T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

PEYNİR ALTI ATIK SUYU KULLANIMI İLE ÜRETİLEN EKŞİ MAYALARIN EKMEĞİN KALİTE VE RAF ÖMRÜ NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

SEVİL ACAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. MÜGE HENDEK ERTOP

OCAK - 2022
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Sevil ACAR tarafından hazırlanan "**PEYNİR ALTI ATIK SUYU KULLANIMI İLE ÜRETİLEN EKŞİ MAYALARIN EKMEĞİN KALİTE VE RAF ÖMRÜ NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **14.01.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Pınar ŞANLIBABA Ankara Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Nesrin IÇLI Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Sevil ACAR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PEYNİR ALTI ATIK SUYU KULLANIMI İLE ÜRETİLEN EKŞİ MAYALARIN EKMEĞİN KALİTE VE RAF ÖMRÜ NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

SEVİL ACAR

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN:DOÇ. DR. MÜGE HENDEK ERTOP

Peynir altı suyu (PAS) peynir üretimi sonucu ortaya çıkan, kısmen PAS tozu üretiminde kullanılan ancak genel itibariyle atık olarak nitelendirilen bir yan üründür. PAS' a kalsiyum ilavesi ve yeniden kaynatılması sonucu elde edilen lorun ayrılması sonucu elde edilen son atık su ise peynir altı atık suyu (PAAS) olarak adlandırılmaktadır. Bu tez kapsamında âtık olarak çevreye salınan PAAS' ın besinsel ve kimyasal içeriğinin tespit edilmesi, ekşi hamur üretiminde kullanımıyla mevcut besinsel içeriğinin üretime tekrar kazandırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, su, PAAS ve enzim hidrolize peynir altı atık suyu ($PAAS_{EH}$) ile geleneksel spontan fermentasyon yöntemi kullanılarak ekşi mayalar hazırlanmıştır. Hazırlanan ekşi mayalar, 6 farklı oranda ekmek hamuru formülasyonuna dahil edilmiştir. Elde edilen ekmeklerin ürün kalitesi ve raf ömrü nitelikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla ekmeklerin kabuk ve iç rengi, hacim, spesifik hacim, kabuk kalınlığı, pH, fitik asit, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, kül ve sindirilebilir kül gibi bazı fizikokimyasal ve biyoaktif nitelikleri incelenmiştir. Ayrıca kullanılan mayaların ekmeğin raf ömrüne etkisi ile duyusal teste tabi tutularak tercih edilme durumları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tez çalışması sonucu, PAAS içeriğindeki laktozun galoktozidaz enzimi hidrolizi ile glikoz ve galaktoza indirgenebildiği belirlenmiştir. PAAS ve $PAAS_{EH}$ ile hazırlanan ekşi mayalardan aynı sürede daha fazla asitlik gelişimi meydana gelirken, son üründe LAB ve maya sayımlarının aynı olduğu tespit edilmiştir. Farklı ekşi maya kullanımları ekmek niteliklerini etkilemiş, PAAS kullanımı ekmek hacmini düşürürken, $PAAS_{EH}$ kullanımı geleneksel ekşi maya ile benzer sonuçlar vermiştir. PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanımı ekmeklerin toplam mineral madde, sindirilebilir kül oranını arttırırken, özellikle $PAAS_{EH}$ kullanımı dış kabukta yüksek düzeyde kızarmış renk oluşumu sağlamıştır. Ekmeklerin biyoaktif nitelikleri de hem farklı ekşi maya hem de kullanım oranlarından etkilenmiştir. PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekşi maya kullanımı ekmeklerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik içeriğini arttırırken ekşi mayanın artan oranlarıyla bir antinutrient olan fitik asit içeriklerinde de düşüş gözlenmiştir. Çalışma sonucu, gerek olumsuz etkiye sahip PAAS' ın çevreye salınımını azaltmak, gerekse besinsel içerisinden alternatif bir alanda yararlanımı sağlamak amacıyla fırın ürünleri sektörü için ekşi maya üretiminde kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Peynir altı atık suyu, enzim hidroliz peynir altı suyu, ekşi maya, ekmek kalitesi

Ocak 2022, 87 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

THE EFFECTS OF SOUR DOUGHS PRODUCED BY THE USE OF WASTE WHEY ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF THE BREAD

SEVİL ACAR

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING
SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. MÜGE HENDEK ERTOP

Whey is a by-product resulting from cheese production, partially used in the production of whey powder, but generally considered as waste. The last waste water obtained as a result of separating the curd obtained as a result of adding calcium to whey and re-boiling is called whey waste water (PAAS). Within the scope of this thesis, it is aimed to determine the nutritional and chemical content of PAAS, which is released into the environment as waste, and to regain its current nutritional content to production by using it in sourdough production. For this purpose, sourdoughs were prepared by using traditional spontaneous fermentation method with water, whey (PAAS) and enzyme hydrolyzed whey ($PAAS_{EH}$). Prepared sourdoughs were incorporat in the bread dough formulation at 6 different rates. The effects of the obtained breads on the product quality and shelf life qualities were investigated. For this purpose, some physicochemical and bioactive properties of breads such as crust and crumb colour, volume, specific volume, crust thickness, pH, phytic acid, antioxidant activity, total phenolic content, ash and digestible ash were investigated. In addition, the effects of the sourdoughs used on the shelf life of the bread and their preference were investigated by subjecting them to sensory tests. Obtained results were evaluated statistically. As a result of the thesis, it was determined that lactose in PAAS content can be reduced to glucose and galactose by the hydrolysis of the enzyme galoctosidase. While more acidity development occurred in the same period of sourdough prepared with PAAS and $PAAS_{EH}$, LAB and yeast counts were found to be the same in the final sourdough samples. The use of different sourdoughs affected the bread qualities, the use of PAAS reduced the bread volume, while the use of $PAAS_{EH}$ gave similar results to traditional sourdough. The use of PAAS and $PAAS_{EH}$ increased the total mineral content and digestible ash ratio of the breads, while the use of $PAAS_{EH}$ in particular provided a high level of browny color formation on the crust surface. The bioactive qualities of breads were also affected by both sourdough types and usage rates. The use of PAAS and $PAAS_{EH}$ sourdoughs increased the antioxidant activity and total phenolic content of the bread samples, while a decrease was observed in the content of phytic acid, an antinutrient, with increasing rates of sourdough. As a result of the study, it has been determined that it is appropriate to use in sourdough production for the bakery products sector in order to reduce the release of PAAS, which has a negative effect, to the environment and to provide its use in an alternative field in its nutritional content.

KEYWORDS: Waste whey, enzyme hydrolyzed whey, sourdough, bread qualıty

January 2022, 87 Page

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimi ile bana yol gösteren, tezimin hazırlanmasında katkı sağlayan değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP' a (Kastamonu Üniversitesi) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (KÜBAP)' ne KÜ-BAP03/2020-2 Nolu Proje ile Sağladıkları Destekten Dolayı teşekkür eder şükranlarımı sunarım.

Tez için yapmış olduğum laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarıyla büyük katkıda bulunan kıymetli arkadaşım Ece DURMUŞ' a ve duyusal değerlendirmelere katılıp özveri ve dikkatle uygulama yapan Kastamonu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans ve Yüksek Lisans öğrencilerine çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi destekleriyle sürekli yanımda olduklarını bildiğim annem Şükriye MÜTEVELLİ, babam İlhan MÜTEVELLİ, ablam Öğr. Gör. Dilek MÜTEVELLİ (Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Zonguldak Meslek Yüksek Okulu) ve evladım Ela Zeren ACAR' a sevgi ve en samimi teşekkürlerimi sunarım.

SEVİL ACAR

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xi**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR **2**
2.1 Peynir Altı Suyu 2
2.2 Peynir Altı Atık Suyu 4
2.2.1 Peynir Altı Atık Suyunun İçeriği 6
2.2.2 Peynir Altı Atık Suyunun Sağlık Üzerine Etkileri 6
2.2.3 Peynir Altı Atık Suyunun (PAAS) Kullanım Alanları 9
2.2.4 Peynir Altı Suyunun Tahıl Ürünlerinde Kullanımı 10
2.3 Ekmek 13
2.3.1 Ekmek Tanımı 13
2.3.2 Ekmek Üretimi 14
2.3.3 Ekmekte Raf Ömrü 15
2.4 Ekşi Maya/Ekşi Hamur 17
2.4.1 Ekşi Hamur Mikroflorası 21
3. MATERYAL VE METOT **23**
3.1 Materyal 23
3.2 Yöntem 23
3.2.1 Kullanılacak Materyallerin Genel Bileşim Analizleri 24
3.2.1.1 Peynir altı atık suyunun (PAAS) enzimatik hidrolizi 24
3.2.1.2 HPLC ile şeker profili analizi 24
3.2.2 Ekşi Hamur Üretimi 26
3.2.2.1 Ekşi hamurlarda laktik asit bakterileri ve maya sayımı 27
3.2.3 Pişme Sonrası Ekmek Fizikokimyasal Kalite Özellikleri 28
3.2.3.1 Kabuk ve iç rengi 28
3.2.3.2 Hacim ve spesifik hacim 29
3.2.3.3 Kabuk kalınlığı 29
3.2.3.4 pH tayini 29
3.2.3.5 Fitik asit içeriği 29
3.2.3.6 Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde 30
3.2.3.7 Kül Tayini 31
3.2.3.8 *In vitro* kül sindirilebilirlik oranı (KSO) 31
3.2.3.9 Mineral madde analizi 31
3.2.4 Ekmek Raf Ömrü Niteliklerinin Belirlenmesi 32
3.2.4.1 Nişasta retrogradasyonu (DSC Analizi) 32
3.2.4.2 Rutubet miktarı ve rutubet kaybı (RK) 33

3.2.5 Duyusal Analiz 33
3.2.6 İstatistiksel Analiz 33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 34
4.1 Peynir Atık Sularının İçerikleri 34
4.2 Peynir Altı Atık Suyu (PAAS) Enzimatik Hidrolizi 38
4.2.1 Üretilen Ekşi Hamurların Bazı Nitelikleri 40
4.3 Pişme Sonrası Ekmeklerin Kalite Özellikleri 42
4.3.1 Ekmeklerin Bazı Fiziksel Özellikleri 42
4.3.2 Ekmeklerin Bazı Kimyasal Özellikleri 47
4.3.3 Ekmeklerin Renk Nitelikleri 50
4.3.4 Ekmeklerin Biyoaktif Nitelikleri 54
4.4 Ekmeklerin Bazı Raf Ömrü Nitelikleri 56
4.4.1 Rutubet Kaybı (RK) 56
4.4.1.1 Nişasta retrogradasyonu 58
4.4.2 Duyusal Analiz Değerlendirilmesi 63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 67
KAYNAKLAR 71
ÖZGEÇMİŞ 87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Peynir altı atık suyu akış şeması 4
Şekil 3.1 Laktoza ait kalibrasyon eğrisi 25
Şekil 3.2 Glikoza ait kalibrasyon eğrisi 26
Şekil 3.3 Galaktoza ait kalibrasyon eğrisi 26
Şekil 3.4 Hunter sistemindeki L^*, a^* ve b^* parametrelerinin renk skalası 28
Şekil 3.5 Fitik asit kalibrasyon eğrisi 30
Şekil 3.6 Gallik asit standart kalibrasyon eğrisi 31
Şekil 4.1 S1, S2, S3 ve S4 Akış Şeması 34
Şekil 4.2 Peynir altı atık suyu şeker profili kromotogramı 39
Şekil 4.3 Hidrolize peynir altı atık suyu şeker profili kromotogramı 39
Şekil 4.4 Ekmek örneklerinin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri 58
Şekil 4.5 Su kontrol ve Su 5 örneklerine ait DSC termogramları 60
Şekil 4.6 PAAS kontrol ve PAAS5 örneklerine ait DSC termogramları 61
Şekil 4.7 $PAAS_{EH}$ kontrol ve $PAAS_{EH}5$ örneklerine ait DSC termogramları 62

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 PAAS bileşimi 6
Tablo 3.1 Şeker analizi HPLC koşulları 25
Tablo 3.2 Üretilecek ekşi hamur tipleri..... 27
Tablo 3.3 Ekşi hamur ilaveli ekmek formülleri 28
Tablo 4.1 Eritme peynir prosesi aşamalarında süt ve peynir altı sularının içerikleri 35
Tablo 4.2 Süt, peynir altı suları ve atık suyun mineral madde içerikleri 36
Tablo 4.3 Süt (S1), peynir altı suları (S2,S3) ve atık suyun (S4) protein içerikleri 37
Tablo 4.4 Peynir altı atık suyunun enzim hidrolizi öncesi ve sonrası HPLC kromotogram verileri..... 40
Tablo 4.5 Ekşi mayanın, fermantasyon süreleri bitimindeki pH değerleri 40
Tablo 4.6 Ekmek yapımında kullanılan ekşi mayaların laktik asit ve maya sonuçları 42
Tablo 4.7 Ekmek örneklerinin bazı fiziksel özelliklerine ait değerler 43
Tablo 4.8 Ekmek örneklerinin bazı kimyasal özelliklerine ait değerler 48
Tablo 4.9 Farklı ekşi maya kullanılarak elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerleri..... 51
Tablo 4.10 Farklı ekşi maya kullanılarak elde edilen ekmeklerin iç renk değerleri..... 53
Tablo 4.11 Ekmek örneklerinin antioksidan aktivite ve fitik asit içerikleri..... 55
Tablo 4.12 Ekmek örneklerinin rutubet değerleri 57
Tablo 4.13 Ekmek örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları 64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	**:** Santigratderece
cm^3	**:** Santimetre küp
dak	**:** Dakika
g	**:**Gram
L	**:** Hacim
µg	**:** Mikrogram
µL	**:** Mikrolitre
HV	**:** High voltage
kg	**:** Miligram
kob	**:** Koloni sayısı
M	**:** Molar
ml	**:** Mililitre
mm	**:** Milimetre
N	**:** Normal
nm	**:** Nanometre
pH	**:** Power of Hydrogen
ppm	**:** Milyondabir
rpm	**:** Dakikadaki devir sayısı
s	**:** Saniye
sa	**:** Saat
%	**:** Yüzde

Kısaltmalar

AACC	**:** American Association of CerealChemists
AO	**:** Şahit DPPH çözeltisinin absorbansdeğeri
AOAC	**:** Association of Official Analytical Chemists
AS	**:** Örnek ekstraktına ait absorbans değeri
BAP	**:** Bilisel Araştırma Projesi
BOİ	**:** Biyolojik oksijen ihtiyacı
DPPH	**:** 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
DSC	**:** Diferansiyel taramalı kalorimetre (Diferential ScanningCalorimeter)
EPAAS	**:** Enzimli peynir altı atık suyu
HPLC	**:** Üstün Verimlilik ile Kompakt Tasarımda Entegre
KOİ	**:** Kimyasal oksijen ihtiyacı
KSO	**:** In vitro kül sindirilebilirlik oranı
LAB	**:** Laktik asit bakterisi
MRS	**:** Man, Rogosa ve Sharge Agar
PAS	**:** Peynir altı suyu
PAAS	**:** Peynir altı atık suyu

$PAAS_{EH}$	**:** Enzim hidrolize peynir altı suyu
PDA	**:** Patato Dextrose Agar
RK	**:** Rutubet Kaybı
SPSS	**:** Statical Program For Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı)
TGK	**:** Türk Gıda Kodeksi

1. GİRİŞ

Peynir altı suyu (PAS), bir süt ürünü artığıdır. PAS' ın lora işlenmesinden elde edilen su da bir atıktır. Peynir üretiminde yaklaşık her 100 kg sütün 85 kg' ı PAS çevrilirken, 82 kg'ı da atık suyuna dönüşmektedir. PAS bileşimi, süt kuru maddesinin yaklaşık yarısını içermektedir (Mete, 2012). PAS' dan lor üretimi sonrası ortaya çıkan peynir altı atık suyunun (PAAS) da besleyici değeri yüksek olduğu için, bir yan ürün olarak değerlendirilmeksizin atık olarak çevreye vermek hem endüstriyel bir kayıp hem de çevre kirliliği kaynağıdır (Ayhan ve Haluk, 2016).

Geçmişten günümüze kadar gelen, un ve su karışımının ekşitilmesi ile elde edilen ürün ekşi maya ya da ekşi hamur olarak adlandırılır. Ekşi maya oluşumu iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi; un ve su karışımına starter kültür ilave edilmesi ile elde edilen karışımdır. Bu yöntemde fermantasyon kısa olmasına rağmen, starter kültürlerinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle endüstriyel anlamda kullanımı azdır. Diğer yöntem ise spontan yöntem dediğimiz; un, hava ve sudan gelen mayalar ve laktik asit bakterilerinin, un ve su karışımını doğal şekilde fermente etmesi ile elde edilir. Bu doğal yolla elde edilen geleneksel bir yöntemdir (Hendek Ertop ve Hayta, 2016; Bakırcı ve Köse, 2017). Ekşi maya günümüzde "Trabzon ekmeği ve çavdar ekmekleri" üretiminde kullanılmaktadır. Ekşi hamur mayasında bulunan mikroorganizmalar mayalar, homo- ve heterofermantatif laktik asit bakterileridir. Mayalar şekeri kullanıp asit oluşturarak hamurun kabarmasını ve ekmekteki aromanın gelişmesini sağlar. Heterofermantatif LAB' de şekeri kullanıp laktik asit üreterek ekmeğin elastisitesini ve lezzetini oluşturur. Homofermantatif laktik asit bakterileri ise laktik asit yanın da asetik asit, etil alkol ve CO_2 üreterek hamurun kabarmasını teşvik etmektedir (Göçmen, 2001; Bakırcı ve Köse, 2017).

Bu tez çalışmasında su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanılarak önce ekşi maya üretilmiş ve elde edilen bu mayalar kullanılarak da ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmek üretimleri sırasında PAAS ekmeğinde su yerine PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekmeğinde ise su yerine $PAAS_{EH}$ kullanılmıştır. Üretilen ekmeklerde de ekşi maya ilavesinin ekmeğin fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR

2.1 Peynir Altı Suyu

Sütten peynir yapılması sonucu oluşan yeşilimsi sarı renkli sıvıya *peynir altı suyu* (PAS) denir (Üçüncü, 2008). Türk Gıda Kodeksi Peynir Yönetmeliği' ne göre ise pıhtının kesilmesi sonrası pıhtıdan ayrılarak teleme dışında kalan sıvı yan üründür (TGK, 2015). PAS' ın yeşil- sarı rengini, içerdiği riboflavin sağlamaktadır (Yerlikaya vd., 2010; Güzeler ve Esmek, 2014). PAS' ın içeriğinde peynir yapımında kullanılan sütün içeriğine, peynirin yapım tekniğine, pıhtılaştırma işleminin maya veya asitle yapılıp yapılmadığına, pıhtılaştırma sıcaklığı ve süresine, pıhtı parçalanma şekli vb. değişkenler ile farklılık oluşmaktadır (Jeličić vd., 2008; Yüksel vd., 2019). PAS, içerdiği laktoz, serum proteinleri gibi besin bileşenleri içermesiyle mikroorganizmalara iyi bir besin kaynağı olmaktadır. PAS proteinleri sıvı içerisinde homojen dağılım göstermekte ve köpürme özelliğiyle de hava içeren ürünlerin dayanıklılığını arttırmak için tercih edilmektedir (Cansız, 2018). 1000 g PAS ortalama 67 g kuru madde içerir ve bunun da 7 g protein, 49 g laktoz ve 2 g mineral madde olduğu yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir. Ayrıca tiamin, riboflavin, folik asit, niasin gibi B grubu vitaminler ve askorbik asit de peynir altı suyunda önemli miktarlarda bulunmaktadır (Yerlikaya vd., 2010). PAS proteinlerinden L- valini, L-isolösin ve L- lösin kısa zincirli aminoasitlerini yüksek miktarda içermektedirler.

PAS' ın sağlığımız üzerinde birden fazla yararı vardır. İçerdiği kuru maddenin yaklaşık %70' i laktozdan oluşmakta, bu da bağırsaklardaki patojen mikrorganizmalarının büyümesi ve de gelişmesinde rol almaktadır. PAS' ın ısıl işlem görmesiyle laktozun, laktuloza dönüştüğü ve bifidobakterlerin büyümesini sağlamaktadır (Jelicic vd., 2008). PAS içerdiği proteinlerinden laktoferrin ve laktoperoksidazın sayesinde osteoporoz oluşumunu engellerken, kemik gelişimini de desteklemektedir. Bazı çalışmalar ile kilo kontrolü ile obezitenin oluşmasını engellendiği bulunmuştur (Marshall, 2004). PAS, bebeklerin büyümesi ve gelişmesinde önemli rolü olan laktoglobulin ve laktoalbumin proteinlerini içerdiğinde dolayı bebeklerin mamalarının üretilmesinde kullanılmaktadır (Cansız, 2018).

Bebekler için ayrıca Salmonella typhimurium, *Salmonella typhimurium, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Shigella dysenteriae* ve Bacillus türlerinden bazılarına karşı etkisi vardır (Shah, 2000).

PAS' nin içeriğine yer alan esansiyel bir aminoasit olan β-Laktolglobulin, sisteince zengindir (Karagözlü ve Bayarer 2004). Glutatyon sentezlenmesinde sisteinin görevi vardır. Bağışıklığın, savunma sisteminin temeli glutatyondur (Öğünç ve Yalçın 2011; Dinçoğlu ve Ardıç 2012). β-Laktolglobulin denaturasyonu, ısıl işlemin uygulanmasıyla artış göstermektedir. Aynı şekilde sıcaklığa bağlı olarak laktulaz oranının da arttığı bilinmektedir. Yüksek çözünürlüğü, su bağlama kapasitesi özelliklerine sahip ve bir disakkarit olan laktuloz, früktoz ile galaktozdan meydana gelir. Bu özelliklerinin verdiği olumlu özellikleri açısından fırıncılık ürünleri üretiminde tercih sebebi olmaktadır (Cansız, 2018).

PAS proteinleri kıvam arttırıcı, jel oluşturucu, köpük oluşturucu, hacim artış sağlayıcı, emülsiyon sağlayıcı, su tutucu özelliklerinin yanı sıra serum ayrılmasında da önleyicidir ve bu özellikleri ile birçok gıdanın duyusal ve tekstürel niteliklerini düzeltmek ve dayanıklılık geliştimek için tercih edilirler (Mleko ve Gustaw, 2002; Herceg ve Lelas, 2005; Harjinder ve Aiqian, 2008; Nicorescu vd., 2008). Süt ve ürünlerinin farklı formları (peynir altı suyu protein konsantratı, peynir altı suyu tozu vb.), fırıncılık ürünlerini besinsel açıdan geliştirmek, glutensiz ekmeklerde su absorpsiyonu özelliğini yükseltmek için tercih edilir (Gallagher vd., 2004). PAS proteinlerinin köpükleştirme özelliği açısından ekmeğin yanı sıra kekler ve tatlı çeşitlerinde de hacimsel artış sağlaması tercih edilişini arttırmaktadır (Özcan ve Delikanlı, 2011).

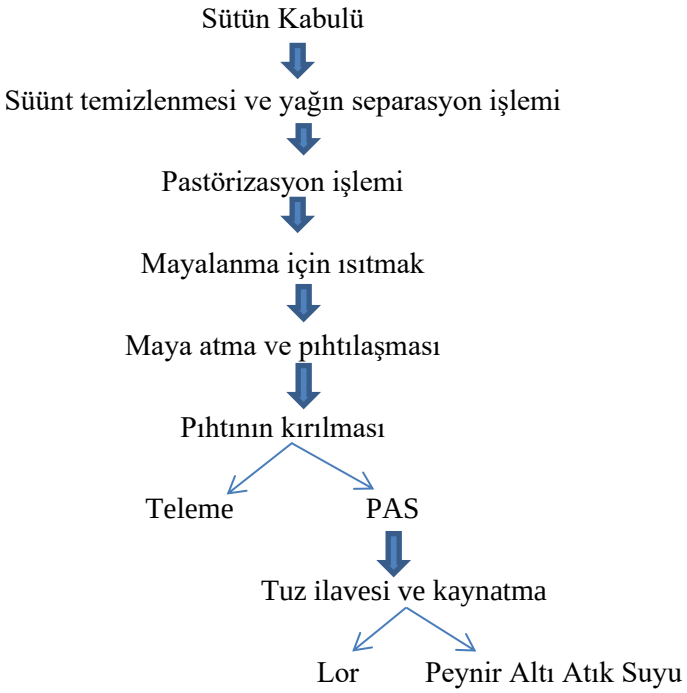
Proteinlerin aroma sağlayıcı bileşenleri olan keton, esterler, aldehitler vb. farklı aroma bileşikleriyle tepkimeye girmektedir. Aroma bileşenleri, proteine bağlandığında gıda ürünlerinin arzu edilen lezzet ve koku özelliklerini sağlamaktadır (Guichard ve Langourieux, 2000; Guichard, 2006).

Proteinlerin sahip olduğu özelliklerinin açığa çıkması şekil, boyut, aminoasit kompozisyonun varlığı ile dizilişi gibi kimyasal, fizikokimyasal ve fiziksel özellikleri sayesindedir (Hanmoungjai vd., 2002). Gıda ürünlerinin işlenmesinde uygulanan

teknolojik işlemlerdeki farklılıklar proteinlerin yapısallığını ve fonksiyonelliğini değiştirebilmektedir. Örnek olarak pastörizasyon işleminin proteinlerin globüllerini çözündürmekte ve denatürasyon işleminin de proteinleride esneklik ve hidrofobik etkileşim açışından artışa neden olmaktadır (Özcan ve Delikanlı, 2011).

2.2 Peynir Altı Atık Suyu

PAS elde edebilmek için öncelikli olarak fabrikaya kaliteli süt alımı yapılması gerekir. Süt gerekli işlemlerden geçirildikten sonra mayalanır. Mayalama ile oluşan jel kırıcılar yardımı ile kırılır ve katı ve sıvı olmak üzere iki faz oluşur. Katı faza teleme, sıvı faza ise PAS denir. PAS, tuz eklenip kaynatıldığında ise lor ve peynir altı atık suyu oluşur. Peynir altı atık suyunun oluşumu Şekil 2.1' de verilmiştir (Sabuncu, 2014).



Şekil 2.1 Peynir altı atık suyu akış şeması

PAS proteinlerinden β-laktoglobulin, süt sıcaklığı 60 °C üzerine çıktığında sülfürlü amino asit aktivitesini başlatmakta ve oluşan sülfürlü bileşikler, sütte pişmişlik hissi oluşturmaktadır (Cansız, 2018). PAS' ın ısısal işlemleri sonucunda laktozun, laktuloza dönüştüğü ve laktulozun da bifidobakterlerin gelişmesini sağladığı görülmüştür (Jelicic vd., 2008).

PAS kullanılmadan direkt çevreye bırakıldığında, PAS içindeki organik maddeler fermantasyona uğrayarak hem kötü koku oluşmasına hem de çevre kirliliğine neden olmaktadır (Kandemir, 2011). Ayrıca suda yaşayan hayvanlarında ölümlerine neden olmaktadır (Yazar vd., 2011; Dinçoğlu ve Ardıç, 2012; Türkdayı, 2018; Yüksel vd., 2019). PAS yüksek miktarda nitrojen, fosfor ve yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ 40 – 48 g/L) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ 89 – 95 g/L) nedeniyle çok büyük kirlilik sorunlarına yol açtığı tespit edilmiştir. (Kothari vd., 2012). Tereyağı, krema, peynir ve peynir altu sularının üretiminde açığa çıkan atıl sular BOİ kaynaklarıdır. Bazı süt bileşenlerinden atık yükü eşdeğerlerinin sonuçları aşağıdaki gibidir (Jaganmai ve Jinka, 2017):

1 kg laktoz = 1,13 kg KOİ

1 kg süt yağı = yaklaşık 3 kg KOİ

1 kg protein = 1,36 kg KOİ

1L PAS' ın oluşturduğu çevre kirliliği, 1 kişinin bir günde ürettiği kirliliğe eşdeğerdir (Yüksel vd., 2019). Peynir suyu değerlendirilmeyecek ve atılacaksa, suyun döküldüğü yer yerleşim alanlarına yakın olmamalıdır. Ayrıca döküldüğü yerde akarsu, durgun su gibi su kaynağı bulunmamalıdır. Firmadan çıkışı sonrası özel kanalizasyonlar gerekmektedir. Kanalizasyon olmadığı zaman ise bu suyu taşımak için tanklara ihtiyaç vardır. Taşıma uzun sürmekte ve pahalıdır (Alkent ve Göncü, 2003). PAS, %93' ten fazla su içeriğine sahip olması, suyun kısa sürede bozulmasına neden olmaktadır. Mikroorganizmalar laktozu laktik asite dönüştürerek PAS' nin asitleşmesine neden olmaktadır (Demirhan, 2007).

Ekmek üretimi yaklaşık 100 kg unun kullanılması ile 126 kg ekmeğin oluştuğu bilinmektedir (Bilgin vd., 2006). Ekmeğin üretilmesinde her 100 kg unun yaklaşık 60 kg suyu bağladığı göz önüne alındığında ekmek üretimi sırasında su yerine PAS kullanılmasının çevre sorunlarını büyük ölçüde çözeceği ve sudan tasarruf edileceği görülmektedir. Bu nedenle ekmek üretiminde kısmen ya da tamamen peynir altı suyu kullanımı ile ekmeğin besin içeriğinin zenginleştirilmesinin yanında çevrenin korunması da mümkün olacaktır (Cansız, 2018).

Kullanılacak olan PAS bekletilmediğinden kullanıldığında verim daha fazla olur ve elde edilecek ürün de o oranda kaliteli olur. Peynir suyunun bozulmasını geciktirmek için veya önlemek için alınabilecek önlemlerden bazıları;

- Peynir suyu hemen 4 ℃' ye soğutulmalı. Bu şekilde kalite kaybı olmaksızın 24 sa depolanabilir,

- Uzun süreli depolanmalar da ise 71-74 ℃' de 42-45 saniye pastörize edilmelidir.

- Peynir altı tozuna dönüştürülebilir (Üçüncü, 2008).

2.2.1 Peynir Altı Atık Suyunun İçeriği

PAAS'nin içeriği ve miktarını; kullanılan sütün bileşimi, süte uygulanan ısıl işlem, peynir imalat tekniği, kullanılan maya, mayalama pH ve süresi, pıhtı kırım şekli ve sıcaklığı etkiler (Kavacık ve Topaloğlu, 2007; Dinçoğlu ve Ardıç, 2012; Mete, 2012; Türkdayı, 2018). Peynir üretimi sırasında kazein ile yağ peynir de kalırken, peynir suyu proteinleri, laktoz, mineral tuzları peynir altı suyuna geçmektedir (Demirhan, 2007). Peynir altı atık suyu bileşimi Tablo 2.1' de yer almaktadır (Alpkent ve Göncü, 2003; Çelik ve Önür, 2016; Yüksel vd., 2019) ve görüldüğü üzere yaklaşık % 93,3' ü sudan meydana gelmektedir. PAS' nin içermiş olduğu diğer önemli bileşen laktozdur. Laktoz, glikoz ile galaktozun birleşmesi ile meydana gelmiş bir disakkarittir.

Tablo 2.1 PAAS bileşimi

Bileşenler	**%**
Su	93,3
Kuru madde	6,7
Süt şekeri (laktoz)	4,4
Yağ	0,9
Protein	0,9
Kül	0,5

Tablo 2.1' de görüldüğü üzere laktoz, toplam kuru maddenin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Laktoz, fosfor, kalsiyum vb. minerallerin emiliminde yardımcıdır, sindirme problemi yaşayan kişilerin sindirimlerini kolaylaştırmaktadır (Demirgül,

2018). Laktozdan sonra PAS' nin içerdiği diğer bileşenler yağ ve proteindir. Protein açısından (%0,9) β-laktalbümin, α-laktalbümin, globülin ve serum albümin vb. değerli proteinleri içermesi PAS' i değerli kılmaktadır (Cemiloğlı, 2019). Peynir suyunun besin değerini arttıran diğer bileşenler kalsiyum, serum proteinleri, fosfor ve laktozdur. Peynir altı suyu içerdiği laktozun ayrıca kalsiyum ve fosfor gibi mineral maddelerin emilimine desteklemektedir (Alpkent ve Göncü, 2003).

2.2.2 Peynir Altı Atık Suyunun Sağlık Üzerine Etkileri

Peynir altı suyunda bulunan proteinler, süt proteinlerinin %18' ini oluşturmaktadır (Seçkin ve Baladura, 2011). Bir kişinin yıllık protein ihtiyacı 26 kg olup, PAS kullanıldığında bundan sağlanacak protein ile 800.000 kişinin protein ihtiyacı giderilmektedir (Akpınar vd., 2018). Peynir altı suyunda bulunan proteinler; yüksek tansiyon, kas zayıflığı, bağışıklık sistemi zayıflığı, yaraların iyileşmemesi, kan şekeri seviyesi, kron ve hepatit hastalığı gibi hastalıklar ile bazı kanser çeşitlerinin iyileşmesinde yardımcı olur (Yıldırım ve Güzeler, 2013). Peynir yapımında sütün kazeini kullanıldığından peynir suyunda kalan protein laktoalbumin ve laktoglobülindir (Kandemir, 2011). PAS proteinlerinin kansere etkisi kazeinlere göre çoktur (Seçkin ve Baladura, 2011). PAS proteinleri kısa zincirli aminoasit içerdiklerinden dolayı proteinlerin bozulması sonucu oluşan kas kaybını azaltır (Karagözlü ve Bayarer, 2004). Ayrıca bağışıklık sistemini modüle ederek kalp rahatsızlıklarını azaltarak sağlığa olumlu yönde etki eder (Demirgül ve Sağdıç, 2018).

