd., 2012).

Wang vd. (2002) su absorbsiyonu %53,5, gelişme süresi 2dk, stabilitesi 4dk olan *BU*'na %3 oranında keçiboynuzu lifi ilavesiyle unun su absorbsiyonunun %57,3, gelişme süresinin 2 dk, stabilitesinin 4 dk olduğunu gözlemlemiştir. Başka bir çalışmada ise; su absorbsiyon, gelişme süresi, stabilite değerleri sırasıyla %58,3, 1,45 dk ve 12,3 dk olan *BU*'na %5 rafine keçiboynuzu çekirdeği unu (*KÇU*) ilave edildiğinde su absorbsiyonu %73,4, gelişme süresi 13 dk, stabilite 12,3 dk şeklinde tespit edilmiştir. Rafine *KÇU* oranı %10'a çıktığında hamur oluşumu gözlemlenmediğinden farinograf değerleri elde edilememiştir. %5 *KÇU* ilavesiyle su absorbsiyonu %66,8, gelişme süresi 8,30 dk, stabilite 10 dk, katkı oranı %10 olduğunda su absorbsiyonu %76,7, gelişme süresi 8,30 dk, stabilite 10 dk bulunmuştur. %6 ve 12 keçiboynuzu çekirdeği ruşeym unu ilavesinde değerler sırasıyla su absorbsiyonu %64,7 ve 72,5, her ikisi için gelişme süresi 8 dk, stabilite 12,30 ve 12 dk olarak tespit edilmiştir (Turfani, 2017).

Salinas vd. (2015), keçiboynuzu kabuğundan elde edilen *KBU* su absorbsiyonunun *BU* kontrol örneğinden (%60,3) daha düşük, %30 *KBU* içeren hamurların yüksek stabilite, düşük yumuşama derecesine sahip olduğunu bildirmiştir. Kontrol örneğinin stabilitesi 29 dk ve yumuşama derecesi 40 FU olarak tespit edilmiştir. Literatürde yer alan araştırmalar incelendiğinde keçiboynuzunun farklı kısımlarından elde edilen unların kullanımının, farinograf ve ekstensograf değerlerini farklı şekilde etkilediği ve herbiri için farklı değer aralıklarını sağladığı görülmüştür.

Ekstensograf hamurun uzama kabiliyetini grafik ile ifade ederek, hamurun işlenebilirliği, gaz tutma kapasitesi, fermantasyona toleransı ve bunlara bağlı olarak elde edilecek olan ekmeklerin hacimleri hakkında fikir vermektedir (Köksel vd., 2000, Elgün vd., 2002). Un karışımlarına ait ekstensograf sonuçları Tablo 4.5'te görülmektedir.

Ekstensograf analizinde elde edilen hamur enerji değeri kurve altında kalan alanın cm^2 cinsinden ifadesidir. Enerjinin yüksek olması, hamurun gaz tutma

kapasitesinin ve fermantasyon toleransının yüksek olduğunu belirtir. Yüksek enerjili hamurlardan üretilen ekmeklerin hacmide yüksek olmaktadır (Boyacıoğlu, 2007).

Tablo 4.5 Un karışımlarının ekstensogram özellikleri [a,b]

	KBU **Katkısı**	**45. dk**	**90. dk**	**135. dk**
Enerji(cm^2)	**%0**	133,00±5,20^{aA}	162,00±12,58^{aA}	146,67±27,39^{aA}
	%2	122,33±1,53^{bB}	152,67±13,58^{abA}	147,67±8,08^{aA}
	%4	120,00±4,36^{bB}	139,00±7,81^{bA}	146,33±11,15^{aA}
	%6	118,67±9,87^{bB}	146,67±6,66^{abA}	145,67±11,06^{aA}
	%8	104,67±2,08^{cB}	134±10,82^{bcA}	128,00±5,29^{abA}
	%12	97,33±3,21^{cB}	115,00±13,45^{cA}	117,67±3,06^{bA}
Uzamaya Karşı Direnç(BU)	**%0**	456±13,89^{eB}	633,67±43,84^{dA}	647,67±9,61^{eA}
	%2	455,33±23,71^{eC}	636,67±18,77^{dB}	701,00±15,13^{dA}
	%4	501,00±27,22^{dB}	761,67±9,50^{cA}	814,67±55,18^{bA}
	%6	563,67±36,12^{cB}	950±10,82^{bA}	972,67±10,69^{bA}
	%8	629,00±3,46^{bC}	978,67±25,72^{bB}	1153,67±21,01^{aA}
	%12	678,00±24,52^{aB}	1147±30,05^{aA}	1164,33±24,94^{aA}
Uzayabilirlik (mm)	**%0**	174,00±7,94^{aA}	159,33±21,55^{aA}	126,67±43,56^{abcA}
	%2	175,00±5,20^{aA}	149,67±13,20^{aA}	149,67±20,60^{aA}
	%4	160,67±6,81^{bA}	117,33±28,68^{aB}	134,33±2,89^{abB}
	%6	135,33±11,06^{cA}	114,67±4,62^{bcB}	108,67±2,89^{bcdB}
	%8	115,67±3,51^{dA}	110,33±13,58^{bcB}	94,00±7,21^{cdB}
	%12	105,00±1,73^{dA}	86,67±2,08^{cB}	90,33±3,51^{dB}
Uzamaya Karşı Max Direnç(BU)	**%0**	634,00±12,49^{bB}	880,67±41,63^{dA}	904,67±20,40^{cA}
	%2	625,33±7,09^{bC}	846,00±42,16^{dB}	906,00±25,63^{cA}
	%4	640,67±37,50^{bB}	967,33±22,30^{cA}	1006,33±28,43^{bA}
	%6	700,67±40,38^{aB}	1110,67±46,70^{abA}	1165,67±40,08^{aA}
	%8	710,00±18,36^{aC}	1104,67±24,17^{bB}	1202,33±5,51^{aA}
	%12	732,33±20,74^{aB}	1167,67±25,28^{aA}	1171,00±21,70^{aA}
Oran Numarası	**%0**	2,63±0,23^{deB}	4,03±0,68^{dA}	4,80±0,85^{cdA}
	%2	2,50±0,20^{eC}	3,77±0,12^{dB}	4,70±0,56^{dA}

%4	3,10±0,17^{dB}	5,83±0,60^{cA}	6,07±0,25^{cA}
%6	4,20±0,52^{cB}	8,30±0,26^{bA}	9,37±0,93^{bA}
%8	5,47±0,15^{bC}	8,93±0,81^{bB}	12,30±1,00^{aA}
%12	6,47±0,23^{aB}	12,67±1,01^{aA}	12,93±0,67^{aA}

[a]Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).
[b]Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).

Uzamaya karşı direç; hamur mukavemeti olarakta adlandırılmaktadır. BU cinsinden ifade edilen, kurvenin yükselmeye başladığı alandan itibaren 5 cm sonrasında kurveden okunan uzamaya karşı direncin (R_5) yüksekliğidir (Elgün vd., 2002). Uzamaya karşı direnç ikame oranına bağlı olarak istatiksel olarak önemli farklılıklarla artış göstermiştir (P<0,05). 45 dk'lık periyotlarda en yüksek değer en fazla (%12) *KBU* katkısı olan örnekte kaydedilmiştir (Tablo 4.5). Uzayabilirlik kontrole en yakın %2 *KBU* içeren örnektedir. İkame oranı arttıkça değer istatistiksel olarak önemli oranda azalmaktadır (P<0,05) ve bunun hamurun elastikiyetinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Literatürle kıyaslandığında benzer sonuçlara rastlanmıştır. Ekstensograf analizinde ekmek hamurlarında 45. ve 90. dklarda kontrole en yakın sonuçları %2 *KBU* ilavesinin sağladığı (Tablo 4.5) görülmektedir.

Uzayabilirlik değeri ise; mm olarak ifade edilen, uzamanın başladığı andan hamurun koptuğu ana kadar grafik üzerindeki ortalama kurve taban uzunluğudur (Elgün vd., 2002). Tablo 4.5'te görüldüğü üzere *KBU* ikamesinin artmasıyla hazırlanan hamurların uzayabilirlik değerleri düşmüştür. Kontrole en yakın sonuçları %2 *KBU* ilavesiyle elde etmek mümkün olmuştur. 45. ve 90. dk'larda %0 ve %2 *KBU* ikameleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir (P>0,05).

Yapılan bir analizde uzayabilirlik açısından inulin katkısı değişime neden olmazken bezelye ve keçiboynuzu lifi katkısı hamurun uzayabilirliğini azaltmıştır. Benzer şekilde çalışmamızda da artan *KBU* ikamesine bağlı hazırlanan hamurun uzayabilirlik seviyesinde gerileme tespit edilmiştir (Wang, Rosell ve Barber, 2002).

KBU ve yulaf kepeği ilavesinin hamurun reolojik özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, %1-5 keçiboynuzu lifi ilavesinin %5-25 yulaf kepeği ilavesine göre uzayabilirlik değerinin daha düşük fakat uzamaya karşı direncin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Miś vd. 2012).

Oran sayısı; uzamaya karşı direncin uzayabilirliğe oranıdır. Oran sayısı düşük olan hamurlar çok uzayabilirken fermantasyon sırasında oldukça hızlı yumuşak ve akışkan kıvam almaya başlarlar. Oran sayısı yüksek ise hamurlar uzayabilirliğe kıyasla çok fazla dirence sahip ve yetersiz fermantasyon göstermektedir (Boyacıoğlu, 2007). Yapmış olduğumuz analiz sonuçları incelendiğinde *BU* ve %2 *KBU* kullanılan hamurlarda oran sayısı sonuçları birbirinden istatistiksel olarak faksızdır (P>0,05). İkame miktarı arttıkça oran sayısında artış görülmüştür (P<0,05).

Kotancılar vd., (2006) ekşi hamur hazırlamak üzere kullnmış oldukları BU örneğine ait ekstensograf özelliklerini; uzama kabiliyeti 178,67 mm, hamur mukavemeti 186,67 EU, oran sayısı 1,04 EU/mm, maksimum direnç 295 EU ve hamur enerjisi 71,5 cm^2 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan, *BU*'nun ekstensograf özellikleri ise, uzama kabiliyeti 174 mm, hamur mukavemeti 456 EU, oran sayısı 2,63 EU/mm, maksimum direnç 634 EU ve hamur enerjisi 133 cm^2 dir.

Fermantasyon süresinin (45, 90 ve 135 dk.) un karışımlarının ekstensogram özelliklerini nasıl etkilediği Tablo 4.5'de gösterilmiştir. Fermantasyon süresinin 45 dk.'dan 90 dk.'ya çıkmasıyla uzamaya karşı direnç ve oran sayısı değerleri artmıştır. Uzayabilirlik değerleri ise %4, 6, 8 ve 12 *KBU* içeren örnekler için azalmıştır (P<0,05).

4.3 Ekşi Hamurun Teknolojik Özellikleri

4.3.1 Ekşi Hamurda pH

Tip 1 Ekşi hamurlarda pH takibi fermantasyon öncesinde ve sonrasında olmak üzere bir hafta süresince yapılmıştır (Tablo 4.6). Örneklere ilave olunan *KBU* miktarının ve yenilemenin pH üzerindeki etkisi tespit edilmiştir.

Ekşi hamurların ekmek üretimine uygun hale gelebilmesi için pH değerinde düşüş gerekmektedir (Arendt vd., 2007). Tablo 4.6'da görüldüğü üzere, kontrol dahil her ekşi hamur pH değeri, fermantasyon günlerinin artmasıyla, 5,58'ten 3,43'e kadar değişerek azalmıştır. Ekşi hamur eldesi sırasında pH değerinin düşmesi, yenileme işlemiyle baskın hale gelen LAB'ların laktik ve asetik asit üretiminden kaynaklanmaktadır (Wehrle ve Arendt, 1998). Ayrıca Rayner (2009) ekşi hamur

bakterilerinin karbonhidrat, yağ ve proteini fermente ettiğini ve ekşi hamurda özellikle laktik asit olmak üzere asit ürettiğini bildirmiştir.

Şekil 4.2'de yenileme işlemine bağlı olarak ekşi hamurlardaki pH değişimi gösterilmektedir. %0 *KBU* belirgin azalma 2. günün sonunda görülürken *KBU* ilaveli ekşi hamurlarda 1. günün sonunda görülmüştür. Collar vd. (2007) iyi olgunlaşmış bir ekşi hamurun pH değerinin 3,5-4,3 arasında olabileceğini belirtmişlerdir. Bu bilgiye dayanarak çalışmada üretilen bütün ekşi hamurların 3. günün sonunda pH açısından olgun bir hamur olduğu sonucuna varılabilir. 6.günün sonunda %5 *KBU* içeren ekşi hamur en düşük pH değerine (3,52±0,01) ulaşırken, %30 *KBU* içeren ekşi hamur ise en yüksek pH değerine (3,86±0,01) ulaşmıştır ($P<0,05$).

Ercolini vd. (2013) *BU*, durum buğdayı ve çavdar ununa 10 gün boyunca yapmış oldukları yenileme işlemi sonucunda ekşi hamurların pH değerinin 5-7 günün sonunda sabitlendiğini belirtmişlerdir. Ekşi hamurlarda gözlemlenen bu farklılığın fermantasyon koşullarına, kullanılan un çeşidine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir.

Tablo 4.6 Hazırlanan ekşi hamurların pH değerleri[a,b]

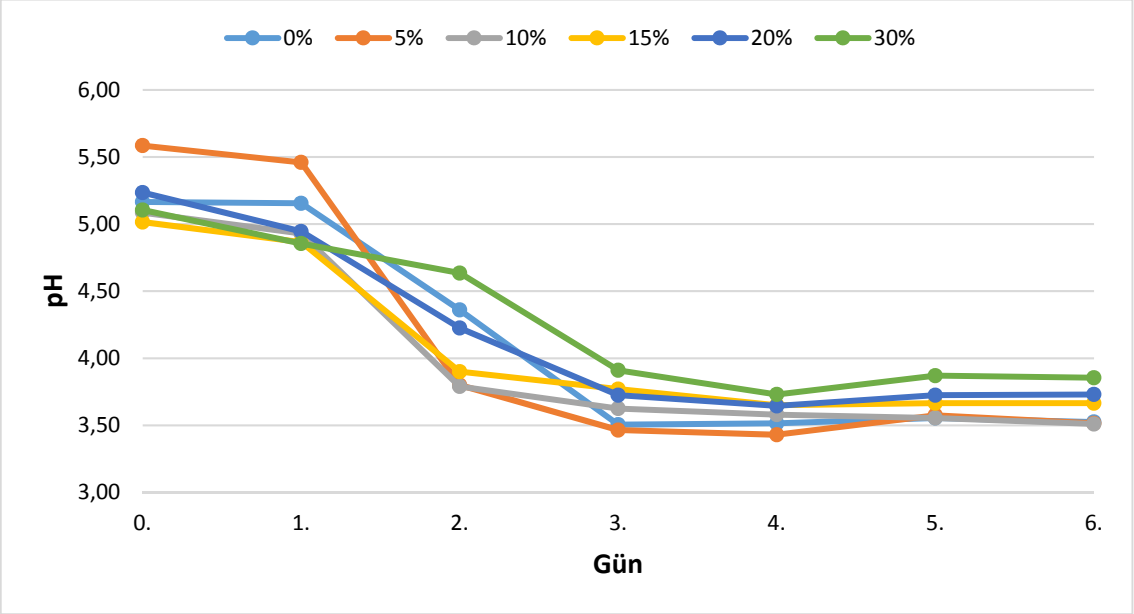
	pH					
***KBU* Katkısı**	**%0**	**%5**	**%10**	**%15**	**%20**	**%30**
0. Gün	5,17±0,01^{aC}	5,59±0,01^{aA}	5,09±0,01^{aD}	5,02±0,01^{aE}	5,24±0,02^{aB}	5,11±0,04^{aD}
1. Gün	5,16±0,01^{aB}	5,46±0,11^{bA}	4,93±0,04^{bC}	4,87±0,01^{bC}	4,95±0,02^{bC}	4,86±0,02^{bC}
2. Gün	4,36±0,03^{bB}	3,80±0,06^{cDE}	3,79±0,01^{cE}	3,90±0,01^{cD}	4,23±0,04^{cC}	4,64±0,08^{cA}
3. Gün	3,51±0,02^{cD}	3,47±0,01^{dD}	3,63±0,01^{dC}	3,77±0,03^{dB}	3,73±0,01^{dB}	3,91±0,04^{dA}
4. Gün	3,52±0,01^{cD}	3,43±0,01^{deE}	3,58±0,01^{deC}	3,65±0,01^{eB}	3,65±0,01^{eB}	3,73±0,03^{eA}
5. Gün	3,56±0,08^{cD}	3,58±0,05^{deCD}	3,56±0,01^{efD}	3,67±0,01^{deBC}	3,73±0,01^{dB}	3,87±0,01^{dA}
6. Gün	3,53±0,01^{cD}	3,52±0,01^{eD}	3,51±0,01^{fD}	3,67±0,04^{eC}	3,73±0,01^{dB}	3,86±0,01^{dA}

[a]Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır ($P<0,05$).
[b]Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır ($P<0,05$).

