

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

**ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PEYNİR ALTI SUYU İLE KEFİR BİYOKÜTLESİ ÜRETİMİ,
PROSES PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE FERMANTASYON
KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ**

BİRSEN ÖZEL YAVUZ

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

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. DİLEK KILIÇ APAR**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PEYNİR ALTI SUYU İLE KEFİR BİYOKÜTLESİ ÜRETİMİ,
PROSES PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE FERMANTASYON
KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ**

Birsen ÖZEL YAVUZ tarafından hazırlanan tez çalışması 18.12.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Dilek KILIÇ APAR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Dilek KILIÇ APAR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Rezan DEMİR ÇAKAN
Gebze Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Özlem DOĞAN AYDENİZ
Yıldız Teknik Üniversitesi



Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2011-07-01-GEP03 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Günümüzde sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı probiyotik içeren gıdalara olan talebin artması nedeni ile fermente bir süt ürünü olan kefir içeceği ve bu içeceğin fermentasyonunu sağlayan kefir taneleri, araştırmacıların ilgisini çeken bir konu haline gelmiştir. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmada farklı katkıları içeren peynir altı suyunda kefir tanelerinin üremesi incelenmiştir. Ayrıca, seçilen farklı kültür ortamlarında, başlangıç kefir tanesi miktarının ve sıcaklığın kefir biyokütle artışına ve fermentasyon kinetiğine etkileri incelenmiştir. Elde edilen tüm deneysel veriler analiz edilerek biyokütle artışı ve fermentasyon kinetiği için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2011-07-01-GEP03).

Çalışmamın en başından beri desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Dilek KILIÇ APAR'a; yüksek lisans derslerim boyunca kendileriyle çalışıp gelir kazanmama olanak sağlayan sayın hocalarım Prof. Dr. Belma KIN ÖZBEK'e ve Yrd. Doç. Dr. Elçin DEMİRHAN YILMAZ'a; biricik ailem minik oğlum Ali Eralp YAVUZ'a, eşim Çağlayan YAVUZ'a, annem Gülsen ÖZEL'e, kardeşim Barış ÖZEL'e, babam Haşim ÖZEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2017

Birsen ÖZEL YAVUZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	14
1.3 Orjinal Katkı.....	14
BÖLÜM 2	
FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ.....	15
BÖLÜM 3	
KEFİR İÇECEĞİ ve KEFİR TANESİ.....	18
3.1 Kefirin Tarihçesi.....	18
3.2 Kefir İçeceği.....	18
3.3 Kefir Tanesi.....	21
3.4 Kefir Üretim Yöntemleri.....	23
3.4.1 Geleneksel Kefir Üretimi.....	23
3.4.2 Endüstriyel Kefir Üretimi.....	24
3.4.3 Geleneksel ve Endüstriyel Üretim Yöntemlerinin Kıyaslanması.....	25
3.5 Kefir Tanelerinin Saklanması ve Aktifleştirilmesi.....	26
3.6 Kefir İçeceği Oluşumu Sırasında Meydana Gelen Değişimler.....	27
3.7 Kefirin Sağlığa Etkisi.....	30

BÖLÜM 4

PEYNİR ALTI SUYU	31
------------------------	----

BÖLÜM 5

KESİKLİ SİSTEMDE MİKROORGANİZMA ÜREME KİNETİĞİ	33
--	----

BÖLÜM 6

MATERYAL VE YÖNTEM	37
--------------------------	----

6.1 Kullanılan Materyaller	37
6.2 Kullanılan Cihazlar	39
6.3 Kefir Tanelerinin Aktifleştirilmesi	40
6.4 Deneyin Yapılışı	40
6.4.1 Farklı substrat karışımlarında kefir tane artışının incelenmesi	40
6.4.2 Kefir Fermantasyonu ve Kefir Tane Artışının Optimizasyonu.....	41
6.5 Kefir Tane Artışının Monod Kinetiğine Uygunluğunun İncelenmesi.....	41
6.6 Kinetik Verilerin Modellenmesi	42
6.7 İstatistiksel Hesaplamalar	43

BÖLÜM 7

ARAŞTIRMA BULGULARI	44
---------------------------	----

7.1 Farklı Substrat Karışımlarında Kefir Tane Artışının İncelenmesi.....	44
7.1.1 Deneysel veriler	44
7.1.2 Farklı Substrat Karışımlarında Kefir Tane Artışının Monod Kinetiğine Uygunluğunun İncelenmesi	49
7.1.3 Kinetik Verilerin Modellenmesi	51
7.2 Kefir Fermantasyonu ve Kefir Tane Artışının Optimizasyonu	53
7.2.1 Peynir Altı Suyunda Farklı Sıcaklıklarda ve Farklı Başlangıç Kefir Biyokütle Konsantrasyonlarında Kefir Fermantasyonu ve Biyokütle Artışının İncelenmesi	54
7.2.1.1 Deneysel Veriler	54
7.2.1.2 Kinetik Verilerin Modellenmesi.....	57
7.2.2 Süt Katkılı Peynir Altı Suyunda Farklı Sıcaklıklarda ve Farklı Başlangıç Kefir Biyokütle Konsantrasyonlarında Kefir Fermantasyonu ve Biyokütle Artışının İncelenmesi.....	61
7.2.2.1 Deneysel Veriler	61
7.2.2.2 Kinetik Verilerin Modellenmesi.....	64
7.2.3 Yoğurt Katkılı Peynir Altı Suyunda Farklı Sıcaklıklarda ve Farklı Başlangıç Kefir Biyokütle Konsantrasyonlarında Kefir Fermantasyonu ve Biyokütle Artışının İncelenmesi	67
7.2.3.1 Deneysel Veriler	67
7.2.3.2 Kinetik Verilerin Modellenmesi.....	71

BÖLÜM 8

SONUÇLAR.....	74
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	81



SİMGE LİSTESİ

C_t	t anında biyokütle konsantrasyonu
C_0	Başlangıç anında biyokütle konsantrasyonu
g	Gram
K_s	Doygunluk sabiti
L	Litre
R^2	Regrasyon katsayısı
S	Substrat konsantrasyonu
t	Zaman
X	Biyokütle konsantrasyonu
μ	Spesifik üreme hızı
μ_0	Başlangıç üreme hızı
μ_{max}	Maksimum spesifik üreme hızı
σ	Standart sapma
$^{\circ}C$	Santigrat derece
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

A.Ş.	Anonim şirketi
BOD	Biyokimyassal oksijen ihtiyacı
KBÖ	Keçi boynuzu özütü
kob	Koloni oluşturan birim
LAB	Laktik asit bakterileri
MWP	Modifiye edilmiş peynir altı suyu proteini
PAS	Peynir altı suyu
UHT	Ultra yüksek ısı
WPI	Peynir altı suyu proteini izolatu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Farklı fermantasyonlar sonunda üretilen bazı fermente süt ürünleri 15
Şekil 3.1	Kefir tanelerinin genel görünümü..... 21
Şekil 3.2	Geleneksel kefir üretiminin aşamaları 23
Şekil 3.3	Endüstriyel kefir üretiminin aşamaları..... 25
Şekil 5.1	Kesikli kültürde üreme evreleri..... 33
Şekil 5.2	Monod grafiği..... 36
Şekil 5.3	Lineweaver-Burke grafiği 36
Şekil 7.1	Farklı substrat karışımları ile gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı %biyokütle artışı 46
Şekil 7.2	Farklı substrat bileşimlerinde elde edilen kefir biyokütlelerinin genel görünüşü 48
Şekil 7.3	Farklı substrat karışımları için çizilen Lineweaver-Burke grafikleri..... 50
Şekil 7.4	Farklı sıcaklıklarda peyniraltı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri..... 54
Şekil 7.5	Farklı sıcaklıklarda peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı 55
Şekil 7.6	Farklı kefir tane konsantrasyonları ile peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri 56
Şekil 7.7	Farklı kefir tane konsantrasyonları ile peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı 56
Şekil 7.8	Farklı sıcaklıklarda süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri 61
Şekil 7.9	Farklı sıcaklıklarda süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı 62
Şekil 7.10	Farklı kefir tane konsantrasyonları ile süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri 63
Şekil 7.11	Farklı kefir tane konsantrasyonları ile süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı 64
Şekil 7.12	Farklı sıcaklıklarda yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri 68
Şekil 7.13	Farklı sıcaklıklarda yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı 68

- Şekil 7.14 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşılık pH değerleri..... 70
- Şekil 7.15 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı 70



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Literatür araştırmalarının liste halinde gösterimi 10
Çizelge 2.1	Çeşitli ülkelerde üretilen fermente süt ürünleri ve fermentasyonlarında kullanılan başlatıcı kültürler 16
Çizelge 3.1	Türk Gıda Kodeksi, 2009/25 Numaralı Fermente Sütler Tebliği'ne göre kefirin bileşimi..... 19
Çizelge 3.2	Kefirin kimyasal bileşimi ve besinsel değeri.....20
Çizelge 3.3	Kompleks kefir tane mikroflorası 22
Çizelge 3.4	Fermentasyonda rol oynayan mikroorganizmaların genel özellikleri..... 28
Çizelge 3.5	Fermentasyonda görevli mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri.... 29
Çizelge 4.1	Peynir altı suyunun bileşimi 31
Çizelge 4.2	Tatlı ve ekşi peynir altı suyunun tipik bileşimi 32
Çizelge 6.1	Peynir altı suyu tozunun kimyasal bileşimi ve özellikleri 38
Çizelge 6.2	Sütün bileşimi 38
Çizelge 6.3	Yoğurdun bileşimi..... 38
Çizelge 6.4	Keçiyoynuzu özütünün bileşimi 39
Çizelge 6.5	Kefir tane artışının incelenmesinde kullanılan substrat bileşimleri 40
Çizelge 6.6	Biyokütle artışı verilerine uyan matematiksel ifadeler 43
Çizelge 6.7	pH değişimi verilerine uyan matematiksel ifadeler 43
Çizelge 7.1	Farklı substrat karışımları ile gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı biyokütle artışları..... 45
Çizelge 7.2	Monod denklemi sabitleri ve Lineweaver-Burke grafikleri için elde edilen istatistik değerler 49
Çizelge 7.3	Farklı substrat bileşimlerinde, 10 günlük fermentasyon sonunda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri 51
Çizelge 7.4	Peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri 58
Çizelge 7.5	Peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri 60
Çizelge 7.6	Süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve verileri 65

Çizelge 7.7	Süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri	66
Çizelge 7.8	Yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri	71
Çizelge 7.9	Yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri	73



**ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PEYNİR ALTI SUYU İLE KEFİR BİYOKÜTLESİ ÜRETİMİ,
PROSES PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE FERMANTASYON
KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ**

Birsen ÖZEL YAVUZ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Dilek KILIÇ APAR

Kefir, eski çağlardan beri Kafkasya bölgesinde üretilen ve buradan Dünya'ya yayılan sindirimi kolay, koyu kıvamlı, ferahlatıcı, hafif ekşimsi ve hafif asidik fermente bir süt ürünüdür. Son yıllarda insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahip olan gıdaların tüketiminin artmasıyla, doğal bir probiyotik olan kefir içeceği ve kefir içeceğinin elde edilmesini sağlayan kefir tanesi de araştırmacıların ilgisini çeken bir konu haline gelmiştir.

Kefir ve kefir tanesi üretiminde başta inek sütü olmak üzere, koyun, keçi ve manda sütü gibi çeşitli sütler kullanılmaktadır. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışmada; peynir altı suyu ve çeşitli katkıları (süt, yoğurt, glikoz, sukroz, maya özütü, keçiyoynuzu özütü) kullanılarak hazırlanan substratlarda, kefir biyokütle artışı incelenmiştir. Hazırlanan her bir substrat bileşiminde kefir biyokütle artışı, 27°C sıcaklıkta, her 24 saate bir substrat çözeltileri tazelenerek 10 gün süresince takip edilmiştir. 10 günlük fermentasyon süresi sonunda maksimum biyokütle artışı (%1438) maya özütü ilaveli peyniraltı suyunda, minimum biyokütle artışı ise (%836) keçiyoynuzu özütü ilaveli peyniraltı suyunda elde edilmiştir.

Seçilen farklı kültür ortamları için (peynir altı suyu, süt katkılı peynir altı suyu ve yoğurt katkılı peynir altı suyu) kefir biyokütle artışı ve fermentasyon kinetiği farklı sıcaklık (17°C, 27°C ve 37°C) ve farklı başlangıç kefir tane konsantrasyonlarında (%2,5, %5 ve %7,5) ayrıca incelenmiştir. İncelenen tüm kültür ortamlarında, kefir biyokütle artışı için

optimum sıcaklığın 27°C, optimum başlangıç tane konsantrasyonu ise %5 olduğu belirlenmiştir.

Biyokütle artışı ve fermantasyon kinetiği için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiş, farklı substrat bileşimlerinde kefir biyokütle artışının Monod Kinetiğine uygunluğu ayrıca incelemiştir.

Anahtar kelimeler: Kefir, kefir tanesi, peyir altı suyu, fermantasyon, kinetik, modelleme



**KEFIR BIOMASS PRODUCTION WITH ENRICHED WHEY,
OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS AND INVESTIGATION OF
FERMENTATION KINETICS**

Birsen ÖZEL YAVUZ

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Doç. Dr. Dilek KILIÇ APAR

Kefir is an easily digestible, viscous, refreshing, lightly sourced and slightly acidic fermented dairy product that has been produced since ancient times in the Caucasus region and spread from this region to the Earth. In recent years, with the increasing consumption of healthy foods, kefir drink which is a natural probiotic and it's starter culture kefir grains have become a subject of interest to the researchers.

Kefir drink and kefir grain production is carried out by inoculating various forms of mammalian milk such as cow's, sheep, goat and buffalo. In the present study, kefir biomass growth was investigated in whey enriched with various additives such as milk, yoghurt, glucose, sucrose, yeast extract and carob extract. The fermentation experiments for each prepared medium were carried out at 27°C for 10 days by refreshing the cultivation medium at the end of each 24 hours fermentation period. Maximum biomass increase was obtained as 1438% in whey enriched with yeast extract and the minumun biomass increase was obtained as 836% in whey enriched with carob extract.

Kefir biomass increase and fermentation kinetics were also examined at different temperatures (17°C, 27°C and 37°C) and different initial kefir grain concentrations (2,5%, 5% and 7,5%) for selected cultivation mediums (whey and whey enriched with

milk and yoghurt). Optimum temperature and initial grain concentration for kefir biomass increase were obtained as 27°C and 5% for all mediums examined.

Modelling studies were performed to represent the kefir biomass growth and fermentation kinetics. The fitness of the kefir biomass growth to the Monod kinetics was also examined.

Keywords: Kefir, kefir grain, whey, fermentation, kinetics, modelling



1.1 Literatür Özeti

Süt insanlar ve hayvanlar için vazgeçilmez bir besin kaynağıdır. Soğutma teknolojisinin henüz gelişmediği zamanlarda, çabuk bozulan sütün daha uzun süre muhafaza edilebilmesi için fermente süt ürünleri üretilmiştir. Çoğu Orta Asya kökenli olan fermente süt ürünleri, zamanla Avrupa'ya ve tüm dünyaya yayılmıştır [1].