PAS' da bulunan proteinlerden biri olan B laktoglobulin; meme bezinde fosfor metabolizmasının düzenlenmesinde, yeni doğanlarda pasif bağışıklığın oluşmasında, kas sisteminin gelişimini sağlayan yağ asidi ve lipit bağlayıcı bir proteindir (Yüksel vd., 2019). α-Laktalbumin proteini ise yeni doğanlar için gereklidir. Ayrıca anne sütünde bulunan temel protein yapısı ve kompozisyonuna benzediği için bebek mamalarında kullanılma imkânı vardır (Karagözlü ve Bayarer, 2004; Yüksel vd., 2019). PAS proteinlerinden bir diğeri de sisteindir. Sistein konsantrasyonu yüksek olduğunda, vücudun antioksidan ve bağışıklık sisteminin ana maddesi olan glutation üretilir (Dinçoğlu ve Ardıç, 2012; Türkdayı, 2018). Glutatyonun oluşumunu sağlayan tek protein sisteindir (Türkdayı, 2018). PAS, lösin, lisin aminoasitlerince zengindir ve

önemli miktarlar da sistin ve metionin aminoasitleri içermektedir. Metionin ve sistin vücudumuzda hücresel bir antioksidan özelliğindedir ve glutatyonun ön maddesidir (Shoveller vd., 2005; Mann vd., 2019).

Laktoz PAS kuru maddesinde %70 civarında bulunmaktadır ve sindirildiğinde laktik asit oluşmaktadır ve bu vücudumuz için çok önemlidir. Bağırsaklar bulunan patojen mikroorganizmaların gelişmesini engeller ve hafif asit reaksiyonu oluşturur. Ayrıca süt yağı, kalsiyum ve magnezyum vd. besin maddelerin emilimlerini kolaylaştırır. Süt içinde bulunan suda çözünen vitaminlerin, PAS geçişi söz konuşur. PAS önemli miktarlarda içerdiği vitaminleri; B2, folik asit ve B12' dir. PAS, süte göre daha fazla riboflavin içerir ve peynir altı suyuna sahip olduğu yeşilimsi sarı rengi vermektedir (Jeličić vd., 2008).

Laktoferrin, proteinlerin %10- 15' ini oluşturmaktadır ve demiri bağlama özelliği vardır. Bununla birlikte içerdiği sistein sayesinde karaciğer içinde meydana gelen glutatyon üretimini sağlamaktadır. Antibakteriyel özelliğinin yanı sıra toksin bağlama özelliğiyle immüniteyi düzenlenmektedir (Cansız, 2018). Ayrıca yapılan araştırmalar süt serumunun sıçanlar üzerinde kolestrol düşürücü etkisinin olduğunu göstermektedir (Marshall, 2004).

Hayvanlar üzerinde yapılan bir araştırma sonucunda PAS' ın tümör oluşumunu engelleyerek kanser riskini azalttığı belirlenmiştir (Seçkin ve Baladura, 2011; Türkdayı, 2018). Fareler de yapılan başka bir çalışma da ise doymamış yağ asidi olan konjuge linoleik asitin farklı konsantrasyonlar da ilavesinin tümör oluşumunu engelleyerek kolon kanserinin önüne geçilebileceği tespit edilmiştir (Seçkin ve Baladura, 2011).

Yapılan başka bir çalışmada da serum proteinlerinin; egzersiz sonrası fiziksel performansın geri kazanılmasında, kanseri önlemede, kalp sağlığının korunmasında, enfeksiyonun önlenmesi, yaranın iyileşmesinde, kilo kontrolünde veya azalmasında, bebek beslenmesinde, sağlıklı yaşlanmanın gerçekleşmesinde önemli oldukları belirlenmiştir (Gür vd., 2010). Sporcuların PAS kullanma nedeni, kas oluşumu için gerekli olan proteinleri sentezini arttırmasıdır. Ağız sağlığında PAS faydası, PAS da

bulunan proteinlerin demineralizasyondan koruyucu ve antikaryojenik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Alfa-laktalbumin, plazma triptofanı çoğaltıp kortizol miktarını azalttığından, stres ve depresyonda PAS proteinlerinin terapötikliğinden faydalanılmaktadır (Dalğın ve Meral, 2016).

Fonksiyonel ürün olan PAS içeceklerinin arzu edilen gıdalardan demir emiliminin geliştirilmesi ve kalsiyum absorbsiyonunun artmasıyla birlikte osteoporozis rahatsızlığı yaşayan yaşlı insanların beslenmesinde oldukça önemli olduğu belirtilmektedir (Çevik, 2013).

2.2.3 Peynir Altı Suyunun (PAS) Kullanım Alanları

İşlenen sütün yaklaşık %70- 90' ı mineral maddeler, laktoz ve azotlu maddeler içeren PAS' dır. PAS genellikle peynir altı suyu tozuna dönüştürülerek değerlendirilmektedir. Yüksek emülsiyon stabilitesi ve kapasitesinden dolayı krem peyniri, mayonez, et sosları ve salata sosları yapımında kullanılmaktadır. Türkiye' de fazla bilinmesede, PAS içecek eldesin de de kullanılmaktadır. Peynir altı suyu, çeşitli gıda asitleri ve/veya farklı meyve aromaları eklenerek yapılan içeceklerin fiziksel ve duyusal özellikleri geliştirilmek istenmiş ve elde edilen içeceklerin depolanma süreleri gözlemlenmiştir. Peynir altı suyu, karbonhidrat ve proteince zengin olması nedeniyle mikrobiyel yağ üretimi ve tek hücre proteinde uygun bir substrat olmaktadır (Yağcı vd., 2006).

Serum proteinleri teknolojik özellikleri protein-gaz, protein-su ve protein-protein fazlarının etkileşimi sonucunda oluşmuştur. PAS proteinleri, ilave edildiği gıdaların üretimi sırasında yapısal özelliklerini de iyileştirmektedir. Çözünürlük, jelleşme, kıvam arttırıcılık, su bağlayıcılık, köpük ve emülsiyon oluşturma açısından önemli etkileri vardır. PAS proteinleri sıvı içinde homojen dağılmakta, köpürme özellikleriyle de içerisinde hava bulunduran ürünleri dayanıklılık sağlamaktadır (Özcan ve Delikanlı, 2011). PAS insan diyetinde gıda olarak direk kullanılmamaktadır. Ekmek ve diğer hububat ürünlerinin esansiyel aminoasit açısından zenginleştirilmesi amacıyla ve şekerleme sanayisinde PAS tozu olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde peynir altı suyunun ısıtılması sonucu serum proteinleri çöker ve süt ürünlerinden biri olan lor

oluşur (Cansız,2018). PAS kullanıldığı alanlar; peynir, yoğurt, dondurma gibi süt ürünleri, salam, sosis gibi et ürünleri, alkollü ve alkolsüz içecekler, fırıncılık ürünleri, çikolata, şekerleme ürünleri, salata sosları, mayonez, yenilebilir film kaplamalı ambalaj malzemeleri ve hayvan beslenmesi şeklinde özetlenebilir (Yüksel vd., 2019).

PAS, yüksek organik içeriğinden dolayı anaerobik arıtım için elverişlidir. Ancak tek başına arıtılması Peynir altı suyunda yer alan laktik asit bakterilerinin organik maddeleri çabuk tüketip, ortamın aniden asitleşmesine neden olduğu için zor olmaktadır. Bu durumu değiştirmek için başka bakteriler de gerekmektedir. Gübre ile PAS karıştırıldığında, gübre de bulunan metan bakterileri bu iş için uygun olacaktır. Bu uygulamayı Kanada ve İngiltere yapmış olup, uygulama ile hem biyogaz üretmiş hem de atık arıtımını kolaylaştırmıştır (Kavacık ve Topaloğlu, 2007).

2.2.4 Peynir Altı Suyunun Tahıl Ürünlerinde Kullanımı

Türkiye' de tahıla dayalı beslenme hâkimdir (Mete, 2012). PAS, unlu mamullerden biri olan ekmekte kullanıldığında, ekmeğin tazeliğinin uzatılması, hacminin arttırılması, aromatik tat verme, ekmek içi gözeneklerinin daha düzenli olması ve ekmek kabuğunda istenen düzeyde bir renk pigmentasyonu meydana getirmesi gibi teknolojik özellikleri ile birlikte besin değerine de fayda sağlamaktadır (Kurt ve Gülümser, 1987).

Hububat ürünleri, sanayileşen ülkelerde, günlük enerji ihtiyacımızın yaklaşık %30' unu karşılamakta, gelişmekte olan ülkelerde bu oran %60' a varmaktadır. Tüketiciler açısından talep gören beyaz ekmeği üretmek amacıyla uygulanan yöntemlerin ekmeğin besleyicilik özelliğini önemli düzeyde azaltmaktadır. 20. yüzyılın başından beri gelişim sağlayan öğütme teknolojisi, buğdayın una dönüştürülmesi sırasında, dış tabakalarının unu omeydana getiren endospermden uzaklaştırmaktadır. Ekmeğin iyi kabarması, hacimli olması ve diğer fırıncılık ürünlerini üretebilmek içi bu kısımın uzaklaştırılması lazımdır. Bunun sebebi, kepek ve diğer maddelerin glüten ağına girmesi ile hamurun reolojik özelliklerinde, gaz tutma kapasitesinde ve kabarmasında olumsuz etki etmesidir. Lakin kepek ayrıldığında bu sefer de beslenme ve sağlık açısından bazı sorunları doğurmaktadır (Taşçı vd., 2017). Tahıllar enerji kaynağı

olmasına ve bazı besinleri barındırmasına lisin gibi esansiyel aminoasitler açısından fakir olduğundan, buğday bitkisi besin değeri düşük kabul edilmektedir (Dhingra ve Jood, 2001). Tahılların esansiyel amino asit bileşimlerinin dengeli bir dağılım göstermemesi nedeniyle protein açısından zenginleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir (Aksoylu, 2012). Unlu mamullere zengin protein kaynakları ilave edilerek, ekmeklerin protein açısından zenginleştirilmesi sağlanabilir (Aydın, 2020).

Peynir altı suyu ekmek yapımında kullanıldığında PAS' da bulunan laktoz, serbest alfa aminoasitleri ile maillard reaksiyonu oluşturur. Bu reaksiyon sonucunda; ekmek kabuğunda istenilen düzeyde bir renk pigmentasyonu sağlamaktadır. Ekmeğin dış özelliklerini iyileştirdiği gibi iç özelliklerini de olumlu etkilemektedir. PAS pastörize edilerek kullanılabileceği gibi toz halinde de kullanılabilmektedir. Kullanım oranları her iki ürün içinde yaklaşık %2- 3' tür (Mete, 2012).

Mete (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ekmek yapımında, max kuru maddenin %2' si oranında PAS kullanılmıştır. PAS'nin içeriğinde bulunan laktoz ve serbest alfa aminoasitlerinin mailard reaksiyonu ile ekmek kabuğunun arzu edilen renkte olmasını sağlar. PAS kullanılan ekmekler ayrıca besin değeri yüksek, daha aromatik, daha hacimli, daha düzenli gözeneklere sahip ve uzun süre taze kalabilen bir ürüne dönüşür. Yalnız dikkat edilmesi gereken nokta, kullanılan PAS' dan gelen laktoz ve mineral madde miktarları fazla olursa ekmek kalitesinin olumsuz etkileneceğidir. Laktoz miktarı arttıkça meydana getirdiği ozmotik basınç yükselir ve maya aktivitesini inhibe eder. Proteaz- pepton bileşiği ise hamurun daha yumuşak olmasını ve ekmek hacminin de azalmasına neden olur.

Ertugay vd. (1987) 74-76 randımanlı una %3 oranında ayrı ayrı PAS ve peynir altı suyu tozuyla birlikte %1' lik teknik lesitin ilavesiyle ekmek yapmışlardır. Elde edilen ekmeğin yoğurulma ihtiyacı artarken, unun su absorblaması düşmüştür. Pastörize PAS, lesitin ile birlikte absorbsiyonu daha çok azaltmıştır. Her iki peynir altı suyu formu ekmek hacmini azaltırken, kabuktaki renk intensitesiyle birlikte 24 saat sonraki ekmek içinin sertliğinde artırıcı etkiye sebep olmuştur. 72 saat sonraki sertlik ise kontrol ile aynıdır.

PAS, yüksek organik içeriğinden dolayı anaerobik arıtım için elverişlidir. Yalnız tek başına arıtılması PAS' da yer alan laktik asit bakterilerinin organik maddeleri çabuk tüketip, ortamın birden asitleşmesine neden olduğu için zor olmaktadır. Bu durumu değiştirmek için başka bakteriler de gerekmektedir. Gübre ile PAS karıştırıldığında, gübre de bulunan metan bakterileri bu iş için uygun olacaktır. Bu uygulamayı Kanada ve İngiltere yapmış olup, uygulama ile hem biyogaz üretmiş hem de atık arıtımını kolaylaştırmıştır (Kavacık ve Topaloğlu, 2007).

Yapılan başka bir araştırma da Demir vd. (2009) ekmek yapımında kullanılan suyun yerine, sütçülük yan ürünleri olan süzme yoğurt, peynir altı ve yayık altı sularını pastörize edip farklı oranlarda kullanmışlardır. %1 yayık altı suyu ve %2 süzme yoğurt suyu kullanılarak yapılan hamurların reolojik özelliklerinde ve spesifik hacim, ekmeğin hacmi, ekmek içi tekstürü ve rengi, kabuk renginde olumlu etkileri olduğunu bulmuşlardır.

Çakmakçı ve Aydın (2001) tel kadayıf yapımında su yerine farklı oranlarda peynir altı suyunun kullanımının nasıl etki edeceğini araştırmıştır. Peynir altı suyu kullanımının tel kadayıfların kızarma süresini azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca şeker hissini arttırarak daha az miktarda şeker şerbeti kullanarak aynı etkiyi yapacağını belirlemişlerdir. Böylece zamanla birlikte elektrik enerjisinden de tasarruf sağlamış olunur. Kızartılmamış kadayıflarda PAS'ın etkisi ise kontrole göre besin değerini arttırdığı tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik anlamda bir değişik gözlenmemiştir. PAS kadayıf tatlısında kullanılacak ise %50 PAS oranında kullanılmasının en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir.

Süt tozu ekmeklerde kullanıldığında ekmeğin özelliklerini olumlu açıdan değiştirmiştir (Gallagher vd., 2004). Çalışmalara bakıldığında soya fasulyesi ve proteinleri, pirinç, yer fıstığı, mısır, nişasta ve unları, enzimler, hidrokolloidler, yumurta beyazı gibi farklı hammaddeler kullanıldığı görülmektedir ve bunlar buğday ununda yer alan glüten açısından alternatif olacağı görülmüştür (Ribotta vd., 2004).

Jooyandeh (2008), PAS proteinlerinin İran lavaş ekmeğinin fiziksel ve duyusal özelliklerine etkisini belirledikleri araştırma sonucunda Lavaş örneklerinin tüm

duyusal puanlarında bir artışa neden olduğu hatta bu gelişmenin, fermantasyon süresi arttırıldığında daha da belirginleştiğini tespit etmişlerdir. Lavaş örneklerinin penetrometre değerleri, artan fermantasyon süresinin ve %75' e varan katkıların kontrole kıyasla önemli ölçüde daha yumuşak ekmekler oluşturduğunu göstermiştir.

2.3 Ekmek

2.3.1 Ekmek Tanımı

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ekmek; "Buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital glüten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğe uygun olarak yoğurulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan üründür." Duyusal bakımından ekmek; iyi pişmiş ve kabarmış, kendine has görünüşte, kokuda ve kabuk rengi dağılımı olabildiğince homojen olur, basık ve yanık olmaz. Kesildiği zaman iç kısmı süngerimsi yapıda, gözenekler mümkün olduğunca homojen olur, hamurumsu, yapışkan ve kabuk- iç ayrımı olmaz, yabancı madde ve karışmamış halde un, tuz, katkı maddeleri ile bunların topakları bulunmaz. Ekmek içi homojen, kendine has renk, tat ve kokuda olur, yabancı tat ve koku hissedilmez (TGK, 2012).

İnsanoğlunun günlük beslenme gereksiniminin en temel öğelerinden birisi ekmektir (Selomulyo, 2007; Akın, 2010; Yurdatapan, 2014). Tarihi 12 bin yıl öncesine kadar uzanan ekmeğin (Emeksizoğlu, 2017), Türkler'in mutfak kültürlerinde de çok önemli bir yeri vardır. Türkler çok eski zamanlardan beri arpa, buğday gibi tahılları kullanarak ekmek yapmışlardır. Kutsal bir ürün olarak kabul ettikleri ekmeğin sofrada bulunmaması halinde doyulamayacağı inancı yaygındır (Dündar Arıkan ve Özkeşkek, 2019). Birçok gıdaya göre doyurucu, nötr-aromatik özellikleri sayesinde insan beslenmesinde önemlidir (Gündüz vd., 2020). Ekmek, ülkemizde insanların beslenme alışkanlığından, kolay ulaşılabilirliği açısından, maliyeti düşük olduğundan, besleyiciliği ve nötr tatta olması, birçok ürün ile aynı anda tüketilebilmesi ve tok tutma özelliğinden dolayı günlük diyette önemli yer tutmaktadır (Ertürk vd., 2015).

Ülkelerin gelişmişliğine ve kişilerin sosyal ve ekonomik yapısına bağlı olarak tüketilen ekmek miktarı değişmektedir (Koca ve Yazıcı, 2014). Ülkemiz süregelen beslenme alışkanlıkları ve sosyo ekonomik yapı nedeniyle dünyada kişi başına ekmek tüketiminin en yüksek olduğu ülkelerden biridir (Yiğit ve Doğan, 2010). Ekmek insanların en önemli enerji kaynağıdır ve günlük alınan enerjinin önemli bir bölümünü de sağlar (Koca ve Yazıcı, 2014).

2.3.2 Ekmek Üretimi

Ekmek yapımında un, su, tuz ve maya kullanılır (Milli Eğitim, 2013). Bu ham maddeler gerekli koşullarda uygun süre yoğurulur. Yoğurma esnasında una su eklenmesi sonucu eriyen kısımlar (glikoz, tuz vb) ile erimeyen kısımlar (glüten, nişasta vb) su çekerek şişmektedir (Kuter, 2011). Yoğurmayla birlikte hamura katılan hava ve maya sayesinde oluşan karbondioksit gazının, hamur içerisinde tutulması ekmeğin kabarması ve gözenekli bir yapıda olmasını sağlar. Bununla birlikte nişasta taneciklerinin çevresinde koruyucu rol oynar ve fazla suyun absorbe ederek ekmekte bayatlama hızını yavaşlatır (Dizlek, 2012). Hamurda istenen özellikleri oluşturmak için olması gereken kuvvetli protein ağı oluşturulmalıdır (Mahmoud vd., 2013: Hayıt ve Gül, 2017). Hamur içinde gluten olmadığında hamur daha sıvı olur, pişmiş ürün çöker, zayıf renk ve çeşitli kalite sorunları meydana gelir (Gallagher vd., 2004; Torbika vd., 2010; Yarpuz, 2011). Gluten, hamurun viskoelastik özelliklerinden, hamur fermantasyonu sürecinden, gaz tutma yeteneğinden sorumludur. Fırıncılık ürünlerinde görünüş ve ekmek içi yapısı oluşumuna yardımcı olur (Gallagher vd., 2004; Yarpuz, 2011). Yoğurma işlemi sonunda hamur fermantasyon işlemine bırakılır. Bu aşama ekmek üretimi için önemlidir. Fermantasyon işlemi ile birlikte karıştırma işleminin de yapılması ile ekmek hava kabarcıkları içeren bir yapıda ve aroma bileşenleri oluşmasını sağlamaktadır. Mayalama sırasında maya hücreleri hamur içinde yer alan fermante olabilen şekerleri kullanır, karbondioksit ve etanol oluşturarak ekmek de kabarmayı sağlar. Fermantasyon sürecini, hamur bileşenlerinden olan şeker, tuz, mineral, vitamin, nitrojen kaynağı, hamurun fermantasyon sıcaklığı le birlikte süresi, maya ön büyütme koşulları ve maya türünün genetik yapısı gibi faktörler etkiler (Struyf vd., 2017; Martínez ve Gómez, 2017). Yoğurma sırasında hava (oksijen ve nitrojen) hamurun içine hapsolur ve hava kabarcıklarını oluşturmaktadır. Maya

aktivitesi yoğurma işlemi ile başlar ve fermantasyon süresince devam etmektedir. Karbondioksitin yüksek çözünürlükte olması ve gaz kabarcıklarının oluşumunda yetersiz olması ve oksijenin mayalar tarafından kullanılması nedeni ile gaz çekirdeği oluşumunda nitrojen etkilidir (Gally vd., 2017). Fermantasyon işlemi ekmeğin sertliğini, esnekliğini, hacim ve kohesiflik gibi son kalitesini etkileyen önemli bir ara süreçtir (Luo vd.,2018). Ekmek hamurunun hacmi üç katına çıkabilmesi için bir saatten fazla süreye ihtiyacı vardır. Bu nedenle fermantasyon ekmeğin üretilmesinde en uzun zamanı gerektiren aşamasıdır (Tuta Şimşek, 2020).

Ekmeğin kalitesi iç ve dış özellikleri değerlendirilerek belirlenmektedir. Kaliteli ekmekte herhangi bir basıklık ve çökme olmamalı, ekmeğin şekli ise simetrik olmalıdır. Kabuk rengi ise homojen olmalı, eşit kızarmış olmalıdır. Kabuk yapısı ince ve kolay parçalanabilmeli, iç gözeneklerse ince ve homojen olarak görülebilmelidir. Ekmeği çiğnediğimizde ise hamurumsu ve yapışkan olmamalı, kuru ve ufalanan yapıda olmamalıdır (Hendek Ertop, 2014).

2.3.3 Ekmekte Raf Ömrü

Gıda da raf ömrü dendiğinde, ürünün uygun depolama şartlarında muhafaza edildiği, kimyasal, duyusal, fiziksel ve besinsel değerlerinin korunduğu, kalitenin sağlandığı süreçtir (Kömür, 2014). Ekmek, dünya çapında temel bir besindir (Melini, 2018). Ekmeğin raf ömrü kısadır (Gerçekarslan vd., 2007; Milli Eğitim, 2013). Ekmeği yemek için en iyi zaman aralığı fırından çıkartıldıktan 2 saat sonra ile 8 saat süre içindedir (Milli Eğitim, 2013). Ekmek raf ömrü kısalığı, depolanma esnasında fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğraması ile ilgilidir (Barcenas vd., 2003; Giannou vd., 2003; Carr vd., 2006; Ribotta vd., 2006; Rosell ve Gomez, 2007), Üreticilerin taze ekmeği kısa sürede üretip ve ekmek tazeliğinin uzun sürmesi (Giannou vd., 2003), tüketicilerin de taze ekmeği her an ulaşmak istemesi (Rouille vd., 2000; Vulucevic vd., 2004; Rosell ve Gomez, 2007) sebebiyle son yıllarda üreticiler, ekmeğin üretilmesinde dondurarak muhafaza tekniğini kullanmaya başlamışlardır (Certel vd., 2009).

Ekmek hamuru pişirilirken sıcaklık etkisiyle hava kabarcıklarının genleştiği, ekmeğin gözenekli yapıya kavuştuğu görülmüştür. Özü, kalitesi kötü unların kullanımı

ekmeklerde, hacim küçüklüğü, düzensiz bir gözenek yapısı ve ekmeğin basık olmasına, kabukta düzensiz çatlaklara, yarıklara neden olmaktadır. Ayrıca bu ekmeklerin bayatlaması da daha kısa sürede gerçekleşmektedir (Selçuk vd., 2018). Ekmekte görülen ve istenmeyen durum bayatlama olayıdır (Kalkışım vd., 2012). Bayatlama ekmeğin raf ömrünü kısıtlayan ana reaksiyondur (Çelik, 2008). Bayatlamada iki şekilde meydana gelir. Bunlardan ilki ekmekte de oluşan nem kaybı ya da kuruma, ikincisi ise nişastanın yapısındaki kimyasal değişikliklerdir. Nişastanın yıkımı adı verilen bu süreç nem kaybına bağlı olmaksızın gerçekleşir. Bu da ürün ne kadar iyi korunursa korunsun bu süreç yaşanacaktır (Kalkışım vd., 2012). Bayatlama süresince ekmeğin fiziksel yapısında yani tadı ve kokusunda değişmelerin olduğu, ekmekte sertlik başladığı, ekmekte kabuk parlaklığını kaybettiği, ekmek içinin ufalanmasını arttırdığı, ekmek içinde su bağlama kapasiteside azalma olduğu, nişasta taneciklerinin amilaz enzimine duyarlılığının azaldığı, ekmek içinde çözünmüş nişasta miktarının da azaldığı görülmüştür. Kalitesi düşük olan unlara uygun miktarda katkı maddesi ilave edildiğinde elde edilen ekmeklerin raf ömrünün uzadığı, hacminin arttığı, ekmek içi gözenek yapısının iyileştiği, dokularını ve yumuşaklıklarını geliştirdiği tespit edilmiştir (Selçuk vd., 2018).

Ekmek bayatlaması; ekmek kabuğunun ve ekmek içinin bayatlaması şeklinde incelebilir. Ekmek kabuğu bayatladığında çiğnemek zorlaşır. Ekmeğin nem kaybı içten dışa doğru olmaktadır (Hug-Iten vd., 2003). Ekmek fırından çıktığı anda tazedir, kabuk kurudur, gevrektir yani alıcının talebini karşılayacak durumdadır ve %2-5 oranında su içerir. Depolama sırasında ekmek iç kısmında yer alan su kabuk kısmına doğru gelmekte ve kabuk gevrekliğini kaybetmekte ve yumuşak bir yapı oluşmaktadır (Engelson vd., 2001). Baik ve Chinachoti (2000) yaptıkları çalışmada kabuk içeren ekmeğin, kabuk içermeyen ekmeklere göre daha kısa sürede sertleştiğini ve daha fazla miktarda yeniden kristalize olmuş amilopektin içerdiğini tespit etmişlerdir. Bu olayın hamur iç kısmından kabuğa doğru ilerleyen nemden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ekmek bayatlamasında nişastanın retrogradasyonu çok önemlidir (Ribotta, 2004; Ribotta ve Bail 2007). Ekmekte bayatlama hızını azaltmak için enzim ilavesi yapılabilir. α-amilaz en çok tercih edilen enzimdir (Çelik, 2008).

Ekmeğin iç kısmında oluşan değişiklikler ise, kabuğa göre çok daha karmaşıktır. Ekmek içinin sertleşmesi basit bir kuruma olayı değildir. Araştırmalara göre, ekmek içinin sertleşmesinin retrogradasyondan kaynaklandığı bilinmektedir. Retrogradasyon, nişastanın çözelti içinde kendiliğinden çökelmesi, tekrar kristal yapı kazanmasıdır (Gray ve Bemiller, 2003). Ekmek bayatlama süresi ve kalitesinin belirlenmesinde ekmek iç dokusunun dağılımı kullanılmaktadır (Anneleen ve Jan, 2018).

Antimikrobiyal katkı maddeleri ve çeşitli diğer katkılar kullanılarak bayatlama, sertlik, raf ömrü ve ekmek kalitesi açısından iyileştirilebilmektedir (Üner vd., 2000; Bonjar vd., 2004). Buğday ununa katılan katkı maddeleri ile de ekmeğin raf ömrü uzatılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de patates unudur. Buğday ununa, patates unu karıştırmak iki şekilde raf ömrüne etki eder. Patates unu katılan unların su kaldırması artmakta ve patatesli ekmeğin normal ekmekten daha yumuşak olması ve biraz daha geç bayatlaması sağlanmaktadır. Ayrıca patates nişastasının retrogradasyonunun, buğday nişastası retrogradasyonuna göre daha yavaş olması diğer etkisidir (Ercan ve Özkaya, 1986).

Gıdanın raf ömrünü belirleyen koşullar; gıdanın bileşimi, üretim basamakları, paketleme ve depolama koşullarıdır (Kömür, 2014). Son yıllarda zengin aromalı ve doğal mikrofloralı ekşi maya, gıda tüketiminde önemli bir yeri olan unlu mamullerin raf ömrünü uzatmak ve kalitesini artırmak için kullanılmaktadır (Bakırcı ve Köse, 2017).

2.4 Ekşi Maya/Ekşi Hamur

Geçmişten günümüze kadar gelen, 5000 yıldır kullanılan, un ve su karışımının ekşitilmesi ile elde edilen ürün ekşi maya ya da ekşi hamur olarak adlandırılır (Erkmen, 2010; Vogel vd., 2011; Ercolini, 2013; Hendek Ertop ve Hayta, 2016; Bakırcı ve Köse, 2017). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ekşi hamur ekmekleri, tahıl unlarına su, tuz, maya, geleneksel veya endüstriyel yöntemlerle elde edilen ekşi hamur ilavesiyle hazırlanan hamurun tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile üretilen ekmek ve

ekmek çeşitlerini ifade eder. Ekşi hamurun niteliğini, temel olarak LAB/mayaların mikrobiyotası ve bunların interaksiyonları belirlemektedir (De Vuyst vd., 2014). Bu LAB ve mayaların biyokimyasal faaliyetleri sayesinde ekmek hamuru mayalanmaktadır. Ekşi hamur ekmeği, karışım içinde laktik asit ve asetik asit geliştiren ve dolayısıyla hoş bir ekşi tat sağlayan, çoğunlukla heterofermentatif suşlar olan LAB ile fermente edilmiş un ve su karışımından oluşmaktadır (Hansen ve Schieberle, 2005; Karaman ve Sağdıç, 2018). Ekşi hamur performansını un ve su oranı belirler (Chavan ve Chavan, 2011). Ekşi hamurun, ekmeğin lezzet, tekstür, raf ömrü ve besinsel- duyusal kalitesi üzerindeki teknolojik etkileri hamur aşamasında un bileşenlerinin biyodönüşümüne bağlıdır (Paramithiotis vd., 2005; Ganzle, 2014). Hamur mayasının birçok doğal özelliğini, asetik asit fermantasyonu, yerleşik LAB' nin laktik asit fermentasyonu, uçucu bileşiklerin sentezi, proteoliz gibi metabolik aktiviteler sağlamaktadır. Hamurun viskoelastik davranışını etkileyenlerden biri organik asitlerin neden olduğu pH değerindeki düşüştür. Ekşi hamur ile fermente edilmiş ekmek hamurlarında pH değeri 5,1- 5,2; ticari maya ile fermente edilmiş ekmek hamurlarının pH değeri 6.1’ dir (Hansen ve Schieberle, 2005; Karaman ve Sağdıç, 2018). Ekşi maya oluşumu iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi spontan yöntem dediğimiz; un, hava ve sudan gelen mayalar ve laktik asit bakterilerinin, un ve su karışımını doğal şekilde fermente etmesi ile elde edilir (Ercolini, 2013; Hendek Ertop ve Hayta, 2016; Bakırcı ve Köse, 2017). Bu yöntemde fermantasyon süresi uzun olduğu için maya elde edilmesi de uzun sürmektedir (Dalié, 2010; Hendek Ertop ve Hayta, 2016). Buna rağmen geçmişten günümüze kadar gelen doğal yolla elde edilen geleneksel bir yöntemdir (Dalié, 2010; Hendek Ertop ve Hayta, 2016; Kalkışım vd., 2012). Her sene yaklaşık üç milyon ton üzerinde üretilmektedir (Messens ve De Vuyst, 2002; Voge vd., 2011; Hendek Ertop, 2017). Ekşi maya kullanılarak üretilen ekmeklerin hacmi, ekmek kabuk rengi, ekmek içi gözenek yapısı ve tadı daha iyi olmakta ve raf ömrü uzamaktadır (Bakırcı ve Köse, 2017). Diğer yöntem ise un ve su karışımına starter kültür ilave edilmesidir. Bu yöntemde fermantasyon kısa olmasına rağmen, starter kültürlerinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle endüstriyel anlamda kullanımı azdır (Hendek Ertop ve Hayta, 2016). Ekşi maya günümüzde “Trabzon ekmeği ve çavdar ekmekleri” üretiminde kullanılmaktadır (Kalkışım vd., 2012; De Vuyst, 2014).

