

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

KEÇİ SÜTÜNDEN KEFİR ÜRETİMİNDE LAKTOZ HİDROLİZASYONU VE  
*Saccharomyces boulardii* KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Ali KOÇAK

SÜT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

ANKARA  
2024

Her hakkı saklıdır

# ÖZET

Doktora Tezi

## KEÇİ SÜTÜNDEN KEFİR ÜRETİMİNDE LAKTOZ HİDROLİZASYONU VE *Saccharomyces boulardii* KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Ali KOÇAK

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tuba ŞANLI

Bu çalışmada, keçi sütünden kefir üretiminde farklı oranlarda laktoz hidrolizasyonunun (%50 ve %100) ve probiyotik özellikte bir maya olan *S. boulardii* ilavesinin ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik, reolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Laktoz hidrolizasyon oranındaki artışın kefirlerde daha yüksek proteolitik aktiviteye neden olduğu ve proteolitik aktivite değerinin tüm örneklerde depolama süresince arttığı belirlenmiştir. Kefir örneklerinde FRAP yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren örneklerde daha yüksek olduğu, bununla birlikte ABTS ve DPPH yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin tüm örneklerde benzer olduğu bulunmuştur. Kefir örneklerinin su bağlama kapasitesi üzerine hem laktoz hidrolizasyonunun hem de *S. boulardii* ilavesinin etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek su bağlama kapasitesi değeri laktozu %100 hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneğinde tespit edilmiştir. Kefir örneklerinde baskın olarak bulunan organik asitin laktik asit olduğu ve konsantrasyonunun depolama süresince artan bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. *S. boulardii*'nin laktozu %100 hidrolize edilen süttten üretilen kefir örneğinde depolama süresince sağlık açısından olumlu etkilerin görülmesi için genel kabul gören ez az  $10^6$  kob/g canlılık düzeyini koruduğu tespit edilmiştir. Duyusal olarak değerlendirildiğinde, %50 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneğinin panelistler tarafından daha fazla kabul edilebilir bulunduğu belirlenmiştir.

**Temmuz 2024, 111 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Kefir, Keçi Sütü, Laktoz Hidrolizasyonu, *Saccharomyces boulardii*

## ABSTRACT

PhD. Thesis

INVESTIGATION OF LACTOSE HYDROLYZATION AND THE USE OF  
*Saccharomyces boulardii* in the PRODUCTION OF KEFIR FROM GOAT MILK

Ali KOÇAK

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Dairy Technology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuba ŞANLI

In this study, the effects of different levels of lactose hydrolysis (50% and 100%) and the addition of *Saccharomyces boulardii*, a probiotic yeast, on the physicochemical, microbiological, rheological, and sensory properties of kefir produced from goat milk were investigated. It was determined that an increase in the degree of lactose hydrolysis resulted in higher proteolytic activity in the kefir samples, and the proteolytic activity values increased during the storage period across all samples. The antioxidant activity values determined by the FRAP method were found to be higher in samples produced from lactose-hydrolyzed milk and containing *S. boulardii*; however, the antioxidant activity values determined by the ABTS and DPPH methods were found to be similar in all samples. It was also found that both lactose hydrolysis and the addition of *S. boulardii* significantly affected the water-holding capacity of the kefir samples. The highest water-holding capacity was detected in the kefir samples produced from 100% lactose-hydrolyzed milk with the addition of *S. boulardii*. The dominant organic acid in the kefir samples was identified as lactic acid, and its concentration showed an increasing trend during the storage period. Furthermore, it was established that *S. boulardii* maintained a viability level of at least  $10^6$  CFU/g, which is generally accepted as the minimum level required for beneficial health effects, throughout the storage period in kefir samples produced from 100% lactose-hydrolyzed milk. Sensory evaluation revealed that the kefir sample produced from 50% lactose-hydrolyzed milk with the addition of *S. boulardii* was considered more acceptable by the panelists.

**July 2024, 111 pages**

**Key Words:** Kefir, Goat Milk, Lactose Hydrolyzation, *Saccharomyces boulardii*

## TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca bana yol gösteren, değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Doç. Dr. Tuba ŞANLI'ya (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı), tez çalışmam süresince desteklerini gördüğüm tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Ebru ŞENEL ÖZKAN'a (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU'na, (İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinin gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan Prof. Dr. Safa GÜRÇAN'a (Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyoistatistik Bölümü), tezimin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Canan ALTINAY'a (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı), her konuda yanımda olan sevgili aileme ve çalışmam süresince her zaman destek olarak bana güç ve motivasyon veren kıymetli eşim Seda KOÇAK'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 'Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü' tarafından Doktora Tez Projesi olarak (FDK-2022-2473) desteklenmiştir.

Ali KOÇAK

Ankara, Temmuz 2024

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
SİMGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
2.1 Probiyotikler: Genel Özellikleri ve Sağlık Açısından Faydaları .....	6
2.2 <i>Saccharomyces boulardii</i> : Probiyotik Özellikleri ve Gıdalarda Kullanımı.....	10
2.3 Kefir.....	14
2.4 Keçi Sütü .....	17
2.5 Laktozun Hidrolizasyonu .....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	24
3.1 Materyal.....	24
3.1.1 Çiğ süt.....	24
3.1.2 Starter kültür ve <i>S. boulardii</i> .....	24
3.1.3 Laktaz enzimi .....	24
3.1.4 Ambalaj materyali .....	24
3.2 Yöntem .....	25
3.2.1 Laktozun hidrolizasyonu .....	25
3.2.2 Kefir üretimi .....	26
3.3 Uygulanan Analizler .....	28
3.3.1 Hammadde çiğ süte uygulanan analizler .....	28
3.3.1.1 Toplam kurumadde içeriği.....	28
3.3.1.2 Yağ içeriği .....	28
3.3.1.3 Toplam protein içeriği .....	28
3.3.1.4 pH değeri.....	29
3.3.1.5 Titrasyon asitliği.....	29
3.3.2 Kefire uygulanan analizler .....	30
3.3.2.1 Toplam kurumadde içeriği.....	30
3.3.2.2 Yağ içeriği .....	30
3.3.2.3 Toplam protein içeriği .....	30
3.3.2.4 pH değeri.....	30
3.3.2.5 Titrasyon asitliği.....	30
3.3.2.6 Suda çözünen azot .....	31
3.3.2.7 Toplam serbest amino asit içeriği .....	31
3.3.2.8 Antioksidan aktivite tayini .....	31
3.3.2.9 Karbonhidrat ve organik asit içeriği .....	33
3.3.2.10 Dinamik reolojik testler .....	33
3.3.2.11 Su tutma kapasitesi .....	34
3.3.2.12 Renk değerleri .....	34

3.3.2.13 Uçucu bileşen analizi.....	34
3.3.2.14 Mikrobiyolojik analiz .....	35
3.3.2.15 Duyusal değerlendirme .....	36
3.3.3 İstatistiksel analizler .....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	38
4.1 Kefir Üretiminde Kullanılan Hammadde Çiğ Sütün Özellikleri.....	38
4.2 Kefir Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları .....	38
4.2.1 Kefir örneklerinin kimyasal özellikleri .....	38
4.2.2 pH değeri.....	39
4.2.3 Titrasyon asitliği.....	41
4.2.4 Toplam serbest amino asit içeriği .....	43
4.2.5 Antioksidan aktivite tayini .....	45
4.2.6 Su tutma kapasitesi .....	52
4.2.7 Organik asit içeriği.....	54
4.2.8 Karbonhidrat profili .....	61
4.2.9 Dinamik reolojik testler .....	65
4.2.10 Renk değerleri .....	70
4.2.11 Uçucu Bileşen Analizi .....	72
4.2.12 Mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	86
4.2.13 Duyusal değerlendirme .....	91
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	95
KAYNAKLAR .....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	111

## SİMGELER DİZİNİ

$\alpha$	Alfa
Å	Angström
B	Beta
Dk	Dakika
g	Gram
K	Kapa
kg	Kilogram
$\mu$ L	Mikrolitre
mL	Mililitre
mM	Milimolar
M	Molar
nm	Nanometre
°SH	Soxhlet Henkel
U	Unit

### **Kısaltmalar**

EFSA	European Food Safety Authority
ACE	Angiotensin Converting Enzyme
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WSN	Water Soluble Nitrogen
OPA	o-Phthalaldehyde
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
ABTS	(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))
FRAP	Ferric ion reducing antioxidant power

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 LactoSens test kiti .....	25
Şekil 3.2 LactoSense hidrolizasyon analiz cihazı .....	26
Şekil 3.3 Kefir üretim akış şeması .....	27
Şekil 3.4 Puanlama testi kartı.....	36
Şekil 4.1 Kefir örneklerinin depolama süresince pH değerlerindeki değişim .....	41
Şekil 4.2 Kefir örneklerinin depolama süresince laktik asit değerlerindeki değişim.....	43
Şekil 4.3 Kefir örneklerinin depolama süresince toplam serbest amino asit seviyesine ilişkin absorban değerlerindeki değişim.....	45
Şekil 4.4 Kefir örneklerinin depolama süresince ABTS değerlerindeki değişim.....	48
Şekil 4.5 Kefir örneklerinin depolama süresince DPPH değerlerindeki değişim.....	50
Şekil 4.6 Kefir örneklerinin depolama süresince FRAP değerlerindeki değişim.....	52
Şekil 4.7 Kefir örneklerinin depolama süresince su tutma kapasitesindeki değişim.....	54
Şekil 4.8 Kefir örneklerinin depolama süresince sitrik asit değerlerindeki değişim ...	57
Şekil 4.9 Kefir örneklerinin depolama süresince malik asit değerlerindeki değişim.....	58
Şekil 4.10 Kefir örneklerinin depolama süresince laktik asit değerlerindeki değişim (mg/100g) .....	59
Şekil 4.11 Kefir örneklerinin depolama süresince asetik asit değerlerindeki değişim .....	61
Şekil 4.12 Kefir örneklerinin depolama süresince laktoz değerlerindeki değişim.....	63
Şekil 4.13 Kefir örneklerinin depolama süresince glikoz değerlerindeki değişim.....	64
Şekil 4.14 Kefir örneklerinin depolama süresince galaktoz değerlerindeki değişim .....	64
Şekil 4.15 Kontrol örneğine ait kayma hızı-kayma gerilimi grafiğininin Newtonian akış modeline uygunluğuna ait grafik.....	67
Şekil 4.16 Kontrol örneğine ait kayma hızı-kayma gerilimi grafiğininin Power Law akış modeline uygunluğuna ait grafik.....	67
Şekil 4.17 Kefir örneklerinin depolama süresince kıvam ineksi (K) değerlerindeki değişim .....	68
Şekil 4.18 Kefir örneklerinin depolama süresince akış davranış ineksi (n) değerlerindeki değişim .....	69
Şekil 4.19 Kefir örneklerinin depolama süresince $L^*$ değerlerindeki değişim .....	71
Şekil 4.20 Kefir örneklerinin depolama süresince $a^*$ değerlerindeki değişim.....	71

Şekil 4.21	Kefir örneklerinin depolama süresince $b^*$ değerlerindeki değişim.....	72
Şekil 4.22	Kefir örneklerinin depolama süresince maya sayısındaki değişim .....	88
Şekil 4.23	Kefir örneklerinin depolama süresince <i>Lactococcus</i> spp. sayısındaki değişim .....	90
Şekil 4.24	Kefir örneklerinin depolama süresince <i>Lactobacillus</i> spp. sayısındaki değişim .....	91
Şekil 4.25	Kefir örneklerinde depolama süresince duyuşal değerlendirme sonucu tat-aroma puanlarındaki değişimler.....	93
Şekil 4.26	Kefir örneklerinde depolama süresince duyuşal değerlendirme sonucu kıvam puanlarındaki değişimler .....	93
Şekil 4.27	Kefir örneklerinde depolama süresince duyuşal değerlendirme sonucu genel kabul edilebilirlik puanlarındaki değişimler.....	94



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Örnek kodları .....	26
Çizelge 4.1 Hammadde çiğ sütün bazı kimyasal nitelikleri (n=3) * .....	38
Çizelge 4.2 Kefir örneklerinin bazı kimyasal nitelikleri (n=3) .....	39
Çizelge 4.3 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerindeki değişimler .....	40
Çizelge 4.4 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktik asit değerlerindeki değişimler (%LA) .....	42
Çizelge 4.5 Kefir örneklerinin depolama süresince belirlenen toplam serbest amino asit seviyesine ilişkin absorbans değerlerindeki değişim (Å) .....	44
Çizelge 4.6 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen ABTS değerlerindeki değişimler (µmol Trolox/g örnek).....	48
Çizelge 4.7 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen DPPH değerlerindeki değişimler (%).....	50
Çizelge 4.8 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen FRAP değerlerindeki değişimler (%).....	51
Çizelge 4.9 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen su tutma kapasitesi değerlerindeki değişimler (%).....	52
Çizelge 4.10 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen organik asit değerlerindeki değişimler (mg/100 g).....	55
Çizelge 4.11 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktoz, glikoz ve galaktoz değerlerindeki değişimler (g/100 g).....	61
Çizelge 4.12 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen kıvam indeksi (K) ve akış davranış indeksi (n) değerlerindeki değişimler.....	68
Çizelge 4.13 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ renk değerlerindeki değişimler .....	70
Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm).....	73
Çizelge 4.15 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen maya sayıları (log kob/g) .....	87
Çizelge 4.16 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen <i>Lactococcus</i> ssp. sayıları (log kob/g) .....	89
Çizelge 4.17 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen <i>Lactobacillus</i> ssp. sayımı sonuçları (log kob/g).....	91
Çizelge 4.18 Kefir örneklerinde depolama süresince duyuşal değerlendirme puanlarındaki değişimler .....	92

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen gıda sektörü, tüketici beklentilerini karşılamak ve rekabet edebilmek için yeni ve fonksiyonel ürünler üretmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda tüketici eğilimleri probiyotik ürünlerin başı çektiği hem besleyici hem de sağlıkla ilgili ürünlerin tüketimine paralel ilerlemekte ve probiyotiklerin gıdalara destekleyici bir bileşen olarak ilavesi gün geçtikçe artmaktadır (Ranadheera vd. 2018, Sarwar vd. 2022, Tamang ve Lama 2022). En yaygın olarak kullanılan probiyotik taşıyıcı ürünler, söz konusu mikroorganizmaların gelişimi için gerekli tüm besin maddelerini içeren, insan beslenmesinde önemli yer tutan fermente süt ürünleri olarak gösterilmektedir (Lucatto vd. 2020, Khablenko vd. 2022).

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında bağırsak mikroflorasını geliştirerek insan sağlığına olumlu katkı sağlayan ve fonksiyonel gıdaların üretiminde yaygın olarak kullanılan yararlı canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Ranadheera vd. 2019, Lucatto vd. 2020, Staniszewski ve Kordowska-Wiater 2021, Khablenko vd. 2022). Probiyotik mikroorganizmalar bakteri, küf veya maya olabilir, ancak en yaygın olarak kullanılan probiyotik organizmalar bakterilerdir (Czerucka vd. 2007, Shruthi vd. 2022). Sağlık üzerine olumlu etkileri olan probiyotik bakteri türleri çoğunlukla *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Bacillus* ve *Escherichia* iken, maya olarak probiyotik etkisi kanıtlanmış tek cins *Saccharomyces*'tir (Staniszewski ve Kordowska-Wiater 2021, Khablenko vd. 2022).

Gıdalarda probiyotik olarak kullanılabilen *Saccharomyces* cinsi mayaların ishal, gıda zehirlenmesi, bağırsak enfeksiyonları gibi rahatsızlıkları önleyici sağlık üzerine olumlu pek çok etkisi olduğu bilinmektedir. Bu mayalar sindirim sisteminin normal florasını desteklerken aynı zamanda patojen mikroorganizmaların gelişimini önlemeye de yardımcı olmaktadır (Abid vd. 2022, Ljoljic vd. 2023).

Saccharomyces cinsi mayalar arasında *Saccharomyces cerevisiae*, ekmek ve benzeri tahıl bazlı gıdaların fermantasyonunda, birçok fermente ve alkollü ieeğin üretiminde kullanılan ticari önemi yüksek olan mayadır. Gıda endüstrisi ve biyoteknoloji alanlarında probiyotik olarak ve fırıncılık ürünlerinin üretimindeki kullanımına ek olarak *Saccharomyces cerevisiae*, insanlarla aynı hücre bölünmesi süreçlerini paylaştığından, hücre bölünmesi ve kanser üzerine yapılan çalışmalarda da tercih edilmektedir (Doğruoğlu ve Uzdil 2019, Ansari vd. 2021). Söz konusu mayalar arasında önemli bir başka suş ise probiyotik etkinliği kanıtlanmış ve insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olan *Saccharomyces boulardii* (*S. boulardii*)'dir (Hadjimbei vd. 2020, Göktaş vd. 2021).

*S. boulardii* klinik açıdan incelenerek Avrupa Gıda Güvenliđi Otoritesi (European Food Safety Authority, EFSA) tarafından güvenilir olarak kabul edilmiştir. Özellikle bağırsak sağlığı üzerinde etkili bir probiyotik olduğu belirlenen *S. boulardii*, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından onaylanmış ve insanlar tarafından kullanımına izin verilen tek probiyotik maya olarak bilinmektedir (Villar-García vd. 2017, McFarland ve Goh 2019, Hadjimbei vd. 2020, Ansari vd. 2021, Abid vd. 2022).

*S. cerevisiae* ile genetik olarak benzer nitelik gösteren *S. boulardii*, metabolik ve fizyolojik özellikleri ile *S. cerevisiae*'den ayrılmaktadır. Asit ve sıcaklığa direncinin yüksek olması, daha yüksek gelişim düzeyi, insan vücut sıcaklığında (37 °C) gelişim gösterebilmesi gibi farklılıklar *S. boulardii*'nin probiyotik olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Yıldıran vd. 2017, Khablenko vd. 2022, Shruthi vd. 2022).

Probiyotiklerin gelişimi, temel olarak konakçı organizmanın bağırsak lümenindeki popülasyonunun canlı kalabilme yeteneğine bağlıdır. Bu bakımdan probiyotik mayaların midede sindirim enzimleri ile mide ve safra öz suyuna karşı probiyotik bakterilere oranla daha fazla canlı kalabilme yeteneğine sahip oldukları bilinmektedir (Gut vd. 2019, Göktaş vd. 2021). *S. boulardii*, en yaygın kullanılan probiyotik bakterilerden olan *Lactobacillus* suşlarına göre farklı antibiyotiklere karşı direnç göstermesinden dolayı da daha yüksek oranda etkinlik göstermektedir (Yıldıran vd.

2017, Sharifi-Rad vd. 2020, Sarwar vd. 2022). *S. boulardii* aynı zamanda akut ve kronik diareye karşı etkili olup diğer probiyotiklerle beraber kullanıldığında insan sağlığı üzerindeki etkileri artmaktadır (Banik vd. 2019). *S. boulardii*'nin, probiyotik özelliğinin yanında biyoaktif bileşenlerin oluşumunda etkili olduğu, özellikle ürünün antioksidan kapasitenin artmasına katkı sağladığı bildirilmektedir (Lazo-Velez vd. 2018, Gut vd. 2019, Hadjimbei vd. 2020, Abid vd. 2022).

Literatüre bakıldığında *S. boulardii*'nin süt ürünleri (Ivanova vd. 2012, Niamah 2017, Kalkan 2019, Hadjimbei vd. 2020, Sarwar vd. 2021, Sarwar vd. 2022,) tahıl ve bakliyatlar (Ryan vd. 2011, Chandrasekar-Rajendran vd. 2017, Tamang and Lama 2022), meyve ve sebze suları (Fратиanni vd. 2013, Değirmencioğlu vd. 2016) gibi farklı gıdalarda kullanımına ilişkin çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte kefirde kullanımına yönelik sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır (Ivanova vd. 2012, Kalkan 2019).

*S. boulardii* suşu laktozu fermente edemediği için fermente ürünlerde ikincil flora olarak laktik asit bakterileri ile beraber kullanılmakta ve laktik asit bakterileri laktozu glikoz ve galaktoza dönüştürdükten sonra gelişmeye başlamaktadır (Parrella vd. 2012, Lazo-Velez vd. 2018). Oluşan moleküllerden sadece glikoz laktik asite dönüşmektedir. Ortamda bulunan yüksek konsantrasyondaki galaktoz, laktozu fermente edemeyen ve galaktoz pozitif olan *S. boulardii* için optimum gelişme ortamını oluşturmaktadır. Sonuç olarak, *S. boulardii* fermente süt ürünlerinde fermentasyonun ilerlemesiyle birlikte ortamdaki laktozun laktik asit bakterileri aracılığıyla glikoz ve galaktoza parçalanması sonucu faaliyet göstermeye başlamaktadır (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001, Champagne vd. 2005, Niamah 2017).

Probiyotiklerin, ürünün işlenmesi ve depolanması süresince tüketime kadar canlılığını koruması gerekmektedir. Probiyotik organizmaların canlılık düzeyine ilişkin genel kabul gören bir görüş bulunmamakla birlikte, sağlık açısından olumlu etkilerin görülmesi için en az  $10^6 - 10^7$  kob/g probiyotik canlı mikroorganizma varlığı olması gerektiği belirtilmektedir (Lazo-Velez vd. 2018, Pais vd. 2020, Gao vd. 2021, Ansari vd. 2023). Probiyotik gıda, "İçerisinde raf ömrü sonuna kadar yeterli miktarda canlı

probiyotik mikroorganizma ( $1.0 \times 10^6$  kob/g) bulunduran ve bu canlılığı muhafaza eden ürün” olarak tanımlanmaktadır (Türk Gıda Kodeksi 2006/34-26221).

Farklı sütler arasında özellikle keçi süt ve ürünlerinin raf ömrü boyunca probiyotikleri sağlık için gerekli olan minimum seviyede tutarak ( $>10^6-10^7$  kob/g) iyi bir taşıyıcı görevi üstlendiği bilinmektedir (Ranadheera vd. 2018, 2019). Probiyotiklerin fermentasyon sırasında aromaya katkı sağlayan çeşitli uçucu bileşenleri üreterek istenmeyen tat-aroma kusurlarını maskeleydiği, aynı zamanda reolojik özellikleri de geliştirdiği bildirilmektedir (Karaolis vd. 2013, Niamah 2017, Ranadheera vd. 2018, Sarwar vd. 2019). Yapılan araştırmalarda keçi sütünden üretilen ürünlerde probiyotik mikroorganizmaların kullanımının, keçi sütünün karakteristik tat ve aromasını maskeleyerek ürünün duyu özelliklerine katkı sağladığı ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini arttırdığı belirlenmiştir (Silva vd. 2017, Hamad vd. 2018, Ranadheera vd. 2019).

Bu nedenlerle, beslenme açısından önemli bir fermente süt ürünü olan kefirin, laktozu hidrolize keçi sütünden *S. boulardii* ilavesi ile üretilmesi konusunun özgün değeri ve literatüre sağlayacağı katkı açısından çalışmanın bilimsel olarak önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca, yapılan çalışmada kefir üretiminde kullanılacak keçi sütü kaynaklı istenmeyen duyu özelliklerin, hammadde sütte laktoz hidrolizasyonu ve probiyotik ilavesi ile geliştirilmesi olasılığının araştırılması, tüketiciye tercih edilebileceği sağlıklı bir ürün alternatifi sunmak açısından da önemli görülmektedir. Tüm bu bilimsel veriler ışığında bu çalışmanın amaçları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır.

- Keçi sütünden kefir üretiminde probiyotik özellikteki tek maya olan *S. boulardii* kullanımının ürün fizikokimyasal, reolojik ve duyu özellikleri üzerinde etkilerinin incelenmesi.
- Hammadde olarak kullanılacak keçi sütünde laktoz hidrolizasyonunun *S. boulardii*'nin gelişimi üzerindeki olası etkisinin belirlenmesi.

- Kefirde oluşması muhtemel antioksidan aktivite düzeyindeki değişimin *S. boulardii* ilavesiyle ilişkili olarak depolama süresince incelenmesi.

- Kefir üretiminde hammadde olarak kullanılacak keçi sütünde laktoz hidrolizasyonu ve *S. boulardii* ilavesi ile tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilebilecek bir kefir üretme potansiyelinin araştırılması.



## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Probiyotikler: Genel Özellikleri ve Sağlık Açısından Faydaları

Probiyotik terimi "yaşam için" anlamına gelen Latince pro ve Yunanca bios sözcüklerinden türetilmiştir (Yılmaz 2018, Göktaş 2021). Probiyotikler, yeterli konsantrasyonlarda alındığında konakçıya sağlık açısından yarar sağlayabilen canlı mikroorganizmalardır. Bu tanım 2001 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization, FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) tarafından türetilen referans tanım olarak kullanılmaktadır (FAO/WHO 2002). Bu tanımda da ifade edildiği gibi, probiyotik mikroorganizmalar bağırsak, ağız boşluğu, üst solunum yolu, mide ve cilt sağlığı üzerine pek çok yarar sağlamaktadır (Lucatto vd. 2020, Staniszewski ve Kordowska-Wiater 2021, Khablenko vd. 2022).

Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak kullanılabilmesi için sahip olması gereken belirli özellikler bulunmaktadır. Probiyotik bir organizma, üst mide ve bağırsak yolunun asidik koşullarında canlı kalabilmeli ve daha sonra bağırsakta çoğalmalı ve/veya bağırsakta çoğalabilmeli ve/veya bağırsakta kolonize olabilmelidir. Organizma veya fermentasyon ürünleri hücre bileşenlerine karşı hiçbir patojenik, toksik, mutajenik veya kanserojenik reaksiyon yaratmamalıdır. Ayrıca probiyotik organizma, kanserojen ve patojen mikroorganizmalara karşı antagonistik etkiye sahip olabilmeli ve genetik olarak stabil olmalıdır. İlâveten, bir organizmanın uygun bir probiyotik olması için, kolayca yeniden üretilebilir olması, işleme ve depolama sırasında canlı kalabilmesi gerekmektedir (Göktaş 2021, Gao vd. 2021, Abid vd. 2022, Wang vd. 2022).

Herhangi bir probiyotik gıdanın terapötik değeri genellikle bu bakterilerin ürünlerdeki canlılığına bağlıdır. Probiyotik özellik için fonksiyonel bir gıda ürününde bulunması gereken probiyotik sayısı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Tamime vd. (1995), genellikle süt ürünlerinin, tüketim anında etkili olması için her mililitre veya gram probiyotik üründe en az  $10^6$  kob canlı probiyotik bakteri içermesi gerektiğini

ifade etmiştir. Uluslararası Sütçülük Federasyonu (International Dairy Federation, IDF) ise tüketim anında probiyotik ürünlerde gram başına en az  $10^7$  kob probiyotik bakteri bulunması gerektiğini bildirmektedir. Literatürde probiyotik mikroorganizmaların işleme, depolama ve hatta bireyin sindirim sürecinde  $10^6$  ile  $10^9$  kob/g veya kob/mL konsantrasyonlarında canlı kalması gerektiğini bildiren veriler de bulunmaktadır (Sarkar 2013, Gao vd. 2021, Ansari vd. 2023).

Probiyotik organizmaların sağlık etkileri; dengeli bağırsak mikrobiyotasının yeniden kurulması, serum kolesterolünün sistemik olarak azaltılması, bağışıklık sistemi etkinliğinin artırılması, kalsiyum emiliminin iyileştirilmesi, antibiyotik kaynaklı ishal şikayetlerinin önlenmesi veya süresinin kısaltılması, laktoz intoleransına bağlı şikayetlerin hafifletilmesi, bağırsakta kansere neden olan enzimlerin veya bakteriyel metabolitlerin konsantrasyonunun azaltılması, sağlıklı kişilerde gastrointestinal sistem ile ilgili spesifik olmayan ve düzensiz şikayetlerin önlenmesi veya hafifletilmesi, bebeklerde alerji ve atopik hastalıkların önlenmesi veya hafifletilmesi, soğuk algınlığı, grip gibi solunum yolu enfeksiyonlarının ve diğer bulaşıcı hastalıkların önlenmesi şeklinde sıralanabilir (Ansari vd. 2021, Göktaş 2021, Khablenko vd. 2022, Abid vd. 2022, Sarwar vd. 2022). Probiyotiklerin obezite, insülin direnci ve tip 2 diyabet gibi hastalıkların tedavisinde de etkili oldukları klinik çalışmalarla kanıtlanmıştır (Markowiak and Slizewska, 2017; Ślizewska et al., 2021, Tamang and Lama 2022).

Çok sayıdaki bağırsak mikrobiyotası arasında, bağırsak mikrobiyal dengesini iyileştirerek konakçıya olumlu katkı sağlaması beklenen ve bu nedenle probiyotik olarak seçilen organizmalar arasında *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Enterococcus* cinsi bakteri türleri yer almaktadır (Gordin and Gorbach, 2015, Abid vd. 2022). Laktobasiller, bifidobakterler, laktokoklar ve bazı mayalar dahil olmak üzere çoğu probiyotik mikroorganizmalar, güvenli olarak kabul edilen GRAS (Generally Recognized As Safe) statüsünde sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte, streptokoklar, enterokoklar ve diğer spor oluşturan bakteriler gibi GRAS statüsüne sahip olmayan ancak probiyotik olarak kullanılmış organizma grupları da bulunmaktadır (Markowiak and Ślizewska, 2017, Zawistowska-Rojek and Tyski, 2018).

Fermente süt ürünleri, dünyada sağlıklı gıda olarak kabul edilen ve probiyotiklerin alımında yaygın olarak kullanılan en popüler gıdalardır (Mortazavian vd. 2010, Marafon vd. 2011, Lucatto vd. 2020). Son yıllarda besleyici ve fonksiyonel gıdalara olan talep artmış ve süt ürünleri de bu alanda büyük bir pazar payına ulaşmıştır. Fonksiyonel süt ürünlerinin önemli bir kısmını probiyotik fermente süt ürünleri oluşturmakta ve üründe pozitif sağlık etkilerinin oluşmasında üretimde kullanılan probiyotik mikroorganizmalar etkili olmaktadır (Lucatto vd. 2020, Hadjimbei vd. 2020, Sarwar vd. 2022).

Gıdalarda kullanılacak probiyotik mikroorganizmalar tüketicinin sağlığına olumlu etki göstermesinin yanında, ürünün teknolojik özellikleri, raf ömrü ve duyuşsal özelliklerine katkı sağlaması ve son ürüne kazandıracak fonksiyonel özellikler açısından da önem taşımaktadır (Parella vd. 2012, Lazo-Velez vd. 2018). Fermente süt ürünlerine eklenen probiyotikler çoğunlukla Laktobasilleri ve bifidobakterleri içeren bakteriler olmaktadır. Bununla birlikte probiyotik mayaların da fermente süt ürünlerinde yardımcı kültür olarak kullanılmasının ürünlere farklı fonksiyonel ve duyuşsal özellikler kazandırdığı bildirilmektedir (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001, Niamah 2017). Değirmencioğlu vd. (2016) yaptıkları çalışmada *S. cerevisiae* ve *S. boulardii* ilavesi ile üretilen fermente sebze sularında antioksidan kapasitesinde artış olduğunu belirlemişlerdir.

Keçi sütünden üretilen içilebilir yoğurtlarda farklı inokulasyon oranlarında (0.2-0.3-0.4 g/L) *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus acidophilus* ilavesinin ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklere etkileri incelendiği bir çalışmada, probiyotik ilave edilen ürünlerin tümünde istenen duyuşsal özelliklerin sağlandığı, 0.3 g/L inokulasyon oranında *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*) içeren içilebilir yoğurt rnklerinin ise duyuşsal açıdan en yüksek puanı aldığı belirlenmiştir (Gamage vd. 2016).

Keçi sütünden üretilen yoğurtlarda zm ekstraktı ve *L. acidophilus* ilavesinin ürüne etkilerinin incelendiği bir çalışmada, %20 zm ekstraktı içeren *L. acidophilus* ilaveli

yoğurtların en iyi renk karakteristiği, viskozite ve duyuşal niteliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Silva vd. 2017).

Son yıllarda probiyotikler üzerine yapılan çalışmalarda artış görülmesiyle birlikte kısıtlı çalışma alanı olan probiyotik mayalar da ilgi çekici araştırma konusu haline gelmiştir (Staniszewski ve Kordowska-Wiater 2021, Shruthi vd. 2022, Tamang ve Lama 2022).

Kefirde *S. boulardii*'nin kullanımın araştırıldığı bir çalışmada, kefir kültürüne *S. boulardii* ilavesinin, ürünün lezzet özelliklerini geliştirdiği bulunmuştur (Ivanova vd. 2012). Benzer şekilde yoğurtta *S. boulardii* ve inülin ilavesinin incelendiği bir başka çalışmada maya-inülin kombinasyonunun üründe uçucu bileşenlerin miktarını arttırdığı ve aynı zamanda ürün tekstürünü geliştirdiği tespit edilmiştir (Sarwar vd. 2019).

Keçi sütünden üretilen fermente içeceklerde probiyotiklerin ve farklı katkı maddelerinin etkileri üzerine yapılan çalışmalar, ürünlerin hem kimyasal hem de duyuşal özelliklerinde önemli iyileşmeler olduğunu göstermektedir. El-Sayed vd. (2024)'n yaptığı çalışmada keçi style üretilen fermente iekte keçiboynuzu pekmezi ve çeşitli probiyotik suşlarının (*Bifidobacterium bifidum* ve *Lactobacillus helveticus*) fizikokimyasal ve antioksidatif özelliklere olan etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada, keçiboynuzu pekmezi ilavesinin fenolik içeriği ve antioksidan aktiviteyi önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak keçi boynuzu ve probiyotik ilavesinin üründe karakteristik teke tadını maskelediği ve ürünün kabul edilebilirliği üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı gözlemlenmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada ise, ultrafiltre edilmiş keçi sütünden üretilen yoğurtlarda probiyotik ilavesinin duyuşal özelliklerde gelişme ve canlı laktik asit bakterisi sayısında artış sağladığı belirlenmiştir (Dushkova vd. 2023).

## 2.2 *Saccharomyces boulardii*: Probiyotik Özellikleri ve Gıdalarda Kullanımı

*S. boulardii* 1920'li yıllarda Fransız bilim adamı Henri Boulard tarafından bir kolera salgını sırasında Hindistan-Çin bölgesinde keşfedilmiştir. Henri Boulard liçi ve mango gibi tropik meyveleri ve bu meyvelerden hazırlanan çayları tüketen insanlarda kolera semptomlarının görülmediğini gözlemlemiş ve sonrasında liçi meyvesinden *S. boulardii*'yi izole etmiştir (Göktaş, 2021). Gastrik koşullarda canlı kalabilen, antibiyotikler tarafından inhibe edilmeyen, normal mikrobiyotayı olumsuz yönde etkilemeyen *S. boulardii* yapılan klinik çalışmalarla etkinliği kanıtlanmış tek probiyotik ve biyoterapötik maya olarak dikkat çekmektedir (Karaolis vd. 2013, Niamah 2017, Ansari vd. 2020, Shruthi vd. 2022). Patojen mikroorganizmaların gelişimini yavaşlattığı bilinen *S. boulardii* günümüzde Türkiye, Fransa, Almanya, Hollanda, Pakistan gibi birçok ülkede diyare gibi birçok bağırsak rahatsızlığı için koruyucu ve tedavi edici olarak kullanılmaktadır (Karaolis vd. 2013, Niamah 2017, Sarwar vd. 2021).

Probiyotik bakterilerin aksine *S. boulardii*, bağırsak florasında yer almamaktadır. Ancak, mide asitliğine, safra tuzlarına ve pankreatik sıvılara dayanıklılık göstermektedir. *S. boulardii*'nin bu özelliği ona canlılığını koruma ve antibiyotik tedavilerine karşı direnç gösterme yeteneği kazandırmıştır. Bundan dolayı *S. boulardii*, yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde en iyi probiyotik alternatiflerden biri olarak değerlendirilmektedir (Karaolis vd. 2013, Niamah 2017, Khablenko vd. 2022, Shruthi vd. 2022).