Sağlığa olan faydalarının anlaşılmasıyla son yıllarda fermente süt ürünlerinin tüketimi artmıştır. Bu ürünlerin arasında en çok bilinenlerden biri çok eski bir geçmişe sahip ve anavatanı Kafkas dağları olan kefir içeceğidir. Kefir, sütün kefir taneleri ya da kefir kültürü ile fermentasyonu sonucu elde edilen; ferahlatıcı, ekşimsi ve hafif gazlı fermente bir süt ürünüdür [2].

Sütte bulunan tüm besin maddelerini içermesi, üretimi sırasında bazı vitaminlerin sentezlenmesi ve proteinlerin ve laktozun kısmen parçalanması kefirin besin değerini ve önemini artırmaktadır. Kefirin yapısındaki mikroorganizmalar bu içeceğin kolay sindirilmesini sağlamak ve besin maddelerinin vücut tarafından emilimini artırmaktadır. Yapılan araştırmalarda kefirin, bağışıklık ve sindirim sistemini olumlu etkilediği, laktoz intoleransına karşı etkili, antikanserojenik, kolesterol düşürücü ve rahatlatıcı özelliklerinin olduğu saptanmıştır.

Kefir taneleri beyaz ya da sarımsı renkte, düzensiz şekilli, karnabaharı andırır görünümde, çapları 3 ile 20 mm arasında değişen, uygun koşullarda bulunduğu büyüyen ve sayıca artan canlılardır. Kefir taneleri; laktik asit bakterileri (*Lactobacilli*, *Lactococci* ve *Leuconostoc*), asetik asit bakterileri (*Acetobacter*) ve mayaları içeren

kompleks bir mikrofloraya sahiptir [3], [4]. Kefir tanelerinin başlıca kullanım alanı kefir fermentasyonudur. Ancak çeşitlilik gösteren mikrobiyal bileşimleri kefir tanelerine yeni kullanım alanları sağlamaktadır. Örneğin kefir taneleri ekmek, peynir, polisakarit, uçucu aroma bileşeni ve etanol üretiminde kullanılmaktadır [5].

Peynir üretimi sırasında sütte ayrılan, yeşilimsi sarı renkteki sıvı peynir altı suyu (PAS) ya da peynir suyu olarak isimlendirilir. PAS süt proteinlerinin yaklaşık %20'sini ayrıca laktoz, mineraller (örneğin kalsiyum, magnezyum, fosfor), vitaminler ve süt yağını da iz miktarda içermektedir. Peynir yapımına göre farklılık gösterse de, kullanılan sütün %70-90'ı PAS olarak elde kalır. Kullanılmaması halinde önemli ölçüde besin israfı oluşur. Ayrıca arıtılmadan atık halinde alıcı ortamlara verildiğinde de çevre kirliliğine sebep olmaktadır [6], [7]. Bu nedenlerle PAS için kullanım alanları geliştirmek ve PAS'ı değerli ürünlere dönüştürmek endüstri ve bilim için önem arz etmektedir.

Bu çalışmada PAS tozu ve farklı katkıları (süt, yoğurt, glikoz, sükröz, maya özütü, keçiyoynuzu özütü) kullanılarak hazırlanan substrat bileşimlerinde kefir biyokütlesi üremesi ve kinetiği araştırılmıştır. Sıcaklık ve başlangıç tane konsantrasyonunun biyokütle üremesine ve fermentasyon kinetiğine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, elde edilen deneysel veriler analiz edilerek verilere uyan matematiksel modeller belirlenmiştir.

Sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle fermente süt ürünlerinin tüketiminin artmasıyla, doğal bir probiyotik olan kefir içeceği ve kefir içeceğinin elde edilmesini sağlayan kefir tanesi başka birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu nedenle, kefir ve kefir tanesi üretimi ile ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve son yıllarda gerçekleştirilen bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Şen (2015) tarafından yapılan çalışmada, süt ve peynir altı suyuna, tane kefir ve dondurularak kurutulmuş kefir kültürü aşıl原因arak üretilen içeceklerin bazı fizikokimyasal (ph, titrasyon asitliği, serum ayrılması, viskozite), kimyasal (protein, yağ, kurumadde, kül), mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri incelenmiş, aroma, aktif ve uçucu bileşenleri belirlenmiştir. Ayrıca depolama sürecinde içeceklerin gösterdiği değişimler araştırılmıştır. Süt ve peynir altı suyunda tane veya liyofilize kefir kültürü kullanımı ile elde edilen son ürünlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin

farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Duyusal analizler sonucunda, süte alternatif olarak, peynir altı suyu kullanılarak üretilen kefir içeceğinin içilebilir özellikte olduğu belirlenmiş ve peynir altı suyundan üretilen fermente içeceklerin yeni bir fonksiyonel gıda olabileceği bildirilmiştir [8].

Pop vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, kefir tanelerinin farklı tip süt içerisinde, farklı fermentasyon sıcaklıkları ve sürelerinde, farklı tip çalkalayıcı hızları ve tiplerinde üremeleri incelenmiş ve destekleyici madde ilavesinin üreme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar sonunda; 25°C’de 24 saatlik fermentasyonda, 125 devir/dk çalkalama hızında, organik yağsız süt %4,5 oranında kefir tanesi ile aşılandığında maksimum biyokütle artışı 38,9 g/L olarak elde edilmiştir. Optimum sıcaklık 25°C (biyokütle artışı 37,93g/L); optimum çalkalayıcı tipi çalkalayıcı rotasyon (biyokütle artışı 23,67 g/L); optimum çalkalama hızı 125 devir/dk olarak saptanırken; destekleyici madde olarak glukoz+galaktoz ile optimum artış (biyokütle artışı 23,23 g/L) elde edilmiştir [9].

Esmek (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı oranlarda PAS+SÜT karışımları, %2 oranında kefir kültürü ile aşılanarak 20°C’de 24 saat fermente edilmiştir. Gerçekleştirilen duyusal analizler sonucunda %25 peyniraltı suyu %75 süt oranı çalışmanın devamında kullanılacak oran olarak belirlenmiş ve belirlenen bu oranda, farklı inkübasyon sürelerinde (24 saat, 48 saat, 72 saat) kefir üretimi yapılmıştır. Üretilmiş olan içeceklerin farklı depolama süreleri sonunda (1., 7., 14. ve 21. gün) bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri test edilmiştir. Farklı depolama süreleri sonunda yapılan ölçümlere göre; pH değerleri 4,09-4,3, titrasyon asitliği değerleri %0,7-0,8, kurumadde miktarları %10,3-11,3, protein miktarları %2,07-2,3, yağ miktarları %2,53-2,9, alkol miktarları %0,68-1,09, CO₂ miktarları 3,23-4,37 (mg/100 ml), laktoz miktarları %3,38-4,42 aralığında saptanmıştır. Depolama süresince genel olarak içeceklerin; pH değerleri azalmış; titrasyon asitliği değerleri artmış; kuru madde, yağ, protein ve laktoz değerlerinde önemli bir değişiklik görülmemiş, alkol ve CO₂ içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Duyusal analizlerde 48 saatlik inkübasyona tabi tutulan içeceğe en yüksek puan verildiği bildirilmiştir [10].

Kök-Taş vd (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, %2 oranında kefir kültürü ile aşıl原因an süt, 18 saat boyunca 25°C'de pH 4,6 değerine düşünceye kadar fermente edilmiştir. Üretilen kefire %7,5 oranında pekmez ve %10 oranında mürdüm eriğinden yapılmış marmelat ilave edilmesiyle iki çeşit ürün elde edilmiştir. Pekmez ve erik ilave edilmiş kefirler ile kontrol grubu kefir 4°C depolanmıştır. Depolanan ürünler 1., 7. ve 14. gün sonunda kimyasal (pH, titrasyon asitliği, kurumadde ve renk), mikrobiyal (toplam mikroorganizma, *Lactobacillus spp.*, *Lactococcus spp.* ve maya içerikleri), toplam antioksidan, toplam fenolik madde miktarı ve duyusal açıdan incelenmiştir. Kefir örneklerinin pH, titrasyon asitliği ve kuru madde değerleri depolama süresince sırasıyla 4,11-4,39; 0,22-0,30 ve %11,9-17,02 aralığında değişmiştir. 1. gün sonunda kontrol, erik ilaveli ve pekmez ilaveli kefir örneklerinde toplam antioksidan miktarı sırasıyla 13,30, 16,80 ve 17,35 $\mu\text{mol ml}^{-1}$, toplam fenolik bileşen miktarı sırasıyla 945,7, 2535,8 ve 2357,6 mg/ml olarak saptanmıştır. Depolama süresince toplam mikroorganizma miktarı 8,91-9,80 log kob ml^{-1} aralığında farklılık göstermiştir. Kontrol örneğine göre erik ve pekmez ilaveli kefir örneklerinde maya içeriğinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Duyusal analizlere göre en çok beğenilen ürün; erik ilave edilerek üretilen kefir içeceği olmuştur. Çalışma sonunda toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi yüksek, fonksiyonel özellikleri arttırılmış iki farklı alternatif içecek tüketicilere sunulmuştur [11].

Zajsek vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, sıcaklık, çalkalama hızı, karbon kaynağı, azot kaynağı, vitamin ve mineral ilavesinin kefiran üretimine etkisi araştırılmıştır. 42g/L oranında kefir taneleri 1 lt süt içine aşılanmış, 24 saat boyunca 2L'lik biyoreaktörde fermente edilmiştir. Kefiran üretimi için ideal koşul 25°C ve 80 devir/dk çalkalama hızı olarak seçilmiş, sıcaklık ve çalkalama hızının kefir tane üretiminde oldukça etkili olduğu vurgulanmıştır. Kefiran üretiminde tiamin, laktoz ve FeCl_3 ilavesinin olumlu bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [12].

Demirhan vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli vitamin (B1, B6, B9, B12 ve C) ve minerallerin ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) kefir biyokütle artışına etkisi incelenmiştir. Yağsız süt içerisine %7,5 oranında kefir ve çeşitli vitamin ve mineraller ilave edilerek 25°C sıcaklıkta, 100 devir/dk çalkalama hızında 24 saat boyunca fermente edilmiştir. Maksimum biyokütle artışının 0,30 g/L fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) minerali

ilavesinde %39 olarak elde edildiği bildirilmiştir. Gerçekleştirilen modelleme çalışmaları sonucunda, zamanla pH değişiminin Rational Fonksiyon Modeli ile, biyokütle artışının ise Richards denklemi ile ifade edilebileceği bildirilmiştir [13].

Ghasemlou vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada yüzey cevap yöntemi kullanılarak kefir biyokütle üretimi optimize edilmiştir. Peynir altı suyuna %1,5 İran (Tahran) başlatıcı kültürü aşıl原因arak 120 saat boyunca fermentasyon yapılmıştır. Laktoz ve maya özütü konsantrasyonunun, sıcaklığın ve pH'nın fermentasyon üzerine etkileri araştırılmıştır. Maksimum biyokütle artışı (%81,34), 88,4 g/L laktoz konsantrasyonu, 21,3 g/L maya özütü ilavesi, pH 5,2 ve 20°C sıcaklık koşullarında elde edilmiştir [14].

Gao vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, kefir tanesi (Tibet orijinli) konsantrasyonu, yağsız süt konsantrasyonu, sıcaklık, süre ve çalkalama hızının kefir üreme hızına etkisi araştırılmıştır. Deneyler sonunda maksimum kefir büyüme hızı %14,33 olarak (%39,4 artış); %1,86 kefir tane oranı, %41,6 yağsız süt konsantrasyonu, 30°C sıcaklık, 20 saat fermentasyon süresi ve 0 devir/dk karıştırma hızında elde edilmiştir. Yüzey cevap yöntemi ile biyokütle artışı optimize edilmiş ve yağsız süt konsantrasyonu, sıcaklık ve kefir tane konsantrasyonunun biyokütle üretiminde etkili ve önemli değişkenler olduğu belirlenmiştir [15].

Demirhan vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada farklı minerallerin (MgO, MgSO₄.7H₂O, ZnSO₄.7H₂O, CaSO₄.1/2H₂O ve Fe₂O₃) kefir biyokütle artışına ve fermentasyona etkisi araştırılmıştır. %7,5 oranında kefir biyokütlesi yağsız inek sütü içine aşılanmış ve 25°C sabit sıcaklıkta, 100 devir/dakika karıştırma hızında, 24 saatlik fermentasyon süresi boyunca kefir biyokütle artışı takip edilmiştir. Biyokütle artışı için en etkili mineralin MgO olduğu ve 0,3 g Mg²⁺/L ilavesinde %46,3 biyokütle artışı elde edildiği bildirilmiştir. Modelleme çalışmalarında biyokütle artışı verilerine 7 farklı modelin (Richards, Polinom, MMF, Quadratic, Logistic, Gompertz, Exponansiyel) uygunluğu test edilmiş ve biyokütle artışının Richards modeli ile ifade edilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca fermentasyon süresince pH değişiminin Rational Fonksiyon Modeli ile ifade edilebileceği bildirilmiştir [16].

Güzel Seydim vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, peynir altı suyu proteini izolatu (WPI: %2), modifiye edilmiş peynir altı suyu proteini (MWP: %2) ve inulin (%2) ile

zenginleştirilen süt (200 ml) kefir taneleri (2 gr) ile aşılanarak hem oda koşulunda, hem de %6 CO₂ içeren ortamda 25°C'de, pH 4,6'ya ulaşana kadar fermentasyona bırakılmıştır. Kefir tanelerinin biyokütle artışı ve içerdiği laktik asit ve maya miktarları haftalık olarak 30 gün boyunca takip edilmiştir. Maksimum biokütle artışı; %392 olarak oda koşulunda, WPI ile zenginleştirilen süt için elde edilmiştir. Kefir biyokütle artışı; kontrol, WPI, MWP ve inulin ilavesinde sırasıyla; % 98,5, 392, 223, 129,5 olarak tespit edilmiştir. CO₂ uygulaması, kefir tanelerinin üremesi üzerinde önemli bir destekleyici etki sağlamazken; WPI, MWP, inülin kullanılması, kefir mikroflorası üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır [17].

Ismaiel vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada farklı proses koşullarında yağsız inek sütünde kefirin fizikokimyasal özellikleri ve altı farklı kültür ortamında kefiran üretimi incelenmiştir. Hazırlanan kültürler 120 saat süreyle 30°C'de inkübe edilmiştir. Çalışmada maksimum biyokütle artışı, 100 ml yağsız inek sütüne, 5 g taze kefir tanesi ilavesi ile 30°C'de, 120 saat inkübasyon sonucunda 13,5 g/L (kuru ağırlık) olarak elde edilmiştir. Kefirin aminoasit içeriği analiz edilmiş ve kefirin asparagine, glutamine ve triptofan haricinde çoğu aminoasidi içerdiği belirlenmiştir. Organik asit analizi sonucunda, kefirin 7,3 mg/ml laktik asit, 6,5 mg/ml asetik asit ve 4 mg/ml maleik asit içerdiği belirlenmiştir. Fermentasyonda, ethanol üretiminin yüksek olduğu (%0,22 (ağırlık)) bildirilmiştir. Çalışmada maksimum kefiran konsantrasyonuna ve kefir biyokütlesi üretimine (10 g/L (kuru ağırlık)); 40 g/L laktoz, 4 g/L amonyum klorür, 1 g/L KH₂PO₄, 5 g/L MgSO₄.7H₂O içeren sentetik ortamda ulaşıldığı rapor edilmiştir [18].