Ekşi maya ile hamura sağlanan enzimler, organik asitler, ekzopolisakkaritler ve hatta antimikrobiyal bileşikler gibi çeşitli metabolitler ekmeğin doku, lezzet, besin özellikleri, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulması üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Tüm bu metabolitler ekmeğe farklı üstün nitelikler kazandırır. LAB' nin proteolitik sistemleri (proteinaz ve peptidaz aktiviteleri), ekşi hamur fermantasyonu sırasında serbest amino asit konsantrasyonunu artırabilir. Bu biyokimyasal prosedürler, birçok serbest amino asidin belirli uçucu bileşikler için öncü bileşikler olduğu düşünüldüğünden, uçucu bileşimde gelişmelere yol açar. Ek olarak, LAB' nin oluşturduğu fitazların etkileri, fitik asidin bozunmasını ve dolayısıyla ekşi mayanın mineral, aminoasit ve protein biyoyararlanımını arttırır. Ekzopolisakkaritler, hamurun viskoelastik özelliklerine katkıda bulunur, bu da somun hacminin artmasına ve kırıntı sertliğinin azalmasına neden olur. Laktik ve asetik asit gibi çeşitli organik asitlerin geliştirilmiş üretimi, ekmeğin raf ömrünün ve hijyenik güvenliğinin artmasına katkıda bulunur (Plessas, 2021).

Ekşi hamur fermantasyonu ile oluşan biyokimyasal değişiklikler ve metabolitler sayesinde, ekmeğin biyoaktif bileşenlenlerinde ve bunların biyoyararlanımlarında değişiklikler olmaktadır. Bu değişiklikler; protein, mineral biyoyararlanımında artış, biyoaktif bileşen içeriğinde zenginleşme ve değişim, dirençli nişasta içeriğinde yükselme, eksopolisakkaritlerin oluşumu, gliadin (çölyak hastaları için toksik protein) degradasyonu, nişastanın mikrobiyel hidrolizi ile ekmeğin sertleşmesinin ve bayatlamasının önlenmesi, diyet lif içeriğinde yükselme, fitaz aktivitesinde ve safra bağlama kapasitesinde artış, fenolik bileşiklerin etkisiyle ortaya çıkan antioksidan aktivite gibi çoğu besinsel açıdan olumlu etkilerdir (Hendek Ertop ve Hayta, 2016). Fitik asit, tahıl, baklagil ve yağlı tohumlarda fosfor elementinin ana deposudur. Tanedeki toplam fosforun %50- 80’ nini oluşturur (Magala vd., 2015). Fitat, fitik asidin magnezyum, kalsiyum tuzları ve potasyumun birleşimidir (Sümengen, 2011). Fitaz enzimi, fitik asidi defosforilasyona uğratır. Sonucunda serbet inorganik fosfat ve inositol fosfat esterlerine dönüştürür. Bu bileşikler daha düşük bayatlama kapsitesindedirler. Böylece peptit, mineral, aminoasit ve protein biyoyararlanımı artmaktadır. Ekşi hamurun fermantasyonunda asitlik artışı tane içindeki endojen fitaz aktivitesini sağlar (Gobbetti vd., 2014).

Ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin glisemik indeksi oldukça düşüktür. Bunun sebebi hamur yapısındaki beta glukanın yıkımlanmadan korunması ve oluşan asitlerle fitat içeriğinin azalarak biyolojk yararlılığının arttırılmasıdır (Boz ve Karaoğlu, 2008; Şahin, 2012). Ekşi maya mikroorganizmaları nişastanın sindirilebilirliğini geciktirerek, kan şekerini düzenler ve mineral biyoyararlanmayı arttırır (Demir, 2021).

Kotancılar vd. (2006) geleneksel yöntem ile Trabzon Vakfıkebir ekmeğini modifiye ederek beyaz tava ekmeği elde etmiştir. 10–15 saat fermantasyon süresi %20-30 ekşi hamur katkısı ile yaptıkları ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık değerinin iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Fermantasyon süresini ve ilave edilen ekşi hamurun miktarının artırılmasının; ekmek içi yumuşaklığını arttırdığı, hamur ve ekmek pH değerlerinde azalma olduğu sonucuna varmışlardır.

Ekşi hamurun ilavesi ile yapılan çalışmalarda, ekşi mayanın, hamur reolojisinde ve ekmek dokusunda değişikliğe neden olduğunu, buğday hamurunun asitlenmesinin hamurun elastikiyetini ve sıkılığını büyük ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir (Clarke vd., 2003). Karaman ve Sağdıç (2018) ekşi hamur kaynaklı fitaz aktif LAB ve maya izolatları değişik kültür kombinasyonları şeklinde tam buğday ekmeğinde starter kültür olarak kullanmışlardır ve kültür kombinasyonuna bağlı olarak hamur reolojisinde değişiklik olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Glutensiz ürünlerin raf ömrünü arttırmak için kinoa ilaveli ekşi mayalı ekmek üretmiş olan Axel vd. (2015) *Lactobasillus amylovarus*'un antifungal aktivitesi araştırılmışlardır. *Lactobasillus amylovarus* ile elde edilen ekşi hamur ilaveli ekmeklerin spesifik hacimce ve ekmek içi sertliğince kalitesinin arttığını bulmuşlardır. Ayrıca ekmek raf ömrünü dört gün uzattığını ve güvenilirliği yüksek daha iyi ekmek kalitesine sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ekşi mayanın sağlık ve ekmek üzerine çok sayıda olumlu etkileri vardır (Gobbetti vd., 2019; Gültekin, Akın ve Elgün, 2019; Capurso ve Capurso, 2021). Ekşi maya ekmeği E vitamini, B1 vitamini, B6, B12, tiamin, niasin, folat, riboflavin, potasyum, çinko, demir, magnezyum, selenyum, kalsiyum, fosfor ve manganez sağlamaktadır. Ekşi maya kullanımı ekmeğin aromasını, yapısını ve raf ömrünü olumlu yönde etkilemektedir (Demir, 2021).

2.4.1 Ekşi Hamur Mikroflorası

Ekşi mayada, hamurdan hamura sayı ve tür bakımından farklılık gösteren LAB ve mayalar bulunmaktadır (Hansen ve Schieberle, 2005; Karaman ve Sağdıç, 2018). Ekşi hamur eldesindeki amaç, normal kültür mayalarının yanında havadan ve kullanılan hamurdan gelen yabani mayaların, asetik, laktik ve sitrik asit bakterilerinin faaliyet gösterdiği bir hamur parçasını, bir sonraki hamurda maya olarak kullanmaktır (Göçmen vd., 2006). Ekşi hamur, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve hetero- ve homofermentatif laktik asit bakterisi içermektedir (Göçmen vd., 2006).

Laktik asit bakterileri oldukça fazla soy ve türe sahip çubuk, kok ve kokobasil şekilde, gram (+), hareketsiz, spor şekillerini oluşturmayan, katalaz negatif, mikroaerofilik veya anaerobik, aside dayanıklı, kuvvetli fermantatif özelliğe sahip, nitratları indirgemeyen, büyüme ve gelişimleri için glikoz ve amonyum yanında bazı vitamin ve aminoasitlere ihtiyaç duyan mikroorganizmalardır (Holzapfel vd., 2001; Yılmaz ve Temiz, 2003). LAB, ekşi hamur fermantasyonunda anahtar role sahiptirler (Bircan vd., 2017). LAB şekeri fermente ederek laktik asit üreten ve ortama bir anda hakim olup, ürettiği asit sayesinde patojenlerin gelişmesine engel olan, aside dayanıklı bir bakteri türüdür (Yılmaz ve Temiz, 2003; Yüksekdağ ve Beyatlı, 2009; Korucu, 2012). Patojen organizmaların gelişimlerini ürettikleri laktik asit yanında hidrojen peroksit, bakteriyosinler ve diasetil gibi maddelerle de inhibe ederler (Yüksekdağ ve Beyatlı, 2009). Bakteriyosinler ise peptit yapısında bileşikler olup antimikrobiyel etkiye sahiptirler ve üretici hücreye zararları yoktur (De Martinis ve Freitas, 2003; Ayhan vd., 2008). Ayrıca laktik asit bakterileri gram pozitif, katalaz negatif özellikler gösterirler. Gelişebilmeleri için mikroaerofilik veya anaerobik ortamlara ihtiyaç duyarlar (Yılmaz ve Temiz, 2003; Yüksekdağ ve Beyatlı, 2009; Kıran ve Osmanoğlu, 2011). LAB; Lactobacillus, Leuconostoc, Streptococcus ve Pediococcus gruplarından oluşmaktadır (Yılmaz ve Temiz, 2003).

LAB' nin insan sağlığına etkisi çoktur. LAB' ın ve fermente süt ürünlerinin antikanserojen etkisi vardır (Wollwski vd., 2001). LAB, probiyotik özelliktedirler (Rodriguez vd., 2002). Ekşi hamur fermantasyonu aynı zamanda çeşitli biyoaktif bileşiklerin oluşumunu artırarak ekşi mayalı ekmeklerin fonksiyonel özelliklerini geliştirir, beslenme kalitesini ve sağlık üzerindeki yararlı etkilerine katkıda

bulunmaktadır (Koistinen vd., 2018). Bununla birlikte asitliğin fazla olması ile ilişkili olan laktik asit bakterileri, küf inhibisyonuna katkıda bulunan bir dizi fonksiyonel metabolit üreterek ekmeğin mikrobiyolojik açıdan raf ömrünün daha uzun olmasını sağlamaktadır (Axel vd., 2015).

LAB fermantasyon işlemini kısaltmak ve daha kontrollü şekilde ürün üretilmesini sağlamaktadır (Göçmen, 2001). Homofermantatif LAB şekeri fermente eder ve sadece laktik asite dönüştürmektedir. Bu özelliği ile ekmeğin elastikiyetini düzenlemekte ve lezzet vermektedir. Heterofermantatif LAB ise şekeri kullanıp laktik asit ile birlikte etil alkol, karbondioksit, asetik asite dönüştürmektedir. Böylece ekmeğin kabarmasına yardımcı olurlar (Göçmen, 2001; Bakırcı ve Köse, 2017). LAB' ları sahip oldukları proteaz ve peptidaz enzimleri sayesinde fermantasyon oluşumunda hamur proteinlerini hidrolize ederek serbest aminoasitlerin oluşmasını sağlar. Elde edilen serbest aminoasitler de laktoz ile mailard reaksiyonu gerçekleştirerek ekmek kabuk renginin istenen renk pigmantasyonuna gelmesini sağlamaktadır (Göçmen, 2001).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Araştırmada kullanılan un (Sinangil), tuz ve maya (DrOetker) yerel bir marketten alınmıştır. Atık peynir altı suyu ise Kastamonu' da bulunan bir süt fabrikasından temin edilmiştir. Ekşi maya ve ekmek üretimleri ile analizleri Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümü laboratuarında; Yüksek Basınçlı Sıvı Kromotografisi (HPLC), X- ışınları floresansı (XRF) ve Diferansiyel Tarama Kalorimetri (DSC) cihazlarına dayanan analizler Merkezi Araştırma Laboratuarında (MERLAB) gerçekleştirilmiştir.

3.2 Yöntem

Tez çalışmasının temel basamakları;

- ✓ Peynir altı suyu ve Peynir altı atık suyunun mineral madde, protein miktarı gibi kimyasal içerik bakımından karşılaştırılması
- ✓ Peynir altı atık suyunun şeker profilinin belirlenmesi
- ✓ Peynir altı atık suyunun enzimatik hidrolizi
- ✓ Eşit miktarlardaki su/ peynir altı atık suyu/ hidrolize peynir altı atık suyu ve un karışımıyla (Hamur verimi: 200) ekşi maya hazırlaması (kontrol örnekleri sudan elde edilen mayada su, PAAS' den elde edilen mayada PAAS ve hidrolize atık PAAS' den elde edilen mayada da atık PAAS ile hazırlanması)
- ✓ Spontan fermentasyon ile ekşi maya üretimlerinin yapılması (3 farklı içerik x 1 farklı fermentasyon yöntemi olmak üzere 3 tip ekşi maya elde edilmiştir)
- ✓ Ekşi mayaların 5 farklı oranda ilavesi ile ekmek üretimi

- ✓ Elde edilen ekmek örneklerinde kalite, raf ömrü ve duyusal analizlerin yapılmasıdır.

3.2.1 Kullanılacak Materyallerin Genel Bileşim Analizleri

Süt fabrikasında peynir üretimine giren süt (S1), Yağlı peynir altı suyu (S2), Yağsız peynir altı suyu (S3) ve lor alındıktan sonra atık olarak bırakılan sudan (S4) numuneler alınarak Ultrasonik ölçüm yapan süt analiz cihazı ile (Master Classic, Ultrasonic Milk Analyser, Bulgaria) protein, yoğunluk, laktoz, tuz vb miktarlarının analizleri yapılarak, proses çıkışlarındaki içerikleri tespit edilmiştir.

3.2.1.1 Peynir altı atık suyunun (PAAS) enzimatik hidrolizi

PAAS, süt ürünleri işleyen yerel bir işletmeden temin edilmiştir. PAAS hidrolizi beta-galaktosidaz enzimi ile gerçekleştirilmiştir. pH sı 4-7 ve sıcaklığı 30-60°C aralığında ayarlanarak PAAS' a farklı miktarlarda (0,25- 1,00 mL) enzim eklenmiş ve laktoz hidrolizi takip edilmiştir. Koller vd. (2016) bakteriyel ticari enzim (Maxilact LG, 2000) ile pH 6,5 ayarlayarak 100 mL peynir altı suyuna hacimce %0,25' lik enzim ilave ettiklerinde 38°C' de 5 saat sonunda laktozun tamamına yakınını hidroliz etmişlerdir. Fonksiyon olarak aynı olan, ancak aynı marka ticari enzim temin edilemediğinden çalışma kapsamında alınan enzim ile ön denemeler sonunda > %90 oranında laktoz hidrolizi gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

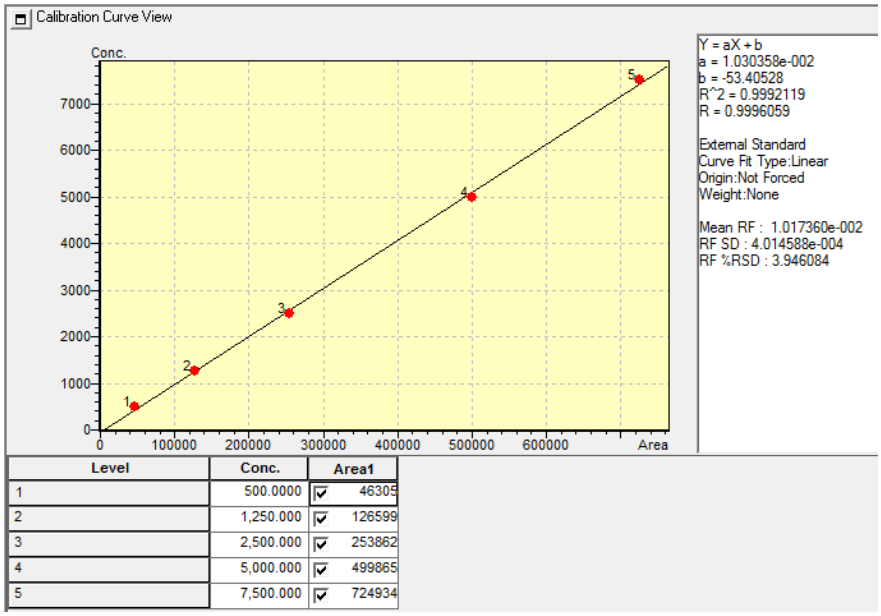
3.2.1.2 HPLC ile şeker profili analizi

PAS' nin enzim ile hidrolizi öncesi ve sonrasında şeker profili HPLC belirlenerek bir disakkarit olan laktozun glukoz ve galaktoz monosakkaritlerine hidrolizi tespit edilmiştir. Peynir altı atık suyu şişeye aktarılıp ve galaktozidaz enzimi ilave edilerek hidroliz için çalkalamalı inkübatörede 5 sa 200 rpm' de bekletilmiştir. Elde edilen bu karışım ile enzim ilavesiz peynir altı atık suyu 0.45 μ' luk selüloz filtreden geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Bu amaçla HPLC yöntemi NH_2 kolon kullanımı ile yapılan yönteme dair koşullar Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1 Şeker analizi HPLC koşulları

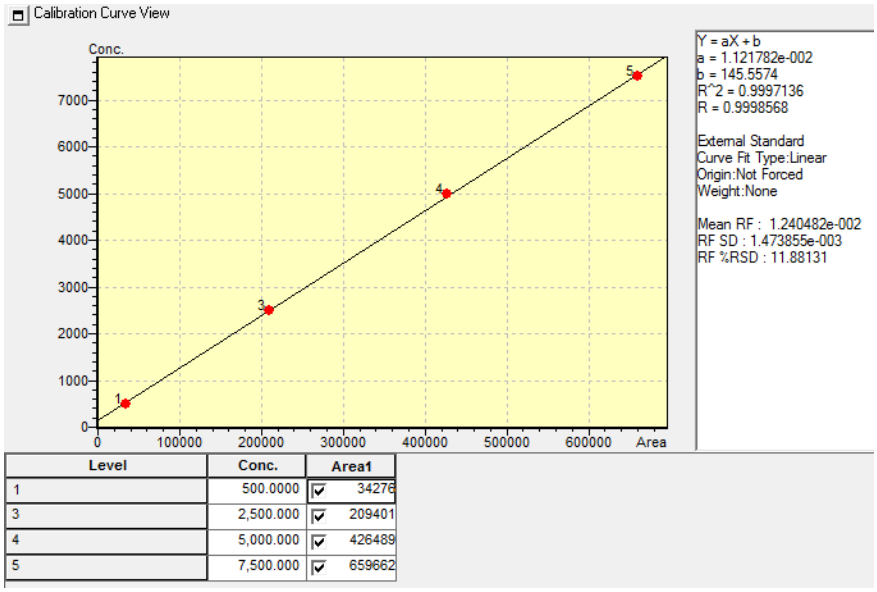
Ekipman	Shimadzu
Degazör	DGU
Pompa	LC
Kontrol Ünitesi	CBM-20A Prominence
Dedektör	RID
Otomatik Örnek Enjeksiyon Ünitesi	SIL- 20AC HT
Kolon Fırını	CTO- 10AS VP
Kolon	NH_2 (5 µm, 250x 4,6 mm)
Akış Hızı	1,3 mL/ dk
Mobil Faz A	ACN: ddH_2O (80: 20)

Laktoz, glukoz ve galaktoz şekerlerinin farklı konsantrasyondaki çözeltileri Tablo 3.1'deki koşullarda HPLC'ye verilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmuş ve Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3' de verilmiştir.

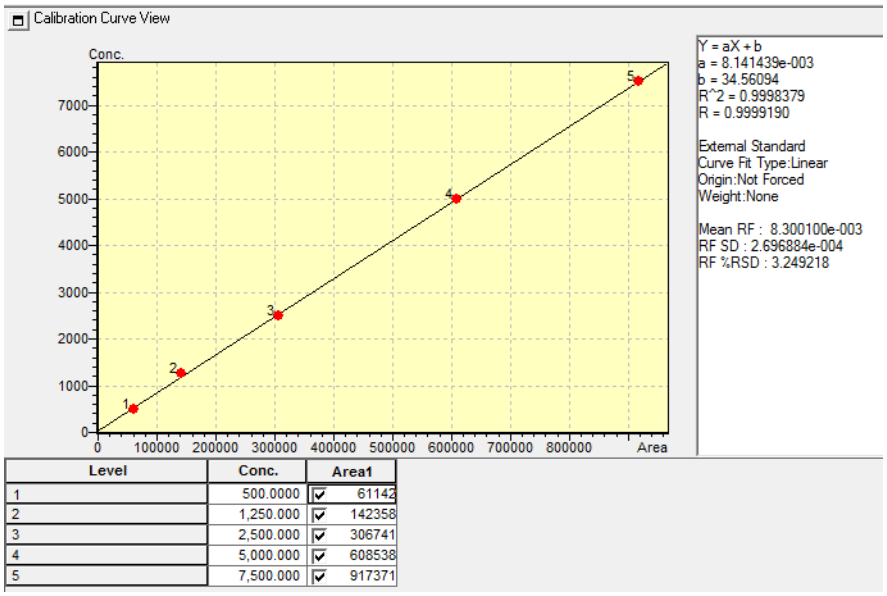


Level	Conc.	Area1
1	500.0000	46305
2	1,250.000	126599
3	2,500.000	253862
4	5,000.000	499865
5	7,500.000	724934

Şekil 3.1 Laktoza ait kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.2 Glikoza ait kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.3 Galaktoza ait kalibrasyon eğrisi

3.2.2 Ekşi Hamur Üretimi

Spontan fermentasyon tekniği ülkemizde ve pek çok ülkede geleneksel hamur yöntemlerinden biri olması ve yaygın olarak fırınlarda uygulanması itibariyle bu tez çalışmasında ekşi hamur üretiminde de tercih edilmiştir. Fermantasyon prosesi için 20 g un, 20 mL su (HV= 200) ile homojen karışım yapılarak 25-27 ºC' de pH 4,5' a kadar fermente edilmiştir. Bu hamurdan 5 g alınarak 22,5 g un, 22,5 mL su ile karıştırılmış

ve tekrar 25- 27ºC de pH 4,5' a kadar fermente edilmiştir. Bu işlem 2 kademeli fermentasyon olarak kabul edilerek, fermentasyon kademe sayısına devam edilmiştir. Son aşamada bu hamurdan 10 g alınarak 45 g un, 45 mL su ile karıştırılmış ve aynı koşullarda fermente edilmiştir. Ekşi hamur üretiminde ekmeğe ilave edilebilecek ekşi hamurun 4-6 saat içerisinde pH 4,0- 4,5 asitlik düzeyine gelmesi beklenmektedir. Aynı zamanda kullanılan ekşi hamurun da, ekmek hamurunun ön fermentasyonunu 4-6 saatte gerçekleştirmesi beklenmektedir (Gobbetti ve Rizzello, 2014; De Vuyst ve Neysens, 2015). Bu amaçla ön denemeler yapılarak 25-27°C (Chavan ve Chavan, 2011) ortam sıcaklığında HV= 200 olarak hazırlanan ekşi hamurların belirli zaman aralıklarında pH değişimleri tespit edilerek asitlik gelişimleri takip edilmiştir. Ayrıca her kademe sonunda pH 4,5' a ulaşıldığında hamurlarda yenileme yapılarak diğer kademeye geçilmiştir.

Tablo 3.2 Üretilecek ekşi hamur tipleri

Ekşi hamur	Su (ml)	Un (g)	PAAS (ml)	$PAAS_{EH}$ (ml)
SP_K	20	20	0	0
SP_K	0	20	20	0
SPE	0	20	0	20

SP_K: Spontan ekşi hamur kontrol;
SP: Spontan ekşi hamur peynir altı atık sulu
SPE: Spontan ekşi hamur enzim ilaveli peynir altı atık sulu
PAAS: Peynir altı atık suyu
$PAAS_{EH}$: Enzim hidrolize peynir altı atık suyu

3.2.2.1 Ekşi hamurlarda laktik asit bakterileri ve maya sayımı

10 gr su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekşi mayaları, steril 90 mL FTS (%0,85'lik) kullanılarak homojenize edilmiş, ardından da dilüsyonlar hazırlanmıştır. Laktik asit bakterilerinin belirlenmesi amacıyla uygun dilüsyonlardan 0,1 mL alınarak, de Man, Rogosa ve Sharpe Agar (MRS agar) üzerine yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve petri kutuları anaerobik kavanozlara yerleştirilerek 36˚C' de 48 saat inkübe edilmiştir (Halkman, 2005). Maya ve küf sayısının belirlenmesi için de, uygun dilüsyonlardan 0.1 mL alınarak, Patato Dextrose Agar (PDA) üzerine yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve petri kutuları 25˚C' de 4-5 gün inkübe edilmiştir (Halkman, 2005).

3.2.3 Pişme Sonrası Ekmek Fizikokimyasal Kalite Özellikleri

Su, peynir altı atık suyu (PAAS) ve enzim hidrolize peynir altı atık suyu ($PAAS_{EH}$) ekşi mayalarının 5 farklı oranda ilavesi amacıyla oluşturulan temel ekmek formülleri Tablo 3.3' de verilmiştir. Ekşi mayadan gelen su ve un miktarları, formüldeki başlangıç un ve su oranından düşürülerek toplam hamur miktarının aynı kalması sağlanmıştır.

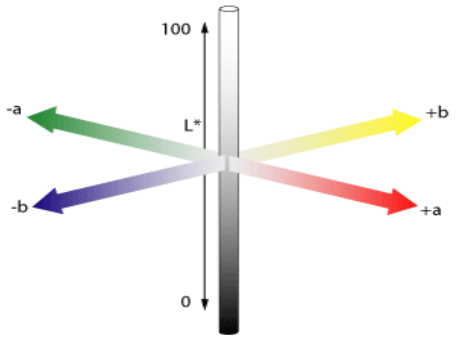
Tablo 3.3 Ekşi hamur ilaveli ekmek formülleri

	Kontrol Örneği	Ekmek 1	Ekmek 2	Ekmek 3	Ekmek 4	Ekmek 5
Un	150g	146,25 g	142,5 g	138,75 g	135 g	131,25 g
Su	90ml	86,25 m	82,5 ml	78,75 ml	75 ml	71,25 ml
Tuz	2,25g	2,25g	2,25g	2,25g	2,25g	2,25g
İnstant aktif kuru maya	1,5g	1,5g	1,5g	1,5g	1,5g	1,5g
Ekşi maya	0	7,55 g	15 g	22,5g	30 g	37,5 g

Ekmek örneklerinin kül, rutubet içerikleri AOAC (2000)'e göre belirlenmiştir.

3.2.3.1 Kabuk ve iç rengi

Ekmek kabuğu ve ekmek içi renk yoğunluğu kolorimetre cihazıyla belirlenmiştir. Bu cihaz üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup, Y eksenindeki *L** (lightness); 0=siyahtan, 100= beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki *a**; yeşil (-a), kırmızı (+a), Z eksenindeki *b**; sarı(+b), mavi (-b) renk boyutunu göstermektedir (Delikanli ve Ozcan, 2017; Sönmez, 2019; Hayta ve Hendek Ertop, 2019).



Şekil 3.4 Hunter sistemindeki *L**, *a** ve *b** parametrelerinin renk skalası

3.2.3.2 Hacim ve spesifik hacim

Pişirme sonrası 1 saat oda koşullarında soğutulan ekmek örneklerinin ağırlıkları laboratuar terazisi kullanılarak belirlenmiş, hacimleri ise kolza tohumuyla yer değiştirme esasına dayalı yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca ekmeklerin spesifik hacimleri ve yoğunlukları da aşağıdaki formül esas alınarak tespit edilmiştir (Hayta ve Hendek Ertop, 2019).

$$Spesifik\ Hacim\ \left(\frac{cm^3}{g}\right) = \frac{Somun\ Ekmek\ Hacmi}{Ekmek\ Ağırlığı} \quad (3.1)$$

3.2.3.3 Kabuk kalınlığı

Numune ekmeklerden 10 mm kalınlığında düzgün kesit alınarak, dijital kumpas ile 5 noktasından kabuk kalınlığı ölçümü yapılmıştır. Sonuçlar ortalama standart sapma şeklinde hesaplanmıştır.

3.2.3.4 pH tayini

Ekmeklerden 1g örnek tartılıp, üzerine 9 ml saf su eklenerek homojenize edilmiş ve 20 dk sonrasında pH ölçüm cihazı ile elektrodun karışıma daldırılması yöntemi kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Cihaz ölçüm öncesi standart tampon çözeltiler ile (pH 4,01 ve pH 7,01) kalibre edilmiştir (AOAC 2000).

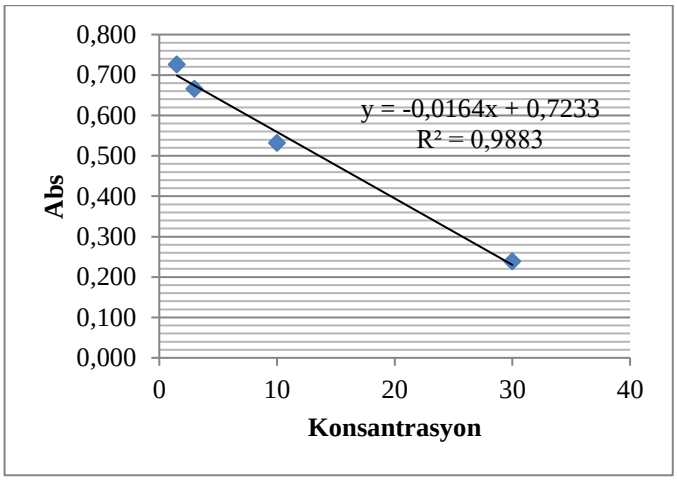
3.2.3.5 Fitik asit içeriği

Örnek 0,2 N HCl ile ekstrakte edilmiştir ve demir içeriği bilinen asidik demir-III solüsyonu ile ısıtılmıştır. Demir içeriğindeki düşüş, supernatandaki serbest fitik asitin ölçümüdür. Tayin için fitik asit referans solüsyonu, ferrik çözeltisi ve 2,2 Bipiridin çözeltileri hazırlanmış ve analiz prosedürü uygulanmıştır. (Haug ve Lantzsch, 1983).

Örnek 10 ml 0,1 N HCl ile 1 saat çalkalayıcıda çalkalanarak ekstrakte edilmiştir. Bu ekstrakttan paralel olarak 2 adet kuru ve temiz vida kapaklı test tüpüne 0,5 ml alınıp 1 ml ferrik solüsyonu (konsantrasyon = 23 µg/ ml veya 23 ppm çözelti) test tüpüne ilave edilerek vidalı kapak kapatılmıştır. Bu tüp 105˚C' de kaynar su banyosunda 30 dakika

tutulup daha sonra oda sıcaklığına soğutulmuştur. Reaksiyon karışımı 2 ml 2,2-bipiridin çözeltisinin (konsantrasyon = 1 % 2,2 bipridin çözeltisi) ilavesi ve çalkalanmasıyla sağlanmıştır. Reaksiyon karışımı kuvars küvetlere spektrofotometreye konularak 510 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Haug ve Lantzsch, 1983; Ahmad vd., 2013).

Fitik asit tayini için hazırlanan kalibrasyon eğrisi Şekil 3.5' de verilmiştir.



Şekil 3.5 Fitik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.3.6 Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde

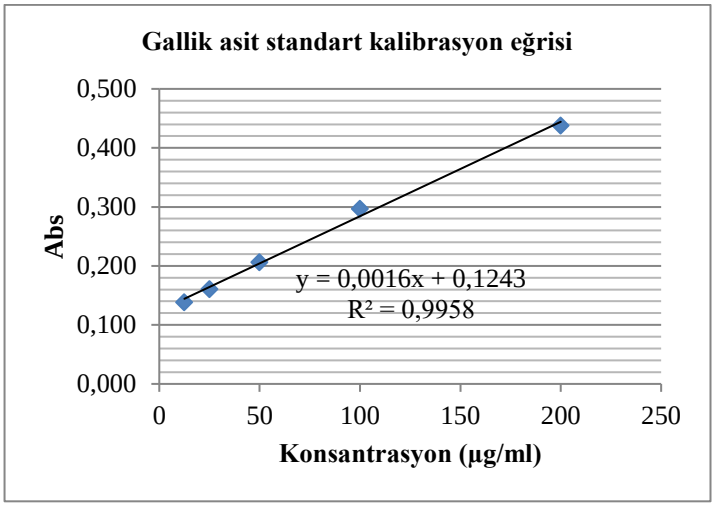
Ekstraksiyon amacıyla 5 g numune, 50 mL %80' lik metanol solüsyonu ile 2 saat 37°C' de manyetik karıştırıcıda ekstrakte edilmiştir. Örnekler 10000 rpm' de 15 dak santrüfüjlenerek ve supernatant kısımları alınarak filtre kâğıdından süzüldü ve ekstraktlar elde edildi. Antioksidan aktivite, serbest radikallerin süpürülmesine dayanan DPPH metodu kullanılarak yapıldı.