Ekşi hamur üretiminde starter kültür kullanımının, pH değerinde daha hızlı bir düşüşe sebep olduğu bilinmektedir. Ekinci vd. (2016) tarafından LAB inokülasyonu ile hazırlanan bütün ekşi hamurlarda, 24 saatin sonunda en düşük pH değerine ulaşılmış; ancak, kontrol değerlerinde pH'daki düşüş sınırlı kalmıştır (pH 5,14). En

düşük pH değerleri sırasıyla, *P. acidilactici* PFC38 suşu ile hazırlanan monokültür ekşi hamurunda, *L. plantarum* PFC22-*P. acidilactici* PFC38 ve *L. plantarum* PFC22-*P. acidilactici* PFC38-*L. sanfranciscensis* PFC80 kullanılarak hazırlanan ikili ve üçlü tip 2 starterlerinde gözlenmiştir. Ekmek hamurlarında pH; yoğurma sonrası ekşi hamur içermeyen kontrol 5,73, spontan ekşi hamur kontrol örneği 5,59 iken fermantasyon sonrası sırasıyla 5,50 ve 5,39'a düşmüştür.

Kotancılar vd., (2006) yapmış olduğu araştırmada Trabzon Vakfıkebir ekmeğini beyaz tava ekmeği olarak laboratuvar şartlarında üretmiştir. Bu çalışma esnasında hazırlanan ekşi hamurların fermantasyon süresine (0, 5, 10 ve 15 saat) bağlı değişen pH değerleri 5,35, 5,32, 4,93 ve 4,85 olarak belirlemişlerdir. Fermantasyon süresinin uzamasıyla, pH değerindeki azalma bu çalışmada yapmış olduğumuz günlük takipte de görülmüştür. Kotancılar vd. (2006) aynı çalışmada ekmeklere ilave edilen farklı ekşi hamur miktarlarının (%0, %10, %20 ve %30) eklenen ekşi hamur yüzdesine bağlı olarak pH değerlerini azalttığı fakat %20 ve %30 oranlarındaki ilavenin ekmeğin pH değerini etkilemediğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.2 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük pH değişimi

Mohammad vd. (2011) muz benzeri meyve (plantain) ununun ekşi hamur fermantasyonuna etkisini araştırdıkları bir çalışmada, fermantasyon sonucunda pH değerinin 3,85'ten 3,65'e düştüğünü bildirmişlerdir.

4.3.2 Ekşi Hamurda TTA

Laktik asitin, ekşi hamur numunesinde bulunan baskın organik asit olması sebebiyle TTA değeri ölçülebilir (Nielsen, 2003). Tablo 4.7'de yeralan yenileme sonrası değerlerde 2. gün itibariyle istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmüştür (P<0,05).

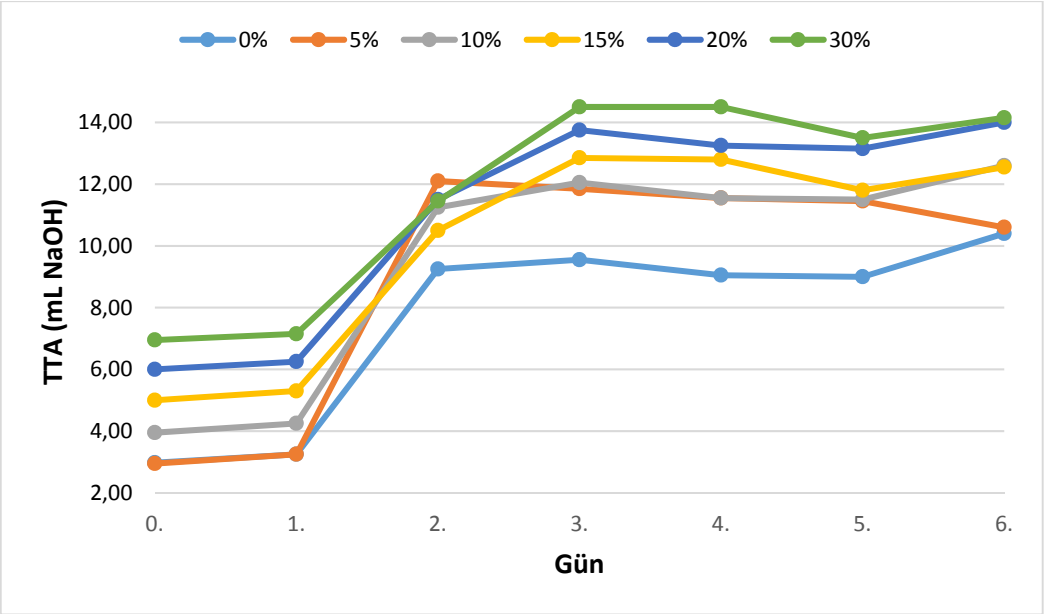
Şekil 4.3, kontrol dahil her ekşi hamur için TTA değerinin, fermantasyon günlerinin ilerlemesiyle 2,95 ila 14,50 mL NaOH arasında arttığını göstermektedir. Yapılan günlük takip sırasında kontrol örneğinin en düşük, %30 *KBU* içeren ekşi hamurun ise en yüksek TTA değerine ulaştığı tepit edilmiştir (P<0,05). %5 *KBU* içeren ekşi hamur 2. günde, %15, %20 ve %30 *KBU* içeren ekşi hamurlar 3. ve 4. günde en yüksek TTA değerine ulaşmıştır. %20 ve %30 *KBU* içeren ekşi hamurlarda 3. gün itibariyle sarfiyat miktarlarında istatistiksel olarak farklılığa rastlanmamıştır (P>0,05). 6. günün sonunda en yüksek TTA değerine %30 *KBU* içeren ekşi hamur ulaşmıştır(P<0,05).

Tablo 4.7 Hazırlanan ekşi hamurların TTA değerleri[a,b]

	TTA (mL NaOH)					
***KBU* Katkısı**	**%0**	**%5**	**%10**	**%15**	**%20**	**%30**
0. Gün	2,98±0,11^{dE}	2,95±0,21^{cE}	3,95±0,07^{dD}	5,00±0,28^{dC}	6,00±0,42^{cB}	6,95±0,49^{cA}
1. Gün	3,25±0,07^{dE}	3,25±0,21^{cE}	4,25±0,07^{dD}	5,30±0,28^{dC}	6,25±0,35^{cB}	7,15±0,49^{cA}
2. Gün	9,25±0,35b^{cB}	12,10±1,27^{aA}	11,25±0,35^{cA}	10,50±0,71^{cAB}	11,50±0,71^{bA}	11,45±0,78^{bA}
3. Gün	9,55±0,07^{bE}	11,85±0,35^{abD}	12,05±0,07^{bD}	12,85±0,21^{aC}	13,75±0,35^{aB}	14,50±0,30^{aA}
4. Gün	9,05±0,07^{bcD}	11,55±0,21^{abC}	11,55±0,07^{cC}	12,80±0,28^{aB}	13,25±0,35^{aB}	14,50±0,71^{aA}
5. Gün	9,00±0,14^{cC}	11,45±0,07^{abB}	11,50±0,14^{cB}	11,80±0,28^{bB}	13,10±0,14^{aA}	13,50±0,42^{aA}
6. Gün	10,40±0,42^{aC}	10,60±0,28^{bC}	12,60±0,14^{aB}	12,55±0,07^{abB}	14,00±1,41^{aAB}	14,15±0,21^{aA}

[a]Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).
[b]Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).

Yapılan bir araştırmada farklı oranlarla muz benzeri meyve (plantain) unu kullanılarak hazırlanan ekşi hamur örneklerinde fermantasyon gün sayısı arttıkça TTA değerlerinin laktik asit cinsinden 0,0116 ile 0,1439 arasında değiştiği bildirilmiştir (Mohammad, Hassan ve Zanariah, 2011).



Şekil 4.3 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük TTA miktarı değişimi

Satrter kullanımının ekşi hamur TTA değeri üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada, fermantasyon sonrası spontan ekşi hamurun TTA değeri 0,35 iken, starter kültür içeren ekşi hamurların TTA değerleri 0,33 olarak tespit edilmiştir (Ekinci vd., 2016).

4.3.3 Ekşi Hamurda Bulunan Toplam Maya ve LAB Sayısı

Ekşi hamurun doğal mikroflorası baskın olarak maya ve lablardan oluşmaktadır (Ekinci vd., 2016). Ekşi hamurun ortalama olarak 10^8-10^9 kob/g LAB ve 10^6-10^7 kob/g civarında maya içermesi tercih edilmektedir (Özçelik, 2005).

Tablo 4.8'de fermantasyonun etkisiyle ekşi hamur örneklerindeki maya miktarındaki değişim gösterilmiştir. Kontrol olarak kabul edilen *BU* ile hazırlanan ekşi hamur içerisinde bulunan maya miktarının diğer örneklerle kıyaslandığında 5. günün sonunda daha fazla olduğu ve onu %5-%10 *KBU* ikameli ekşi hamurların takip ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca %30 *KBU* içeren örnek hariç tüm örneklerde ilk fermantasyonun ardından tespit edilen maya miktarlarında kendi içinde istatistiksel bir farka rastlanmamıştır ($P>0,05$). 5. günün sonunda, %0 ve %5 *KBU* içeren ekşi hamurlar en yüksek maya sayısına sahipken, %30 *KBU* içeren ekşi hamurun en düşük maya sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

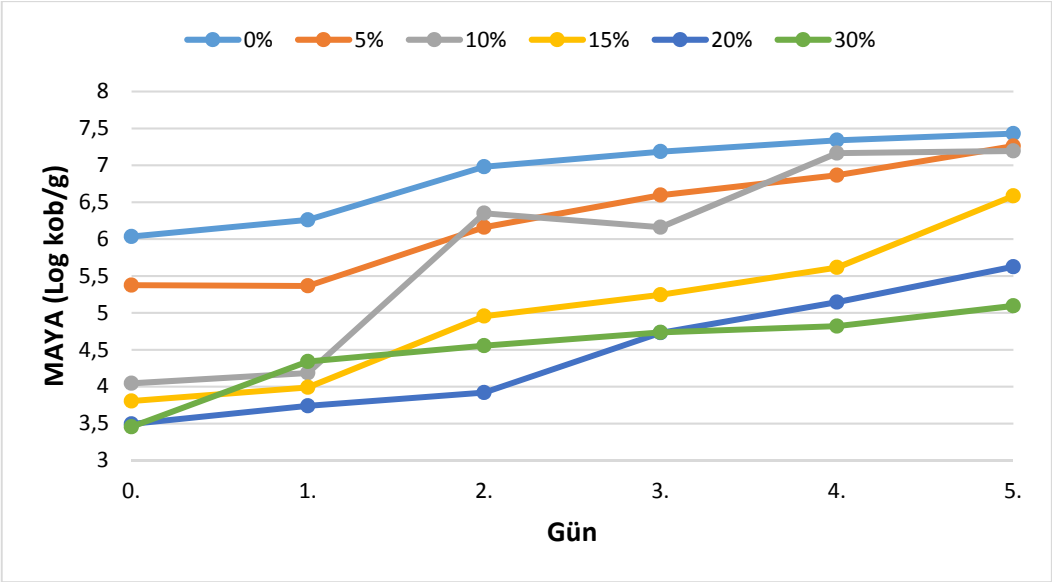
Tablo 4.8 Ekşi hamurların içerdiği maya sayısı[a,b]

	MAYA (Log kob/g)					
***KBU* Katkısı**	**%0**	**%5**	**%10**	**%15**	**%20**	**%30**
0. Gün	6,04±0,06^{cA}	5,38±0,22^{dB}	4,05±0,02^{cC}	3,81±0,09^{eC}	3,50±0,09^{eD}	3,46±0,11^{dD}
1. Gün	6,26±0,20^{cA}	5,37±0,13^{dB}	4,19±0,01^{cCD}	3,99±0,08^{eDE}	3,74±0,06d^{eE}	4,34±0,17^{cC}
2. Gün	6,98±0,20^{bA}	6,16±0,25^{cB}	6,35±0,23^{bB}	4,96±0,12^{dC}	3,92±0,13^{dD}	4,56±0,12b^{cC}
3. Gün	7,19±0,22^{abA}	6,60±0,25^{bcB}	6,16±0,10^{bC}	5,25±0,11^{cD}	4,73±0,16^{cE}	4,74±0,11^{bE}
4. Gün	7,34±0,13^{abA}	6,87±0,06^{abB}	7,17±0,02^{aA}	5,62±0,13^{bC}	5,15±0,11^{bD}	4,82±0,11^{abE}
5. Gün	7,43±0,08^{aA}	7,26±0,03^{aAB}	7,20±0,05^{aB}	6,59±0,13^{aC}	5,63±0,13^{aD}	5,10±0,02^{aE}

[a]Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).
[b]Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).

Juarez-Garcia vd. (2006), karbonhidratların olgunlaşmamış meyvelerin ana fraksiyonunu oluşturduğunu, bunların nişasta ve nişasta olmayan polisakaritlerin başlıca bileşenleri olduğunu bildirmiş ve meyve unu içindeki karbonhidratların, mayaların üremesi için substrat görevini üstlendiğini belirtmiştir. Çalışmamızda da keçiboynuzu meyvesinden elde un ikamesinin fermantasyon sırasında benzer etkiye sebep olduğu görülmektedir. Tablo 4.8'de maya sayısı, %30 *KBU* içeren örnekte kontrol örneğine kıyasla istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05). Şekil 4.4 ekşi hamurların içerdiği maya sayısını göstermektedir.

Fermantasyonun etkisiyle ekşi hamur örneklerindeki LAB miktarındaki değişim Tablo 4.9'da verilmiştir. %0-10-15-20-30 *KBU* ikamesi içeren ekşi hamur örneklerinde 2. yenileme sonrasında LAB miktarı değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır (P>0,05). Kontrol örneğine kıyasla *KBU* ekşi hamur içeren örneklerde, yenileme sayısı arttıkça LAB miktarının önemli derecede değişmediği görülmüştür (P>0,05). Kontrol örneğinde ise 4. yenileme işlemi sonunda (5. günde) LAB sayısında belirgin bir artış görülmüştür (P<0,05). 5. günün sonunda ekşi hamur örneklerinin LAB sayıları arasında önemli bir farka rastlanmamıştır (P>0,05).