Zajsek ve Gorsek (2010) tarafından yapılan çalışmada, karışık kefir mayası kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda oluşan ethanol miktarı üzerine sıcaklık ve fermentasyon süresinin etkileri incelenmiştir. Ayrıca elde edilen deneysel veriler kullanılarak matematiksel modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, tam yağlı inek sütü 42 g/L oranında Kafkas Dağları orjinli kefir taneleri aşılanarak, 15-31⁰C sıcaklık değerleri arasında, 0-89 saat süre ile fermentasyona bırakılmıştır. 89 saat sonunda yaklaşık 13 g/L kefir tane artışı elde edilmiştir. Modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiş ve zamanla biyokütle artışının Logistic denklemi ile ethanol artışının Modifiye Gompertz modeli ile ifade edilebileceği bildirilmiştir [19].

Papavasiliou vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, peynir altı suyunda kefir biyokütle üretimine hava akış hızı ve karıştırma hızının etkileri incelenmiştir. Fermentasyon, sterilize edilmiş 500 ml peynir altı suyuna; 4 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 2 g/L KH_2PO_4 ve %1 Tween ilavesi ile 1 g kuru kefir kültürü kullanılarak 30°C'de gerçekleştirilmiştir. Deneyler; 0,5, 1, 3 ve 8 mm çapında hava dağıtıcı tüpler kullanılarak, 1, 2,3, 5 ve 8,3 vvm hava akış hızlarında, 300, 450 ve 600 devir/dk karıştırıcı hızlarında gerçekleştirilmiştir. Biyokütle artışı için, 0.5 çapındaki hava dağıtıcı tüpünün, 8.3 vvm hava akış hızının ve karıştırma olmayan sistemin kullanılmasının uygun olduğu bildirilmiştir. Belirlenen optimum koşullarda 38 saatlik fermentasyon sonunda yaklaşık 13 g biyokütle artışı elde edilmiştir [20].

Tramsek ve Gorsek (2008) tarafından yapılan çalışmada, 20 g/L glukoz içeren tam yağlı inek sütü, 75g/L konsantrasyonunda kefir tanesi ile 24°C sıcaklık ve 90 dk⁻¹lik karıştırma hızında inkübe edilmiştir. 30 saat inkübasyon sonunda 18.5 g biyokütle artışı saptanmıştır. Zamanla biyokütle artışının Logistic, Gompertz ve Richards modellerine uygunluğu incelenmiş ve Gompertz modelinin en uygun model olduğu bildirilmiştir [5].

Gorsek ve Tramsek (2007) tarafından yapılan çalışmada; sıcaklık, karıştırma hızı, glikoz konsantrasyonu ve maya konsantrasyonun, kefir biyokütle artışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Fermentasyon işlemleri, 1 litre tam yağlı inek sütüne 40 g/L konsantrasyonunda kefir tanesi aşılanarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada maksimum biyokütle artışı (yaklaşık 20,6 g) ; 24°C'de, 90 dk⁻¹lik karıştırma hızında, 20 g/L glukoz ilavesi ile ve maya ilavesi olmadan elde edilmiştir [21].

Koutinas vd (2005) tarafından yapılan çalışmada, kefir taneleri (2, 6,5 ve 45 g/L konsantrasyonlarında), sıcaklığın 30°C, hava akış hızının 3 L/dk olduğu ortam koşulunda farklı subtrat karışımları içerisinde 35 g/L laktoz, 1 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 1 g/L KH_2PO_4 , 5 g/L MgSO_4 , 4 g/L maya özütünden oluşan sentetik ortam ve 1,6 g/L KH_2PO_4 ve 7,5 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ile zenginleştirilmiş 0, 12, ve 25 g/L tuz içeren peynir altı suyu; 7, 15, 20, 47 saat süreleri boyunca fermente edilmiştir. Deneysel bulgulara göre biyokütle üremeleri; sentetik ortamda, 6,5 g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 7 saat sonunda 26,5 g/L olarak; zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 15 saat sonunda 31 g/L olarak; zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 6,5

g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 7 saat sonunda 42,5 g/L olarak; zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 45 g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 7 saat sonunda 34 g/L olarak; zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 20 saat sonunda 33 g/L olarak; zenginleştirilmiş PAS, % 1,2 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 20 saat sonunda 33 g/L olarak ve zenginleştirilmiş PAS, %2,5 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane konsantrasyonu için 47 saat sonunda 31 g/L olarak bulunmuştur [22].

Harta vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada, tek ve belirli oranlarda karıştırılarak kullanılan farklı karbonhidratların (fruktoz, sakroz, maltoz, glikoz) kefir biyokütle artışı üzerindeki etkileri, havalandırılmalı kesikli sistemde incelenmiştir. Fermentasyon, şeker dönüşümü izlenerek takip edilmiştir. Fermentasyon işlemleri, 5 g/L kefir tanesi kullanılarak, 30°C'de ve pH değeri 5,5 olan sentetik ortamlarda 24 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan karbonhidratların etkileri tek tek incelendiğinde, en fazla biyokütle artışının (20,75 g) fruktoz ilavesi sonucunda elde edildiği görülmüştür. 1:3 oranında glikoz-sakroz, 1:1 oranında glikoz-fruktoz, 1:1 oranında glikoz-laktoz, 1:3 oranında glikoz-laktoz ve 1:1 oranında fruktoz-laktoz karışımları kullanıldığında ise sırası ile 22,25 g, 20,95 g, 17,4 g, 16,3 g ve 14,65 g biyokütle artışı olduğu rapor edilmiştir [23].

Schoevers ve Britz (2003) tarafından yapılan çalışmada, kefir biyokütle artışı; yağsız sütte 18, 22, 25 ve 30°C sıcaklıklarda, ayrıca yağlı ve yağsız süte, tryptose ve maya özütü ilave edilerek karıştırmanın olduğu ve olmadığı durumlarda incelenmiştir. Yağsız süt kullanılarak farklı sıcaklıklarda 10 gün boyunca gerçekleştirilen fermentasyon işlemleri sonucunda, maksimum biyokütle artışı %145 olarak 25°C'de elde edilmiştir. En yüksek kefir biyokütle artışı ise %582 olarak, 25°C sıcaklıkta, yağsız inek sütünde tryptose ilavesi ile her gün süt değişiminin yapıldığı 22 gün süre ile karıştırma yapılarak gerçekleştirilen fermentasyon işlemi için elde edilmiştir. Aynı koşullarda tam yağlı süt için biyokütle artışı %522 olarak rapor edilmiştir. Karıştırma yapılmadan yağsız ve tam yağlı süt kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon işlemleri sonucunda ise sırası ile %175 ve %173 biyokütle artışı elde edildiği bildirilmiştir [24].

Bu bölümde özetlenen çalışmalarda belirtilen çalışma koşulları ve bu koşullarda elde edilen sonuçlar karşılaştırma amaçlı olarak Çizelge 1.1’de ayrıca sunulmuştur.



Çizelge 1.1 Literatür araştırmalarının liste halinde gösterimi

Kaynak	Kültür Ortamı	Proses Koşulları	Kefir Biyokütle Artışı/Sonuçlar
Pop vd. (2014)	Normal süt ve organik yağsız süt Destekleyici madde (karbonhidratlı substratlar-mineraller-vitaminler-nitrojen kaynağı)	Sıcaklık: 20-32°C Süre: 4-72saat Çalkalama tipi: statik, dönme hızlı, magnetik Çalkalayıcı hızı: 100-200 dev/dk	• Maksimum biyokütle artışı 38,9 g/L olarak 25°C'de 24 saatlik fermentasyonda, 125 dev/dk çalkalama hızında, organik yağsız süt kullanıldığında elde edilmiştir. • Optimum çalkalayıcı tipi: dönme hızlı • Destekleyici madde ilavesinde maksimum biyokütle artışı glukoz+galaktoz ilavesi ile 23,23 g/L
Demirhan vd. (2013)	Yağsız (0,1%) UHT süt	Kefir tane kons.: 7,5% Sıcaklık: 25°C Çalkalama hızı: 100 dev/dak Fermantasyon süresi: 24 sa	• %32 (katkısız) • %38 (0,3 g/L Mn^{2+} ilavesi ile) • %39 (0,3 g/L PO_4^{3-} ilavesi ile)
Zajsek vd. (2013)	UHT süt	Kefir tane kons.: 42 g/L Sıcaklık: 25°C Çalkalama hızı: 80 dev/dak Fermantasyon süresi: 24 sa	• 12,36 g/L (5% laktoz ilavesi ile - kontrol örneğinde biyokütle artışı: 7,12 g/L) • 15,97 g/L (5 g/L tryptone ilavesi ile - kontrol örneğinde biyokütle artışı: 8.52 g/L) • Maksimum biyokütle artışı, 18,8 g/L olarak 37°C'de sütte elde edilmiştir.
Gao vd. (2012)	Yağsız süt (%41,6 ağırlık/hacim)	Kefir kons.: 1,86% Sıcaklık: 30°C Çalkalama hızı: 0 dev/dak Fermantasyon süresi: 20 sa	• %14,3 üreme hızı • %39,4 biyokütle artışı
Demirhan vd. (2011)	Yağsız (0,1%) UHT süt	Kefir tane kons.: 7,5% Sıcaklık: 25°C Çalkalama hızı: 100 dev/dak Fermantasyon süresi: 24 sa	• % 29 (katkısız) • %42 (0,3g/L Mg^{2+} ilavesiyle, MgO) • %36 (0,3 g/L Mg^{2+} ilavesi ile, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) • % 40 (0,6, g/L Zn^{2+} ilavesi ile, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) • %36 (0,6 g/L Ca^{2+} ilavesi ile, $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$) • %31 (1,2g/L Fe^{3+} ilavesi ile, Fe_2O_3)

Çizelge 1.1 Literatür araştırmalarının liste halinde gösterimi (devam)

Kaynak	Kültür Ortamı	Proses Koşulları	Kefir Bioyokütle Artışı/Sonuçlar
Ghasemlou vd. (2012)	Peynir altı suyu (88,4 g/L laktoz konsantrasyonu)	Kefir tane kons.: 1,5% Sıcaklık: 20°C pH: 5,2 Çalkalama hızı: 0 dev/dak Fermantasyon süresi: 120 sa	• %81,34 (21,3 g/L maya özütü ilavesi ile)
Guzel-Seydim vd. (2011)	Yağsız süt tozu ile hazırlanmış peynir altı suyu proteini izolatu, modifiye peynir altı suyu proteini ve inulin ile zenginleştirilmiş süt (12% toplam katı miktarı)	Kefir tane kons.: 2% Sıcaklık: 25°C Fermantasyon süresi: ~18 sa %6 CO₂ veya oda koşullarında fermentasyon Araştırma 4 hafta süresince her hafta ardışık 3 aşılama yapılarak sürdürülmüştür.	Normal atmosferik koşullarda: • %98,5 (%2 peynir altı suyu protein izolatu ilavesi ile) • %392 (%2 modifiye edilmiş peynir altı suyu proteini ilavesi ile) • %223 (%2 inulin ilavesi ile) • %6 CO₂ uygulaması, kefir tane üremesi üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir.
Ismaiel vd. (2011)	• Yağsız süt • Sentetik ortam (içerik: 40 g/L laktoz, 4g/L NH₄Cl, 1g/L KH₂PO₄, 5g/L MgSO₄*7H₂O)	Kefir tane kons.: 2% Sıcaklık: 30°C Çalkalama hızı: 100 dev/dak Fermantasyon süresi: 120 sa	• 13,5 g/L(kuru ağırlık) (yağsız sütte) • 10 g/L (kuru ağırlık) (sentetik ortamda)
Zajsek ve Gorsek (2010)	Tam yağlı inek sütü	Kefir tane kons.: 42g/L Sıcaklık: 15-31°C Fermantasyon süresi: 0-89 sa	•13 g/L (89 saat sonunda)
Papavasillou vd. (2008)	4 g/L (NH ₄) ₂ SO ₄ , 2 g/L KH ₂ PO ₄ ve 1% (v/v) Tween 80 ile zenginleştirilmiş peynir altı suyu	Kefir tane kons.: 2 g/L (kuru ağırlık) Sıcaklık: 30°C Hava akış hızı: 8,3 vvm Fermantasyon süresi: 38 sa	• 14 g/L (kuru ağırlık)

Çizelge 1.1 Literatür araştırmalarının liste halinde gösterimi (devam)

Kaynak	Kültür Ortamı	Proses Koşulları	Kefir Bioyokütle Artışı/Sonuçlar
Tramsek ve Gorsek (2008)	HTP Tam yağlı süt	Kefir tane kons.: 75 g/L Sıcaklık: 24°C Çalkalama hızı: 90 dev/dak Fermantasyon süresi: 24 sa	• % 24,85 (20g/L glikoz ilavesi ile)
Gorsek ve Tramsek (2007)	HTP Tam yağlı süt	Kefir tane kons.: 40g/L Sıcaklık: 24°C Çalkalama hızı: 90 dev/dak Fermantasyon süresi: 24 saat	• Maksimum % 51,5 (20g/L glikoz ilavesi ile)
Koutinas vd. (2005)	• Sentetik ortam (içerik: 35 g/L laktoz, 1 g/L (NH₄)₂SO₄, 1 g/L KH₂PO₄, 5 g/L MgSO₄, ve 4 g/L maya özütü) • 1,6 g/L KH₂PO₄ ve 7,5 g/L (NH₄)₂SO₄ ile zenginleştirilmiş 0, 12, and 25 g/L tuz içeren peynir altı suyu	Kefir tane kons.: 2, 6,5 ve 45 g/L Sıcaklık: 30°C Hava akış hızı: 3 L/dak Fermantasyon süresi: 7, 15, 20 ve 47 saat	• 26,5 g/L (sentetik ortamda, 6.5 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 7 saat sonunda) • 31 g/L (zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 15 saat sonunda) • 42,5 g/L (zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 6,5 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 7 saat sonunda) • 34 g/L (zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 45 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 7 saat sonunda) • 33 g/L (zenginleştirilmiş PAS, %0 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 20 saat sonunda) • 33 g/L (zenginleştirilmiş PAS, % 1,2 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 20 saat sonunda) • 31 g/L (zenginleştirilmiş PAS, %2,5 tuz, 2 g/L başlangıç kefir tane kons. için, 47 saat sonunda)

Çizelge 1.1 Literatür araştırmalarının liste halinde gösterimi (devam)

Harta vd. (2004)	4 g/L (NH ₄) ₂ SO ₄ , 2 g/L KH ₂ PO ₄ , 4 g/L maya özütü ve çeşitli konsantrasyonl arda glikoz, fruktoz, sakroz, laktoz ve maltoz içeren sentetik ortam	Kefir tane kons.: 5 g/L Şeker kons.:40 g/L Sıcaklık: 30°C pH: 5,5 Hava akış hızı: 3 L/dk. Fermantasyon süresi: 24 saat	• max 20,75g (fruktoz içeren sentetik ortamda) • max. 27,25g (1:3 oranında glikoz ve sakroz içeren sentetik ortamda)
Schoevers ve Britz (2003)	• Tam yağlı (%4) süt • Az yağlı (%2) süt	Kefir tane kons.: 40 g/L Sıcaklık: 25°C Çalkalama hızı: 130 dev/dak Fermantasyon süresi: 22gün (24 saatlik periyotlarla)	• %304 (tam yağlı süt) • %522 (tam yağlı sütte, 20g/L tryptose ilavesi ile) • %487 (tam yağlı sütte, 20g/L maya özütü ilavesi ile) • %451 (tam yağlı sütte, 20g/L tryptose ve 20 g/L maya özütü ilavesi ile) • %331 (az yağlı süt) • %582 (az yağlı sütte, 20g/L tryptose ilavesi ile) • %501 (az yağlı sütte, 20g/L maya özütü ilavesi ile) • %504 (az yağlı sütte, 20g/L tryptose ve 20 g/L maya özütü ilavesi ile)

1.2 Tezin Amacı

Çalışmanın amacı, peynir altı suyu ve çeşitli katkıları (süt, yoğurt, glikoz, sukroz, maya özütü, keçiyoynuzu özütü) kullanılarak hazırlanan substratlarda, kefir fermentasyonunu inceleyerek;

- maksimum biyokütle eldesi için uygun substrat veya substrat bileşimlerini belirlemek,
- farklı proses şartlarının biyokütle üretimine ve fermentasyon kinetiğine etkilerini araştırmak,
- deneysel verileri analiz ederek, biyokütle artışı ve fermentasyon kinetiğini ifade edebilecek matematiksel modelleri belirlemektir.