Ekstrakt içerisindeki fenolik bileşiklerin DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisini tespit etmek amacıyla, 0,2 mL ekstrakt, 0,5 mL DPPH çözeltisi ile 4 mL %80'lik methanolden oluşan karışım 15 s vorteks ile karıştırılıp ve 30 dk oda sıcaklığında beklendi. Süre sonunda UV-VIS spektrofotometrede 517 nm'de absorbansları okundu ve % inhibisyon değerleri aşağıdaki formül ile tespit edildi;

$$\%\ İnhibisyon\ Değeri = \left[1 - \left(\frac{AS}{AO}\right)\right] * 100 \quad (3.2)$$

AS : Örnek ekstraktına ait absorbans değeri
A0 : Şahit DPPH çözeltisinin absorbans değeri

Toplam fenolik madde içeriği Folin- Ciocalteau yöntemi ile tespit edildi, bu amaçla antioksidant aktivite tayini için hazırlanan numune ekstraktları ve Folin- Ciocalteau reaktifi kullanıldı. Sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak verildi (Hayta ve Hendek Ertop, 2019). Bu amaçla 12,5 µg- 200 µg aralığında hazırlanan gallik asit standartları kullanılarak gallik asit standart kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Gallik asit standart kalibrasyon eğrisi

3.2.3.7 Kül Tayini

Belirli miktarda ekmek örneği (1,5-2 g) porselen krozeye konarak kül fırınında 600°C' de organik maddeler yanıncaya kadar yakılmıştır. Krozeler desikatörde soğutulduktan sonra % kül oranı aşağıdaki formüle göre hesap edilmiştir (TGK, 2015).

$$Kül(\%) = \frac{Ekmek\ kül\ ağırlığı}{Ekmek\ örneği\ miktarı} * 100 \quad (3.3)$$

3.2.3.8 *In vitro* kül sindirilebilirlik oranı (KSO)

Mineral biyoyararlanım için Hayta ve Hendek Ertop (2017)'nin kullandıkları yöntem kullanılmıştır. Numune üzerine 25 ml pepsin çözeltisi ilave edilip karıştırıldı, bu karışım çalkalamalı su banyosunda 37°C' de 3 saat tutulup, sürenin sonunda her bir

örnek standart külsüz filtre kâğıdından (Whatman) süzüldü. Filtre kâğıdında kalan tortu, filtre kağıdı ile birlikte kül fırınında yakılarak kül miktarı belirlendi, bu değer toplam kül miktarından çıkarılarak sindirilebilir kül miktarı bulunmuştur.

$$KSO(\%) = \frac{Sindirilebilir\ Kül\ Miktarı}{Toplam\ Kül\ Miktarı} * 100 \quad (3.4)$$

3.2.3.9 Mineral madde analizi

X- ışınları floresans (XRF) spektroskopisi elementel komposizyonu belirleme imkanı sağlar. X- ışınları kaynağından çıkan ışınlar (fotonlar) kimyasal analiz yapılacak olan örnek üzerine gönderilir. Örneğin atomları ile etkileşen fotonlar, yeterli kinetik enerjiye sahip olmaları halinde, atomun iç kabuğundan bir elektronu yerinden çıkartıp, atomu temek durumdan yüksek enerji seviyesine getirir. Uyarılan elektonlar ilk enerji döndüklerinde kazanmış oldukları enerji floresans ışıma adı verilen ikincil x- ışınları yayımlarak geri verirler. Bu karakteristik ışınların dalgaboyu sabittir ve elementin karakteristiğidir ve bu durum örneğin kimyasal analizinin yapılmasına olanak tanır. Cihaz Na (11) ile U (92) arasındaki elementlerin kimyasal analizini doğru ve hassas şekilde yabilmektedir. Pellet, toz, etitiş, sıvı formunda örneklerin elementel komposizyonu belirlenebilmektedir. Mineral madde analizi için Merlab'dan hizmet alınmıştır. Spectro Xepos II cihazı kullanılarak süt, yağlı ve yağsız peynir altı atık suyunun mineral maddeleri ölçülmüştür.

3.2.4 Ekmek Raf Ömrü Niteliklerinin Belirlenmesi

Ekmek ve kontrol örneklerinde DSC 0 ve 7. günlerde, rutubet analizi ise 1, 3, 5, 7 ve 9. Günlerde yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.2.4.1 Nişasta retrogradasyonu (DSC Analizi)

Katina (2006) ve Hayta ve Hendek Ertop (2019) tarafından yapılan çalışmalar referans olarak alınarak, ekşi hamur ekmek raf ömrü süresince nişasta retrogradasyonundaki değişim DSC analizi ile tespit edilmiştir. Ekmek örneklerinin 0 ve 7. günlerde ölçüm sonucu elde edilen endotermik piklerininin değerlendirilmesi ile nişasta

retrogradasyonu izlenmiştir. Ekmeklerin her birinden 10 mg örnek alınmış ve alüminyum bir kapta sıkıca kapatılmıştır. Kap kapatıldıktan sonra tartılarak 2- 100 ºC' ler arasında kalorimetrik ölçüm yapılmıştır. Isıtma oranı 10 ºC/dak' dır. Elde edilen termogramlarda endotermik entalpi (ΔH) ve pik alanı (mj) belirlenerek raf ömrünün ekmeğin bayatlaması üzerindeki etkisi tespit edilmiştir.

3.2.4.2 Rutubet miktarı ve rutubet kaybı (RK)

Ekmek örnekleri piştikten 3 saat sonra ölçüm yapmak amacıyla 1 dilim kesit alınarak homojenize edilmiş ve 3–5 g tartılarak önceden 130°C' de kurutularak darası alınmıs kaplara konulmuştur. Kurutma dolabında 105°C' de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır. Rutubet kaybı (RK), numunenin başlangıç ağırlığının yüzdesi olarak ağırlık kaybı olarak belirlenmiştir (Poinot vd., 2008).

3.2.5 Duyusal Analiz

Üretilen üç farklı formülasyondaki ekşi mayalı ekmek örnekleri duyusal analiz için panelistlere sunularak şekil simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, pişme düzeyi, lezzet ve kabul edilebilirlik açısından değerlendirmeleri istendi. Değerlendirme 5 puanlı hedonik skala (1; hiç beğenmedim - 5; çok beğendim) kullanılarak yapılmıştır.

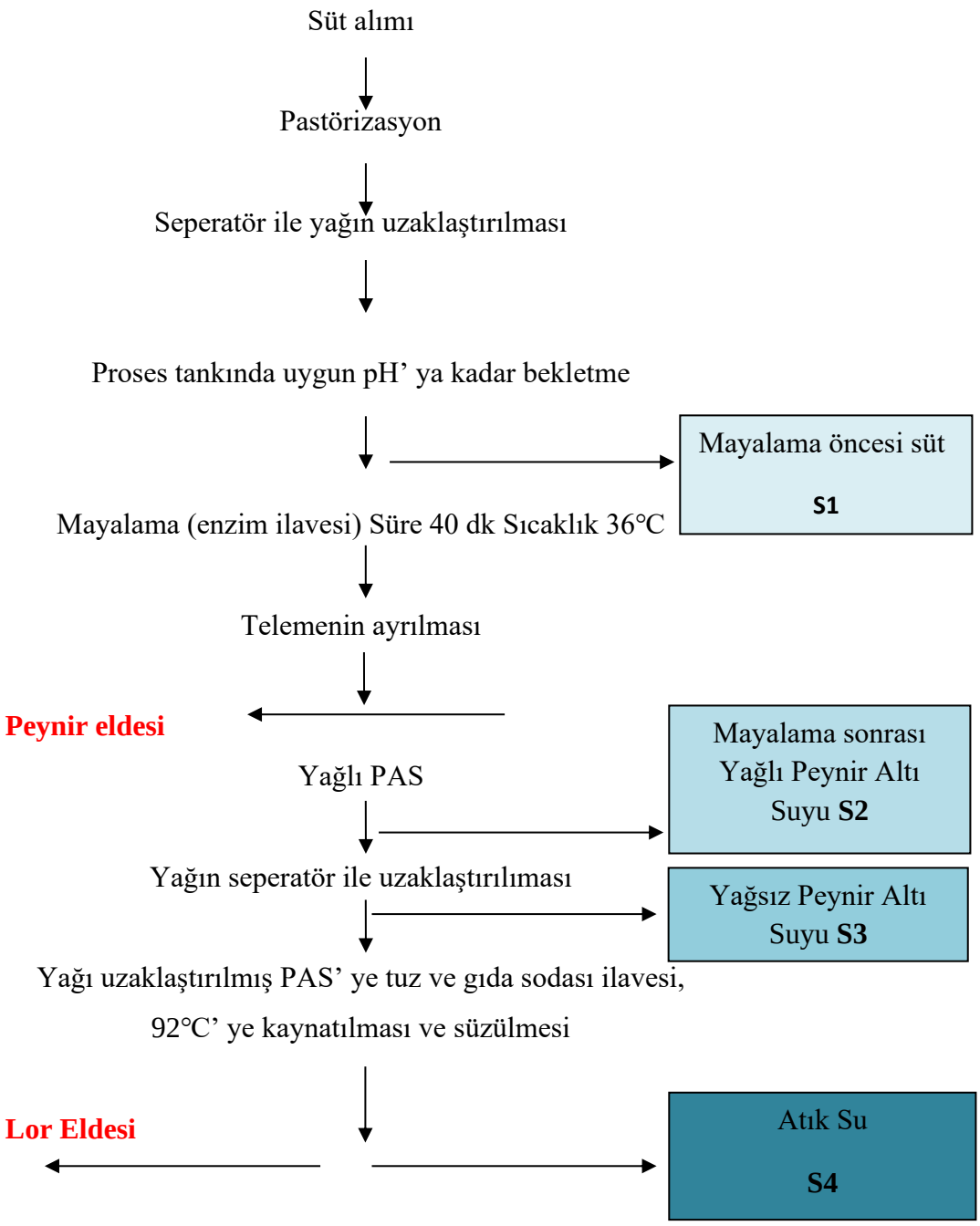
3.2.6 İstatistiksel Analiz

Elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak yapılmıştır. Analiz değerlendirmelerinde varyans analizine (ANOVA) tabi tutulan veri ortalamaları arasındaki fark $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir. Ekmek örneklerinin duyusal analiz karşılaştırılması Kruskall Wallis testi ile yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Peynir Atık Sularının İçerikleri

Peynir üretiminde süt alımından, PAS ve PAAS çıkışına kadar olan aşamalar Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1 S1, S2, S3 ve S4 Akış Şeması

Şekil 4.1’ de görüldüğü üzere eritme peynir prosesinde süt giriş ve ara peynir altı suyu çıktıları ile nihai aşamadaki atık su içeriklerinde yapılan ön işlemlerde; süt mayalama işlemi sonrası pıhtı (jel) oluşur. Jelin kırılması ile teleme ve PAS oluşmaktadır. Bu sırada sütteki yağın bir kısmı telemeye geçerken diğer kısmı PAS’ye aktarılmaktadır. PAS’ de bulunan yağ seperatör ile alınıp, lor yapmak için kullanılmaktadır. Bu nedenle yağ değerleri S1>S2>S3>S4 şeklindedir.

Süt fabrikasında peynir üretimine giren süt (S1), Yağlı peynir altı suyu (S2), Yağsız peynir altı suyu (S3) ve Lor alındıktan sonra atık olarak bırakılan sudan (S4) numuneler alınarak ultrasonik ölçüm yapan Süt Analiz cihazı ile protein, yoğunluk, laktoz, tuz vb. içeriklerin analizleri yapılarak her prosesten sonraki değimleri tespit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1 Eritme peynir prosesi aşamalarında süt ve peynir altı sularının içerikleri

Özellik	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**
Yağ	1,55±0,05	0,25±0,15	0,05±0,05	0±0,00
Yağsız kuru madde	8,65±0,05	7,2±0,1	7,15±0,15	9,45±0,05
Yoğunluk	30,6±0,6	26,6±0,3	26,5±0,5	35,45±0,05
Protein	3,2±0,00	2,6±0,00	2,55±0,05	3,4±0,00
Laktoz	4,6±0,1	3,95±0,05	3,9±0,1	5,15±0,05
Tuz	0,05	0,55±0,05	0,55±0,05	0,7±0,00
İletkenlik	4,3±0,00	4,3±0,00	4,3±0,00	4,3±0,00
pH	6,20±0,30	5,90±0,05	5,90±0,012	6,17±0,10

Süt, kazein ve serum proteinlerinden oluşmaktadır. Kazein proteinleri ısıl işlemden kolayca etkilenmez iken serum proteinleri yüksek sıcaklıkta denatüre olmaktadırlar. Sütte bulunan κ- kazein kimozin enzimiyle (maya ile) rahatça tutulmaktadır, enzim κ-kazein molekülünün bir parçasını ortamdan çekerek ve kolloidel özelliğini kaybetmiş olur. Böylece tüm kazein, kalsiyumlarla beraber presipite olur. Bu reaksiyon sütün peynir mayası ile pıhtılaştırılması ve peynir yapım işleminin temelini oluşturmaktadır. Bu şekilde değişikliğe uğrayan kazeine para-kazein denir. Yani sütte bulunan proteinin bir kısmı mayalama ile birlikte kullanılmaktadır. Diğer kısmı ise PAS’ a geçmektedir. PAS’ da kalan serum proteinleri de sıcaklık ile denatüre olmaktadır. Proteinlerin düzeyleri arasındaki ilişki bu aşamaya kadar S1>S2>S3 şeklindedir. S4 de protein değerinin yüksek çıkma sebebi lor yapımı esnasında yağsız PAS’ a tuz ve gıda sodası

katılmasıdır. Bu sayede yağsız kuru madde artmaktadır. Kullanılan cihaz yağsız kuru madde ve yağ değerini ölçmekte ama diğer değerleri bu iki değere göre hesaplamaktadır. Lor yapımı sırasında eklenen maddeler yağsız kuru maddeyi arttırdığı için orantısal olarak protein değeri de artmıştır.

Süt mayalandıktan sonra laktoz, teleme ve PAS' a geçmektedir. PAS ve teleme ayrılması esnasında teleme su ile yıkandığı için laktoz uzaklaştırılmakta ve eritme peyniri şeker içermemektedir. PAS' da kalan laktoz ise lor yapımı sonrası atık suya geçmekte ve lor peynirinde de şeker bulunmamaktadır. S4' de laktoz oranının yüksek çıkma sebebi lor yapımı esnasında yağsız PAS' a katılan ürünler ile yağsız kuru maddenin artması ve kullanılan cihazın laktoz değerini yağsız kuru maddeye göre hesaplamasıdır.

Tablo 4.2 Süt, Peynir altı suları ve Atık suyun mineral madde içerikleri

		S1	**S2**	**S3**	**S4**
Element		Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (ppm)
Na	Sodyum	153±9,2	165,1±9	160,7±8,5	224,5±7,9
Mg	Magnezyum	< 101±0	< 101±0	< 101±0	< 101±0
Al	Alüminyum	< 20±0	< 20±0	< 20±0	28,4±0,8
Si	Silikon	< 5,1±0	0,9±0,1	< 5,1±0	< 5,1±0
P	Fosfor	925,2±2,4	531,9±1,8	521,9±1,9	310,7±1,7
S	Kükürt	323,9±1	188,3±0,8	153,8±0,7	185,9±0,9
Cl	Klor	908,7±1,1	950,4±1,2	976,3±1,2	9344±6
K	Potasyum	1103±4	1148±4	1185±4	1046±4
Ca	Kalsiyum	1181±4	477,2±2,6	491,1±2,6	271,5±2
Ti	Titanyum	2,3±0,2	2,6±0,2	2±0,2	2,2±0,2
V	Vanadyum	0,7±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	0,8±0,1
Cr	Krom	0,8±0,1	0,8±0,1	1±0,1	0,7±0,1
Mn	Manganez	0,8±0,1	1,4±0,1	0,9±0,10,1	< 0,2±-0,2
Fe	Demir	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0
Co	Kobalt	7±1,3	9,1±1,4	11,6±1,6	9,6±1,5
Ni	Nikel	29,2±0,3	29,8±0,3	29,6±0,3	32±0,4
Cu	Bakıe	1,2±0,2	1,6±0,2	1,5±0,2	1,3±0,2
Zn	Çinko	4,5±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1
Ga	Galyum	< 0,5±0	< 0,1±-0,1	< 0,5±0	< 0,5±0
Ge	Germanyum	< 0,5±0	< 0,1±-0,1	< 0,5±0	< 0,5±0

Tablo 4.2’ nin devamı

		S1	S2	S3	S4
Element		Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (ppm)	Konsantrasyon (ppm)
I	Iyot	8,9±2,8	10,1±2,8	13,4±2,7	19,9±2,8
Cs	Sezyum	< 4,0±0	< 4,0±0	< 4,0±0	< 4,0±0
Ba	Baryum	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0
La	Lantan	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0
Ce	Seryum	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0
Hf	Hafniyum	1,3±0,4	< 1,0±0	< 0,6±-0,6	1±0,4
Ta	Tantal	18±0,5	15,6±0,5	18,9±0,5	19±0,5
W	Tungsten	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0
Hg	Mercury	< 0,3±-0,3	< 1,0±0	< 0,1±-0,1	< 1,0±0
Tl	Thallium	< 0,3±-0,3	0,3±0,1	< 0,3±-0,3	< 1,0±0
Pb	Lead	< 1,0±0	0,5±0,1	< 0,1±-0,1	< 0,2±-0,2
Bi	Bizmut	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0
Th	Toryum	0,3±0,1	< 1,0±0	0,3±0,1	0,4±0,1
U	Uranyum	0,5±0,1	0,4±0,1	0,1±0,7	0,4±0,1
As	Arsenik	< 0,1±-0,1	< 0,5±0	0,2±0,1	< 0,5±0
Se	Selenyum	0,2±0,1	< 0,5±0	< 0,5±0	< 0,5±0
Br	Brom	1,5±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1
Rb	Rubidyum	1±0,1	1±0,1	1±0,1	0,9±0,1
Sr	Stronsiyum	0,5±0,1	< 0,1±-0,1	< 0,1±-0,1	< 0,5±0
Y	İtriyum	0,4±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1
Zr	Zirkonyum	0,6±0	0,9±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1
Nb	Niyobyum	< 1,0±0	< 1,0±0	< 1,0±0	< 0,1±-0,1
Mo	Molibden	< 0,3±-0,3	0,8±0,2	< 1,0±0	< 0,4±-0,4
Ag	Silver	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0
Cd	Kadminyum	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0	< 2,0±0
Sn	Tin	< 3,0±0	< 3,0±0	< 3,0±0	< 3,0±0
Sb	Antimon	< 3,0±0	< 3,0±0	< 3,0±0	< 3,0±0
Te	Tellür	< 3,0±0	< 3,0±	< 3,0±0	< 3,0±0

Tablo 4.1’ de görüldüğü üzere bu tez çalışmasının ana hammaddesi S4 Atık suyunda önemli düzeyde laktoz şekeri ve protein kaldığı görülmektedir. Bu yapısı itibariyle peynir altı atık suyu fermente gıda ürünlerinde kullanılabilecek uygun bir besi yeri niteliği taşımaktadır. Çünkü mikroorganizmalar gelişebilmeleri için uygun azot kaynaklarına ve enerji için de uygun karbon kaynaklarına ihtiyaç duymaktadırlar. Aynı

zamanda gelişimleri için gerekli mineral maddelerin de atık su içerisinde olduğu düşünülmektedir. Çünkü Tablo 4.1' de görüleceği üzere %9,45 kuru madde ve %0,7 tuz içerdiği tespit edilmiştir. Bunu tespit edebilmek amacıyla S1, S2, S3 ve S4'de mineral madde analizleri ve Kjeldahl yöntemi ile protein analizleri yapılmıştır.

Süt (S1)'ün Yağlı peynir altı suyu (S2), Yağsız peynir altı suyu (S3), ve Atık su (S4)' ya işlenmesi sırasında mineral madde içeriğindeki değişimler Tablo 4.2' de verilmiştir. Mineral içeriklerinde değişim olmakla birlikte genel bir sonuç olarak, atık su olarak değerlendirilen S4 numunesinin içeriğinde hala önemli düzeyde mineral madde olduğu tespit edilmiştir. Na (224 ppm), P (310,7 ppm), S (185,9 ppm), Cl (9344ppm), Ca (271,5 ppm), K (1046 ppm) başlıca mineraller olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.3 Süt (S1), Peynir altı suları (S2,S3) ve Atık suyun (S4) protein içerikleri

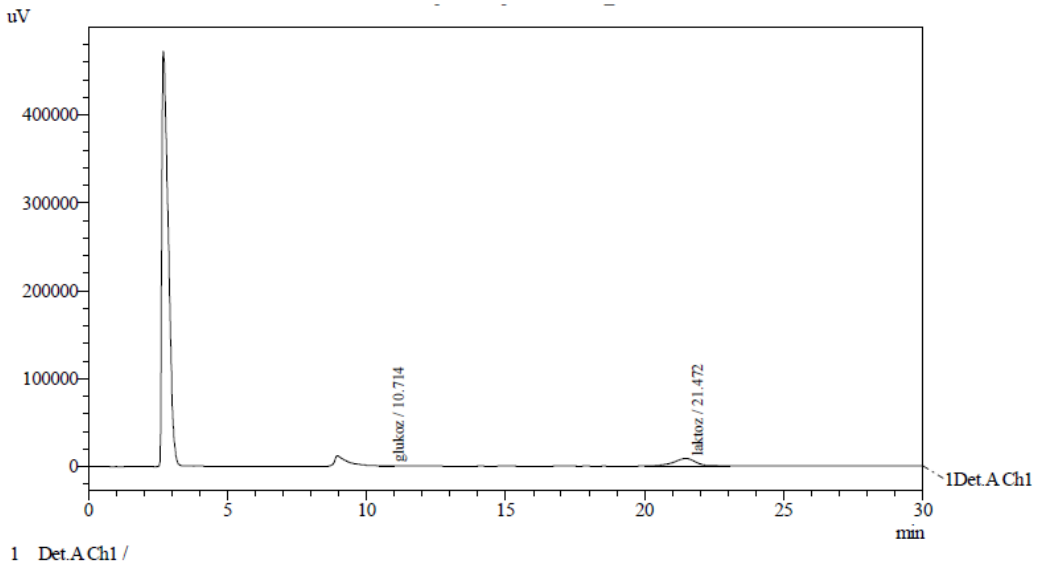
S1	**S2**	**S3**	**S4**
Ort±Standart sapma (%)	Ort±Standart sapma (%)	Ort±Standart sapma (%)	Ort±Standart sapma (%)
2,771±0,089	0,885±0,089	0,894±0,000	0,581±0,000

Tablo 4.3' de görüldüğü gibi sütün peynire işlenmesi 1. aşamasından sonra protein içeriği %2,771' den %0,885' e düşmüş, yağı alındıktan sonra da önemli bir değişim olmamış ve %0,894 olarak belirlenmiştir. Lor alma işleminden sonra atık olarak salınan S4 suyunun içinde ise %0,581 oranında hala protein olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın bu bölümüne kadar elde edilen sonuçlar, nihai aşamada atık olarak işletme dışına verilen S4 suyunun hala protein ve mineral içeriğine sahip olduğunu ve alternatif alanlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

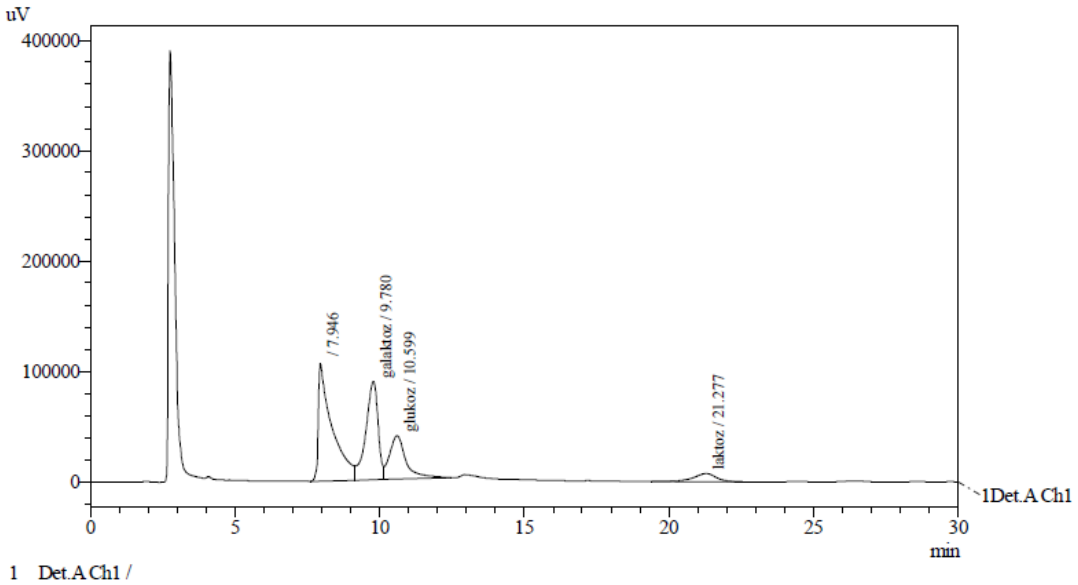
4.2 Peynir Altı Atık Suyu (PAAS) Enzimatik Hidrolizi

Hidroliz işlemi ile birlikte laktoz, sindirimi daha kolay ürünlere dönüşmektedir. PAS hidrolizasyonu asidik hidroliz ve enzimatik hidroliz olarak iki farklı yol ile gerçekleştirilmektedir. Asidik yöntem ile hidrolizasyon yapıldığında reaksiyon çok hızlı gerçekleşmekte ve PAS besin değeri azalmaktatır. Üründe besin içeriği açısından kayıp olmaması için enzimatik hidrolizasyon yapılması daha uygundur. Enzimatik hidrolizasyon bitki, hayvan, mikroorganizmalarda bulunan β- galoktozidaz enzimi ile

gerçekleştilmekte olup, endüstride ise yalnızca mikroorganizmalardan üretilen enzimler tercih edilmektedir. Enzimatik hidrolizasyon da ise üretiminin az olması ve yüksek maliyetli olmasından dolayı çok tercih edilmemektedir (Demirhan, 2007).



Şekil 4.2 Peynir altı atık suyu şeker profili kromotogramı



Şekil 4.3 Hidrolize peynir altı atık suyu ($PAAS_{EH}$) şeker profili kromotogramı

Peynir altı atık suyunun galaktozidaz enzimi ile hidrolizi amacıyla uygulanan prosedür sonucu suların hidroliz öncesi ve sonrası şeker profilleri belirlenmiştir. Kromotogramlar Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' de, kromotogramdan elde edilen şeker profiline ait konsantrasyon verileri de Tablo 4.4' de verilmiştir.

PAS hidroliz öncesi şeker profilinde 47462.26 mg/L laktoz, 1716.56 mg/L glukoz bulunurken içeriğinde galaktoz tespit edilmemiştir. Galaktoz enzimi ile hidroliz sonucu laktoz içeriği %90,99 oranında hidrolize uğrayarak 4276.28 mg/L' ye düşerken, başlangıçta bulunmayan galaktoz içeriği 21383.76 mg/L' ye, glukoz miktarı ise %90,39 oranında artarak 17865.15 mg/L' ye yükselmiştir.

Enzim hidrolizi sonucu mevcut laktoz içeriğinin glukoz ve galaktoz monosakkaritlerine parçalanmış olması ve hidroliz oranının yüksek olması nedeniyle yapılan işlem yeterli görülerek hidrolize peynir altı suyu ile ekşi hamur üretimine geçilmiştir.

Tablo 4.4 Peynir altı atık suyunun enzim hidrolizi öncesi ve sonrası HPLC kromotogram verileri

Şeker	Retention time (dak)	Konsantrasyon (mg/L)		Fark (mg/L)	Hidroliz artış –azalış oranı (%)
		Peynir altı atık suyu	Hidrolize peynir altı atık suyu		
Laktoz	21.277-21.472	47462.26	4276.28	-43185.98	- 90.99
Galaktoz	10.599	0.00	21383.76	+21383.76	+100.00
Glukoz	9.780-10.714	1716.56	17865.15	+16148.59	+90.39

4.2.1 Üretilen Ekşi Hamurların Bazı Nitelikleri

250 ml' lik cam şişeye 150 ml PAAS ve 0,3885g enzim tartılırak karıştırmalı inkübatör de 38˚C' de 200 rpm' de 5 saat tutulmuştur. Su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanımı ile bölüm 3.2.3' te verilen ekşi hamur yapım prosedürüne göre ekşi hamur üretimleri gerçekleştirilmiştir. Spontan fermantasyon tekniği ile 4 kademede ekşi hamur tazelemesi yapılmıştır. Ekşi hamurdan beklendiği üzere 4.5±0,5 pH düzeyine ekşi hamurların ulaşma durumları her kademede değerlendirilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5' de görüldüğü üzere başlangıç hamur pH değerleri ile 24 sa sonraki pH değerleri karşılaştırıldığında azalmaktadır. Fermantasyon süresi arttıkça pH değerinin azaldığı görülmektedir. 4 kademe sonunda elde edilen ekşi hamurlar arasında pH değeri en yüksek 5,02 ile su ekşi mayası iken en düşük pH değerine sahip ekşi maya 4,51 ile PAAS ekşi mayası olmuştur. Bunun nedeni su ekşi mayası yapımında kullanılan suyun pH değerinin daha yüksek olması ve asitliğin yavaş ilerlemesi olduğu

düşünülmektedir. PAAS ve $PAAS_{EH}$ içeriğindeki azot ve karbon kaynakları ile diğer besinsel içeriğin ekşi hamur mikroflorasının gelişimini sağlayarak fermantasyonu teşfik ettiği düşünülmektedir.

Tablo 4.5 Ekşi mayaların, fermantasyon süreleri sonundaki pH değerleri

Ekşi maya	Başlangıç pH	1 kademe (24 saat sonra) pH	2 kademe (12 saat sonra) pH	3 kademe (8 saat sonra) pH	4 kademe (6 saat sonra) pH
$PAAS_{EH}$	6,06±0,01	4,41±0,01	4,22±0,02	4,58±0,02	4,58±0,01
PAAS	6,19±0,01	4,39±0,01	4,14±0,02	4,54±0,03	4,51±0,02
Su	6,23±0,03	5,08±0,03	4,63±0,02	4,70±0,02	4,92±0,01

Akgün, (2007) yaptığı çalışmada ekşi hamur örneklerinin günlük fermantasyonu süresince pH değerlerinin azaldığını tespit etmiştir. Aynı şekilde Kotancılar vd. (2006) ise hamurların son fermantasyon öncesi pH değerlerinin fermantasyon süresi (0,535), ekşi hamur ilavesi ve interaksiyonu hamur pH'sı üzerinde istatistiki olarak önemli olduğunu tespit etmiştir. Fermantasyon süresinde artış olduğunda, hamur pH değerlerinde azalmaya sebep olduğunu bulmuştur. En yüksek pH değerinin (5,346) fermantasyona bırakılmayan hamurda olduğunu, en düşük pH değerinin ise (4,850) ise 15 sa fermantasyon süreli hamurda olduğunu gözlemlemiştir. Ekşi hamur miktarı arttıkça hamur pH değerleri azalmıştır (5,445' den 4,805' e inmiştir). Bu sonuçlar ile Tablo 4.5' de verilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Giannone vd. (2010) ürettikleri ekmek hamurlarının pH değerlerini 5,00- 5,66 aralığında bulmuşlardır. Tablo 4.5' de su ile hazırlanan ekşi hamurun pH değerlerinin, Gionnone vd. (2010) yapmış oldukları çalışmalarda elde ettikleri sonuçlara benzerdir. Ekşi hamurun 10^8 - 10^9 kob/g civarında canlı LAB içermesi; mayaların ise 10^6 -10^7 kob/g civarında olması (LAB/ maya oranı 100:1) gerekmektedir. Bu mikroorganizmalar oluşturdukları asit ile ekşi hamurun tadını, kokusunu ve yapısını oluşturmaktadırlar (Özçelik, 2000). Ekşi maya hamuru içerdiği çeşitli maya ve bakteriler sayesinde doğal florayı oluşturmakta ve probiyotik etki göstermektedir (Şahin, 2012).

Elde edilen ekşi mayalardan laktik asit ve maya sayımı yapılmıştır. Tablo 4.6' da görüldüğü üzere LAB sayısının 10^8 -10^9 kob/g arasında olduğu, mayaların da 10^5 -10^6

kob/g aralığında olduğu görülmektedir. Su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanımının LAB ve maya sayımları üzerinde önemli etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Gobbetti vd. (1994), ekşi hamur içeriğindeki maya sayısı ve çeşidinin; hamurun su kaldırma kapasitesine, kullanılan tahılın türüne, mayalanma sıcaklığına ve ekşi hamurun sıcaklığına bağlı olduğunu bulmuştur. Alver (2016) yaptığı çalışmada deneme hamur örneklerinin maya küf içerikleri 10^5 -10^6 kob/g düzeyinde olduğunu belirlemiştir. Ekşi maya ile yoğrulan ekmek hamuru ve ekşi maya ile %30-40 kefir ilaveli hamur ile sadece ekşi mayalı ekmek hamurunda sırasıyla $1{,}5x10^5$ kob/g, $2{,}6x10^5$ kob/g, $2{,}8x10^5$ kob/g maya küf olduğunu belirlemiştir. İpek (2017) yapmış olduğu çalışmada ise ekşi maya örneklerinin 24 sa sonraki maya miktarını en az $5{,}50x10^8$ bulurken, en fazla $9{,}75\times10^8$ adet/ml olarak bulmuştur. Ekşi hamurlarla yapılan farklı çalışmalarda LAB içeriğinin 10^5-10^9 olduğu görülmektedir (Çakır vd., 2020; Hendek Ertop vd., 2018).

Tablo 4.6 Ekmek yapımında kullanılan ekşi mayaların laktik asit ve maya sonuçları

Ekşi maya	Laktik asit bakterisi (kob/g)	Maya (kob/g)
Su	$8x10^8$	$1x10^5$
PAAS	$2x10^8$	$1x10^5$
$PAAS_{EH}$	$2x10^8$	$6x10^5$

4.3 Pişme Sonrası Ekmeklerin Kalite Özellikleri

4.3.1 Ekmeklerin Bazı Fiziksel Özellikleri

Ekmekler aynı koşullarda pişirilmiş, 2 saat dinlendirildikten sonra Ağırlık (g), Hacim (cm^3), Spesifik hacim (cm^3/g), Pişme kaybı (g) ve (%) ile Kabuk kalınlığı (mm) gibi bazı fiziksel nitelikleri tespit edilmiş, değerler Tablo 4.7' de verilmiştir.