Şekil 4.4 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük maya miktarı değişimi

Ercolini vd. (2013), olgun bir ekşi hamurda bulunan LAB sayısının yaklaşık 9 log olduğunu bildirmiştir. Bu değere ulaşmak için geçen sürenin ise çavdar ve ekmeklik *BU* için 5 gün iken makarnalık *BU*'nda 6 gün olduğunu tespit etmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada da hazırlanan ekşi hamurlarda 9 log civarında LAB sayısına ulaşılmıştır (Tablo 4.9). Şekil 4.5 ekşi hamurların yenileme işlemi boyunca LAB sayısının değişimini göstermektedir.

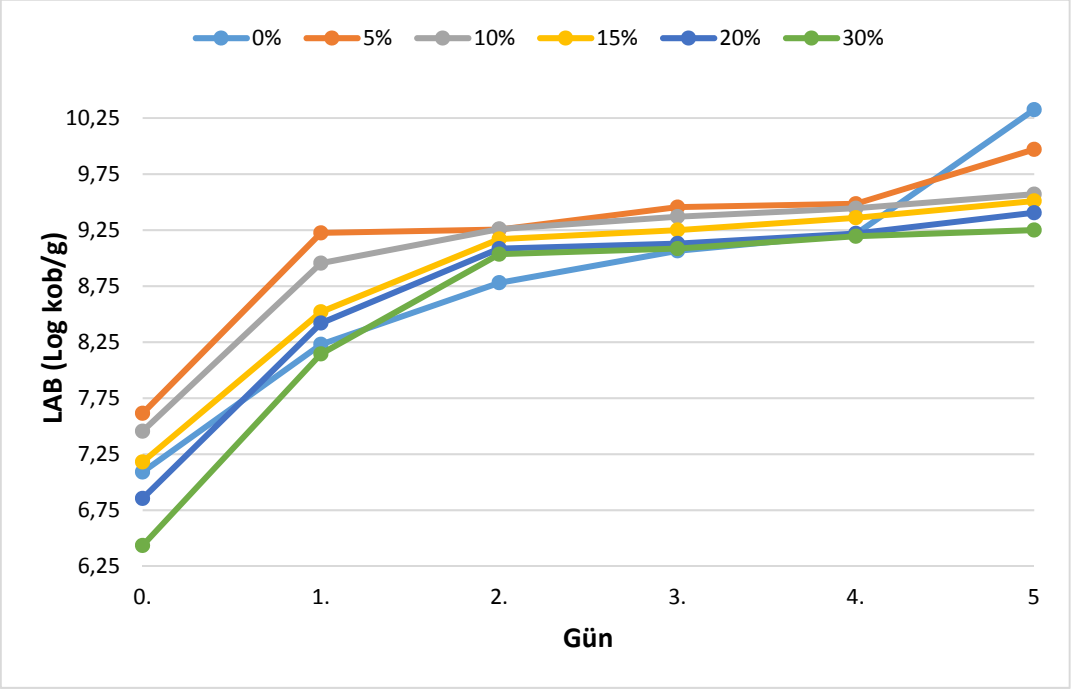
Tablo 4.9 Ekşi hamurların içerdiği LAB sayısı[a,b]

	LAB (Log kob/g)					
***KBU* Katkısı**	**%0**	**%5**	**%10**	**%15**	**%20**	**%30**
0. Gün	6,09±0,08^{cD}	7,62±0,19^{cA}	7,46±0,25^{bA}	7,18±0,04^{cAB}	6,86±0,01^{cBC}	6,44±0,36^{cCD}
1. Gün	7,23±0,04b^{cD}	9,23±0,26^{bA}	8,96±0,11^{aAB}	8,52±0,41^{bBC}	8,42±0,01^{bC}	8,15±0,19^{bC}
2. Gün	7,78±0,99^{bB}	9,26±0,04^{bA}	9,26±0,37^{aA}	9,17±0,08^{aA}	9,09±0,49^{aA}	9,04±0,01^{aA}
3. Gün	8,07±0,08^{bB}	9,46±0,37^{abA}	9,37±0,37^{aA}	9,25±0,10^{aA}	9,13±0,31^{aA}	9,09±0,28^{aA}
4. Gün	8,22±0,02a^{bB}	9,49±0,33^{abA}	9,45±0,02^{aA}	9,36±0,28^{aA}	9,22±0,06^{aA}	9,20±0,12^{aA}
5. Gün	9,33±0,75^{aA}	9,97±0,25^{aA}	9,57±0,52^{aA}	9,51±0,04^{aA}	9,41±0,26^{aA}	9,25±0,03^{aA}

[a]Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).
[b]Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır (P<0,05).

Yapılan bir çalışmada *L. plantarum* PFC22, *L. brevis* PFC31, *P. acidilactici* PFC38 ve *L. sanfranciscensis* PFC80 içeren antimikrobiyal aktiviteye sahip ekşi hamurdan

izole edilen LAB suşları, tekli veya karışık kültür kombinasyonlarıyla tip II ekşi hamur ve ekmek üretiminde kullanılmıştır. Hamurda karışık kültürlerin kullanımı adaptasyon süresini tek kültür kullanımına göre yarı yarıya kısaltmıştır. Tek suş ile hazırlanan ekşi hamur için adaptasyon aşaması 4 saat iken, çift veya üçlü suş kombinleri içeren kültürler kullanıldığında sürenin 2 saate düştüğü, ekşi hamur numunelerini hazırlamak için karışık kültürlerin kullanılması, fermantasyonun başlangıcında adaptasyon aşaması süresini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir. LAB sayımı 24 saat fermantasyona kadar hızla artmış ve daha sonra sabit kalmıştır. En yüksek LAB sayımı; *L. plantarum* PFC22- *P. acidilactici* PFC38 ve *L. plantarum* PFC22-*P. acidilactici* PFC38-*L. sanfranciscensis* PFC80 kombinasyonları kullanıldığında kaydedilmiştir. Tip II ekşi hamurlarda kullanılan LAB için daha hızlı adaptasyon ve mikrobiyal büyüme arzu edilir; Bu nedenle, bu tür özelliklere uygun suşları tanımlamak oldukça önemlidir. Büyüme hızları kıyaslandığında tekli kültürlerde 0,006-0,016, ikili suş 0,018-0,028 ve üçlü suşlar kullanıldığında 0,019-0,028 olduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan ekmek hamurlarında; toplam maya ve küf sayımı ekşi hamur içermeyen kontrol ekmek hamurunda, yoğurma sonrası 8,02 den fermantasyon sonrası 8,18'e, spontan ekşi hamur kontrol örneği 8,14' den 8,27'e yükselmiştir. LAB için yoğurma sonrası 6,19 ve 6,73 iken fermantasyonun ardından 6,24 ve 6,99 log kob/g olarak kaydedilmiştir (Ekinci vd., 2016).



Şekil 4.5 Ekşi hamur eldesi sırasında günlük LAB miktarı değişimi

4.4 Ekmeklerin Özellikleri

4.4.1 Ekmeklerin Ağırlık, Hacim, Spesifik Hacim ve Tekstür Özellikleri

Buğdaya has protein olan gluten, içermiş olduğu yüzey aktif özellik taşıyan glutenin ve gliadin fraksiyonları yardımıyla yoğurma aşamasında hamura nüfus eden havayı ve mayalarca oluşturulan CO_2 gazını nişasta ile matriks yaparak kuvvetli bir ağ yapısı oluşturur; bu sayede gözenekli, yumuşak, kabarık ve hacimli ekmekler elde edilmesini sağlar (Örnebro, 2001). Yapılan analizlerde elde edilen sonuçlarda bunu doğrulamaktadır. *BU'nuna KBU* ilavesi arttıkça ekmek hacim ve spesifik hacimlerinde azalma tespit edilmiştir (Tablo 4.10).

Spesifik hacim ve tekstür değerleri, ekmek üretiminde proses veya formülasyon değişikliklerini birebir yansıtan kalite parametreleridir. Çalışma kapsamında farklı konsantrasyonlarda (%0, 2, 4, 6, 8, 12) *KBU*'nun ticari mayalı ekmeği, *KBU*'lu ekşi hamur ekmeği ve *KBU*'lu ekşi hamurlu ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin spesifik hacim ve tekstür değerleri Tablo 4.10, 4.11, 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4.10 Ticari mayalı ekmeklerin Hacim, Spesifik Hacim ve Sertlik değerleri

Örnek Kodu	Hacim (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)	Sertlik (N)
T0	517,5±10,61^{a}	4,05±0,09^{a}	1,79±0,21^{d}
T2	475,5±7,07^{b}	3,68±0,05^{b}	2,86±0,34^{c}
T4	427,5±3,54^{c}	3,28±0,03^{c}	4,20±0,57^{b}
T6	412,5±3,54^{d}	3,13±0,02^{d}	4,51±0,33^{b}
T8	362,5±3,54^{e}	2,72±0,03^{e}	4,76±0,64^{ab}
T12	357,5±3,54^{e}	2,64±0,03^{e}	5,38±0,88^{a}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).
T: Ticari mayalı ekmek

Ticari mayalı ekmeklerde, artan *KBU* miktarına bağlı olarak ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerlerinde önemli derecede azalma görülmüştür (P<0,05) (Tablo 4.10). Ekmeklerde yapı oluşumunu sağlayan glutenin *KBU* ikamesiyle miktarında meydana gelen azalmadan kaynaklanmaktadır. Artan *KBU* miktarına bağlı olarak ekmeklerin sertlik değeri de artmıştır (P<0,05). Kontrol grubu ekmeklerin en

yüksek hacim ve spesifik hacim değerlerine sahip olduğu; en düşük hacim ve spesifik hacim değerlerinin ise %12 oranında *KBU* içeren ekmeklerde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.10). Ekmeklerde *KBU* ilavesinin artmasına bağlı olarak hacim, spesifik hacim azalırken, ağırlıkta artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).

Aydoğan vd., (2015) yapmış oldukları çalışmada 100 farklı ekmeklik buğdaydan elde edilen unlarla ticari mayalı ekmek hazırlamış; ekmek ağırlıklarının en fazla 155,1g ortalama olarak 144,6 g, hacimlerinin ise en yüksek 585 cm^3 ortalama 422,1 cm^3 şeklinde belirtmişlerdir.

KBU'lu ekşi hamur ekmek örneklerinin spesifik hacim ve sertlik değerleri incelendiğinde ise (Tablo 4.11), *KBU* içermeyen ekşi hamur ekmeği (E0), en yüksek spesifik hacim ve en düşük sertlik değerine sahip olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Ekşi hamurda kullanılan *KBU* miktarının artması, ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde azalmaya, sertlik değerlerinde artmaya sebep olmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.11 Ekşi hamur ekmeklerinin Hacim, Spesifik Hacim ve Sertlik değerleri

Örnek Kodu	Hacim (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)	Sertlik (N)
E0	482,5±31,82^{a}	3,58±0,23^{a}	2,34±0,11^{e}
E2	427,5±38,89^{ab}	3,20±0,31^{ab}	8,18±0,51^{d}
E4	335±84,85^{bc}	2,49±0,63^{bc}	8,86±0,44^{c}
E6	310±63,64^{cd}	2,30±0,49^{cd}	9,13±0,35^{c}
E8	267,5±3,54^{cd}	1,94±0,01^{cd}	10,52±0,20^{b}
E12	202,5±3,54^{d}	1,45±0,02^{d}	21,22±0,89^{a}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$).
E: Ekşi hamur ekmeği

Tablo 4.12 farklı oranlarda (%2, 4, 6, 8 ve 10) *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamurların %30 oranında ekmek hamuruna katılmasıyla üretilen ekmeklerin spesifik hacim ve sertlik değerlerini göstermektedir. *KBU* kullanılmayan ekşi hamurlu ekmeğin (ET0), spesifik hacim değeri diğer ekmek çeşitlerine göre daha yüksek ve sertlik değeri daha düşük çıkmıştır ($P<0,05$). Üretilen ekşi hamurlarda *KBU* oranı artıkça ekşi hamurlu ekmeklerin spesifik hacim değerleri azalmış ve sertlik değeri artmıştır ($P<0,05$). Ekşi hamura %2 ve %4 oranında *KBU* ilavesi ile

hazırlanan ekşi hamurlu ekmeklerin spesifik hacim ve sertlik değeri istatistiksel olarak birbirinden farksızdır (P>0,05).

Ekmeklerin ağırlık, hacim, spesifik hacim ve tekstür değerlerindeki değişimler Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.12 Ekşi hamurlu ekmeklerin Hacim, Spesifik Hacim ve Sertlik değerleri

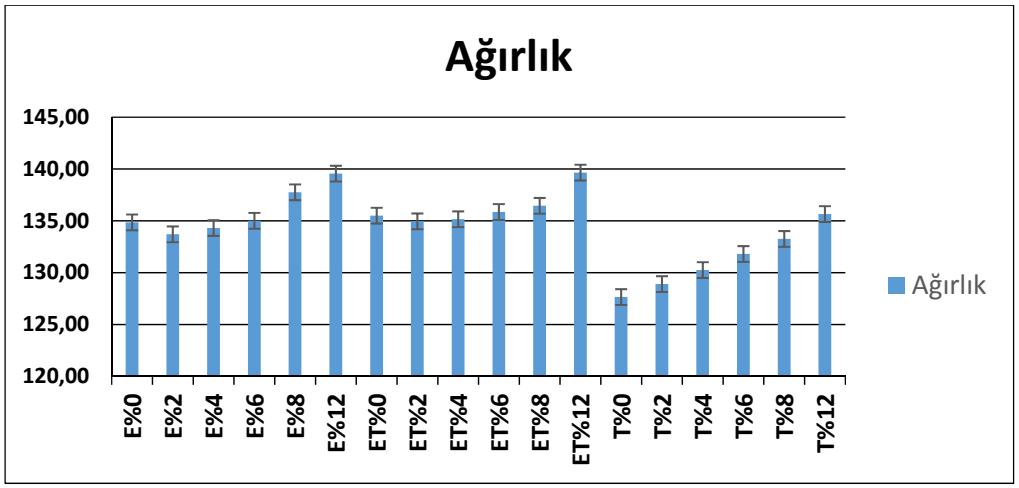
Örnek Kodu	Hacim (mL)	Spesifik Hacim (mL/g)	Sertlik (N)
ET0	457,5±10,61^{a}	3,38±0,09^{a}	2,20±0,16^{d}
ET2	422,5±3,54^{b}	3,13±0,02^{b}	2,95±0,27^{c}
ET4	412,5±3,54^{bc}	3,05±0,01^{bc}	3,18±0,34^{c}
ET6	402,5±3,54^{c}	2,96±0,04^{c}	3,91±0,40^{b}
ET8	387,5±3,54^{d}	2,84±0,01^{d}	4,00±0,23^{b}
ET12	377,5±3,54^{d}	2,70±0,02^{e}	8,04±0,82^{a}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).
ET: Ekşi hamurlu ekmek

Mohammad vd., (2011) tarafından yapılan bir araştırmada farklı oranlarla muz benzeri meyve (plantain) unu, ekşi hamur hazırlamada kullanılmış ve ekşi hamur ekmeklerinde ağırlık değerlerinin 153,33 g-173,33 g aralığında olduğu tespit edilmiştir. Yüksek oranda *KBU* kullanımı (%12) ekmeklerin ağırlık değerlerinde artışa neden olmuştur (Şekil 4.6) Ağırlık değerinin artan *KBU*'na bağlı artmış olması *KBU*'nun su tutma kapasitesi ile ilişkilendirilebilir. *KBU*'nunda yer alan yüksek lif içeren hidroksil gruplarının su ile daha fazla hidrojen bağı kurması ile su tutma kapasitesindeki artışı sağlamaktadır (Rosell vd., 2001).