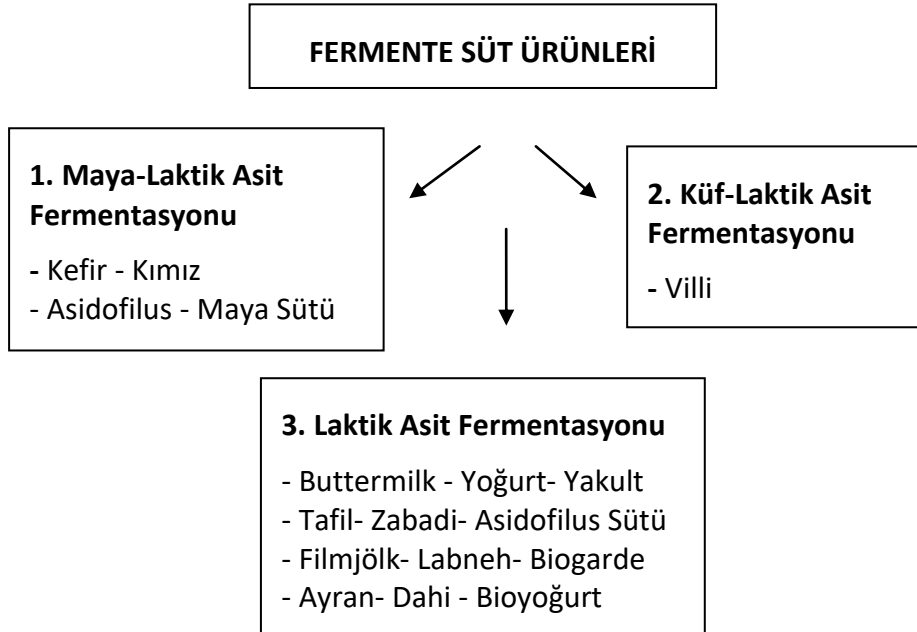
1.3 Orjinal Katkı

Probiyotik süt ürünlerinin tüketimi birçok ülkede gün geçtikçe artmakta, ülkemizde ise bu ürünlerin ticari olarak üretimi yeni yeni yaygınlaşmaktadır. İnsan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri de dikkate alındığında bu tür ürünlerin üretimini ve üretim yöntemlerini geliştirecek çalışmaların gerçekleştirilmesi önem kazanmaktadır. Geleneksel olarak kefir ve kefir biyokütlesi süte (inek, koyun, keçi, manda, kısırak sütü) aşılanan kefir tanesi ile üretilmektedir. Bu çalışmada konunun özgün değerini, kefir ve kefir biyokütle üretiminin peynir altı suyu tozu ve farklı katkıları kullanılarak hazırlanan substrat karışımları ile gerçekleştirilmiş olması oluşturmaktadır.

FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ

Sütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile, koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde pH değerinin düşürülmesi sonucu elde edilen ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda, canlı ve aktif olarak bulunduran süt ürünleri; fermente süt ürünleri olarak isimlendirilir [25].

Fermente süt ürünleri fermentasyon tipine göre genel olarak üç başlık altında sınıflandırılabilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Farklı fermentasyonlar sonunda üretilen bazı fermente süt ürünleri [26]

Sütte bulunan spesifik mikroorganizmaların seçici olarak gelişmesiyle fermente süt ürünleri oluşur. Fermente süt ürünlerinde kontrollü asitlik artışı sayesinde oluşan ürünler doğal olarak korunmaktadır. Mikrobiyal aktiviteler sonucunda fermente ürünler, kendilerine özgü lezzet, aroma ve istenen tekstürel özelliklerini kazanır. Fermente süt ürünlerinin kökenlerinin Orta Asya olduğu düşünülmektedir. Bu ürünler zamanla popülerleşmiş, Asya'dan Avrupa'ya ve tüm dünyaya yayılmıştır. En eski bilinen fermente süt ürünleri yoğurt ve peynirdir. Tüm dünyada geleneksel ve endüstriyel birçok farklı fermente süt ürünü üretilmekte ve kullanılmaktadır [26]. Çizelge 2.1.'de çeşitli ülkelerde üretilen fermente süt ürünleri ve fermantasyonlarında kullanılan başlatıcı kültürler verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çeşitli ülkelerde üretilen fermente süt ürünleri ve fermantasyonlarında kullanılan başlatıcı kültürler [26]

Geleneksel İsim	Ülke	Başlatıcı Kültürler
Yoğurt	Türkiye	<i>S. thermophilus</i> , <i>L. delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>
Ayran	Türkiye	<i>L. bulgaricus</i> ve <i>Str. Thermophilus</i>
Kefir	Kafkasya	<i>Lc. lacits subsp. lactis</i> , <i>Lc. lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i> , <i>L. mesenteroides subsp. cremoris</i> , <i>L. mesenteroides subsp. dextranicum</i> , <i>S. thermophilus</i> , <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. kefir</i> , <i>L. kefiranofaciens</i> , <i>K. marxianus</i> , <i>Saccharomyces spp.</i>
Kimiz	Kırgızistan, Kazakistan, Tataristan	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>S. lactis</i> , <i>T. koumiss</i>

Çizelge 2.1. Çeşitli ülkelerde üretilen fermente süt ürünleri ve fermantasyonlarında kullanılan başlatıcı kültürler (devam)

Germen Kefir	Almanya	<i>Lc. lactis subsp. lactis</i> , <i>Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i> , <i>Lc. lactis subsp. cremoris</i> , <i>S. thermophilus</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. lactis</i> , <i>L. brevis</i> , <i>C. Kefyr</i>
Ymer	Danimarka	<i>Str. lactis ssp. Diacetylactis</i> <i>Le. mesenteroides ssp. Cremoris</i>
Mil-Mil	Japonya	<i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium breve</i> <i>L. acidophilus</i>
Skyr	İzlanda	<i>Str. salivarius ssp. Thermophilus</i> <i>L. delbrueckii ssp. Bulgaricus</i>
Bifidus sütü/Biogarde	Almanya	<i>S. thermophilus</i> <i>L. acidophilus</i> <i>B. bifidum</i>
Dahi/dadhi/dahee	Hindistan	<i>S. thermophilus</i> <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> ya da <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> , <i>Lc. lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i>
Yakult	Japonya	<i>L. paracasei subsp. paracasei</i> , <i>L. casei Shirota</i>
Viili	Finlandiya	<i>Lc. lactis subsp. lactis</i> ; <i>Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i> , <i>L. mesenteroides subsp. cremoris</i> , <i>Geotrichum candidum</i>
Asidofilus Sütü	Avrupa-ABD	<i>Lb. Acidophilus</i>
Bulgaricus Sütü	Bulgaristan	<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>

KEFİR İÇECEĞİ ve KEFİR TANESİ

3.1 Kefirin Tarihçesi

Kefir tanesi ya da kefirin ilk olarak ne zaman bulunduğu tam olarak bilinmemekle birlikte 18. yüzyıldan beri üretildikleri tahmin edilmektedir. Kefir tanelerinin ilk elde edilişi şu şekildedir; keçi tulumu içine inek sütü ve şirden koyulmuş, şirdenin sütü pıhtılaştırması ile birkaç hafta içinde tulumun iç yüzeyinde süngerimsi bir yapı olan kefir taneleri oluşmuştur. Bu süngerimsi yapı süt içine konularak fermente edildiğinde de kefir içeceği elde edilmiştir. Geleneksel kefir Karadeniz ve Hazar Denizi arasında Kafkasya'daki kuzey Kafkas Dağlarında yaşayan insanlar tarafından yaygın olarak üretilmiştir. Bu bölgeden Doğu Avrupa ve İskandinav ülkelerine yayılmıştır. En eski fermente süt ürünlerinden yoğurt, ayran ve kımız, isimlerini Türk dilinden almıştır. Benzer şekilde, kefirin de ismini Türkçe “keyif” (içildiğinde rahatlattığı ve iyi hissettirdiğinden dolayı) ve Kafkas dilinde “en iyi kalite” anlamına gelen “Kef” sözcüklerinden aldığı düşünülmektedir [26].

3.2 Kefir İçeceği

Türk Gıda Kodeksi, 2009/25 numaralı Fermente Sütler Tebliği'ne göre kefir; fermentasyonda spesifik olarak *Lactobacillus* kefiri, *Leuconostoc*, *Lactococcus* ve *Acetobacter* cinslerinin değişik suşları ile laktozu fermente eden (*Kluyveromyces marxianus*) ve etmeyen mayaları (*Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces exiguus*) içeren başlatıcı kültürler veya kefir tanelerinin kullanıldığı, fermente bir süt ürünüdür [25].

Boyutları 3-20 mm arasında değişen, minyatür karnabahar görünümündeki kefir taneleri veya kefir başlatıcı kültürleri ile sütün fermente edilmesi ile elde edilen kefir; sindirimi kolay, serinletici, hafif alkollü, ekşi ve köpüklü bir içecektir [27].

Kefiri diğer fermente süt ürünlerinden ayıran en önemli özellik; kefir taneleirinin yapısındaki bakteri ve maya türlerinin simbiyotik aktivitesi sonucu bu üründe laktik asit ve alkol fermentasyonunun bir arada oluşmasıdır [2].

Süt çeşidine (inek, koyun, keçi, deve, bufalo, soya sütü), tanenin veya kültürün kompozisyonuna, kaynağına, içerdiği mikrobiyal çeşitliliğe, fermentasyon koşullarına (sıcaklık ve süre) ve tane inokülasyon oranına bağlı olarak kefir içeceğinin bileşimi değişiklik göstermektedir. Tüm bu parametreler kefirin laktoz, yağ, protein oranı, etanol içeriği, pH, titrasyon asitliği gibi kimyasal özelliklerini; viskozite ve köpük oluşumu gibi fiziksel özelliklerini; tat, koku, tekstür, görünüş gibi duyuşal özelliklerini etkilemektedir. Fermentasyonda oluşan ana ürünler; laktik asit, alkol ve karbondioksittir. Aromatik bileşenler olan diasetil ve asetaldehiti de içeren kefirin pH'ı 4,2-4,6 arasındadır [28].

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'ne göre kefirin bileşimi Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kefirin kimyasal bileşimi ve besinsel değeri ise Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Türk Gıda Kodeksi, 2009/25 Numaralı Fermente Sütler Tebliği'ne göre kefirin bileşimi [25]

Süt Proteini (Ağırlıkça %)	En az 2,7
Süt yağı (Ağırlıkça %)	En fazla 10
Titrasyon asitliği (Laktik asit olarak ağırlıkça %)	En az 0,6
Toplam Spesifik Mikroorganizma (kob/g)	En az 10^7
Etikette Belirtilen Toplam İlave Mikroorganizma (kob/g)	En az 10^6
Mayalar (kob/g)	En az 10^4

Çizelge 3.2 Kefirin kimyasal bileşimi ve besinsel değeri [29]

İçerik	100g	İçerik	100g
Enerji	65kcal	Vitaminler (mg)	
Yağ (%)	3,5	A	0,06
Protein (%)	3,3	Karoten	0,02
Laktoz (%)	4	B1	0,04
Su (%)	87,5	B2	0,17
Süt asidi (g)	0,8	B6	0,05
Etil alkol (g)	0,9	B12	0,5
Laktik asit (g)	1	Niasin	0,09
Kolesterol (mg)	13	C	1
Fosfatidler (mg)	40	D	0,08
Esansiyel amino asitler(g)		E	0,11
Triptofan	0,05	İz Elementler	
Fenilalanin+Tirozin	0,35	Demir (mg)	0,05
Lösin	0,34	Bakır (µg)	12
İsolösin	0,21	Molibden (µg)	5,5
Treonin	0,17	Manganez (µg)	5
Metionin+sistin	0,12	Çinko (mg)	0,36
Lisin	0,27	Aromatik bileşenler	
Valin	0,22	Asetaldehit	
Mineral (g)		Diasetil	
Kalsiyum	0,12	Asetoin	
Fosfor	0,1		
Magnezyum	12		
Potasyum	0,15		
Sodyum	0,05		
Klorit	0,1		

3.3 Kefir Tanesi

Kefir taneleri (Şekil 3.1) beyaz ya da sarımsı renkte, düzensiz şekilli, karnabaharı andırır görünümde, çapları 3 ile 20 mm arasında değişen, uygun koşullarda bulunduğu büyüyen ve sayıca artan canlılardır. Kefir taneleri; laktik asit bakterileri (*Lactobacilli*, *Lactococci* ve *Leuconostoc*), asetik asit bakterileri (*Acetobacter*) ve mayaları içeren kompleks bir mikrofloraya sahiptir. Bu mikrobiyel yapı içinde en çok laktobasil bakterileri yer alır (%65–80). Kefir tanesinin içerdiği mayalar; laktozu fermente eden (*Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromyces marxianus* ve *Torula kefir*) ve laktozu fermente etmeyen (*Saccharomyces cerevisiae*) olmak üzere iki çeşittir. Bu mayalar ürettikleri CO₂ ve etanol ile kefir fermantasyonunda önemli rol oynarlar. Mikroorganizmaların etrafı, kefiran olarak adlandırılan glukoz ve galaktozdan oluşan, soğuk suda yavaş, sıcak suda hızlı erime özelliği gösteren polisakkarit bir yapı ile çevrilidir [3], [4].