Üretilen ekmeklerin pişme kayıpları (%) grup içi karşılaştırma yapıldığında aralarında fark olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin pişme kaybı üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Tüm veriler değerlendirildiğinde ise en yüksek pişme kaybının su ile üretilen ekşi mayalı ekmeklerde olduğu, en düşük $PAAS_{EH}$ ve PAAS ile üretilen ekşi hamurlu ekmeklerde

olduğu görülmektedir. Bircan vd. (2017) yaptıkları çalışmada, yoğurt kültürü ile ekşitilmiş ekşi hamur ekmeğinde %13,24; boza kültürü ile ekşitilmiş ekşi hamur ekmeğinde %12,37 ve ekşi maya ile ekşitilmiş ekşi hamur ekmeğinde %12,15 ağırlık kaybı olduğunu belirlemiş olup gruplar arasında istatistiksel bir fark olmadığını tespit etmiştir. Elde edilen ekmeklerdeki ağırlık kaybı fermantasyon aşamasından başlar ve fırın devresine gelene kadarki fermantasyon kayıpları suyun buharlaşmasına kadar devam etmektedir. CO_2 çıkışından dolayı ağırlık kaybı olsada asıl kayıp pişme sırasında meydana gelmektedir. Pişme sırasında suyun yanı sıra uçucu maddeler, CO_2, organik asitler, esterler, maya metabolizması sonucu oluşan bileşikler vs fırın sıcaklığının etkisiyle hamurdan uzaklaşırlar (Elgün ve Ertugay, 2002). Pişme sırasında normal ekmeklerde pişme kaybı %14-16 civarında olmaktadır (Elgün vd., 2007).

Tablo 4.7 Ekmek örneklerinin bazı fiziksel özelliklerine ait değerler

Uygulama	Ağırlık (g)	Hacim (cm^3)	Spesifik hacim (cm^3/g)	Pişme kaybı (g)	Pişme kaybı (%)	Kabuk kalınlığı (mm)
Su kontrol	208,48±1,20^{aDEF}	560±5^{bBCD}	2,69	33,38±0,3^{aAB}	13,80±0,5^{aA}	2,09±0,15^{bE}
Su 1	204,09±0,8^{aF}	520±7^{cFG}	2,55	34,61±0,8^{aA}	14,50±0,4^{aA}	2,45±0,15^{bD}
Su 2	204,06±2,0^{aF}	530±2^{cEFG}	2,60	34,38±1,0^{aA}	14,42±0,7^{aA}	2,57±0,07^{abCD}
Su 3	204,48±1,50^{aEF}	565±8^{cBC}	2,76	33,78±0,5^{aAB}	14,18±0,9^{aA}	2,60±0,05^{abCD}
Su 4	204,98±1,1^{aEF}	585±3^{abAB}	2,85	31,76±0,2^{aAB}	13,42±0,8^{aA}	2,70±0,11^{aBC}
Su 5	210,12±0,9^{aCDE}	600±4^{aA}	2,86	31,84±0,9^{aAB}	13,16±0,7^{aA}	2,67±0,06^{aBC}
PAAS kontrol	220,89±1,3^{aA}	490±4^{bHI}	2,22	23,63±0,4^{aD}	9,66±0,2^{aAB}	2,52±0,12^{abCD}
PAAS 1	216,50±0,7^{abAB}	480±5^{bI}	2,22	25,40±0,8^{aD}	10,50±0,1^{aAB}	2,58±0,13^{abCD}
PAAS 2	214,80±0,4^{bBC}	490±8^{bHI}	2,28	26,78±0,2^{aD}	11,09±0,5^{aB}	2,52±0,09^{abCD}
PAAS 3	214,49±1,2^{bBCD}	510±3^{abGH}	2,38	26,67±0,1^{aD}	11,06±0,6^{aAB}	2,55±0,08^{bCD}
PAAS 4	215,99±1,0^{abABC}	530±9^{aEFG}	2,45	26,02±0,9^{aD}	10,75±0,8^{aAB}	2,71±0,06^{abBC}
PAAS 5	215,55±0,8^{abABC}	525±2^{aEFG}	2,44	25,42±1,0^{aD}	10,55±0,3^{aAB}	2,85±0,04^{aB}
$PAAS_{EH}$ kontrol	214,61±0,3^{bBC}	550±1^{aCDE}	2,56	29,84±1,0^{aBC}	12,21±0,3^{aAB}	3,47±0,07^{aA}
$PAAS_{EH}$ 1	211,86±0,9^{bBCD}	520±4^{bFG}	2,45	31,47±0,6^{aAB}	12,93±0,5^{aAB}	3,46±0,06^{aA}
$PAAS_{EH}$ 2	211,13±0,4^{bBCD}	525±6^{bEFG}	2,49	30,88±0,9^{aAB}	12,76±0,9^{aAB}	3,44±0,09^{aA}
$PAAS_{EH}$ 3	211,05±1,5^{abBCD}	532±3^{abDEFG}	2,52	29,83±0,1^{aBC}	12,38±0,4^{aAB}	3,46±0,08^{aA}
$PAAS_{EH}$ 4	215,19±1,3^{aABC}	530±7^{abEFG}	2,46	25,49±0,3^{bD}	10,59±0,7^{aAB}	3,47±0,09^{aA}
$PAAS_{EH}$ 5	216,62±0,8^{aAB}	540±2^{abBCDE}	2,49	24,80±0,5^{bD}	10,27±0,2^{aAB}	3,44±0,05^{aA}

Aynı sütundaki küçük harfler grup içi, aynı sütundaki büyük harfler ise gruplar arası farkların istatiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Ekmek ağırlığı ile hacmi arasında ideal bir ilişki olması gerektiği bildirilmiştir (Bircan vd., 2017). Tablo 4.7' de verilen değerlere göre su ve PAAS grubu ekşi mayalı ekmeklerde ekşi maya oranının artışı ve ekmek ağırlıkları arasında oransal bir ilişki belirlenemezken, $PAAS_{EH}$ ekşi maya ilavesinin ekmek ağırlığını istatistiksel olarak arttırdığı (p<0,05) belirlenmiştir. Tüm ağırlık verileri değerlendirildiğinde en düşük ekmek ağırlığına sahip ürünler su gruba ekşi hamurlu ekmekler olduğu, PAAS ve $PAAS_{EH}$ ilaveli ekşi hamur kullanımının ekmek ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir.

Ekmeklerin hacim değerleri karşılaştırıldığında ekşi maya miktarı arttıkça ekmek hacimlerinin de arttığı (p<0,05) görülmektedir. Ekşi maya grupları karşılaştırıldığında ise su grubu ekşi maya ilaveli ekmeklerin hacim değerlerinin diğer iki gruptan daha yüksek olduğu (p<0,05), özellikle PAS ekşi mayası ilaveli ekmeklerde hacmin önemli düzeyde düştüğü, ancak PAS' nin enzimatik hidrolizi ile üretilen ekşi maya kullanımı durumunda hacimlerin artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu konuda benzer olarak yapılan çalışmalarda da ekmek üretiminde kullanılan PAS konsantresinin, PAS protein ve gluten kompleksi arasındaki etkileşimi nedeniyle ekmek hacminde azalmaya neden olabileceği belirtilmektedir (Lupano, 2000). PAS, unun su absorbsiyonunu azaltarak ekmeğin hacimini küçültmektedir. Bunun sebebi ise laktozun yüksek ozmatik basınç oluşturması ve maya etkinliğini azaltmasıdır (Kolcuoğlu, 2002). Kenny vd., (2000) ise PAS proteini konsantresinin ekmek hacmini azaltıcı fakat kazeinat ve hidrolize kazeinlerin ise ekmek hacim değerini arttırıcı etkide bulunduğunu bildirmiştir.

PAS fazla miktarda kullanıldığında, yüksek miktarda laktoz içeriği ve mineral madde varlığı nedeniyle maya aktivitesini veya hamur gluten yapısını olumsuz yönde etkileyebilir. Böylece daha düşük hacimli ve tekstürel özellikleri zayıf bir ekmek elde edilebilir. PAS' nin önemli bileşenlerinden biri olan proteoz-pepton hamuru yumuşatmakta ve ekmek hacmini düşürmektedir. Bu nedenle PAS tozunun %1-7 oranında kullanılması önerilirken; PAS protein konsantratı kullanımının ise %2 civarında olması önerilmektedir (Królczyk vd., 2016). Yapılan çalışmalarda, PAS'nin %2 oranında ekmek üretiminde kullanımının, ekmeğin besin değerini artırdığı ve kalitatif özelliklerini geliştirdiği tespit edilmiştir (Mete, 2012).

Bircan vd. (2017) yaptıkları çalışma ile hacım artışının (kabarma) en fazla yoğurt kültürü ile hazırlanan ekşi hamur ekmeğinde olduğunu ve bunun duyusal değerlendirme de tercih edilmeyi sağladığını tespit etmiştir. En düşük hacim artışının ise boza kültürü ile hazırlanan ekşi hamur ekmeğinde olduğu bunun da fermantasyon safhalarında daha az gaz oluştuğunu tespit etmişlerdir. Kotancılar vd. (2006) ise yaptıkları çalışma sonrası ekşi hamur kullanılarak yapılan ekmeklerin normal ekmeklere göre daha hacimli olmasını, ekşi hamurdaki LAB tarafından meydana getirilen asidifikasyon, nişastanın mikrobiyal hidrolizi ve proteolitik etki ile birlikte ekmeğin depolanması sırasında oluşan fizikokimyasal değişikliklerden kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Bu durum ekmeğin sertleşmesi ve bayatlamasının gecikmesi üzerine pozitif bir etki gösterir. Ekşi hamur ekmeklerinde ekşi hamur mikroflorası da hacim üzerinde etkilidir (Xu vd., 2019).

Ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranlanması ile elde edilen spesifik hacim değeri ne kadar büyük olursa ekmeğin kabarma derecesinin dolayısıyla albenisinin daha fazla olduğu anlamına gelir. En yüksek spesifik hacim değerine sahip olan aynı zamanda kabarma oranı en fazla olan ekmeklerdir. Ekşi hamur ekmeklerinde ekşi hamur mikroflorası hacim üzerinde etkilidir (Xu vd., 2019). Spesifik hacim değeri ekmeklerin kalitesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri Tablo 4.7' de yer almaktadır. Bu değerlere göre spesifik hacmi en az olan PAAS ekmekleridir (2,33 cm^3/g). Bu değeri sırasıyla $PAAS_{EH}$ (2,50 cm^3/g) ve su ekmekleri takip etmektedir (2,72 cm^3/g). Ekşi maya miktarı arttıkça su ve PAAS ekmeklerinin spesifik hacmi artarken, $PAAS_{EH}$ ekmeklerinde spesifik hacim azalması olmuştur. Chen vd. (2018) ekşi maya kullanımı ile ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin arttığını ve bu değerin 2,12-2,56 mL/g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmada da görüldüğü üzere sonuçlarımız benzer çıkmıştır. Ekşi maya kullanımı ile ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerlerinin arttığını bildiren başka çalışmalar da mevcuttur (Chen vd., 2018; Xu vd., 2019). Diğer taraftan, Yıldız vd. (2021) ekşi mayalı ekmek örneklerinin spesifik hacim (2,51-3.50 mL/g) değerlerinin kontrol ekmeğine göre (3,91 mL/g) daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Paslı (2015) ekşi mayalı ekmeklerde spesifik hacim değerinin 6,19-7,24 mL/g, kontrol ekmeğine (7,53 mL/g) göre daha düşük olduğunu rapor etmiştir.

Cansız (2018) tarafından yapılan çalışmada ekmek formülasyonunda PAS oranının arttırılmasının ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde artışa neden olduğu ($p \leq 0,05$), bu artışın PAS içeriğinde bulunan nitrojenin maya besini etkisi göstermesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca belirli oranın üzerinde PAS kullanımının artan laktoz içeriğine bağlı olarak ekmek hamur sisteminin ozmotik basıncını yükselttiği ve fermantasyon hızının azalmasına yol açarak ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde azalmaya neden olduğu da belirtilmiştir. Aynı zamanda artan CO_2' in glüten tarafından tutulamaması da spesifik hacmin olumsuz etkilenmesine neden olabilecektir. Cansız vd. (2020) spesifik hacim değeri üzerine un çeşidinin ve PAS oranının istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bilgin vd. (2006) ürettikleri ekmeklerin spesifik hacim değerlerini pastörize PAS kullanımının etkilemediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca PAS' a ısıl işlem uygulanmadığında buğday unundaki glutene etki ederek ekmek özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Guemes-Vera vd., 2014).

Tablo 4.7' de verilen değerlere göre grup içi karşılaştırılma yapıldığında su ve PAAS ekmekleri aralarında fark olduğu ($p<0,05$) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin kabuk kalınlığı üzerinde önemli etkiye sahiptir. $PAAS_{EH}$ ekmeklerinin ise farkın önemsiz olduğu ($p>0,05$) yani farklı miktarda ekşi maya kabuk kalınlığı üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Kabuk kalınlığı en fazla $PAAS_{EH}$ grubu ekmeklerinde, en az su grubu ekmeklerindedir. Grup arası karşılaştırılması sonucunda ise ekşi maya kullanımının su ve PAAS ekmeklerinin kabuk kalınlıkları üzerinde farklı olduğu lakin $PAAS_{EH}$ ekmeklerinde fark olmadığı görülmektedir. Ekşi maya miktarı arttıkça PAAS ve su ekmeklerinin kabuk kalınlıklarında artış olmuştur. Bircan (2017) yoğurt, boza ve geleneksel olmak üzere tam buğday unu kullanarak üç farklı ekmek yapmıştır. En düşük kabuk kalınlığı 0,43cm ile bozalı ekmekte olduğu tespit edilmiştir. Bu değeri sırasıyla 0,47cm ile geleneksel ekmek ile 0,52cm ile yoğurtlu ekmekler olmuştur. Kaplan (2020), yaptığı çalışmada optimize ekmeklerin kabuk kalınlığını 1,21mm ve kontrol ekmeklerinin de 1,45mm olarak bulmuştur.

4.3.2 Ekmeklerin Bazı Kimyasal Özellikleri

Örneklerin Kül (%), Sindirilebilir Kül (%), Rutubet (%) ve pH değerleri Tablo 4.8' de verilmiştir. Su ekmekleri grup içi karşılaştırılmasında kül ve pH değerleri açısında aralarında fark olmadığı (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin kül ve pH üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı göstermektedir. Sindirilebilir kül ve nem değerleri açısından aralarında fark olduğu (p<0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin sindirilebilir kül ve nem üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekmeklerinin grup içi karşılaştırılmalarının kül ve pH değerleri açısında istatistiksel farkları önemli bulunmamıştır, sindirilebilir kül ve nem değerlerinin ise istatistiksel olarak farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (Tebliğ No:2012/2)' ne göre kül (tuz hariç) kuru maddede en az 0,65 m/m en çok 1,1 m/m olması gerektiği belirtilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (TGK, 2012)'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ (TGK, 2013)' de ekmek çeşitlerinin taşıması gereken asitlik değerleri ile ilgili bir bilgiye yer verilmemiştir.

Tüm ekmek örneklerinin kül içerikleri değerlendirildiğinde kullanılan ekşi hamur kaynağı açısından aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemekle birlikte PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekşi hamurlu ekmeklerin kül miktarlarının rakamsal olarak daha yüksek oldukları görülmektedir (Tablo 4.8). Ekmekte kül içeriği, TKG Ekmek çeşitleri tebliğince sınırlandırılmış olmasına rağmen, fazla olması aynı zamanda beslenme açısından ekmeğin daha fazla mineral madde içeriğine sahip olduğunun da göstergesidir. Kolcuoğlu (2002) de yaptığı çalışmada PAS ilavesinin ekmeklerin tuzsuz kül içeriğini arttırdığını tespit etmiştir.

Tablo 4.8' de sindirilebilir kül oranlarına bakıldığında $PAAS_{EH}$ kullanılarak elde edilen ekşi maya ekmeğinin sindirilebilir kül oranı ortalamalarının en iyi olduğu, sonra PAAS ve en son sudan elde edilen ekşi maya ekmeğinde olduğu anlaşılmaktadır. Arendt vd. (2007) Minerallerin biyoyararlılığının, ekşi maya fermantasyonu sonucu fitat içeriği azalması ile arttığını bildirmişitir. Fitik asit proteinlerle reaksiyona girerek

bunların sindirilebilirliğini azaltır ve proteinlerin izoelektrik noktalarından daha düsük pH değerlerinde ise proteinlerle kompleks olusturarak da proteinlerin sindirilebilirliğini azaltmaktadır. Fitaz enzimi ise, fitik asiti parçalayarak proteinle reaksiyona girmesini engellemektedir. LAB' lerinin en önemli metabolitlerinden biri de fitaz enzimidir. Ekşi hamur katkılı örneklerde protein sindirilebilirlik oranının yüksek olmasının fitaz etkinliğinden de kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca fitik asit, vücut için gerekli olan birçok mineral ile çözünmeyen kompleksler olusturarak, bunlarin biyoyararlılığını düşürmektedir. Oysa LAB' larınn en önemli metabolitlerinden olan fitaz enzimi tanedeki fitik asitin parçalanmasını sağlamaktadır. Ekşi hamur kullanımıyla LAB' ların fitaz aktivitesi sonucu mineraller serbest kalmış, böylece sindirilebilir kül ve buna bağlı kül sindirilebilirlik oranında da artış gözlenmiştir. Ekşi hamur kullanımı ekmek içeriğindeki kül sindirilebilirlik oranını artırmakta yani minerallerin biyoyararlanımını yükseltmektedir (Hendek Ertop, 2014).

Tablo 4.8 Ekmek örneklerinin bazı kimyasal özelliklerine ait değerler

Uygulama	Kül (%)	Sindirilebilir Kül (%)	Rutubet (%)	pH
Su kontrol	0,70±0,04^{aA}	50,81	35,25±0,28^{aA}	6,16±0,08^{aA}
Su 1	0,73±0,02^{aA}	49,94	32,98±1,20^{aA}	6,02±0,03^{aAB}
Su 2	0,72±0,02^{aA}	54,82	31,65±1,33^{aA}	5,90±0,07^{aAB}
Su 3	0,78±0,04^{aA}	51,86	31,25±0,02^{aA}	5,86±0,09^{aAB}
Su 4	0,77±0,06^{aA}	49,97	31,92±0,91^{aA}	5,74±0,06^{aAB}
Su 5	0,78±0,06^{aA}	51,86	30,63±1,13^{aA}	5,61±0,06^{aB}
PAAS kontrol	0,90±0,01^{aA}	61,99	33,44±0,00^{aA}	5,82±0,01^{aAB}
PAAS 1	0,89±0,09^{aA}	64,81	32,04±0,06^{aA}	5,84±0,04^{aAB}
PAAS 2	0,95±0,08^{aA}	69,70	32,11±0,77^{aA}	5,83 ±0,02^{aAB}
PAAS 3	1,08±0,04^{aA}	80,85	32,59±0,33^{aA}	5,80±0,01^{aAB}
PAAS 4	1,12±0,08^{aA}	86,83	33,15±0,68^{aA}	5,83±0,01^{aAB}
PAAS 5	1,18±0,09^{aA}	90,94	33,56±0,54^{aA}	5,75±0,04^{aAB}
$PAAS_{EH}$kontrol	0,85±0,08^{aA}	57,82	34,33±1,36^{aA}	5,85 ±0,00^{aAB}
$PAAS_{EH}$1	0,95±0,05^{aA}	71,68	33,93±0,55^{aA}	5,83 ±0,01^{aAB}
$PAAS_{EH}$2	1,02±0,04^{aA}	75,85	32,89±2,60^{aA}	5,84 ±0,01^{aAB}
$PAAS_{EH}$3	1,02±0,04^{aA}	83,53	33,58±0,93^{aA}	5,83 ±0,02^{aAB}
$PAAS_{EH}$4	1,14±0,0 ^{aA}	85,80	33,82±0,60^{aA}	5,79 ±0,01^{aAB}
$PAAS_{EH}$5	1,16±0,02^{aA}	89,86	33,00±0,28^{aA}	5,80 ±0,01^{aAB}

Aynı sütundaki küçük harfler grup içi, aynı sütundaki büyük harfler ise gruplar arası farkların istatiksel olarak önemli (p<0,05) olduğu göstermektedir.

β- Laktolglobulinin denaturasyona uğraması, uygulanan ısıl işlem ile artmaktadır. Artan ısısal işlem ile laktuloz oranı da artış göstermektedir. Laktuloz, galaktoz ve früktozdan oluşan bir disakkarittir. Laktuloz yüksek çözünürlüğe ve su bağlama kapasitesine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde fırıncılık ürünlerinde kullanılmaktadırlar (Cansız, 2018). Tablo 4.8' de görüldüğü üzere ekmekler % nem miktarı açısından karşılaştılma yapıldığında aralarında fark olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin nem üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. % Nem miktarı en yüksek PAAS, en az su ekmeklerindedir.

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (TGK, 2012)' nde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ (TGK, 2013)'de ekmek için rutubet değerinin en çok %38, tam buğday ekmeği, tam buğday unlu ekmek ve mısırlı ekmek için %42, çavdarlı, kepekli ve yulaflı ekmek için en çok %43 olması gerektiği bildirilmiş, ekşi mayalı Isparta ekmeği gibi diğer ekmek çeşitlerine giren ekmekler için herhangi bir rutubet değeri sınırlandırılmasında bulunulmamıştır.

Kotancılar vd. (2006) yaptığı çalışmada, ekşi hamur katkısının ve fermantasyon süresinin artmasıyla, hem hamurun hem de ekmeğin pH' sının düştüğünü, depolama süresi arttıkça da pH' nın iyice azaldığını tespit etmiştir. En yüksek pH değerini (5,856) 0 saat fermantasyon süreli ekmeklerde, en düşük pH değerini de (4,828) 15 saat fermantasyon süreli ekmekte olduğunu görmüştür. İpek (2017) ürettiği ürünlerin pH değerlerinin 5,2- 5,9 aralığında olduğunu belirlemiştir. Akgün, (2007) ekmeklere ait pH değerlerini; kontrol ekmeklerinde 5,85; laktik asit bakterili ekşi hamur tozu %2 ikameli ekmekte 5,72; laktik asit bakterili ekşi hamur tozu %4 ikameli ekmekte 5,68; laktik asit bakterili ekşi hamur tozu %6 ikameli ekmekte 5,53; maya karışımlı ekşi hamur tozu %6 ikameli ekmekte 5,59 bulmuştur. Giannone vd. (2010) inceledikleri 13 adet ekmek hamuru örneğinde pH değerlerini 5,0- 5,66 aralığında tespit etmişlerdir. Tablo 4.8' de görüldüğü üzere ekmekler pH açısından grup içi ve gruplar arası karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan farklı olmadığı (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin pH üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ekşi hamur ilavesinin su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekmeklerinin rakamsal olarak pH değerlerini azalttığı tespit edilmiştir.

Semić vd. (2009) ise ekşi hamur kullanımı ile yüksek asitlik değerlerini (6,1- 9,4) tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Hem hamur hem de ekşi mayalı ekmeklerde asitlik değerlerinin geniş bir aralıkta seyretmesinin nedeni; ekşi hamur örneklerine uygulanan fermantasyon süreleri (3,5-18 saat gibi) ve dolayısıyla mikro-floralarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ekşi hamur katkısı hem bir önceki üretimden ayrılan ekşi hamur örneğinin bekletilme süresine hem de ekmeğin üretimi sırasında uygulanan fermantasyon süresine bağlı olarak asitlik değeri üzerinde etkide bulunmaktadır (Gül vd., 2021). Valmorri vd. (2010) tarafından İtalya' nın Abruzzo bölgesindeki geleneksel fırınlardan toplanan ekşi hamur örneklerinin asitlik değerlerinin 2,0- 5,0 mL NaOH olduğunu tespit etmiştir. Gül vd. (2009), yüksek asitlik nedeniyle Isparta ekşi mayalı ekmeklerinin daha uzun bir raf ömrüne sahip olduğunu, bayatlama ve küflenme olmadan oda sıcaklığında yaklaşık bir hafta- on gün gibi uzun süre kalabileceğini yaptığı çalışma ile tespit etmiştir.

4.3.3 Ekmeklerin Renk Nitelikleri

Ekmeğin kabuk özellikleri; normal kabuk rengi koyu altın sarısı-kahverengi tondan (üst kısımları), açık altın sarısı- kahverengi (yan tarafları) tona kadar değişmeli, kabuk düzgün homojen ve ince olmalı, kabarcıklı kalın benekli çizgili, kaba, lastik gibi olmamalı ve soyulmamalıdır. Soluk kabuk rengi, koyu kabuk rengi, kabuk soyulması ve kabuğun aşırı kalın olması vb. gibi durumlar ekmeğin dış görünüşünde meydana gelen hatalardan kaynaklanmaktadır (Bircan vd., 2017). Ekmek kabuk rengi oluşumunda en önemli faktörler karamelizasyon ve Maillard reaksiyonlarıdır. Bu reaksiyonlar ekmek yüzeyinde kırmızı-esmer parlak renge, dekstrinler ise parlak yüzey oluşumuna neden olurlar (Demir vd., 2006).

Ekmek örnekleri kabuk ve iç renk değerleri için kesilmeden önce üst, alt ve yan yüzeylerinden ve ekmek dilimlendikten sonra 10' ar noktadan L^*, a^*, b^* ve ΔE değerleri kolorimetre ile ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Değerler Tablo 4.9 ve Tablo 4.10' da verilmiştir.

Tablo 4.9' da verilen verilere göre ekmeklerin kabuk renkleri parlaklık (L^*) değerleri grup içi karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan fark olduğu (p<0,05) yani farklı

miktarda ekşi maya ilavesinin *L** değeri üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. En yüksek *L** değeri su, en az *L** değeri ise $PAAS_{EH}$ ekmeklerinde bulunmuştur. Ekmeklerin kabuk renkleri kırmızılık (*a**) değerleri karşılaştırılması yapıldığında aralarında fark olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin *a** değeri üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ekmeklerin kabuk renkleri sarılık (b^*) değerleri grup içi karşılaştırıldığında PAAS ekmeklerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin *b** değerine etki etmediği, lakin su ve $PAAS_{EH}$ ekmekleri ekşi maya ilavesinin istatistiksel açıdan fark oluşturduğu (p<0,05) görülmüştür. En yüksek *a** ve *b** değeri PAAS, en az *a** ve *b** değeri ise su ekmeklerinde bulunmuştur.

Tablo 4.9 Farklı ekşi maya kullanılarak elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerleri

Ekmek örneği	***L****	***a****	***b****	**ΔE Değeri**
Su Kontrol	$61,14^{bAB}$	$15,11^{aCDE}$	$34,72^{aBCDE}$	$0,97^{bH}$
Su 1	$64,12^{aA}$	$13,78^{aDE}$	$33,17^{aBCDE}$	$3,55^{aEFGH}$
Su 2	$59,33^{bB}$	$16,28^{aDE}$	$34,94^{abDE}$	$2,59^{abFGH}$
Su 3	$59,71^{bBC}$	$17,31^{aCDE}$	$36,86^{abCDE}$	$3,40^{abEFGH}$
Su 4	$59,48^{bBC}$	$15,64^{aE}$	$34,75^{bE}$	$2,53^{abGH}$
Su 5	$60,93^{bAB}$	$14,61^{aCDE}$	$34,79^{abDE}$	$1,74^{bH}$
PAAS Kontrol	$57,93^{aBCD}$	$17,88^{aAB}$	$34,21^{aABCD}$	$4,22^{bEFGH}$
PAAS 1	$55,69^{abCDE}$	$17,15^{aABCD}$	$32,25^{aABCD}$	$6,05^{abDEFG}$
PAAS 2	$56,33^{abCDE}$	$18,01^{aA}$	$33,45^{aABC}$	$5,72^{abDEF}$
PAAS 3	$55,13^{bDE}$	$18,04^{aABCD}$	$33,21^{aA}$	$7,32^{aD}$
PAAS 4	$55,94^{abDE}$	$17,11^{aAB}$	$31,29^{aABCD}$	$6,34^{abDE}$
PAAS 5	$53,43^{bE}$	$18,60^{aABC}$	$32,65^{aABCD}$	$8,98^{aD}$
$PAAS_{EH}$Kontrol	$49,49^{aF}$	$19,06^{aCDE}$	$31,24^{aAB}$	$12,94^{cC}$
$PAAS_{EH}$1	$47,30^{bcFG}$	$19,16^{aCDE}$	$29,92^{abABCD}$	$15,91^{abcABC}$
$PAAS_{EH}$2	$44,87^{cG}$	$18,88^{aBCDE}$	$29,39^{abABC}$	$17,94^{aA}$
$PAAS_{EH}$3	$47,78b^{cFG}$	$19,23^{aCDE}$	$30,79^{abABCD}$	$15,05^{abcABC}$
$PAAS_{EH}$4	$46,70^{bcFG}$	$18,68^{aCDE}$	$29,31^{abBCDE}$	$16,14^{abAB}$
$PAAS_{EH}$5	$48,55^{abF}$	$18,70^{aCDE}$	$30,00^{bBCDE}$	$14,22^{bcBC}$

Aynı sütundaki küçük harfler grup içi, aynı sütundaki büyük harfler ise gruplar arası farkların istatiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Doğan ve Yıldız (2009), yaptıkları bir çalışmada, ekmek formülasyonundaki şeker içeriğinin arttırılmasıyla ekmek rengine ait *L** değeri azalırken, *a** değerinin artış gösterdiği rapor etmişlerdir. Bu sonuçların, bu tezde bulunan sonuçlar ile aynı olduğu

görülmektedir. Bilgin vd. (2006), süt yan ürünlerinin ekmekte kullanılması ile ekmeğin kalitesini arttırdığını, enzimatik olmayan esmerleşmeyle ürün görünümünü ve lezzet gelişimi ile bayatlama üzerin de olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Cansız vd. (2020), PAS oranının artmasıyla; ekmeklerin kabuk renklerinin koyulaştığını, HMF içeriğinin arttığını ve sertlik değerinin azaldığnıı belirlemiştir. PAS'ın ekmek üretiminde % 50' ye kadar hamur suyu ikamesi olarak kullanılabileceğini ve böylelikle ekmeğin besleyici özelliklerini iyileştirdiğini kanıtlamıştır.

Cansız (2018), ekmek üretiminde kullanılan PAS oranının arttırılmasına bağlı olarak ekmek kabuklarının L^* ve b^* değerlerinde istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bir azalma görülürken a^* değerlerinde önemli bir artış görüldüğü belirlenmiştir. Peynir altı suyu kullanım oranına bağlı bu renk değişiminin artan ilave oranıyla birlikte ortamda bulunan indirgen şeker ve azotlu maddelerin içeriğinin artmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Aynı sonuç yapılan bir çalışmada daha peynir altı suyu artması ile ekmek kabukları L^* ve b^* renk değerleri azalmıştır. Ayrıca indirgen şeker olan laktoz ve azotlu madde içeriği de artmasıyla ekmek kabuğunda gerçekleşen Maillard reaksiyonuna bağlı olarak rengin koyulaştırdığı sonucuna varılmıştır (Paul vd., 2016).

Bircan vd. (2017) boza ile ekşitilen hamur ile üretilen ekmeklerin renginin gelişmediğini yaptıkları çalışma sonucunda belirlemişlerdir. Ekmek bileşenlerinin ekmeğin kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada formülasyonda şeker içeriğinin arttırılmasının L^* değerinin azalmasına, a^* ve b^* değerlerinin ise artmasına neden olduğu tespit edilmiştir (Doğan ve Yıldız 2008). Ayrıca formülasyonda kullanılan süt sanayi ürünlerinin ekmek özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği diğer çalışmalarda da artan yan ürün katkılamasının bu çalışma ile benzer olarak elde edilen ekmeklerin L^* değerlerinin düşmesine neden olduğu bildirilmiştir (Guy vd., 1974, Demir vd. 2009). Kasatkina vd. (1983) tarafından yapılan bir çalışmada ise artan peynir altı suyu katkılaması ile ekmek içi esmerleşmesinin azaldığı belirtilmektedir. Bu durumun polifenol oksidaz substratı olan düşük tirozin içeğine sahip peynir altı suyunun enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını inhibe edebilme özelliğinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Mehri (2020) PAS' yi derin fermantasyon işlemini kullanarak kırmızı renk pigmenti üretmiştir.

Tablo 4.10' da verilen verilere göre ekmeklerin ekmek içi parlaklık (L^*) değerleri ekşi maya artışının istatistiksel açıdan PAAS ekmeklerinin *L* değerine etki etmediği (p>0,05), lakin su ve ve $PAAS_{EH}$ açısından etki ettiği (p<0,05) görülmüştür. Gruplar arası karşılaştırma yapıldığında *L* değeri en fazla $PAAS_{EH}$ 5 (68,46), en az su 4 (62,49); a değeri en fazla su 4 (2,18), en az PAAS 2 (2,77); *b* değeri en fazla su 4 (17,17), en az PAAS 3 (19,36) ekmekleridir. Ekmeklerin kabuk renkleri kırmızılık (a^*) değerleri grup içi ve gruplar arası karşılaştırıldığında ekşi maya artışının istatistiksel açıdan etki etmediği (p>0,05) görülmüştür. Ekmeklerin kabuk renkleri sarılık (b^*) değerleri grup içi karşılaştırıldığında ekşi maya artışının istatistiksel açıdan PAAS ekmeklerinin *b* değeri açısından etkili olmadığı (p>0,05), lakin su ve $PAAS_{EH}$ ekmeklerine etki ettiği (p<0,05) görülmüştür.