*S. boulardii*, probiyotiklerin sahip olduğu birçok etkiyi sergilemektedir. Bunlar arasında *S. boulardii*'nin iyi bir antimikrobiyal etki göstererek patojenleri yok etmesi sayılabilmektedir. Bu özelliği sayesinde *Clostridium difficile* kaynaklı enfeksiyonlarda tedavi edici olarak *S. boulardii* kullanımı önerilmektedir. Buna ek olarak *S. boulardii* bağışıklık fonksiyonunun düzenlenmesinde rol oynamakta ve *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Clostridium difficile* ve *Candida albicans* kaynaklı enfeksiyonlarda inflamatuvar etki oluşturan molekülleri baskılayarak inflamatuvar etki mekanizmasını düzenleyebilmektedir (Shruthi vd. 2022).

Yapılan klinik çalışmalarda, *S. boulardii*'nin antibakteriyel moleküllerin üretimi, probiyotiklerin gelişimini destekleme, bağışıklığı destekleyen maddelerin üretimi, bağırsak ile ilgili hücrelerin gelişimini teşvik etme, sükröz, laktaz ve maltaz gibi sindirim enzimlerinin, kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini artırma ve vücuttaki iltihaplanmayı önleme gibi özellikleriyle sağlığa yararlı pek çok etkisinden söz edilmektedir (McFarland 2010, Ansari vd. 2021, Göktaş 2021).

*S. boulardii*, endüstriyel mikrobiyolojide çeşitli gıda ürünlerinin üretilmesinde kullanılan ve fırıncılık mayası olarak da bilinen *S. cerevisiae* ile aynı cinse mensup ve genetik olarak benzerlikler göstermektedir. Ancak, yapılan genetik çalışmalar *S. boulardii* ve *S. cerevisiae*'nin metabolik ve probiyotik özellikleri bakımından önemli farklılıkları bulunduğunu göstermiştir (Karaolis vd. 2013). *S. boulardii*'nin temel farklılıkları; optimum gelişme sıcaklığının insan vücut sıcaklığı olan 37°C olması, düşük pH değerlerinde canlı kalabilmesi, galaktozu kullanması ve sporla çoğalmamasıdır (Göktaş, 2021).

Genel olarak gıda takviyesi olarak kullanımının yanında *S. boulardii*'nin süt ürünleri (Niamah 2017, Hadjimbei vd. 2020, Ansari vd. 2021), meyve suları (Değirmencioğlu vd. 2016), fermente içecekler (Karaolis 2013), tahıllar (Parella vd. 2012), baklagiller (Sarwar vd. 2021) gibi bazı gıdalarda kullanımına yönelik araştırmalar bulunmaktadır.

Normal şartlarda glukoz, fermentasyon sonucu laktik aside dönüşmektedir. Bazı mayalar laktik asidi ve organik asitleri metabolize ederek hem kendi gelişimlerini sağlamakta hem de laktik asit bakterileri için uygun ortam koşullarını oluşturmaktadır (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001, Parella vd. 2012, Lazo-Velez vd. 2018). *S. boulardii* laktozu fermente edemediği için fermente ürünlerde ikincil flora olarak laktik asit bakterileri ile beraber kullanılmakta ve laktik asit bakterileri laktozu glikoz ve galaktoza dönüştürdükten sonra gelişmeye başlamaktadır (Parrella vd. 2012, Lazo-Velez vd. 2018). Oluşan moleküllerden sadece glikoz laktik asite dönüşmektedir. Ortamda bulunan yüksek konsantrasyondaki galaktoz, laktozu fermente edemeyen ve galaktoz pozitif olan *S. boulardii* için optimum gelişme ortamını oluşturmaktadır.

Sonuç, olarak *S. boulardii* fermente süt ürünlerinde aktivite gösterebilmektedir (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001, Champagne vd. 2005, Niamah 2017).

*S. boulardii*'nin düşük pH seviyelerinde diğer *Saccharomyces* suşlarına göre daha fazla dayanıklılık gösterdiği ve bundan dolayı depolama süresince stabilitesini koruduğu bildirilmektedir (Lazo-Velez vd. 2018). Bu sayede fermente ürünlerde daha yüksek aktivite göstererek fonksiyonel özelliklerin gelişmesine katkı sağlayacağı bildirilmektedir (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001, Değirmencioğlu vd. 2016). *S. boulardii* aynı zamanda laktik asit bakterilerinin gelişimini stimüle ederek depolama süresince canlılıklarını korumalarına katkı sağlamaktadır (Parella vd. 2012).

Literatürde süt ürünlerinde *S. boulardii*'nin yer aldığı çalışmalar incelendiğinde, fermente süt ürünlerinde kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu belirlenmiş ve yoğurt ile yapılmış çalışmalara (Karaolis vd. 2013, Niamah vd. 2017, Hadjimbei vd. 2020, Sarwar vd. 2019), fermente süt üretiminde kullanımına ilişkin bir çalışmaya (Parrella vd. 2012), peynir ve peyniraltı suyunda yapılmış çalışmalara (Psomas vd. 2003, Zamora-Vega vd. 2012, Zamora-Vega vd. 2013, Trigueros vd. 2016) rastlanılmıştır. İlaveten, kefir üretiminde *S. boulardii* ilavesinin incelendiği ve planlanan çalışmadan farklı olarak kurgulanmış az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Ivanova vd. 2012, Kalkan 2019, Gökteş vd. 2021).

Lourens-Hattingh ve Viljoen (2011)'in yaptıkları çalışmada, bio-yoğurtlar, UHT yoğurtlar ve UHT süt ürünlerine *S. boulardii* mayası ilave edilerek üretilen 4 hafta depolanan ürünlerin probiyotik nitelikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda ürünün raf ömrü boyunca *S. boulardii* gelişiminin arttığı gözlenmiştir.

Zamora-Vega vd. (2012) yaptıkları çalışmada *S. boulardii*'yi prebiyotik ajan olan inülin ile birlikte enkapsüle ve enkapsüle edilmeyen formda peynir üretiminde kullanmışlardır. 4°C'de 30 gün boyunca depolanan peynir örneklerinde enkapsüle edilen probiyotik organizmanın canlılığı enkapsüle edilmeyen forma göre daha yüksek bulunmuştur. Peynir örneklerinde *S. boulardii* ile inülin arasındaki simbiyotik ilişkisinin peynirin duyuşal özelliklerini değiştirmediği ancak, depolama süresince

probiyotik ürün için istenen gerekli canlı organizma düzeyinin ( $10^6$  kob/g) korunduğu belirtilmiştir.

Parrella vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada laktik asit bakterileri ve *S. boulardii* ile fermente edilmiş sütlerde maya ilavesinin depolama süresince ürünlerde laktik asit bakterilerinin stabilitesini artırdığı belirlenmiştir.

Karaolis vd. (2013) yaptıkları çalışmada yoğurtta *S. boulardii*'nin yoğurt bakterileri ile birlikte kullanıldığında keçi sütünden üretilen yoğurtlarda laktik asit bakterilerinin canlılığını teşvik ettiği, aynı zamanda yüksek düzeyde kendi canlılığını da koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada keçi sütünden yoğurt üretiminde *S. boulardii* ilavesinin ürünün panelistler tarafından duyuşal olarak kabul edilebilirliğinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Zamora-Vega (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada taze peynir üretiminde *S. boulardii* ilavesinin ürünün kantite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada *S. boulardii*'nin peynirin kimyasal kompozisyonunda herhangi bir değişikliğe neden olmadığı, ürünün duyuşal özelliklerinin geliştirerek kabul edilebilirliğini arttırdığı belirlenmiştir.

Yoğurtta *S. boulardii* ilavesinin etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada, 21 günlük depolama sürecinde maya ilaveli örneklerde kimyasal ve reolojik özelliklerde iyileşme belirlenmiştir. Yapılan çalışmada %2 ve %3 maya inokule edilmiş yoğurtlardaki *S. boulardii* sayısının sağlık açısından yararlı etki göstermesi için kabul edilen minimum eşik değerden ( $10^6$  kob/g) yüksek olduğu bulunmuştur (Niamah 2017).

Yoğurtta *S. boulardii* ve inülin ilavesinin incelendiği bir çalışmada maya-inülin kombinasyonunun üründe aromaya katkı sağlayan uçucu bileşenlerin miktarını arttırdığı ve aynı zamanda ürün tekstürünü geliştirdiği tespit edilmiştir (Sarwar vd. 2019). Bir başka çalışmada keçi sütünden peyniraltı suyu, inülin ve oligofruktoz ve probiyotik kültür ilavesiyle üretilen fermente sütte 28 günlük depolama sürecinde

duyusal özelliklerin kabul edilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir (Ranadheera vd. 2018).

Kefirde mikroenkapsüle *S. boulardii* kullanımının araştırıldığı bir çalışmada, kefir örneklerinde depolama süresi boyunca *S. boulardii*'nin canlılığını yeterli düzeyde koruduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, söz konusu maya ilavesin ürünün kalite özelliklerinin gelişmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Kalkan 2019).

Pandiyan vd. (2019) farklı asitlikte fermantasyon koşullarında (pH 5.0-5.5-6.0) olgunlaştırılan dondurma mikslerine *S. boulardii* inoküle ederek dondurma örneklerinde probiyotik canlı organizma sayısı ve duyuşsal özelliklerdeki değişimi incelemiştir. Daha düşük asitlikte (pH 5.5 ve 5.0) olan dondurma örneklerinde probiyotik gıdalar için belirtilen yeterli düzeyde canlı mikroorganizma sayısının korunduğu, bununla birlikte pH 5.5'de olgunlaştırılan dondurmaların duyuşsal özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Hadjimbei vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada *Pistacia atlantica* reçinesi ve *S. boulardii* ilave edilen keçi sütünden üretilmiş yoğurtlarda *S. boulardii*'nin laktik asit bakteri popülasyonunun gelişimini teşvik ettiği ve ürünün duyuşsal özelliklerinin gelişmesine katkı sağladığı belirlenmiştir.

Göktaş vd. (2021)'in yaptığı çalışmada kefir örneklerinden izole edilen maya türleri incelenmiş ve *S. boulardii*'nin gastrointestinal sindirime karşı en dirençli tür olduğu tespit edilmiştir.

### **2.3 Kefir**

Kefir, binlerce yıldır tüketilen ve fonksiyonel gıdalar arasında önemli bir yere sahip olan fermente bir süt içeceğidir. Kafkasya kökenli bir içecek olan kefirin adının Türkçe'de "sevinç/zevk" anlamına gelen "keyif" kelimesinden geldiğine inanılmaktadır (Gaware vd. 2011, Azizkhani vd. 2021, Aroua vd. 2023). Türk Gıda Kodeksi

Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne (2022/44-32029) göre kefir “*Laktik asit bakterileri, asetik asit bakterileri ve Torula mayalarını içeren kefir danelerinin sütü fermente etmesi sonucu oluşan içilebilir kıvamdaki ürün*” olarak tanımlanmaktadır. Codex Alimentarius (2011)'e göre, tipik bir kefir en az %2,7 protein, %0,6 laktik asit ve %10'dan az yağ içermelidir. Üretilen fermente sütteki toplam mikroorganizma ve maya sayıları herbiri en az  $10^6$  kob/mL olmalıdır.

Kefir, probiyotik özellik taşıyan ve tüketildiğinde insan sağlığına önemli ölçüde katkı sağlayan fonksiyonel fermente bir süt ürünüdür (Radiati vd. 2022). Diğer fermente süt ürünlerinden farklı olarak kefir, laktik asit ve asetik asit üreten bakteriler (laktobasiller, streptokoklar, laktokoklar, asetik asit bakterileri) ile simbiyotik ilişki içinde yaşayan laktozu fermente eden ve edemeyen mayaların fermantasyonuyla üretilmektedir (Şatır ve Güzel-Seydim 2015, Azizkhani vd. 2021, Benzer Gürel vd. 2021, Aroua vd. 2023).

Sağlıklı, inovatif ve fonksiyonel gıdalara artan talep probiyotik mikroorganizmaların önemini de giderek arttırmıştır. Kefirde bulunan mikroorganizmalar probiyotik potansiyele sahiptir. Kefirden izole edilen çok sayıda bakteri türü, gastrointestinal kanaldaki düşük pH ve safra tuzlarına karşı yüksek direnç göstermekte ve bağırsak mukozasına tutunabilmektedir (Azizkhani vd. 2021, Aroua vd. 2023).

Kefir, sütte bulunan yağ, laktoz, mineral maddeler ve vitaminler gibi tüm besinleri içermektedir. Fermentasyon sırasında bazı vitaminlerin sentezi ve proteinlerin, laktozun ve yağın parçalanması, kefirin hem besin değerini hem de sindirilebilirliğini artırmaktadır. Kefirin bağışıklık ve sindirim sistemini düzenleyici etkisi, anti-tümör özelliği, gelişmiş laktoz toleransı, kolesterol düşürücü ve anti-obezite özellikleri literatürde geniş yer bulmaktadır (Güzel-Seydim vd. 2021).

Kefirde mikrobiyal fermantasyon sonucu laktik asit, organik asitler, biyoaktif peptitler, amino asitler, ekzopolisakkaritler, bakteriyosinler, antibiyotikler, vitaminler (B1, B12) ve kalsiyum gibi birçok değerli organik bileşikler üretilmektedir (Xie vd. 2012, Pogačić vd. 2013, Ahmed vd., 2015, Khoramdareh vd. 2022, Rutkowska vd. 2022).

Bu bileşikler bağımsız olarak veya birbirleriyle etkileşerek kefirin antibakteriyel, antihipertansif, anti-inflamatuar, antioksidan ve anti-alerjik aktiviteler, bağışıklık sistemini destekleyici ve bağırsak florasını dengeleyici özellikleri ile sağlık üzerine olumlu birçok etkisine katkı sağlamaktadır (Erkaya-Yılmaz vd. 2016, Şanlı vd. 2018, Buran 2020, Aroua vd. 2023).

Kefir, geleneksel ve endüstriyel olarak iki şekilde üretilmektedir. Geleneksel kefir üretimi kefir daneleriyle gerçekleştirilirken, endüstriyel kefir üretiminde ticari starter kültürler kullanılmaktadır. Ancak, kefir daneleri dinamik ve karmaşık bir mikrofloya sahip olduğundan, standart ve stabil ticari ürünlerin üretimi için uygun değildir. Bu nedenle, endüstriyel olarak kefir üretiminde ticari kültür kullanılmaktadır. Kefir danelerinden izole edilen laktik asit bakterileri (LAB) ve mayaları içeren liyofilize ticari starter kültürler mevcuttur ve bazılarında nihai üründe istenen özellikleri sağlamak amacıyla yardımcı kültürler de kullanılabilir. Kefir üretiminde starter kültür kullanımı, üretimi kolaylaştırmakta ve standart ürün üretimini olanaklı kılmaktadır (Yılmaz Ersan vd. 2017, Şanlı vd. 2018, Azizkhani vd. 2021, Bulat ve Topcu 2021, Aroua vd. 2023).

Kefir üretiminde fermantasyon sürecinde, mayalar ve laktik asit bakterilerinin birbirleriyle simbiyotik etkisi görülmektedir. Kefir mikroflorasında laktozu fermente edemeyen mayalar ve asetik asit bakterileri de bulunmakta ve sinerjik bir sistem içinde bir arada varlıklarını sürdürmektedir. Mayalar, bakterilerin gelişimi için vitaminler, amino asitler ve diğer temel büyüme faktörlerini sağlarken, bakteriyel faaliyet sonucu meydana gelen metabolik son ürünler ise maya tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Plessas vd. 2005, Bourrie vd. 2018, Chen vd. 2021, Ganatsios vd. 2021). Kefirdeki mikrobiyal çeşitlilik, fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini, kefirin biyolojik aktivitelerini ve dolayısıyla besinsel özelliklerini belirleyen önemli bir faktördür (Guangsen vd. 2021).

Kefir üretiminde fermantasyonda oluşan başlıca ürünler; laktik asit, asetaldehit, asetoin, diasetil, etanol ve CO<sub>2</sub>'dir (Güzel-Seydim vd. 2000). Kefirde laktozun laktik aside dönüştürülmesinde başlıca laktik asit bakterileri sorumlu olup, laktozu fermente

eden mayalar da laktozu etanole ve CO<sub>2</sub>'ye dönüştürmektedir (Chen vd. 2021). Kefirde tat-aroma; kefir mikroorganizmaları ve onların etkileşimleri ile oluşan, laktik ve asetik asitler, karbondioksit, etanol, asetaldehit, asetoin vb. uçucu bileşikleri içeren metabolik ürünlerle ilişkilidir. Kefir üretiminde kullanılan hammadde süt, starter kültür (daneler veya kültürler) ve fermentasyon koşullarına bağlı olarak üretilen metabolitlerin miktar ve konsantrasyonu son ürünün tat ve aroma özelliklerini önemli ölçüde etkiler (Lynch vd. 2021).

Kefir ağırlıklı olarak inek sütünden üretilmekle birlikte, koyun (Wojtowski vd. 2003, Saygılı vd. 2021), keçi (Tratnik vd. 2006, Şatır ve Güzel-Seydim 2015, Saygılı vd. 2021, Benzer Gürel vd. 2021) ve manda (Gül vd. 2018) sütleri kullanılarak üretilen kefirlerin farklı özelliklerinin araştırıldığı çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Farklı sütlerin kimyasal bileşenlerindeki varyasyonlar nedeniyle, bu sütlerden elde edilen ürünlerin kalitesi ve sağlıkla ilişkili özelliklerinde de farklılıklar olabilmektedir (Guangsen vd. 2021). Kullanılan hammadde süt (süt türü, yağ içeriği), kültür çeşidi (inokülasyon formu ve miktarı), fermentasyon sıcaklığı ve süresi, depolama koşulları kefirin mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özelliklerini etkilemekte ve üründe farklı kalite özellikleri elde edilebilmektedir (Yılmaz-Ersan vd. 2016, Bulat ve Topcu 2021, Ganatsios vd. 2021).

Son yıllarda probiyotik özellikte fonksiyonel gıdalara olan talep artmıştır. Bu bağlamda, sağlığı teşvik eden bakterilere sahip doğal bir içecek olarak pazarlanabilmesi nedeniyle kefir tüketimine talep giderek artmaktadır. Ülkemizde tüketici talebine göre üretilmiş çok sayıda kefir çeşidi bulunmaktadır. Bunlar arasında çilekli, orman meyveli, muzlu, yaban mersinli, şeftalili kefir çeşitleri yer almaktadır. Buna ek olarak laktoz intoleransına sahip bireyler için üretilmiş laktozsuz kefir de piyasada bulunan çeşitler arasında yer almaktadır.

## **2.4 Keçi Sütü**

Keçi sütü bileşim açısından inek sütüne yakın değerlere sahip olup bileşimindeki proteinli maddelerin yaklaşık %75'i kazeinden oluştuğu için, kazeinli sütler grubuna

dahildir (Bidot-Fernandez 2018). Bununla birlikte, keçi sütü pek çok yönüyle inek sütünden farklılık gösteren bir süt türü olup daha fazla serbest aminoasit içeriğine ve eşsiz kazein presipitasyonuna sahiptir (Tamime ve Robinson 1999).

Keçi sütü, inek sütüyle karşılaştırıldığında kazein proteinlerinde miktar ve genetik varyasyonlar açısından farklılık gösterir. Keçi sütünde baskın kazein fraksiyonu %54.8 ile  $\beta$ -kazein olup, inek sütünde bu oran toplam kazeinin %36'sını oluşturur. Keçi sütünün en önemli kimyasal farklılıklarından birisi, inek sütüne göre hipoalerjenik olmasıdır. Keçi sütü alerjen olduğu bilinen protein fraksiyonlarından  $\alpha_{s1}$ -kazeini daha düşük düzeyde içermektedir. Keçi sütünde  $\alpha_{s1}$ -kazein-kazein oranı (%5.6) iken, inek sütünde bu oran toplam kazeinin %38'ini oluşturmaktadır (Roncada vd. 2018, Akshit vd. 2024). Bu nedenle keçi sütünün inek sütüne iyi bir alternatif olabileceği ve keçi sütü kullanımıyla alerjinin %30-40'lara ulaşan oranda azaltılabileceği bildirilmektedir (Gurung vd. 2020). İnek sütüne kıyasla keçi sütünün  $\alpha_{s1}$ -kazein seviyesinin daha düşük olması aynı zamanda daha yumuşak kazein pıhtısı vermesini sağlamaktadır. Bu sebeple keçi sütü proteinleri, inek sütü proteinlerinden daha kolay sindirilebilmektedir (Ahmed 2015, Miranda vd. 2018).

Keçi sütü 3.2 ile 3.6 mikron arasında değişen yağ globülleri boyutu ile doğal olarak homojenize edilmiş bir süt olarak kabul edilir. Keçi sütünün, sahip olduğu küçük boyutlu yağ globülleri sindirilebilirliğinin yüksek olmasını sağlamakta, kolesterolün düşmesinde görev alan kısa ve orta zincirli yağ asitlerini (bütirik, kaproik, kaprilik ve kaprik asit) yüksek oranda içermesi ve daha yüksek mineral içeriği (genellikle kalsiyum ve fosfor) ile inek sütünden üstün biyolojik özellikleri bulunmaktadır (Ahmed vd. 2015, Miranda vd. 2018, Akshit vd. 2024). Bununla birlikte, keçi sütüne çeşitli sağlık faydaları sağlayan tüm bu farklılıklar, teknolojik özelliklerini olumsuz olarak etkileyebilmektedir.

Keçi sütünün sahip olduğu uzun zincirli yağ asitleri, özellikle konjuge linoleik asidin insan fizyolojisine olumlu etkiler gösterdiği bilinmektedir (Yurchenko vd. 2018, Ranadheera vd. 2019, Verruck vd. 2019). Bununla birlikte, keçi sütünde inek sütüne oranla neredeyse iki katı fazla olan kaprik, kaproik, kaprilik ve laurik gibi kısa zincirli

yağ asitleri içeriğinin yüksek oluşu, keçi sütü ürünlerinde istenmeyen belirgin bir keçi tadına sebep olmaktadır (Akshit vd. 2024). Yine, keçi sütündeki mineral varlığı, tuzlumsu bir tada ve termal işlemlere karşı daha duyarlı olmasına neden olmaktadır (Deshwal vd. 2021). Bu nedenle, inek sütü ürünlerine benzer kalite özelliklerine sahip keçi sütü ürünlerinin üretimi teknolojik olarak bazı zorluklarla sonuçlanmaktadır (Akshit vd. 2024).

Keçi sütünün inek sütüne göre beslenme fizyolojisi açısından daha fazla olumlu etkisinin bulunması yanında; inek sütüne göre *in vivo* koşullarda daha fazla antioksidan özellik gösterdiği de bildirilmektedir. Yapılan çalışmalarda, keçi sütüne dayalı beslenen farelerde, plazmadaki lipit peroksidasyon seviyesinin inek sütüne dayalı beslenen farelere göre daha düşük çıktığı ifade edilmektedir (De Gobba vd. 2014, Gurung vd. 2020). Keçi sütünün fonksiyonel özelliklerine ilişkin yapılan bir çalışmada; keçi sütü proteinlerinin pepsin enzimiyle parçalanması sonucu oluşan çözünebilir peptitlerin önemli ölçüde serbest radikalleri bağlama yeteneğine sahip antioksidan özellikte oldukları belirlenmiştir (Ahmed vd. 2015).

Keçi sütünün oligosakkaritler (laktuloz, laktitol, laktobiyonik asit, galaktooligosakkaritler) bakımından zengin olduğu ve bu bileşenlerin prebiyotik ve enfeksiyon önleyici özellikleri ile insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Türkmen 2017, Ranadheera vd. 2019). Farklı tür sütler arasında özellikle keçi sütünün probiyotikleri ürünün raf ömrü boyunca sağlık için gerekli olan seviyede tutarak ( $>10^6$ - $10^7$  kob/g) iyi bir taşıyıcı görevi üstlendiği bildirilmektedir (Ranadheera vd. 2018, 2019). Aynı zamanda, keçi sütünde spesifik "keçi/teke" tat-kokusu ile karakterize edilen, kısa zincirli yağ asitlerinin neden olduğu ve tüketici beğenisini olumsuz etkileyen duyuşal özelliklerin de probiyotik ilavesiyle iyileştirebileceği bildirilmektedir (Karaolis vd. 2013, Niamah 2017, Hadjimbei vd. 2020). Probiyotiklerin fermentasyon sırasında çeşitli aroma bileşenleri üreterek istenmeyen tat-aroma kusurlarını maskelerken, aynı zamanda reolojik özellikleri de iyileştirebileceği de bildirilmektedir (Karaolis vd. 2013, Niamah 2017, Ranadheera vd. 2018, Sarwar vd. 2019).

Bozanic vd. (2001) sade ve inülin katkılı keçi sütü ve inek sütünden üretmiş oldukları fermente sütte, *L. acidophilus*'un farklı suşlarını kullanmış ve 28 günlük depolama boyunca bu kültürlerin canlılıklarını kıyaslamışlardır. Çalışmada 3 haftalık depolama sonunda  $10^6$  kob/mL düzeyinin üzerinde canlı mikroorganizma olduğunu ve inülin ilavesinin örneklerin jel yapısını iyileştirdiği, diğer taraftan keçi sütünün doğal aromasını da maskeleydiğini belirlemişlerdir.

Benzer Gürel vd. (2021) çalışmalarında inek, keçi ve bu sütün karışımıyla elde ettikleri kefirlerin antioksidan, duyuusal ve reolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada keçi sütü kefirinin toplam antioksidan miktarının, diğer kefir örneklerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kefir örnekleri reolojik olarak benzer akışkan davranış özellikleri göstermekle birlikte, keçi sütü kefirinin görünür viskozite değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar keçi sütünden yapılan kefirin tüketimini yaygınlaştırmak için viskozitesinin artırılması ve duyuusal özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde çalışmaların yapılması gerektiği bildirmiştir.

Buran (2020) çalışmasında, inek ve keçi sütünlerinden ticari kefir starter kültürü, *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum* ve prebiyotik (inulin ve FOS) kullanarak farklı formülasyonlarda ürettiği kefirlerin kalite özelliklerini incelemiştir. Keçi sütünden üretilen kefirlerden, inulin ve *Bifidobacterium bifidum* içeren örnek duyuusal olarak en fazla beğenilen olmuştur. Ayrıca, çalışmada keçi sütünden üretilen kefir örneklerinde 28 günlük depolama sürecinde probiyotik bakteri sayısı daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Sulmiyati vd. (2019)'un yaptığı çalışmada keçi sütüne farklı oranlarda (%2-4-6) kefir daneleri inokule edilmiş ve üretilen kefirlerin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal nitelikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre %2 inokulasyon oranına sahip kefir örneği en iyi fizikokimyasal özelliğe sahip ve en beğenilen örnek olurken aynı zamanda üründe toplam laktik asit bakteri sayısı da  $10^7$  kob/mL olarak belirlenmiştir.

## 2.5 Laktozun Hidrolizasyonu

Laktoz, sütte doğal olarak bulunan bir disakkarittir ve glukoz ile galaktoz moleküllerinin birleşiminden oluşmaktadır. İnsanlar ve diğer memelilerde, laktoz, süt ürünlerini sindirmek için gerekli olan laktaz enzimi tarafından parçalanmaktadır. Laktaz enzimi, laktozu glukoz ve galaktoza parçalayarak vücut tarafından emilebilir hale getirmektedir. Genellikle süt ve süt ürünlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunan laktoz, enerji kaynağı olarak kullanılır. Ancak, bazı insanlarda laktaz enzimi eksikliği nedeniyle laktoz intoleransı gelişebilmekte, bu da laktozun sindirilememesine ve sindirim sistemi sorunlarına yol açabilmektedir (Newton 2018, Dekker vd. 2019).

Laktoz intoleransı vücudun yeterli miktarda laktaz enzimi üretemediği durumlarda sindirilmemiş laktozun kalın bağırsağa geçmesiyle birlikte diare ve gaz oluşumu gibi bazı semptomlarla kendisini gösteren bir hassasiyet olarak tanımlanmaktadır. Süt ürünlerindeki laktoz,  $\beta$ -galaktosidaz enzimi aracılığıyla glukoz ve galaktoza parçalanmaktadır (Skryplonek vd. 2017). Dünya nüfusunun % 70'inin laktoz intoleransına sahip olduğu düşünülmektedir. Coğrafi koşullara göre değişiklik gösteren laktoz intoleransı Kuzey, Güney ve Doğu Avrupa'da yaşayan popülasyonda %28 oranında görülmektedir (Kocabaş 2019).

Son yıllarda laktozsuz süt ürünleri konusunda tüketici farkındalığının artması ile birlikte süt endüstrisinde laktoz içermeyen süt ürünleri pazarı hızla büyümekte ve tüketicilere kaliteli ve daha cazip ürün çeşitleri sunulmaktadır (Pereira vd. 2016, Dekker vd. 2019, , Sole Facioni vd. 2020).

Laktoz hidrolizasyonu ürünün hem teknolojik hem de duyuşsal özelliklerini etkileyebilmektedir (Ruiz vd. 2023). Son yıllarda laktozu hidrolize süt ürünleri ile ilgili yapılmış çalışmalar olmakla birlikte, ürünlerin kalite özelliklerinin incelendiği araştırmalar nispeten az sayıdadır.

Keçi sütünde laktoz hidrolizasyonu ve probiyotik kullanımının incelendiği bir çalışmada, laktoz hidrolizasyonunun ve probiyotik bakteri ilavesinin üründe duyuşal ve reolojik özellikleri geliştirdiğini belirlenmiştir (Pawlov vd. 2020). Benzer bir başka çalışmada, Pachekrepapol vd. (2020) probiyotik yoğurtlarda laktoz hidrolizasyonunun fermentasyon süresini kısaltırken, sinerezi de azalttığını tespit etmiştir.

Chiquetti vd. (2016)'nın yaptığı çalışmada ise *L. acidophilus* ilaveli fonksiyonel dondurma üretiminde laktoz hidrolizasyonunun etkisi incelenmiş ve laktoz hidrolizasyonunun dondurmanın depolama süresince *L. acidophilus* sayısında artışa katkı sağladığı ve laktoz intolerant bireyler için ürünün fonksiyonel özelliğini desteklediği gözlemlenmiştir.

Skryplonek vd. (2017) laktozu hidrolize süten üretilen yoğurt dondurmasının kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, laktoz hidrolizasyonunun ürünün fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada laktoz hidrolizasyonuna bağlı ürünün tatlılık derecesi artarken kalori değeri değişmemiştir. İlâveten hidrolizasyonla birlikte ürünün rengi daha beyaz olarak tespit edilmiş ve duyuşal özelliklerinin geliştiği gözlenmiştir.

Rekonstitüe peyniraltı suyunun *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* mikroorganizmalarıyla fermentasyonu üzerinde laktoz hidrolizasyonunun etkisine ilişkin yapılan bir araştırmada hidrolizasyonun, mikroorganizmaların sayısı üzerinde önemli bir etkisi olmamasına karşın peyniraltı suyunun asidik tadını baskılayarak ürünün duyuşal niteliklerine katkı sağladığı tespit edilmiştir (Matijevic vd. 2011).

Ibrahim (2018)'in yaptığı çalışmada laktoz hidrolizasyonunun deve sütünün fermentasyonunda mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşal özelliklere etkisi incelenmiştir. Çalışmada fermentasyon öncesinde  $\beta$ -galaktozidaz enzimi (HA-LACTASE™) eklenerek farklı oranlarda (%25, %50 ve %90) laktozu hidrolize edilmiş deve sütünde laktoz hidrolizasyon seviyesinin artmasıyla birlikte fermentasyon süresinde önemli bir kısalma olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, hidrolizasyon

oranın artışına paralel olarak, örneklerde eksopolisakkarit oranında ve buna bağlı olarak da viskozitede artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, laktoz hidrolizasyonun fermente deve sütü örneklerinde duyuşal özellikleri geliştirdiği, bununla birlikte panelistler tarafından % 90 laktozu hidrolize edilmiş fermente deve sütünün yüksek tatlılık nedeniyle beğenilmediği tespit edilmiştir.

Pereira vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada probiyotik ve prebiyotiklerin kullanıldığı simbiyotik fermente sütlerde laktoz hidrolizasyonu ile beraber duyuşal özelliklerin geliştirdiği ve probiyotik bakterilerin yüksek oranda canlılığını koruyabildiği belirlenmiştir.

Kocabaş vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, sütte farklı oranlarda laktoz içeriğinde (% 0, % 50 ve %100) azaltma ve farklı oranlarda (% 0.3, % 0.6 ve % 0.9) tuz ilavesinin ayranın fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, en yüksek *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları laktozu % 100 hidrolize edilmiş süttten üretilen ayran örneklerinde tespit edilmiştir. Benzer şekilde, üretimde kullanılan sütte laktoz hidrolizasyon oranındaki artışla birlikte örneklerde *Streptococcus thermophilus* sayılarında artış olduğu belirlenmiştir. Reolojik değerlendirmede, laktozu % 100 hidrolize süttten üretilen ayran örneklerinde en düşük kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirmede ise, laktoz içeriğindeki azalmanın tat puanları üzerinde etkili olmadığı, bununla birlikte ayran örneklerinin tekstür puanlarını etkilediği bulunmuştur.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Çiğ süt**

Kefir üretiminde kullanılan çiğ keçi sütü Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından verilen “Hastalıktan Ari İşletme” sertifikasına sahip Mehmet Bey Organik Keçi Çiftliğinden (Bayramgazi Köyü, Afyonkarahisar) temin edilmiştir. Kefirlerin üretimi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

##### **3.1.2 Starter kültür ve *S. boulardii***

Starter kültür olarak Chr. Hansen firmasından temin edilen DVS Hansen eXact Kefir-2 ve XPL-1 mezofilik/termofilik karışık kültür, *S. boulardii* suşu için ise CNCM I-745 liyofilize toz kültür (Reflor, Biocodex-Fransa) kullanılmıştır.

##### **3.1.3 Laktaz enzimi**

Laktoz hidrolizasyonu için mikrobiyal kaynaklı  $\beta$ -galaktosidaz enzimi (NOLA™ Fit, CHR. HANSEN, 5500\5L) kullanılmıştır.

##### **3.1.4 Ambalaj materyali**

Kefir örneklerinin ambalajlanması ve depolama süresince saklanması amacıyla 1 litrelik cam şişeler kullanılmıştır.

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Laktozun hidrolizasyonu

Çalışmada kullanılacak keçi sütünde %50 ve %100 olmak üzere iki farklı oranda laktoz hidrolizasyonu için gerekli enzim miktarları tedarikçisi firmaya ait LactoSens (DirectSens GmbH, Austria) programında yapılan hesaplama göre belirlenmiştir. Laktoz hidrolizasyonuna ilişkin yapılan literatür araştırmasında elde edilen bilgiler ışığında ve üretimde kullanılan ticari laktaz enziminin (NOLA™ Fit, CHR. HANSEN, 5500\5L) spesifikasyonlarına göre; laktoz hidrolizasyonu çiğ keçi sütünde gerçekleştirilmiş ve sonrasında ısıl işlem (95 °C'de 5 dk) uygulaması ile enzim inaktivasyonunu sağlamıştır. Laktoz hidrolizasyonu için 10 °C'de 12 saatlik hidrolizasyon süresi esas alınarak %50 ve %100 laktoz hidrolizasyon oranlarının sağlanması amacıyla 1 litre süt için sırasıyla 1 mL ve 2 mL laktaz enzimi ilave edilmiştir. İşlem sonrası elde edilen hidrolizasyon düzeyleri LactoSens test kiti (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2) ile tespit edilmiştir.