Şekil 3.1 Kefir Tanelerinin Görünümü

Tane mikroflorasında mikroorganizmalar simbiyotik bir ilişki içerisinde. Kefir fermantasyonu sırasında ilk önce homofermentatif laktokoklar hızlı şekilde gelişir ve ortamın pH değerini düşürür. pH'nın düşmesi laktobasillerin gelişimini etkinleştirirken laktokok sayısının azalmasına sebep olmaktadır. Mayalar ve heterofermentatif laktokoklar aroma bileşenlerinin oluşmasını sağlar. Fermantasyon sırasındaki mikroorganizmaların simbiyotik ilişkisi, laktik asit bakteri gelişiminin, maya ve asetik asit bakteri gelişimini desteklemesi şeklinde kendini göstermektedir. Kefir tanesi mikroflarası Çizelge 3.3'te gösterilmiştir [28].

Çizelge 3.3 Kompleks kefir tane mikroflorası [28]

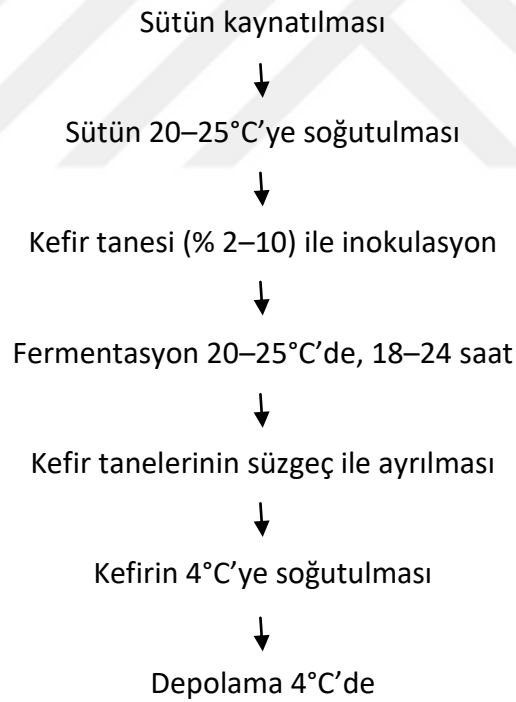
Laktobasiller	Mayalar	Asetik Asit Bakterileri
<i>Lactobacillus kefir</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Acetobacter sp.</i>
<i>Lactobacillus kefiranofaciens</i>	<i>Saccharomyces delbrueckii</i>	<i>Acetobacter pasteurianus</i>
<i>Lactobacillus kefirgranum</i>	<i>Saccaromyces unisporus</i>	<i>Acetobacter aceti</i>
<i>Lactobacillus parakefir</i>	<i>Saccharomyces exiguus</i>	<i>Acetobacter rascens</i>
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Kluyveromyces lactis</i>	<i>Acetobacter syszgiai</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Streptokoklar
<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Candida holmii</i>	<i>Streptococcus cremoris</i>
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	<i>Candida friedricchi</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Streptococcus durans</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Candida kefir</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i>	<i>Candida tenuis</i>	Laktokoklar
<i>Lactobacillus hilgardii</i>	<i>Candida pseudotropicalis</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Candida lambica</i>	<i>Lc. lactis subsp. lactis biovar. Diacetylactis</i>
<i>Lactobacillus viridescens</i>	<i>Candida valida</i>	<i>Lc. lactis subsp. cremoris</i>
<i>Lactobacillus gasseri</i>	<i>Cryptococcus humicolis</i>	Bifidobakterler
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Torulaspora delbrueckii</i>	<i>Bifidobacter bifidum</i>
<i>Lactobacillus mesenteroides</i>	<i>Kazachstania unispor</i>	<i>Bifidobacter langum</i>
<i>Lactobacillus crispatus</i>	<i>Kazachstania exigua</i>	<i>Bifidobacter breve</i>
<i>Lactobacillus buchneri</i>		
<i>Lactobacillus satsumensis</i>		
<i>Lactobacillus acidophilus</i>		

3.4 Kefir Üretim Yöntemleri

Günümüzde kefir hem geleneksel hem de endüstriyel yöntemlerle üretilmektedir.

3.4.1 Geleneksel Kefir Üretimi

Geleneksel kefir üretimi süte doğrudan kefir tanesi eklenerek yapılmaktadır. Çiğ süt 85-90°C'de 20 dakika ısıtıldıktan sonra, 20-25°C'ye soğutulur. %2-10 (ağırlık/hacim) oranında kefir tanesi eklenerek, 18-24 saat boyunca 20-25°C'de fermentasyona bırakılır. Süre tamamlandıktan sonra kefir taneleri bir süzgeç yardımıyla süttten ayrılır. Üretilen kefir 4°C'de depolanır ve tüketime sunulur. Süttten ayrılan kefir taneleri, bir sonraki üretimde kullanılabana kadar 4°C'de muhafaza edilir. Daha uzun süre saklanması istenirse liyofilize edilerek ya da dondurularak saklanır. Geleneksel kefir üretim aşamaları Şekil 3.2'de gösterilmiştir [30].



Şekil 3.2 Geleneksel kefir üretiminin aşamaları [30]

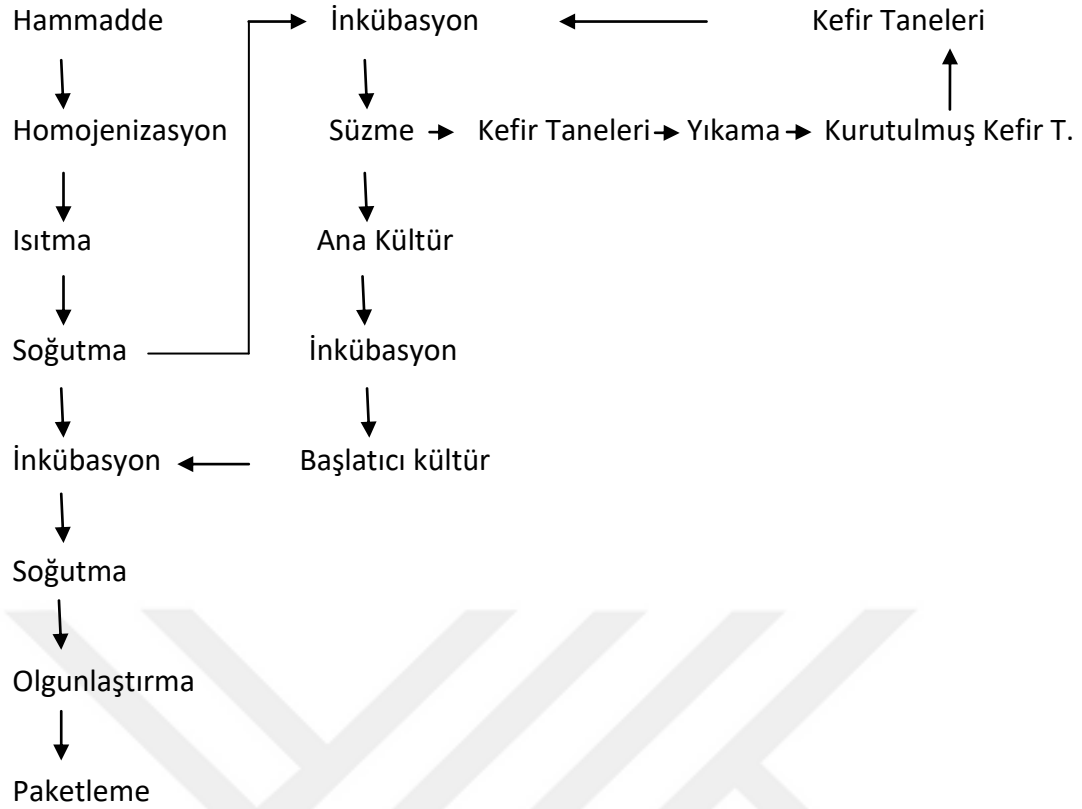
3.4.2 Endüstriyel Kefir Üretimi

Başlatıcı kültür veya liyofilize kültürler kullanılarak üretim yapılır.

Hammadde homojen hale getirilip 92-95°C'de 20-30dk ısıtılır. Isıtma işlemi, sütü sterilize etmek amacı ile yapılır. Ayrıca ısıtma işlemiyle proteinler denatüre olur ve böylece yüksek su tutma kapasitesi gösterirler. Bu sayede kefir içindeki suyun ayrılması önlenir ve kıvam arttırılarak içeceğin yüksek viskoziteye sahip olması sağlanır. Isıtılan süt inkübasyon sıcaklığı olan 23-25°C'ye soğutulur, %2-3 oranında başlatıcı kültür ilave edilerek pH değeri 4,5-4,6 civarına inene kadar yaklaşık 18-20 saat fermentasyona bırakılır. Fermentasyon sırasında laktik asit bakterileri laktik asit oluştururken; mayalar da alkol ve CO₂ üretir. Bu sayede kefir tat ve aroma kazanır [31].

pH 4,5-4,6 değerine ulaşınca kefir 4-6°C'ye hızlıca soğutulup olgunlaştırma işlemi için tanklara alınır. Olgunlaşma esnasında 4,5-4,6 olan Ph değeri 4,3-4,4'e düşer. Yüksek sıcaklık nedeniyle denatüre olan serum proteinleri suyu absorbe ederek kefirin kıvam ve viskozitesini iyileştirir. 3-10°C'de 24 saat olgunlaşmanın ardından kefir paketlenip 4°C'de depolanır [31].

Fermentasyon için başlatıcı kültürün hazırlanışı iki aşamada yapılır. İlk aşamada inkübasyon sıcaklığına düşürülen süte %5 civarında kefir taneleri aşılanır ve 23 °C'de yaklaşık 20 saat inkübasyona bırakılır. İnkübasyon esnasında kültür birkaç kez karıştırılır. pH istenen düzeye ulaştığında steril süzgeçten geçirilerek kefir taneleri ayrılır. Geri kalan kısım ana kültürdür. Ayrılan kefir taneleri yeni bir ana kültür üretiminde kullanılmak için kurutularak saklanmak üzere sterilize edilmiş su ile yıkanır. İkinci aşamada ise başlatıcı kültür hazırlanır. İnkübasyon ısısına düşürülen süte %3-5 oranında ana kültür ilave edilerek 23°C'de inkübasyona bırakılır. Yaklaşık 20 saat sonra başlatıcı kültür oluşur. Başlatıcı kültür kefir üretiminde hemen kullanılabilir. Endüstriyel kefir üretiminin aşamaları Şekil 3.3'te gösterilmiştir [31].



Şekil 3.3 Endüstriyel kefir üretiminin aşamaları [31]

3.4.3 Geleneksel ve Endüstriyel Üretim Yöntemlerinin Kıyaslanması

Kefir içeceği; kefir tanelerinden üretilbileceği gibi, hazır satılan konsantre kültür mayalar kullanılarak da üretilir. Evde kendi imkanları ile kefir yapmak isteyenler, daha ekonomik daha kolay temin edilebildiğinden genellikle kefir tanesi kullanırlar. Ticari amaçlı üretimlerde, fabrikalarda gerekli hijyenin sağlanması ve üretim hızının artırılabilmesi amacıyla genellikle hazır olarak temin edilen kültür mayalar kullanılır. Avrupa ülkelerinde ve Amerika’da genellikle saf kültürlerden kefir üretimi yapılırken; Rusya, Asya, Doğu Avrupa, Ortadoğu ülkeleri ve ülkemizde genellikle orijinal taneden kefir üretilmektedir [32].

Kefir tanesi katı olduğu için ağırlığından dolayı sütün yalnız dip kısımlarında gelişirken; süt içinde homojen karışan sıvı kefir kültürünün gelişimi, sütün derinliklerinde de yüzeyinde de aynı şekilde gerçekleşir. Tane ile yapılan kefir üretiminde, tanelerinin içilecek üründen ayrılması ek bir işlem gerekir. Tane yerine, tanelerden elde edilen sıvı kefir kültürü ile üretim yapıldığında, kültürün içilecek üründen ayrılması gerekmez [32].

Tane ve başlatıcı kültür ile üretilen kefirlerin bileşimleri ve duysal özelliklerinde önemli farklılıklar görülür. Yapılan duysal araştırma sonuçlarında; kefir tanesi ile üretilen kefirin özelliklerinin, başlatıcı kültür kullanılarak üretilenlere göre daha iyi olduğu belirtilmiştir. Başlatıcı kültür kullanılarak üretilen kefirin; kremi bir yapıda ve daha az asidik olduğu saptanmıştır. Endüstriyel üretimde liyofilize kefir kültürleri de kullanılmaktadır. Liyofilize kefir kültürleri sınırlı sayıda laktik asit bakteri türlerini, maya türlerini ve *Bifidobacterium spp.* içerir. Bu kültürler çok az miktarda maya içerdiği için, üretilen ürünler geleneksel kefir gibi köpüklü olmamakta, etanol içeriği de (<%0,01) daha düşük olmaktadır. Endüstriyel üretimlerde kullanılan başlatıcı kültürler ve liyofilize kefir kültürleri kefir tanesindeki mikroorganizma çeşitliliğini içeremediği için, üretilen kefir içeceği; tat, aroma ve tekstürel özellikleri yönüyle, tanelerle üretilen kefir içeceğine göre daha az beğenilir. Aynı nedenle sağlığa faydaları da kısıtlıdır [30], [17].

3.5 Kefir Tanelerinin Saklanması ve Aktifleştirilmesi

Her fermentasyon sonunda kefir taneleri büyür, çoğalır ve özelliklerini bir sonraki jenerasyona aktarır. Kefir tanelerinin mikroflorası oldukça stabildir. Uygun fizyolojik ve kültürel koşullarda saklandığında aktivitelerini yıllarca koruyabilirler [28].

Kefir taneleri kısa süre saklanmak isteniyorsa; yıkanarak, steril bir ortamda süspansiyon halinde buzdolabında 8-10 güne kadar saklanabilir. Kefir taneleri uzun süre saklanmak isteniyorsa; oda sıcaklığında 36-48 saat kurutularak alüminyum folyo veya temiz bir ambalaj kağıdı ile sarılarak serin ve kuru bir yerde 12-18 ay ya da -20°C de dondurularak 7-8 ay saklanabilir [32], [33], [34].

Saklanan taneler yeni fermentasyon için tam olarak aktif olmadıklarından kullanılacakları zaman aktifleştirilmeleri gereklidir. Kurutulmuş kefir taneleri tekrar kullanılmak istendiğinde, 30-32°C deki suda 3 saat bekletilir. Bu süre sonunda taneler şişer, kabarır ve karnabahar görünümü alarak suyun yüzeyinde toplanır. Yüzeye çıkan bu taneler alınıp su ile yıkandıktan sonra, önceden sterilize edilmiş, 20°C'deki yağsız süte üçte bir oranında aşılır, 19-20°C'de 24 saat inkübasyona bırakılır. Inkübasyon sonunda yüzeydeki taneler alınıp, tekrar taze süte aşılır ve aynı şartlarda inkübasyona bırakılır. Bu işlemler sütte gaz kabarcıkları görülünceye kadar tekrar edilir.