Buğday ekmeğinde su tutma özelliği gluten tarafından, *KBU* içeren ekmeklerde ise bu özellik hem gluten hem de yüksek lif içeriğinden kaynaklanmıştır.

Dirim (2014) yapmış olduğu bir çalışmada %20 *KBU* ilavesiyle ticari mayalı olarak pişirilen ekmeklerin *BU* ile hazırlanan kontrol ekmeğinin hacmen %54'üne ulaştığını bildirmiştir. Soya, mercimek ve bezelye unu ilaveli ekmeklerin %83, nohut ve barbunya unu ilaveli ekmeklerinde kontrol ekmeğinin %79'u kadar hacme ulaştığını saptamıştır. Şekil 4.7'de *KBU* miktarının artması ile ekmek hacminin azaldığı görülmektedir.

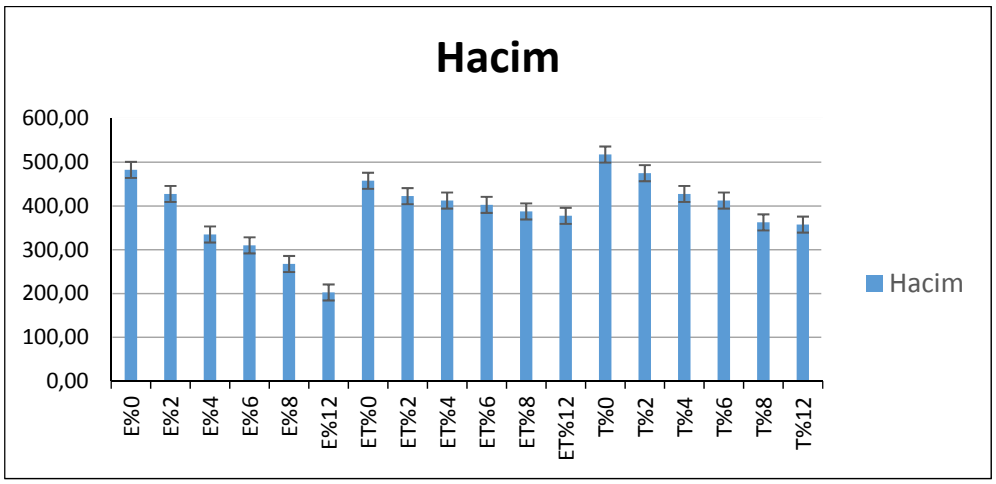


E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmek

Şekil 4.6 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin ağırlık değerleri

Turfani ve ark., (2017) araştırmasında ekmek hacimleri kontrol grubu olarak %100 *BU* için 4235 cm^3, %5 ve 10 oranıyla rafine *KÇU*, %5 ve 10 *KÇU* ve %6 ve 12 keçiboynuzu çekirdeği ruşeym unu kullanılarak sırasıyla 4042-5127 cm^3, 4545-3994 cm^3, 4285-3939 cm^3 değerlerini elde etmişlerdir.

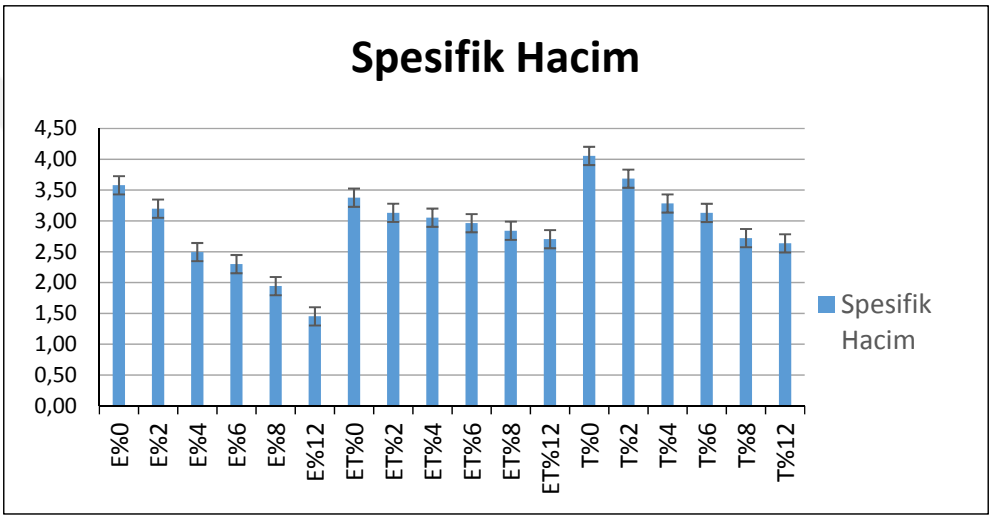
Yapılan bir diğer çalışmada, *BU* içeren kontrol ekmeği hacmi 906 mL, spesifik hacmi 3,5 mL/g ve sertlik 249,3 cm^3 olarak kaydedilmiş ve ekmeğe %3 oranında keçiboynuzu lifi ilavesiyle ekmek hacmi 861 mL, spesifik hacmi 3,4 mL/g ve sertlik değeri 205,7 cm^3 olarak tespit edilmiştir (Wang vd., 2002).



E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmeği ifade eder.

Şekil 4.7 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin hacim değerleri

Salinas vd., (2015) yapmış olduğu çalışmada *BU* içeren kontrol ekmekleriyle %10, %20 ve %30 oranlarıyla keçiboynuzu kabuğundan ve çekirdeğinden elde *KBU* ikame edilerek hazırlanan ekmekleri spesifik hacim yönünden kıyaslamıştır. Sırasıyla spesifik hacim değerleri kontrol ekmeği 2,5 cm^3/g, çekirdekten elde *KBU* %10 için 2,25, %20 için 2,15, %30 için 1,86 cm^3/g dır. Kabuktan elde *KBU* spesifik hacimleri 2,27, 2,16, 2,14 cm^3/g şeklinde tespit edilmiştir. Artan *KBU* miktarına bağlı olarak spesifik hacim değerlerindeki bu azalma Şekil 4.8'de de görülmektedir.



E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmeği ifade eder.

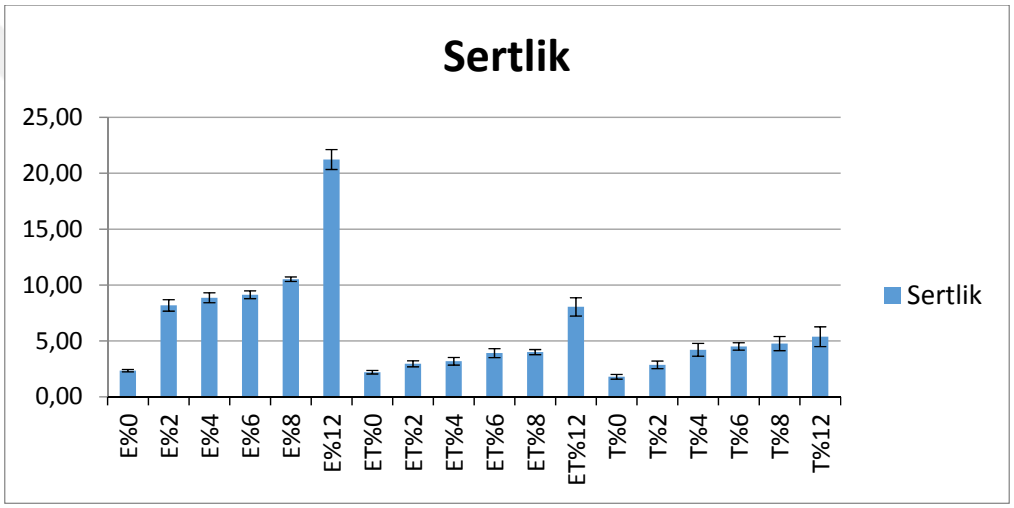
Şekil 4.8 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin spesifik hacim değerleri

Ekmek kalitesini belirlemek için bir gösterge olarak kullanılan, önemli bir özellik olan sertlik, sıklıkla depolama sırasında esneklik kaybı sebebiyle değişime uğramaktadır (Wang, Zhou ve Isabelle, 2007). Mohammad vd., (2011) tarafından yapılan bir araştırmada farklı oranlarla plantain unu kullanılarak hazırlanan ekşi hamur ekmeklerinde sertlik değerleri 0,014 N/mm^2–0,022 N/mm^2 olarak değişim göstermiş olup; en düşük sertlik değerinin kontrol, en yüksek sertlik değerinin ise en fazla meyve unu katkısıyla hazırlanan ekmekte olduğu bildirilmiştir. Benzer sonuçlar Şekil 4.9'da görülmektedir.

Sertlik açısından ekmekler kendi aralarında kıyaslandığında; en yüksek sertlik değerleri ekşi hamur ekmeklerinde kaydedilirken en düşük sertlik değerleri ekşi

hamurlu ekmeklerde kaydedilmiştir (Şekil 4.9). Her iki grup içinde özellikle %12 *KBU* ikame oranına sahip ekmeklerin en sert örnekler olduğu tespit edilmiştir. *KBU* ilavesinin ekmeklere daha sıkı bir yapı kazandırdığı gözlemlenmiştir.

Ekmek formülasyonunda *BU* ile gluten içermeyen bir bileşen ikame edildiğinde ekmek kalite kriterlerinde genellikle bir gerileme görülmektedir. Çolakoğlu ve İnci'de (2004) %20 soya unu kullanarak hazırlamış olduğu ekmeklerde böyle bir sonuca varmışlardır. Pişirilen soya unu katkılı ekmeklerin hacimleri *BU* içeren konrol ekmeklerinden daha düşük olmuştur. Salinas vd., (2015) kabuktan ve çekirdekten elde *KBU* %10, %20 ve %30 oranında ilavesiyle ekmeklerin sertlik değerlerinin katılan miktara bağlı artış gösterdiğini belirtmiştir.



E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmeği ifade eder.

Şekil 4.9 *KBU* ilavesiyle hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin sertlik değerleri

Kotancılar vd., (2006) tarafından *BU* ekşi hamur ekmek formülasyonuna ilave edilen ekşi hamur miktarı (%0, 10, 20 ve 30) ve hazırlanan ekmek hamurlarının fermantasyon süreleri (0, 5, 10 ve 15 saat) değerlendirilmiş olup; ilave olunan ekşi hamur ve fermantasyon süresinin artmasıyla elde edilen ekmeğin sertliğininde arttığı tespit edilmiştir. En sert %30 ekşi hamur içeren, en yumuşak ise %0 ekşi hamur ekmekleri olarak bildirilmiştir. Konik başlıklı penetrometre yardımıyla ekmek içi sertlik ölçümleri yapılmıştır. Sertlik değerleri fermantasyonun 0. saatinde 8,65 N, 5. saatinde 10,47 N, 10. saatinde 11,73 N ve 15. saatinde 14,36 N olarak kaydedilmiştir. Eklenen ekşi hamur miktarına bağlı ekmek içi sertlik

değerleri; %0 ekşi hamur ilavesinde 6,58 N, %10'da 11,48 N, %20'de 12,71 N ve %30'da 14,43 N olarak bulunmuştur (Kotancılar vd., 2006).

Magda vd. (2008), %72 randımanlı *BU*'nda lif içeriğinin %0,87 olarak tespit etmiş ve ekmeklere *KBU* ilavesi arttıkça lif içeriğinin de önemli ölçüde artış gösterdiği, bunun da ekmek hamurlarının sertlik değerlerinin artmasında etken faktör olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı olarak, Wang vd**.,** (2002) ise keçiboynuzu lifi ilavesinin ekmek iç yapısında yumuşama etkisi yarattığını, diğer lifler eklendiğinde tam aksi sertliğe neden olduğunu vurgulamıştır.

4.4.2 Ekmeklerde Renk Değerleri

Renk, tüketici tarafından tercih edilirliği etkileyen önemli bir parametredir. Tablo 4.13'de *KBU* (%0, 2, 4, 6, 8, 12) katkısıyla hazırlanan ekmeklerin kabuk ve iç renk ölçüm sonuçları verilmiştir.

BU'ndan (L*= 93,95 a*=-0,30 b*= 9,12) daha koyu renge sahip olan *KBU*'nun (L*= 76,70 a*=4,65 b*=14,43) ekmeğe katılmasıyla, *KBU* katkılı ekmeklerde meydana gelen renk koyulaşması beklenen bir neticedir. Ekmeklerin kabuk ve iç (Tablo 4.13) renk değerleri incelendiğinde *KBU* katkısı arttıkça parlaklık değerinin azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Şekil 4.12'de ticari mayalı ekmeklerde dış kabuk parlaklık değerleri incelendiğinde ise *KBU* katkısının istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Buna ek olarak dış kabuk a* değeri için ticari mayalı ekmeklerde %6-12 aralığında ve ekşi hamurlu ekmeklerde %4-12 *KBU* ilavesinin istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$).

Tablo 4.13 Hazırlanan ekmeklerin kabuk ve iç renk ölçüm değerleri

	Kabuk Rengi			İç Renk		
Örnek Kodu	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
E0	49,39±2,32b^{c}	15,92±1,20^{a}	23,31±2,94^{a}	68,14±1,08^{b}	-0,81±0,16^{k}	12,17±0,70^{def}
E2	45,45±0,78^{e}	12,47±1,86^{c}	14±0,72^{cd}	46,41±1,11^{e}	6,49±0,14^{g}	12,93±0,43^{cd}
E4	38,38±0,86^{g}	11,25±0,16^{d}	7,51±0,79^{ı}	40,72±0,11^{g}	8,14±0,10^{c}	12,82±0,27^{de}
E6	35,90±0,36^{h}	10,41±0,15^{e}	4,59±0,72^{j}	37,23±0,30^{h}	8,96±0,17^{d}	11,17±0,24^{gh}
E8	35,50±0,43^{hı}	10,09±0,18^{e}	3,66±0,55^{j}	35,85±0,61^{hı}	9,20±0,23^{bc}	10,24±0,65^{h}
E12	33,61±0,33^{ı}	7,19±0,26^{g}	-0,23±0,36^{k}	33,22±0,31^{j}	9,45±0,09^{b}	8,16±0,35^{ı}
ET0	54,39±3,11^{a}	14,03±1,09^{b}	21,84±1,96^{a}	76,84±0,91^{a}	-0,69±0,06^{k}	13,85±0,34^{bc}
ET2	50,21±2,72^{b}	12,62±0,65^{c}	17,51±1,92^{b}	57,57±1,15^{c}	4,84±0,32^{ı}	16,57±0,21^{a}
ET4	48±1,26^{cd}	11,52±0,21^{d}	14,61±1,09^{c}	50,84±1,27^{d}	7,44±0,21^{e}	16,70±0,48^{a}
ET6	46,39±2,24^{de}	11,49±0,12^{d}	13,58±0,84^{cd}	43,09±1,83^{f}	9,11±0,45^{c}	14,46±1,01^{b}
ET8	46,3±2,09^{de}	11,41±0,27^{d}	12,93±1,31^{de}	41,92±2,85^{fg}	9,16±0,39^{c}	14,22±1,59^{b}
ET12	42,04±1,00^{f}	11,31±0,25^{d}	8,98±1,07^{hı}	37,12±0,99^{h}	10,49±0,08^{a}	11,97±0,47^{efg}
T0	47,81±2,22^{cd}	11,29±0,21^{d}	14,52±2,27^{c}	69,70±0,75^{b}	-1,78±0,06^{ı}	12,96±0,29^{cd}
T2	43,12±0,39^{f}	9,08±0,30^{f}	12,47±0,44d^{ef}	47,69±0,71^{e}	4,45±0,18^{j}	12,12±0,39^{def}
T4	43,17±1,96^{f}	8,58±1,17^{f}	11,67±1,12^{ef}	41,01±1,43^{g}	6,12±0,23^{h}	11,71±1,00^{fg}
T6	43,22±1,68^{f}	6,92±0,48^{g}	11,59±0,68^{ef}	40,86±3,41^{g}	7,10±0,37^{f}	11,53±2,06^{fg}
T8	42,95±1,71^{f}	6,74±0,29^{g}	11,31±0,66^{fg}	35,20±0,67^{ı}	7,65±0,13^{e}	8,30±0,48^{ı}
T12	42,07±1,44^{f}	6,68±0,45^{g}	9,78±1,50^{gh}	32,01±1,02^{j}	8,13±0,27^{d}	6,29±0,95^{j}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmeği ifade eder.