Şekil 3.1 LactoSens test kiti



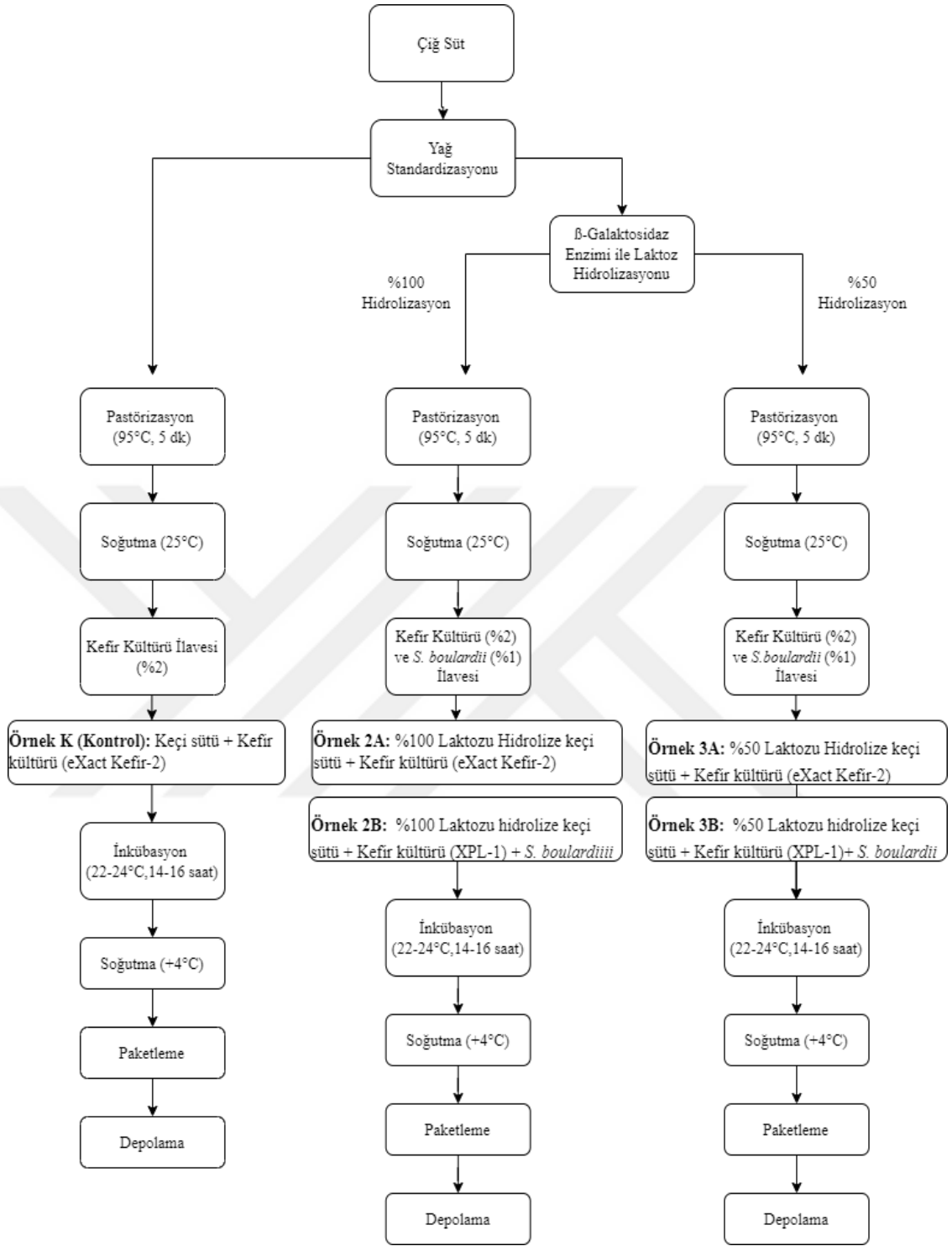
Şekil 3.2 LactoSense hidrolizasyon analiz cihazı

### 3.2.2 Kefir üretimi

Deneme örneklerinin üretimi için gerekli ön işlemlerden geçen ve birisi kontrol olmak üzere toplam 5 kefir örneğinin üretimi için eşit miktarda ayrılan çiğ sütler 95°C'de 5dk ısıtma işlemi uygulanmış ve 25°C sıcaklığa soğutulmuştur. Ardından örnek kaplarına firma etiket bilgilerine göre hesaplanan ticari kültürlerden %2 oranında ilave edilip homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Eş zamanlı olarak liyofilize *S. boulardii* içeren inokülüm, 2B ve 3B örneklerine ön denemelerde belirlenen oranda (%1) ilave edilip homojen bir şekilde karıştırılmış ve örnekler 22°C'da inkübasyona bırakılmıştır. Yaklaşık 16 saat sonra kefir örneklerinin pH değeri 4.6'da inkübasyona son verilmiş ve hızla soğutulmuştur. Kefir örnekleri 1 litrelik cam şişelere ambalajlanarak +4°C'de 28 gün süreyle depolanmıştır. Çalışmada kefir üretimi Şekil 3.3'de belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiş ve deneme örneklerinin kodları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Örnek kodları

Kod	Örnek
<b>K (Kontrol)</b>	Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2)
<b>2A</b>	%100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2)
<b>2B</b>	%100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + <i>S. boulardii</i>
<b>3A</b>	%50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2)
<b>3B</b>	%50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ <i>S. boulardii</i>



Şekil 3.3 Kefir üretim akış şeması

### 3.3 Uygulanan Analizler

#### 3.3.1 Hammadde çiğ süte uygulanan analizler

##### 3.3.1.1 Toplam kurumadde içeriği

Gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. 100°C sıcaklığa ayarlanmış etüvde yaklaşık 2 saat bekletilen kurutma kapları desikatörde soğutulmuş ve darası belirlenen kurutma kaplarına yaklaşık 5 g örnek tartılmıştır. 100°C sıcaklıktaki etüve yerleştirilen kurutma kapları 2-3 saat aralıklarla tartılmıştır. İki tartım arasındaki fark 0.0005 g'dan az olunca tartıma son verilerek kurumadde değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Anonim 2002).

$$\text{Toplam Kurumadde} = \frac{M_1 - M}{M_2 - M}$$

M: Kurutma kabı kütlesi, g

M<sub>1</sub>: Kurutma kabı ve kurumadde kütlesi, g

M<sub>2</sub>: Kurutma kabı ve örnek kütlesi, g

##### 3.3.1.2 Yağ içeriği

Yağ içeriği Gerber yöntemi ile Anonim (1990) tarafından bildirilen metotla saptanmış, sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

##### 3.3.1.3 Toplam protein içeriği

Kjeldahl metodu esas alınarak uygulanmıştır. Kjeldahl balonlarına sırasıyla 1 g örnek, 1 mL bakır sülfat (CuSO<sub>4</sub>) ve 15 g potasyum sülfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) katalizörleri, 5 mL derişik (% 98'lik) sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) eklenmiş ve şeffaf renk elde edilene kadar yakma ünitesinde bekletilmiştir. Destilasyon işleminin ardından 0.05 N HCl ile titrasyon yapılarak işlem tamamlanmıştır. Belirlenen toplam azot değeri aşağıdaki formül ile

hesaplanmıştır. Elde edilen toplam azot değeri ise protein faktörü (6.38) ile çarpılarak % protein değeri tespit edilmiştir (IDF 1962).

$$\text{Toplam Azot} = \frac{1.4007 * N_k * V}{m}$$

$$\text{Toplam Protein (\%)} = \text{Toplam Azot} * 6.38$$

$N_k$ : 0.05 N HCl çözeltisinin kesin normalitesi

V: Harcanan HCl miktarı, mL

m: Örnek miktarı, g

#### 3.3.1.4 pH değeri

Sütte pH değeri, birleşik elektrotlu dijital pH-metre (Ohaus, Starter 300, USA) kullanılarak belirlenmiştir.

#### 3.3.1.5 Titrasyon asitliği

Çiğ sütün titrasyon asitliği Hooi vd. (2004) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve % laktik asit (LA) cinsinden ifade edilmiştir.

$$\%LA = \frac{V * N_{NaOH} * 0.0009}{\text{Örnek miktarı (g)}}$$

### **3.3.2 Kefire uygulanan analizler**

#### **3.3.2.1 Toplam kurumadde içeriği**

3.3.1.1'de belirtilen gravimetrik yöntem ile belirlenmiş ve % kurumadde olarak hesaplanmıştır.

#### **3.3.2.2 Yağ içeriği**

Yağ içeriği Gerber yöntemi ile Anonim (1990) tarafından bildirilen metodla belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

#### **3.3.2.3 Toplam protein içeriği**

3.3.1.3'de verilen Kjeldahl metodu ile toplam azot değeri belirlenmiş ve elde edilen değeri, protein faktörü (6.38) ile çarpılarak % protein değeri tespit edilmiştir (IDF 1962).

#### **3.3.2.4 pH değeri**

Kefir örneklerinde pH değeri, birleşik elektrotlu dijital pH-metre (Ohaus, Starter 300, USA) kullanılarak belirlenmiştir.

#### **3.3.2.5 Titrasyon asitliği**

Kefir örneklerinde titrasyon asitliği 3.3.1.5'de verilen yöntemle belirlenmiş ve % LA cinsinden hesaplanmıştır (Hooi vd. 2004).

### **3.3.2.6 Suda çözünen azot**

Kefir örneklerinin suda çözünen azotlu maddelerinin ayrılması için Azizkhani vd. (2021) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla, 10 g kefir örneği 20 mL su ile karıştırılmış ve Ultra Turrax (Janke & Kunkel KG, IKA, Werk, Almanya) ile 1 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Homojenize karışım daha sonra 3000 x g'de +4 °C'de 12 dakika santrifüj (Eppendorf Marka, 5810 R Model sanrifüj, Hamburg, Almanya) edilmiştir. Ardından örnekler Whatman No. 113 filtre kağıdından süzülmüştür.

### **3.3.2.7 Toplam serbest amino asit içeriği**

Kefir örneklerinde toplam serbest amino asit içeriği Orto-Fitalaldehit (OPA) metodu ile Ayyash vd. (2012) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir. OPA çözeltisinin hazırlanması için, 25 mL 100 mM disodyum tetraborat, 2.5 mL sodyum dodesil sülfat (%20 wt/wt) ve 100 µL β-merkaptoetanol 1 mL etanolde çözündürülmüş ve 40 mg orto-ftalaldehit reaktifi ile karıştırılarak saf su ile 50 ml hacmine tamamlanmıştır. Azizkhani vd. (2021)'e göre hazırlanan WSN'den 50 µl alınarak 1 ml OPA çözeltisi ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 2 dk bekletilmiştir. Ardından 340 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometrede (PerkinElmer, Lambda 25, Singapur) absorbans ölçümü yapılmış ve sonuçlar absorbans değeri cinsinden verilmiştir.

### **3.3.2.8 Antioksidan aktivite tayini**

Deneme örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin belirlenmesinde ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), DPPH (2,2-diphenyl 1picrylhydrazyl) ve FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power ) olmak üzere üç farklı metot kullanılmıştır.

**ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) yöntemi:** ABTS yöntemiyle örneklerin antioksidan aktivite tayininde Köse ve Ocak (2020) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. Analiz için, 2.45 mM potasyum persülfat içeren 7 µM ABTS çözeltisi hazırlanmış ve 12 saat karanlıkta bekletilmiştir. Hazırlanan radikal çözelti 734 nm dalga boyunda 0.700±0.2 absorbans verecek şekilde %80'lik etanol ile seyreltilmiştir. Seyreltilen ABTS çözeltisinden 2.9 mL alınarak 100 µL örnek ekstraktı eklenmiş ve 6 dakika karıştırılmıştır. Ardından 734 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometrede (PerkinElmer, Lambda 25, Singapur) absorbans ölçümü yapılmıştır. Aynı işlemler örnek yerine farklı konsantrasyonlarda Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) çözeltisi eklenerek tekrarlanmış ve elde edilen absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrisi çizilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Sonuçlar trolox eşdeğeri (µmol Trolox/g örnek) olarak ifade edilmiştir.

**DPPH (2,2-diphenyl 1picrylhydrazyl) yöntemi:** DPPH (2,2-diphenyl-1picrylhydrazyl) metodu ile örneklerin antioksidan aktivite tayininde Apostolidis et al. (2007) tarafından bildirilen yöntemle spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Analiz için, metanol içinde hazırlanmış 60 µM DPPH çözeltisinden 3 ml alınarak 250 µl homojenize örnek ekstraktına eklenmiş ve 1 saat bekletilmiştir. Ardından 517 nm dalga boyunda absorbans ölçülerek elde edilen absorbans değerleri ile aşağıdaki formül kullanılarak örneklerin % DPPH inhibisyon değerleri tespit edilmiştir.

$$\% \text{ DPPH} = (A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Eksrakt}}) / A_{\text{Kontrol}} \times 100$$

**FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) yöntemi:** FRAP metodu ile örneklerin antioksidan aktivite tayininde, Çelik vd. (2008) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. FRAP çözeltisi; 10:1:1 oranında sırasıyla, asetat tamponu:TPTZ çözeltisi:FeCl<sub>3</sub>'ten taze olarak hazırlanmıştır. 0.3 M asetat tamponu (pH 3.6) için; 3.1 g sodyum asetat trihidrat (CH<sub>3</sub>COONa.3H<sub>2</sub>O) tartılmış, üzerine 16 mL asetik asit eklenmiş ve 1L'lik ölçü balonunda seviye saf suyla tamamlanmıştır. TPTZ çözeltisi için; 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) etil alkol içerisinde hazırlanmıştır. FeCl<sub>3</sub> çözeltisi için; 0,8109 g FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O tartılarak 1 mL 20mM HCl ilave edilmiş ve 50 mL'lik ölçü balonunda seviye saf suyla tamamlanmıştır. Analiz için, 3 mL FRAP

çözeltisi 0.1 mL örnek ekstraktı ile karıştırılarak 37°C'de 6 dk karanlıkta bekletmenin ardından absorbans değerleri 595 nm'de spektrofotometrede (PerkinElmer, Lambda 25, Singapur) okunmuştur. Aynı işlemler örnek yerine farklı konsantrasyonlarda (25-100 µM/L) Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) çözeltisi eklenerek tekrarlanmış ve elde edilen absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrisi çizilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Sonuçlar trolox eşdeğeri (µmol Trolox/g örnek) olarak ifade edilmiştir.

### **3.3.2.9 Karbonhidrat ve organik asit içeriği**

Karbonhidrat ve organik asit konsantrasyonları, fotodiyot dizisi dedektörü (210 nm'de) ve refraktif indeks dedektörü kullanılarak eş zamanlı olarak HPLC (LC Prominence modeli; Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile belirlenmiştir (Pereira vd. 2016). Bu amaçla, 1 g kefir örneği, 5 mL %96-98 sülfürik asit (Merck, Darmstadt, Almanya) içeren 45 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karışımın santrifüjlenmesinin ardından (5500 × g, 4 °C'de 20 dakika; Hettich 320 R, Tuttlingen, Almanya), süpernatant Whatman No. 1 filtre kağıdı (Whatman, Dassel, Almanya) ile süzölmüş ve ardından 0.45 µm gözenek boyutlu membran filtreden (PVDF, Millipore, Brezilya) geçirilmiştir. 20 µL örnek HPLC'ye enjekte edilmiş ve sonuçlar g/L cinsinden ifade edilmiştir.

### **3.3.2.10 Dinamik reolojik testler**

Kefir örneklerinin viskozitesi Kinexus Pro+ model reometre (Malvern, Worcestershire, UK) cihazı ile ölçölmüştür. Analiz için 4°C sıcaklıktaki örnekler 30 s boyunca sabit hızda karıştırılmıştır. Kefir örneklerinin viskozite ölçömleri 0.10-300 s<sup>-1</sup> kayma hızı aralığında ve 4° açılı konik prob ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Power Law (üssel model) akış davranış modeli ile akış indeksi fonksiyonu (n) ve kıvam indeksi fonksiyonu (K) tanımlanarak tespit edilmiştir.

### 3.3.2.11 Su tutma kapasitesi

Kefir örneklerinde tutma kapasitesi Isanga ve Zhang (2009) tarafından bildirilen metotla faz ayrımı prensibine dayanılarak tespit edilmiştir. Analiz için 25 g örnek santrifüj tüplerine konularak 5°C, 8000 x g'de 15 dk santrifüj (Sigma, 3-18K, Almanya) edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formülden kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Su Tutma Kapasitesi} = 1 - \frac{\text{Santrifüj sonrası serum ayrılması (g)} \times 100}{\text{Örnek (g)}}$$

### 3.3.2.12 Renk değerleri

Kefir örneklerinin renk özelliklerinin ifade eden  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kroma metre renk cihazı (Konica Minolta CR 410, Sensing Inc., Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür.

### 3.3.2.13 Uçucu bileşen analizi

Kefir örneklerinde uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu Katı faz Mikro Ekstraksiyon (SPME) yöntemi ile sağlanmıştır. 5 gram kefir örneği 40 mL'lik viallere tartıldıktan sonra üzerine 10 µL iç standart (metanol içinde 100 ppm 2-metil-3-heptanon ve 300 ppm 2-metil-1-pentanoik asit) ve 0.5 g NaCl eklenmiştir. Örnekler analiz edilinceye kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Enjeksiyon öncesinde vialler 40 °C'de 30 dk SPME düzeneğinde uçucu bileşenlerin SPME fiberine (50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS, Supelco, Bellefonte, PA) absorbe olması için bekletilmiştir (Sulejmani vd. 2020). Fiber üzerine tutunan uçucu bileşenlerin ayrırımı ve tanımlanması gaz kromatografisi kütle spektrometresi cihazında (GC-2010/QP-2010, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenler, 60 m × 0.25 mm × 0.25 µm film kalınlığına sahip bir ZorbaxWax kolon kullanılarak ayrılmış ve kütle spektrumları, 33–450 eV aralığında taranmıştır. Kromatografide kolon sıcaklık programı; başlangıçta 40 °C'de 3 dk bekletme, 5 °C/dk'lık artışla 70 °C'ye ısıtma ve 1 dk bekletme, 10 °C/dk'lık artışla 240 °C'ye ısıtma ve 5 dakika bekletme şeklinde uygulanmıştır.

Uçucu bileşenlerin kütle spektrumlarının tanımlanması Wiley 9 (9. Baskı, John Wiley and Sons, Inc., 2005) ve NIST14 (NIST/EPA/NIH, 2014) kütle spektral laboratuvarındaki verilerle karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, asetaldehit, etanol, diasetil, asetoin ve butanoik asit için referans standartlar (Sigma Aldrich, St. Louis, MO), aynı koşullar altında kromatografik sisteme enjekte edilmiştir. Her bileşiğin retansiyon indisleri (RI) kimlik doğrulamalarını teyit etmek için aynı kromatografik koşullar altında bir n-alkan serisi (C10–C26) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan RI değerleri, literatür verileriyle (Sulejmani vd. 2020) karşılaştırılmıştır. Her uçucu bileşenin konsantrasyonu mg/L (ppm) cinsinden ifade edilmiştir.

#### 3.3.2.14 Mikrobiyolojik analiz

Kefir örneklerinin mikrobiyolojik analizleri için hazırlanan uygun örnek dilüsyonlarından Halkman (2005) tarafından bildirilen dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. *S. boulardii* sayımı için Sabouraud Dextrose Agar (SDA), *Lactococcus* spp. ve *Streptococcus* spp. sayıları için ise M17 Agar besiyeri kullanılmış ve ekim yapılan petripler 37°C'de 48 saat süre ile inkübe edilmiştir. Toplam *Lactobacillus* spp. bakteri sayısının belirlenmesinde ise De Man Rogosa Sharpe Agar (MRS) besiyeri kullanılmış ve ekim yapılan petriplerde anaerobik jar içerisinde 37°C'de 72 saat inkübasyon sonunda koloni sayımı yapılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmış ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar koloni oluşturan birim sayısının logaritması alınarak (log kob/g) verilmiştir (Halkman 2005).

$$N = C / (V * (n1 + 0,1 * n2) * d)$$

N = Örneğin 1 gramındaki mikroorganizma sayısı

C = Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısı toplamı

V = Sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim (mL)

n1 = İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

n2 = İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

d = Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranı

### 3.3.2.15 Duyusal değerlendirme

Örneklerin duyusal değerlendirmesi 7 kişilik panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirmede panelistlere sunulan puanlama testinde örnekleri tat-aroma, kıvam ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından değerlendirmeleri istenmiştir (Altuğ Onoğur ve Elmacı 2015). Deneme örneklerinin Şekil 3.4'te sunulan değerlendirme kartında belirtildiği gibi 9 puan üzerinden puanlamaları istenmiştir.

Panelistin Adı-Soyadı:	Puanlama Testi				Tarih:
Sunulan kefir örneklerini, çizelgede belirtilen özellikler bakımından değerlendirerek, ürünlerin sizde bıraktığı etkiye göre aşağıdaki değerlendirmeye göre puan veriniz.					
9: Mükemmel					
8: Çok iyi					
7: İyi					
6: İyinin altı / ortanın sütü					
5: Orta					
4: Ortanın altı / kötünün üstü					
3: Kötü					
2: Çok kötü					
1: Son derece kötü					
	273	456	973	714	168
Tat-Aroma					
Kıvam					
Genel kabul edilebilirlik					

Şekil 3.4 Puanlama testi kartı

### 3.3.3 İstatistiksel analizler

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 14.01 paket programı (Lisans No:9869264) kullanılarak GLM iki yönlü varyans analizi (two-way ANOVA) yöntemi ile

istatistiksel analiz yapılmıştır. İstatistiksel açıdan önemli olan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile  $P<0,05$  düzeyinde belirlenmiştir.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Kefir Üretiminde Kullanılan Hammadde Çiğ Sütün Özellikleri

Kefir üretiminde hammadde olarak kullanılan çiğ keçi sütüne ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Hammadde çiğ sütün bazı kimyasal nitelikleri (n=3)\*

Nitelikler	Ortalama Değerler
Yağ (%)	3.2±0.10
Toplam Kurumadde (%)	10.9±0.22
Toplam Protein (%)	4.21±0.16
pH	6.68±0.03
Titrasyon Asitliği (°SH)	7.1±0.12

\* n: Tekerrür sayısı

Çiğ sütün analiz edilen kimyasal niteliklerinin, Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği’ne (14.02.2000-23964, 2000/6) göre kefir üretiminde kullanımı için uygun olduğu belirlenmiştir.

### 4.2 Kefir Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

#### 4.2.1 Kefir örneklerinin kimyasal özellikleri

Üretilen kefir örneklerine ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Kefir örneklerinin bazı kimyasal nitelikleri (n=3)

Nitelikler	K	2A	2B	3A	3B
Yağ (%)	3.2±0.00	3.0±0.05	3.25±0.10	3.25±0.00	3.20±0.05
Toplam Kurumadde (%)	11.02±0.22	11.00±0.35	10.84±0.19	11.04±0.40	10.88±0.28
Toplam Protein (%)	4.21±0.06	4.24±0.05	4.25±0.03	4.25±0.04	4.22±0.02

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. bouardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. bouardii*

Kefir örneklerinin Çizelge 4.2’de verilen bileşim özellikleri açısından Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne (Tebliğ No:2022/44) uygun olduğu belirlenmiştir.

#### 4.2.2 pH değeri

Süt ürünlerinde, starter kültürün fermentasyon aktivitesini ifade eden temel bir faktör olarak öne çıkan ve ürünün kalite özellikleri üzerinde önemli rol oynayan pH, starter kültür mikroorganizmalarının gelişme hızı ve fermentasyon kapasitesi, sütün bileşimi (protein, laktoz ve oligosakkaritler), sıcaklık ve süre gibi inkübasyon koşulları ile değişiklik göstermektedir (Baniasadi vd. 2022).

Kefir örneklerinin depolama süresince pH değerlerindeki değişim Çizelge 4.3’de verilmiş ve Şekil 4.1’de grafik olarak gösterilmiştir. Kefir örneklerinin pH değerlerinde muameleler ve depolama günleri arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 4.3 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerlerindeki değişimler

Gün/Örnek	K	2A	2B	3A	3B
1	4.52±0.01 <sup>aA</sup>	4.50±0.04 <sup>aAB</sup>	4.53±0.01 <sup>aA</sup>	4.47±0.01 <sup>aB</sup>	4.52±0.01 <sup>aA</sup>
7	4.47±0.04 <sup>bA</sup>	4.37±0.02 <sup>bb</sup>	4.43±0.04 <sup>bAB</sup>	4.40±0.01 <sup>bb</sup>	4.47±0.01 <sup>bA</sup>
14	4.41±0.02 <sup>b</sup>	4.35±0.02 <sup>b</sup>	4.39±0.01 <sup>b</sup>	4.39±0.02 <sup>b</sup>	4.40±0.01 <sup>ba</sup>
21	4.45±0.02 <sup>bA</sup>	4.31±0.01 <sup>bc</sup>	4.39±0.03 <sup>bAB</sup>	4.38±0.02 <sup>bb</sup>	4.44±0.02 <sup>bA</sup>
28	4.45±0.02 <sup>bA</sup>	4.36±0.01 <sup>bd</sup>	4.38±0.01 <sup>bc</sup>	4.35±0.02 <sup>bd</sup>	4.41±0.01 <sup>baB</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2),

2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. bouardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü +

Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. bouardii*

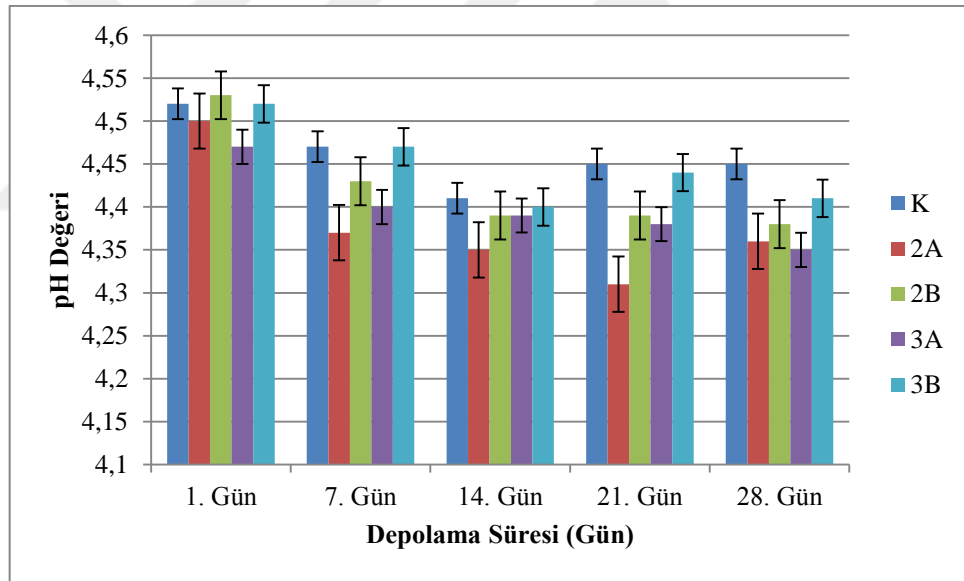
Depolamanın 1. gününde pH değerleri 4.47-4.53 arasında değişirken, depolamanın 28. gününde 4.35-4.45 arasında olduğu belirlenmiştir. Kefir örneklerinin pH değerlerinde meydana gelen değişimin depolamanın 1. gününde istatistiksel olarak önemli olduğu ( $P<0.05$ ) bununla birlikte, diğer depolama günlerindeki değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Elde edilen sonuçların literatürde yer alan bazı çalışmalarla benzer olduğu (Güzel Seydim vd. 2020, Buran 2020, Sarıca ve Coşkun 2020), bununla birlikte, kullanılan starter kültür mikroorganizmaları, depolama koşulları gibi faktörlere bağlı olarak farklı pH değerleri elde edilebileceği düşünülmektedir.

Baniasadi vd. (2022)'nin yaptığı çalışmada kefir ve yoğurt örneklerinin depolama süresince belirlenen pH değişikliklerinin, kullanılan sütlerin tamponlama kapasiteleri ve farklı mikrobiyal popülasyonlarının fermentasyon kapasitesindeki farklılıklardan kaynaklandığını bildirilmektedir.

Güzel-Seydim vd. (2020) çalışmalarında 21 günlük depolama süresince kefir örneklerinin ortalama pH değerlerinde önemli bir değişim olmadığını ( $P>0.05$ ), söz konusu değerlerin depolamanın 1. günde ortalama 4.5 iken depolamanın 21. gününde hafif bir düşüşle ortalama 4.4 olarak değiştiğini belirlemişlerdir.

Buran (2020) çalışmasında, inek ve keçi sütüne probiyotik bakteri ve prebiyobiyotik ilavesi ile ürettiği kefir örneklerinde 28 günlük depolama sürecinde ortalama pH değerlerini sırasıyla, 4.40-4.44 ve 4.23-4.38 aralığında olduğunu belirlemiştir.

Depolama süresince pH değerlerinde örnekler arasındaki belirlenen farklılık depolamanın 1., 7., 21. ve 28. günlerinde istatistiksel olarak önemli bulunurken ( $P<0.05$ ), 14. günde örnekler arasında farklılık belirlenmemiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresince en düşük pH değerleri laktozu %100 ve % 50 hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinde (2A ve 3A) tespit edilmiştir. Bu durum laktoz hidrolizasyonuna bağlı oluşan serbest enerji kaynağı olarak bulunan glikozun starter kültür bakterileri tarafından daha kolay metabolize edilmesi ve asitlikte daha hızlı artış ile açıklanabilir (İbrahim vd. 2018).



Şekil 4.1 Kefir örneklerinin depolama süresince pH değerlerindeki değişim

#### 4.2.3 Titrasyon asitliği

Kefir örneklerinde 28 günlük depolama süresince belirlenen laktik asit değerlerindeki değişimler Çizelge 4.4'de verilmiş ve Şekil 4.2'de grafikte gösterilmiştir. Kefir

örneklerinin % LA değerlerinde muameleler ve depolama günleri arasında interaksiyon önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Çizelge 4.4 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktik asit değerlerindeki değişimler (%LA)

Gün/Örnek	K	2A	2B	3A	3B
1	1.11±0.02 <sup>bb</sup>	1.12±0.01 <sup>bb</sup>	1.11±0.01 <sup>bb</sup>	1.17±0.02 <sup>A</sup>	1.17±0.01 <sup>bA</sup>
7	1.16±0.04 <sup>a</sup>	1.18±0.01 <sup>a</sup>	1.19±0.08 <sup>a</sup>	1.21±0.05	1.21±0.02 <sup>a</sup>
14	1.19±0.01 <sup>a</sup>	1.20±0.01 <sup>a</sup>	1.19±0.01 <sup>a</sup>	1.19±0.03	1.20±0.01 <sup>ab</sup>
21	1.19±0.03 <sup>a</sup>	1.21±0.01 <sup>a</sup>	1.24±0.01 <sup>a</sup>	1.22±0.03	1.23±0.01 <sup>a</sup>
28	1.18±0.01 <sup>ab</sup>	1.20±0.01 <sup>ab</sup>	1.25±0.01 <sup>aA</sup>	1.20±0.03 <sup>B</sup>	1.19±0.01 <sup>abB</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

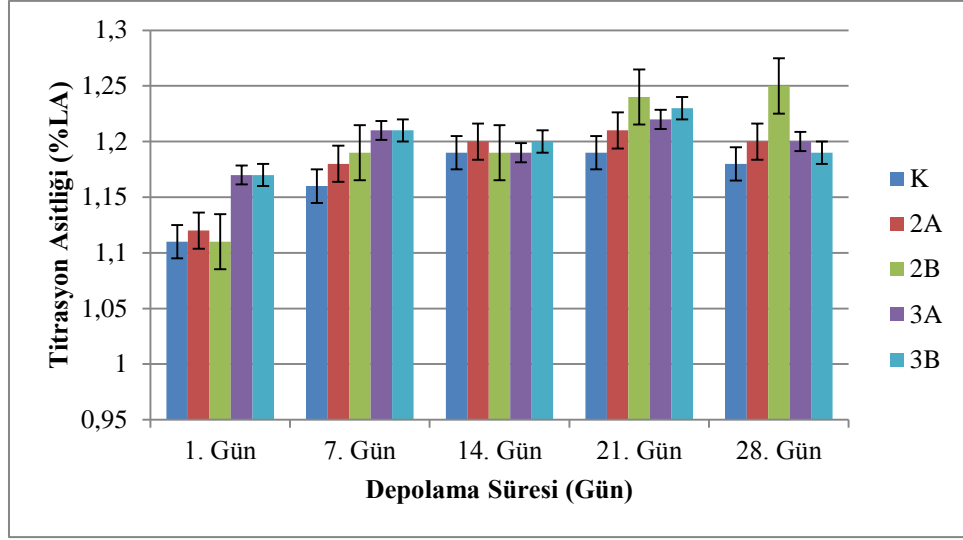
**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2),

2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. bouardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü +

Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. bouardii*

Kefir örneklerinde depolamanın 1. gününde titrasyon asitliği değerleri %1.11-1.17 arasında değişirken, depolamanın 28. gününde %1.18-1.25 arasında değer almıştır. Her örnek kendi içerisinde değerlendirildiğinde depolama süresince titrasyon asitliğinde meydana gelen değişimin 3A örneği hariç diğer örnekler için istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolama süresince %LA değerlerinde örnekler arasındaki belirlenen farklılık depolamanın 1. ve 28. günlerinde istatistiksel olarak önemli bulunurken ( $P<0.05$ ), diğer depolama günlerinde örnekler arasında farklılık belirlenmemiştir ( $P>0.05$ ).



Şekil 4.2 Kefir örneklerinin depolama süresince laktik asit değerlerindeki değişim

Buran (2020) çalışmasında, inek ve keçi sütüne probiyotik bakteri ve prebiyobiyotik ilavesi ile ürettiği kefir örneklerinde 28 günlük depolama sürecinde ortalama %LA değerlerini sırasıyla, 0.81-0.86 ve 0.90-1.03 aralığında olduğunu belirlemiştir.

Sarıca ve Coşkun (2020) yaptıkları çalışmada inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerde 35 günlük depolama süresince %LA değerini sırasıyla, 0.87-0.94 ve 0.84-0.80 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmada literatürden farklı olarak daha yüksek olduğu belirlenen %LA değerlerinin, kullanılan starter kültür mikroorganizmaları ve hammadde süt bileşimindeki farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.2.4 Toplam serbest amino asit içeriği

Fermente süt ürünlerinde kullanılan starter kültür mikroorganizmalarının proteolitik aktivitelerinin sonucu olarak proteinler, peptitlere ve amino asitlere parçalanmaktadır. Toplam serbest amino asit miktarı da, starter kültürde bulunan mikroorganizmaların sahip olduğu proteolitik enzimlerin aktiviteleri sonucu oluşan ve proteinlerdeki parçalanmayı gösteren bir değerdir.