Sütte gaz oluşması kefir tanesinin aktif hale geldiğinin göstergesidir. Böylece aktifleştirilmiş kefir mayası elde edilir [32].

3.6 Kefir İçeceği Oluşumu Sırasında Meydana Gelen Değişimler

Kefirin pH değeri 4,2–4,6 arasında değişim gösterir. Kullanılan sütün kalitesi ve kaynağı, kuru madde miktarı, tanelerin içerdiği mikroorganizmaların çeşitliliği, kefir üretim teknolojileri, fermentasyon sıcaklığı ve süresi, üretimden tüketime kadar geçen süre ve saklama koşulları kefirin bileşimini etkileyen faktörlerdir [30].

Kefir üretimi ve muhafazası süresince laktoz, yağ, protein ve organik asit miktarlarında değişiklikler meydana gelir. Kefirin fermentasyonu sırasında laktik asit, alkol ve aroma oluşumu, protein denatürasyonu gibi pekçok kimyasal olay gerçekleşir. Örneğin fermentasyon sırasında süt şekeri olarak bilinen laktozun laktik asit bakterileri tarafından parçalanmasıyla laktik asit oluşurken, mayalar tarafından fermente edilmesiyle alkol oluşur. Fermentasyon sıcaklığına bağlı olarak düşük sıcaklıklarda mayaların etkisiyle alkol fermentasyonu, yüksek sıcaklıklarda ise laktik asit bakterilerinin etkisiyle laktik asit fermentasyonu gerçekleşir. Fermentasyon ve depolama süresince kefir tanesindeki proteolitik bakteriler proteinlerin bir kısmını aminoasitlere kadar parçalarlar. Meydana gelen tüm bu biyokimyasal değişiklikler ile oluşan metabolitler kefirin kendine özgü tat ve aroma özelliklerinin oluşmasını ve kimyasal yapısının şekillenmesini sağlamaktadır. Fermentasyon sonunda oluşan laktik, süksinik, pürivik, ketoglutarik ve oksalik asitler kefire ferahlatıcı ve asidik bir lezzet verirken; karbonil bileşikler, uçucu yağ asitleri ve alkollerden oluşan yan ürünler ise hoş giden karakteristik aromanın oluşmasını sağlarlar. Taneler süte ilave edildiklerinde sütün dip kısmına çökerler. Fermentasyon ilerledikçe üretilen gazla birlikte yüzeye doğru çıkarlar [30].

Fermentasyon sırasında oluşan etanol ve karbondioksit miktarı kefir üretiminin koşullarına bağlıdır. Tane kullanılarak üretilen kefirdeki CO₂ miktarının 0,85–1,05 g/l; başlatıcı kültür kullanılarak üretilen kefirdeki CO₂ miktarının ise 1,7 g/l olduğu bildirilmektedir. Fermentasyon süresince asetaldehit ve asetoin konsantrasyonu artarken, muhafazası sırasında ise asetaldehit miktarının arttığı, asetoin miktarının azaldığı bildirilmiştir [30].

Fermentasyon boyunca homofermantatif laktik streptokoklar hızla gelişerek laktik asit oluşturur, asitlik azalır, streptokok cinsi bakteri sayısı azalır. Heterofermantatif laktik asit bakterileri aroma oluşumunu teşvik eder. Fermentasyon boyunca aroma maddelerinin oluşumunda LAB gelişiminin etkisi maya ve asetik asit bakterilerine göre daha çoktur. Fermentasyonda en önemli son ürünler laktik asit, asetaldehit, asetoin, diasetil, etanol ve karbondioksittir. Karbondioksit içermesi sebebiyle kefir köpüren bir özelliğe sahiptir. Karbondioksit kefirin eşsiz ferahlatıcı özellikte olmasına büyük katkı sağlar. Laktik asit hafif ekşimsi lezzeti oluştururken, etanol ve diğer lezzet ürünleri ile kefirin egzotik, farklı lezzet ve aroması oluşur [1].

Fermentasyonda rol oynayan mikroorganizmalar ve genel özellikleri Çizelge 3.4.'te, mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri Çizelge 3.5'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.4 Fermentasyonda rol oynayan mikroorganizmaların genel özellikleri [27]

Mezofilik homofermantatif mikroorg.	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i>	Fermentasyonun ilk saatlerinde aktiftirler. Asitliği geliştirirler. Yüksek asitlikte inhibe olurlar.
Laktobasiller	<i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus rhamnosus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii bulgaricus</i>	Tane de az sayıdadırlar.
Mezofilik heterofermantatif mikroorg.	<i>Lactobacillus dextranicum</i> (yüksek sıcaklıkta çok sayıda maya varlığında aktif) <i>Lactobacillus mesenteroides</i> (polisakkarit üretir)	Kefire özgü tat ve aromayı verirler. Gereğinden fazla gelişirlerse gaz oluşumu gözlenir.
Mayalar	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Aroma ve yapı gelişiminde rol oynarlar. Fazla mayada gaz oluşumu artar, paketlemede problem olur.
Asetik asit bakterileri	<i>Acetobacter aceti</i>	Streptokoklarla kültüre edildiğinde asitlik artışı gözlenmiştir. Kıvam ve viskoziteyi düzenlerler.

Çizelge 3.5 Fermentasyonda görevli mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri [27]

<i>Streptococcus lactis</i>	Pirüvatı ilk olarak laktata, geri kalanını diasetil ve az bir kısmını asetaldehite çevirirler.
<i>Lactobacillus brevis</i>	Karışık kültürlerde teşvik edici özelliği vardır. Pürivat yoluyla asetat ve laktat üretir. Sitrat metabolizmasında asetoin ve diasetil üretir.
<i>Lactobacillus kefir</i>	Fermentasyon ürünleri %0,25 etanol ve CO ₂ 'dir.
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Sütte gelişmesi yavaş olup kefirde miktarı azdır.
<i>Leuconostoc subsp.</i>	Leuconostoc cremoris'in 30°C'de asetaldehiti etanole değiştirebildiği tespit edilmiştir.
Mayalar	Maya fermentasyonu ile diasetil oluşumu söz konusudur. Mayalar asetaldehiti etanole çevirmek için alkoldehidrogenaz enzimi içerirler. <i>Saccharomyces cerevisia</i> asetoin oluşturmak için asetaldehit ile aktif asetaldehiti birleştirir. Kefirdeki uçucu maddelerden kaynaklanan tadın maya popülasyonu yardımıyla oluşması zordur.
Asetik asit bakterileri	<i>Acetobacter</i> ve <i>Gluconobacter</i> cinsi bakteriler çeşitli organik bileşikler, organik asitlere okside ederler.

Fermentasyon sırasında meydana gelen başlıca değişimleri kısaca özetlemek gerekirse;

- Laktik asit fermentasyonu (Laktozdan laktik asit oluşumu): Homofermentatif laktik asit bakterileri salgıladıkları laktaz (β -galaktosidaz) enzimi ile süt şekerini önce glikoz ve galaktoza parçalar, sonra 1 molekül süt şekerinden 4 molekül süt asidi oluştururlar.
- Alkol fermentasyonu (Laktozdan etil alkol ve CO₂ oluşumu): Heterofermentatif laktik asit bakterileri, özellikle leuconostoklar, süt şekerini önce glikoz ve galaktoza parçalarlar, sonra glikoz ve galaktozdan süt asidi, CO₂, aroma maddeleri, asetoin, diasetil, asetaldehit ve aseton meydana getirirler. Mayalar 1 mol glikoz veya galaktozdan 2 mol etil alkol ve 2 mol karbondioksit oluştururlar.

- Yavaş proteoliz (Sınırlı ölçüde proteinin pepton ve aminoasitlere parçalanması): Bazı süt asidi bakterilerinin, asetik asit bakterilerinin ve mayaların salgıladıkları proteolitik enzimler sayesinde proteinler pepton, peptit ve serbest amino asitlere kadar parçalanır. Bu nedenle, yoğurda göre kefirde serbest amino asitlerin miktarı daha çoktur.
- Süt yağındaki değişimler: Mikroorganizmaların salgıladığı lipaz enzimi sayesinde süt yağından serbest yağ asitleri oluşmaktadır.
- Kefire özgü tipik mayayı andıran kefir aroması oluşur.
- Laktoz, protein ve yağdaki değişimler esnasında çeşitli aroma maddeleri, patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı antibakteriyel etki gösteren asetik asit, hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi kimyasal maddeler ayrıca nisin gibi antibiyotikler meydana gelmektedir [35].

3.7 Kefirin Sağlığa Etkisi

Kefir içeceği, içinde bulundurduğu bakteri, maya ve bunların oluşturduğu fermantasyon ürünleri sayesinde, vücudumuzda bulunan pek çok sistem için besleyici ve fonksiyonel bir gıdadır. Yapılan araştırmalarda, kefirin insan sağlığı üzerinde antikanserojenik, antialerjik, antimikrobiyal etkilere sahip olduğu bulunmuştur. İlaveten, kan şekeri ve kan basıncını düzenleyici, laktoz intoleransını azaltıcı, kolesterol düşürücü, bağışıklık sistemini güçlendirici, sindirim sistemini düzenleyici ve rahatlatıcı özelliklere sahip olduğu görülmüştür [26].

BÖLÜM 4

PEYNİR ALTI SUYU

Sütün peynir mayası veya organik asit ile pıhtılaştırılmasıyla elde edilen, pıhtının alınmasından sonra geriye kalan yeşilimsi sarı renkteki sıvı peynir altı suyu (PAS) ya da peynir suyu olarak isimlendirilir. Peynir yapımına göre farklılık gösterse de, kullanılan sütün %70-90'ı PAS olarak elde kalır. Kullanılmaması halinde önemli ölçüde besin israfı oluşur. Ayrıca arıtılmadan atık halinde alıcı ortamlara verildiğinde de çevre kirliliğine sebep olmaktadır [6].

Peynir üretimi sırasında oluşan bir yan ürün olan PAS; süt proteinlerinin yaklaşık %20'sini içerirken; laktoz, mineraller (örneğin kalsiyum, magnezyum, fosfor), vitaminler ve süt yağını da iz miktarda içermektedir [7].

Peynir altı suyunun bileşimi Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Peynir altı suyunun bileşimi [36]

Bileşenler	Peynir Altı Suyundaki Miktar
Su	% 93,3
Kuru Madde	% 6,7
Yağ	% 0,9
Protein	% 0,9
Süt Şekeri	% 4,4
Kül	% 0,5

PAS proteinlerinin biyolojik değeri diğer proteinlerden farklı değildir ve süt proteinleri bakımından oldukça zengindir. Bu zengin içerik; beta-laktoglobulin, alfa-laktalbumin,

laktoferrin, glikomakropeptid, immunoglobulinler, laktoperoksidaz, sığır serum albumini gibi proteinlerden, kükürt içeren aminoasitlerden (sistein, metiyonin gibi) ve küçük peptidlerden oluşur. Güncel çalışmalar bu protein ve peptidlerin antimikrobiyal, antikarsinojenik, antioksidan, antihipertansif, immün uyarıcı etkilerine dikkat çekmektedir [6].

Kazein koagülasyon tipine bağlı olarak, PAS tatlı ya da ekşi olabilir. PAS'ın özellikleri ve bileşimi peynir üretim teknolojisine ve peynir üretiminde kullanılan sütün kalitesine bağlı olarak değişir. Tatlı ve ekşi peynir altı suyunun tipik bileşimi Çizelge 4.2'de verilmiştir [7].

Çizelge 4.2 Tatlı ve ekşi peynir altı suyunun tipik bileşimi (g/L) [7]

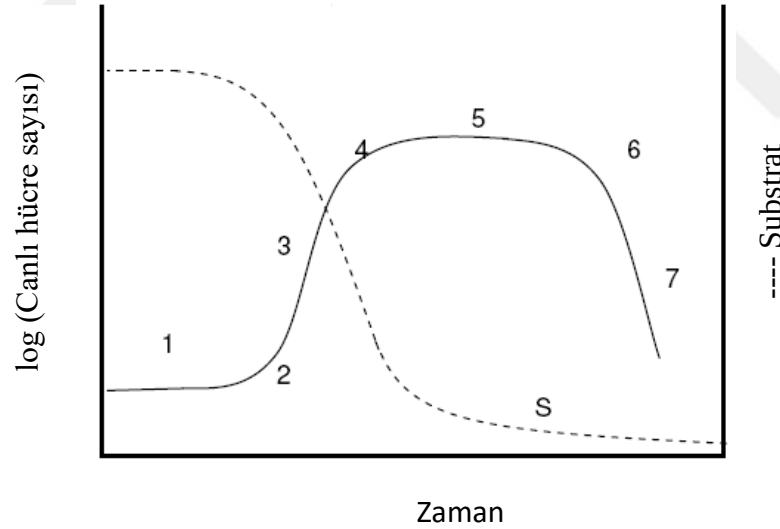
Bileşen	Tatlı Peynir Altı Suyu	Ekşi Peynir Altı Suyu
Toplam Kuru Madde (g/L)	63-70	63-70
Laktoz (g/L)	46-52	44-46
Protein (g/L)	6-10	6-8
Kalsiyum (g/L)	0,4-0,6	1,2-1,6
Fosfat (g/L)	1-3	2-4,5
Laktat (g/L)	2	6,4
Klorür (g/L)	1,1	1,1

Günümüzde peynir altı suyu tozu ham haliyle kıvam artırıcı, köpürtücü, yapı ve nem stabilizatörü olarak birçok gıda ve yem ürününe katılmakta, ayrıca biyogaz üretiminde kullanılmaktadır [37].

PAS'ın değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemlidir. Çevre kirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD) kirli sulardaki organik maddeleri parçalamak amacıyla mikroorganizmaların sarf ettiği oksijen miktarını ifade eder. PAS için BOD değeri oldukça yüksektir. Özellikle küçük ölçekli peynir üretim tesislerinde peynir altı suyu tozuna dönüştürülmeden atılan PAS çevreye büyük zarar verir. Bakteriler bu proteinleri parçalamak için su içinde bulunan çözünmüş oksijeni olağandan hızlı tüketerek, oksijen ihtiyacı olan diğer canlılar için büyük tehlike oluştururlar [37].

KESİKLİ SİSTEMDE MİKROORGANİZMA ÜREME KİNETİĞİ

Kesikli fermantasyonda besiyerine aşılandıktan sonra, uygun şartlar altında inkübasyona bırakılan mikroorganizmalar besiyeri içerisinde üreme için ihtiyaç duydukları bazı bileşenler tükene kadar ya da ortam şartları değişene kadar üremeye devam eder. Kesikli kültürde üreme yedi evreye ayrılır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Kesikli kültürde üreme evreleri [38]

1. Lag evresi (Uyum dönemi): Lag fazı başlangıç fazıdır. Mikroorganizmaların aşılandıkları yeni çevreye uyum sağlamaya çalıştıkları dönemdir. Bu uyum fazında, bireysel hücreler hacimce büyümelerine rağmen sayılarında bir artış olmaz. Mikroorganizmaların kendilerini üremeye hazırladıkları, fizyolojik olarak aktif oldukları fazdır.