Dirim vd., (2014) yaptıkları çalışmada *BU*'na %20 oranında meyve ve sebze unları ilave etmişler ve elde edilen ekmeklerin renk değerlerini kıyaslamışlardır. Sonuç olarak; nohut, soya ve mercimek unu ilaveli ekmeklerin iç parlaklık (L*) değerlerinin; bezelye ve mercimek unu ilaveli ekmeklerin kırmızılık yeşillik (a*) değerleri; *KBU* katkılı ekmeklerin ise sarılık-mavilik (b*) değerlerinin kontrol grubu ekmeğinin renk değerlerine yakın olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.10 *KBU* katkılı ekşi hamur ekmeklerinin iç ve dış görünümü

Farklı oranlarla plantain unu kullanılarak hazırlanan ekşi hamur ekmeklerinin kabuk rengi kıyaslanmış; L*:5,776-7,730 ve a*:-0,4071- -0,7712 değer aralıklarında olup meyve unu katkısının istatistiksel olarak a* değerini önemli ölçüde etkilemediğini açıkça göstermiştir (Mohammad vd., 2011).



Şekil 4.11 *KBU* katkılı ekşi hamurlu ekmeklerin iç ve dış görünümü

KBU ekmeğe ilavesiyle kontrol ekmeklere kıyasla her üç yöntemle hazırlanan ekmeklerin iç sarılık-mavilik ve kırmızılık-yeşillik değerlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilendiği gözlenmiştir ($P<0,05$). Ekmek içi parlaklık değerleri incelendiğinde *KBU* katkısının artmasıyla doğru orantılı değerde azalma saptanmıştır ($P<0,05$).

Ekmeklerde meydana gelen renk değişimlerinin temel sebepleri karamelizasyon, *KBU'nun* içermiş olduğu şekerler ve proteinler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonları olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ekşi hamur ekmeğinde uzun süreli fermantasyonun etkisiyle *KBU* içerisinde yüksek miktarda bulunan tanenlerin etkinliğinin artması, ekmeklerin kabuk ve iç renklerinin diğer gruplara kıyasla istatistiki anlamlı farklılıklar ($P<0,05$) göstermesinin başlıca nedeni olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.12 *KBU* katkılı ticari mayalı ekmeklerin iç ve dış görünümü

Genel olarak tüm ekmek grupları içerisinde dış kabuk ve iç renk değerleri incelendiğinde (Tablo 4.13) kontrol grubuna en yakın sonuçlar %2 oranında *KBU* içeren ekmek örneklerinde tespit edilmiştir.

4.5 Duyusal Özellikler

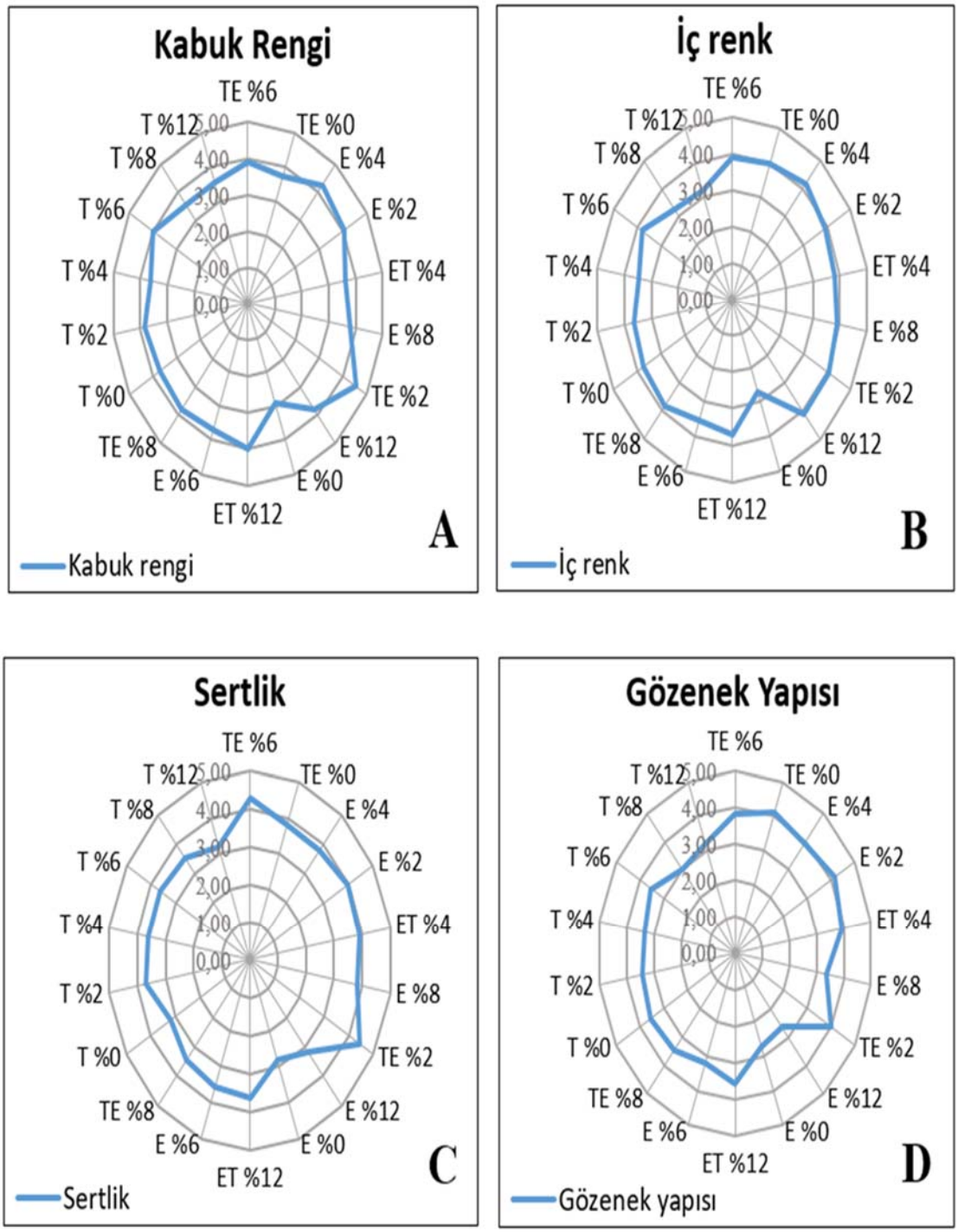
Çalışmamızda Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de deneysel olarak üretilip pişirilen ekmekler oda sıcaklığına ulaştıktan sonra dilimlenerek panelistlerce kalite kriterleri dikkate alınarak duyusal özellikleri bakımından değerlendirilmiştir (EK C). Genel olarak panelistlerce verilen puanlar 2,36-4,54 aralığında yer almaktadır. Ekmeklerin koyu renkli olmasının kişiler üzerinde olumlu, ilgi çekici etkisi görülmüştür. Düşük oranlı *KBU* ilaveli ekmekler kontrol örneklerine göre daha çok beğenilmiştir. Ekşi hamur ekmeklerinde en çok %4 *KBU*, ticari mayalı ekmeklerde ise %6 *KBU* içeren ekmekler beğenilmiştir. Genel beğenisi en yüksek olan oranın %2 *KBU* içeren ekşi hamurlu ekmekler olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Yapılan farklı bir çalışmada ekmeğin içerisine %8,96, 10,3 ve 11,6 oranlarıyla *KBU* katılmıştır. Marketlerde satıldığında %10,3 oranında *KBU* içeren ekmeklerin %90'nın üzerinde, müşterilerce tercih edildiği tespit edilmiştir (Iıpumbu, 2008).

Diğer bir çalışmada ise bisküvilere %5-30 oranında *KBU* ilave edilmiştir. *KBU* kullanım oranı arttıkça renk ve yapısal özelliklerde anlamlı bir farklılık olmadığı, fakat tat, koku ve genel beğeninin azaldığı belirtilmiştir. En fazla %20 oranında ilavesi tavsiye edilmiştir (Aydın, 2012).

Ekşi hamurun doğal florasında varolan bakterilerin oluşturduğu asit miktarının (laktik ve asetik asit) etkisiyle elde edilen ekmeklerin tat, koku ve yapısında önemli farklılıklar oluşmakta ve tüketicilerin beğenisini etkilemektedir (Şekil 4.14). Ayrıca *KBU* ilavesi arttıkça panelistlerce tattaki beğeninin azalmasının sebebi olarak; içeriğinde yüksek oranda bulunan ve acımsı tat yaratan yoğun taninlerin varlığı gösterilmektedir (Avallone vd., 1997). Kontrol ekmek örneğinin un, distile su ve %15 ekşi hamur ilavesiyle hazırlandığı bir çalışmada tip 2 starter tekli ve çoklu kültür kombinasyonlarından direkt ekmek metoduyla ekmekler hazırlanmıştır. Karışık kültürlerin kullanılmasının daha yüksek mikrobiyal canlılık sağlayarak ekmek hamuru üretimi sırasında meyveli lezzeti arttırdığı belirtilmiştir (Ekinci vd., 2016). Yapılan çalışmamızda da panelistlerce *KBU* katkısının neden olduğu tatlılık beğenilmiştir.

Benzer şekilde farklı bir meyve unuyla; Mohammad vd., (2011) farklı oranlarda plantain (Muz türü meyve) unu içeren ön hamur formülasyonlarıyla (1:9, 2:8, 3:7 ve 4:6) ekmekler elde etmişlerdir. Plantain unuyla hazırlanan ön hamurlardan elde edilen ekşi hamur ekmeklerinin duyusal analiz sonuçları kabul edilebilir aralıklarda ve en beğenilenin 1:9 oranıyla plantain unu içeren ekşi hamur ekmeği olduğu tespit edilmiştir. Panelistlerce (%25,75'i) 1:9 plantain unu içeren ekşi hamur ekmeği en çok, çavdar unu kullanılan kontrol ekmeği en az (panelistlerin %14,97'sinin) beğeniyi kazanmıştır.



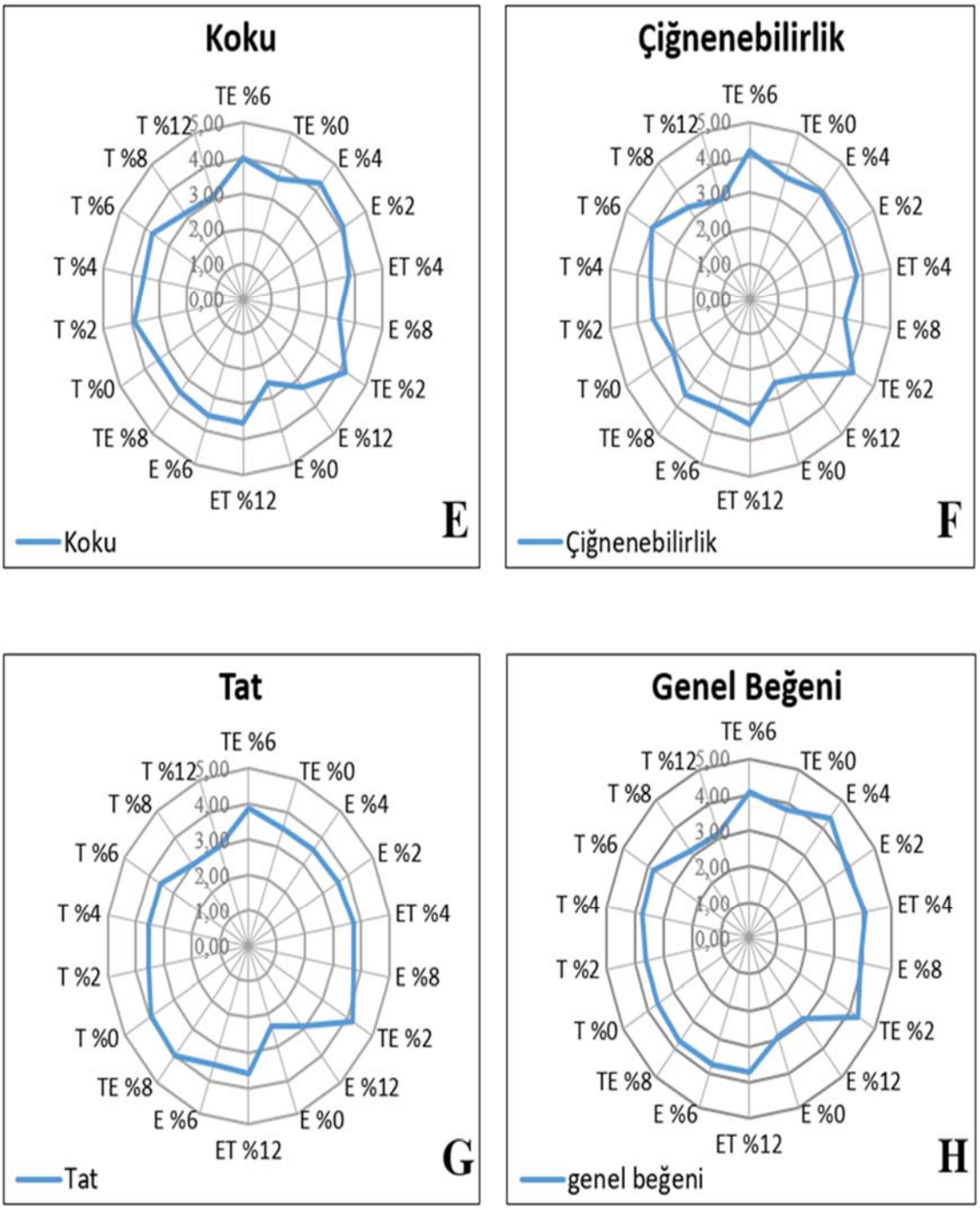
E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmeği ifade eder.

Şekil 4.13 *KBU* katkılı ekmeklerin duyusal analiz değerleri (A, B, C ve D)

Ekmeklerde iç gözenek yapısı; hacim ve ekmeğin tekstür değerleriyle doğrudan ilişkili ana unsurdur. Bu açıdan panelistlerce en fazla tercih edilen %2 *KBU* içeren ekşi hamur ve ekşi hamurlu ekmekler olmuştur. Gözenek yapısı açısından hazırlanan ekmekler kendi aralarında kıyaslandığında (Şekil 4.13) en fazla E2 ardından ET0 kodlu ekmeğin beğenildiği tespit edilmiştir.