Kefir örneklerinin toplam serbest amino asit düzeyine ilişkin absorbands değerlerindeki değişimler Çizelge 4.5’de verilmiş ve Şekil 4.3’de grafik olarak gösterilmiştir. Kefir örneklerinin toplam serbest amino asit değerlerinde muameleler ve depolama günleri arasında interaksiyon önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Depolamanın 1. gününde kefir örneklerinin toplam serbest amino asit düzeyi 0.28-0.37 Å (Angstrom) arasında değişirken depolamanın 28. gününde proteolitik aktivitedeki artışla ilişkili olarak 0.39-0.43 Å arasında değerlere yükselmiştir. Depolama süresince toplam serbest amino asit içeriklerindeki artışın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

Çizelge 4.5 Kefir örneklerinin depolama süresince belirlenen toplam serbest amino asit seviyesine ilişkin absorbands değerlerindeki değişim (Å)

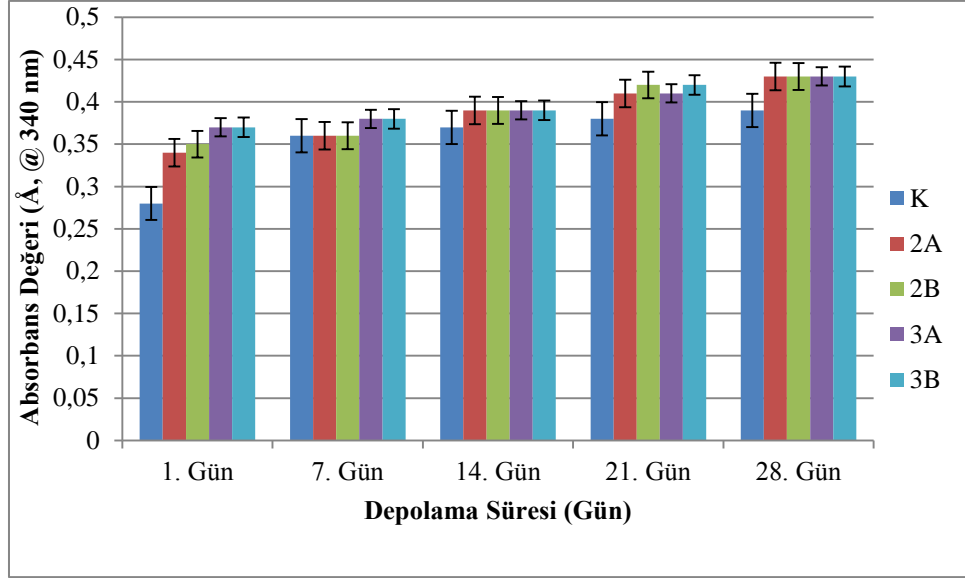
Gün/Örnek	K	2A	2B	3A	3B
1	0.28±0.01 <sup>cB</sup>	0.34±0.03 <sup>bAB</sup>	0.35±0.02 <sup>bAB</sup>	0.37±0.01 <sup>bA</sup>	0.37±0.01 <sup>bA</sup>
7	0.36±0.01 <sup>b</sup>	0.36±0.02 <sup>b</sup>	0.36±0.03 <sup>b</sup>	0.38±0.01 <sup>b</sup>	0.38±0.01 <sup>ab</sup>
14	0.37±0.01 <sup>ab</sup>	0.39±0.01 <sup>ab</sup>	0.39±0.01 <sup>ab</sup>	0.39±0.01 <sup>ab</sup>	0.39±0.01 <sup>ab</sup>
21	0.38±0.01 <sup>abB</sup>	0.41±0.01 <sup>aA</sup>	0.42±0.02 <sup>aA</sup>	0.41±0.01 <sup>aA</sup>	0.42±0.02 <sup>aA</sup>
28	0.39±0.01 <sup>aB</sup>	0.43±0.01 <sup>aA</sup>	0.43±0.01 <sup>aA</sup>	0.43±0.01 <sup>aA</sup>	0.43±0.04 <sup>aA</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*

Depolamanın 1, 21 ve 28. günlerinde laktozu hidrolize süten üretilen kefir örneklerinde toplam serbest amino asit düzeylerinin kontrol örneğine göre önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenirken ( $P<0.05$ ), depolamanın 7. ve 14. günlerinde örneklerin serbest amino asit içerikleri arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır ( $P>0.05$ ). Literatürde laktoz hidrolizasyonun üründe proteoliz düzeyinde artışa neden olabileceği bildirilmektedir (Kocabaş 2019).



Şekil 4.3 Kefir örneklerinin depolama süresince toplam serbest amino asit seviyesine ilişkin absorban değerlerindeki değişim

Süt ürünlerinde proteolitik aktivitenin belirlenmesinde yararlanılan bir başka parametre de tirozin değeridir. Sarıca ve Coşkun (2020) yaptıkları çalışmada inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerde depolama süresince tirozin değerlerinin sırasıyla, 0.440-0.804 ve 0.353-0.422 mg/5 g aralığında olduğunu ve depolama süresince artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Benzer şekilde Buran (2020) çalışmasında inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerin tirozin değerlerinin sırasıyla, ortalama 0.35-0.43 ve 0.19-0.23 mg/5 g aralığında değiştiğini ve 28 günlük depolama süresince artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında kefir örneklerinde depolamanın ilerlemesiyle artan serbest amino asit içeriğine ilişkin bulgular (Şekil 4.3) literatürle benzerlik göstermektedir.

#### 4.2.5 Antioksidan aktivite tayini

Gıdalarda antioksidan aktivite düzeyini belirlemek için DPPH, ABTS, CUPRAC ve FRAP gibi birçok yöntem kullanılmaktadır. Birbirleriyle karşılaştırıldıklarında bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları olduğu da görülmektedir. Antioksidanların farklı radikal ve oksidantlara farklı tepkiler vermesi nedeniyle karmaşık yapılarda bulunan tüm radikallerin ve antioksidan bileşenlerin tek bir yöntemle belirlenmesinin uygun

olmadığı, bu sebeple farklı in vitro yöntemlerin birlikte kullanılmasının faydalı olacağı bildirilmektedir (Özyürek vd. 2011, Serrano vd. 2022). Bu çalışmada antioksidan aktivite tayininde hızlı sonuç veren ve hem hidrofilik hem de lipofilik olan antioksidan maddelerin ölçümünü sağlayan, süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılan DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleri seçilmiştir (Cloetens vd. 2013).

Kefirde antioksidan potansiyelin kısmen kefir danelerindeki mikroorganizmaların proteolitik aktivitesiyle süt proteinlerinden açığa çıkan peptidlerin aktivitesinden kaynaklandığı bilinmektedir (Baniyadi vd. 2022). Sütteki protein hidrolizasyonu, keçi sütü kefirinin de fonksiyonel özelliğinden sorumlu biyoaktif peptitlerin üretimine katkı sağlamaktadır (Radiati vd. 2022).

Kefirde radikal temizleme kapasitesinin, süt proteinlerinin proteoliz hızı, fermentasyon ve depolama süresince starter kültür mikroorganizmalarının ürettiği organik asitlerle ilişkili olduğu bildirilmektedir. Genel olarak, sütün protein ve peptid çeşitliliği ve starter kültür veya kefir danelerindeki mikroorganizmalar, ürünlerin antioksidan aktivitelerinde belirleyici parametrelerdir (Baniyadi vd. 2022).

Radiati vd. (2022) yaptıkları çalışmada, keçi sütünden kefir üretiminde *S. cerevisiae* ilavesinin antioksidan aktivitede yüksek oranda artışla sonuçlandığını belirlemişlerdir. Çalışmada, maya hücrelerinin doğal antioksidanlar olarak görev yaptığı ve *S. cerevisiae*'nin fonksiyonel gıda bileşeni olarak önemli bir rol oynayabileceği bildirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada kefir örneklerinin farklı yöntemlerle belirlenen antioksidan aktivite testi sonuçlarının farklılık gösterdiği bulunmuştur. Bu durum, antioksidan aktivite tayininde kullanılan yöntemlerin temelde farklı mekanizmalara dayalı olmaları ile ilişkilendirilmektedir (Serrano vd. 2022).

## **ABTS antioksidan aktivite tayini**

Kefir örneklerinin depolama süresince ABTS değerlerindeki değişimler Çizelge 4.6'da verilmiş ve Şekil 4.4'de grafikte gösterilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen ABTS antioksidan aktivite değerlerinde, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Kefir örneklerinin tümünde belirlenen ABTS antioksidan aktivite değerleri depolamanın 14. gününde en yüksek değere ulaşmış ve ilerleyen depolama günlerinde düşüş göstermiştir (Şekil 4.4).

Benzer şekilde, Yılmaz-Ersan vd. (2018) yaptıkları çalışmada inek ve koyun sütlerinden kefir danesi ve ticari starter kültür kullanarak üretilen kefir örneklerinin 21 günlük depolama sürecinde ABTS antioksidan aktivite değerlerinin 14. depolama gününde en yüksek değere ulaştığını ve sonrasında düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir.

Proteoliz ürünleri ile fenolik bileşenler arasında, fermente ürünlerin toplam antioksidan potansiyelini artıran sinerjik bir ilişki olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, inek, koyun ve keçi sütlerinden üretilen kefir, yoğurt gibi fermente ürünlerde antioksidan kapasite ve ABTS temizleme yeteneklerindeki değişiklikler, bu ürünlerin protein ve amino asit kompozisyonu, yağ ve yağ asitleri, mineraller ve vitaminler (A, C ve E vitaminleri gibi), fenolikler ve karotenoidler gibi fonksiyonel bileşenler, indirgeme bileşenleri ve enzimler ile ilişkilendirilebilir (Baniyadi vd. 2022).

Genel olarak, depolama sürecinde kefir örneklerinin antioksidan aktivitesinde görülen artış, laktik asit bakterilerinin süperoksit anyonlarını ve hidroksil radikallerini azaltan aktivitesi, proteinlerin parçalanmasıyla oluşan peptitlerin antioksidan aktiviteleri ile açıklanabilir (Benzer ve Gürel 2021, Umam vd. 2022). Antioksidan aktivitedeki düşüş ise, proteoliz sonucu antioksidatif peptitlerin parçalanarak inaktif forma dönüşmesiyle ilişkilendirilmektedir.

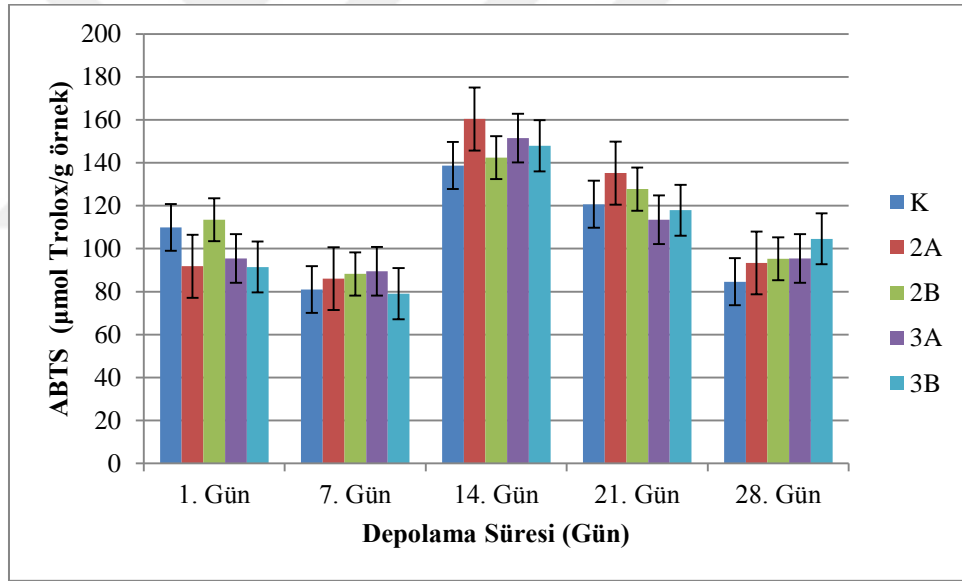
Çizelge 4.6 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen ABTS değerlerindeki değişimler ( $\mu\text{mol Trolox/g}$  örnek)

Gün/ Örnek	K	2A	2B	3A	3B
1	109.88 $\pm$ 1.53 <sup>cB</sup>	91.84 $\pm$ 5.20 <sup>cCD</sup>	113.49 $\pm$ 2.64 <sup>cA</sup>	95.44 $\pm$ 0.33 <sup>cC</sup>	91.48 $\pm$ 1.48 <sup>dD</sup>
7	81.01 $\pm$ 2.11 <sup>dB</sup>	86.05 $\pm$ 0.46 <sup>dA</sup>	88.23 $\pm$ 4.20 <sup>dA</sup>	89.49 $\pm$ 3.46 <sup>A</sup>	79.05 $\pm$ 2.27 <sup>eB</sup>
14	138.74 $\pm$ 3.51 <sup>aC</sup>	160.41 $\pm$ 3.27 <sup>aA</sup>	142.36 $\pm$ 1.21 <sup>aC</sup>	151.53 $\pm$ 0.30 <sup>aB</sup>	147.93 $\pm$ 1.72 <sup>aC</sup>
21	120.71 $\pm$ 1.98 <sup>bB</sup>	135.20 $\pm$ 1.07 <sup>bAB</sup>	127.73 $\pm$ 2.03 <sup>bA</sup>	113.49 $\pm$ 0.61 <sup>bAB</sup>	117.90 $\pm$ 2.60 <sup>bB</sup>
28	84.62 $\pm$ 4.34 <sup>dC</sup>	93.35 $\pm$ 1.76 <sup>cB</sup>	95.27 $\pm$ 2.35 <sup>dB</sup>	95.44 $\pm$ 1.39 <sup>cB</sup>	104.58 $\pm$ 2.16 <sup>cA</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*



Şekil 4.4 Kefir örneklerinin depolama süresince ABTS değerlerindeki değişim

### DPPH antioksidan aktivite tayini

DPPH, stabil serbest bir radikal olup metanol veya etanoldeki çözeltisi 515–520 nm dalga boyunda karakteristik bir absorpsiyon göstermektedir. Bu serbest radikal, antioksidan bir bileşen tarafından hidrojen transferiyle radikal olmayan DPPH-H

formuna dönüştüğünde, bu formun konsantrasyonuna bağlı rengi ve belirli bir dalga boyundaki absorpsiyonu azalmaktadır (Baniasadi vd. 2022).

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen DPPH inhibisyon değerleri Çizelge 4.7’de verilmiş ve Şekil 4.5’te grafik olarak gösterilmiştir. Kefir örneklerinin DPPH antioksidan aktivite değerlerinde muameleler ve depolama günleri arasındaki interaksyon önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Depolamanın 1. gününde DPPH değerleri %60.50-61.50 arasında değişirken, depolamanın 28. gününde %60.00-61.50 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen DPPH inhibisyon aktivite değerlerinde, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Çalışmadan farklı olarak, Yılmaz-Ersan vd. (2018) yaptıkları çalışmada koyun sütünden üretilen kefir örneklerinde 7. depolama gününde, inek sütünden üretilen kefir örneklerinde ise 14. depolama gününden sonra DPPH değerinde azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Sonuç olarak, laktoz hidrolizasyonu ve *S. bouhardii* ilavesinin kefir örneklerinin DPPH değerlerinde herhangi bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Ancak, kontrol örneğinde diğer örneklerle benzer yüksek DPPH aktivite değerlerinin elde edilmiş olması, literatürde bildirilen keçi sütünün diğer sültere göre sahip olduğu yüksek antioksidan özelliğiyle açıklanabilir (De Gobba vd. 2014, Gurung vd. 2020). Benzer ve Gürel (2021) inek, keçi ve bu sülterin karışımıyla üretilen kefir örneklerinin antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, keçi sütü kefirinin toplam antioksidan aktivitesinin, diğer kefir örneklerine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.7 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen DPPH değerlerindeki değişimler (%)

Gün/Örnek	K	2A	2B	3A	3B
1	61.50±0.70	61.50±0.70	61.00±0.01	61.50±0.70	60.50±0.70
7	61.50±0.70	61.00±0.00	61.00±0.01	60.00±1.41	61.50±2.12
14	60.00±1.41	61.00±1.41	61.00±1.41	61.50±0.70	61.00±2.82
21	60.50±0.70	59.50±2.12	62.00±1.41	60.50±0.70	60.50±0.70
28	61.00±2.82	61.00±2.82	61.50±0.70	61.50±2.12	60.00±1.41

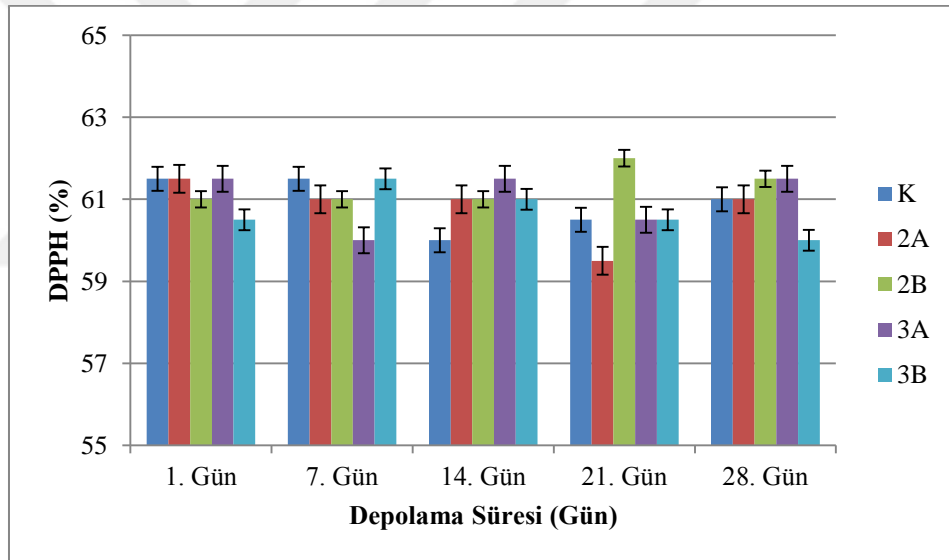
**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2),

2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü +

Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*



Şekil 4.5 Kefir örneklerinin depolama süresince DPPH değerlerindeki değişim

### FRAP antioksidan aktivite tayini

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen FRAP değerlerindeki değişimler Çizelge 4.8’de verilmiş ve Şekil 4.6’da grafik olarak gösterilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen FRAP inhibisyon aktivite değerlerinde meydana gelen değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

Antioksidan maddelerin stabilitesi pH'ya bağılı olarak değişebilmektedir (Gökırmaklı vd. 2023). FRAP yöntemi demir indirgeme yeteneğine bağılıdır ve demirin çözünürlüğünün asidik koşullarda daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle pH değerindeki değişim iyonizasyon potansiyelini, hidrojen transferini ve dolayısıyla redoks potansiyelini etkileyecektir. Çalışmada kefir örneklerinin pH değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişim de benzer şekilde önemli bulunmamıştır. Bu sonuç, depolama sürecinde belirlenen FRAP inhibisyon aktivite değerleri ile ilişkilendirilmektedir. Baniasadi vd. (2022), yaptıkları çalışmada keçi sütünden üretilen kefir örneklerinin 20 günlük depolama süresince pH değerindeki düşüőe (pH 4.50 dan pH 3.65'a) paralel FRAP inhibisyon aktivite değerlerinde de artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

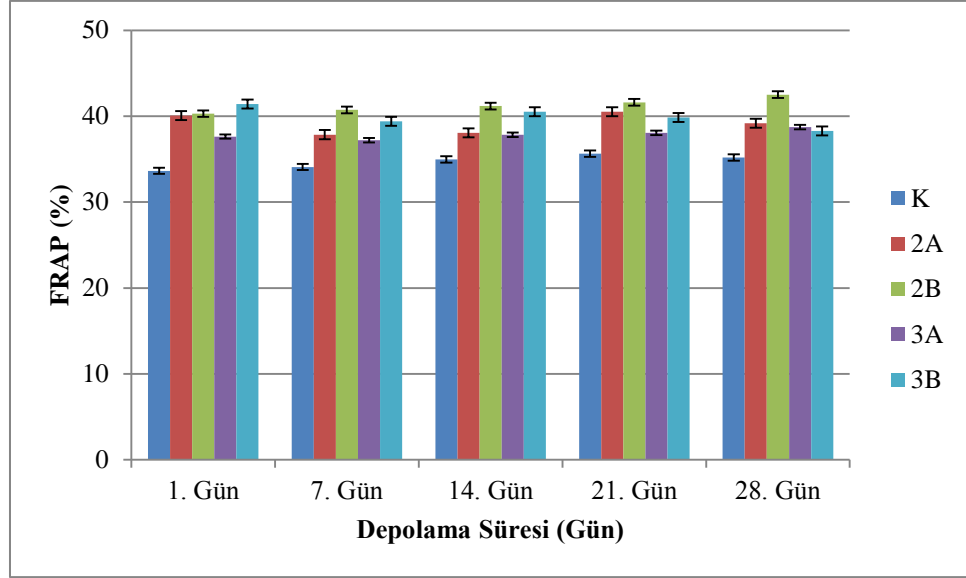
Çizelge 4.8 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen FRAP değerlerindeki değişimler (%)

Gün/Örnek*	K	2A	2B	3A	3B
1	33.64±0.94 <sup>B</sup>	40.07±0.62 <sup>A</sup>	40.29±1.56 <sup>A</sup>	37.63±0.31 <sup>AB</sup>	41.40±1.25 <sup>A</sup>
7	34.09±0.31 <sup>B</sup>	37.85±1.25 <sup>A</sup>	40.73±0.94 <sup>A</sup>	37.19±0.94 <sup>AB</sup>	39.40±0.94 <sup>A</sup>
14	34.97±0.94 <sup>B</sup>	38.05±1.88 <sup>AB</sup>	41.18±0.31 <sup>A</sup>	37.85±0.62 <sup>AB</sup>	40.51±1.88 <sup>A</sup>
21	35.64±1.25 <sup>B</sup>	40.51±2.50 <sup>AB</sup>	41.62±0.94 <sup>A</sup>	38.07±0.94 <sup>AB</sup>	39.85±0.94 <sup>AB</sup>
28	35.19±0.00 <sup>B</sup>	39.18±1.25 <sup>AB</sup>	42.51±3.44 <sup>A</sup>	38.74±0.00	38.30±0.62 <sup>AB</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. Boulardii*



Şekil 4.6 Kefir örneklerinin depolama süresince FRAP değerlerindeki değişim

#### 4.2.6 Su tutma kapasitesi

Fermente süt ürünlerinde önemli bir kalite parametresi olan su tutma kapasitesi, proteinlerin önemli bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir (Berlianti vd. 2022). Kefir örneklerinin depolama süresince su tutma kapasitesindeki değişimler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Kefir örneklerinin su tutma kapasitesi değerlerinde muameleler ve depolama günleri arasında interaksiyon önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Çizelge 4.9 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen su tutma kapasitesi değerlerindeki değişimler (%)

Gün/Örnek*	K	2A	2B	3A	3B
1	51.03±0.53	52.65±4.20	54.22±1.64	53.05±3.33	50.88±0.48 <sup>ab</sup>
7	48.83±1.11	50.95±2.46	53.42±3.20	51.23±2.46	47.97±1.27 <sup>a</sup>
14	53.85±2.51	54.46±2.27	56.18±0.21	56.34±1.30	55.19±0.72 <sup>b</sup>
21	53.50±0.98 <sup>B</sup>	53.70±0.07 <sup>B</sup>	56.73±1.03 <sup>C</sup>	50.65±2.61 <sup>A</sup>	50.41±2.60 <sup>abA</sup>
28	51.44±3.34	51.73±0.76	54.92±1.35	50.57±4.39	49.13±1.16 <sup>a</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

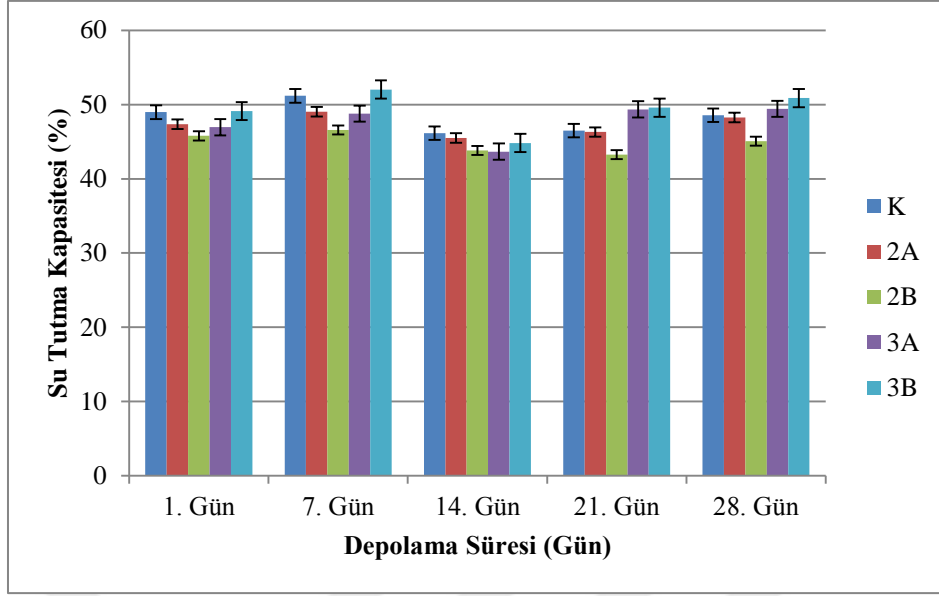
**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*

Kefir örneklerinin su tutma kapasitesi değerlerinin % 47.97-56.73 aralığında olduğu ve genel olarak en yüksek su tutma kapasitesi değerlerinin depolamanın 7. gününde belirlendiği (Şekil 4.7) tespit edilmiştir. Bununla birlikte, depolama sürecinde kefir örneklerinin su tutma kapasitesinde meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Depolamanın 1., 7., 14. ve 28. günlerinde kefir örneklerinde tespit edilen su bağlama kapasitesi değerleri arasında önemli bir fark bulunmazken ( $P>0.05$ ), 21. günde örnekler arasında belirlenen farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Genel olarak değerlendirildiğinde, tüm depolama günlerinde en yüksek su tutma kapasitesi değerlerinin %100 laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren kefir örneğinde (2B) tespit edilmiştir. Laktoz hidrolizasyonun etkisi açısından değerlendirildiğinde, % 100 ve % 50 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinde (2A ve 3A) belirlenen su tutma kapasite değerlerinin kontrol örneğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Benzer şekilde, İbrahim vd. (2018) yaptıkları çalışmada % 90 laktozu hidrolize deve sütünden ürettikleri fermente sütte, kontrol örneği ve % 25, % 50 laktozu hidrolize süttten üretilen örneklere göre daha yüksek su tutma kapasitesi belirlediklerini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, bu sonucu % 90 hidolize süttten üretilen fermente üründe daha yüksek oranda belirledikleri eksopolisakkarit miktarıyla ilişkilendirmişlerdir. Aynı çalışmada laktoz hidrolizasyon oranındaki artışla fermentasyon süresince daha fazla miktarda eksopolisakkarit üretildiği belirlenmiştir.



Şekil 4.7 Kefir örneklerinin depolama süresince su tutma kapasitesindeki değişim

#### 4.2.7 Organik asit içeriği

Fermente süt ürünlerinin tat özellikleri açısından büyük önem taşıyan organik asitler, ürünün duyu özelliklerini etkileyerek tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, organik asitler belirli patojen bakterilerin inhibisyonunu sağlamaları ile doğal koruyucular olarak da değerlendirilmektedir (Güzel-Seydim vd. 2000).

Karmaşık bir mikrofloraya sahip olan kefirdeki bir mikroorganizma grubu tarafından salgılanan bir organik asit, başka bir mikroorganizma grubu tarafından substrat olarak kullanılabilir. Bu durum, nihai ürünün duyu özelliklerini etkileyebilecek diğer metabolitlerin üretimi üzerinde potansiyel bir etkiye sahip olabilmektedir (Bulat ve Topcu 2021). Kefir örneklerinin depolama süresince organik asit içeriklerinde belirlenen değişimler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen organik asit değerlerindeki değişimler (mg/100 g)

Organik Asit	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Sitrik Asit	1	3.80±0.10 <sup>ba</sup>	1.62±0.04 <sup>cb</sup>	1.48±0.01 <sup>abc</sup>	1.36±0.01 <sup>ac</sup>	0.00±0.00
	7	4.07±0.01 <sup>aa</sup>	2.02±0.04 <sup>ab</sup>	0.90±0.00 <sup>dd</sup>	1.26±0.10 <sup>ac</sup>	0.00±0.00
	14	3.38±0.06 <sup>ca</sup>	1.97±0.02 <sup>ab</sup>	1.08±0.01 <sup>cc</sup>	1.02±0.01 <sup>bc</sup>	0.00±0.00
	21	2.76±0.05 <sup>da</sup>	1.76±0.06 <sup>bb</sup>	1.08±0.00 <sup>cc</sup>	1.05±0.04 <sup>bc</sup>	0.98±0.01 <sup>ac</sup>
	28	2.35±0.05 <sup>da</sup>	1.76±0.06 <sup>bb</sup>	1.16±0.02 <sup>bb</sup>	0.90±0.01 <sup>cbc</sup>	0.68±0.22 <sup>bc</sup>
Malik Asit	1	12.08±0.15 <sup>cb</sup>	4.35±0.11 <sup>ac</sup>	4.29±0.45 <sup>ac</sup>	17.71±2.41 <sup>ba</sup>	1.86±0.03 <sup>ac</sup>
	7	14.84±0.11 <sup>B</sup>	4.24±0.08 <sup>bc</sup>	4.11±0.26 <sup>b</sup>	26.18±0.27 <sup>aa</sup>	1.84±0.04 <sup>ad</sup>
	14	16.64±0.11 <sup>abb</sup>	4.05±0.01 <sup>cc</sup>	3.99±0.26 <sup>bc</sup>	26.23±0.10 <sup>aa</sup>	1.57±0.06 <sup>cd</sup>
	21	17.88±0.10 <sup>aa</sup>	3.58±0.29 <sup>db</sup>	3.70±0.23 <sup>cb</sup>	2.04±0.16 <sup>cc</sup>	1.80±0.11 <sup>bc</sup>
	28	17.57±0.19 <sup>aa</sup>	4.24±0.04 <sup>bb</sup>	3.56±0.18 <sup>c</sup>	2.52±0.21 <sup>cd</sup>	1.59±0.13 <sup>ce</sup>
Laktik Asit	1	1357.94±23.79 <sup>ca</sup>	1335.18±0.99 <sup>bab</sup>	1185.56±1.82 <sup>cc</sup>	1370.89±0.82 <sup>A</sup>	1308.18±3.77 <sup>cb</sup>
	7	1484.68±5.61 <sup>ba</sup>	1306.14±3.48 <sup>cd</sup>	1368.46±2.80 <sup>abc</sup>	1494.39±0.33 <sup>A</sup>	1417.89±0.33 <sup>bb</sup>
	14	1498.0±1.77 <sup>ab</sup>	1474.99±2.13 <sup>ac</sup>	1358.93±1.25 <sup>bce</sup>	1511.11±0.95 <sup>A</sup>	1417.49±0.67 <sup>bd</sup>
	21	1493.81±3.61 <sup>ab</sup>	1474.20±1.51 <sup>ac</sup>	1364.44±0.59 <sup>be</sup>	1507.33±0.98 <sup>A</sup>	1433.77±0.02 <sup>ad</sup>
	28	1475.98±7.11 <sup>ba</sup>	1359.59±2.67 <sup>bc</sup>	1372.73±0.08 <sup>ac</sup>	1485.48±1.50 <sup>A</sup>	1398.79±2.32 <sup>bb</sup>
Asetik Asit	1	43.56±3.39 <sup>b</sup>	40.89±0.19 <sup>b</sup>	41.71±0.35 <sup>c</sup>	39.17±0.29 <sup>b</sup>	41.46±2.37 <sup>c</sup>
	7	46.21±0.56 <sup>ac</sup>	42.61±0.06 <sup>ac</sup>	64.67±0.75 <sup>ba</sup>	45.17±0.83 <sup>ac</sup>	58.60±1.81 <sup>bb</sup>
	14	43.35±0.21 <sup>bc</sup>	43.25±0.32 <sup>ac</sup>	68.16±0.27 <sup>aba</sup>	41.44±0.36 <sup>bd</sup>	59.74±0.56 <sup>bb</sup>
	21	35.04±0.55 <sup>cc</sup>	35.21±1.16 <sup>cc</sup>	70.05±0.35 <sup>aa</sup>	35.02±0.74 <sup>cc</sup>	67.53±0.11 <sup>ab</sup>
	28	33.42±4.14 <sup>cb</sup>	34.38±0.11 <sup>cb</sup>	70.07±0.33 <sup>aa</sup>	32.61±0.62 <sup>cb</sup>	64.03±1.04 <sup>aa</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

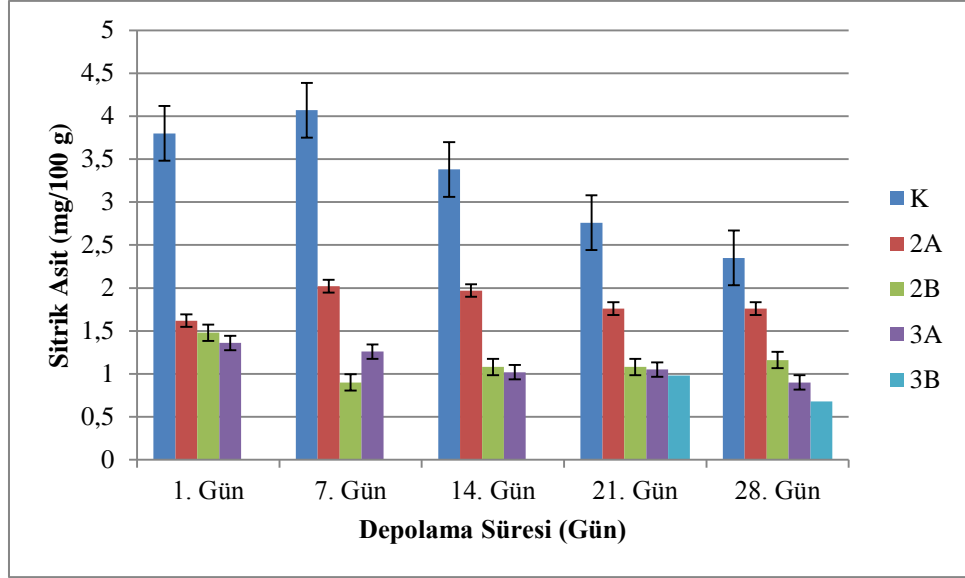
**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen sitrik asit konsantrasyonlarındaki değişimler Çizelge 4.10'da verilmiş ve Şekil 4.8'de grafik olarak gösterilmiştir. Kefir örneklerinin sitrik asit içeriklerinde muameleler ve depolama günleri arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Sütte bulunan sitrat, Krebs döngüsünde hem laktik asit bakterileri tarafından substrat olarak kullanılarak pirüvik asit, CO<sub>2</sub> ve asetik asit üretiminde kullanılmakta, hem de asetaldehit ve diasetil gibi uçucu bileşenlere metabolize edilmektedir (Sarıca ve Coşkun 2020, Bulat ve Topcu 2021).

Kefir örneklerindeki sitrik asit konsantrasyonu incelendiğinde, depolama süresince artan ve azalan değişim gösterdiği ve en yüksek sitrik asit konsantrasyonunun tüm depolama günlerinde kontrol örneğinde bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Benzer şekilde, Sarıca ve Coşkun (2020) çalışmalarında keçi sütünden ürettikleri kefir örneklerinde ortalama 108.34 µg/g olarak belirledikleri sitrik asit miktarının, depolamanın 14. gününe kadar attığını, ardından 21. gününde azalarak 35 µg g<sup>-1</sup>'a düştüğünü belirlemişlerdir. Depolamanın 21. gününden itibaren sitrik asit miktarında tekrar bir artış olduğu bulunmuştur.

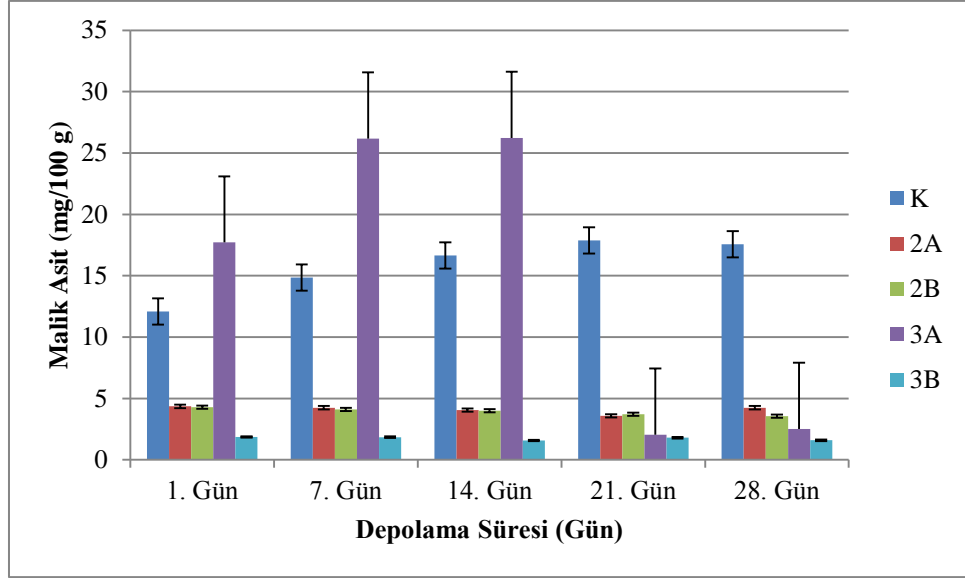
Laktoz hidrolizasyonunun etkisi açısından değerlendirildiğinde, %100 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneğinde belirlenen sitrik asit konsantrasyonunun %50 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneğinden (3A) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *S. boulardii* içeren kefir örneklerinde (2B ve 3B) sitrik asit konsantrasyonlarının azaldığı tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen sitrik asit konsantrasyonlarında, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).