Tablo 4.10 Farklı ekşi maya kullanılarak elde edilen ekmeklerin iç renk değerleri

Ekmek örneği	***L****	***a****	***b****	**ΔE**
Su Kontrol	$64,44^{bCDE}$	$2,40^{aCDE}$	$18,18^{aBCDE}$	$21,2^{bABC}$
Su 1	$63,72^{aDE}$	$2,38^{aDE}$	$17,99^{aBCDE}$	$21,21^{bABC}$
Su 2	$63,72^{bCDE}$	$2,36^{aDE}$	$17,80^{abDE}$	$21,58^{abABC}$
Su 3	$63,37^{bCDEE}$	$2,46^{aCDE}$	$17,82^{abCDE}$	$21,54^{abABC}$
Su 4	$62,49^{bE}$	$2,18^{aE}$	$17,17^{bE}$	$22,01^{aAB}$
Su 5	$63,74^{bCDE}$	$2,47^{aDE}$	$17,77^{abDE}$	$21,47^{abABC}$
PAAS Kontrol	$65,32^{aCDE}$	$2,82^{aAB}$	$18,55^{aABCD}$	$21,13^{aABC}$
PAAS 1	$65,91^{aABCDE}$	$2,76^{aABCD}$	$18,69^{aABCD}$	$20,70^{aABC}$
PAAS 2	$66,56^{aABC}$	$2,77^{aA}$	$19,11^{aABC}$	$20,67^{aABC}$
PAAS 3	$64,77^{aBCDE}$	$2,70^{aABCD}$	$19,36^{aA}$	$20,92^{aABC}$
PAAS 4	$66,22^{aABCD}$	$2,70^{aAB}$	$18,84^{aABCD}$	$20,36^{aC}$
PAAS 5	$65,27^{aABCDE}$	$2,72^{aABC}$	$18,57^{aABCD}$	$20,75^{aABC}$
$PAAS_{EH}$Kontrol	$64,43^{bCDE}$	$2,49^{aCDE}$	$18,74^{aAB}$	$20,73^{bBC}$
$PAAS_{EH}1$	$65,80^{bBCDE}$	$2,50^{aCDE}$	$18,69^{abABCD}$	$20,65^{bABC}$
$PAAS_{EH}2$	$64,40^{bCDE}$	$2,47^{abBCDE}$	$18,92^{abABC}$	$20,60^{bBC}$
$PAAS_{EH}3$	$63,96^{bCDE}$	$2,46^{aCDE}$	$18,56^{abABCD}$	$20,77^{bABC}$
$PAAS_{EH}4$	$67,43^{aAB}$	$2,41^{aCDE}$	$18,27^{abBCDE}$	$21,73^{aAB}$
$PAAS_{EH}5$	$68,46^{aA}$	$2,43^{aCDE}$	$17,95^{bBCDE}$	$22,37^{aA}$

Aynı sütundaki küçük harfler grup içi, aynı sütundaki büyük harfler ise gruplar arası farkların istatiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Demir (2009) sütçülük yan ürünleri kullanarak yaptığı çalışmada en yüksek sarılık değerinin PAS katkılı ekmekte olduğunu yalnız kullanılan ikamelerin miktarlarının

fazla arttırılmasının PAS içeren ekmeklerde sarılığı azalttığı ve ekmek içi rengini beyazlaştırdığını gözlemlemiştir. Artan yayık altı suyu ikamesinin ise ekmek içinde yoğun sarılığa sebep olduğunu bunun da içermiş olduğu yüksek protein ve buna bağlı olarak ortamda artan Maillard reaksiyonu ürünleri sayesinde olduğunu bulmuştur. Maillard reaksiyonu, reaksiyona giren bileşenlerin miktarına, türüne, ortamın asidine, sıcaklık ve su aktivitesine bağlıdır (Yıldız, 2010). Akgün (2007), ekşi hamur tozları ile hazırladığı ekmeklerin kabuk ve iç renkleri üzerine etkisinin, kontrol ekmeklerinde *L*, *a* ve *b* değerlerinin %2, %4 ve %6 ikameli örneklerden daha yüksek olduğunu görmüştür. Kontrol ekmeğinin kabuk ve iç renk değerinin *L* değerinin yüksekliğine bağılolarak daha parlak (açık renkli) olduğu, *b* değerlerinin ise ikame oranıyla birlikte azalmasna bağlı olarak, ekşi hamur tozu ikamesinin ekmekte kabuk ve iç renk intensitesini sarıya doru yönelttiği söylenebilir. İkame oranındaki artışın *a* değerini arttırarak, rengin ekmek içi ve kabuğunda koyulaşarak kırmızıya yöneldiği şeklinde yorumlamıştır.

4.3.4 Ekmeklerin Biyoaktif Nitelikleri

Ekmek örneklerinin antioksidan aktivite, fenolik madde ve fitik asit içerikleri Tablo 4.11' de verilmişir. Yapılan çalışma sonucu gruplar kendi içinde % inhibisyon açısından karşılaştırıldığında ekşi hamur ilavesinin istatiksel olarak etki ettiği (p>0,05) gözlemlenmiştir. En az % inhibisyon su 1 (%10,16), en en fazla % inhibisyon $PAAS_{EH}1$ (%44,65), su 3 (%45,45) ve su 4 (%46,26) ekmekleridir. $PAAS_{EH}$ ekmekleri % inhibisyonu ekşi maya ilavesi ile artmıştır.

Üretilen ekmekler fenolik madde açısından karşılaştırıldığında gruplar kendi içinde ekşi hamur ilavesinin istatiksel olarak etki ettiği (p>0,05) Tablo 4.11' de gözlemlenmiştir. En fazla fenolik madde PAAS 1 (2.896,31 mg/100 g), en az PAAS 4 (1518,32 mg/100 g) ekmekleridir. Hendek Ertop (2014) yaptığı çalışma sonucu ekmek örneklerinin fenolik madde içeriği normal ekmekte 811,30 mg/100 g, spontan ekmekte 2.341,23 mg/100 g, starter LAB ilaveli ekmekte de ise 3.107,76 mg/100 g olduğunu ve ekşi hamur ilave edilerek yapılan ekmeklerin toplam fenolik madde içerikleri normal ekmeklere göre önemli düzeyde (p<0.05) yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Çağındı vd. (2021), yaptıkları çalışmada ekşi maya fermantasyonunun ekmeğin içeriğine etkisi, in vitro biyoerişilebilirlik ve sağlığa faydaları incelemişlerdir. Ekşi hamur fermantasyonu ile üretilen gıdaların sağlığa etkisi için varsayılan mekanizmalar mikroorganizmaların probiyotik etkisi, biyoaktif peptitlerin ve organik asitlerin üretimi (asetik asit, bütirat, propiyonik asit), azaltılmış anti-besin (fitik asit vb.) , nişasta ve proteinin sindirilebilirliği, fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin artması ve minerallerin biyoyararlanımı, glütenin bozunması, çölyak hastalarına yeni ürün olanağı sunacağı sonucuna ulaşmışlardır. Hendek Ertop (2014) yaptığı çalışma sonucunda ekşi hamur kullanımı ile birlikte antioksidan aktivitenin de arttığını tespit etmiştir.

Tablo 4.11 Ekmek örneklerinin antioksidan aktivite ve fitik asit içerikleri

Ekmek örnekleri	**% İnhibisyon**	**Toplam fenolik (mg/100 g)**	**Fitik asit (mg/100 g)**
Su Kontrol	10,96±2,94^{bGH}	1895,75±56,73^{aE}	337,50±2,16^{aB}
Su 1	10,16±2,14^{bH}	1954,64±52,44^{aDE}	343,75±0,92^{aB}
Su 2	22,86±2,67^{bDE}	443,79±19,20^{cHI}	315,62±1,11^{bC}
Su 3	45,45±2,14^{aA}	570,91±34,19^{cGH}	217,19±3,10^{cE}
Su 4	46,26±2,41^{aA}	1410,11±5,00^{bF}	170,31±2,05^{dGH}
Su 5	21,93±0,53^{bDEF}	1434,34±25,00^{bF}	145,5l±0,99^{eI}
PAAS Kontrol	23,53±0,80^{aDE}	2193,51±5,00^{bC}	376,56±1,15^{aA}
PAAS 1	23,26±0,27^{abDE}	2896,31±30,00^{aA}	242,19±1,28^{bD}
PAAS 2	22,73±2,48^{abDE}	1.959,05±40,00^{cDE}	214,06±3,12^{cE}
PAAS 3	19,79±1,07^{abcDEFG}	660,14±44,97^{dG}	178,12±1,37^{dG}
PAAS 4	16,58±0,53^{bcEFGH}	1.518,32±33,99^{eJ}	168,75±2,05^{deGH}
PAAS 5	13,10±0,53^{cFGH}	1.888,92±5,00^{cE}	162,50±1,61^{eH}
$PAAS_{EH}$ Kontrol	27,01±0,80^{cCD}	1.461,85±53,54^{dF}	190,62±2,21^{aF}
$PAAS_{EH}$ 1	44,65±0,82^{aA}	2.467,08±33,00^{aB}	143,75±0,13^{bI}
$PAAS_{EH}$ 2	42,78±0,53^{aAB}	2.145,73±15,81^{bCD}	125,00±0,91^{cJ}
$PAAS_{EH}$ 3	38,77±1,87^{abAB}	376,39±12,25^{fI}	100,00±0,78^{dK}
$PAAS_{EH}$ 4	34,49±0,27^{bBC}	676,19±17,85^{eG}	76,56±1,81^{eL}
$PAAS_{EH}$ 5	22,46±2,14^{cDEF}	1.791,04±42,43^{cE}	52,08±1,12^{fM}

Aynı sütundaki küçük harfler grup içi, aynı sütundaki büyük harfler ise gruplar arası farkların istatiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.

Kontrol ekmeklerinde ekşi hamur olmaksızın, PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanımı antioksidan aktivite düzeyini artırmıştır. Özellikle PAAS ve $PAAS_{EH}$ ile üretilen ekşi

maya kullanımı %24 ile ilk doz kullanımında ekmeğe ilavesi, hem antioksidan aktivite hem de toplam fenolik içeriğini önemli ($p<0,05$) düzeyde arttırmıştır. PAS içerdiği sistein, metiyonin gibi sülfür içeren aminoasitler sayesinde antioksidan özellik gözstermektedir (Tuğrul Masatcıoğlu vd., 2020). Bu nedenle PAAS eklenen ekmeklerin antioksidan etkisi dah fazla olmaktadır.

Tablo 4.11' de görüldüğü üzere fitik asit açısından karşılaştırıldığında grupların kendi içinde ekşi hamur ilavesinin istatiksel olarak etki ettiği ($p>0,05$) gözlemlenmiştir. Ekşi maya miktarındaki artışın fitik asit değerini azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek fitik asit PAAS, en az ise $PAAS_{EH}$ ekmeklerindedir. Ekşi hamur fermantasyonun da oluşan asidik ortam endojen tahıl fitaz aktivitesini hızlandırır. Çünkü; buğdayda fitaz enzimi optimum pH 5,0' de aktivite gösterir. Ekşi hamur fermantasyonu sırasında ortamın uygun pH' ya ($pH<5,55$) düşmesi nedeniyle buğday endojen fitazındaki aktivite artşından dolayı, buğday unundaki fitik asit içeriğinin %70 oranında azaldığını göstermektedir (Leenhardt, 2005). Enzimatik olarak fitik asitin degredasyonu birçok fermantasyon parametrelerine bağlıdır. Bunlar, mevcut fitaz aktivitesi, un partikül boyutu, asitlik, sıcaklık, zaman ve su içeriğidir (Lopez, 2001). Yapılan bir çalışmada %2 maya oranına sahip hamurun üç ve beş saatlik fermentasyon süreleri sonucunda fitat fosforunun %25 ve %27 oranında olduğunu gözlemlemişlerdir (Tangkonchitr vd., 1981). Ekmek üretiminde fitaz, fitik asidi %60' a kadar azaltmaktadır (Erdal vd., 1998). Örü ve Hendek Ertop (2021) ekşi hamur hazırlamada su miktarı artışının fitik asiti azalttığı, yani fitik asit degredasyonunu ve biyoyararlanımlarını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

4.4 Ekmeklerin Bazı Raf Ömrü Nitelikleri

4.4.1 Rutubet Kaybı (RK)

Ekmek örneklerinin raf ömrü süresince (1. 3. 5. 7. ve 9.gün) rutubetleri (%) belirlenmiş, böylece zamana bağlı değişimleri tespit edilmiştir. Ekmeklerdeki RK (%) değişimleri, ilk gün ve son gün rutubetleri esas alınarak hesaplanmış ve Tablo 4.12' de verilmiştir. En yüksek kayıp su ile hazırlanan kontrol ekmeğinde (%23,6) belirlenmiştir. Genel olarak Su ve PAAS ile hazırlanan ekşi maya miktarının ekmekte

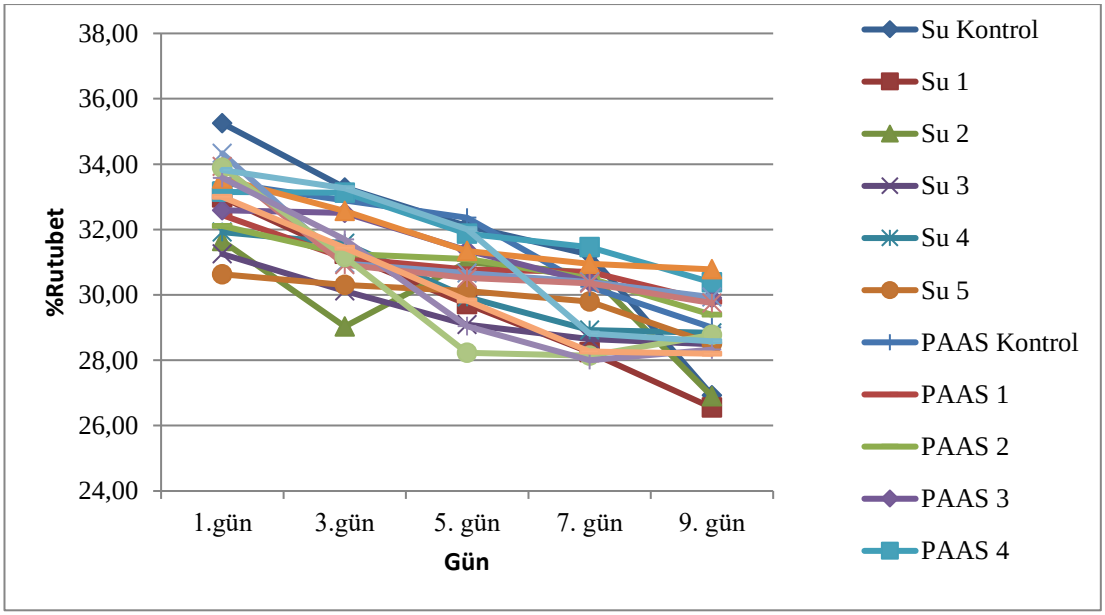
kullanım oranı arttıkça rutubet kaybının azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan $PAAS_{EH}$ ile hazırlanan ekşi mayaların artan oranlarda ekmeğe ilavesi kontrol ekmeğine göre rutubet kaybını arttırmıştır. Ancak raf ömrü sonucu $PAAS_{EH}$ 2 ekşi maya ilave edilen tüm ekmeklerin raf ömrü sonunda rutubet içerikleri benzer bulunmuştur. Hendek Ertop (2014), yaptığı çalışmada raf ömrü süresince ekmek örneklerinin rutubet kayıplarını starter fermantasyonlu ekmekte %8,30; normal ekmekte %8,05 en az ise spontan fermantasyonlu ekmekte %6,26 bulmuştur. Farklı ekşi maya kullanımı sonucu ortaya çıkan farklı RK (%) oranlarının, farklı mikroflora gelişimi ve bunların ürettikleri eksopolisakkaritler, CO_2 gibi farklı metabolit üretimine, dolayısıyla ekmeğin değişken su tutma niteliği, gözenek yapısı gibi özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ekşi maya ilavesinin ekmeğin nem içeriğini düşürdüğü ve böylece raf ömrünü arttırdığını Yıldız (2021) yaptığı çalışma sonucunda bulmuştur.

Tablo 4.12 Ekmek örneklerinin rutubet değerleri

Ekmek	**1.gün**	**3.gün**	**5. gün**	**7. gün**	**9. gün**	**RK (%)**
Su Kontrol	35,25±0,28	33,28±0,67	32,11±0,28	31,23±1,64	26,93±0,28	23,60
Su 1	32,98±1,20	31,25±0,00	29,72±0,63	28,25±0,28	26,55±0,09	19,50
Su 2	31,65±1,33	29,03±0,16	31,00±0,45	30,67±1,84	26,90±0,76	15,01
Su 3	31,25±0,02	30,12±1,55	29,09±0,79	28,65±0,38	28,49±0,73	8,83
Su 4	31,92±0,91	31,58±1,08	29,93±0,58	28,92±0,75	28,84±1,21	9,65
Su 5	30,63±1,13	30,30±0,82	30,12±0,16	29,80±1,89	28,50±0,90	6,95
PAAS Kontrol	33,44±0,00	32,89±0,74	32,36±0,88	30,25±0,81	29,00±0,32	13,28
PAAS 1	32,04±0,06	31,13±0,49	30,77±1,00	30,71±1,14	29,79±0,17	8,17
PAAS 2	32,11±0,77	31,25±0,05	31,10±1,36	30,51±1,17	29,39±1,34	8,47
PAAS 3	32,59±0,33	33,13±0,06	31,36±1,60	30,39±1,17	29,90±0,01	8,25
PAAS 4	33,15±0,68	33,15±0,72	31,87±2,58	31,46±0,21	30,38±0,52	8,36
PAAS 5	33,56±0,54	31,57±0,23	30,34±0,56	30,95±0,66	30,78±0,65	8,28
$PAAS_{EH}$ Kontrol	34,33±1,36	30,96±0,48	30,67±0,81	30,39±0,07	29,93±0,52	12,82
$PAAS_{EH}$ 1	33,93±0,55	30,92±0,54	30,52±0,18	30,35±1,32	29,75±0,16	12,32
$PAAS_{EH}$ 2	32,89±2,60	31,16±0,83	28,23±1,24	28,14±0,55	28,78±0,87	15,08
$PAAS_{EH}$ 3	33,58±0,93	31,70±0,97	29,04±1,25	28,00±1,23	28,33±1,27	15,63
$PAAS_{EH}$ 4	33,82±0,60	33,26±1,21	32,01±0,78	28,82±0,60	28,58±0,74	15,49
$PAAS_{EH}$ 5	33,00±0,28	31,44±1,02	29,82±1,15	28,27±1,39	28,20±0,69	14,55

Cansız (2018), yaptığı çalışmada peynir altı suyu ilavesinin ekmek kuru maddesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu, artan peynir altı suyu oranına bağlı olarak

kurumadde değerleri ortalamalarının %1,25 oranına kadar arttığını, bunun da peynir altı suyunun kuru madde içeriğinden kaynaklandığı bildirmiştir. Benzer olarak, Cansız vd. (2020), yaptıkları başka bir çalışma ile ekmeklere eklenen peynir altı suyu miktarı arttıkça (%25- 100) ekmeklerin kuru madde içeriklerinde yaşanan artışın peynir altı suyu kuru madde içeriğinin yüksek olmasından kaynaklandığı teyit etmişlerdir. Salazar vd. (2017)' de aynı sonuca yaptıkları çalışma ile ulaşmışlardır. Bu çalışmada PAS direkt olarak hamura ilave edilmemiş, ekşi maya formunda formülasyona dahil edilmiş, ilave edilen ekşi maya miktarında su ve un içeriği temel formülasyondan düşürülmüştür. Bu nedenle ekmeklerin ilk gün rutubet değerleri arasında istatistiki fark önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.4 Ekmek örneklerinin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri

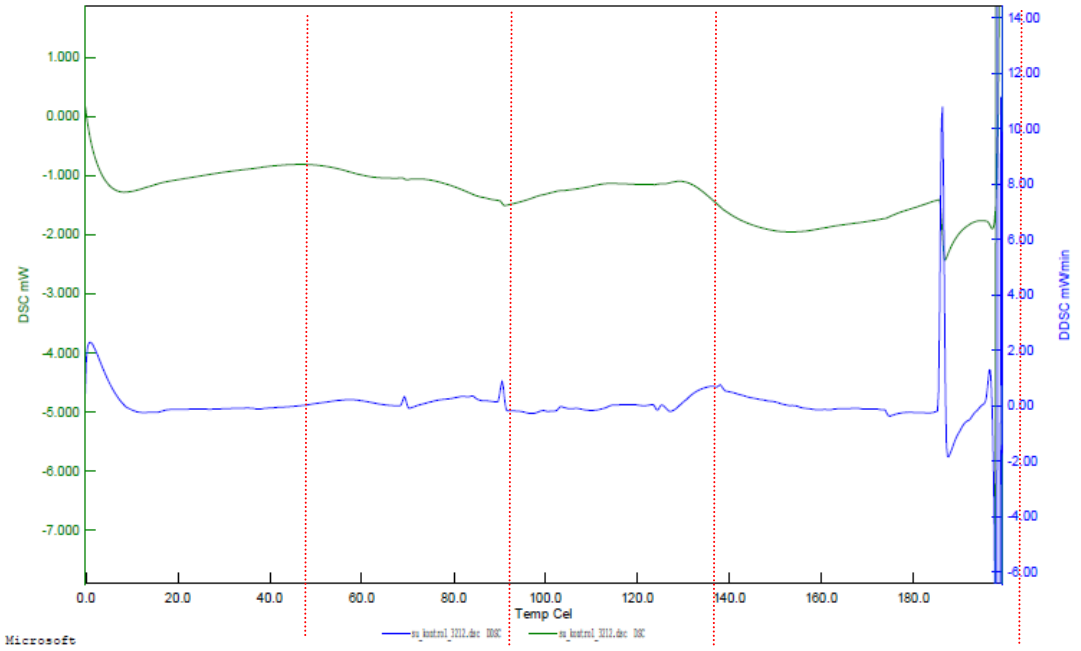
Şekil 4.4' de görüldüğü üzere ekşi mayalı ekmek formülasyonlarının rutubet değerlerinin %26- 36 aralığında değişkenlik gösterdiği ve 9 günlük raf ömrü sürecinde zamana bağlı olarak rutubet değerlerinin azaldığı görülmektedir.

4.4.1.1 Nişasta retrogradasyonu

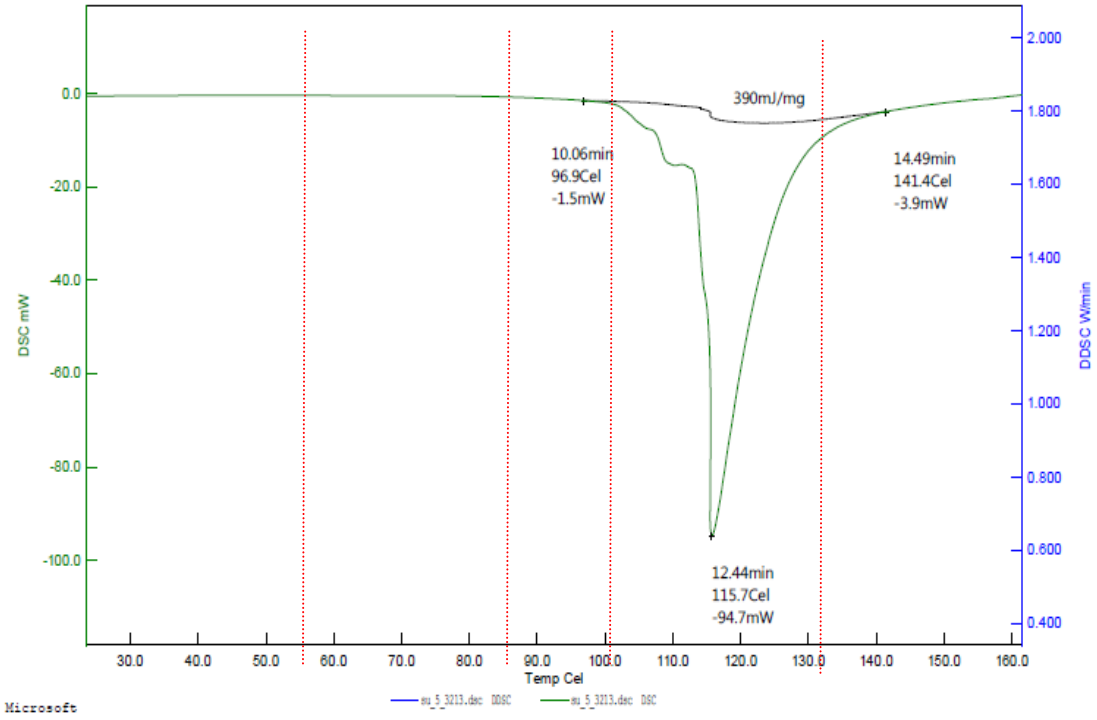
Ekmek bayatlamasının boyutunu kantitatif olarak ölçmede sıklıkla DSC kullanılmaktadır. Zamanın bir fonksiyonu olarak bir örneğe karşılık referans bir maddeden akan ya da geçen diferansiyel sıcaklık ya da ısıyı ölçtüğünden dolayı; faz geçişleri, moleküler konformasyonal değişimler, diğer bileşenlerle olan

interaksiyonlar da izlenebilmektedir. DSC ölçümleri sonucunda depolama süresinin uzamasıyla birlikte retrogradasyon sıcaklığında ve amilopektinin erimesi için gerekli toplam entalpide bir artış olduğu bildirilmektedir (Bárcenas, 2003). Bayatlamayla birlikte endotermik pikin altındaki alan artmaktadır. Bu alan amilopektin kristallerinin erimesiyle ilişkilidir ve nişasta retrogradasyonunu ölçmede güvenilirdir. Depolanmış ekmek örnekleri DSC kapları içerisinde ısıtıldıkları zaman, retrograde olmuş amilopektinin camsı geçiş ve/veya erime sıcaklığına ulaşmasında bir endoterm gözlenir ve bu geçişle ilişkili olan entalpi değişimi ölçülebilmektedir. Endoterm gelişimi ve ekmek içinin sertliğindeki artış için zaman skalaları büyüklük bakımından geniş ölçüde benzer olduğundan dolayı, ekmek bayatlamasının boyutunu nicel olarak ölçmede DSC kullanılabilmektedir. Bununla birlikte, analizde zorluğa neden olan bileşenlerin çeşitliliği ve yapıların alanı sebebiyle geniş bir sıcaklık sahası üzerinde üst üste binen geçişler görülebilmektedir (Vodovotz, 2001).

Ekmeklerin her birinden 10 mg örnek alınmış ve alüminyum bir kapta sıkıca kapatılmıştır. Daha sonra 2-200 ºC' ler arasında kalorimetrik ölçüm yapılmıştır. Isıtma oranı 10 ºC/dak'dır. Katina (2005) ve Torrieri vd. (2014)'nın tayin yöntemleri referans olarak alınmıştır. Elde edilen termogramlarda endotermik entalpi (ΔH) ve pik alanı (mj) belirlenerek raf ömrünün ekmeğin bayatlaması üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Ekmeklerin 9 günlük raf ömrü sonunda yapılan termal analizlerine dair termogramlar Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de verilmiştir. DSC analizi için ekşi hamur kullanılmayan kontrol grubu örnekler ile en yüksek oranda ekşi hamur içeren 5. doz örnekler karşılaştırılmıştır. Ekmek numunelerine ait DSC termogramlarında iki farklı endotermik pik bölgesi görülmüştür. Bunların sırasıyla 40-80°C arası nişasta molekülleri ile ilgili gelişmelerin izlenebileceği bir aralık olduğu belirtilmiştir (Hendek-Ertop, 2014). Diğeri 120-180°C arası şekerlere bağlı termogramların elde edildiği aralık olduğu ifade edilmiştir (Jawad vd., 2018). Dolayısıyla ekmek örneklerinde elde edilen termogramlarda iki pik oluşumu nişasta ve şeker varlığını göstermektedir.

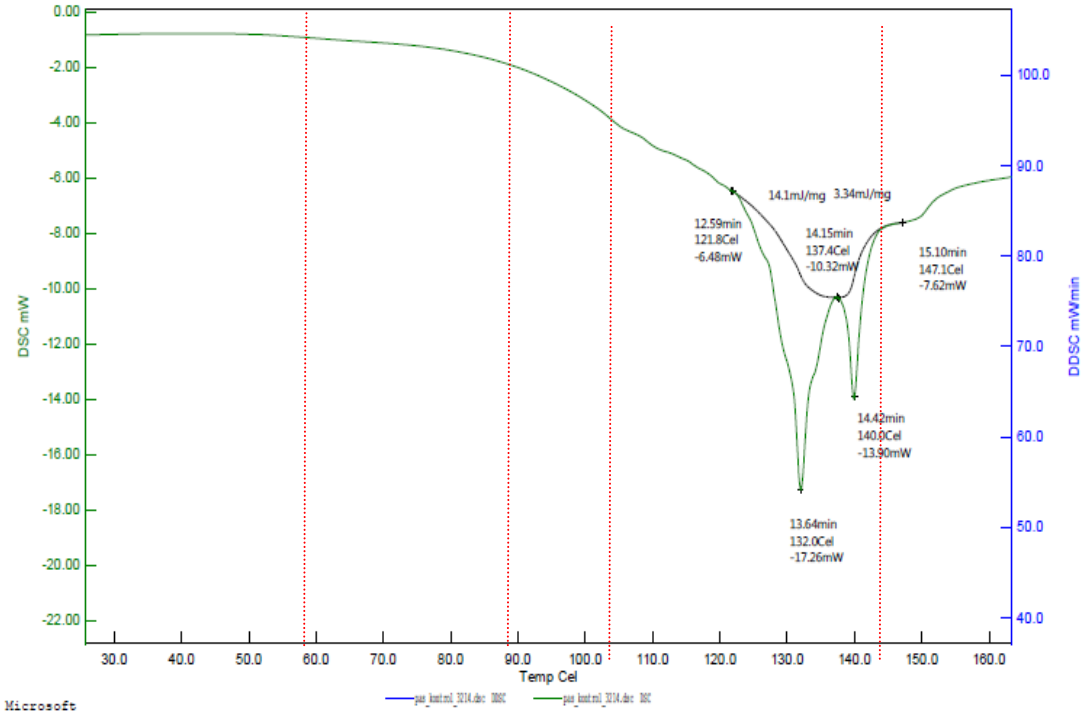


(a)

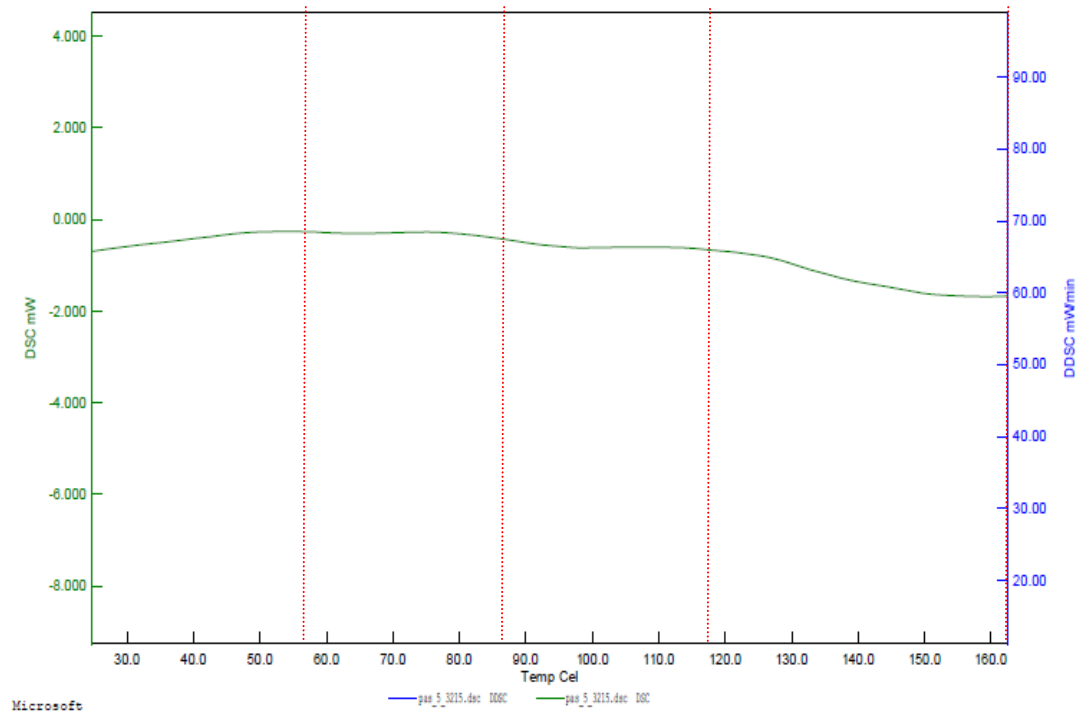


(b)