Çiğnenebilirlik özelliğinin kıyaslandığı Şekil 4.14'te görüldüğü üzere panelistlerce en çok ET2 beğenilirken, E0 kodlu örnek en az beğeniyi kazanmıştır. Bu noktada ekşi hamur ekmeğinin uzun süre fermente edilmesinin ardından yüksek ısıyla muamelesi sonucu dış yüzeyinin diğer ekmeklerden daha kuru ve iç dokusunun daha nemli oluşunun etkli olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan farklı bir çalışmada un bazında %20 *KBU* ve %3 şeker pancarı lifi eklenmesiyle numunelerin duyusal özellikleri kıyaslandığında, ekmek hacminin yanı sıra ekmek çiğnenebilirliği ve 24-48 saat sonra gözenek yapısının inceliği üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Šoronja Simović vd., 2016).



E: Ekşi hamur ekmeği, **ET:** Ekşi hamurlu ekmeği, **T:** Ticari mayalı ekmeği ifade eder.

Şekil 4.14 *KBU* katkılı ekmeklerin duyusal analiz değerleri (E, F, G ve H)

5

Sonuç ve Öneriler

Ekşi hamur; sunmuş olduğu tüm fonksiyonel ve teknolojik avantajlara rağmen, uzun fermantasyon süreçlerine ihtiyaç duyması ve standardizasyonun zorluğu gibi nedenlerden dolayı endüstriyel uygulamalarda arka planda kalmıştır. Fakat günümüz toplumunda görülen sağlık sorunlarının çözümü ya da azaltılması noktasında tekrar önem kazanmıştır.

Keçiboynuzu ve keçiboynuzu ürünleri, insan metabolizmasında sağlıklı büyüme, hastalıkların önlenmesi ve iyileştirilmesi için gerekli olan hayati öneme sahip unsurları içerir. Bu nedenle, bu ürünlerin önemli besin kaynakları ve temel elementler olduğu kabul edilmelidir. Bu çalışma ile Türkiye'de belirli bir alanda yetiştirilip çok fazla tüketilmeyen keçiboynuzu meyvesinin *KBU* olarak ekmekçilik alanında kullanımının arttırılarak ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Ekmekçilik alanında *KBU* kullanılarak besinsel değerleri, şeker, diyet lif bakımından zengin doğal ve katkısız prebiyotik özellikli ekmekler üretilebilir.

KBU ilavesinin ekşi hamur fermantasyonuna ve ekmeklik kaliteye etkisinin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Un örnekleri fizikokimyasal açıdan değerlendirildiğinde; nem miktarları *BU*'na kıyasla *KBU* ilavesiyle doğru orantılı olarak azalmaktadır. Yaş gluten miktarı en fazla %2 ve %4 *KBU* ilavesiyle, istatistiksel olarak birbirinden farksız olarak kaydedilmiştir ($P>0,05$). Kül miktarları kontrol örneğine kıyasla *KBU* oranı arttıkça yükselmektedir. Sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon, düşme sayısı ve fungal düşme sayısı değerleri en düşük %12 *KBU* içeren örneklerde tespit edilmiştir. *KBU* karışımları renk açısından kıyaslandığında ikame oranına bağlı L* değeri azalırken, a* ve b* değerleri istatistiksel olarak artış göstermiştir ($P<0,05$).
2. Teknolojik özellikler ele alındığında; *KBU* ikame oranının artışıyla farinograf sonuçlarında su absorbsiyonunun arttığı, buna bağlı olarak gelişme süresi ve stabilitesininde artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Extensograf analizinde her bir *KBU* katkılı hamur için artan ikame oranıyla enerji ve uzayabilirlik değerlerinin azaldığı, uzamaya karşı direnç ve oran numarasının arttığı, en yüksek oranlara %12 *KBU* ilavesiyle ulaşıldığı belirlenmiştir.

3. *BU* (kontrol) ve *KBU* ikameli ekşi hamurların eldesi sırasında bir hafta boyunca fermantasyon öncesi ve sonrası pH takibi yapılmıştır. Herbir örnek için pH düşüşü 3. gün itibariyle ekmek eldesi için ideal değerlere ulaşmıştır. İkame oranına bağlı olarak TTA miktarı da bir haftalık süreçte artış göstermiştir. Ekşi hamurlarda toplam maya ve LAB sayımında; *KBU* miktarının artışıyla maya ve LAB gelişiminde azalma olduğu fakat örneklerin herbirinde fermantasyon sonrası varolan organizmaların sayıca çoğaldığı belirlenmiştir. LAB sayımında herbir örnek için yenileme sayısı arttıkça istatistiksel açıdan fark azalmıştır ($P<0,05$).
4. *KBU* miktarına bağlı olarak üretilen ekmeklerin kalite özellikleri incelendiğinde ekmek rengi belirgin bir şekilde etkilenmiş, bunun yanı sıra ekmek sertliği değerlerinde de artış tespit edilmiştir. Hacim ve spesifik hacim %*KBU* ikamesi arttıkça azalmış ve bu değerlere bağlı olarak ağırlık ve sertlik değerleri artmıştır. Ticari maya ile hazırlanan ekmekler kontrol olarak değerlendirilmiş olup; en düşük hacim, spesifik hacim en yüksek sertlik değerleri ekşi hamur ekmeklerinde kaydedilmiştir ($P<0,05$). Hazırlanan tüm ekmeklerde kabuk rengi L*, a*, b* değerleri azalırken; ekmek içi rengi analizlendiğinde farklı olarak örneklerin a* değerinin arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).
5. Duyusal analizlerde hazırlanan tüm ekmekler beğenilmiştir. Panelistlerin ekşi hamur ekmeğine karşı algısını değiştiren, bilinenin aksine mayhoş kokusu yerine tatlımsı çikolatalı/kakaolu etkisi, beğeniyi arttırmıştır. Elde edilen ekmek renginin yetişkinler ve özellikle çocuklar üzerinde olumlu etki yaratması çikolata ya da kakao kullanılmış fikriyle kişilerde merak uyandırarak (günlük protein) tüketimini olumlu etkileyeceği tahmin edilmektedir.

KBU ilavesinin ekmeğe fonksiyonel bir özellik kazandırdığı, ayrıca *KBU*'nun yüksek protein ve mineral madde içeriğinin ekmeklerin besleyici değerini artıracağı düşünülmektedir. Elde edilen verilere göre farklı oranlarda *KBU* ilavesiyle

hazırlanan ekşi hamur, ekşi hamurlu ve ticari mayalı ekmeklerin içerisinde en iyi bulgulara sahip ve en fazla beğeni kazanan ekmeklerin, %2 *KBU* içeren ekşi hamurlu ekmekler olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre, *KBU* ekmeklerde un bazında %4 oranına kadar önemli bir kalite kaybı olmaksızın kullanılabileceği ve fermantasyonu olumlu etkilediği anlaşılmıştır. Çalışma sonuçlarının, fonksiyonel değeri bilinen *KBU* kullanım alanlarının yaygınlaşması ve fırıncılık ürünlerinde kullanımıyla ilgili sınırlı literatür bilgisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Abdel-Kader, Z.M., (2000). *Enrichment of Egyptian 'Balady' bread*. Part 1. Baking studies, physical and sensory evaluation of enrichment with decorticated cracked broadbeans flour (Vicia faba L.). Food/Nahrung 44 (6): 418–421.

Aktaş, E., ve Yurdakul, O., (2001). Türkiye'de Un Sanayi Sektörünün Analizi. University of Cukurova, *Journal of Social Sciences*. 8, 8.

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K. and Gallagher, E., (2009). Nutritive Value and Chemical Composition of Pseudocereals as Gluten-free Ingredients, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(4): 240-257.

Anonim, (2012). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/2)

AACC. (1990). American association of cereal chemists international. St. Paul, MN, USA: The Association.

Arendt, E. K., Ryan, L. A. M. ve Dal Bello, F., (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24(2), 165–174. http://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011

Arici M., Ozulku G., Yildirim R.M., Sagdic O. ve Durak, M.Z., (2018). Biodiversity and technological properties of yeasts from Turkish sourdough. *Food Science and Biotechnology*, cilt.27, ss.499-508, DOI: 10.1007/s10068-017-0282-0.

Ataman, N., (2014). *Ekşi Maya Florasına Ait Önemli Mikroorganizma Gruplarının Araştırılması ve Bu Flora Elemanları Arasında Biyokimyasal Davranış Farklılıklarının Saptanması.* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Adana.

Atasoy, A. F., (2009). The effect of carob juice concentrates on the property of yoghurt, *Society of Dairy Technology*, 2, 1465-1471.

Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., and Monzani, A., (1997). Determination of chemical composition of carob (Ceratonia Siliqua): protein, fat, carbohydrates, and tannins, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 10, Issue 2, 166-172.

Axelsson, L. (2004). *Lactic Acid Bacteria*: Chapter I Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. (S. Salminen, von A. Wright, & A. Ouwehand, Eds.) (Third Edit). New York: Marcek Dekker Inc.

Ayaz, F., Torun, H., Ayaz, S., Correia, PH., Alaiz, M., Sanz, C., Gruz, J., and Strnad, M., (2007). Determination of chemical composition of anatolian carob pod (Ceratonia siliqua l.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. *Journal of Food Quality*, 30 (6), 1040-1055.

Aydın, N., (2012). *Keçiboynuzu unu ilavesinin bisküvinin bazı kalite kriterlerine etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Aydoğan, S., Göçmen Akçacık, A., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M. N. ve Ekici, M., (2012). Ekmeklik Buğday Unlarında Alveograf, Farinograf ve Miksografta Ölçülen Reolojik Özellikler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1): 74-82.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Hamzaoğlu, S., ve Taner, S., (2015). Relationships between Farinograph Parameters and Bread Volume, Physicochemical Traits in Bread Wheat Flours. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 3 (1): 14-18.

Banu, I. ve Aprodu, I., (2012). Studies concerning the use of Lactobacillus helveticus and Kluyveromyces marxianus for rye sourdough fermentation, *European Food Research and Technology*. Volume 234, Number 5, Page 769.

Barber, S., & Báguena, R. (1988). Microflora de la masa panaria. V. Aislamiento, identificacio´n y evaluacio´n de las propiedades funcionales de microorganismos de la masa madre. *Revista de Agroquı´mica y Tecnologia de Alimentos*, 28, 67–78.

Barber, S., & Báguena, R. (1989). Microflora de la masa madre panaria. XI. Evolucio´n de la microflora de masas madre durante el proceso de elaboracio´n por el sistema de 'refrescos' sucesivos y de sus correspondientes masa panarias. *Revista de Agroquı´-mica y Tecnologia de Alimentos*, 29, 478–491.

Battle, T., ve Tous, J., (1997). Carob Tree (*Ceratonia siliqua L.*): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *17, International Plant Genetic Resources Institute*, Via Delle Sette Chiese 142, 00145 Rome, Italy, 91p.

Batu, A., Karagöz, D. D., Kaya, C., ve Yıldız, M., (2007). Dut ve harput pekmezlerinin depolanması süresince bazı kalite değerlerinde oluşan değişmeler. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 7-16.

Baykara, P., (2006). *Geleneksel Nohut Mayasının Endüstriyel Beyaz Buğday Unu Ekmeği Üretiminde Kullanılması.* Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Bilgin, B., Akyüz, S. S. ve Fağa, Ö. (2008). Organik Tarımla Elde Edilen Unların Pestisit İçerikleri ve Bu Unlardan Üretilen Ekmeklerin Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-13 Mayıs, Erzurum.

Boraam, F., Faid, M., Larpent, J. P., & Breton, A. (1993). Lactic acid bacteria and yeasts associated with traditional sourdough Moroccan bread. *Sciences des Aliments*, 13, 501–509.

Bourne, M.C., (1982). *Texture, viscosity and food*. In: Bourne, M.C. (Ed.), Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement. Academic Press, New York, pp. 1–23. Derleyen: Arendt, E. K., Ryan, L. A. M. ve Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24(2), 165–174. http://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.011

Boyacıoğlu, M.H., (2007). Hububat Teknolojisi Notları. İ.T.Ü. Gıda Müh. Bölümü, İstanbul.

Brandt, M. J. (2007). Sourdough products for convenient use in baking. *Food Microbiology*, 24(2), 161–164. http://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.010

Brandt, M. J., (2014). Starter cultures for cereal based foods. *Food Microbiology*, 37, 41–43. http://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.007

Camero, B.M., ve Merino, C.S., (2004). Method of obtaining D-pinitol from carob extracts. U.S Patent No 6,699,511 B2.

Caplice, E. ve Fitzgerald, G. F. (1999). Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1-2), 131–149. http://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00082-3

Cauvain, S. (2015). *Bread: The Product*. Technology of Breadmaking. pp 1-22.

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*. Vol. 10.

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

Collar, C., Santos, E. and Rosell, C.M., (2007). Assessment of the rheological profile of fibreenriched bread doughs by response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78, 820-826.

Collins, J.K., Thornton, K. and Sullivan, G.O., (1998). Selection of probiotic strains for human applications. *International Dairy Journal*, 8, pp. 487–490

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

Corsetti, A., Lavermicocca, P., Morea, M., Baruzzi, F., Tosti, N. ve Gobbetti, M., (2001). Phenotypic and molecular identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat (species Triticum durum and Triticum aestivum) sourdoughs of Southern Italy. *Int J Food Microbiol*, 2001 Feb 28;64(1-2):95-104.

Corsetti, A. and Settanni, L., (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40(5), 539–558. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.001

Çakmak, H., Altinel, B., Kumcuoglu, S. ve Tavman, S., (2013). Chicken meat added bread formulatıon for protein enrichment. *Food and Feed Research* 40 (1): 33-41.

Çolakoğlu, A.S. ve İnci, C., (2004). Soya unu katkılı ekmeklerin fiziko-kimyasal özellikleri. *Gıda,* 29 (4):291-296.

De Vries M.C., Vaughan, E.E., Kleerebezem, M. and De Vos, W.M., (2006). Lactobacillus plantarum—survival, functional and potential probiotic properties in the human intestinal tract. *International Dairy Journal*, 16, 9,1018-1028, http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.09.003

De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J., Messens, W., (2002). The Biodiversity of Lactic Acid Bacteria in Greek Traditional Wheat Sourdoughs Is Reflected in Both Composition and Metabolite Formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12), 6059–6069. http://doi.org/10.1128/AEM.68.12.6059

De Vuyst, L., and Degeest, B., (1999). Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 23, 153-177.

De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E., & Messens, W. (2002). The biodiversity of lactic acid bacteria in Greek traditional wheat sourdoughs is reflected in both composition and metabolite formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 6059–6069.

De Vuyst, L., ve Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: Biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1-3), 43–56. http://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.012

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(7), 666–675. http://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.012

Decock, P. ve Capelle S., (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology* 16: 113–120.

Demirtaş, Ö. (2007). *Keçiboynuzu (Ceratonia Siliqua) Çekirdeklerinden Gam Üretim Yollarının Araştırılması.* Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Di Monaco, R., Torrieri, E., Pepe, O., Masi, P. ve Cavella, S., (2015). Effect of Sourdough with Exopolysaccharide (EPS)-Producing Lactic Acid Bacteria (LAB) on Sensory Quality of Bread during Shelf Life. *Food Bioprocess Technology*, 8, 691–701. http://doi.org/10.1007/s11947-014-1434-3

Dirim, S.N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H. ve Balkesen N. (2014). Farklı Unların Ekmeğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4) 27-35.