2. Üreme evresinin hızlanması: Hücrelerin sayıca üremesinin başladığı, lag fazından log fazına geçişin yapıldığı evredir.

3. Log (Eksponansiyel çoğalma) evresi: Bu fazda hücreler sabit bir hızda düzenli olarak bölünerek çoğalır. Optimum koşullarda maksimum hücre üremesi görülür. Hücre ağırlığı ve sayısında zamana karşı eksponansiyel bir artış oluşur.

4. Üreme evresinin yavaşlaması: Log fazından durgun faza geçiş dönemidir. Mikroorganizma sayısı önceki evrede artmış olduğundan, ortamdaki besin maddeleri azalmaya başlamış ve ortamdaki toksik metabolizma ürünleri artmıştır. Dolayısıyla bu evrede üreme hızı azalmaya başlar.

5. Durgun evre: Ortamdaki besin maddelerinin tükenmesi veya metabolik son ürünlerin artması ile biyokütlenin hızlı artışı durmakta ve mikroorganizmalar durgun faza girmektedir. Durgun fazda hücrelerin üremesi ve ölümü birbirini dengeler, böylece canlı hücre miktarı sabit kalmaktadır.

6. Ölüm ya da gerileme evresi: Bu evrede temel besin maddelerinin tükenmesi ya da inhibitör etkisi gösteren toksik ürünlerin artması nedeni ile hücre ölüm hızı, hücre üreme hızını geçer, dolayısıyla canlı hücre sayısı yavaşça azalmaya başlar.

7. Exponansiyel ölüm evresi: Ortam şartları hücrelerin çoğalmalarına elverişsiz hale dönüştüğünden, hücre ölümü çok hızlı bir şekilde gerçekleşir. Bu evrede canlı hücre sayısı zamanla eksponansiyel olarak azalır [38], [39], [40], [41].

Eksponansiyel çoğalma evresinde üreme hızı:

Üretilmesi istenen ürün; biyokütlenin kendisiyse veya büyüme ile ilişkili bir ürünse, eksponansiyel üreme evresi, en önemli evredir. Eksponansiyel üremenin gerçekleşebilmesi için, mikroorganizma, besin kaynağı ve ortam koşulları (sıcaklık, pH vb.) gibi faktörlerin üreme için elverişli koşullarda olması gerekir.

Eksponansiyel çoğalma evresinde hücreler sabit bir hızda düzenli olarak bölündüğünden üreme hızı Eşitlik 5.1 ile ifade edilir.

$$\frac{dX}{dt} = \mu \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1’de; X biyokütle konsantrasyonunu, t zamanı, μ spesifik üreme hızını ifade

eder.

Eşitlik 5.1'in, $t=0$ için $X=X_0$ ve $t=t$ için $X=X$ koşullarında integrali alınırsa, herhangi bir süre için biyokütle konsantrasyonunun hesaplanabileceği aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\int_{X_0}^X \frac{dX}{X} = \int_0^t \mu dt$$
$$\ln \frac{X}{X_0} = \mu t \quad (5.2a)$$

veya

$$X = X_0 e^{\mu t} \quad (5.2b)$$

Eksponansiyel çoğalma evresi boyunca, spesifik üreme hızı μ , sabittir, fermentasyon şartları değişmedikçe sabit kalır. Fakat fermentasyon şartları özellikle kültür içindeki besin maddeleri değişirse μ değeri de değişir. μ değeri genellikle substrat konsantrasyonun fonksiyonu olarak ifade edilir.

$$\mu = f(S)$$

S: substrat konsantrasyonu

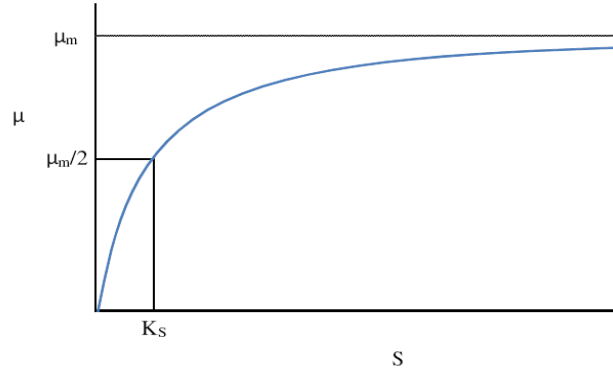
Spesifik üreme hızı ile substrat konsantrasyonu arasındaki ilişki Monod denklemi (Eşitlik 5.3) ile tanımlanır.

$$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S} \quad (5.3)$$

Eşitlik 5.3'de yer alan $\mu_{\max}$ maksimum spesifik üreme hızını (saat^{-1}), K_s ise doygunluk sabitini (g substrat/L) ifade eder.

$\mu_{\max}$ ve K_s değerleri; belirli bir organizma için belirli bir substrata denklem sabitleri olarak tanımlanır. $\mu_{\max}$ değeri; substrat limitasyonu olmadığı bir durumda mikroorganizmanın ne kadar hızlı ürediğinin göstergesidir. K_s değeri ise substrat miktarı sıfıra yaklaşırken, spesifik üreme hızının maksimumdan sıfır değerine ne kadar hızla ulaşacağının göstergesidir.

K_s 'nin rakamsal değeri; üreme hızının, maksimum üreme hızının yarısına eşit olduğu zamanda, ortamda bulunan ve üremeyi sınırlayan substrat konsantrasyonuna eşittir (Şekil 5.2) [38], [40], [41].

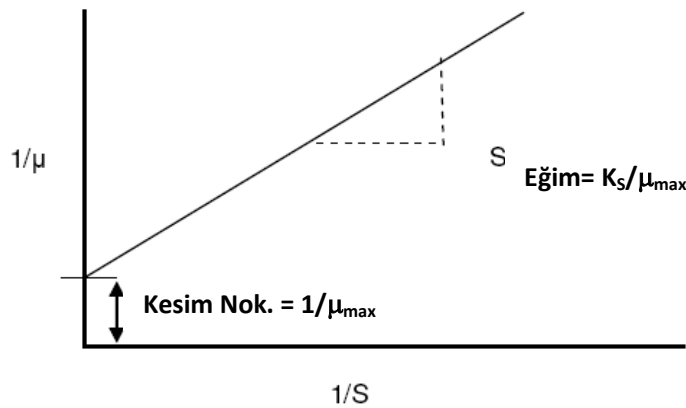


Şekil 5.2 Monod grafiği [38]

Monod denklemindeki sabitler Lineweaver-Burke denklemi kullanılarak bulunabilir. Monod denkleminin (Eşitlik 5.3) bir doğru elde edilebilecek şekilde düzenlenmesiyle, Lineweaver-Burke denklemi (Eşitlik 5.4) elde edilir.

$$\frac{1}{\mu} = \frac{K_s}{\mu_{\max}} \frac{1}{S} + \frac{1}{\mu_{\max}} \quad (5.4)$$

Lineweaver-Burke denklemi için, $1/S$ 'e karşı $1/\mu$ çizildiğinde eğimden $K_s / \mu_{\max}$ değeri elde edilir. Doğrunun y eksenini kestiği nokta $1/\mu_{\max}$ değerini, doğrunun x eksenini kestiği nokta ise $-1/K_s$ değerini verir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Lineweaver-Burke grafiği [38]

MATERYAL VE YÖNTEM

6.1 Kullanılan Materyaller

Kefir tanesi

Deneysel çalışmalarda Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Laboratuvarlarından (İzmir, Türkiye) temin edilen kefir taneleri kullanılmıştır. Çalışma süresince kefirler oda sıcaklığında hergün sütü değiştirilerek aktif halde tutulmuştur. Uzun süre kullanılmayacak olan kefirler ise haftada bir sütü değiştirilerek buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Peynir altı suyu tozu

Deneysel çalışmalarda Malkara Birlik Süt ve Süt Mamulleri A.Ş.'den (Tekirdağ, Türkiye) temin edilen peynir altı suyu tozu kullanılmıştır. Kullanılan PAS tozunun bileşimi Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Peynir altı suyu tozunun kimyasal bileşimi ve özellikleri

Bileşen	Miktar
Nem	Max % 4
Protein	%11-13
Laktoz	%72-74
Kül	%8,5-9,5
Tuz	Max % 4
Yağ (Kuru maddede)	Max % 1
Asitlik (Laktik asit cinsinden)	Max % 0,15
pH (%10'luk solüsyon)	6,0-6,7
Çözünürlük	Min % 98

Süt

Deneysel çalışmalarda yerel marketlerden temin edilen Pınar markalı yağsız UHT süt kullanılmıştır. Kullanılan sütün bileşimi Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Sütün bileşimi

Bileşen	Miktar (100 g için)
Protein	3,2 g
Karbonhidrat	5 g
Yağ	0,1 g
Kalsiyum	127 mg

Yoğurt

Deneysel çalışmalarda yerel marketlerden temin edilen Pınar markalı yağsız yoğurt kullanılmıştır. Kullanılan yoğurdun bileşimi Çizelge 6.3’te verilmiştir.

Çizelge 6.3 Yoğurdun bileşimi

Bileşen	Miktar (100 g için)
Protein	4,7 g
Karbonhidrat	7,4 g
Yağ	0,15 g

Keçiboynuzu özütü

Deneylerde Atışehiri markalı yerel marketlerden temin edilen keçiboynuzu özütü kullanılmıştır. Kullanılan keçiboynuzu özütünün bileşimi Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4 Keçiboynuzu özütünün bileşimi

Bileşen	Miktar (100g için)
Potasyum	7,6 g
Kalsiyum	1,4 g
Fosfor	0,64 g
Sodyum	0,04 g
Magnezyum	0,45 g
Demir	0,021 g
Bakır	0,013 g
Çinko	9,2 mg
Mangan	1,2 mg

Çalışmada kullanılan sükroz, glikoz, maya ekstaktı ve diğer tüm kimyasal maddeler analitik düzeyde olup, Fluka ve Sigma-Aldrich firmalarından temin edilmiştir.

6.2 Kullanılan Cihazlar

İnkübatör

Deneysel çalışmalarda fermentasyon için İKA (KS-4000i) markalı süre, sıcaklık ve çalkalama hızı ayarlanabilen bir inkübatör kullanılmıştır.

pH metre

Çalışmada pH ölçümleri Eutech (alpha pH-800) marka elektronik pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Hassas terazi

Tartım işlemleri Scaltec (SPA-41) marka hassas terazi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

6.3 Kefir Tanelerinin Aktifleştirilmesi

Kefir taneleri yağsız inek sütü içine aşılanarak 25°C’de, 24 saat fermantasyona bırakılmıştır. 24 saat sonunda fermantasyon sıvısı süzülerek kefir taneleri ayrılmıştır. Fermentasyon sıvısından ayrılan kefir taneleri saf su ile yıkanarak tekrar yağsız inek sütüne aşılanmış ve aynı koşullarda fermantasyona bırakılmıştır. Kefir tanelerinin aktivasyonu için bu işlem 7 gün süreyle tekrarlanmıştır.

6.4 Deneyin Yapılışı

6.4.1 Farklı substrat karışımlarında kefir tane artışının incelenmesi

Kefir tane artışını incelemek için Çizelge 6.5’te verilen 100 ml’lik 8 farklı substrat karışımı hazırlanmıştır.

Çizelge 6.5 Kefir tane artışının incelenmesinde kullanılan substrat bileşimleri

Substrat Numarası	Substrat
1	Süt
2	Peynir altı suyu (PAS)*
3	PAS + %20(hacim) Süt
4	PAS + %10(hacim) Yoğurt
5	PAS + %5(ağırlık) Glikoz
6	PAS + %5(ağırlık) Sukroz
7	PAS + %5(ağırlık) Maya özütü
8	PAS + %10(hacim) Keçiboynuzu özü

*Ağırlıkça % 5 laktoz içerecek şekilde peynir altı suyu tozu kullanılarak hazırlanmıştır.

Önceden aktifleştirilen kefir taneleri (1,5 g yaş ağırlık), Çizelge 7.5'te verilen 100 ml'lik substrat karışımlarına inoküle edilerek $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve 110 devir/dk çalkalama hızında 24 saat boyunca fermentasyona bırakılmıştır. 24 saat sonunda fermentasyon sıvısı süzülerek kefir taneleri çözeltiden ayrılmış ve saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan taneler temiz kağıt havlu üzerine serilerek kefir üzerindeki yıkama suyunun uzaklaştırılması sağlanmıştır. Ardından tartım işlemi yapılmış, yaş ağırlık not edilmiştir. Tartım sonrasında kefir taneleri tekrar, taze ve aynı özellikte substrat karışımı içine aşılanarak aynı şartlarda fermentasyona bırakılmıştır. Bu süreç her bir substrat bileşimi için 10 gün boyunca 24 saatlik periyotlar halinde devam ettirilmiştir.

6.4.2 Kefir Fermantasyonu ve Kefir Tane Artışının Optimizasyonu

Bir önceki bölümde gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurularak, kefir fermantasyonu ve kefir tane artışının optimizasyonu için fermentasyon deneyleri biri kontrol olmak üzere üç farklı substrat çözeltisi için gerçekleştirilmiştir. Kullanılan substrat çözeltileri PAS (kontrol), süt katkılı PAS ve yoğurt katkılı PAS'tır.

Bu bölümdeki deneyler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada başlangıç kefir tane konsantrasyonu sabit tutularak (%5 (ağırlık)), üç substrat karışımı için, farklı sıcaklıklarda ($17\pm 2^{\circ}\text{C}$, $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $37\pm 2^{\circ}\text{C}$) fermentasyon gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise sıcaklık sabit tutularak ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$), üç substrat karışımı için, değişen başlangıç kefir tane konsantrasyonlarında (%2,5, %5 ve %7,5) fermentasyon gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde 100 ml'lik substrat karışımları belirlenen miktarlarda aktifleştirilmiş kefir taneleri ile aşılanarak, seçilen sıcaklıklarda ve 110 devir/dk çalkalama hızında, 24 saat boyunca fermente edilmiştir. 24 saatlik fermentasyon süresi boyunca, fermentasyon çözeltisinin pH değeri ve kefir biyokütle miktarı 2 saatte bir ölçülerek kaydedilmiştir.