Şekil 4.8 Kefir örneklerinin depolama süresince sitrik asit değerlerindeki değişim

Kefir örneklerinde belirlenen malik asit konsantrasyonlarının 1.57-26.23 mg/100 g aralığında olduğu (Çizelge 4.10) ve depolama süresince artan ve azalan değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.9). Kefir örneklerinin malik asit içeriklerinde muameleler ve depolama günleri arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

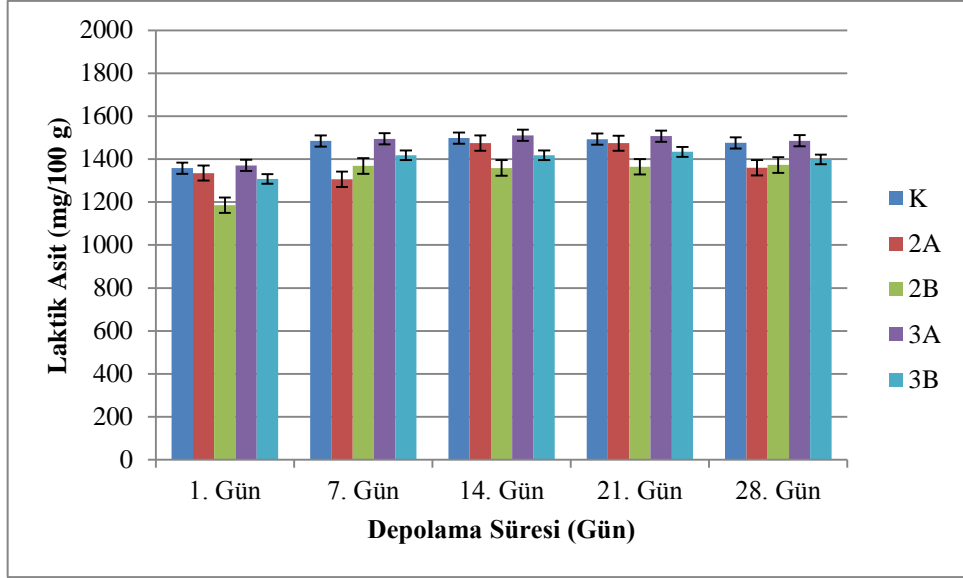
Depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde en yüksek malik asit konsantrasyonu % 50 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneğinde (3A) belirlenirken, depolamanın 21. ve 28. günlerinde en yüksek malik asit konsantrasyonu kontrol örneğinde tespit edilmiştir. En düşük malik asit konsantrasyonu ise tüm depolama günlerinde % 50 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneğinde belirlenmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen malik asit konsantrasyonlarında, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).



Şekil 4.9 Kefir örneklerinin depolama süresince malik asit değerlerindeki değişim

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktik asit konsantrasyonlarındaki değişimler Çizelge 4.9'de verilmiş ve Şekil 4.10'da grafik olarak gösterilmiştir. Kefir örneklerinin laktik asit konsantrasyonlarında muameleler ve depolama günleri arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Kefir örneklerinde baskın olarak bulunan organik asitin laktik asit olduğu ve konsantrasyonun 1185.56 - 1511.11 mg/100 g aralığında değiştiği belirlenmiştir. Laktik asit konsantrasyonunun depolama süresince artan bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). En yüksek laktik asit konsantrasyonu tüm depolama günlerinde % 50 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneğinde (3A) tespit edilirken, en düşük laktik asit konsantrasyonu %100 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen 2B örneğinde belirlenmiştir. Depolama süresince laktik asit konsantrasyonlarında örnekler arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).



Şekil 4.10 Kefir örneklerinin depolama süresince laktik asit değerlerindeki değişim (mg/100g)

Hikmetoğlu vd. (2020) kefirde yaptıkları çalışmada laktik asit konsantrasyonunu depolamanın 1. ve 7. günlerinde sırasıyla 0.50 ve 0.51 g/100 mL olduğunu belirlemiş ve soğuk depolama süresince mikroorganizmaların yavaş olduğu düşünülen metabolik aktivitesine bağlı olarak laktik asit içeriğinde hafif bir artış tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, farklı bir çalışmada da kefir örneklerinde laktik asit içeriğinin 0.48 ile 0.77 g/100 mL arasında değiştiği bildirilmiştir (Güzel-Seydim vd. 2000).

Sarıca ve Coşkun (2020) tarafından yapılan bir başka çalışmada inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerde depolama süresince laktik asit miktarındaki dalgalanmaların, laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asit miktarı ve bazı maya türleri tarafından laktik asidin kullanılmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir.

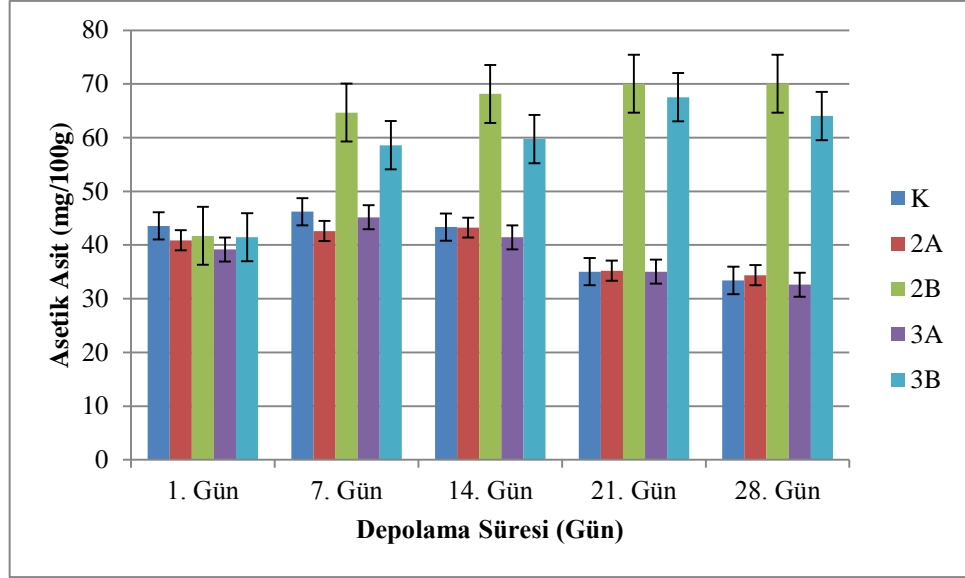
Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen asetik asit konsantrasyonlarındaki değişimler Çizelge 4.10'da verilmiş ve Şekil 4.11'da grafik olarak gösterilmiştir. Kefir örneklerinin asetik asit konsantrasyonlarında muameleler ve depolama günleri arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Asetik asit kefirde üç yolla üretilmektedir. Birincisi, heterofermentatif LA bakterileri tarafından heterolaktik fermantasyon yoluyla, ikincisi; mayalar tarafından piruvat dehidrogenaz enzimi ile pirüvik asidin oksidatif dekarboksilasyonu yoluyla, üçüncüsü ise; asetik asit bakterileri tarafından karbonhidratların iki aşamalı fermantasyonu ile üretilmektedir (Martínez-Torres vd. 2017, Bulat ve Topcu 2021).

Çalışmada asetik asit konsantrasyonun 32.61-70.07 mg/100 g aralığında değiştiği belirlenmiştir. Kefir örneklerindeki asetik asit konsantrasyonları incelendiğinde, kontrol örneği (K), % 100 ve % 50 laktozu hidrolize süttten üretilen (2A ve 3A) örneklerinde depolamanın 1. gününden 7. gününe artan, 14. günden sonra ise azalan eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, tüm depolama günlerinde en yüksek asetik asit içeriğinin belirlendiği % 100 ve % 50 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneklerinde depolama süresinde artış olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen asetik asit konsantrasyonlarında, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Asetik asit düzeyinin fermantasyon süresince mikroorganizmaların metabolik aktivitelerinin artmasıyla artabileceği, bununla birlikte fermantasyon ilerledikçe bazı mikroorganizmaların asetik asiti farklı metabolitlere dönüştürdüğü için miktarının azalabileceği bildirilmektedir (Smith vd. 2020).

Gökırmaklı vd. (2023) çalışmalarında kefirde fermentasyon sonunda laktik asit, asetik asit ve malik asit artışının pH değerinde azalma ve asitlikte artışla sonuçlandığını bildirmişlerdir. Malik asit ve asetik asidin kefirde baskın organik asit olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11 Kefir örneklerinin depolama süresince asetik asit değerlerindeki değişim

#### 4.2.8 Karbonhidrat profili

Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktoz, glikoz ve galaktoz miktarlarındaki değişimler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Kefir örneklerinin laktoz, glikoz ve galaktoz konsantrasyonlarında muameleler ve depolama günleri arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 4.11 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktoz, glikoz ve galaktoz değerlerindeki değişimler (g/100 g)

	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Laktoz	1	3.27±0.01 <sup>aA</sup>	0.10±0.01 <sup>E</sup>	0.13±0.00 <sup>D</sup>	1.81±0.00 <sup>aC</sup>	1.97±0.01 <sup>aB</sup>
	7	3.19±0.00 <sup>bA</sup>	0.10±0.00 <sup>D</sup>	0.12±0.00 <sup>D</sup>	1.77±0.00 <sup>bC</sup>	1.91±0.00 <sup>bB</sup>
	14	3.15±0.01 <sup>cA</sup>	0.10±0.00 <sup>E</sup>	0.12±0.00 <sup>D</sup>	1.78±0.00 <sup>bC</sup>	1.88±0.00 <sup>bB</sup>
	21	3.12±0.00 <sup>dA</sup>	0.10±0.00 <sup>E</sup>	0.12±0.00 <sup>D</sup>	1.78±0.00 <sup>bC</sup>	1.89±0.00 <sup>a<sup>b</sup>B</sup>
	28	3.09±0.00 <sup>eA</sup>	0.08±0.00 <sup>E</sup>	0.12±0.00 <sup>D</sup>	1.75±0.00 <sup>bB</sup>	1.84±0.00 <sup>cC</sup>

Çizelge 4.11 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen laktoz, glikoz ve galaktoz değerlerindeki değişimler (g/100 g) (devam)

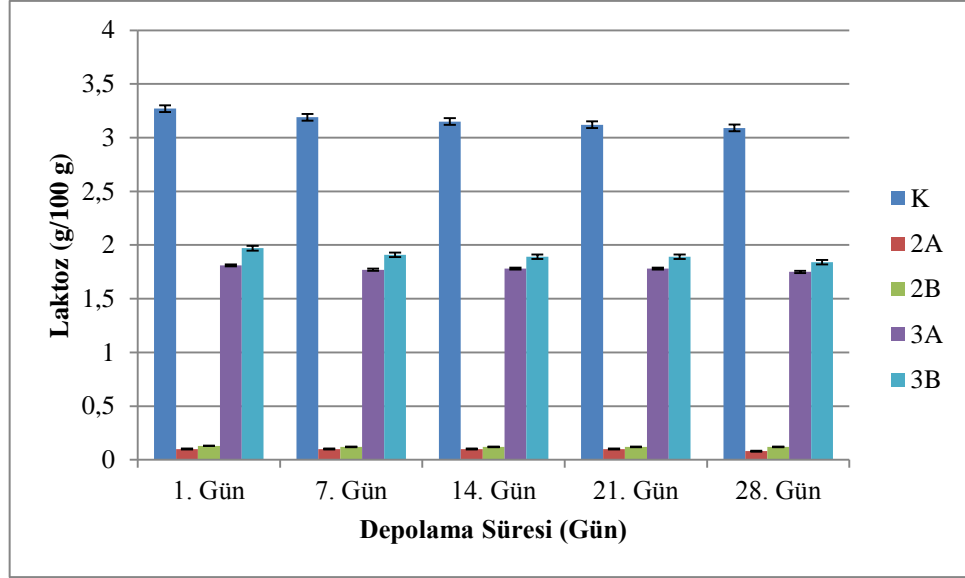
	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Glikoz	1	0.00±0.00	2.42±0.00 <sup>aA</sup>	2.15±0.00 <sup>B</sup>	0.92±0.00 <sup>aC</sup>	0.37±0.01 <sup>D</sup>
	7	0.00±0.00	2.30±0.00 <sup>bA</sup>	0.00±0.00	0.74±0.00 <sup>bB</sup>	0.00±0.00
	14	0.00±0.00	2.15±0.00 <sup>cA</sup>	0.00±0.00	0.74±0.00 <sup>bB</sup>	0.00±0.00
	21	0.00±0.00	2.02±0.01 <sup>dA</sup>	0.00±0.00	0.63±0.00 <sup>cB</sup>	0.00±0.00
	28	0.00±0.00	1.67±0.00 <sup>dA</sup>	0.00±0.00	0.50±0.00 <sup>dB</sup>	0.00±0.00
Galaktoz	1	0.08±0.01 <sup>cE</sup>	4.47±0.00 <sup>aB</sup>	4.51±0.00 <sup>aA</sup>	2.13±0.00 <sup>cD</sup>	2.16±0.00 <sup>aC</sup>
	7	0.13±0.01 <sup>bE</sup>	4.44±0.00 <sup>bA</sup>	4.21±0.02 <sup>cB</sup>	2.14±0.00 <sup>bC</sup>	2.09±0.00 <sup>cD</sup>
	14	0.16±0.00 <sup>aE</sup>	4.41±0.00 <sup>cA</sup>	4.18±0.01 <sup>dB</sup>	2.18±0.00 <sup>aC</sup>	2.09±0.01 <sup>cD</sup>
	21	0.16±0.00 <sup>aD</sup>	4.41±0.01 <sup>cA</sup>	4.18±0.00 <sup>dB</sup>	2.14±0.00 <sup>bC</sup>	2.13±0.00 <sup>bC</sup>
	28	0.14±0.00 <sup>bE</sup>	3.92±0.00 <sup>dB</sup>	4.23±0.00 <sup>bA</sup>	2.08±0.00 <sup>dC</sup>	2.08±0.00 <sup>cC</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Laktoz miktarı incelendiğinde, laktozu hidrolize edilmeyen süttten üretilen kontrol örneğinde depolamanın 1. gününde belirlenen 3.27 g/100 g laktoz miktarının depolamanın ilerlemesiyle azalarak 28. günde 3.09 g/100 g olduğu belirlenmiştir. Laktozu %50 hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinde (3A ve 3B) ise depolamanın 1. gününde belirlenen laktoz miktarlarının 14. güne kadar azaldığı ilerleyen depolama günlerinde çok fazla bir değişmediği gözlenmiştir. Laktozun glukoz ve galaktoza hidrolize olması azalmanın nedenidir (Bulat ve Topcu 2021). Laktozu % 100 hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinin (2A ve 2B) laktoz miktarlarının depolama süresinde 0.08-0.13 g/100 g aralığında olduğu ve önemli bir değişim görülmediği belirlenmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen laktoz miktarlarında, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

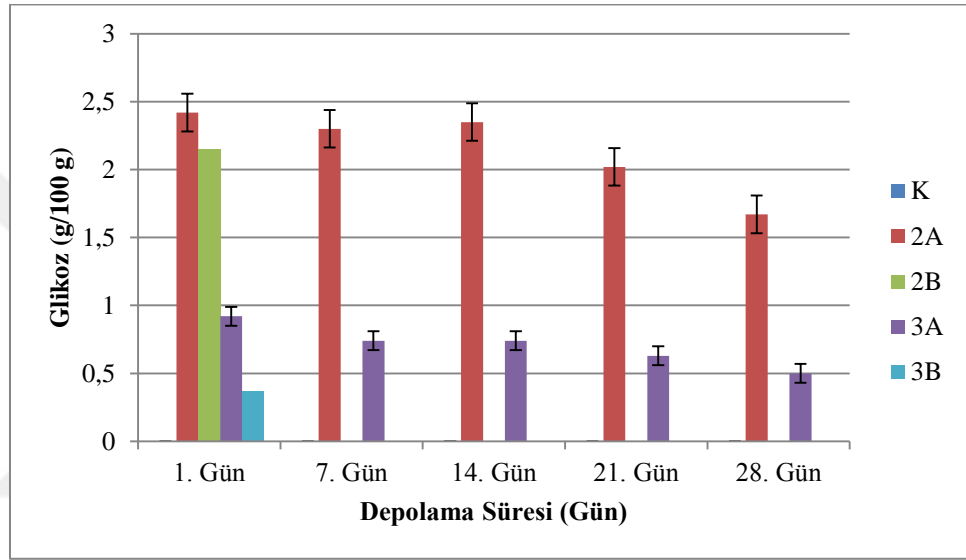


Şekil 4.12 Kefir örneklerinin depolama süresince laktöz değerlerindeki değişim

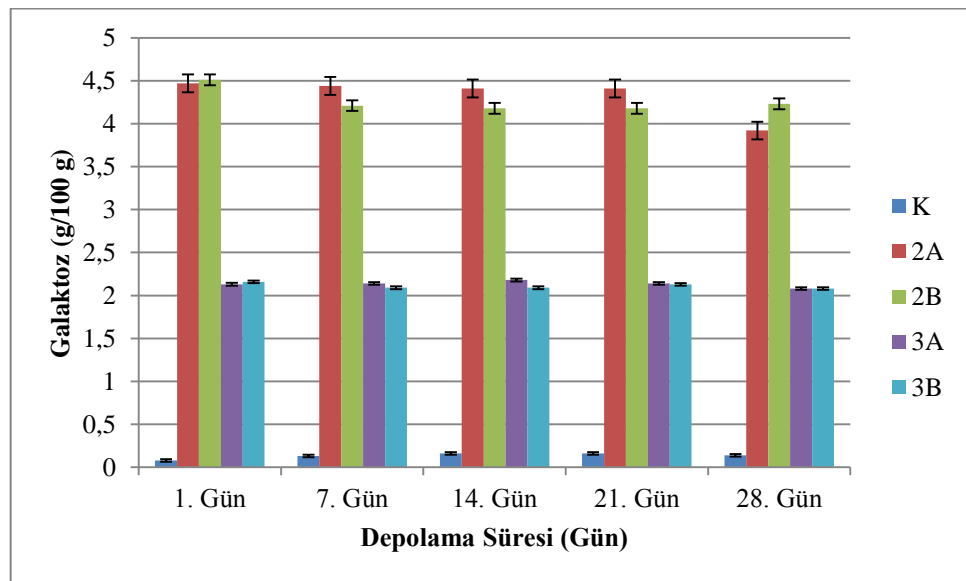
Glikoz değerleri incelendiğinde, laktöz içeriği %100 oranında hidrolize süttten üretilen kefir örneğinin glikoz miktarı laktöz içeriği %50 oranında hidrolize süttten üretilen kefir örneğine göre yüksek bulunmuştur. Kontrol örneğinde depolama süresince glikoz tespit edilmezken, *S. boulardii* ilaveli örneklerde yalnızca depolamanın 1. gününde glikoz olduğu belirlenmiştir. Galaktoz miktarları incelendiğinde ise, laktöz içeriği %100 oranında azaltılmış süttten üretilen kefir örneklerinin galaktoz miktarlarının kontrol ve laktöz içeriği %50 oranında hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinden yüksek olduğu bulunmuştur. Çalışmada, laktözün hidrolizasyon oranındaki artışla örneklerin glikoz ve galaktoz miktarlarının da arttığı gözlenmiştir. Depolama süresince örneklerde belirlenen glikoz ve galaktoz miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Glikoz ve galaktoz miktarlarında, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Laktozu fermente edemeyen bir maya (*S. boilardii*), ortamda glukoz olsa bile galaktozu bir karbon kaynağı olarak tercih etmektedir. Bununla birlikte, laktokoklar glukoz ve galaktozu aynı anda metabolize edebilmektedirler. Kefir örneklerinin glukoz ve galaktoz düzeylerinde belirlenen farklılıklar, mikrobiyal florasının çeşitliliği ile ilişkilendirilebilmektedir (Bulat ve Topcu 2021).

Ohlsson vd. (2017)'nin çalışmasında laktozu hidrolize sütte ve aynı süttten üretilen kefirde laktoz, glikoz ve galaktoz miktarları incelenmiş ve sütte galaktoz seviyesinin depolamanın 4. gününe kadar artış gösterdikten sonra sabit kaldığı, glikoz miktarının ise depolamanın 8. gününe kadar düzenli bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, laktozsuz kefirde glukoz miktarı daha düşük olarak belirlenmiştir. Bu durum, laktik asit bakterileri tarafından substrat olarak glukozun daha iyi kullanılmasıyla açıklanabilmektedir.



Şekil 4.13 Kefir örneklerinin depolama süresince glikoz değerlerindeki değişim



Şekil 4.14 Kefir örneklerinin depolama süresince galaktoz değerlerindeki değişim

Bulat ve Topcu (2021)'in yaptıkları çalışmada kefir örneklerinin laktoz içeriğini, depolamanın 1. gününde 3.11 ile 3.28 g/100 g arasında, depolamanın 21. gününde ise 2.94 ile 3.14 g/100 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu durum, kefirde karmaşık mikrobiyolojik yapıya bağlı olarak mikroorganizmaların redoks potansiyeline farklı oranda tolerans gösterebilmeleri ve laktozu farklı şekilde kullanabilmeleri ile ilişkilendirilmiştir. Kefir örneklerinde galaktoz miktarı en yüksek 0.02 g/100 g seviyesinde belirlenirken glukoz tespit edilmemiştir.

Hikmetoğlu vd. (2020) yaptıkları çalışmada, kefir üretiminde kullanılan sütte 5.58 g/100 mL olarak belirlenen laktoz miktarının 18 saatlik fermentasyon süresince 2.12 g/mL'ye kadar azaldığını ve depolamanın 7. gününde 0.8 g/mL olduğunu tespit edilmişlerdir. Laktoz içeriğindeki azalma, kefir üretiminde kullanılan mikroorganizmaların metabolik aktivitesiyle açıklanmaktadır. Aynı çalışmada sütte 1.12 ve 0.99 g/100 mL olarak belirlenen glukoz ve galaktoz miktarlarının, laktozun hidrolizasyonu ile artarak 12 saatlik fermentasyon sürecinde sırasıyla 2.19 ve 2.68 g/100 mL'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, fermentasyonun sonunda 1.03 g/100 mL olarak belirlenen glukoz içeriği, 7 günlük depolamanın ardından 0.8 g/100 mL olarak bulunmuştur. Benzer şekilde fermentasyonun sonunda 0.88 g/100 mL'ye düştüğü belirlenen galaktoz miktarının da soğuk depolama süresince sabit kaldığı tespit edilmiştir.

Laktoz glukoz ve galaktoza hidrolize olduktan sonra, laktik asit bakterileri glukozu çoğunlukla homofermantatif bir yol ile metabolize etmektedir. Glukoz da laktik asit bakterileri tarafından kullanarak esas olarak pirüvat üzerinden laktat dehidrogenaz enzimi aracılığıyla laktik aside metabolize olmaktadır. Bununla birlikte, heterofermantatif laktik asit bakterileri de aseton, diasetil, asetaldehit ve aseton gibi aromaya katkı sağlayan bazı uçucu bileşikleri üretmektedir (Hikmetoğlu vd. 2020).

#### **4.2.9 Dinamik reolojik testler**

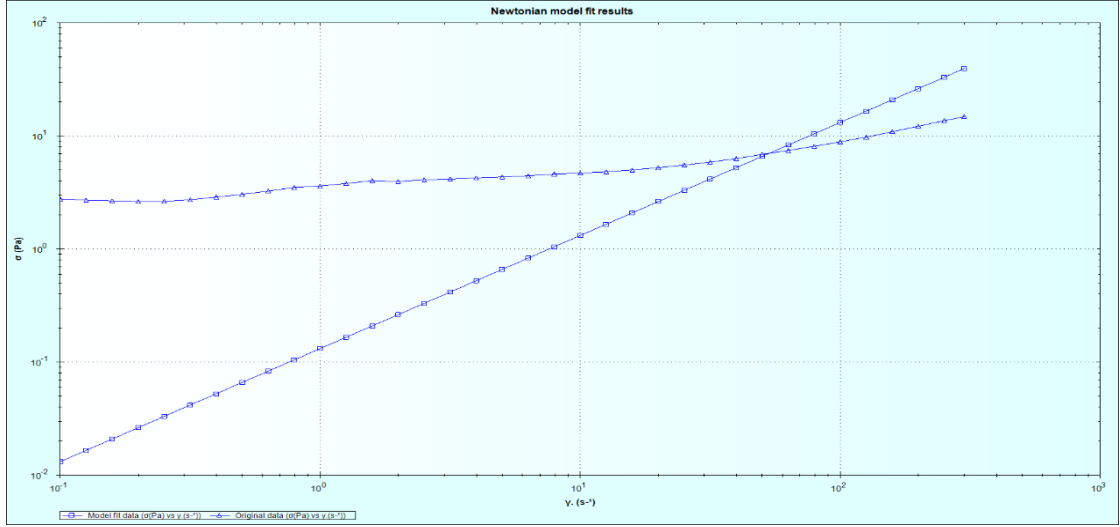
Reolojik testler ile sıvıların akış davranışları incelenerek viskozitesi ve akış modeli belirlenmekte ve ürünün fiziksel yapısı karakterize edilebilmektedir. Bu amaçla sıvıya

uygulanan kayma gerilimine karşılık elde edilen kayma hızı belirlenerek akış davranış modeli ortaya konmaktadır. Akış davranış modelleri Newtonian ve Newtonian olmayan şeklinde ikiye ayrılır. Newtonian akış modelinde uygulanan kayma gerilimi ile oluşan kayma hızı arasındaki ilişki doğrusaldır. Newtonian olmayan akış ise, uygulanan kayma gerilimi ile kayma hızının doğrusal değişmediği akış modelidir (Buran 2020).

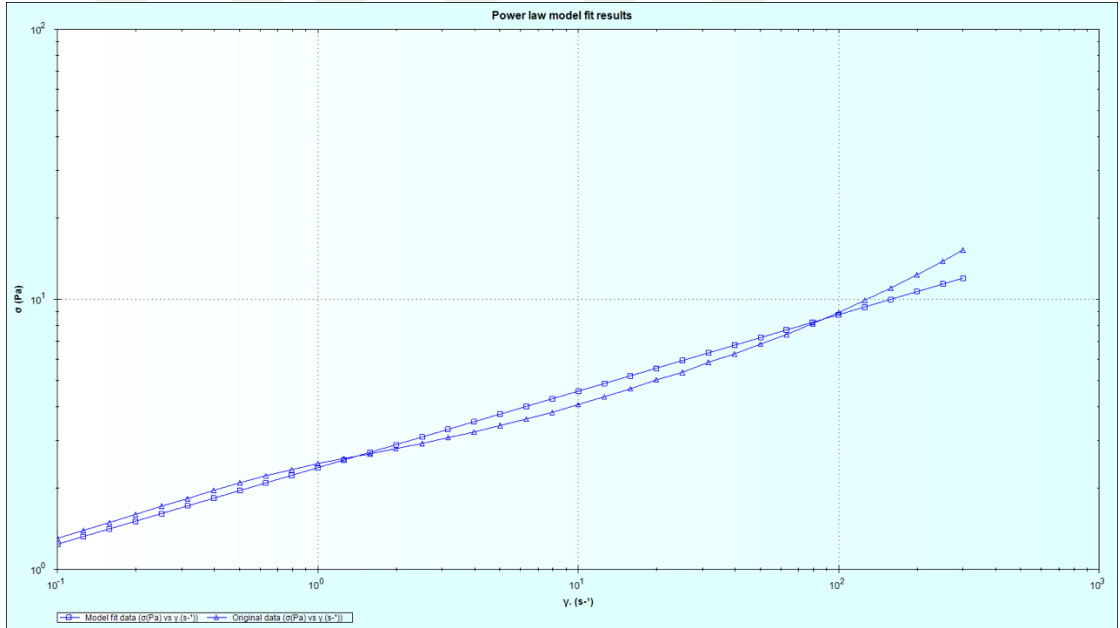
Yapılan reolojik testler sonucunda kefir örneklerinin kayma hızı-kayma gerilimi grafiği elde edilmiş ve Newtonian olmayan akış gösterdiği belirlenmiştir. Newtonian olmayan akışkanlarda belirlenen akış modelinin denklemi kullanılarak kıvam indeksi değeri hesaplanmaktadır. Çalışmada elde edilen grafiğin Newton ve Power-Law akış modelleri başta olmak üzere farklı akış modellerine uygunluğu test edilmiş ve en yüksek korelasyon değerlerine ( $R^2 > 0.99$ ) Power-Law akış modelinde rastlanmış ve hesaplamalar Power-Law akış modeline ait aşağıda verilen denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$\sigma = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

Burada  $\sigma$  kayma gerilimini, K kıvam indeksini,  $\dot{\gamma}$  kayma hızını ve n akış davranış indeksini ifade etmektedir. Kıvam indeksi (K) kayma gerilimine karşı gösterilen direnci, akış davranış indeksi (n) ise akışkanın kayma gerilimi altında deformasyonunu ifade etmektedir.



Şekil 4.15 Kontrol örneğine ait kayma hızı-kayma gerilimi grafiğininin Newtonian akış modeline uygunluğuna ait grafik



Şekil 4.16 Kontrol örneğine ait kayma hızı-kayma gerilimi grafiğininin Power Law akış modeline uygunluğuna ait grafik

Kefir örneklerinin depolama sürecinde belirlenen kıvam indeksi (K) ve akış davranış indeksi değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Kefir örneklerinin kıvam indeksi değerlerinde depolama günleri ve muameleler arasındaki interaksiyon önemli bulunurken ( $P < 0.05$ ), akış davranış indeksi değerleri arasında interaksiyon belirlenmemiştir ( $P > 0.05$ ).

Çizelge 4.12 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen kıvam indeksi (K) ve akış davranış indeksi (n) değerlerindeki değişimler

Özellik	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
K (Pa.s)	1	2.59±0.64 <sup>abB</sup>	2.84±0.50 <sup>bAB</sup>	3.93±0.40 <sup>abAB</sup>	4.64±0.53 <sup>aA</sup>	3.91±2.27 <sup>abAB</sup>
	7	3.85±0.09 <sup>abB</sup>	4.29±0.41 <sup>abA</sup>	4.39±0.07 <sup>aA</sup>	4.60±0.14 <sup>aA</sup>	4.24±0.20 <sup>aA</sup>
	14	4.47±0.17 <sup>aA</sup>	4.64±0.31 <sup>aA</sup>	3.50±0.27 <sup>abB</sup>	4.33±0.24 <sup>aA</sup>	3.99±0.28 <sup>abB</sup>
	21	4.06±0.03 <sup>abA</sup>	4.50±0.46 <sup>aA</sup>	2.72±0.48 <sup>bcB</sup>	4.00±0.96 <sup>aA</sup>	4.23±0.60 <sup>aA</sup>
	28	2.40±0.09 <sup>bB</sup>	3.71±0.07 <sup>abA</sup>	1.98±0.07 <sup>cC</sup>	3.76±0.38 <sup>bA</sup>	2.86±0.06 <sup>bB</sup>
n	1	0.26±0.01 <sup>c</sup>	0.24±0.02 <sup>b</sup>	0.25±0.01 <sup>b</sup>	0.24±0.01 <sup>c</sup>	0.23±0.01 <sup>ab</sup>
	7	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.07 <sup>ab</sup>	0.26±0.02 <sup>b</sup>	0.23±0.06 <sup>bc</sup>	0.22±0.06 <sup>b</sup>
	14	0.36±0.01 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>
	21	0.29±0.04 <sup>b</sup>	0.26±0.02 <sup>ab</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>b</sup>	0.27±0.01 <sup>ab</sup>
	28	0.29±0.01 <sup>b</sup>	0.28±0.02 <sup>a</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>b</sup>	0.27±0.01 <sup>ab</sup>

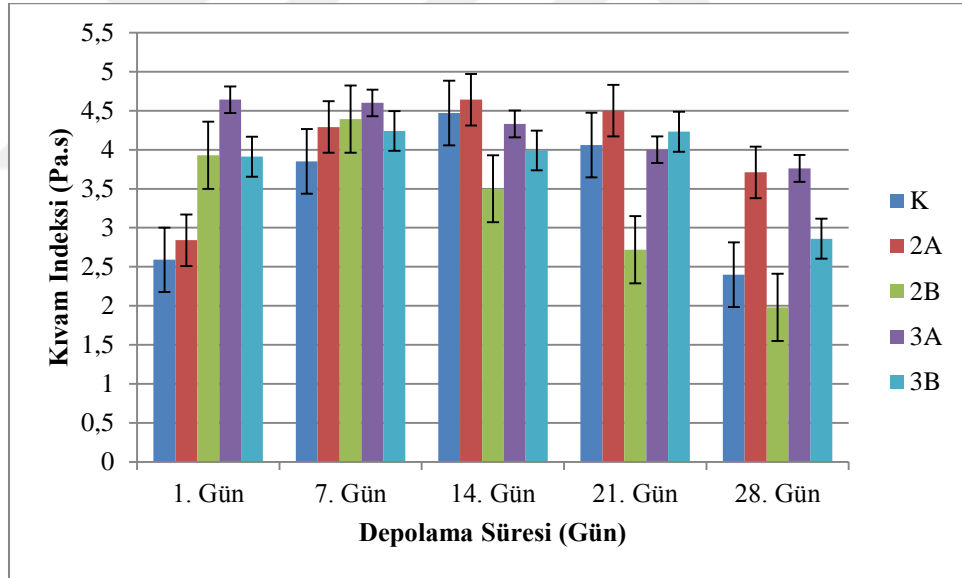
a-d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir

A-D: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2)

2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü

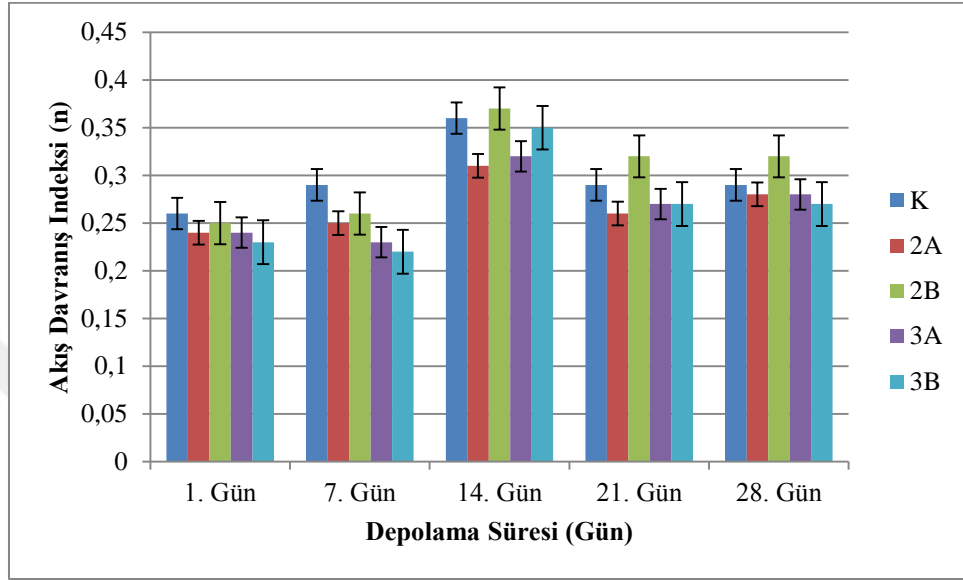
Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*



Şekil 4.17 Kefir örneklerinin depolama süresince kıvam indeksi (K) değerlerindeki değişim

Kefir örneklerinin kıvam indeksi değerleri incelendiğinde, depolamanın 1. ve 28. günlerinde kıvam indeksi değerlerinin sırasıyla, 2.59-4.64 ve 1.98-3.76 Pa.s aralığında değiştiği belirlenmiştir. Depolama süresince genel olarak kıvam indeksi değerlerinde artma ve azalma olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 28. gününde en yüksek kıvam

indeksi değeri %100 ve %50 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinde (2A ve 3A) belirlenmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen kıvam indeksi değerlerinde, hem örnekler arasında hem de depolama günleri arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).