Ekinci, R., Şimşek, Ö., Küçükçuban A., & Nas, S., (2016). Evaluation of mono or mixed cultures of lactic acid bacteria in type II sourdough system. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 46:3, 247-253, DOI:10.1080/10826068.2015.1015566.

Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., (2001). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, Selçuk Üniv. Zir. Fak. Gıda Müh Böl. Yay. No.2, Konya, Turkey.

Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, H.G., (2002). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu. (3. baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82. Erzurum. s:245.

Faid, M., Boraam, F., Zyani, I., & Larpent, J. P., (1994). Characterization of sourdough bread ferments made in the laboratory by traditional methods. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 198, 287–291.

Fearn, U. (2002) Carob. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (2), 373-377.

Fretzdorff, B., ve Brummer, J.M., (1992). Reduction of phytic acid during breadmaking of whole-meal bread. *Cereal Chemistry*, 69, 266–270.

Gänzle, M.G., Höltzel, A. Jung, G. ve Hammes, W.P., (2000). Characterization of reutericyclin produced by *Lactobacilluäs reuteri* LTH2584. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 4325–4333.

Giannone, V., Longo, C., Damigella, A., Raspagliesi, D., Spina, A. ve Palumbo, M., (2010). Technological Properties Of Bakers' Yeasts İn Durum Wheat Semolina Dough. *Journal Of Industrial Microbiology And Biotechnology*, 37: 3171-379.

Gobbetti, M., ve Corsetti, A. (1997). Lactobacillus sanfrancisco a key sourdough lactic acid bacterium: a review. *Food Microbiology*, 14, 175–187.

Gobbetti, M. (1998). The sourdough microflora: Interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends in Food Science & Technology*, 9(7), 267–274. http://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00053-3

Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A. ve Di Cagno, R., (2005). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 57–69. http://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013

Gobbetti, M., Angelis, M. De, Cagno, D., ve Rizzello, C. G. (2008). *12-Sourdough/lactic acid bacteria, In Food Science and Technology*. (E. K. Arendt & F. Dal Bello, Eds.). San Diego: Academic Press. http://doi.org/10.1016/B978-0-12-373739-7.50014-9

Gobbetti, M., Gänzle, M., (2012). *Handbook on Sourdough Biotechnology*, Chapter 1 History and Social Aspects of Sourdough. p.1-5, Springer Science & Business Media.

Gray, J. A. ve Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Food Science and Food Safety*, 2,1–21.

Gül, H., Özçelik, S., Sagdiç, O., & Certel, M. (2005). Sourdough bread production with *lactobacilli* and *S. cerevisiae* isolated from sourdoughs. *Process Biochemistry*, 40(2), 691–697. http://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.01.044

Haber, B., (2002). Carob fiber benefits and applications. *Cereal Foods World*; Sep/Oct 2002; 47, 8; Materials Science & Engineering Database pg. 365.

Hajaji, E.H., Lachkar, N., Alaoui, K., Cherrah, Y., Farah, A., Ennabili, A., Bali, E.B., Lachkar M., (2010). Antioxidant properties and total phenolic content of three varieties of carob three leaves from Morocco. *Records of Natural Products* 4(4): 193-204.

Hammes W.P. ve Gänzle M.G. (1998) *Sourdough breads and related products*. In: Wood B.J.B. (eds) Microbiology of Fermented Foods. pp. 199–216. Springer, Boston, MA.

Hansen, A. ve Schıeberle, P., (2005). Generation of Aroma Compounds During Sourdough Fermentation: Applied and Fundamental Aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16: 85-94.

Holzapfel W. H. and Wood B. J. B., (2014). *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy.* New York, NY: Wiley-Blackwell, 632 10.1002/9781118655252.

Iıpumbu, L., (2008). *Composition analysis of locally cultivated carob (Ceratonia siliqua) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors*. PhD Thesis, The Department of Food Science, Stellenbosch University, Western Cape Winelands.

Jespersen, L., (2003). Occurrence and Taxonomic Characteristics of Strains of *Saccharomyces cerevisiae* Predominant in African Indigenous Fermented Foods and Beverages, *FEM Yeast Reearch*, 3, 191-200.

Juarez-Garcia, E., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S. G., Rodríguez-Ambriz, S. L. and Bello-Pérez, L.A., (2006). Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant Foods for Human Nutrition* 61: 131-137.

Karhan, M., Gubbuk, H., Turhan, İ., Öziyci, Tavukcuoğlu, R., Akgül, H., Uçgun, K., (2010). Türkiye'de yetişen keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua L.*) tiplerinin biyoaktif bir molekül olan D-pinitol içeriği üzerine çevre koşulları ve bileşim unsurlarının etkisi. TÜBİTAK Projesi Proje No: 107O650.

Katina, K., (2005). *Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread*. VTT PUBLICATIONS. 569. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20781/sourdoug.pdf?sequence=2

Kazanskaya, L. N., Afanasyeva, O. V., & Patt, V. A., (1983). Microflora of rye sours and some specific features of its accumulation in bread baking plants of the USSR. In J. Holas, & F. Kratochvil, Developments in food science. *Progress in cereal chemistry and technology*, Vol. 5B, pp. 759–763.

Keçeli, A., Evlice, A.K., Pehlivan, A., Şanal, T., Karaca, K., Külen, S., Subaşı, A. S., ve Salantur, A. (2017). Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum L.*) Zeleny Sedimentasyon Analizi ve Diğer Kalite Parametreleri ile İlişkisinin İncelenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20 (Özel Sayı), 292-296.

Klaenhammer, T., Altermann, E., Arıgonı, F., Bolotın, A., Breıdt, F., Broadbent, J. … Sıezen, R., (2002). Discovering Lactic Acid Bacteria By Genomics. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 82:29-58.

Kline, L., ve Sugihara, T. F. (1971). Microorganisms of the San Francisco sour dough bread process. II. Isolation and characterization of undescribed bacterial species responsible for the souring activity. *Applied Microbiology*, 21(3), 459–65.

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 (4): 398–407.

Kotancılar, H. G., Karaoğlu, M. M., Gerçekaslan, K. E., Uysal, P., (2006). Ekşi Hamur Katkısının Beyaz Tava Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Etkisi. Atatürk Üniv. *Ziraat Fk. Derg.* 37(1), 103-110, ISSN 1300-9036.

Köksel, H. Sivri, D. Özboy, Ö. Başman, A. ve Karacan, H., (2000). Tahıl Laboratuarı El Kitabı, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 47.

Laurikainen, T., Harkonen, H., Autio, K., Poutanen, K., (1998). Effects of enzymes in fibre-enriched baking. *Journal of Science and Food Agriculture*, 76, 239-249.

Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A., ve Gobbetti, M. (2000). Purification and Characterization of Novel Antifungal Compounds from the Sourdough Lactobacillus plantarum Strain 21B". *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9), 4084–4090.

Lavermicocca, P., Valerio, F., ve Visconti, A. (2003). Antifungal Activity of Phenyllactic Acid against Molds Isolated from Bakery Products. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 634–640. http://doi.org/10.1128/AEM.69.1.634-640.2003

Legan, J.D., (1993). Mould spoilage of bread: the problem and some solutions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 32, 1–3, 33-53, http://dx.doi.org/10.1016/0964-8305(93)90038-4.

Linko, Y., Javanainen, P., Linko S., (1997). Biotechnology of bread baking. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 339–343.

Lönner, C., Welander, T., Molin, N., Dosta´lek, M., & Blickstad, E. (1986). The microflora in a sour dough started spontaneously on typical Swedish rye meal. *Food Microbiology*, 3, 3–12.

Madenci, A.B. ve Bilgiçli, N., (2014). Effect of whey protein concentrate and buttermilk powders on rheological properties of dough and bread quality. *Journal of Food Quality 37: 117–124.*

Magda, R. A, Awad, A. M. ve Selim, K. A., (2008). Evaluation of mandarin and navel orange peels as natural sources of antioksidant in biscuits. *Special Volume Conference,* Fayoum University, pp. 75-82, Egypt.

Menteş, Ö., Akçelik, M., ve Ercan R., (2004). Türkiye'de Üretilen Ekşi Hamurlardan Lactobacillus Suşlarının İzolasyonu, İdentifikasyonu ve Bu Suşların Temel Endüstriyel Özellikleri. *GIDA*, 29:347-355.

Menteş, Ö., Ercan, R., ve Akçelik, M., (2007). Inhibitor activities of two Lactobacillus strains, isolated from sourdough, against rope-forming Bacillus strains. *Food Control* 18: 359–363.

Messens, W., ve De Vuyst, L. (2002). Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs- A review. *International Journal of Food Microbiology*, 72(1-2), 31–43. http://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00611-0

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. http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.021

Miś, A., Grundas, S., Dziki, D., ve Laskowski, J., (2012). Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal, *Journal of Food Engineering*, 108, 1-12.

Mohammad, T., Hassan, C. Z. and Zanariah, C. W., 2011. *Study on Physicochemical Properties of Bread Using Sourdough Starter from Plantain (Musa paradisiaca fa. Corniculata) Flour.* UDC 664. 642:664.644.5. 6th International Congress FLOUR-BREAD '11, 8th Croatian Congress of Cereal Technologists.

Müller, M. R. A., Wolfrum, G., Stolz, P., Ehrmann, M. A., & Vogel, R. F. (2001). Monitoring the growth of Lactobacillus species during a rye flour fermentation. *Food Microbiology*, 18, 217–227.

Nielsen, S. S. 2003. *Food analysis*. USA: Springer Science+Business Media Inc.3rd Ed.

Okada, S., Ishikawa, M., Yoshida, I., Uchimura, T., Ohara, N. ve Kozaki, M., (1992). Identification and characteristics of lactic acid bacteria isolated from sourdough sponges. *Biosci. Biotech. Biochem,* 56: 572-575.

Oliete, B., Gómez, M., Pando, V., Fernández- Fernández, E., Caballero, P.A. ve Ronda, F., (2008). Effect of nut paste enrichment on physical characteristics and consumer acceptability of bread. *Food Science Techology International* 14(3): 259–269.

O'Sullivan, M.G., Thornton, G., O'Sullivan, G.C., ve Collins, J.K., (1992). Probiotic bacteria: myth or reality? *Trends in Food Science and Technology*, 3, pp. 309–314.

Ortega, N., Macia, A., Romero, M. P., Reguant, J., ve Motilva, M. J., (2011). Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-viro digestion model. *Food Chemistry*, 124, 65-71.

Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., ve Haber, B., (2003). Isolation and structure elucidation of the major ındividual polyphenols in carob fibre. *Food and Chemical Toxicology*, 41, 1727-1738.

Örnebro, J., Nylander, T., Elıasson, A.C., Shewry, P.R., Tatham, A.S., ve Gılbert, S.M., (2001). Adsorption of the High Molecular Weight Glutenin Subunit 1Dx5 Compared to the Central Repetitive Domain and Gliadins. *Journal of Cereal Science*, 34: 141-150.

Özcan, M., Arslan, D., Gökçalik, H., (2007). Some Compositional Properties And Mineral Contents Of Carob (Ceratonia Siliqua) Fruit, Flour And Syrup. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(8), 652-658.

Pepe, O., Blaiotta, G., Moschetti, G., Greco, T., ve Villani, F. (2003). Rope-producing strains of Bacillus spp. from wheat bread and strategy for their control by lactic acid bacteria. *Applied Environmental Microbiology*, 69,2321–2329. DOI: 10.1128/AEM.69.4.2321–2329.2003

Prokopiuk, D., Cruz, G., Grados, N., Garro, O. ve Chiralt, A. (1996) Comparative Study Among The Fruits of Prosopis Alba and Prosopis Palida. *Multequina* 9,35-45.

Randazzo, C. L., Heilig, H., Restuccia, C., Giudici, P., ve Caggia, C. (2005). Bacterial population in traditional sourdough evaluated by molecular methods. *Journal of Applied Microbiology,* 99(2), 251–258. http://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02624.

Rayner, L. (2009). *Wild Bread: Hand-baked Sourdough Artisan Breads in Your Own Kitchen*. Life Weaver LLC. The nature of sourdough. Pp: 11-66.

Reed, G., and Nogodawithana, T., W., (1991). *Yeast Technology*. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold: New York, NY.

Rosell, C.M., Rojas, J.A. ve Benedito de Barger, C., (2001). Influence of hydrocolloids on dough reology and bread quality, *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81

Rosenquist, H., & Hansen, A. (2000). The microbial stability of two bakery sourdoughs made from conventionally and organically grown rye. *Food Microbiology*, 17, 241–250.

Rönkä, E., Malinen, E., Maria Saarela, M., Merja Rinta-Koski, M., Johannes Aarnikunnas, J. ve Palva, A., (2003). Probiotic and milk technological properties of *Lactobacillus brevis*. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 1, 63–74.

Ruas-Madiedo, P. ve de los Reyes-Gavilan, C.G., (2005). Invited Review: Methods for the Screening, Isolation, and Characterization of Exopolysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria. *Journal of Dairy Science*, Volume 88, Issue 3, 843 – 856.

Salinas, M. V., Carbas, B., Brites, C. ve Puppo, M. C., (2015). Influence of Different Carob Fruit Flours (Ceratonia siliqua L.) on Wheat Dough Performance and Bread Quality. *Food Bioprocess Technol* 8:1561–1570 DOI 10.1007/s11947-015-1527-7.

Salovaara, H., & Katunpää, H. (1984). An approach to the classification of Lactobacilli isolated from Finnish sour rye dough ferments. *Acta Alimentaria Polonica*, 10, 231–239.

Salovaara, H., (2004). *Lactic Acid Bacteria: Chapter XV Lactic Acid Bacteria in Cereal-Based Products.* S. Salminen, von A. Wright, & A. Ouwehand, Eds. Third Edit., New York: Marcek Dekker Inc.

Seguchi, M., Morimoto, N., Abe, M. ve Yoshino, Y., (2001). Effect of maitake (Grifola frondosa) mushroom powder on bread properties. *Journal of Food Science* 66(2): 261–264.

Sertekan, S. G., (2006). *Bisküvi ve kraker üretiminde tritikale ununun kullanım olanakları.* Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Šoronja Simović, D., Smole- Mozina, S., Raspor, P., Maravić, N. R., Zahorec, J. J., Luskar, L. and Šereš, Z. I., (2016). Carob flour and sugar beet fiber as functional additives in bread. *TEFF*, 47, 1-265. DOI 10.2298/APT164 7083S.

Spicher, G., (1959). Die Mikroflora des Sauerteiges. I. Mitteilung: Untersuchungen über die Art der in Sauerteigen anzutreffenden stäbchenförmigen Milchsäurebakterien (Genus Lactobacillus Beijerinck). *Zeitblatt fur Bakteriologie II Abt*, 113, 80–106.

Spicher, G., (1984). Weitere Unterschungen über die Zusammensetzung und die Variabilität der Mikroflora handelsuüblicher Sauerteig-Starter. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 178, 106–109.

Spicher, G., (1987). Die Mikroflora des Sauerteiges. XXII. Mitteilung: Die in Weizensauerteigen vorkommenden Lactobacillen. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 184, 300–303.

Spicher, G. and Nierle, W., (1988). Proteolytic activity of sourdough bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology* 28 (4/5), 487.492.

Teixeira, P. (2014). *"Lactobacillus brevis" Encyclopedia of Food Microbiology*. Carl A. Batt, Ed., Second Edition., 418–424.