Şekil 4.5 Su kontrol (a) ve su 5 (b) örneklerine ait DSC termogramları

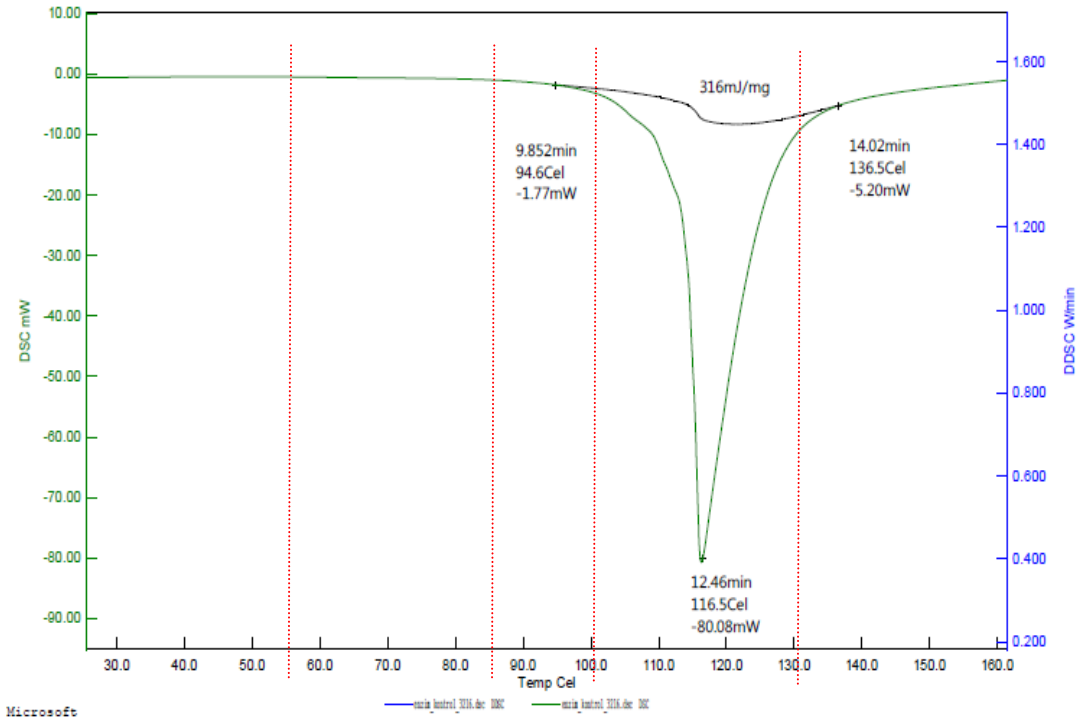


(a)

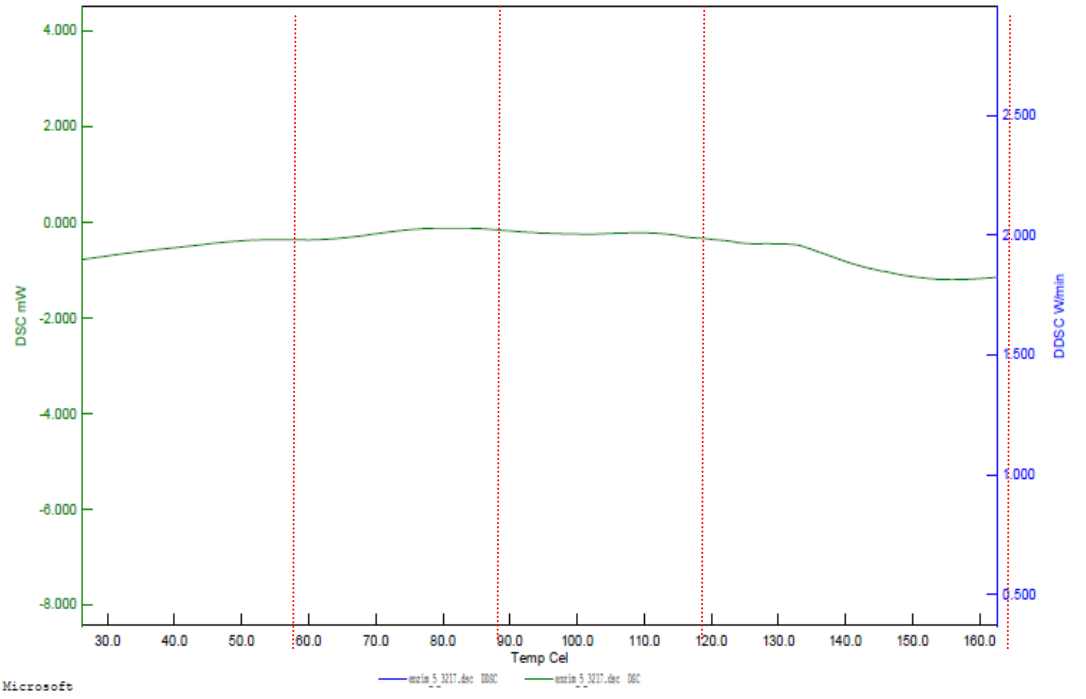


(b)

Şekil 4.6 PAAS kontrol (a) ve PAAS 5 (b) örneklerine ait DSC termogramları



(a)



(b)

Şekil 4.7 $PAAS_{EH}$ kontrol (a) ve $PAAS_{EH}$ 5 (b) örneklerine ait DSC termogramları

Çalışmada, Su kontrol ekmeğinde (Şekil 4.5.a) özellikle nişasta retrogradasyonunun gerçekleştiği 40-80 °C' ler arasında hafif bir endotermik pik oluşumu gözlenirken, ekşi hamur kullanılan Su 5 örneği termogramında (Şekil 4.5b) herhangi bir pik oluşumu

belirlenmemiştir. Yani su kaynaklı ekşi hamur kullanımı ekmek raf ömrü süresince ekmekteki retrogradasyonu geciktirmiştir. Ekşi hamur ilavesinin ekmek raf ömrü ve nişasta retrogradasyonu üzerinde olumlu etkisinin olduğu farklı çalışmalarda da belirtilmektedir. Diğer taraftan ekşi hamur ilaveli su5 örneği termogramında 100-120 ℃ bandında önemli büyüklükte 2.endotermik pik bölgesi belirlenmiştir. Aynı pik oluşumu kontrol ekmeğinde belirlenmemiştir.

PAAS kontrol ve PAAS 5 ekmeklerine ait termogramlar Şekil 4.6' da verilmiştir. Kontrol ekmeğinde 40-80 ℃ arasında ölçülebilir büyüklükte pik elde edilememiştir. Ancak 100-160 ℃ bandında 2. endotermik pik oluşumu belirlenmiştir. PAAS ekşi hamur ilave edilmiş PAAS 5 örneğinin termogramında ise endotermik pik oluşumu önemli düzeyde azalmıştır. Bu da ekşi hamur PAAS' den hazırlanmış ekşi hamur kullanımının nişastanın retrogradasyonunu geciktirdiği şeklinde yorumlanmıştır. Benzer durum $PAAS_{EH}$ kontrol ekmeği ile enzim hidrolize PAAS ekşi hamuru ilaveli ekmek $PAAS_{EH}$ 5' in termogramlarında da tespit edilmiştir. Elde edilen termogramlar enzim hidrolize olsun veya olmasın PAAS ile yapılmış ekşi hamurların ekmeğe ilavesinin ekmekteki nişasta retrogradasyonunun yavaşlattığı, böylece ekmek bayatlamasını da azalttığı şeklinde yorumlanmıştır.

4.4.2 Duyusal Analiz Değerlendirilmesi

Ekmek örneklerinin duyusal analiz karşılaştırılması Kruskall Wallis testi ile yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda ekmek örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde, ekmek örneklerinin şekil simetrisi özellikleri arasında istatistiki olarak (p>0,05) fark olmadığı tespit edilmiştir. Ekmek örneklerinin kabuk renkleri arasında ise istatistiki olarak (p<0,05) fark olduğu tespit edilmiştir. Ekmek örneklerinin gözenek yapısı, pişme düzeyi ve lezzet özelliklerinin duyusal değerlendirmesi sonucunda ise ekmek örneklerinin söz konusu duyusal parametreleri arasında istatistiki olarak (p>0,05) fark olmadığı tespit edilmiştir. Ekşi maya miktarı artışının kabuk rengini koyulaştırdığı görülmektedir.

Tablo 4.13 Ekmek örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları

Ekmek Örneği	Şekil Simetri	Kabuk Rengi	Gözenek Yapısı	Pişme Düzeyi	Lezzet
su kontrol	4,2±0,7	3,5±1,0	4,4±0,8	4,5±0,7	3,6±1,0
su 1	4,0±0,7	3,2±0,8	3,8±0,8	4,3±0,7	3,6±0,9
su 2	3,8±0,8	3,0±0,6	3,7±0,9	4,3±0,7	3,5±0,7
su 3	3,5±1,0	3,1±0,8	3,9±0,8	4,4±0,8	3,8±0,7
su 4	4,1±0,7	3,1±0,7	3,7±0,9	4,5±0,7	3,5±0,7
su 5	3,8±0,8	3,2±0,8	3,9±0,8	4,4±0,8	3,8±0,8
PAS kontrol	4,5±0,9	4,3±0,6	4,0±0,7	4,5±0,7	3,8±0,8
PAS 1	3,8±1,0	4,2±0,7	4,2±0,6	4,3±0,9	3,8±0,8
PAS 2	4,0±0,9	4,3±0,6	3,7±1,1	4,3±0,7	3,8±0,9
PAS 3	4,1±0,9	4,3±0,7	3,9±0,9	4,5±0,7	3,8±0,7
PAS 4	4,3±0,7	4,5±0,5	4,0±0,6	4,4±0,8	3,9±0,9
PAS 5	4,3±0,9	4,5±0,7	4,1±0,5	4,6±0,5	3,7±0,7
$PAAS_{EH}$ Kontrol	3,9±0,7	3,6±1,1	4,2±0,9	4,8±0,4	3,5±1,1
$PAAS_{EH}$ 1	4,0±0,9	3,7±1,1	4,4±0,6	4,6±0,6	3,5±1,3
$PAAS_{EH}$ 2	4,1±0,7	3,6±1,1	4,4±0,6	4,7±0,4	3,8±1,0
$PAAS_{EH}$ 3	3,8±0,7	3,6±1,1	4,1±0,8	4,4±1,1	3,5±1,2
$PAAS_{EH}$ 4	3,9±0,9	3,5±1,1	4,3±0,7	4,6±0,6	4,1±0,9
$PAAS_{EH}$ 5	4,1±0,8	3,5±1,1	4,4±0,6	4,5±1,0	3,8±0,8
p değeri	0,955	0,000	0,590	0,895	0,996

**p* değeri su, PAAS ve $PAAAS_{EH}$ ile üretilmiş ekmeklere ait gruplar arası farkın istatiki önem derecesini göstermektedir.

Ekmek örneklerinin şekil simetrisi özelliğinde Su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ 3 ekmekleri diğer 18 ekmekten farklı olarak ekşi maya değişiminin ekmek üretmenin duyusal değerlendirme açısından istatistiki olarak (p>0,05) fark oluşturmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.12). Kabul edilebilirliği açısından panalistlere yöneltilen soru sonucu PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekmeklerinin daha fazla tercih edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kotancılar vd. (2006), yaptığı çalışmada asitliğin, ekmek içi yumuşaklığı sağladığını belirlemiştir. Ayrıca ekmekdeki şeker miktarı artışı ile ekmek içi su miktarının da yükselmesi sonucunda ekmek için yumuşattığı bulunmuştur. Ekşi hamur fermantasyonu sırasında, ekmek aroması üzerine etkili bileşikler olarak asitler (özellikle laktik asit ve asetik asit), alkoller (etanol, propanol, isoamilalkol, isobütanol, isopropanol, 3- metil- 1 bütanol) ve çeşitli karbonil bileşikleri (2,3-bütandion, n-hekzanal, 2- heptanon, 3- hidroksi-2-bütanon) oluşmaktadır (Göçmen 2001). Laktoz,

laktaz enzimi ile hidrolize edildiğin β-D- galaktoz ve α- D- glukoz' a parçalanarak kendisini oluşturan karbonhidratlara dönüşmesi ile tatlılık oranında ve çözünürlülüğünde artış olmaktadır (Büdüş, 2019). $PAAS_{EH}$ kullanılarak elde edilen ekşi mayalı ekmeklerin bu nedenle daha tatlı olması beklenmektedir. Bu nedenle duyusal analiz sonucunda ekmeklerin kabul edilebilirliğinin PAAS ve $PAAS_{EH}$' den daha fazla olmuştur.

Toplam titre edilebilir asitlik ne kadar yüksekse, fermantasyon sonucu oluşan aromalar o kadar güçlüdür ve ekmekte daha ekşi bir tat oluşur. Yine yüksek toplam asitlik ekmeklerin pH değerini düşürür, düşük pH' da ekmek tat ve aromasını etkileyen enzimler aktive olur, aynı zamanda daha yoğun lezzet ve aroma oluşumu sağlayan maillard reaksiyonları meydana gelmektedir (Semić vd., 2009).

Yapılan bir araştırmada, ekşi hamur tekniğiyle heterofermantatif laktik asit bakterilerinin oluşturduğu organik asitlerin üretilen ekmeklerdeki aromayı olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Bu organik asitlerin başında laktik ve asetik asit gelmekte, diğer minör asitler ise çok az miktarda oluşmaktadır. Asetik asit hem güçlü bir aroma oluşumu sağlamakta, hem de diğer aroma bileşenlerinin etkisini arttırmaktadır. Laktik asit bakterilerinin aroma olşumuna etkileri, sadece karbonhidrat metabolizması ile sınırlı olmayıp, serbest amino asit oluşumunda da rol oynamaktadırlar. Laktik asit bakterilerinin içerdiği proteaz ve peptidaz enzimleri, fermantasyon sırasında hamur proteinlerini hidrolize ederek amino asitleri serbest hale geçirerek pişirme aşamasındaki aroma bileşeni oluşumuna katkısı olmuştur (Göçmen 2001). Aynı şekilde ekşi maya fermentasyonu süresince laktik asit bakterileri ekmeğin tekstürü ve bayatlaması üzerinde pozitif etkisi olan ekzopolisakkaritler, organik asitler, enzimler gibi çok sayıda metabolitler ürettiğini ve üretilen bu eksopolisakkaritlerin de çok daha pahalı bir ekmek katkı maddesi olan hidrokolloidlerin yerine kullanılabileceğini Arendt vd. (2007) yaptıkları çalışma sonucunda belirlemişlerdir. Ayrıca başka bir çalışmada da ekşi hamur kullanlarak yaplan ekmeklerde hamur asitliğinin artması hamurun kolloidal yapsını daha uygun hale getirdiği gözlemlenmiştir. Asitlik gelişimi pH' yı hamur proteinlerinin izoelektrik noktasına yaklaştırmakta, böylece proteinlerde ilave aktif gruplar meydana gelmektedir. Bu gruplar pişirme sırasnda şekerlerle

reaksiyona girerek ekmek tat ve aromasını oluturmalarnın yanı sıra protein ve ekmek içi nem miktarını arttrarak bayatlamayı geciktirdiği belirlenmiştir (Gül, 1999).

Cansız (2018), yaptığı çalışmada un çeşidi ve farklı oranlarda PAS ilavesinin ekmeklerin sertlik ve sakızımsılık değerleri üzerine istatistiki olarak önemli (p<0.01) bir etkisinin olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca peynir altı suyu oranının arttırılması ile ekmeklerin sertlik ve sakızımsılıklarının istatistiki olarak önemli düzeyde azaldığı ve ekmeğin tekstür özelliklerinin peynir altı suyu ilavesinden olumlu etkilendiği sonucuna varmıştır. Yapılan başka bir çalışma da ise Gül (2021), ekşi mayalı ekmek örneklerinde ekmek içi yumuşaklık (sertlik) değerlerinin, nem değeri ile doğru orantılı olarak değiştiği, nem değeri en düşük olan çiğnenebilirlik bakımından da en düşük değeri aldığına dikkat çekmiştir. Cansız vd. (2020) yaptığı çalışma ile PAS oranının artışının sertlik değerini azalttığı, PAS eklenmesiye ekmeğin daha yumuşak olduğu ve yutulmasının kolaylaştığını tespit etmiştir. PAS ilavesi ile PAS proteinlerinin ekmekte su emilimini arttırdığı ve sonuçta ekmek dokusunu iyileştirdiğini de belirlemişlerdir. Peynir altı suyu proteinlerinin denatürasyon derecesinin artması ekmek üretim sürecinin işlevselliğini arttırıcı etki yapmaktadır (Guemes- Vera vd., 2014). Peynir altı suyunda bulunan indirgen şeker ve serbest aminoasitlerin Maillard reaksiyonunu arttırmaktadır. Fırın ürünlerinde meydana gelen temel kimyasal reaksiyonlar, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olarak da bilinen Maillard reaksiyonu ve karamelizasyondur (Capuano vd., 2009; Liu ve Zhong, 2015)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanılarak önce ekşi maya üretilmiş ve elde edilen bu mayalar kullanılarak da ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmek üretimleri sırasında PAAS ekmeğinde su yerine PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekmeğinde ise su yerine $PAAS_{EH}$ kullanılmıştır.

Üretilen ekşi hamurların LAB sayısının 10^8 -10^9 kob/g arasında olduğu mayaların da 10^5 -10^6 kob/g aralığında olduğu görülmüştür. Su, PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanımının ekşi hamurların LAB ve maya sayımları üzerinde önemli etkisi olmamıştır.

Üretilen ekmeklerin pişme kayıpları (%) grup içi karşılaştırılması yapıldığında aralarında fark olmadığı (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin pişme kaybı üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Tüm veriler değerlendirildiğinde en yüksek pişme kaybının su ile üretilen ekşi mayalı ekmeklerde olduğu, en düşük $PAAS_{EH}$ ve PAAS ile üretilen ekşi hamurlu ekmeklerde olduğu tespit edilmiştir. Su ve PAAS grubu ekşi mayalı ekmeklerde ekşi maya oranının artışı ve ekmek ağırlıkları arasında oransal bir ilişki belirlenemezken, $PAAS_{EH}$ ekşi maya ilavesinin ekmek ağırlığını istatistiksel olarak arttırdığı (p<0,05) belirlenmiştir. Tüm ağırlık verileri değerlendirildiğinde en düşük ekmek ağırlığına sahip ürünler su grubu ekşi hamurlu ekmekler olduğu, PAAS ve $PAAS_{EH}$ ilaveli ekşi hamur kullanımının ekmek ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Ekmeklerin hacim değerleri karşılaştırıldığında ekşi maya miktarı arttıkça ekmek hacimlerinin de arttığı (p<0,05) görülmektedir. Ekşi maya grupları karşılaştırıldığında ise su grubu ekşi maya ilaveli ekmeklerin hacim değerlerinin diğer iki gruptan daha yüksek olduğu (p<0,05), özellikle PAAS ekşi mayası ilaveli ekmeklerde hacmin önemli düzeyde düştüğü, ancak PAAS'ın enzimatik hidrolizi ile üretilen ekşimaya kullanımı durumunda hacimlerin artış gösterdiği belirlenmiştir. Spesifik hacmi en az olan PAAS ekşi hamurlu ekmeklerdir. Bunu sırasıyla $PAAS_{EH}$ ve Su ekşi hamurlu ekmekler takip etmektedir. Ekşi maya miktarı arttıkça su ve PAAS ekmeklerinin spesifik hacmi artarken, $PAAS_{EH}$ ekmeklerinde spesifik hacim azalmıştır.

Kabuk kalınlığı en fazla olan ekmek $PAAS_{EH}$ grubu ekmekleridir, en az ise su grubu ekmeklerindedir. Grup arası karşılaştılması sonucu ekşi maya kullanımının su ve PAAS ekmeklerinin kabuk kalınlıkları üzerinde farklı olduğu lakin $PAAS_{EH}$ ekmeklerinde fark olmadığı görülmektedir. Ekşi maya miktarı arttıkça PAAS ve su ekmeklerinin kabuk kalınlıklarında artış olmuştur.

Su ekmekleri grup içi karşılaştırılmasında kül ve pH değerleri açısında aralarında fark olmadığı (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin kül ve pH üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı göstermektedir. Sindirilebilir kül ve nem değerleri açısından aralarında fark olmadığı (p<0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin sindirilebilir kül ve nem üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Sindirilebilir kül oranlarına bakıldığında $PAAS_{EH}$ kullanılarak elde edilen ekşi maya ekmeğinin sindirilebilir kül oranı ortalamalarının en iyi olduğu, sonra PAAS ve en son sudan elde edilen ekşi maya ekmeğinde olduğu anlaşılmaktadır. Ekmekler % nem miktarı açısından karşılaştırılması yapıldığında aralarında fark olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin nem miktarı üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. % Nem miktarı en yüksek PAAS, en az su ekmekleridir.

Ekmeklerin kabuk renkleri parlaklık (L^*) değerleri grup içi karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan ve gruplar arası karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan farklı olduğu (p<0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin L^* değeri üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. En yüksek L^* değeri su, en az L^* değeri ise $PAAS_{EH}$ ekmeklerinde bulunmuştur. Ekmeklerin kabuk renkleri kırmızılık (a^*) değerleri karşılaştırılması yapıldığında aralarında fark olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin a^* değeri üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ekmeklerin kabuk renkleri sarılık (b^*) değerleri grup içi karşılaştırıldığında PAAS ekmeklerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığını (p>0,05) yani farklı miktarda ekşi maya ilavesinin b^* değerine etki etmediği, lakin su ve $PAAS_{EH}$ ekmekleri ekşi maya ilavesi istatistiksel açıdan fark olduğu (p<0,05) görülmüştür. En yüksek a^* ve b^* değeri PAAS, en az a ve b değeri ise su ekmeklerinde bulunmuştur.

Üretilen ekmekler, iç rengi parlaklık (L^*) değerleri ekşi maya artışının istatistiksel açıdan PAAS ekmeklerinin *L* değerine etki etmediği (p>0,05), lakin su ve ve $PAAS_{EH}$ açısından etki ettiği (p<0,05) görülmüştür. Gruplar arası karşılaştırma yapıldığında *L* değeri en fazla $PAAS_{EH}$ 5 (68,46), en az su 4 (62,49); a değeri en fazla su 4 (2,18), en az PAAS 2 (2,77); b değeri en fazla su 4 (17,17), en az PAAS 3 (19,36) ekmekleridir. Ekmeklerin kabuk renkleri kırmızılık (a^*) değerleri grup içi ve gruplar arası karşılaştırıldığında ekşi maya artışının istatistiksel açıdan etki etmediği (p>0,05) görülmüştür. Ekmeklerin kabuk renkleri sarılık (b^*) değerleri grup içi karşılaştırıldığında ekşi maya artışının istatistiksel açıdan PAAS ekmeklerinin *b* değeri açısından etkili olmadığı (p>0,05), lakin su ve $PAAS_{EH}$ ekmeklerine etki ettiği (p<0,05) görülmüştür.

Ekmek grupları kendi içinde % inhibisyon açısından karşılaştırıldığında ekşi hamur ilavesinin istatiksel olarak etki ettiği (p>0,05) gözlemlenmiştir. En az % inhibisyon su 1 (%10,16), en fazla % inhibisyon $PAAS_{EH}$ 1 (%44,65), su 3 (%45,45) ve su 4 (%46,26) ekmekleridir. $PAAS_{EH}$ ekmekleri %inhibisyonu maya miktarı ile artmıştır. Fitik asit açısından karşılaştırıldığında gruplar kendi içi fark olduğu gözlemlenmiştir. Gruplar arası istatiksel olarak karşılaştırılması yapıldığına maya miktarındaki artışın fitik asit değerini azalttığı tespit edilmiştir. Fenolik madde ve fitik asit açısından gruplar kendi içinde karşılaştırıldığında ekşi maya artışının ekmeklerin fenolik madde ve fitik asit miktarı üzerine etkisinin olduğu görülmüştür.

Ekmeklerdeki RK (%) değişimleri, ilk gün ve son gün rutubetleri esas alınarak hesaplanmış ve en yüksek kayıp su ile hazırlanan kontrol ekmeğinde (%23,6) belirlenmiştir. Genel olarak Su ve PAAS ile hazırlanan ekşi maya miktarının ekmekte kullanım oranı arttıkça rutubet kaybının azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan $PAAS_{EH}$ ile hazırlanan ekşi mayaların artan oranlarda ekmeğe ilavesi kontrol ekmeğine göre rutubet kaybını arttırmıştır. Ancak $PAAS_{EH}$ 2 ekşi maya ilave edilen tüm ekmeklerin raf ömrü sonunda rutubet içerikleri benzer bulunmuştur. Ekşi mayalı ekmek formülasyonlarının rutubet değerlerinin %36-26 aralığında değişkenlik gösterdiği ve 9 günlük raf ömrü sürecinde zamana bağlı olarak rutubet değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Ekmek örneklerinin duyusal analiz karşılaştırılması Kruskall Wallis testi ile yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda ekmek örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde, ekmek örneklerinin şekil simetrisi özellikleri arasında istatistiki olarak (p>0,05) fark olmadığı tespit edilmiştir. Ekmek örneklerinin kabuk renkleri arasında ise istatistiki olarak (p<0,05) fark olduğu tespit edilmiştir. Ekmek örneklerinin gözenek yapısı, pişme düzeyi ve lezzet özelliklerinin duyusal değerlendirmesi sonucunda ise ekmek örneklerinin söz konusu duyusal parametreleri arasında istatistiki olarak (p>0,05) fark olmadığı tespit edilmiştir. Ekşi hamur miktarı artışının kabuk rengini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlar peynir altı atık suyunun ve enzim hidrolizli peynir altı atık suyunun ekşi hamur ve ekmek üretimin kullanılabileceğini göstermektedir. PAAS ve $PAAS_{EH}$ ile hazırlanan ekşi mayalardan aynı sürede daha fazla asitlik gelişimi meydana gelirken, son üründe LAB ve maya sayımlarının aynı olduğu belirlenmiştir. PAAS kullanımı ekmek hacmini düşürürken, $PAAS_{EH}$ kullanımı geleneksel ekşi maya ile benzer sonuçlar görülmüştür. PAAS ve $PAAS_{EH}$ kullanımı ekmeklerin toplam mineral madde, sindirilebilir kül oranını arttırırken, özellikle $PAAS_{EH}$ kullanımı dış kabukta yüksek düzeyde kızarmış renk oluşturduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerin biyoaktif nitelikleri de hem farklı ekşi maya hem de kullanım oranlarından etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca PAAS ve $PAAS_{EH}$ ekşi maya kullanımı ekmeklerin antioksidan aktivite ve toplam fenolik içeriğini arttırırken ekşi mayanın artan oranlarıyla bir antinutrient olan fitik asit içeriklerinin de düştüğü belirlenmiştir. Gerek olumsuz etkiye sahip PAAS' nin çevreye salınımını azaltmak, gerekse besinsel içeriğinde alternatif bir alanda yararlanımı sağlamak amacıyla fırın sektörü için ekşi maya üretiminde kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla bu proje ve tez sonuçlarının sektörde paylaşımının gerekli olduğu, ekmek ve fırıncılık ürünleri işleyen fabrikaların temiz, hijyenik koşullarda PAAS' a erişiminin sağlanabilmesi için her iki sektöründe bu konuda bir araya getirilmesi, ortak projelerin yaplması ve işbirliği zeminin oluşturulması her iki sektör içinde katkı sağlaması açısından önemlidir. Bu tez çalışmasında hidroliz amacıyla kullanılan ve yurt dışından temin edilen galaktozidaz enzimine alternatif olarak >%90 hidroliz sağlayacak, endüstriyel olarak uygulanabilir ve daha az maliyetli yöntemler üzerinde çalışılması gerektiği de düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AACC, (2000). Approved methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists (Method 30-25).

Ahmad, I., Mohammad,F., Zeb, A., Rasool Noorka, I. & Akber Jadoon, S. (2013). Determination and inheritance of phytic acid as marker in diverse genetic group of bread wheat.Am. J. Mol. Biol., 3,158-164. doi: 10.4236/ajmb.2013.33021.

Akgün, A. B., (2007). Ekşi hamur Tozu Eldesi ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilme Olanakları.Yüksek Lisans Tezi,*Pamukkale Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Denizli.

Akın, O. (2010). Ekmek Üretim İşletmelerinin Verimliliklerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Mukayeseli Analizi: Batı Akdeniz Bölgesinde Bir Araştırma. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 2*(2), 89-106.

Akpınar, A., Yerlikaya, O., Akan, E. & Uysal, H. (2018). Peynir Altı Suyu ve Türkiye'de Değerlendirilmesi. *Tralleis Elektronik Dergisi, 3*(2), 104-112.

Aksoylu, Z. (2012). Bisküvinin Fonksiyonel Özellik Taşıyan Bazı Bitkisel Ürünlerce Zenginleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi,*Celal Bayar ÜniversitesiFen Bilimleri Enstitüsü*. Manisa.

Alkent, Z. & Göncü, A. (2003). Peynir Suyu ve Peynir Suyu Proteinlerinin Gıda, Kozmetik ve Tıp Alanlarında Kullanımı. *Gıda Mühendisliği Dergisi, 15*, 26-30.

Alver, A. O. (2016) Ekşi hamura kefir ilavesi ile mikroflorası zenginleştirimiş hamurdan yapılan ekmeklerin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*Tekirdağ.

Anneleen P. & Jan A.D., Impact of water-extractable components from different cereals on the quality of oat bread, Journal of Cereal Science, 79 (1), 134-140, 2018.

AOAC, (2000). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Association of official analytical chemists, USA, 234 pp. Arcia, P. L.

Arendt, E. K., Rya, LAM & Bello FD (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24: 165-174.

Axel, C., Brosnan B., Zannini E., Peyer, L. C., Furey, A., Coffey, A., & Arendt EK. (2015). Antifungal activities of three different Lactobacillus species and their production of antifungal carboxylic acids in wheat sourdough. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100 (4): 1701-1711.

Axel, C., Röcker, B. Brosnan, B. Zannini, E. Furey, A. Coffey, & A. Arendt, E., (2015). Application of Lactobacillus amylovorus DSM19280 in gluten-free

sourdough bread to improve the microbial shelf life. *Food Microbiology,* 47: 36-44.

Aydın, E. (2020). Enrichment of Bakery Products with Composite Flours. *Akademik Gıda,* 18(2), 217-227.

Ayhan K, Coşansu S, Mol S & Güneş E. 2008. Sucuktan İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Antimikrobiyel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Bakteriyosin Üreten Türlerin Seçimi, Proje numarası: 2007-0745-001HPD, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu, 32 s.

Ayhan, H. & Haluk. K. (2016). Peynir Altı Suyu ve Zeytinyağı Atıklarının Tarımda Gübreleme Amaçlı Kullanılabilirliği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25*(1), 311-316.

Baik, M. Y. & Chinachoti, P., 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling, Cereal Chemistry 77: 484-488.

Bakırcı, F. & Köse, E. (2017). Ekşi Hamurdan Laktik Asit Bakterileri ve Mayaların İzolasyonu ve Tanımlanması. *Akademik Gıda, 15*(2), 149-154.

Banu, I., Vasilean, I., Barbu, V. & Iancu, C. 2011. The effect of some technological factors on the rye sourdough bread. St. Cerc. St. CICBIA, 12 (2);197-202.

Barcenas, M. E., Haros, M., Benedito, C. & Rosell, C. M.,(2003). Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. Food Research International, 36: 863-869.

Bilgin, B., Daglioglu, O. & Konyali, M. (2006). Functionality of bread made with pasteurized whey and/or buttermilk. Ital J Food Sci, 18(3): 277- 286.

Bircan, D., Tuğçe Güray, C.& Bosata, K., (2017). Studies on Sour Dough Bread Making by Different Methods. Aydın Gastronomy, 1 (1):1-8.

Bonjar, G. H. S., Aghighi, S. & Nik, A. K., 2004. Antibacterial and antifungal survey in plants used in indigenous herbal-medicine of south eastregions of Iran, Journal of Biological Sciences, 4(3): 405-412.

Boz, H., Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H. G. & Gerçekaslan, K. E. (2008). Fırın Ürünlerinde Kullanılan Bazı Doğal Katkılar. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 367-378, Erzurum.

Büdüş, F. (2019). Laktoz Hidrolizasyonuyla dondurmada kullanılan şeker oranının azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Şanlıurfa.

Cansız, Z. (2018). Peynir Altı Suyunun Pastörizasyonu ve Ekmek Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *Ankara Üni. Fen Bilimleri Enstitüs,.* Ankara.

Cansız, Z., Uslu, C. C., Mutlu, C., Tontul, S. A., Ercan, r. & Erbaş, M. (2020). Farklı oranlarda PAS kullanımının beyaz ve tam buğday unlarından üretilen

ekmeklerin bazı özellikleri üzerine etkisi. GIDA The Journal of Food. 45(1) 125-138. E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070.

Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Serpen, A., Açar, Ö.Ç., Gökmen, V., & Fogliano, V. (2009). Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies. Food Res Int, 42(9): 1295-1302.

Capurso, A. & Capurso, C. (2021). The Mediterranean way: why elderly people should eat wholewheat sourdough bread a little known component of the Mediterranean diet and healthy food for elderly adults. Aging Clinical and Experimental Research, 32, 1–5.

Carr, L. G., Rodas, M. A. B., Torre, J. C. M. D. & Tadini, C. C. 2006. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen partbaked French bread. Lebensmittel-Wissenschaft and Technology, 39: 540-547.