Şekil 4.18 Kefir örneklerinin depolama süresince akış davranış indeksi (n) değerlerindeki değişim

Akış tipinin Newtonian akışa yakınlığını belirlemek için kullanılan akış davranış indeksi (n), Newtonian olmayan akış tipinde  $>1$  ise dilatant akış tipi,  $<1$  ise pseudoplastik akış tipi olarak değerlendirilmektedir (Buran 2020). Kefir örneklerinin depolama süresince belirlenen akış davranış indeksi değerlerinin 0.22-0.37 aralığında değiştiği ve pseudoplastik akış gösterdiği belirlenmiştir. Kefir örneklerinin tümünde akış davranış indeksi değerlerinin depolamanın 14. gününe kadar arttığı, 21. güne kadar azaldığı ve 28. günde değişmeden kaldığı tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinde belirlenen akış davranış indeksi değerlerinde belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunurken ( $P<0.05$ ), farklı depolama günlerinde kefir örneklerinin akış davranış indeksi değerleri benzer bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

#### 4.2.10 Renk değerleri

Gıdalarda tüketici beğenisi ve ürünün kabul edilebilirliği açısından önemli bir kalite kriteri olan renk özelliği, üretimde kullanılan hammadde, üretim yöntemi, depolama süresi gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir. Hunter renk ölçme sistemine göre, parlaklığı simgeleyen bir renk parametresi olan  $L^*$  değeri (100-0) parlaklıktan karanlığa geçişi ifade ederken,  $a^*$  değeri kırmızı (+) veya yeşil (-),  $b^*$  değeri ise sarı (+) veya mavi (-) rengin göstergesi olarak kabul edilmektedir (Pathare vd. 2013). Kefir örneklerinde depolama süresince renk değerlerindeki değişim Çizelge 4.13’de verilmiştir. Kefir örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinde depolama günleri ve muameleler arasındaki interaksiyon önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Çizelge 4.13 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerindeki değişimler

Özellik	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
$L^*$	1	88.12±4.16	92.19±2.12	90.57±3.01	91.88±1.43 <sup>a</sup>	90.67±0.79
	7	89.72±0.64	89.45±0.62	86.55±0.72	87.71±2.58 <sup>ab</sup>	87.49±0.98
	14	88.19±0.18	86.06±2.63	86.85±0.51	87.67±0.44 <sup>ab</sup>	86.82±0.82
	21	89.15±1.76	88.56±1.80	86.88±2.66	88.83±1.01 <sup>ab</sup>	88.10±1.01
	28	87.51±0.62	89.27±2.16	89.08±0.02	85.93±0.73 <sup>b</sup>	88.55±1.66
$a^*$	1	-3.44±0.66	-3.71±0.31	-3.20±0.16	-3.54±0.28	-3.26±0.02
	7	-4.78±0.18	-4.40±0.04	-3.65±0.64	-4.61±0.50	-3.88±0.60
	14	-4.04±0.38	-3.05±0.17	-3.85±0.47	-4.15±0.57	-4.34±0.01
	21	-4.17±0.98	-4.13±0.67	-3.85±0.28	-4.09±0.03	-4.04±0.23
	28	-4.56±0.65	-4.54±0.71	-3.90±0.58	-4.54±0.59	-4.13±0.09
$b^*$	1	5.84±0.01 <sup>bB</sup>	4.82±0.01 <sup>bB</sup>	8.97±0.63 <sup>A</sup>	6.20±0.00 <sup>B</sup>	7.81±0.45 <sup>A</sup>
	7	6.12±0.12 <sup>a</sup>	6.29±0.04 <sup>ab</sup>	7.14±0.41	5.67±0.65	6.63±1.16
	14	5.26±0.00 <sup>dB</sup>	5.29±0.01 <sup>abB</sup>	7.56±0.78 <sup>A</sup>	4.56±3.38 <sup>B</sup>	7.31±0.01 <sup>A</sup>
	21	5.84±0.01 <sup>bAB</sup>	5.33±0.57 <sup>abB</sup>	8.35±1.27 <sup>A</sup>	6.27±0.70 <sup>AB</sup>	7.62±0.34 <sup>AB</sup>
	28	5.50±0.01 <sup>cC</sup>	6.70±0.86 <sup>ab</sup>	9.03±0.65 <sup>A</sup>	5.89±1.65 <sup>C</sup>	7.32±0.70 <sup>B</sup>

**a-d:**Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

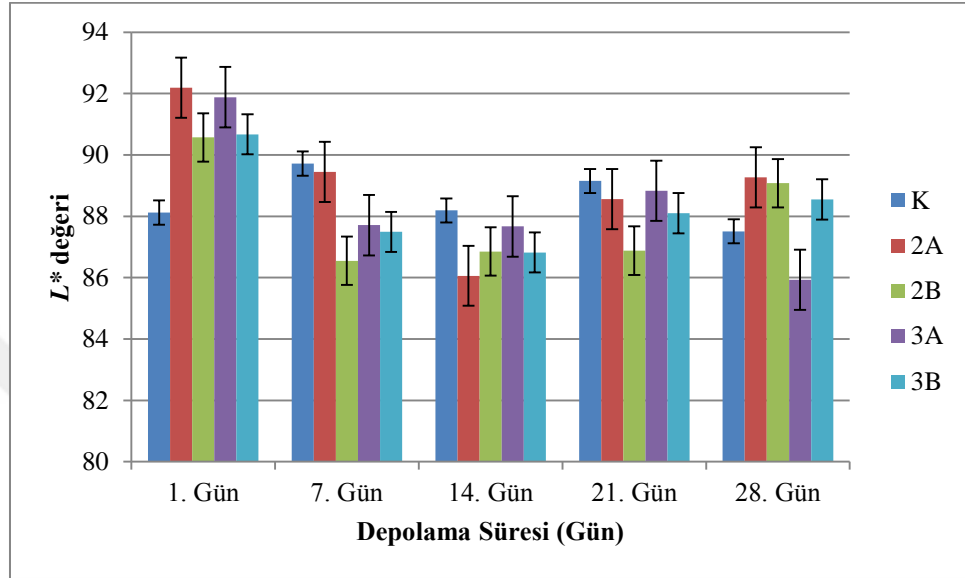
**A-D:**Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2),

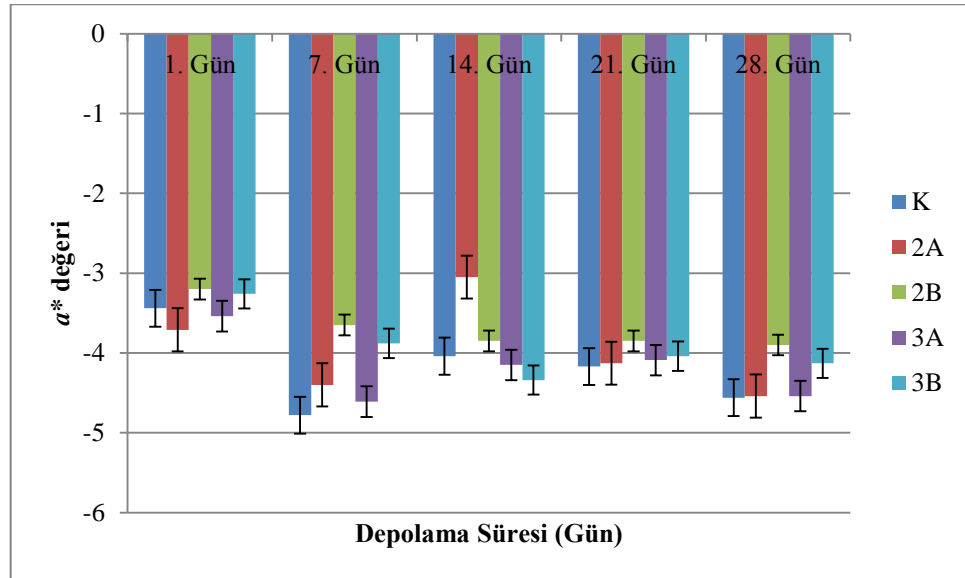
2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü +

Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Kefir örnekleri için  $L^*$  değerlerinin 83.06 ve 92.12,  $a$  değerlerinin ise -3.20 ve -4.78 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Kefir örneklerinde depolama süresince ve örnekler arasında  $L$  ve  $a$  renk değerlerinde meydana gelen değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

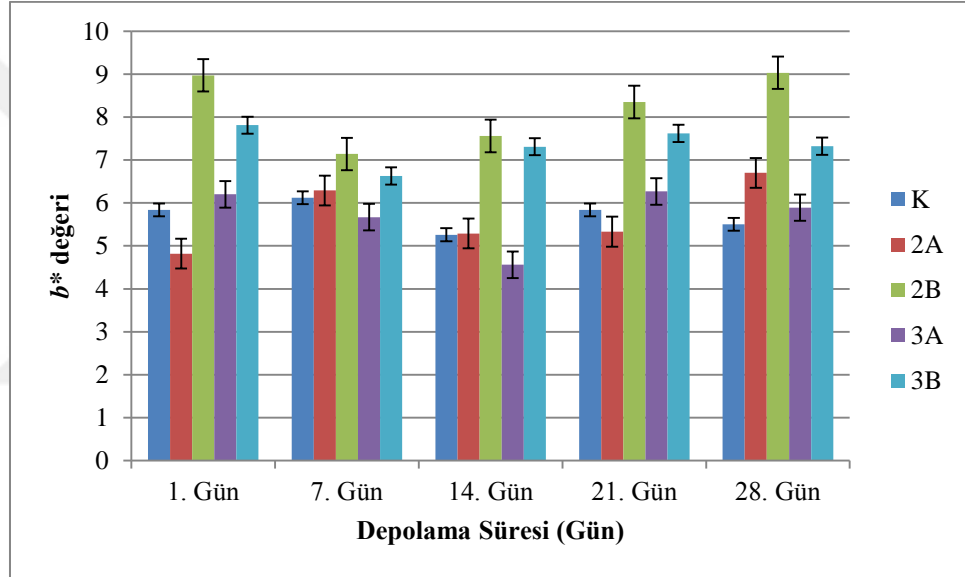


Şekil 4.19 Kefir örneklerinin depolama süresince  $L^*$  değerlerindeki değişim



Şekil 4.20 Kefir örneklerinin depolama süresince  $a^*$  değerlerindeki değişim

Depolama süresince kefir örneklerinde  $b$  değerlerinin 4.56 - 9.03 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin  $b$  renk değerlerinde belirlenen değişimin K ve 2A örnekleri için önemli olduğu ( $P<0.05$ ) belirlenirken, 2B, 3A ve 3B örneklerinde değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Kefir örnekleri arasında depolama süresinde  $b$  değerlerinde belirlenen farklılığın, depolamanın 7. gününde önemli olmadığı ( $P>0.05$ ), bununla birlikte depolamanın 1, 14, 21 ve 28. günlerinde belirlenen farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar örneklerin renk açısından benzerliğini göstermektedir.



Şekil 4.21 Kefir örneklerinin depolama süresince  $b^*$  değerlerindeki değişim

#### 4.2.11 Uçucu Bileşen Analizi

Uçucu bileşikler, mikrobiyal fermantasyon sırasında ikincil metabolitler olarak üretilen doğal organik bileşiklerdir. Bu metabolitler, ürüne duyusal özellik kazandırmanın yanı sıra sağlık için de faydalı olabilmektedir. Kefirde bulunan kısa zincirli yağ asitleri, asetaldehit, asetoin, alkollü bileşikler ve bütirat, propiyonat, asetat ve laktat gibi organik asitlerden oluşan bileşenlerin çeşitli sağlık destekleyici işlevleri bulunmaktadır (Guangsen vd. 2021). Kefir örneklerinde tespit edilen bazı uçucu bileşenler ve miktarları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm)

Asitler	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Asetik Asit	1	15.81±7.34	24.89±5.49	25.45±3,30	31.07±8.71	18.05±6.71
	14	22.20±5.09	24.91±6.49	24.27±0.89	29.89±0.63	19.01±7.90
	28	12.80±2.28	17.85±1.09	21.64±8.25	17.27±4.96	27.09±0.09
Bütanoik Asit	1	5.74±2.10	8.23±0.72	5.09±0.78	11.72±2.49	15.82±0.88
	14	8.99±1.75	10.64±1.58	3.90±1.88	18.02±2.56	6.52±1.37
	28	5.87±0.66	3.89±0.94	6.39±2.42	10.40±0.00	9.81±1.60
3-Metil-Bütanoik Asit	1	0.16±0.05	0.45±0.04	N.D.	0.34±0.24	0.44±0.00
	14	0.40±0.00	0.51±0.04	N.D.	0.81±0.18	0.44±0.00
	28	0.45±0.15	0.65±0.00	N.D.	0.17±0.00	0.48±0.00
2--Metil-Bütanoik Asit	1	0.07±0.00	0.33±0.06	N.D.	0.20±0.00	N.D.
	14	0.31±0.00	0.28±0.05	N.D.	0.46±0.10	N.D.
	28	0.51±0.00	0.27±0.00	N.D.	N.D.	N.D.
Hekzanoik Asit	1	7.89±3.26	14.11±1.11	14.89±4.54	20.03±4.73	21.97±6.02
	14	18.70±8.10	21.36±2.58	12.17±0.00	37.42±2.72	23.44±0.64
	28	10.03±0.96	11.85±2.79	N.D.	19.10±12.03	29.32±5.00
Oktanoik Asit	1	1.03±0.17	1.36±0.08	1.96±0.00	2.61±1.10	4.12±0.57
	14	3.38±0.16	1.75±0.19	1.60±0.25	5.54±0.60	5.41±1.80
	28	1.49±0.27	4.21±0.00	5.89±4.54	8.17±2.35	4.61±0.13
<b>Alkoller</b>	<b>Gün</b>	<b>K</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>
Etanol	1	12.84±3.78	25.27±2.87	209.38±60.29	21.00±1.17	90.35±7.62
	14	31.20±9.70	51.53±5.18	242.93±15.27	31.09±3.78	113.55±37.65
	28	32.53±12.51	92.96±15.72	237.63±3.73	63.38±31.24	121.87±40.51
2-Bütanol	1	1.51±0.33	1.58±0.19	0.37±0.13	1.81±0.17	0.39±0.00
	14	1.02±0.00	0.70±0.00	0.15±0.00	N.D.	0.44±0.15
	28	0.96±0.28	0.47±0.04	0.21±0.01	0.44±0.01	0.51±0.03
2-Metil-1-Propanol	1	0.59±0.07	0.81±0.37	6.26±1.60	0.75±0.04	2.86±0.93
	14	1.05±0.76	1.27±0.00	3.59±0.16	12.00±0.00	3.46±0.48
	28	5.64±0.59	16.78±1.68	3.66±0.36	11.31±3.19	4.15±0.10
2-Pentanol	1	0.95±0.56	2.10±0.32	1.66±0.15	1.71±0.90	1.46±0.26
	14	1.62±0.70	2.31±0.76	0.74±0.13	2.54±0.67	1.42±0.16
	28	2.69±0.56	2.27±0.00	1.00±0.08	2.36±0.95	1.67±0.13

Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm) (devam)

Asitler	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
3-Metil-1-Bütanol	1	0.71±0.39	1.00±0.17	72.63±5.67	1.49±0.23	32.53±1.70
	14	2.00±0.00	0.90±0.09	87.79±5.34	0.97±0.13	35.81±9.30
	28	15.65±6.66	52.22±12.61	98.14±3.29	35.55±13.33	42.12±12.79
2-Metil-1-Bütanol	1	0.35±0.00	0.41±0.00	25.20±10.70	0.64±0.28	9.01±0.66
	14	0.44±0.38	0.33±0.06	18.78±0.19	0.33±0.20	10.07±0.57
	28	6.13±1.08	16.44±3.65	23.19±0.35	12.09±4.25	12.17±0.69
3-Metil-2-Bütan-1-ol	1	0.26±0.13	0.37±0.04	N.D.	0.47±0.04	N.D.
	14	0.34±0.00	0.34±0.00	N.D.	0.68±0.39	N.D.
	28	0.28±0.08	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2-Heptanol	1	2.61±0.65	6.35±1.11	6.07±0.71	7.10±2.34	5.97±0.00
	14	4.55±1.30	7.07±0.61	4.19±2.35	9.96±0.69	8.04±1.93
	28	5.92±0.00	10.58±1.86	8.05±2.02	10.42±3.93	9.55±1.71
1-Heptanol	1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.39±0.00
	14	0.30±0.13	0.30±0.00	0.46±0.28	0.59±0.21	0.23±0.00
	28	0.19±0.04	N.D.	1.03±0.51	N.D.	0.43±0.00
1-Octanol	1	0.25±0.03	0.18±0.03	N.D.	0.20±0.06	0.43±0.00
	14	1.62±0.00	0.22±0.09	N.D.	0.90±0.15	0.27±0.00
	28	N.D.	N.D.	N.D.	0.31±0.00	0.25±0.00
2-Nonanol	1	0.74±0.21	1.01±0.06	0.52±0.00	0.20±0.06	0.72±0.00
	14	1.29±0.16	1.10±0.07	0.70±0.01	0.90±0.15	1.37±0.02
	28	0.89±0.08	1.25±0.93	2.02±0.53	0.31±0.00	1.33±0.11
<b>Aldehitler</b>	<b>Gün</b>	<b>K</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>
Asetaldehit	1	0.96±0.38	1.91±0.50	12.28±4.25	1.33±0.07	3.13±1.98
	14	1.67±0.03	1.36±0.15	10.34±0.00	1.50±0.14	2.08±0.54
	28	5.75±1.80	6.47±0.05	8.07±0.53	6.18±0.32	4.00±2.02
2-Metil-Propanal	1	N.D.	0.72±0.00	2.69±1.02	0.36±0.00	0.89±0.22
	14	N.D.	N.D.	0.74±0.21	N.D.	0.26±0.00
	28	1.90±0.19	3.42±0.78	0.88±0.00	2.43±0.15	0.89±0.43
3-Metil-Bütanal	1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8.91±0.00
	14	1.40±0.00	0.08±0.00	N.D.	0.95±0.00	0.17±0.00
	28	4.98±1.51	2.39±0.00	N.D.	3.06±0.00	4.30±0.00

Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm) (devam)

Asitler	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
2-Metil-Bütanal	1	0.96±0.00	N.D.	2.42±0.97	2.18±0.25	2.40±0.00
	14	1.15±0.00	2.09±0.00	0.94±0.40	1.77±0.88	1.84±0.00
	28	1.89±0.08	1.90±0.87	0.96±0.10	0.95±0.00	1.44±0.00
3-Metil-2-Bütanal	1	0.02±0.00	0.05±0.01	N.D.	0.09±0.05	N.D.
	14	0.05±0.00	0.07±0.00	N.D.	0.13±0.03	N.D.
	28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Benzaldehit	1	0.64±0.21	0.48±0.18	N.D.	1.08±0.49	N.D.
	14	0.16±0.03	N.D.	N.D.	0.31±0.00	N.D.
	28	0.12±0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nonanal	1	N.D.	N.D.	0.65±0.28	N.D.	0.34±0.16
	14	N.D.	N.D.	0.41±0.00	N.D.	0.25±0.00
	28	N.D.	0.23±0.02	N.D.	0.32±0.00	0.21±0.00
<b>Esterler</b>	<b>Gün</b>	<b>K</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>
Etil asetat	1	0.19±0.00	0.25±0.06	3.76±1.25	0.23±0.00	0.66±0.07
	14	0.22±0.09	0.17±0.10	4.94±1.61	2.27±0.00	0.97±0.39
	28	5.05±0.82	5.57±1.66	5.16±0.61	6.97±0.48	1.15±0.70
3-Metil-1-Bütül Format	1	N.D.	N.D.	0.40±0.19	N.D.	0.37±0.22
	14	N.D.	N.D.	1.29±1.01	N.D.	0.42±0.00
	28	N.D.	N.D.	0.76±0.00	N.D.	N.D.
Etil Bütanoat	1	3.61±0.00	7.04±1.89	17.40±9.26	7.05±2.12	7.40±0.57
	14	6.67±0.00	8.21±0.57	16.28±2.46	9.52±1.53	9.36±0.62
	28	16.28±3.61	22.54±0.57	24.80±1.60	28.36±11.21	12.92±3.82
Bütül Asetat	1	0.48±0.23	0.66±0.01	0.79±0.62	0.96±0.00	0.39±0.00
	14	0.09±0.00	0.65±0.06	0.42±0.00	1.33±0.00	0.58±0.10
	28	N.D.	N.D.	0.62±0.07	N.D.	0.71±0.33
Heksil Format	1	0.12±0.08	0.20±0.02	0.16±0.00	0.25±0.00	N.D.
	14	1.05±0.79	1.01±0.62	0.45±0.08	2.56±0.95	0.17±0.01
	28	1.26±0.28	0.90±0.15	1.18±0.26	1.12±0.26	0.31±0.13
3-Metil-1-Bütül Asetat	1	N.D.	N.D.	0.69±0.21	N.D.	0.50±0.20
	14	N.D.	N.D.	0.55±0.03	N.D.	0.52±0.02
	28	0.34±0.00	0.21±0.02	1.10±0.11	0.74±0.00	0.56±0.07
2-Metil-1-Bütül Asetat	1	N.D.	N.D.	0.16±0.04	N.D.	0.13±0.00
	14	N.D.	N.D.	0.15±0.00	N.D.	0.13±0.01
	28	N.D.	N.D.	0.23±0.00	N.D.	0.14±0.02

Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm) (devam)

Asitler	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Etil Hekzanoat	1	N.D.	N.D.	29.48±2.08	2.42±0.00	3.85±0.00
	14	N.D.	N.D.	47.26±7.95	N.D.	6.83±2.17
	28	1.88±0.86	4.00±0.57	96.64±14.57	9.12±1.41	12.86±0.00
Etil Oktanoat	1	N.D.	N.D.	30.12±0.00	3.24±1.65	2.32±0.44
	14	N.D.	N.D.	61.74±16.54	2.14±0.66	7.29±2.66
	28	0.54±0.07	1.28±0.31	109.55±53.57	2.97±0.94	9.77±2.37
Etil-9-Dekenoat	1	N.D.	N.D.	N.D.	0.14±0.04	N.D.
	14	N.D.	N.D.	0.74±0.33	N.D.	0.22±0.00
	28	N.D.	N.D.	2.01±1.16	0.44±0.00	0.26±0.00
Etil Dekenoat	1	0.14±0.00	0.12±0.02	1.60±0.30	0.80±0.32	0.55±0.08
	14	0.27±0.05	N.D.	5.44±1.42	0.48±0.00	1.19±0.80
	28	0.25±0.03	0.17±0.07	13.36±5.65	1.23±0.04	1.57±0.63
<b>Hidro-karbonlar</b>	<b>Gün</b>	<b>K</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>
2-Metil-Propan	1	1.06±0.62	1.12±0.27	N.D.	1.26±0.08	1.03±0.00
	14	1.31±0.16	1.68±0.11	N.D.	1.10±0.51	1.19±0.17
	28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.15±0.00
Etil Eter	1	1.87±0.77	3.13±0.92	0.74±0.00	2.50±0.09	0.45±0.41
	14	0.10±0.00	0.19±0.13	N.D.	11.48±0.00	0.07±0.00
	28	2.34±0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2-Metil-Pentan	1	1.57±0.21	2.01±0.66	0.84±0.00	1.83±0.77	1.12±0.39
	14	3.01±0.14	2.28±0.81	0.61±0.00	1.78±0.00	0.72±0.06
	28	1.32±0.21	0.88±0.00	0.90±0.30	0.81±0.00	1.11±0.37
3-Metil-Pentan	1	0.64±0.11	1.48±0.00	0.40±0.00	0.91±0.59	0.31±0.00
	14	2.08±0.89	1.56±0.77	0.40±0.00	2.11±1.26	0.75±0.39
	28	0.89±0.10	0.52±0.00	0.18±0.06	0.30±0.19	0.86±0.26
o-Ksilen	1	0.55±0.13	0.71±0.23	0.51±0.15	1.42±0.56	0.64±0.42
	14	0.81±0.09	0.80±0.43	0.42±0.13	2.51±0.00	0.56±0.20
	28	0.69±0.17	0.54±0.01	0.83±0.16	0.70±0.34	0.67±0.15
Stiren	1	0.64±0.00	0.36±0.07	5.20±1.52	1.35±0.00	12.17±3.93
	14	8.41±3.40	2.25±0.00	6.73±0.00	4.33±1.53	8.13±3.07
	28	9.92±3.37	1.30±0.00	6.81±3.15	7.03±2.07	8.93±0.90
α-Pinen	1	0.22±0.09	0.20±0.19	N.D.	0.25±0.03	0.12±0.00
	14	0.09±0.03	0.12±0.09	N.D.	0.42±0.13	0.22±0.00
	28	0.10±0.00	0.07±0.01	N.D.	N.D.	0.10±0.00

Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm) (devam)

Asitler	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
1-Limonen	1	0.36±0.00	0.89±0.00	0.54±0.24	1.30±0.15	0.68±0.32
	14	0.71±0.35	0.57±0.39	0.77±0.42	1.67±0.00	0.86±0.63
	28	0.21±0.01	0.15±0.02	1.26±0.08	0.29±0.00	0.57±0.12
Dodeken	1	0.25±0.17	0.39±0.03	N.D.	N.D.	N.D.
	14	0.48±0.15	0.44±0.01	N.D.	N.D.	N.D.
	28	0.09±0.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
<b>Ketonlar</b>	<b>Gün</b>	<b>K</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>
2-Propanon	1	1.96±0.49	3.51±1.07	N.D.	2.81±0.03	0.42±0.24
	14	1.45±0.80	0.77±0.00	N.D.	4.82±0.00	N.D.
	28	5.90±2.25	10.67±0.00	N.D.	13.17±0.00	N.D.
Diasetil	1	0.83±0.39	1.41±0.65	0,85±0.54	1.17±0.27	1.67±0.70
	14	0.26±0.08	0.10±0.02	0.03±0.00	0.18±0.13	0.14±0.00
	28	0.22±0.15	0.35±0.18	N.D.	0.31±0.25	0.04±0.02
2-Pentanon	1	0.47±0.12	1.03±0.75	0.70±0.39	1.12±0.05	0.80±0.24
	14	0.72±0.45	0.76±0.25	0.24±0.00	0.61±0.11	0.23±0.00
	28	0.94±0.67	0.80±0.00	0.28±0.00	1.00±0.92	0.18±0.10
2,3-Pentandion	1	N.D.	N.D.	0.56±0.51	0.20±0.00	0.75±0.50
	14	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.17±0.00
	28	N.D.	0.09±0.00	N.D.	0.23±0.00	N.D.
Asetoin	1	N.D.	N.D.	2.54±0.25	0.19±0.27	2.01±0.00
	14	N.D.	N.D.	1.33±0.00	N.D.	N.D.
	28	N.D.	N.D.	1.04±0.08	N.D.	0.04±0.05
3-Etil-2-Pentanon	1	0.05±0.01	0.13±0.05	0.13±0.00	0.10±0.07	0.12±0.02
	14	N.D.	N.D.	N.D.	0.12±0.05	0.21±0.00
	28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.22±0.00
2-Heptanon	1	0.53±0.16	0.85±0.23	1.57±0.64	1.15±0.00	0.91±0.00
	14	0.40±0.17	0.33±0.03	0.52±0.10	0.51±0.00	0.33±0.16
	28	0.42±0.19	0.43±0.00	0.93±0.53	0.46±0.29	0.52±0.44
4-Metil-3-Heptanon	1	0.48±0.00	1.23±0.19	0.79±0.26	1.30±0.32	1.23±0.81
	14	1.19±0.52	1.21±0.01	0.65±0.37	2.34±0.76	0.99±0.20
	28	0.69±0.25	0.53±0.03	2.23±0.50	0.96±0.24	1.18±0.46
2-Nonanon	1	0.22±0.00	0.10±0.02	1.36±0.11	0.22±0.13	1.57±0.56
	14	0.29±0.04	N.D.	0.31±0.00	N.D.	0.20±0.03
	28	0.08±0.00	6.52±0.00	N.D.	0.44±0.00	0.18±0.00

Çizelge 4.14 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşenler ve miktarlarındaki değişimler (ppm) (devam)

Asitler	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Sülfürlü Bileşenler	Gün	K	2A	2B	3A	3B
	1	1.35±0.52	2.40±0.50	1.87±0.00	1.81±0.18	2.05±0.07
	14	1.57±0.30	1.69±0.29	1.19±0.00	1.53±0.42	1.43±0.32
Metantiol	28	1.45±0.37	1.62±0.08	1.28±0.12	1.83±0.28	1.42±0.21
	1	1.26±0.46	3.40±0.05	0.20±0.03	3.85±0.00	0.33±0.01
	14	2.40±0.21	0.99±0.19	0.08±0.00	3.44±0.00	0.65±0.22
Dimetil Sülfid	28	3.36±1.65	0.20±0.00	0.25±0.00	4.48±0.00	0.49±0.60
	1	0.36±0.00	0.92±0.24	N.D.	N.D.	N.D.
	14	N.D.	0.20±0.00	N.D.	0.46±0.00	0.02±0.01
Karbon Bisülfid	28	0.77±0.00	0.69±0.00	N.D.	1.15±0.00	0.01±0.00
	1	0.06±0.01	0.79±0.00	N.D.	0.14±0.03	N.D.
	14	0.17±0.00	0.52±0.00	N.D.	0.44±0.29	0.02±0.00
Dimetil Disülfid	28	0.05±0.02	0.57±0.24	N.D.	0.32±0.02	0.15±0.17

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2),

2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Kefir örneklerinden, laktozu hidrolize edilmeyen süttten üretilen kontrol örneğinde (K), toplam 45 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir. Tespit edilen uçucu bileşenler incelendiğinde bu bileşenlerin; 6 asit, 10 alkol, 4 aldehit, 5 ester, 9 hidrokarbon, 7 keton ve 4 adet sülfürlü bileşenden oluştuğu görülmektedir.

%100 laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneğinde (2A) uçucu bileşenler incelendiğinde, 44 adet bileşen tespit edildiği ve bu bileşenlerin 6 asit, 10 alkol, 5 aldehit, 5 ester, 9 hidrokarbon, 7 keton ve 4 sülfürlü bileşenden oluştuğu belirlenmiştir. %100 laktozu hidrolize süttten, *S. boulardii* ilaveli ile üretilen kefir örneğinde (2B) ise tespit edilen 42 uçucu bileşenin 4 asit, 8 alkol, 4 aldehit, 10 ester, 6 adet hidrokarbon, 8 keton ve 2 adet sülfürlü bileşenden oluştuğu saptanmıştır.

%50 laktozu hidrolize sütte üretilen kefir örneğinin (3A) aroma bileşenleri incelendiğinde, 49 uçucu bileşen tespit edilmiş ve bu bileşenlerin 6 asit, 10 alkol, 5 aldehit, 8 ester, 8 hidrokarbon, 9 keton ve 3 sülfürlü bileşenden oluştuğu tespit edilmiştir. %50 laktozu hidrolize ve *S. boulardii* ilaveli sütte üretilen kefir örneğinde (3B) ise 48 uçucu bileşen saptanmış, bu bileşenlerin 5 asit, 10 alkol, 5 aldehit, 7 keton, 10 ester, 4 sülfürlü bileşen ve 7 adet hidrokarbondan meydana geldiği belirlenmiştir.

Kefirde tat ve aroma, üretimde kullanılan dane ya da starter kültürde bulunan bakteri ve maya türlerinin metabolik aktivitesinden kaynaklanmaktadır (Miguel vd. 2022). Asitler, ketonlar, alkoller, aldehitler, esterler ve diğerleri, süt kefirinde baskın olan uçucu bileşik gruplarıdır (Wang vd. 2021). Chen vd. (2021) tarafından Tibet kefirinde yapılan çalışmada, kefirde maya sayısının bakterilerle karşılaştırıldığında düşük olmasına karşın, kefir üretiminde asit üretimi ve aromaya katkı sağlayan bileşenlerin oluşumunda büyük bir etkiye sahip olduğunu belirlenmiştir.

Kefirde laktik asit bakterileri, peynir tatlarıyla ilişkilendirilen karboksilik asitler ve ketonlar, meyvemsi tatlarla ilişkilendirilen esterler ve tereyağı tatlarıyla ilişkilendirilen 2,3-bütandion gibi spesifik metabolitler üretebilir. *Saccharomyces* ve diğer fermentatif mayalar, alkol dehidrogenaz enzimi aracılığıyla asetaldehiti etanole dönüştürerek yüksek alkol içeriğine yol açarlar. Artan etanol miktarı ise, asetik asit bakterilerinin gelişmesine ve dolayısıyla sirke tat ve kokusunda artışa neden olabilmektedir (Miguel vd. 2022).

Guangsen vd. (2021) yaptıkları çalışmada kefirde bulunan uçucu bileşenleri incelenmiş ve açığa çıkan bileşenleri alkoller, ketonlar, asitler ve asetatlar gibi farklı kimyasal gruplara ayırmıştır. Dört bileşik (etanol, 2-heptanol, isoamyl alkol, fenetil alkol) alkol olarak, beş bileşik (2-propanon, 2-bütanon, 2-heptanon, asetoin, 2-nonanon) keton olarak, on bileşik (asetik asit, formik asit, propanoik asit, izobutanoik asit, butanoik asit, pentanoik asit, hekzanoik asit, heptanoik asit, oktanoik asit, benzoik asit) asit olarak ve üç bileşik (etil asetat, isoamyl asetat, fenetilasetat) asetat olarak tespit edilmiştir. Bunlar arasında asetik asit ve etanolün diğer bileşiklere oranla daha yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir.

## Asitler

Yapılan bu çalışmada toplamda 6 adet asit (asetik asit, bütanoik asit, 3-metil-bütanoik asit, 2-metil-bütanoik asit, hekzanoik asit ve oktanoik asit) tespit edilmiş ve bu asitlerden bazılarının konsantrasyonları farklı örneklerde ve farklı depolama günlerinde değişiklik göstermiştir.

Rutkowska vd. (2022) yaptıkları çalışmada laktozu hidrolize süttten üretilen kefir örneklerinin, daha düşük oranda uçucu bileşik içerdiğini ve kefir örneklerinde tespit edilen asetik asitten çok daha düşük miktarlarda olmak üzere, bütanoik, hekzanoik ve oktanoik asit olduğunu belirlemişlerdir.

Bütanoik asitin, tüm depolama günlerinde kontrol örneğinde diğer örneklerden daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek bütanoik asit düzeyi ise % 50 laktozu hidrolize süttten üretilen 3A ve 3B örneklerinde belirlenmiştir. Kefir örneklerinden K, 2A ve 3A örneklerinde depolamanın 1. gününde tespit edilen bütanoik asit düzeyinin (5.09-11.7 ppm) 14. depolama gününde artış gösterdiği (8.99-18.00 ppm), depolamanın 28. gününde ise azaldığı (3.89-10.40 ppm) belirlenmiştir. Bununla birlikte, *S. boulardii* ilaveli 2B ve 3B örneklerinde ise diğer örneklerden farklı olarak depolamanın 1. gününde belirlenen düzeylerin (5.09-15.8 ppm) 14. günde azaldığı (3.90-6.52 ppm) 28. günde ise tekrar artış gösterdiği 6.39-9.81 ppm) tespit edilmiştir. Temelde lipoliz ile üretilen bütanoik asit içeriğindeki artış ve azalış mikrobiyal popülasyondaki farklılıkla ilişkilendirilebilir (Jones ve Wang 2019).