Thiele, C., Gänzle, G. ve Vogel, R.F., (2002). Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavour. *Cereal Chemistry* 79, 45.51. http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.1.45

Thiele, C., Gänzle, M. G., ve Vogel, R. F. (2002). Contribution of sourdough lactobacilli, yeast and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. *Cereal Chemistry*, 79, 45–51.

Thiele, C., Grassl, S., & Gänzle, M. (2004). Gluten hydrolysis and depolymerization during sourdough fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(5), 1307–14. http://doi.org/10.1021/jf034470z

Tieking, M., Korakli, M., Ehrmann, M. A., Gänzle, M. G., & Vogel, R. F. (2003). In Situ Production of Exopolysaccharides during Sourdough Fermentation by Cereal and Intestinal Isolates of Lactic Acid Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(2), 945–952. http://doi.org/10.1128/AEM.69.2.945-952.2003

Trivedi, N., Hauser j., Nogodawithana, T. and Reed, G., (1989). Update o baker's yeast. *AIB Tech*. Bull. II (2).

Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G. ve Mandala I., (2014). Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT–Food Science and Technology* 58: 124-129.

Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO), (2014). Ekmek Tüketimiyle İlgili Tutum ve Davranışlar ile Ekmek İsrafı ve İsraf Üzerinde Etkili Olan Faktörler Araştırması. http://www.ekmekisrafetme.com

Torrieri, E., Pepe, O., Ventorino, V., Masi, P., ve Cavella, S. (2014). Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. *LWT-Food Science and Technology,* 56(2), 508–516. http://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.005

Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V. and Carcea, M., (2017). Technological, Nutritional and Functional Properties of Wheat Bread Enriched With Lentil or Carob Flours. *LWT-Food Science and Technology* 78 (2017), 361-366.

Turhan, İ., Tetik, N., ve Karhan, M., (2007). Keçiboynuzu pekmezinin bileşimi ve üretim aşamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 39-44.

USDA. (2010). Ceratonia siliqua. http://www.ars-grin.gov.

USDA. (2011). Nutrient data for 16055, Carob flour. http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4670?fg=&man=&lfacet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=CAROB.

Ünlütürk, A. ve Akbulut, N., (1984). *Ekmek mayası üretiminde temel ilkeler*. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Turkomp, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. (2018). www.turkomp.gov.tr/food/376

Vogel, R. F., Pavlovic, M., Ehrmann, M. a, Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Liebl, W., (2011). Genomic analysis reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* as stable element in traditional sourdoughs. *Microbial Cell Factories*, 10(Suppl 1), S6. http://doi.org/10.1186/1475-2859-10-S1-S6

Wang, Y., Belton, P.S., Bridon, H., Garanger, E., Wellner, N., Parker, M.L., Grant, A., Feillet, P. ve Noel, T.R., (2001). Physicochemical studies of caroubin: a gluten-like protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 3414-3419.

Wang, J., Rosell, C. M., ve Barber, C. B., (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79, 221-226.

Wang, R., Zhou, W. ve Isabelle, M., (2007). Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. *Food Research International* 40: 470–479.

Wehrle, K. and Arendt, E. K., (1998). Rheological Changes in Wheat Sourdough During Controlled and Spontaneous Fermentation. *Cereal Chemistry* 75: 882–886.

Yağmur, G., (2013). *Ekşi Hamur Fermantasyonunda Etkili Olan Laktik Asit Bakterilerinin ve Mayaların Belirlenmesin ve Bunlardan Elde Edilen Sıvı Ekşi Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması.* Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

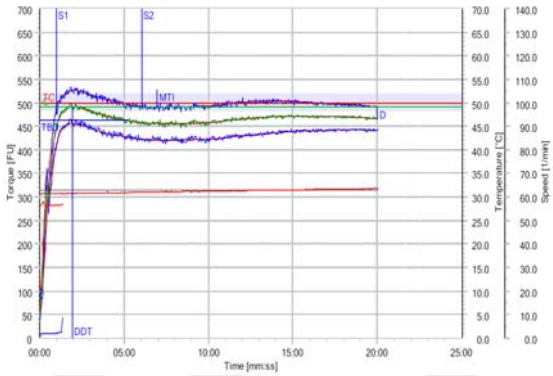
Yetim, H. ve Kesmen, Z., (2009). Gıda Analizleri. Erciyes Üniversitesi Ders Yayınları, No: 163, İkinci Baskı. Kayseri.

Yousif, A., K., Alghzawi, H., M., 2000. Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry* 69: 283-287.

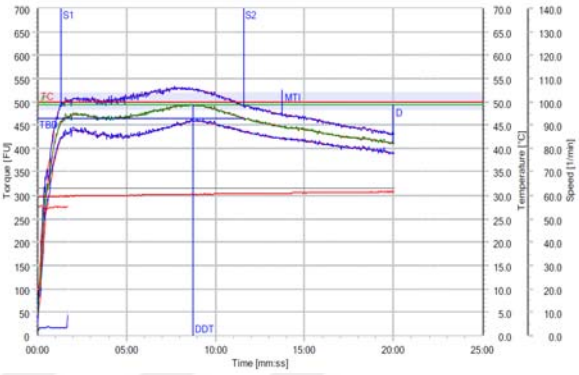
Zeeb, B., Fische, L., ve Weiss, J., (2014). Stabilization of food dispersions by enzymes. *Food Funct.*, 2014, 5, 198.

A
Örneklere Ait Farinograf Grafikleri

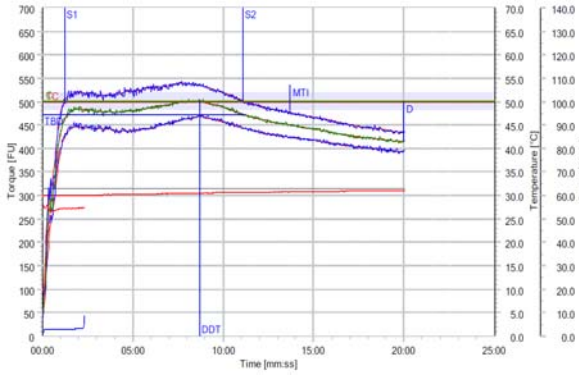
%0 *BU*



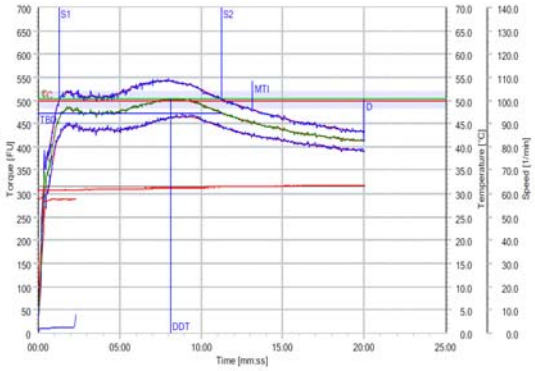
%2 *KBU*



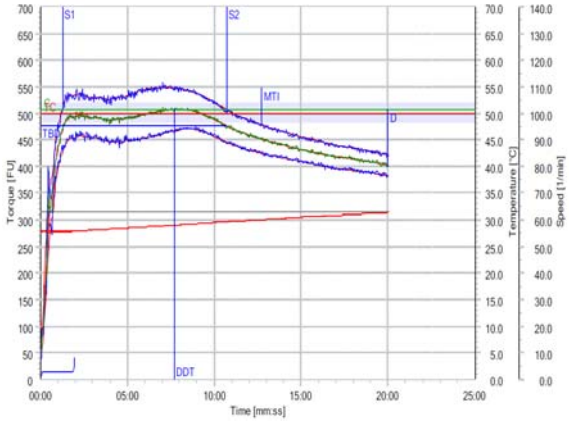
%4 *KBU*



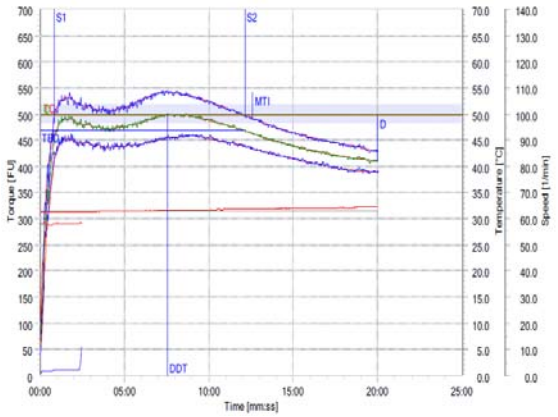
%6 *KBU*



%8 *KBU*



%12 *KBU*



B

Ekmek Numunelerinin Duyusal Analiz Değerlendirme Formu

Panel Tarihi:

1-5 Arasında Puanlama Yapınız	**ÖRNEK KODLARI**				
	1.	2.	3.	4.	5.
Kabuk Rengi					
İç Renk					
Sertlik					
Gözenek Yapısı					
Koku					
Çiğnenebilirlik					
Tat					
Genel Beğeni					
1-Hiç beğenmedim, **2**-Az beğendim, **3**-Orta derecede beğendim, **4**-Beğendim, **5**-Çok beğendim					
Ek değerlendirme varsa yazınız:					

C
Hazırlanan Ekmek Numuneleri Duyusal Analiz Sonuçları

Örnek Kodu	Kabuk rengi	İç renk	Sertlik	Gözenek yapısı	Koku	Çiğnenebilirlik	Tat	Genel Beğeni
E0	2,9±0,83^{c}	2,72±0,79^{d}	2,81±1,47^{d}	2,72±1,42^{ef}	2,54±0,82^{f}	2,55±1,04^{e}	2,36±1,12^{c}	2,9±1,14^{d}
E2	4,09±0,83^{ab}	3,91±0,94^{abc}	4±1,00^{abc}	4,18±0,87^{a}	4,09±0,70^{ab}	3,81±1,08^{abc}	3,63±1,12^{ab}	3,9±1,04^{ab}
E4	4,27±0,90^{ab}	4,18±0,98^{a}	3,82±1,08^{abc}	3,9±0,94^{abc}	4,27±0,79^{a}	3,9±0,83^{ab}	3,54±0,82^{ab}	4,36±0,67^{a}
E6	3,72±1,10^{b}	3,54±1,13^{abc}	3,54±1,21^{bcd}	3,18±0,7^{cdef}	3,54±1,13^{abcde}	3,27±1,27^{bcde}	3,54±1,44^{ab}	3,72±1,01^{abc}
E8	3,81±1,25^{ab}	3,91±1,14^{abc}	3,81±1,08^{abc}	3,36±1,21^{bcdef}	3,45±0,93^{bcde}	3,36±1,03^{bcd}	3,73±1,01^{ab}	3,91±1,04^{ab}
E12	3,81±1,33^{ab}	3,54±1,37^{abc}	3,18±1,33^{cd}	2,63±1,12^{f}	3,27±1,19^{cdef}	2,9±1,14^{de}	2,91±1,14^{bc}	2,91±1,22^{d}
ET0	3,72±0,79^{b}	4±0,89^{ab}	3,81±0,98^{abc}	4,09±0,83^{ab}	3,63±0,81^{abcde}	3,63±0,81^{abcd}	3,54±1,13^{ab}	3,81±0,98^{abc}
ET2	4,54±0,52^{a}	4,09±0,70^{a}	4,45±0,93^{a}	4±0,63^{ab}	4,18±0,75^{ab}	4,18±0,75^{a}	4,18±0,60^{a}	4,36±0,50^{a}
ET4	3,63±1,03^{bc}	3,82±0,87^{abc}	3,90±1,04^{abc}	3,9±1,04^{abc}	3,81±1,17^{abcde}	3,82±1,17^{abc}	3,72±1,10^{ab}	4,09±0,94^{a}
ET6	3,90±1,22^{ab}	3,9±1,14^{abc}	4,27±0,79^{ab}	3,81±1,08^{abc}	4±1,10^{abc}	4,18±0,87^{a}	3,9±1,22^{a}	4,09±1,04^{a}
ET8	3,81±1,03^{ab}	3,81±1,13^{abc}	3,45±1,13^{bcd}	3,45±0,90^{abcde}	3,45±1,131^{bcde}	3,54±1,27^{abcd}	4±1,44^{a}	3,72±1,01^{abc}
ET12	4±0,77^{ab}	3,72±0,90^{abc}	3,63±1,12^{abcd}	3,54±0,93^{abcd}	3,55±1,21^{abcde}	3,54±1,29^{abcd}	3,55±1,44^{ab}	3,73±1,01^{abc}
T0	3,73±0,65^{b}	3,73±0,65^{abc}	3,18±0,98^{cd}	3,55±0,52^{abcd}	3,45±0,82^{bcde}	3,09±0,94^{cde}	3,91±0,70^{a}	3,64±0,67^{abcd}
T2	3,82±0,75^{ab}	3,64±0,50^{abc}	3,73±0,79^{abc}	3,45±0,82^{abcde}	3,91±0,70^{abcd}	3,45±0,52^{abcd}	3,55±0,82^{ab}	3,64±0,67^{abcd}
T4	3,64±0,67^{bc}	3,45±0,52^{abcd}	3,64±0,50^{abcd}	3,36±0,50^{bcdef}	3,55±0,69^{abcde}	3,55±0,82^{abcd}	3,55±0,69^{ab}	3,73±0,79^{abc}
T6	4,00±0,63^{ab}	3,82±0,60^{abcd}	3,64±0,50^{abcd}	3,55±0,69^{abcd}	3,73±0,65^{abcde}	4,0±0,63^{ab}	3,55±0,69^{ab}	3,82±0,60^{abc}
T8	3,55±0,82^{bc}	3,27±0,79^{bcd}	3,55±0,82^{bcd}	3,0±0,77^{def}	3,18±0,75^{def}	3,36±0,81^{bcd}	3,00±0,63^{bc}	3,18±0,60^{bcd}
T12	3,55±0,82^{bc}	3,18±0,75^{cd}	3,18±0,98^{cd}	3,18±0,75^{cdef}	3,09±0,94^{ef}	3,0±1,00^{de}	3,0±0,45^{bc}	3,09±0,54^{cd}

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: karlidagsenem@gmail.com

Bildiriler

1. Karlidag, S., Arıcı, M. ve Özülkü, Görkem (2018). "Rheological and Quality Characteristics of Wheat Bread Enriched with Carob Flour", *The International Symposium Food Rheology and Texture,* 19-21 October 2018, İstanbul, Turkey.

2. Karlidag, S. ve Arici, M. (2016). "Phytase Activities of Lactic Acid Bacteria and Yeast", *6th International Chemistry Conference*, 8-10 November 2016, Riyadh, Saudi Arabia.

3. Karlıdağ, S.ve Arıcı, M. (2016). "Ekşi Hamur Fermantasyonu ve Beslenme", *Türkiye 12. Gıda Kongresi*, 05-07 Ekim 2016, Trakya Üniversitesi, Edirne.

Poster Sunumları

1.Karlidag, S., Arıcı, M. ve Özülkü, Görkem (2018). "Rheological and Quality Characteristics of Wheat Bread Enriched with Carob Flour", *The International Symposium Food Rheology and Texture,* 19-21 October 2018, İstanbul, Turkey.

2.Karlıdağ, S.ve Arıcı, M. (2016). "Ekşi Hamur Fermantasyonu ve Beslenme", *Türkiye 12. Gıda Kongresi*, 05-07 Ekim 2016, Trakya Üniversitesi, Edirne.

Projeler

1. TÜBİTAK Üniversite-Sanayi İş birliği Destek Programı**,** 5150003 Proje Numaralı**,** Geleneksel Ekşi Hamur Ekmeği Üretimine Yönelik Teknolojik Özellikleri Yüksek Yerli Ticari Starter Kültür Üretimi, 1.9.2015-1.1.2017 (Bursiyer).