Cemiloğlu, M., (2019). Peynir altı suyundan farklı tekniklerle protein konsantresi ürünlerinin eldesi. Yüksek Lisans Tezi.*İstanbul Sabahattin Zaim Üni. Gıda Müh. Anabilim Dalı,* İstanbul.

Certel, M., Erem, F., İlknur, Ü. & Karakaş, B. (2009). Physical Textural and Sensory Characteristics of White Breads Made From Frozen Dough and Frozen PartBaked Breads. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 22(1), 91–102.

Chavan, R.S. &Chavan, S.R., 2011. Sourdough Technology—A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review.Food Science and Food Safety,(10), 170-183.

Chen D, Wang J, Jia F & Zhang C (2018). Effects of sourdough addition on the quality and shelf life of chinese steamed bread. Grain and Oil Science and Technology, 1 (2): 85-90.

Clarke, C.I., Schober, T.J., & Arendt, E.K. (2002). Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. Cereal Chemistry, 79, 640–647.

Çakır, E., Arıcı, M., Durak, M. Z. & Karasu, S. (2020). The molecular and technological characterization of lactic acid bacteria in einkorn sourdough: efect on bread quality. Journal of Food Measurement and Characterization (2020) 14:1646–1655.

Çakmakçı, S. ve Aydın, F. (2001). Farklı Oranlarda Peynir Altı Suyu ile Üretilen Taze ve Depolanmış Tel Kadayıfların Bazı Kalite Özelliklerinin Tespiti. *Atatürk Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 32*(2), 181-188.

Çelik, E. (2008). Ekmek Yapımında Kullanılan Bazı Katkı Maddelerinin Ekmek Kalitesi ve Bayatlama Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *Afyon Kocatepe Üni. Gıda Müh. Ana Bilim Dalı*, Afyon.

Çelik, K. & Önür, Z. Y., (2016). PAS Ürünlerinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Sonçağ Yayıncılık*, ISBN: 978-605-9190-42-8.

Çevik, G. (2013). Peynir Altı Suyu Tozu ve Turunç Ekstresi İlavesinin Probiyotik Yoğurtların Bazı Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi.*Harran Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü,* Şanlıurfa.

Dalğın, D. & Meral, Y. (2016). Peynir Altı Suyu Proteini: Veteriner Sahada Değerlendirilmemiş Bir Destekleyici ve Rejeneratif Terapi Şansı. Derleme. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi. 7*(2), 60-64. Samsun.

Dalié D K D, Deschamps AM & Richard-Forget F. 2010. Lactic acid bacteria – potential for control of mould growth and mycotoxins: a review, Food Control, 21: 370-380.

De Martinis ECP & Freitas FZ. (2003). Screening of Lactic Acid Bacteria from Brazilian Meats for Bacteriocin Formation, Food Control, 14:197–200.

Demirhan, E., (2007). Peynir Altı Suyundan Elde Edilen Laktozun Enzimatik Hidrolizinin İncelenmesi ve Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

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

De Vuyst, L., Van Kerrebroeck, S., Harth, H., Huys, G., Daniel, H.M. & Weckx, S. (2014). Microbial ecology of sourdough fermentations: Diverse or uniform?. Food Microbiol, 37:11-29.

Delikanli, B. & Ozcan, T. 2017. Improving the Textural Properties of Yogurt Fortified with Milk Proteins. *Journal of Food Processing and Preservation,* 41(5): 495-503.

Demir M K, Elgün A, & Bilgiçli N 2006. Sıvı Ferment Yöntemi ile Ekmek Üretiminde Kullanılan Maya (Saccharomyces cerevisae) Performansına Katkı Maddeleri ve Ortam Şartlarının Etkisi. Gıda31(6):303-310.

Demir, M., Elgül, A. & Argun, M. (2009). Sütçülük Yan Ürünlerinden Peynir Altı, Yayık Altı ve Süzme Yoğurt Suları Katkılarının Bazı ekmek Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. *Gıda, 34*(2), 99-106.

Demir, Y., (2021). Geleneksel Ekşi Mayanın Sağlık ve Ekmek Üzerindeki Etkileri. *Aydın Gastronomy,* 5 (1), 63-70.

Demirgül, F. & Sağdıç, O., (2018). Fermente Süt Ürünlerinin İnsan Sağlığına Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13,* 45-53.

Dhingra, S. & Jood, S. (2001). Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barle.

Dinçoğlu, A. & Ardıç, M. (2012). Peynir Altı Suyunun Beslenmemizdeki Önemi ve Kullanım Olanakları. *Harran Üniv. Vet. Fak. Derg., 1*(1), 54-60.

Dizlek H., 2012. Gluten proteinlerinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerine etkileri. *Dünya Gıda Dergisi*, 18: 80-86.

Doğan, İ. & Yıldız, Ö, 2009. Ekmek makinelerinde kullanılan farklı bileşen seviyelerinin ekmek kalitesi üzerine etkisi. 34 (5):295-301.

Dündar Arıkan, A. & Özkeşkek, M. (2019). Türk Mutfağında Geleneksel Ekmek Pişirme Yöntem, Araç ve Gereçlerinin Yaşatılması: Pileki Örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi,*Volume: 41, Spring-2019, p. 52-61.

Elgün , A., & Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Yayın No: 297, Dördüncü Baskı. Erzurum.

Elgün, A., Türker, S., & Bilgiçli, N. (2007). Tahıl Ürünleri Teknolojisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Konya.

Emeksizoğlu, B. (2017). Anadolu'nun Lezzetli Ekmekleri". *Türk Tarım Dergisi*, Mart 2017, (235), 24.

Engelsen, S. B., Jensen, M. G., Pedersen H. T., Norgaard L., & Munck, L., (2001), NMRbaking and multivariate prediction of instrumental texture parameters in bread, J. Cereal Science 33(1): 59-69.

Ercan, R. & Özkaya, H. (1986). Ekmeğin Bayatlaması Üzerine Surfaktatların ve Bazı Katı Maddelerin Etkisi. *Gıda, 11*(1), 3-10.

Ercolini D, Pontonio E, De Filippis F, Minervini F, La Storia A, Gobbetti M & Di Cagnob R. (2013). Microbial ecology dynamics during rye and wheat sourdough preparation, Appl Environ Microbiol, 79 (24), 7827-7836.

Erdal, I., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Çakmak, I. & Hatipoglu, F., (1998). Effect of Zinc fertilization on phytic acid-zinc molar ratios in different wheat cultivars grown in central anatolia GAP regions, The First National Zinc Congress, Ankara, Turkey.

Erkmen, O. (2010). Gıda Mikrobiyolojisi. Efil Yayınevi, İkinci Baskı, Gaziantep.

Ertugay, Z. Elgül, A. & Koca, F. (1987). Peyniraltı Suyu ve Tozunun Hamur ve Ekmek Özelliklerine Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda, 12*(3), 167-173.

Ertürk, A., Arslantaş, N., Sarıca, D & Demircan, V. (2015). Families' Bread Consumption and Waste in Urban Areas of Isparta City, Turkey.Araştırma Makalesi. *Akademik Gıda*, 13(4) (2015) 291-298.

Gallagher E, Gormley T & Arendt E, 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science and Technology, 15: 143-152.

Gally, T., Rouaud, O., Jury, V., Havet, M., Ogé, A. & Le-Bail, A. 2017. Proofing of bread dough assisted by ohmic heating. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 39, 55-62.

Ganzle, M.G., (2014). Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. Food Microbiology, (37), 2-10.

Gerçekaslan, K. E., Kotancılar, H. G., & Karaoğlu, M. M. (2007). Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesını ölçmede kullanılan yöntemler – I.*Gıda Dergisi*, 32; 305-315.

Giannone, V., Longo, C., Damigella, A., Raspagliesi, D., Spina, A. & Palumbo, M. 2010. Technological properties of baker's yeasts in durum wheat semolina dough. J Ind Microbiol Biotechnol, 37; 371-379.

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

Gobbetti, M, Rizzello, C. G., Cagno, R. D. & Angelis, M. D., (2014). Ekşi hamur, mayalı unlu mamüllerin fonksiyonel özelliklerini nasıl etkileyebilir? *Food Microbiology*. Volume 37. 30-40.

Gobbetti, M., Corsetti, A. & Rossi, J. 1994. The sourdough microflora. Interactions between lactic acid bacteria and yeasts: metabolism of amino acids. World J Microbiol Biotech, 10; 275-279.

Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G. & Rizzello, C.G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. International Journal of Food Microbiology, 302, 103-113.

Göçmen, D. (2001). Ekşi Hamur ve Laktik Starter Kullanımının Ekmekte Aroma Oluşumu Üzerine Etkileri. *Gıda, 26*(1), 13-16.

Göçmen, D., Gürbüz, O., Kumral, Y. & Dağdelen, A. F., (2006). Ekmek Üretiminde Laktik Starter Uygulamasının Proteinlerin Elektroforetik Özellikleri Üzerine Etkisi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Proje No: TOVAG 1050O004.

Gray, J. A. & Bemiller, J. N., 2003, Bread staling molecular basis and control, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol: 3: 1-21.

Guemes-Vera, N., Gonzalez-Victoriano, L., SotoSimental, S., Hernandez-Chavez, J.F. & Reyes Santamaria, M.I. (2014). Mechanical properties of cottage cheese-fortified wheat dough and loaf bread. J Food Sci Technol, 51(10): 2797-2802.

Guichard, E. 2006. Flavour retention and release from protein solutions. Biotechnology Advances, Vol. 24(2): 226-229.

Guichard, E. & S. Langourieux. 2000. Interactions between beta-lactoglobulin and flavour compounds. Food Chemistry, Vol. 71(3): 301-308.

Gül H, Özçelik S & Acun S (2009). Isparta yöresine özgü "İslamköy Ekmeği'nin" geleneksel üretim yöntemi. *II. Geleneksel Gıdalar Sempozyum,* 27-29 Mayıs, Van.

Gül H, Özçelik S, Sağdıç O & Certel M (2005). Sourdough bread production with Lactobacilli and S. cerevisiae isolated from sourdoughs. Process Biochemistry, 40: 691-697.

Gül, H. (1999) Isparta Yöresinde Kullanlan Eki Mayann Bileimi ve Fizyolojik Özelliklerinin Aratrlmasve Ekmek Yapmnda Kullanlmas, Yüksek Lisans Tezi.*Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

Gül, H., Acun, S., Hayıt, F. & Sirilçi, B. S., (2021). Geleneksel Ekşi Mayalı Isparta Ekmeğinin Bazı Kalite Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi. Araştırma Makalesi.

Gültekin, F., Akın S. & Elgün, A. (2019). Ekmek hakkında güncel bir değerlendirme: sağlık etkileri, gıda katkı maddeleri ve helallik sorunu. *Helal Yaşam Dergisi*, 1(1), 1-17.

Gündüz, O., Ceyhan, V. & Oğuzhan, K. (2020). Samsun İli Atakum İlçesinde Ekmek Üreten İşletmelerde Teknik Etkinlik. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 4(2): 001-010.

Gür, F., Güzel, M., Öncül, N., Yıldırım, Z. & Yıldırım, M. (2010). Süt Serum Proteinleri ve Türevlerinin Biyolojik ve Fizyolojik Aktiviteleri. *Akademik Gıda, 8*(1), 23-31.

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

Gürgün,V. & Halkman, K. (1990). Mikrobiyolojide sayım yöntemleri.*Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*,No:7, Ankara.

Güzeler, N. & Esmek, E. (2014). Kefir Kültürü Kullanılarak Üretilen Peynir Altı Sulu İçeceğin Bazı Özellikleri ve Depolama Süresinin Etkisi. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 29*(2), 29 – 42.

Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. *Başak Matbaacılık Ltd. Şti.* 358.

Hanmoungjai, P., D.L. Pyle & K. Niranjan. 2002. Enzyme-assisted water extraction of oil and protein from rice bran. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*,Vol. 77(7). 771-776.

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

Harjinder, S. & Y. Aiqian. 2008. Interactions and functionality of milk proteins in food emulsions. Milk Proteins from Expression to Food, 321-345.

Haugh, W., & Lantzsch, H. J. (1983). "Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products". *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 34, 1423-1426.

Hayıt, F. & Gül, H. (2017). Celiac Disease and The Quality Characteristics of Produced Bread for Celiac Patients. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology.* 7(1): 163-169.

Hayta, M., & Hendek Ertop, M. (2017). Optimization of Sourdough Bread Incorporation into Wheat Bread by Response Surface Methodology: Bioactive and Nutritional Properties. *International Journal of Food Science and Technology,* 52 (8): 1828-1835.

Hayta, M., & Hendek Ertop, M. (2019). Physicochemical, textural and microbiological properties of optimized wheat bread formulations as affected by differently fermented sourdough. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods,* 11 (3): 283-293.

Hendek Ertop, M, (2017). Effects on Mold Growth in Bread and soma Microbiologial Propertıes of Power Sourdough Produced with Different Ferementation and Drying Methods. *Gıda the Journal of Food*, *42*(5), 609-619.

Hendek Ertop, M. (2014). Ekşi hamur formül optimizasyonunun ekmeğin aromatik profili, biyoaktif nitelikleri ve raf ömrü üzerindeki etkileri. Doktora Tezi. *Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.

Hendek Ertop, M. & Hayta, M. (2016). The Effect of Sourdough Fermentation on Bread Bıoactive Compounds and Their Bıoavailibility. *Gıda*, *41*(2), 115-122.

Hendek Ertop, M. & Şeker, İ.T. (2018). Optimization of The Amount of Chickpea Sourdough and Dry Yeast in Wheat Bread Formulation: Evaluation of Physicochemical, Sensory and Antioxidant Properties, Food Science and Technology Research, 24 (1):45-53, (doi: 10.3136/fstr.24).

Herceg, Z. & V. Lelas. 2005. The influence of temperature and solid matter content on the viscosity of whey protein concentrates and skim milk powder before and after tribomechanical treatment. *Journal of Food Engineering*, Vol. 66(). 433-438.

Holzapfel, W.H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J. & Schillinger, U., 2001. Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (Suppl. 2): 365-373.

Hug-Iten, S., Escher F. & Conde Petit, B., (2003), Staling of bread: Role of amylose and influence of starch-degrading enymes, Cereal Chemistry, 80(6): 654-661.

İpek, Ö., (2017). Türkiyede'ki değişik yörelerden sağlanan ekşi hamurdan izole edilen ekmek mayalarının teknolojik özellikleri Türkiye'deki değişik yörelerden

sağlanan ekşi hamurdan izole edilen ekmek mayalarının teknolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi.*Ankara Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Jayaprakasha, H. M. & Yoon, Y.C. (2005). Production of functional whey protein concentrate by monitoring the process of ultrafiltration. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 18, 433-438. doi: 10.5713/ajas.2005.433.

Jelicic, I., Bozanic, R. & Tratnik, L. 2008. Whey based beverages a new generation of dairy products. *Miljekarstvo*, 58(3): 256-274.

Jooyandeh, H. 2008., Evaluation of physical and sensory properties of Iranian lavash flat bread supplemented withprecipitated whey protein ss 28-34, African Journal of Food Science, Vol 3(2) .

Kalkışım, Ö., Özdemir, M. & Bayram, O. (2012). *Ekmek Yapım Teknolojisi.* Gümüşhane Üni. SAGE Yayıncılık Rek. Mat. San. Tic. Ltd. Şti.

Kandemir, A. (2011). Peynir Altı Suyunun Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtımı. Yüksek Lisans Tezi. *Anadolu Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.*

Kaplan, B., (2020). Bazı fırıncılık ürünlerinde siyez buğday unu kullanımının optimizasyonu, ürün kalitesi ve raf ömrü nitelikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.

Karagözlü, C., & Bayarer, M. (2004). Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Ege Üni. Ziraat Fak. Dergisi, 41*(2), 197-207.

Karaman, K. & Sağdıç, O. (2018). Effects of Phytase Active Lactic Acid Bacteria and Yeast Isolates on Dough Rheology of Whole Wheat Bread. European Journal of Science and Technology No. 14, pp. 1-9, December 2018 Copyright © 2014 EJOSAT Research Article.

Kasatkina, G.D., Lyushinskaya, I.I &, Potavina, V.S. 1983. Whey as a means to regulate bread quality. *Khlebopekarnaya i Konditerskaya Promyshlennost'* (6): 34-35.

Katina, K., Heinio, R.L., Autio, K. & Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *Food Sci Technol,* 39: 1189-1202.

Katina, K., (2005). Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread, PhD Thesis, University of Helsinki, Technical Research Centre of Finland,VTT Publications, 569:81- 92.

Kavacık, B. & Topaloğlu, B. (2007). Peynir Altı Suyu ve Gübre Karışımından Biyogaz Üretimi. *7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 443-450. İzmir.

Kenny S, Wehrle K, Stanton C & Arendt EK. (2000). Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 210: 391-396.

Kıran, F. & Osmanoğlu, Ö. (2011). Laktik Asit Bakterilerinin (LAB) İdentifikasyonunda/Tiplendirmesinde Kullanılan Moleküler Yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27*(1), 62-74.

Koca, N. & Yazıcı, H. (2014). Coğrafi Faktörlerin Türkiye Ekmek Kültürü Üzerinde Etkileri. Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, Volume 9/8 ,35-45.

Koistinen VM, Mattila O, Katina K, Poutanen K, Aura AM, & Hanhineva K (2018). Metabolic profiling of sourdough fermented wheat and rye bread. *Scientific reports,* 8 (1): 1-11.

Kolcuoğlu, N., (2002). Ticari Şartlarda Ekmek Üretiminde Soya Unu ve Peynir Altı Suyunun Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. *Süleyman Demirel Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü.* Isparta.

Korucu, D. (2012). Tomas Peynirinde İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi.*Namık Kemal Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü,*

Kotancılar, H. G., Karaoğlu, M. M. & Gerçekaslan, K. E., (2006). Ekşi hamur katkısının beyaz tava ekmeğinin bayatlaması üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 37 (1): 103-110.103-110, 2006 ISSN 1300-9036.

Kotanclar, H.G., Karaolu, M.M., & Uysal, P. (2006) Eki Hamur Sisteminin Beyaz Tava Ekmeinin Kalitesi Üzerine Etkisi. *Hasad Dergisi*, 252:39-48.

Kothari, R., Pathak, VV, Kumar, V. & Singh, DP (2012) Tek Hücreli Alga Chlorella pyrenoidosa'nın Süt Atık Suyu Üzerindeki Büyüme Potansiyeli için Deneysel Çalışma: Arıtma ve Biyoyakıt Üretimi için Entegre Bir Yaklaşım. Biyolojik Kaynak Teknolojisi, 116, 466-470.

Kömür, B. (2014). Ekmeğin Raf Ömrü. https://www.ekmekdunyasi.com/ekmegin-raf-omru/

Królczyk, J. B., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., & Sołowiej, B. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food İndustry-A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences,* 66(3), 157-165.

Kurt, A. & Gülümser, S. (1987). Peynir Suyu ve Kullanım İmkanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,18*(1-4), 133-141.

Kuter. M. (2011). *İnsan ve Ekmek.* 1. Baskı, Bursa: BESAŞ.

Leenhardt F, Levrat-Verny MA, Chanliaud E, & Remesy C. 2005. Moderate decrease of pH by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity. *J Agric Food Chem,* 53, 98-102.

Leon, A, Duran, E. & Barber, C.B.1997. A new approach to study starch changes occurring in the dough-baking process and during bread storage Z Lebensm Unters Forsch A 204, 316-320.

Liu, G., Zhong, Q. (2015). High temperatureshort time glycation to improve heat stability of whey protein and reduce color formation. *Food Hydrocoll*, 44: 453-460.

Lopez H, Krspine V, Guy C, Messager A, Demigne C, & Remesy C. 2001. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. *J Agric Food Chem*, 49, 2657-2662.

Luo, D., Wu, R., Zhang, J., Zhang, K., Xu, B., Li, P., & Li, X. 2018. Effects of ultrasound assisted dough fermentation on the quality of steamed bread. *Journal of Cereal Science*, 83, 147-152.

Lupano, C. E. (2000). Gelation of mixed systems whey protein concentrate-gluten in acidic conditions. *Food Research International*, 33,691-696.

Magala M, Kohajdova Z, & Karovicova J. 2015. Degradation of phytic acid during fermentation of cereal substrates. *J Cereal Sci*, 61,94-96.

Mahmoud RM, Yousif EI, Cadallah, MG, & Alawneh AR, 2013. Formulations and quality characterization of gluten-free egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Sciences*, 58: 19-25.

Mann, B., Athira, S., Sharma, R., Kumar, R., Sarkar, P., (2019). Bioactive Peptides from Whey Proteins. National Dairy Research İnstitute. İndia. 519-537.

Marshall, K. 2004. Therapeutic applications of whey protein. *Altern. Med. Rev*. 9,136-156.

Martínez, M. M. & Gómez, M. 2017. Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free flours and starches during bread fermentation and baking. *Journal of Food Engineering*, 197, 78-86.

Melini, V., (2018). Ekmek ve GF Ekmek Raf Ömrünü Uzatma Stratejileri: Ekşi Hamurdan Antimikrobiyal Aktif Paketleme ve Nanoteknolojiye. CREA Gıda ve Beslenme Araştırıma Merkezi, Via Ardeatina. İtalya.

Messens, W., & De Vuyst, L. (2002). Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs- A Review. Int J Food Microbiol, 72: 3143.

Mete, H. (2012). Peynir Altı Suyu'nun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. *Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi*, (1).

Milli Eğitim Bakanlığı, (2013). Ekmek Pişirme. Gıda Teknolojisi. Ankara.

Mleko, S. & W. Gustaw. 2002. Rheological changes due to substitution of total milk proteins by whey proteins in dairy desert. *Journal of Food Science and Technology*,Vol. 39(2): 170-172.

Nicorescu, I., C. Loisel, C. Vial, A. Riaublanc, G. Djelveh & G. Cuvelier. 2008. Combined effect of dynamic heat treatment and ionic strength on denaturation and aggregation of whey proteins – Part I. *Food Research International,* Vol.41 (7): 707-713.

Öğünç, A.V. & Yalçın, A.S. 2011. Süt serumu proteinlerinin in vitro koşullardaki antioksidan etkileri. *Marmara Eczacılık Dergisi*, 15, 18-24.

Örü, F. & Hednek Ertop, M., (2021). Siyez ve ekmeklik buğday kepeğinin ekşi hamur üretiminde kullanım olanığının değerlendirilmesi. *Gıda,* 46(2), 396-407. Kastamonu.

Özcan, Ö. & Delikanlı, C., (2011). Gıdaların Tekstürel Özelliklerinin Geliştirilmesinde Peynir Altı Suyu Protein Katkılarının Fonksiyonel Etkileri. *Uludağ Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 25(2), 77-88. Bursa.

Özçelik, S. (2000). Isparta Yöresinde Kullanılan Ekşi Mayanın Bileşimi, Bazı Biyokimyasal ve Fizyolojik Özelliklerinin Araştırılması ve Ekmek Yapımında Kullanılması. Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi. Proje No: TOGTAC-2309, Isparta.

Özlem, Ç., Köse, E. ve İnce, C., (2021). Ekşi Maya Fermantasyonu ile Üretilen Ekmeklerdeki Biyoaktif Bileşiklerin İn Vitro Biyoerişilebilirliği ve Sağlığa Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Tecnology.* Vol. 9(9): 1686-1694.

Paramithiotis, S., Chouliaras, Y., Tsakalidou, E., & Kalantzopoulas, G., (2005). Application of selected starter cultures for the production of wheat sourdough bread using a traditional three-stage procedure. *Process Biochemistry,*40: 2813-2819.

Paul, S., Kulkarni, S., & Rao, K.J. (2016). Effect of Indian cottage cheese (paneer)-whey on rheological and proofing characteristics of multigrain bread dough. J Texture Stud, 47(2): 142- 151.

Plessas, S., (2021). Innovations in Sourdough Bread Making. Citation: Plessas, S. Innovations in Sourdough Bread Making. Fermentation 2021, 7, 29. https:// doi.org/10.3390/fermentation7010029 .

Poinot, P., Arvisenet Ggrua-Priol, J., & Colas, D. (2008). Influence of formulation and process on the aromatic profile an physical characteristics of bread.*Journal of Cereal Science*, 48, 686-697.

Ribotta P, Ausar, S Morcillo, & M Perez, G. 2004. Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 84: 1969–1974.

Ribotta, P. D., Bail, A. L., (2007), Thermo-pysical assesment of bread during stalling, Swiss Society of Food Science and Technologie, 40: 879-884.

Ribotta, P. D., Leon, A. E. & Anon, M. C. 2006. Frozen Dough. In: Y. H. Hui (Editor), Bakery Products: Science and Technology. Blackwell Publishing, Oxford, UK, pp. 381-390.

Ribotta, P. D., (2004), The staling of bread: An X-ray Diffraction Study, 218: 219-223.

Rodriguez JM, Martinez MI, & Kok J. (2002). Pediocin PA-1, a Wide Spectrum Bacteriocin from Lactic Acid Bacteria. *Crit Rev Food Sci Nutr* 42: 91-121.

Rosell, C. M. & Gomez, M. 2007. Frozen Dough and Partially Baked Bread: An update. *Food Reviews International*, 23: 303-319.

Rouille, J. Le Bail, A. & Courcoux, P. 2000. Influence of formulation and mixing conditions on bread making qualities of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*, 43:197-203.

Sabuncu, M. E. (2014). Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Atıksularının Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtımında RSM Kullanılarak Proses Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* İstanbul.

Salazar, D.M., Naranjo, M., Perez, L.V., Valencia, A.F., Acurio, L.P., Gallegos, L.M., Alvarez, F.C., Amancha, P.I., Valencia, M.P., Rodriguez, C.A., & Arancibia, M.Y. (2017). Development of newly enriched bread with quinoa flour and whey. 3rd International Conference on Agricultural and Biological Sciences, (baş ed.), IOP Publishing, 1- 7 s.

Seçkin, A.K. & Baladura, E. (2011). Süt ve Süt Ürünlerinin Fonksiyonel Özellikleri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7*(1), 27-38.

Selçuk, T., Sinan Çolakoğlu, A. & Alkan, A. (2018). Bread texture analysis and development of user interface using image processing techniques. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University,* 33(1), 31-41.

Selomulyo VO, & Zhou W. (2007). Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *J Cereal Sci*, 45: 1-17.

Semić A, Oručević S, Bauman I, Muminović Š, Spaho N, & Klepo B (2009). Effects of increasing sourness of bread dough on bread quality. *5th International Congress Flour-Bread*, 416-424.

Shah, N.P. 2000. Effects of milk-derived bioactives: An overview. Brit. J. Nutr. 84, 3-10.

Shoveller, A. K., Stoll, B., Ball, R. O., & Burrin, D. G. (2005). Nutritional and functional importance of intestinal sulfur amino acid metabolism. *The Journal of nutrition,* 135(7), 1609-1612.

Sönmez, P.A. (2017). Yağı azaltılmış Labne Peynirinin Tekstürel Özelliklerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi. *Bursa Uludağ Üni. Fen Bilimeri Enstitüsü,* Bursa.

Struyf, N., Van der Maelen, E., Hemdane, S., Verspreet, J., Verstrepen, K. J., & Courtin, C. M. 2017. Bread dough and baker's yeast: An uplifting synergy. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 850-867.

Şahin, E. (2012). *Gerçek Ekmek.* Hayykitap Yayıncılık, İkinci Baskı, İstanbul.

Tangkonchitr, U., Seib, P.A., & Hoseney, R. C. (1981). Phytic acid I. Determination of three forms of phosphorus in flour, dough and bread. Cereal Chem, 58(3): 226-228.

Taşçı, R., Karabak, S., Bolat, M., Pehlivan, A., Şanal, T., Acar, O., Külen, S., Güneş. E. & Albayrak, M. (2017). The Production Structure of Bakery and Bread Wastage in Ankara Province. TEAD, 2017; 3(1): 1-16, Research Article.

TGK, (2012). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği, Tebliğ No: 2012/2. https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=15746&mevzuatTur=Teblig&mevzuatTe rtip=5 (erişim tarihi: 03 Mart 2021).

TGK, (2013). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (Tebliğ no: 2012/2)'nde değişiklik yapılmasına Dair Tebliğ (Tebliğ no: 2013/10). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/ 20130402-8.htm (erişim tarihi: 31 Mart 2021).

TGK, (2015). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği. (TEBLİĞ NO: 2015/6).

Torrieri, E., Pepe, O., Ventorino, V., Masi, P., & Cavella, S.2014. Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread. LWT - Food Science and Technology, 56:508-516.

Tuğrul Masatcıoğlu, M., Köksal Kavrak, M., Türkmen, D., Dursun, A. ve Güler, Z., (2020). Peynir altı suyunun bazı tahıl ürünlerinde kullanımı ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Araştırma Makalesi. *MustafaKemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 422-433.

Tuta Şimşek, S. (2020). Investigation of Vacuum Fermentation on Quality Criteria of Gluten-Free Bread. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science,*. Volume 24, Issue 2, 368-374.

Türkdayı, A. (2018). Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi.Avrasya Üni. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi.

Üçüncü, M. (2008). *A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi*. İkinci baskı, İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.

Üner, Y., Aksu, H., & Ergün, Ö., 2000, Baharatın çeşitli mikroorganizmalar üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Vet. Fak. Dergi Yayınları*, 1: 200-208.

Valmorri S, Tofalo R, Settanni L, Corsetti A, & Suzzi G (2010). Yeast microbiota associated with spontaneous sourdough fermentations in the production of

traditional wheat sourdough breads of the Abruzzo region (Italy). *Antonie Van Leeuwenhoek,* 97 (2): 119-129.

Vodovotz Y, Baik M, Vittadini E, & Chinachoti P. 2001. Instrumental Techniques Used İn Bread Staling Analysis. In: Chinachoti P, Vodovotz Y, editors. Bread Staling. New York: CRC Press. p 93–111.

Voge, R.F., Pavlovic, M., Ehrmann, M.A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Voget, S., Angelov, A., Bocker, G., & Liebl, W. (2011). Genomic analysis reveals Lactobacillus sanfranciscensis as a stable element in traditional sourdoughs. *Microb Cell Fact,*10 (1):1-11.

Vogel, R.F., Pavlovic, M., Eehrmann, M.A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Voget, S., Angelov, A., Böcker, G., & Liebl, W., (2011). Genomic analysis reveals Lactobacillus sanfranciscensis as a stable element in traditional sourdoughs. *Microbial Cell Factories*, 10 (Suppl. 1): 6

Wollowski I, Rechkemmer G, & Pool-Zobel BL. 2001). Protective Role of Probiotics and Prebiotics in Colon Cancer. *Am J Clinical Nutr*, 73(2): 451-455.

Xu D, Zhang, Y, Tang K, Hu Y, Xu X, & Gänzle MG (2019). Effect of mixed cultures of yeast and lactobacilli on the quality of wheat sourdough bread. *Frontiers in Microbiology*, 10: 2113.

Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F. & Medeni, M. (2006). Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 499-502,Bolu.

Yarpuz, D. (2011). Glutensiz Ekmek Üzerine Araştırmalar.Yüksek Lisans Tezi. *Selçuk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Yazar, E., Cırık, K. & Çınar, Ö. (2011). Pilot Ölçekli Mezofilik Kesikli Anaerobik Reaktörde Peynir Altı Suyu Arıtımı ve Biyogaz Üretimi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14*(3), 28-32.

Yerlikaya, O., Kınık, Ö. & Akbulut, N. 2010. Peynir altı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peynir altı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünleri. *Gıda Dergisi*, 35 (4) : 289 – 296.

Yıldırım, Ç. & Güzeler. N. (2013). Peyniraltı Suyu ve Yayıkaltının Toz Olarak Değerlendirilmesi. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 28* (2), 11 – 20.

Yıldız, B., Çakıcı., A., Uslu, A. Y. & Uslu, H., (2021). Ekmek üretiminde ekşi maya üzerine taze meyvelerin kullanımının etkisi. *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg.* / NOHU J. Eng. Sci., 2021; 10(1): 150- 159.

Yıldız, O.,Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. & Kolaylı, S., (2010). Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi. Derleme Makenesi. *Akademik Gıda,* 8(6) (2010) 44-51.

Yılmaz, R. & Temiz, A. (2003). Streptococcus salivarius subsp. thermophilus ve Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus ’un Klasik ve Moleküler Yöntemler

Kullanılarak Tanımlanması ve Karakterizasyonu. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 1*(3), 19-42.

Yiğit, A. H., & Doğan, İ. S. (2010). Ağrı İlindeki Ekmek Fırınlarının Bazı Özelliklerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Anket Çalışması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi,* 20(2): 75-87.

Yurdatapan, S. (2014). Türkiye'de Ekmek Sanayi ve Ekmek Tüketim Eğilimleri: Edirne İli Merkez İlçe Örneği. Yüksek Lisans Tezi.*Namık Kemal Üni.Fen Bilimleri Enstitüsü.*

Yüksekdağ, Z. & Beyatlı, Y. (2009). Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Fizyolojik, Biyokimyasal, Plazmit DNA ve Protein Profil Özelliklerinin İncelenmesi. *Gıda, 34*(2), 91-98.

Yüksel, A. Yüksel, M. & Ürüşan, H. (2019). Peynir Altı Suyunun Çeşitli Özellikleri ve Kullnaım Olanakları. *KSÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22*(3), 114-121.