Kefir örneklerinde diğer asitlerden çok daha düşük düzeylerde 2-metil-bütanoik asit (ND-0.81 ppm) ve 3-metil-bütanoik asit (ND-0.51 ppm) belirlenmiştir. Depolama süresince 2B örneğinde 2-metil-bütanoik asit ve 3-metil-bütanoik asit, 3B örneğinde ise 2-metil-bütanoik asit tespit edilememiştir. 3-metil-bütanoik asit üretiminin fermantasyon sırasında maya ve bakteri türlerinin esterleşme aktiviteleriyle doğrudan ilişkili olduğu ve belirli mikroorganizmaların varlığının bu asidin seviyesini belirlediği bildirilmektedir (Liu vd. 2004). Benzer şekilde, fermantasyon sürecinde amino asitlerin katabolizmasının 2-metil-bütanoik asitin üretiminde önemli rol oynadığı ve

fermantasyonun ilerleyen aşamalarında miktarın azalabileceği belirlenmiştir (Bosset vd.1993).

Çalışmada, kefir örneklerinde asetik asitten sonra en yüksek düzeyde belirlenen 2. asidin hekzanoik asit olduğu bulunmuştur. Depolamanın başlangıcında belirlenen hekzanoik asit düzeyinin 14. günde arttığı ve 28. günde tekrar azaldığı belirlenmiştir. Kefir örneklerinde en düşük hekzanoik asit içeriği diğer asitlerde de olduğu gibi kontrol örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek hekzanoik asit içeriği, bütanoik asit ve oktanoik asit içeriklerinde de olduğu gibi %50 laktozu hidrolize süttten üretilen 3A ve 3B örneklerinde belirlenmiştir. Kefir örneklerinde en yüksek oktanoik asit içerikleri depolamanın 28. gününde belirlenmiştir.

### **Alkoller**

Yapılan bu çalışmada toplamda 11 farklı alkol bileşeni (etanol, 2-butanol, 2-metil-1-propanol, 2-pentanol, 3-metil-2-butanol, 2-metil-1-butanol, 3-metil-2-butanol 2-heptanol, 1-heptanol, 1-oktanol ve 2-nonanol) tespit edilmiş ve bu bileşenlerin konsantrasyonları farklı örneklerde ve farklı depolamalama günlerinde değişiklik göstermiştir.

Kefirde etanolün temelde laktoz fermentasyonu ve mayaların alkol fermentasyonu sonucu oluştuğu ve depolama süresince miktarının arttığı bilinmektedir (Liu vd. 2005). Etanol genel tat-aroma üzerinde katkı sağlarken yüksek miktarlarda bulunması istenmeyen bir durumdur ve yüksek etanol içeriği kefirde maya aromasıyla ilişkilendirilebilmektedir (Rutkowska vd. 2022). Çalışmada kefir örneklerinde belirlenen etanol miktarlarının depolama süresince düzenli artış gösterdiği, laktoz hidrolizasyonu ve *S. boulardii* ilavesine bağlı olarak etanol içeriklerinin dikkate değer düzeyde arttığı belirlenmiştir. Tüm depolama günlerinde en düşük etanol içeriği kontrol örneğinde belirlenirken, en yüksek düzeyde etanol miktarı %100 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen 2B örneğinde tespit edilmiştir.

Kefir örneklerinde belirlenen 2-Butanol miktarlarının genel olarak depolama süresince tüm örneklerde azaldığı, 2-metil-1-propanol miktarlarının ise arttığı tespit edilmiştir. En düşük 2-Butanol içeriğinin *S. boulardii* içeren 2B ve 3B örneklerinde belirlenirken, aynı örneklerde 2-metil-1-propanol miktarlarının tüm örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kefirde 2-metil-1-propanolün depolama süresince mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri ile ilişkili olarak arttığı düşünülebilir (Liu vd. 2005).

Kefir örneklerinde belirlenen 2-heptanol miktarlarının genel olarak depolama süresince tüm örneklerde arttığı belirlenmiştir. Tüm depolama günlerinde en düşük 2-heptanol miktarı kontrol örneğinde saptanmıştır. Laktoz hidrolizasyonun etkisi değerlendirildiğinde, kefirde % 50 hidrolizasyon oranının (örnek 3A) % 100 hidrolizasyona (örnek 2A) göre 2-heptanol oluşumunda daha etkili olduğu ve aynı hidrolizasyon oranlarında *S. boulardii* ilaveli örneklerde (2B ve 3B) belirlenen 2-heptanol miktarlarının 2A ve 3A örneklerinde belirlenen düzeylerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Kefir örneklerinde tüm depolama günlerinde belirlenen 2-pentanol, 1-heptanol, 1-octanol ve 2-nonanol miktarlarında dikkate değer bir farklılık olmadığı gözlenmiştir. Depolama süresince kefir örneklerinin tümünde 3-Metil-1-butanol miktarında artış olduğu ve 28. günde dikkate değer düzeylere ulaştığı belirlenmiştir. Kontrol örneğinde 28. günde 15.65 ppm olarak belirlenen 3-Metil-1-butanol miktarının, laktozu % 50 ve % 100 hidrolize süttten üretilen 3A ve 2A örneklerinde sırasıyla 35.5 ve 52.22 ppm olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, aynı hidrolizasyon oranında *S. boulardii* içeren örneklerde (3B ve 2B) bu değer sırasıyla 42.12 ve 98.14 ppm olarak tespit edilmiştir. Kefirde 3-metil-1-butanolün önemli bir bileşen olduğu ve miktarındaki artışın proteolitik aktiviteyle ilişkilendirilebileceği bildirilmektedir (Fiorda vd. 2017). Benzer şekilde, kefir örneklerinin tümünde belirlenen 2-Metil-1-butanol içeriğinin depolamanın 28. günde dikkate düzeylere ulaştığı belirlenmiştir. En yüksek 2-Metil-1-butanol içeriği tüm depolama günlerinde *S. boulardii* içeren 3B örneğinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kefir örneklerinde düşük miktarlarda (0.26-0.68 ppm) olduğu belirlenen 3-Metil-2-butanol, *S. boulardii* içeren örneklerde tespit edilememiştir.

## Aldehitler

Aldehitler, amino asitlerin transaminasyonu ve dekarboksilasyonu, Strecker bozunumu veya mikroorganizmalar tarafından lipid metabolizması yoluyla oluşmaktadır (Miguel 2022). Bu çalışmada toplamda 7 farklı aldehit bileşeni (asetaldehit, 2-metil-propanal, 3-metil butanal, 2-metil butanal, 3-metil-2-butenal, benzaldehit, nonanal) tespit edilmiştir. Bu bileşenlerin konsantrasyonları farklı örneklerdeki depolama süresi boyunca değişiklik göstermiştir.

Fermente süt ürünlerinde önemli bir uçucu bileşen olan asetaldehit, kefirin lezzetine katkı sağlayan bileşiklerden biri olarak da öne çıkmaktadır (Miguel 2022). Çalışmada, kefir örneklerinde depolamanın 1. gününde belirlenen asetaldehit miktarının (0.96-12.28 ppm) farklı örneklerde depolama sırasındaki artma ya da azalma eğilimi göstermesine rağmen 28. günde en yüksek seviyede (4.00-8.07 ppm) olduğu belirlenmiştir. Ancak, tüm depolama günlerinde en yüksek asetaldehit miktarının belirlendiği % 100 laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 2B örneğinde, depolamanın 1. gününde 12.28 ppm olarak belirlenen asetaldehit miktarı, depolama süresince azalmış ve 28. günde 8.07 ppm olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada 2-metil-propanalün, kontrol örneği (K), laktozu % 100 ve % 50 hidrolize süttten üretilen örneklerde (2A ve 3A) depolamanın 28. gününde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, *S. boulardii* içeren 2B ve 3B örneklerinde tüm depolama günlerinde 2-metil-propanal belirlenmiştir. Kefir örneklerinde 3-metil butanalün de benzer şekilde *S. boulardii* içeren 3B örneğinde tüm depolama günlerinde tespit edilmiş olup, 2B örneğinde belirlenmemiştir.

Sarıca ve Coşkun (2020) yaptıkları çalışmada keçi ve inek sütünden ürettikleri kefir örneklerinde depolama süresince, asetaldehit miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Asetaldehit miktarındaki azalma, asetaldehitin alkol dehidrojenaz enzimi tarafından etanol'e dönüşümü ile açıklanmaktadır. İnek sütü ve keçi sütünden üretilen kefir örneklerinde belirlenen asetaldehit miktarları sırasıyla, 1.52-2.92 ve 1.83-2.44 µg/g olarak belirlenmiştir. Kefirdeki asetaldehit miktarındaki farklılığın, süttün yağ oranı,

starter kültür ve kültürün mikrobiyal çeşitliliği, kültürün kullanım oranı, inkübasyon sıcaklığı, inkübasyon ve depolama süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceği bildirilmiştir. Çalışmada depolama süresince, diasetil miktarının inek sütü kefir örneklerinde 14. güne kadar arttığı ve ardından depolamanın sonuna kadar azaldığı, keçi sütü kefir örneklerinde ise diasetil miktarının 21. güne kadar arttığı ve sonraki günlerde azaldığı belirlenmiştir. Asetoin içeriği, depolama süresince inek ve keçi sütünden üretilen kefir örneklerinde sırasıyla, 13.86-17.26 ve 7.81-9.00 µg/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince genel olarak azalma eğilimi gösterdiği belirlenen asetoin miktarındaki bu durum, asetoinin 2.3-bütanediol'e dönüşümü ile ilişkilendirilmektedir (Sarica ve Coşkun 2020).

## **Esterler**

Alkol ve yağ asitlerinin kimyasal esterleşmesi yoluyla oluşturulan esterler, meyvemsi ve çiçeksi tatlarla öne çıkan uçucu bileşik grubudur. Kefirde bulunan esterler, fermantasyon sırasında hem LAB hem de mayalar tarafından karbonhidrat metabolizmasının ikincil ürünleri olarak üretilebilmektedirler. Esterlerin kefirde meyvemsi tatlarla ilişkilendirilebileceği ve bunların mikroflorada bulunabilen *Lactobacillus kefiranofaciens* ve *Saccharomyces cerevisiae* ile pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmektedir (Miguel vd. 2022).

Çalışmada toplamda 11 farklı ester bileşeni (etil asetat, 3-metil-1-bütül format, etil bütanat, bütül asetat, heksil format, 3-metil-1-bütül asetat, 2-metil-1-bütül asetat, etil heksanoat, etil-9-dekenoat ve etil dekenoat) tespit edilmiştir. Bu bileşenlerin farklı örneklerdeki konsantrasyonları farklı depolama günlerinde değişiklik göstermiştir.

Etil asetat, fermente içeceklerin organoleptik özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip bileşiklerden biridir. Düşük konsantrasyonlarda hoş bir meyvemsi aroma ile olumlu katkıda bulunabilirken, 150 mg/L'nin üzerindeki seviyelerde ise sirke benzeri bir kokuya dönüşerek üründe bozulmuş tada neden olabilmektedir (Miguel 2022). Kefir örneklerinde depolamanın 1. gününde tespit edilen etil asetat miktarının (0.19-0.66 ppm) depolama süresince artış gösterdiği ve 28. günde en yüksek düzeye ulaştığı

(1.15-6.97 ppm) tespit edilmiştir. Benzer şekilde, kefir örneklerinde 1. günde tespit edilen etil bütanat miktarlarının da (3.61-17.40 ppm), depolama süresince artış gösterdiği ve tüm örneklerde 28. günde en yüksek düzeyde olduğu (12.92-28.36 ppm) belirlenmiştir. Çalışmada, en yüksek etil asetat ve etil bütanat miktarları, depolamanın 28. gününde laktozu % 50 hidrolize süttten üretilen kefir örneğinde (2B) tespit edilmiştir.

### **Hidrokarbonlar**

Çalışmada konsantrasyonları farklı örneklerde değişmekle birlikte depolama süresince toplamda 9 farklı hidrokarbon bileşeni (2-metil1-propan, etil eter, 2-metil-pentan, 3-metil-pentan, o-ksilene, stiren,  $\alpha$ -pinen, l-limonene, dodesan) tespit edilmiştir. Lipid oksidasyonun ikincil ürünleri olanlar hidrokarbonlar, aromatik diğer bileşikler için de öncü bileşen olmaktadır (Miguel vd. 2022).

Kontrol örneğinde depolamanın 1. gününde belirlenen etilasetat miktarının depolama sürecinde artarak 28. günde en yüksek miktara ulaştığı, bununla birlikte laktozu hidrolize süttten üretilen (2A ve 3A) ve *S. boulardii* içeren (2B ve 3B) kefir örneklerinde 28. günde tespit edilemediği görülmüştür. En yüksek etilasetat miktarı depolamanın 1. gününde laktoz % 100 ve % 50 hidrolize süttten üretilen (2A ve 3A) örneklerde tespit edilmiştir.

Çalışmada belirlenen hidrokarbonlardan stiren, tüm kefir örneklerinde depolama süresinde değişen miktarlarada belirlenmiş olup, en yüksek stiren miktarı (12.1 ppm) depolamanın 1. gününde laktozu %50 hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 3A örneğinde belirlenmiştir.

### **Ketonlar**

Ketonlar, mikroorganizmaların fermentasyon sürecinde yağ asitlerinin veya proteinlerin parçalanması sonucu ortaya çıkan ve alkollere indirgenebilen ara

bileşiklerdir. Bu bileşikler, laktoz ve sitrat metabolizmasının ürünü olan pirüvat'tan türetilmektedir. Çoğu *Lactobacillus* türü, glukoz veya laktoz gibi başka bir enerji kaynağı bulunduğunda sitrati birlikte metabolize edebilmekte ve bu da 4 karbonlu (C<sub>4</sub>) uçucu bileşiklerin üretimine yol açmaktadır (Rutkowska vd. 2022).

Rutkowska vd. (2022) çalışmalarında, ketonların laktozu hidrolize süttten üretilen kefirde uçucu bileşiklerin önemli kimyasal gruplarından birini oluşturduğunu belirlemişlerdir. Tanımlanan ketonlar içinde 3-hidroksi-2-bütonon (asetoin) ve 2,3-bütandionun (diasetil) baskın olduğu ve miktarlarının geleneksel kefire göre sırasıyla yaklaşık olarak 6 ve 3 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Asetaldehit, etanol, asetoin, diasetil ve karbondioksitin, kefirin ferahlatıcı ve fermente aromasına katkıda bulunan ana bileşenler olduğu belirlenmiştir (Rutkowska vd. 2022).

Çalışmada, 9 farklı keton bileşeni (2-propanon (aseton), 2,3-butandion (diaetil), 2-pentanon, 2,3-pentandion, 3-hidroksi-2-butanon (asetoin), 3-etil-2-pentanon, 2-heptanon, 4-metil-3-heptanon, 2-nonanon) tespit edilmiştir. Kefir örneklerinde belirlenen 2,3-butandion (diacetil) miktarının depolama süresince azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek diasetil miktarı, laktozu hidrolize süttten üretilen (2A ve 3A) ve *S. boulardii* içeren (2B ve 3B) kefir örneklerinde depolamanın 1. gününde tespit edilmiştir.

#### **4.2.12 Mikrobiyolojik analiz sonuçları**

##### **Maya sayısı**

Kefir örneklerinde depolama sürecinde belirlenen maya sayıları Çizelge 4.15'de verilmiş ve Şekil 4.22'de grafikte gösterilmiştir. Kefir örneklerinin maya sayılarında muameleler ve depolama günleri arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çalışmada kontrol örneği (K) ve laktozu %100 ve %50 hidrolize süttten üretilen, sırasıyla 2A ve 3A örneklerinde depolama süresince maya sayısında artış, bununla

birlikte laktozu %100 ve %50 hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren, sırasıyla 2B ve 3B örneklerinde ise azalma olduğu belirlenmiştir. Depolama süresinde kefir örneklerinin maya sayılarında meydana gelen bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Laktozu %100 ve %50 hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 2B ve 3B örneklerinde depolamanın 1. gününde maya sayıları sırasıyla 6.80 ve 6.55 log kob/g, depolamanın 28. gününde ise 6.49 ve 5.08 log kob/g olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, laktozu hidrolize edemeyen probiyotik bir maya olan *S. boulardii*'nin laktozu %100 hidrolize edilen süttten üretilen 2B örneğinde depolama süresinin sonuna kadar sağlık açısından olumlu etkilerin görülmesi için genel kabul gören ez az  $10^6$  kob/g canlılık düzeyini koruduğunun tespit edilmesi, çalışmanın önemli bir sonucudur. Benzer şekilde, kontrol örneği (K) ve laktozu hidrolize süttten üretilen 2A ve 3A örneklerinde de depolamanın 21 ve 28. günlerinde maya sayıları artarak  $>10^6$  kob/g olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen maya sayıları (log kob/g)

Gün/Örnek	K	2A	2B	3A	3B
1	3.50±0.54 <sup>abB</sup>	3.85±0.35 <sup>dcB</sup>	6.80±0.11 <sup>aA</sup>	3.92±0.07 <sup>dB</sup>	6.55±0.02 <sup>aA</sup>
7	4.81±0.53 <sup>bCD</sup>	4.16±0.16 <sup>cD</sup>	6.91±0.02 <sup>aA</sup>	5.22±0.04 <sup>cBC</sup>	6.11±0.24 <sup>aAB</sup>
14	5.84±0.33 <sup>bB</sup>	5.61±0.08 <sup>cB</sup>	6.78±0.08 <sup>abA</sup>	5.86±0.05 <sup>cB</sup>	5.52±0.16 <sup>bB</sup>
21	6.60±0.16 <sup>aA</sup>	6.77±0.07 <sup>bA</sup>	6.63±0.03 <sup>cA</sup>	6.66±0.10 <sup>bA</sup>	5.27±0.38 <sup>bB</sup>
28	6.71±0.19 <sup>aA</sup>	7.06±0.04 <sup>aA</sup>	6.49±0.05 <sup>dcA</sup>	7.05±0.09 <sup>aA</sup>	5.08±0.36 <sup>bcB</sup>

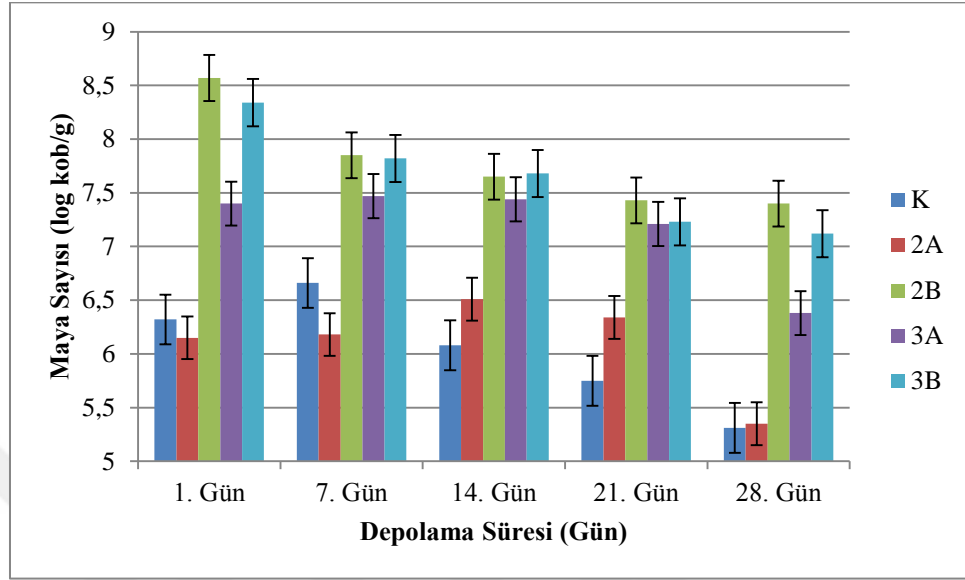
**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi süttü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi süttü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi süttü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi süttü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi süttü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Depolama süresince maya sayılarında örnekler arasında belirlenen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Kefir örnekleri arasında en yüksek maya sayısı depolamanın 1, 7 ve 14. günlerinde % 100 laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 2B örneğinde tespit edilmiştir. Bu sonuç, laktozun hidrolizasyonu ile açığa çıkan galaktozun, laktozu hidrolize edemeyen ve galaktoz pozitif olan *S.*

*boulardii* için optimum gelişme sağlanmasıyla ilişkilendirilmektedir (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001, Champagne vd. 2005, Niamah 2017).



Şekil 4.22 Kefir örneklerinin depolama süresince maya sayısındaki değişim

*Lactococcus* spp. sayısı

Kefir örneklerinde depolama sürecinde belirlenen *Lactococcus* spp. sayıları Çizelge 4.16'de verilmiş ve Şekil 4.23'de grafikte gösterilmiştir. Kefir örneklerinin *Lactococcus* spp. sayılarında muameleler ve depolama günleri arasında interaksiyon önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Depolamanın 1. gününde kefir örneklerinin *Lactococcus* spp. sayıları 8.36-8.65 log kob/g arasında değişirken, 28. günde azalarak 7.36-7.85 log kob/g aralığında değer almıştır. Kefir örneklerinin depolama süresince *Lactococcus* spp. meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Örnekler arasında, *Lactococcus* spp. sayılarında belirlenen farkın ise depolamanın 14. gününde istatistiksel olarak önemli olduğu ( $P<0.05$ ), bununla birlikte depolamanın 1., 7., 21. ve 28. günlerinde önemli olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ).

Kefir örneklerinde en yüksek *Lactococcus* spp. sayısı depolamanın 14. gününde kontrol örneğinde belirlenmiştir. Benzer şekilde, Rutkowska vd. (2022) çalışmalarında laktozu hidrolize süttten ürettikleri kefir örneklerinde depolama sürecinde laktoz içeren kontrol örneğinden daha düşük *Lactococcus* spp. sayıları belirlemiştir. Araştırmacılar tarafından bu sonuç, kontrol örneğindeki yüksek laktoz varlığıyla ilişkilendirilmiş ve *Lactococcus* spp. türü bakteriler için laktozun glukozdan daha iyi bir fermentasyon substratı olabileceği bildirilmiştir. Depolamanın 1. ve 28. günlerinde *Lactococcus* spp. sayıları laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 2B ve 3B örneklerinde kontrol örneğinden daha olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, literatürde de bildirildiği üzere *S. boulardii*'nin laktik asit bakterilerinin canlılıklarını sitümüle edici etkileri ile açıklanabilir (Parella vd. 2012).

Çizelge 4.16 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen *Lactococcus* spp. sayıları (log kob/g)

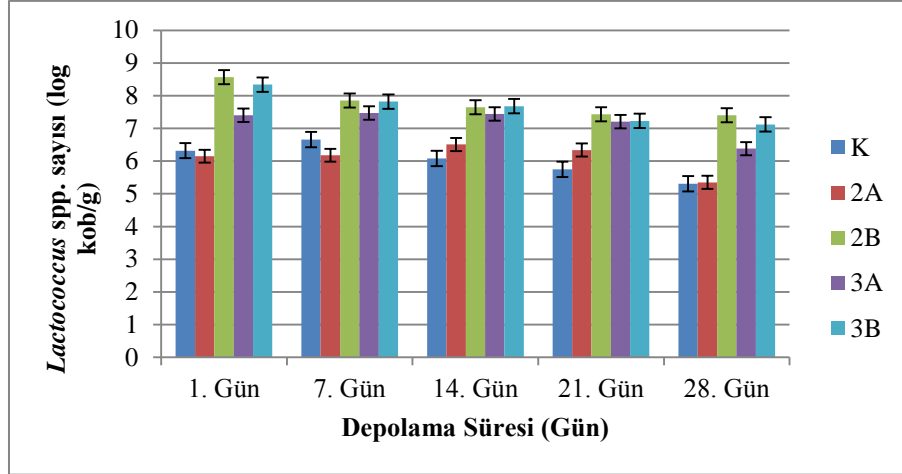
Gün/ Örnek*	K	2A	2B	3A	3B
1	8.55±0.13 <sup>b</sup>	8.36±0.01 <sup>a</sup>	8.65±0.04 <sup>a</sup>	8.47±0.01 <sup>a</sup>	8.60±0.02 <sup>a</sup>
7	8.66±0.29 <sup>b</sup>	8.42±0.04 <sup>a</sup>	8.50±0.06 <sup>a</sup>	8.33±0.04 <sup>a</sup>	8.44±0.16 <sup>ab</sup>
14	9.11±0.04 <sup>aA</sup>	7.84±0.12 <sup>bB</sup>	7.85±0.02 <sup>aB</sup>	8.04±0.34 <sup>bB</sup>	8.14±0.05 <sup>bB</sup>
21	7.89±0.04 <sup>c</sup>	7.75±0.07 <sup>b</sup>	7.55±0.11 <sup>c</sup>	7.96±0.37 <sup>bc</sup>	7.83±0.02 <sup>c</sup>
28	7.32±0.01 <sup>c</sup>	7.45±0.02 <sup>c</sup>	7.45±0.01 <sup>c</sup>	7.85±0.34 <sup>bc</sup>	7.74±0.21 <sup>c</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Hikmetoğlu vd. (2020)'nin yaptığı çalışmada kefirde *Lactococcus* spp. sayısı depolama süresince artış göstermiş ve depolamanın sonunda 9.27 log kob/mL olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.23 Kefir örneklerinin depolama süresince *Lactococcus* spp. sayısındaki değişim

#### *Lactobacillus* spp. sayısı

Kefir örneklerinde depolama sürecinde belirlenen *Lactobacillus* spp. sayıları Çizelge 4.17’de verilmiş ve Şekil 4.24’de grafikte gösterilmiştir. Kefir örneklerinin *Lactobacillus* spp. sayılarında muameleler ve depolama günleri arasında interaksiyon önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çalışmada kefir örneklerinde belirlenen *Lactobacillus* spp. sayılarının (6.15-8.57 log kob/g) depolama süresince azalarak 28. günde 5.31-7.40 log kob/g aralığında değer almıştır. Kefir örneklerinin depolama süresince *Lactobacillus* spp. meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Örnekler arasında, depolama süresince *Lactococcus* spp. sayılarında belirlenen farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Kefir örneklerinde en düşük *Lactobacillus* spp. kontrol örneğinde belirlenmiştir. Depolama süresince en yüksek *Lactobacillus* spp. sayıları ise laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 2B ve 3B örneklerinde tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Karaolis vd. (2013) ve Hadjimbei vd. (2020) yaptıkları çalışmalarda *S. boulardii* ilavesinin keçi sütünden üretilen yoğurtlarda laktik asit bakterilerinin canlılığını teşvik ettiğini belirlemişlerdir.

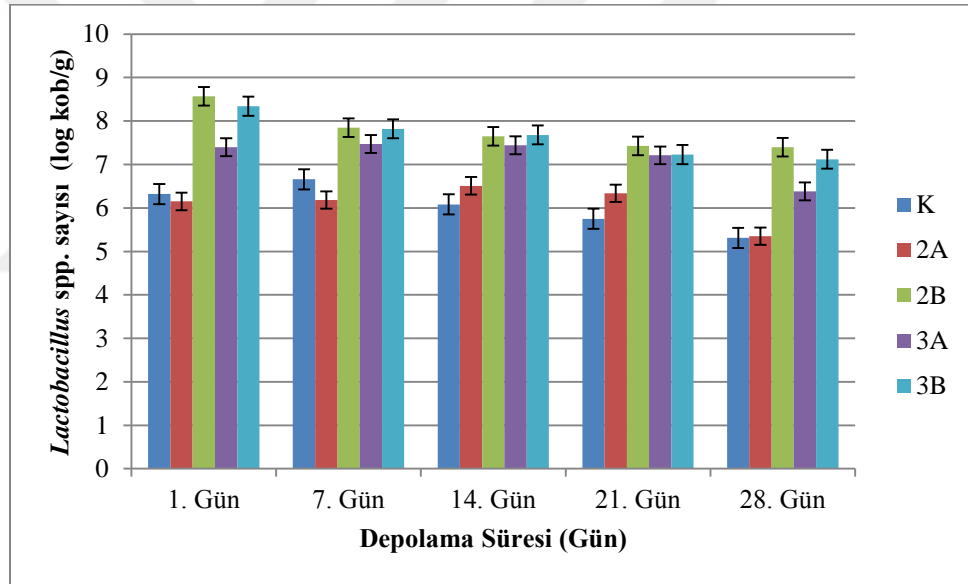
Çizelge 4.17 Kefir örneklerinde depolama süresince belirlenen *Lactobacillus* spp. sayımı sonuçları (log kob/g)

Gün/ Örnek*	K	2A	2B	3A	3B
1	6.32±0.23 <sup>aC</sup>	6.15±0.02 <sup>cC</sup>	8.57±0.01 <sup>aA</sup>	7.40±0.12 <sup>abB</sup>	8.34±0.11 <sup>aA</sup>
7	6.66±0.17 <sup>aB</sup>	6.18±0.03 <sup>cB</sup>	7.85±0.22 <sup>bA</sup>	7.47±0.09 <sup>aA</sup>	7.82±0.35 <sup>bA</sup>
14	6.08±0.14 <sup>abC</sup>	6.51±0.03 <sup>aB</sup>	7.65±0.03 <sup>bcA</sup>	7.44±0.07 <sup>aA</sup>	7.68±0.00 <sup>bA</sup>
21	5.75±0.42 <sup>bB</sup>	6.34±0.09 <sup>bB</sup>	7.43±0.15 <sup>cA</sup>	7.25±0.24 <sup>bA</sup>	7.23±0.02 <sup>cA</sup>
28	5.31±0.29 <sup>cC</sup>	5.35±0.03 <sup>dC</sup>	7.40±0.13 <sup>cA</sup>	6.38±0.11 <sup>cB</sup>	7.13±0.37 <sup>cAB</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir

**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P < 0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. bouhardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. bouhardii*



Şekil 4.24 Kefir örneklerinin depolama süresince *Lactobacillus* spp. sayısındaki değişim

#### 4.2.13 Duyusal değerlendirme

Kefir örneklerinin 9 puan en yüksek olacak şekilde 7 panelist ile yapılan tat-aroma, kıvam ve genel kabuledilebilirlik özelliklerine ait duyuşal değerlendirme sonuçları standart hatalarıyla birlikte Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Kefir örneklerinde depolama süresince duyuşal değerlendirme puanlarındaki değişimler

Özellik	Gün	Örnekler				
		K	2A	2B	3A	3B
Tat-Aroma	1	5.0±0.0	6.5±0.7	7.0±1.4	6.5±0.7	6.5±0.7
	7	6.0±0.0	7.5±0.7	6.0±1.4	6.5±0.7	7.0±1.4
	14	6.0±0.0	7.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	7.0±0.0
	21	5.5±0.7	7.0±0.0	5.5±0.7	6.5±0.7	7.0±0.0
	28	5.0±0.0	6.5±0.7	5.0±0.0	5.5±0.7	6.0±0.0
Kıvam	1	6.5±0.7	7.0±1.4	7.0±1.4	7.0±1.4	7.0±1.4
	7	7.5±0.7	8.0±0.0	8.0±0.0	8.0±0.0	8.0±0.0
	14	8.0±0.0	8.0±0.0	8.0±0.4	7.5±0.7	8.0±0.0
	21	7.5±0.7	8.5±0.7	9.0±0.0	8.0±0.0	9.0±0.0
	28	7.5±0.7	7.5±0.7	7.0±0.0	7.5±0.7	8.0±0.0
Genel Kabul Edilebilirlik	1	6.0±0.0	6.5±0.7	7.0±1.4	6.0±0.0	6.5±0.7
	7	6.5±0.7	6.5±0.7	7.0±1.4	7.0±1.4	7.5±2.1
	14	6.0±0.0	6.5±0.7	6.0±0.0	7.5±0.7	7.0±0.0
	21	6.0±0.0	7.0±0.0	6.0±1.4	7.0±0.0	6.5±0.7
	28	5.5±0.7	6.0±0.0	5.0±0.0	6.0±0.0	6.5±0.7

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

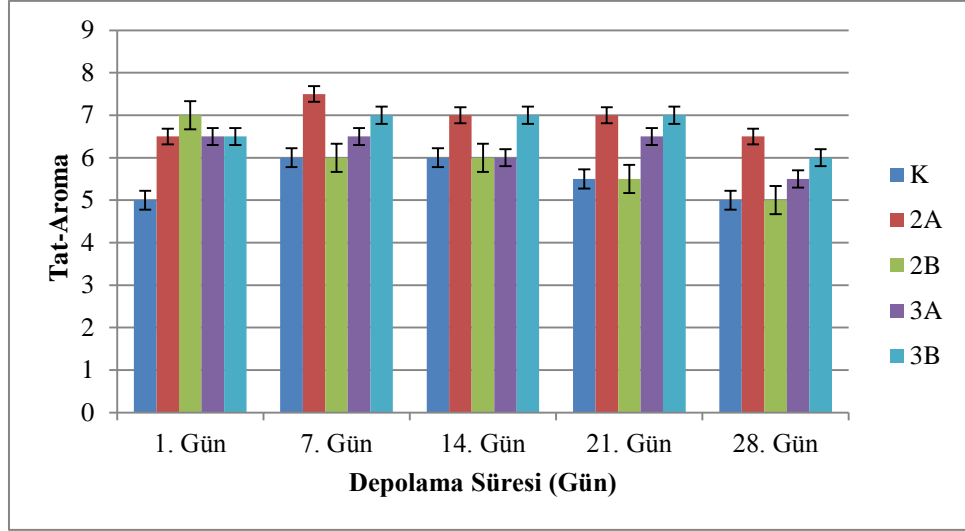
**A-D:** Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık  $P<0.05$  düzeyinde önemlidir

K: Keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 2A: %100 Laktozu Hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (eXact Kefir-2),

2B: %100 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1) + *S. boulardii*, 3A: %50 Laktozu Hidrolize keçi sütü +

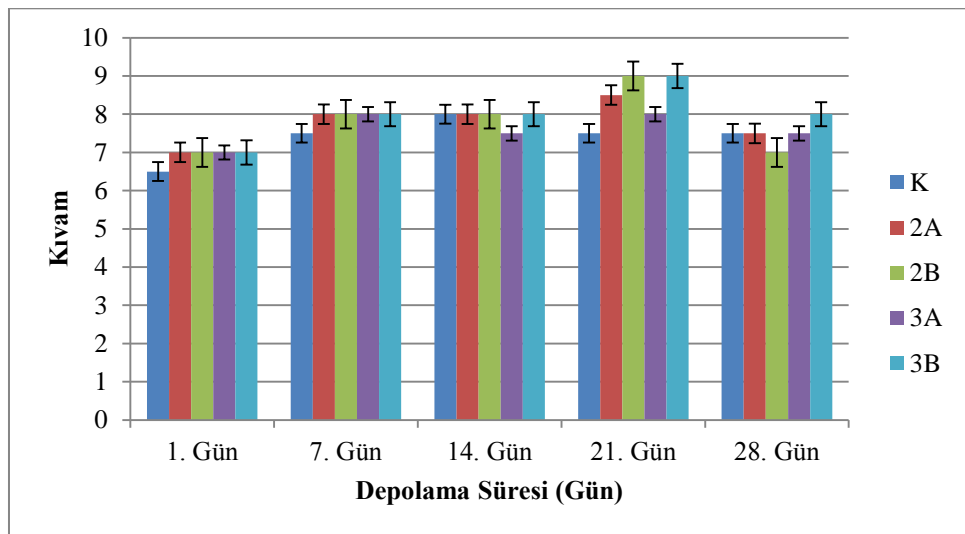
Kefir kültürü (eXact Kefir-2), 3B: %50 Laktozu hidrolize keçi sütü + Kefir kültürü (XPL-1)+ *S. boulardii*

Tat-aroma puanları açısından değerlendirildiğinde, depolamanın 1. gününde panelistler tarafından en yüksek puan alan laktozu %100 hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren kefir örneği (2B) olmuştur. Depolamanın 7., 14., 21. ve 28. günlerinde laktoz hidrolizasyonu açısından değerlendirildiğinde % 100 laktozu hidrolize süttten üretilen 2B örneği, *S. boulardii* ilavesi açısından değerlendirildiğinde ise % 50 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ile üretilen 3B örneği en beğenilen örnekler olmuştur. Kefir örneklerinin 28 günlük depolama süresince tespit edilen tat-aroma özelliklerine ait değişim Şekil 4.25 'te verilmiştir.



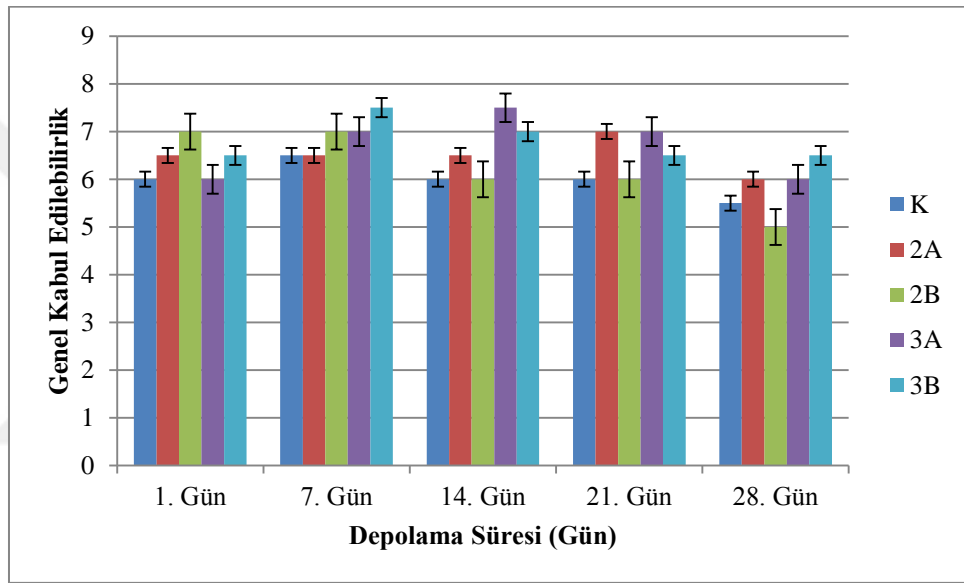
Şekil 4.25 Kefir örneklerinde depolama süresince duyusal değerlendirme sonucu tat-aroma puanlarındaki değişimler

Kıvam puanları açısından değerlendirildiğinde, 14 günlük depolama süresince kefir örneklerinin kıvam özelliklerinin panelistler tarafından yakın puanlarla değerlendirildiği gözlemlenmiştir. Depolamanın 21. gününde ise kontrol örneğinin kıvam açısından en düşük puanla değerlendirildiği bununla birlikte, laktozu hidolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren 2B ve 3B örneklerinin en yüksek kıvam puanlarıyla değerlendirildiği belirlenmiştir. Kefir örneklerinin 28 günlük depolama süresince kıvam puanlarındaki değişimleri gösteren grafik Şekil 4.26 'da verilmiştir.



Şekil 4.26 Kefir örneklerinde depolama süresince duyusal değerlendirme sonucu kıvam puanlarındaki değişimler

Genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde, *S. boulardii* ilavesinin kefir örneklerinin genel kabul edilebilirlik özelliğine olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Laktoz hidrolizasyonu açısından değerlendirildiğinde ise, genel kabul edilebilirlik açısından tek başına laktoz hidrolizasyon oranının önemli bir farklılık yaratmadığı, bununla birlikte %50 laktozu hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneğinin panelistler tarafından daha fazla kabul edilebilir bulunduğu belirlenmiştir. Kefir örneklerinin 28 günlük depolama süresince genel kabul edilebilirlik puanlarındaki değişimleri gösteren grafik Şekil 4.27 'de verilmiştir.



Şekil 4.27 Kefir örneklerinde depolama süresince duyusal değerlendirme sonucu genel kabul edilebilirlik puanlarındaki değişimler

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmamız kapsamında, keçi sütünden kefir üretiminde farklı oranlarda laktoz hidrolizasyonu (%50 ve %100) ve probiyotik özellikte bir maya olan *Saccharomyces boulardii* ilavesinin ürünün fizikokimyasal, mikrobiyolojik, reolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, hem bilimsel literatüre katkı sağlamakta hem de kefir üretimi sürecinde tüketici taleplerine uygun, fonksiyonel ve kabul edilebilir özelliklere sahip ürünlerin geliştirilmesi açısından önemli bulgular sunmaktadır.

Çalışmanın ilk bulgularına göre, laktoz hidrolizasyon oranındaki artış, kefir örneklerinde daha yüksek proteolitik aktiviteye neden olmuş ve proteolitik aktivite değerlerinin tüm örneklerde depolama süresince arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, laktoz hidrolizasyonunun kefirin protein yapısını ve olgunlaşma sürecini etkileyen önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Antioksidan aktivite analizleri sonucunda, FRAP yöntemiyle belirlenen değerlerin, laktozu hidrolize süttten üretilen ve *S. boulardii* içeren örneklerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ABTS ve DPPH yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin tüm örneklerde benzer olduğu bulunmuştur. Bu bulgu, *S. boulardii* ilavesinin ve laktoz hidrolizasyonunun kefirin antioksidan kapasitesini artırıcı etkilerini vurgulamaktadır.

Kefir örneklerinin su bağlama kapasitesi üzerine yapılan analizlerde, hem laktoz hidrolizasyonunun hem de *S. boulardii* ilavesinin önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. En yüksek su bağlama kapasitesi değeri, laktozu %100 hidrolize süttten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneğinde tespit edilmiştir. Bu sonuç, ürünün reolojik özelliklerinin geliştirilmesinde bu iki faktörün kritik rol oynadığını göstermektedir.

Organik asit analizleri, kefir örneklerinde baskın olarak bulunan organik asitin laktik asit olduğunu ve konsantrasyonunun depolama süresince artan bir eğilim gösterdiğini

ortaya koymuştur. Bu bulgu, kefirin olgunlaşma s¼recinde laktik asidin temel bir bileşen olduğunu ve bu s¼reçte r¼n¼n asidik karakterini g¼çlendirdiėini g¼stermektedir.

Reolojik testlerde, %100 ve %50 laktozu hidrolize s¼tten üretilen kefir örneklerinin en y¼ksek kıvam indeksi değerlerine sahip olduğu, akış davranış indeksi değerlerinin ise t¼m örneklerde benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, laktoz hidrolizasyonunun kefirin yapısal özelliklerine etkisini ve t¼keticiler tarafından istenen kıvamın elde edilmesindeki önemini vurgulamaktadır.

Mikrobiyolojik analizler, *S. boulardii*'nin laktozu %100 hidrolize edilen s¼tten üretilen kefir örneğinde depolama s¼resince sağlık açısından olumlu etkilerin g¼r¼lmesi için genel kabul g¼ren en az  $10^6$  kob/g canlılık d¼zeyini koruduğunu g¼stermiřtir. Bu sonuç, *S. boulardii*'nin probiyotik bir maya olarak kefir üretiminde etkinliğini ve r¼n¼n fonksiyonel özelliklerini koruma kapasitesini ortaya koymaktadır.

Duyusal değerlendirme sonuçları, %50 laktozu hidrolize s¼tten *S. boulardii* ilavesi ile üretilen kefir örneğinin panelistler tarafından daha fazla kabul edilebilir bulunduğunu g¼stermiřtir. Bu bulgu, duyusal özelliklerin t¼keticiler tarafından kabul¼ açısından önemini vurgulamakta ve laktoz hidrolizasyonu ile *S. boulardii* ilavesinin duyusal kalitenin artırılmasında etkili olduğunu g¼stermektedir.

Genel olarak bu ėalıřmada elde edilen bulgular, keçi s¼t¼nden üretilen kefirlerde laktoz hidrolizasyonu ve *S. boulardii* ilavesinin, r¼n¼n fizikokimyasal, mikrobiyolojik, reolojik ve duyusal özelliklerini olumlu y¼nde etkilediğini g¼stermiřtir. ėalıřmanın sonuçları, kefir üretiminde bu iki faktör¼n etkili bir şekilde kullanılması durumunda, fonksiyonel özellikleri artırılmış, t¼keticiler tarafından kabul edilebilir ve sağlık açısından faydalı r¼nlerin elde edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı süt türleri ve probiyotik mayaların kullanımıyla elde edilen kefirlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesini, bu süreçte ortaya çıkan biyokimyasal değişimlerin daha ayrıntılı olarak ele alınmasını ve farklı üretim tekniklerinin kefirin kalite özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmeyi hedefleyebilir. Ayrıca, tüketicilerle kabul ve pazarlama stratejileri üzerine odaklanacak araştırmalar da, ürünlerin ticari başarısı açısından önem arz etmektedir.



## KAYNAKLAR

- Abid R., Waseem H., Ali J., Ghazanfar S., Ali G. M., Elsbali A. M., Alharethi S. H. 2022. Probiotic Yeast *Saccharomyces*: Back to Nature to Improve Human Health. *Journal of Fungi*, 8(5), 444.
- Ahmed, A.S., El-Bassiony, T., Elmalt, L.M. and Ibrahim, H.R. 2015. Identification of potent antioxidant bioactive peptides from goat milk proteins. *Food Research International*. 74, 80–88.
- Akshit, R., Patel, K., & Singh, J. 2024. Advances in Fermentation Techniques for Dairy Products: Focus on Kefir and Its Nutritional Benefits. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 556-569.
- Altuğ Onoğur T. ve Elmacı Y. 2015. *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. Sıdaş Yayıncılık, İzmir.
- Anonim. 1990. Süt Yağ Tayini Gerber Metodu. TS 8189. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim. 2002. İnek Sütü - Çiğ. TS 1018. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ansari F., Samakkah, S. A., Bahadori A., Maedeh S., Ziaee M., Khodayari M. T., Pourjafar H. 2021. Health-promoting properties of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* as a probiotic; characteristics, isolation, and applications in dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 457-485.
- Ansari, A., Ahmad, W., Akhtar, M.S., Siddiqui, M., Chaturvedi, S., Saeed, M., & Akhtar, M. 2023. New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 15(3), 456-470.
- Aroua M., Koubaier H. B. H., Bouacid S., Said S. B., Mahouachi M., Salimei E. 2023. Chemical, Physicochemical, Microbiological, Bioactive, and Sensory Characteristics of Cow and Donkey Milk Kefir during Storage, *Beverages*, 9(1), 2
- Azizkhani M., Saris E, J., Baniyadi M. 2021. An in-vitro assessment of antifungal and antibacterial activity of cow, camel, ewe, and goat milk kefir and probiotic yogurt. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 406-415.

- Baniasadi M., Azizkhani M., Saris P E J, Tooryan F. 2022. Comparative antioxidant potential of kefir and yogurt of bovine and non-bovine origins. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1307-1316.
- Banik S., Li X., and Xiao H. 2019. Comparative evaluation of kefir and yogurt for their probiotic potential and health benefits: A review. *Fermentation*, 5(4), 88.
- Benzer Gürel D., Ildız M., Sabancı S., Koca N., Çağındı Ö. İçier F. 2021. The Effect of Using Cow and Goat Milk on Antioxidant, Rheological and Sensory Properties of Kefir, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(1), 7-14.
- Benzie I. F. F., Strain J. J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay, *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Berlianti T.S., Azmi N., Fikri M., Sholahuddin A., and Rahmawati Y. 2022. Antioxidant activity and shelf life of kefir produced from goat milk with the addition of red dragon fruit juice. *Foods*, 11(6), 2691.
- Bidot-Fernandez, W.A. 2018. Fortifying foods with synbiotic and postbiotic preparations of *Saccharomyces boulardii*: A focus on fermented dairy products. *Journal of Applied Microbiology*, 125(4), 943-955.
- Bosset J.O., Gauch R., Bucher J.B. 1993. Volatile flavor compounds produced by the action of different starter cultures on milk. *International Journal of Dairy Technology*, 46(2), 53-58.
- Bourrie, B.C.T., Willing, B.P., & Cotter, P.D. 2018. The microbiota and health-promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Frontiers in Microbiology*, 9, 123.
- Bozanic R., Rogelj I, Tratnik L. J. 2001. Fermented acidophilus goat's milk supplemented with inulin: comparison with cow's milk. *Milchwissenschaft*, 56(11), 618-622.
- Bulat T. and Topçu A. 2021. Effects of kefir consumption on human health: A systematic review of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 79(10), 1155-1172.
- Buran İ. 2020. Probiyotik ve prebiyotiklerin sinbiyotik kullanımının inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerin kalite özellikleri üzerine etkisi. *Doktora Tezi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı. 175, Ankara.

- Champagne C. P. and Gardner N. J. 2005. Challenges in the addition of probiotic cultures to foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45:61–84.
- Chandrasekar-Rajendran S.C., Chamlagain B., Kariluoto S., Pironen V., Saris P.E.J. 2017. Biofortification of riboflavin and folate in idli batter, based on fermented cereal and pulse, by *Lactococcus lactis* N8 and *Saccharomyces boulardii* SAA655. *LWT - Food Science and Technology*, 85, 31-36.
- Chen T., Wang S., Chen K., Liu J., and Chen M. 2021. Recent developments in kefir: Its health benefits and potential applications. *Foods*, 10(6), 1210. DOI: 10.3390/foods10061210.
- Chiquetti R. I., Valerio C. E. M. Bernini G. D., Suguimoto I. J. 2016. Viability of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* La-5 in ice cream: effect of lactose hydrolysis and overrun, 23(6), 2631-2637.
- Cloetens L., Brogren C.H., Landin-Olsson M., Holmäng A., Larsson J. 2013. The effect of fermented milk on glucose metabolism and appetite regulation in healthy adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Nutrition Journal*, 12(1), 60.
- Czerucka D., Piche T., Rampal P. 2007. Review article: yeast as probiotics – *Saccharomyces boulardii*. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 26, 767-778.
- De Gobba, C., Espejo-Carpio F.J., Skibsted L.H. and Otte, J. 2014. “Antioxidant peptides from goat milk protein fractions hydrolysed by two commercial proteases”, *International Dairy Journal*, 39, 28-40
- Değirmencioglu N., Gürbüz O., Şahan Y. 2016. The monitoring, via an in vitro digestion system, of the bioactive content of vegetable juice fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardii*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 798-811..
- Dekker P. J. T., Koenders D., Bruins M. J. 2019. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. *Nutrients*, 11, 551, 1-14.
- Deshwal, G.K., Singh, A., & Sharma, H. 2021. Advances in the fermentation of dairy products: Enhancing nutritional and functional benefits. *International Journal of Dairy Technology*, 74(3), 556-569
- Doğruoğlu H., Uzdil Z. 2019. Effects of kefir consumption on gut microbiota and immune function in healthy adults: A randomized controlled trial. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 10729-10739.

- Dushkova, N., Petrova, A., & Smirnov, S. 2023. Traditional Fermented Milk Products in Russia: Kefir and Ayrán. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1164(1), 012-015.
- El-Sayed, A., El-Wahed, A.A., & El-Seedi, H.R. 2024. Advances in Kefir Fermented Dairy Products: Composition, Health Benefits, and Functional Potential. *Nutrients*, 16(3), 567-590.
- Erkaya-Yılmaz, A., Şengül, M., & Karagözlü, C. 2016. The effects of using different milk types on the quality characteristics of kefir. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1234-1242.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO) Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food, 2002. <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf> (15 Aralık 2023).
- Fратиани F. Fermentation of tomato juice with the probiotic yeast *Saccharomyces cerevisiae boulardii*, ed: Nova Science Publisher: New York, NY, USA, 2013, pp. 143-152.
- Gamage G. G. A. P., Adikari A. M. J. B. Nayananjelie W. A. D., Prasanna P. H. P., Jayawardena N. W. I A., Wathsala R. H. G. R. 2016. Physicochemical, microbiological and sensory properties of probiotic drinking yoghurt developed with goat milk. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(6), 203-208.
- Ganatsios V., Nigam P., Plessas S., Terpou A. 2021. Kefir as a Functional Beverage Gaining Momentum towards Its Health Promoting Attributes. *Beverages*, 7(48), 1-15.
- Gao, J., Gu, F., Ruan, H., Chen, Q., He, J. and He, G., 2013. Induction of apoptosis of gastric cancer cells SGC7901 in vitro by a cell-free fraction of Tibetan kefir. *International Dairy Journal*, 30(1):14-18 pp.
- Gaware, V., Kotade, K., Dolas, R., Dhamak, K., Somwanshi, S., Nikam, V., and Kashid, V., 2011. The magic of kefir: a review. *Pharmacologyonline*, 1:376-386 pp.
- Gordin B. R. ve Gorbach S. L. Probiotics for humans. In: Fuller R, ed. Probiotics, the scientific basis. London: Chapman & Hall, 1992:355–76 pp.
- Gökırmaklı C., Karagül Yüceer Y. 2023. Chemical, microbial, and volatile changes of water kefir during fermentation with economic substrates. *European Food Research and Technology*, 246(7), 1717-1728.

- Göktaş H. 2021. Çeşitli Ticari Kaynaklardan İzole Edilen *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*'nin Probiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Dondurma Üretiminde Kullanımı. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Guangsen G., Zhang H., and Wang J. 2021. The role of kefir in modulating gut microbiota and its potential health benefits: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 12, 647892.
- Gurung M., Min Woo S., Lee W.S., Lee J.Y., Kim B.Y. 2020. The effect of kefir on gut microbiota and its health-promoting properties: A review. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1332.
- Gut A.M., Takagi T., and Nishimura T. 2019. The influence of kefir consumption on the gut microbiota and its potential health benefits: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2132.
- Gül, O., Atalar, İ., Mortas, M. and Dervişoğlu, M. 2018. Rheological, textural, colour and sensorial properties of kefir produced with buffalo milk using kefir grains and starter culture: a comparison with cows' milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 73-80.
- Gül, B., Şanlıbaba, P., & Yetim, H. 2018. Microbiological and physicochemical properties of kefir produced from different types of milk. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2715-2723.
- Güzel-Seydim Z., Seydim A.C., Greene A.K., and Bodine A.B. 2000. Organic acids and volatile flavor components evolved during refrigerated storage of kefir. *Journal of Dairy Science*, 83(2), 275-277.
- Güzel-Seydim Z., Seydim A.C., Greene A.K. 2020. Organic acids and volatile flavor components evolved during refrigerated storage of kefir. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 3755-3763.
- Güzel-Seydim, Z., Seydim, A.C., & Greene, A.K. 2021. Recent developments in the microbiota and health benefits of kefir. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8601-8610.
- Hadjimbei E., Botsaris G., Goulas V., Alexandri E., Gekas V., Gerathanassis I. P. 2020. Functional stability of goats' milk yoghurt supplemented with *Pistacia atlantica* resin extracts and *Saccharomyces boulardii*. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 134-143.
- Halkman, K. 2005. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti, 358, Ankara.

- Hamad, S., Hassan, Z., Ahmad, R., & Yee, C.F. 2018. The Role of Yeast and Molds in Dairy Industry: An Update. Springer, 45(3), 123-135.
- Hikmetoğlu M., Baş D., Demirkol M., and Bilge K. 2020. The effect of fermentation time on the nutritional and bioactive properties of kefir produced from different milk sources. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11078-11087.
- Hooi R., Barbano D. M, Bradley R. L., Budde D., Bulthaus M., Chettiar M. 2004. Chemical and physical methods. In H. M Wehr, J. F Frank (Eds.). *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*, 363-532, Washington.
- Ibrahim A., Rahman M.A., Kamal M., Khan N.M. 2018. Comparative study on the probiotic properties of kefir and yogurt made from cow and goat milk. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 7725-7733.
- IDF 1962. Determination of the total nitrogen content of milk by the Kjeldahl method. *International Dairy Federation Standard No: 20*.
- Isanga, J. and Zhang, G. 2009. Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. *Food Science and Technology*, 42, 1132-1138.
- Ivanova G., Momchilova M., Rumyan N., Atanasova A., Gerogieva N. 2012. Effect of *Saccharomyces boulardii* yeasts addition on the taste and aromatic properties of kefir. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurg*, 47,1, 59-62.
- Jones R., Wang Y. 2019. Exploring the microbiota and health benefits of kefir: A review of the current evidence. *Journal of Functional Foods*, 62, 103487.
- Kalkan I. 2019. Evaluation of the fermentation process in the production of kefir from different milk types. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 7845-7854. DOI: 10.3168/jds.2019-16345.
- Karaolis C., Botsaris G., Pantelides I., Tsaltas D. 2013. Potential application of *Saccharomyces boulardii* as a probiotic in goat's yoghurt: survival and organoleptic effects. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1445–1452.
- Khahlenko A., Danylenko S., Yalovenko O., Duhan O., Potemskaiya O. 2022. Potential of using *saccharomyces boulardii* to produce fermented milk products. *Biological processes, biotechnology of food products*, 16(1), 12-24.

- Khoramdareh, H., Bahrami, A., & Karimi, M. 2022. Influence of *Saccharomyces boulardii* on the quality and safety of fermented dairy products. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 1206-1218.
- Kocabaş H. 2019. Laktoz içeriği azaltılmış ayran üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
- Köse, M., ve Ocak, M. 2020. Ayran ve Kefir: Fermantasyon Süreci ve Fonksiyonel Özellikler Üzerine Etkileri. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 2145-2153.
- Lazo-Velez M. A., Serna-Saldivar S. O., Rosales-Medina M. F., Tinoco-Alvear M., Briones-Garcia M. 2018. Application of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in food processing: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 125, 943-951.
- Liu J.R., Wang S.Y., Lin Y.Y., Lin C.W. 2005. Antioxidative activities of kefir. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(2), 362-369.
- Ljolic D., Đorđević M., and Živkovic J. 2023. The impact of fermentation duration on the nutritional profile and sensory characteristics of kefir. *Nutrients*, 15(3), 1125.
- Lourens-Hattingh A. and Viljoen B. C. 2001. Growth and survival of a probiotic yeast in dairy products. *Food Research International*, 34, 791–796.
- Lucatto J. N., Da Silva-Buzanello R. A., De Mendonça S. N. T. G., Lazarotto T. C., Sanchez J. L., Bona E., Drunkler D. A. 2020. Performance of different microbial cultures in potentially probiotic and prebiotic yoghurts from cow and goat milks. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 144-156.
- Marafon A. P., Sumi A., Alcantara M. R., Tamime A. Y., De Oliveira M. N. 2011. Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 511-519.
- Markowiak, P., & Śliżewska, K. 2017. The role of probiotics, prebiotics, and synbiotics in animal nutrition. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(3), 329-344.
- Martínez-Torres F.J., Reyes F.G.R., and Guzmán-González R. 2017. Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation: A review. *Food Microbiology*, 66, 86-95.

- Matijevic, B., Mardetko, N., & Novacek, K. 2011. Characterization and application of *Saccharomyces cerevisiae* strains in fermented dairy products. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1628-1636.
- McFarland, L.V. 2010. Systematic Review of Probiotics and Their Effects on Gut Health. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 44(5), 438-450.
- McFarland L. V. and Goh S. 2019. Are probiotics and prebiotics effective in the prevention of travellers' diarrhea: A systematic review and meta-analysis. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 27, 11–19.
- Miguel M.A.B., Peralta-Sánchez J.M., and Pascual C. 2022. Invited review: Milk kefir microbiota—Direct and indirect antimicrobial effects. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 3703-3715. DOI: 10.3168/jds.2021-21382.
- Miranda, M., Blanco, D., & Romero, R. 2018. Evaluating the probiotic potential of kefir fermented with *Saccharomyces boulardii*. *International Journal of Food Microbiology*, 284, 76-83.
- Mortazavian A. M., Khosrokhavar R., Rastegar H., Mortazaei G. R. 2010. Effects of dry matter standardization order on biochemical and microbiological characteristics of freshly made probiotic doogh (iranian fermented milk drink). *Ital. J. Food Sci.*1(22), 98-104.
- Newton, L. 2018. Potential of *Saccharomyces boulardii* in fermented dairy products: Enhancing health benefits. *Journal of Applied Microbiology*, 125(3), 654-663.
- Niamah A. K. 2017. Physicochemical and Microbial Characteristics of Yogurt with Added *Saccharomyces Boulardii*. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 5(3), 300-307.
- Ohlsson C., Sjöberg K., and Nilsson M. 2017. Antimicrobial and hypocholesterolaemic effects of kefir: A systematic review. *Nutrition Research Reviews*, 30(2), 250-258.
- Özyürek M., Güçlü K., Tütem E., Baki S., Erçağ E., Esin Çelik S. 2011. Antioxidant capacities of some foods: A comparative study employing FRAP and CUPRAC assays. *Food Chemistry*, 129(4), 1278-1284.
- Pachekrepapol U., Somboonchai N., Krimjai W. 2020. Physicochemical, rheological, and microbiological properties of lactose-free functional yogurt supplemented with fructooligosaccharides. *J Food Process Preserv.* 1-8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15017>

- Pais, C., Santos, C., Almeida, A., & Rodrigues, M. 2020. Saccharomyces and Their Potential Applications in Food and Food Processing Industries. *Nutrients*, 12(2), 346.
- Pandiyan, B., Bhaskaran, R., & Shanmugam, A. 2019. Role of Saccharomyces in Enhancing the Nutritional and Functional Properties of Dairy Products. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 1652-1660.
- Parella A., Caterino E., Cangiano M., Criscuolo E., Russo C., Lavorgna M., Isidori M. 2012. Antioxidant properties of different milk fermented with lactic acid bacteria and yeast. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2493-2502.
- Pathare P.B., Roskilly A.P., and Sahota N. 2013. Comparing nutritional values and bioactivity of kefir from different types of animal milk. *Molecules*, 18(7), 7708-7721.
- Pereira, M.A., Costa, M.A., Teixeira, J.A., & Rodrigues, L.R. 2016. Kefir-fermented dairy products: Nutritional and therapeutic perspectives. *Food Research International*, 89(1), 392-399.
- Pereira J. A., Pinto S. S., Dias C. O., Vieira M. P. T., Ribeiro D. H. B., Amboni R.D. M. C., Fritzen-Freire C. B. 2020. Potentially symbiotic fermented milk: A preliminary approach using lactose-free milk. *LWT - Food Science and Technology*, 118, 1-4.
- Plessas, S., Pherson, L., Bekatorou, A., Nigam, P., Koutinas A.A., 2005. Bread making using kefir grains as baker's yeast. *Food Chemistry*, 93(4):585-589.
- Psomas E. I., Fletouris D. J., Tzanetaki E. L., Tzanetakis N. 2003. Assimilation of Cholesterol by Yeast Strains Isolated from Infant Feces and Feta Cheese. *J. Dairy Sci.* 86:3416–3422
- Radiati L. E., Hati S., Fardiaz D., Saksono R., and Dianti E. P. 2022. Probiotic properties and quality characteristics of goat milk kefir fortified with red prickly pear (*Opuntia dillenii*) during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 1234-1245.
- Ranadheera C. S., Naumovski N., Ajlouni S. 2018. Non-bovine milk products as emerging probiotic carriers: recent developments and innovations. *Innovations in food science*, 22, 109-114.

- Ranadheera C. S., Evans C. A., Baines S. K. Balthazar C. F., Cruz A. G., Esmerino E. A., Freitas M. Q., Pimentel T. C., Wittwer A. E., Naumovski N., Graça J. S., Sant'Ana A. S., Ajlouni S., Vasiljevic T. 2019. Probiotics in Goat Milk Products: Delivery Capacity and Ability to Improve Sensory Attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 867-882.
- Roncada, P., Ferranti, P., & Picariello, G. 2018. The impact of fermentation on the nutritional and functional properties of dairy products: A focus on kefir. *Journal of Dairy Research*, 85(4), 392-402.
- Ruiz A. L. L., Morales F. A. R., Perez-Cacho P. R., Galan-Soldevilla H. 2023. Effect of Lactose-Reduction in Murciano-Granadina Semi-Hard Goat Cheese on Physicochemical and Sensory Characteristics. *Foods*, 12, 1-12.
- Rutkowska M., Kornacki K., and Bielecka M. 2022. The effect of different yeast species on the sensory characteristics of kefir. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 3620-3631.
- Ryan S.M., Dempsey E., Ross R.P., and Stanton C. 2011. Bacterial and yeast diversity in kefir grains and kefir made from cow's milk, soymilk and kefir grains. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3), 438-445.
- Sarıca M., Coşkun F. 2020. The effect of using different yeast species on the composition of kefir: A comparative study. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 2012-2020.
- Sarkar S. 2007. Potential of kefir as a dietetic beverage- a review. *British Journal of Nutrition*. 109, 280-290.
- Sarwar A., Al-Dalali S., Aziz T., Yang Z., Din J. U., Khan A. A. 2022. Effect of Chilled Storage on Antioxidant Capacities and Volatile Flavors of Synbiotic Yogurt Made with Probiotic Yeast *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 in Combination with Inulin. *Journal of Fungi*, 8(713), 1-15.
- Saygılı D., Döner D., İçier F., Karagözlü C. 2021. Rheological properties and microbiological characteristics of kefir produced from different milk types. *Food Science and Technology*, 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.32520>
- Serrano J., Mounier J., Jayaram B., Akkermans C., and Savary-Auzeloux I. 2022. Effects of kefir and other fermented dairy products on gut microbiota and human health. *International Journal of Dairy Science*, 107(2), 358-367.
- Sharifi-Rad J., Salehi B., Stojanović-Radić Z. Z., Fokou P. V. T., Sharifi-Rad M.,

- Mahady G.B., Sharopov F., Martins N., Iriti M. 2020. Medicinal plants used in the treatment of human diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 121, 109621.
- Shruthi B., Deepa N., Somashekaraiyah R., Adithi G., Divyashree S., Sreenivasa M. Y. 2022. Exploring biotechnological and functional characteristics of probiotic yeasts: A review. *Biotechnology Reports*, 34, 1-11.
- Silva K. R., Rodrigues S. A., Filho L. X., Lima A. S. 2009. Antimicrobial activity of broth fermented with kefir grains. *Applied Biochemistry Biotechnology*, 152(2), 316-325
- Skryplonek K., Gomes D., Viegas J., Pereira C., Henriques M. Lactose-free frozen yoghurt: Production and characteristics. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 16(2), 171–179
- Smith J., Johnson P., and Lee K. 2020. The many faces of kefir fermented dairy products: Quality characteristics, flavour chemistry, nutritional value, health benefits, and safety. *Nutrients*, 12(2), 346.
- Sole Facioni M., Raspini B., Pivari F., Dogliotti E., Cena H. 2020. Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labelling. *Journal of Translational Medicine*, 18:260, 1-9.
- Staniszewski A. and Kordowska –Wiater M. 2021. Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts—Characteristics and Food Application. *Foods*, 10, 1306, 1-13.
- Sulejmani, E., Dobrila-Dintinjana, R., Tomicic, M., & Segota, S. 2020. Biogenic amine content of kefir: a fermented dairy product. *European Food Research and Technology*, 246(7), 1237-1248.
- Sulmiyati, M., Rizqiati, H., & Nurwantoro, S. 2019. Chemical and microbiological properties of buffalo milk kefir with different starter concentrations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 247, 012051.
- Şanlı, T., Akal, H.C., Yetişemiyen, A. and Hayaloğlu, A.A. 2018. Influence of adjunct cultures on angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity, organic acid content and peptide profile kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 131-139.
- Şatır G., Güzel-Seydim Z. B. 2015. Influence of Kefir fermentation on the bioactive substances of different breed goat milks. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2): 852-858, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.057>.
- Tamang J. P., Lama S. 2022. Probiotic properties of yeasts in traditional fermented foods and beverages. *Journal of Applied Microbiology*, 132, 3533-3542.

- Tamime A.Y., Marshall V.M.E., Robinson R.K. (1995). Microbiological and technological aspects of milk fermented by Bifidobacteria. *Journal of Dairy Research*, 62: 151–187
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K., 1999. *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd edn. Cambridge: Woodhead
- Tratnik, L.J., Bozanic, R., Herceg, Z. and Drgalic, I. 2006. The quality of plain and supplemented kefir from goat's and cow's milk. *International Journal of Dairy Technology*, 59(1), 40-46.
- Trigueros D. E. G., Fiorese M. L., Kroumov A.D., Hinterholz C. L., Nadai B. L., Assunção G. M. 2016. *Biochemical Engineering Journal*, 110, 71–83.
- Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği. 14.02.2000-23964, 2000/6.
- Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2022/44-32029
- Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ (No: 2006/34-26221)
- Türkmen, N. 2017. The impact of fermentation on the bioavailability of nutrients in kefir. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2512-2520.
- Umam A. K., Radiati L. E., Suwondo K. H. P., Kholidah S. N. 2022. Study of Antioxidant Activity, Peptides, and Chemical Quality of Goat Milk Kefir on the Different Post-Acidification Periods During Cold Storage. *Proceedings of the 9th International Seminar on Tropical Animal Production (ISTAP 2021)*, Atlantis Press, 178-181.
- Verruck, S., Dantas, A., & Prudencio, E.S. 2019. Functionality of kefir and kefir products: A comprehensive review. *Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 413-424.
- Villar-Garcia J., Güerri-Fernandez R., Moya A., Gonzalez A., Hernandez J. J., Lerma E., Guelar A., Sorli L., Horcajada J. P., Artacho A., D'Auria G., Knobel H. 2017. Impact of probiotic *Saccharomyces boulardii* on the gut microbiome composition in HIVtreated patients: A double-blind, randomised, placebo-controlled trial. *PLoS ONE*, 1-15.
- Wang Y., Liu X., and Sun Z. 2021. The health benefits of kefir: A review of clinical trials and microbiota-related research. *Nutrition Reviews*, 79(10), 1115-1128.

- Wang, Y., Zhang, L., Chen, G., Li, Q., & Zhou, J. 2022. Microbial succession and flavor production in the fermented dairy beverage kefir. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 1264-1278.
- Wojtowski, J., Dankow, R., Skrzypek, R. and Fahr, R.D. 2003. The fatty acid profile in kefirs from sheep, goat and cow milk. *Milchwissenschaft*, 58, 633-636.
- Xie, N., Zhou, T., & Li, B. 2012. Kefir yeasts enhance probiotic potentials of *Lactobacillus paracasei* H9: the positive effects of coaggregation between the two strains. *Food Research International*, 45(2), 394-401.
- Yıldıran H., Kılıç G. B., Karahan A. G. 2017. Probiyotik Mayalar ve Özellikleri. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10), 1148-1155.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayızıt, A., Şahin, S., 2016. The Antioxidative Capacity of Kefir Produced from Goat Milk. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(1), 22.
- Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., & Akpınar-Bayızıt, A. 2017. The impact of using different starter cultures on the properties of kefir. *Journal of Dairy Research*, 84(3), 338-346.
- Yılmaz-Ersan L., Özdemir N., Aksoy A. 2018. Biogenic amine content of kefir: A fermented dairy product. *European Food Research and Technology*, 244(8), 1473-1480.
- Yurchenko, S., Nivinskiene, O., & Kruus, K. 2018. Health benefits of kefir: From its microbiota to its functional properties. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1785.
- Zamora-Vega, N., Rodríguez-Pérez, M.A., & Flores-López, L.E. 2012. Encapsulation of *Saccharomyces boulardii* in Food Matrices: Stability and Viability. *Journal of Applied Microbiology*, 113(4), 894-902.
- Zamora-Vega R., Montanez-Soto J. L., Venegas-Gonzalez J., Bernardino-Nicanor A., Cruz L. G., Martinez-Flores H. E. 2013. Development and characterization of a symbiotic cheese added with *Saccharomyces boulardii* and inulin. *African Journal of Microbiology Research*, 7(23), 2828-2834.
- Zawistowska-Rojek, A., & Tyski, S. 2018. Are Probiotics Really Safe for Humans? *Sciendo*, 66(2), 252-264.