6.5 Kefir Tane Artışının Monod Kinetiğine Uygunluğunun İncelenmesi

Farklı substrat bileşimlerinde kefir tane artışının Monod kinetiğine uygunluğunu araştırmak amacıyla, %1 ile %9 arasında değişen farklı substrat konsantrasyonlarında, 27°C 'de %3 kefir ilavesi ile fermentasyonlar gerçekleştirilmiştir. Başlangıç tane artış

hızlarını belirleyebilmek amacıyla fermentasyon işlemi 2 saat sürdürülmüş ve 2 saat sonunda biyokütle artışı kaydedilmiştir. Başlangıç biyokütle artış hızı Eşitlik 7.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mu_0 = \frac{C_t - C_0}{t - 0} \quad (7.1)$$

Eşitlik 7.1’de μ_0 : başlangıç biyokütle artış hızını (başlangıç spesifik üreme hızı (g biyokütle/L.sa)); C_t : t anında biyokütle konsantrasyonunu (g/L) ve C_0 : başlangıç biyokütle konsantrasyonuu (g/L) ifade etmektedir.

Monod eşitliğindeki (Eşitlik 5.3) sabitler Lineweaver-Burke denklemi (Eşitlik 5.4) kullanılarak belirlenmiştir.

6.6 Kinetik Verilerin Modellenmesi

Zamana bağlı olarak kefir biyokütle artışını ifade edebilmek için, farklı substrat bileşimlerinde ve farklı koşullarda gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen biyokütle artışı verilerinin literatürde biyokütle artışı için sıklıkla kullanılan Çizelge 6.6’da verilen modellerle uygunluğu incelenmiştir [5], [15], [18].

Farklı ortam ve koşullarda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana bağlı olarak kefir çözeltilisinin pH değişimini ifade edebilmek için ise elde edilen deneysel verilerin Çizelge 6.7’de verilen modellere uygunluğu incelenmiştir [5], [15], [18].

Çizelge 6.6 Biyokütle artışı verilerine uyan matematiksel ifadeler

Model denklem	Matematiksel ifadesi
Richards Modeli	$y = \frac{a}{(1 + e^{b-cx})^{1/d}}$
Logistic Modeli	$y = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$
Gompertz Modeli	$y = ae^{-e^{b-cx}}$
MMF Modeli	$y = \frac{ab + cx^d}{b + x^d}$
Quadratic Modeli	$y = a + bx + cx^2$
Polinom Modeli	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$
Eksponansiyel Model	$y = a(b - e^{-cx})$

Çizelge 6.7 pH değişimi verilerine uyan matematiksel ifadeler

Model denklem	Matematiksel ifadesi
Rational Modeli	$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$
Logistic Modeli	$y = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$
Polinom Modeli	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$

6.7 İstatistiksel Hesaplamalar

Modelleme çalışmalarında, denklem sabitleri ve istatistiksel veriler Curve Expert 1.3 programı kullanılarak hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

7.1 Farklı Substrat Karışımlarında Kefir Tane Artışının İncelenmesi

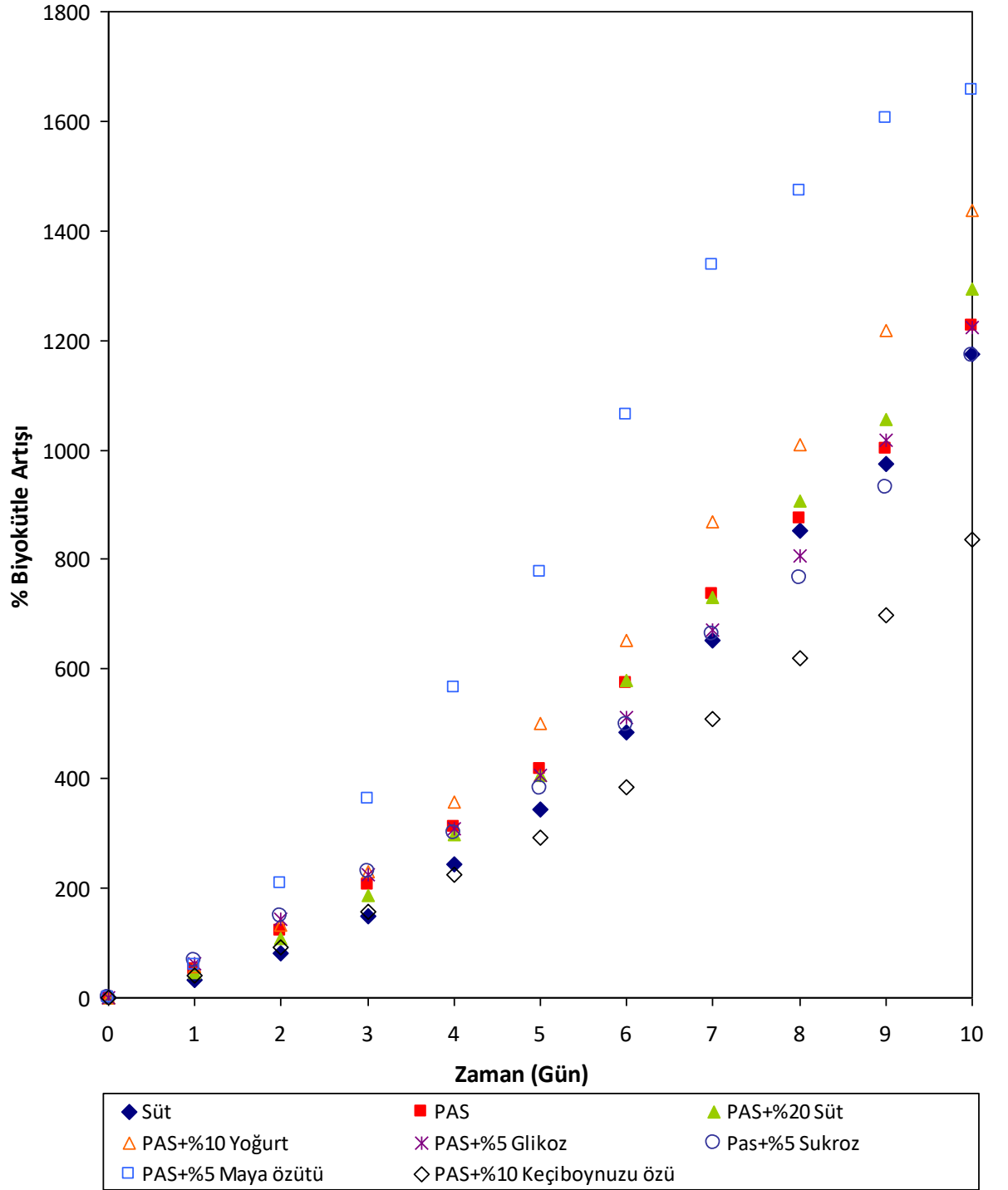
7.1.1 DeneySEL veriler

Kefir tane artışı, Çizelge 6.5'te verilen 8 farklı substrat bileşiminde 24 saatlik periyotlar halinde 10 gün boyunca takip edilmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 7.1'de verilmiş ayrıca Şekil 7.1'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çalışmada süt ve PAS'da kefir biyokütle artışı, kontrol ve karşılaştırma amacıyla incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kefir tane üretiminde PAS'ın da süt kadar etkili olduğunu göstermiştir. 10 gün boyunca sürdürülen fermantasyon işlemi sonucunda başlangıçta 1,5 g olan kefir tane miktarı 10 gün sonunda sütte 19,11 g (%1174 artış), PAS'ta 19,89 g (%1226 artış) olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 7.1 Farklı substrat karışımları ile gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı biyokütle artışları

	Biyokütle Miktarı (g)							
Zaman (gün)	SÜT	PAS	PAS + %20süt	PAS + %10Yoğurt	PAS + %5Glikoz	PAS + %5Sukroz	PAS + %5Maya	PAS + %10KBÖ
0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
1	1,98	2,26	2,21	2,37	2,45	2,50	2,40	2,10
2	2,72	3,34	3,12	3,47	3,67	3,75	4,63	2,88
3	3,73	4,57	4,31	4,96	4,88	4,94	6,94	3,87
4	5,17	6,16	5,97	6,85	6,12	5,99	9,97	4,86
5	6,66	7,75	7,59	9,02	7,57	7,24	13,15	5,87
6	8,75	10,09	10,21	11,27	9,16	8,96	17,44	7,27
7	11,28	12,55	12,46	14,53	11,55	11,45	21,55	9,14
8	14,30	14,63	15,12	16,65	13,58	13,00	23,58	10,78
9	16,12	16,53	17,35	19,77	16,77	15,48	25,56	11,97
10	19,11	19,89	20,91	23,07	19,87	19,10	26,36	14,04
	% Biyokütle Artışı							
Zaman (gün)	SÜT	PAS	PAS + %20süt	PAS + %10Yoğurt	PAS + %5Glikoz	PAS + %5Sukroz	PAS + %5Maya	PAS + %10KBÖ
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	32	51	47	58	63	67	60	40
2	81	123	108	131	145	150	209	92
3	149	205	187	231	225	229	363	158
4	244	311	298	357	308	299	565	224
5	344	417	406	501	405	383	777	291
6	484	573	580	651	511	497	1063	385
7	652	737	730	869	670	663	1337	509
8	854	875	908	1010	805	767	1472	619
9	975	1002	1057	1218	1018	932	1604	698
10	1174	1226	1294	1438	1225	1173	1657	836



Şekil 7.1 Farklı substrat karışımları ile gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

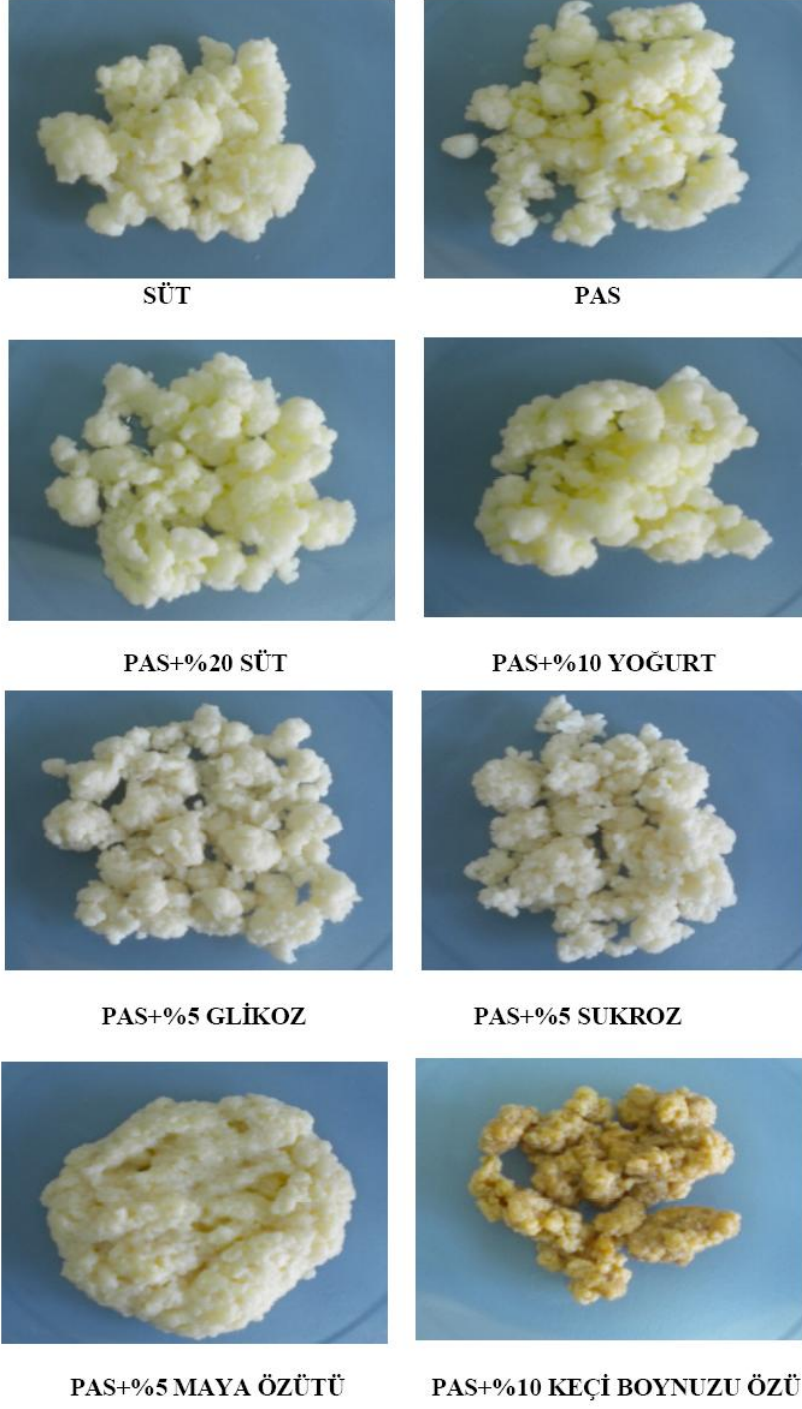
Çizelge 7.1 ve Şekil 7.1 incelendiğinde süt, yoğurt ve maya özütü ile zenginleştirilen PAS'da biyokütle artışının yalnızca PAS kullanılan kontrol deneyine göre daha fazla

olduğu, açıkça görölmektedir. Süt, yoğurt ve maya katkılı PAS için elde edilen son değler, katkısız PAS için elde edilen değler ile kıyaslandığında biyokütle artışının sırası ile %5,12, %15,98 ve %32,52 oranında daha fazla olduğu görölmektedir. Glikoz ve sukroz ilavesi için elde edilen sonuçlar, glikoz ve sukroz ilavesinin biyokütle artışına önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Keçiboynuzu özü (KBÖ) antioksidan özellik göstermesi nedeniyle katkı maddesi olarak seçilmiştir. Ancak keçiboynuzu ilavesinin biyokütle artışını olumsuz etkilediği görölmüştür. 10 gün süresince sürdürölen fermantasyon işlemi sonucunda keçiboynuzu ilavesi ile elde edilen kefir biyokütlesi artışı (%896) katkısız PAS için elde edilen artış (%1226) ile karşılaştırıldığında KBÖ ilavesi ile biyokütle miktarının %29.4 oranında azaldığı görölmektedir.

Farklı substrat bileşimleri kullanılarak gerçekleştirilen 10 günlük fermantasyon süreci sonunda maksimum biyokütle artışı maya özütü ile zenginleştirilmiş PAS için %1657 olarak elde edilmiştir. Ancak bu ortamda üreyen kefir taneleri incelendiğinde, kefir tanelerinde maya miktarının artması ile tanelerin tane özelliğini kaybettiği ve çürüme benzeri yapısal bir değişikliğe uğradığı ayrıca elde edilen biyokütlenin ve kefir sıvısının kötü bir kokuya sahip olduğu görölmüştür.

10 günlük fermentasyon süreci sonunda, farklı substrat bileşimlerinde elde edilen kefir biyokütlelerinin genel görünüşü Şekil 7.2’de sunulmuştur. Substrat bileşimleri için elde edilen kefir taneleri görsel olarak incelendiğinde, glikoz ve sukroz ilavesi ile üretilen kefir tanelerinin renklerinde matlaşma olduğu, KBÖ ilavesi ile elde edilen kefir tanelerinde de yapısal bozunma olduğu ve KBÖ’nün renginden dolayı kefir tanelerinin kahverengine boyandığı görölmüştür.



Şekil 7.2 Farklı substrat bileşimlerinde elde edilen kefir biyokütlelerinin genel görünüşü

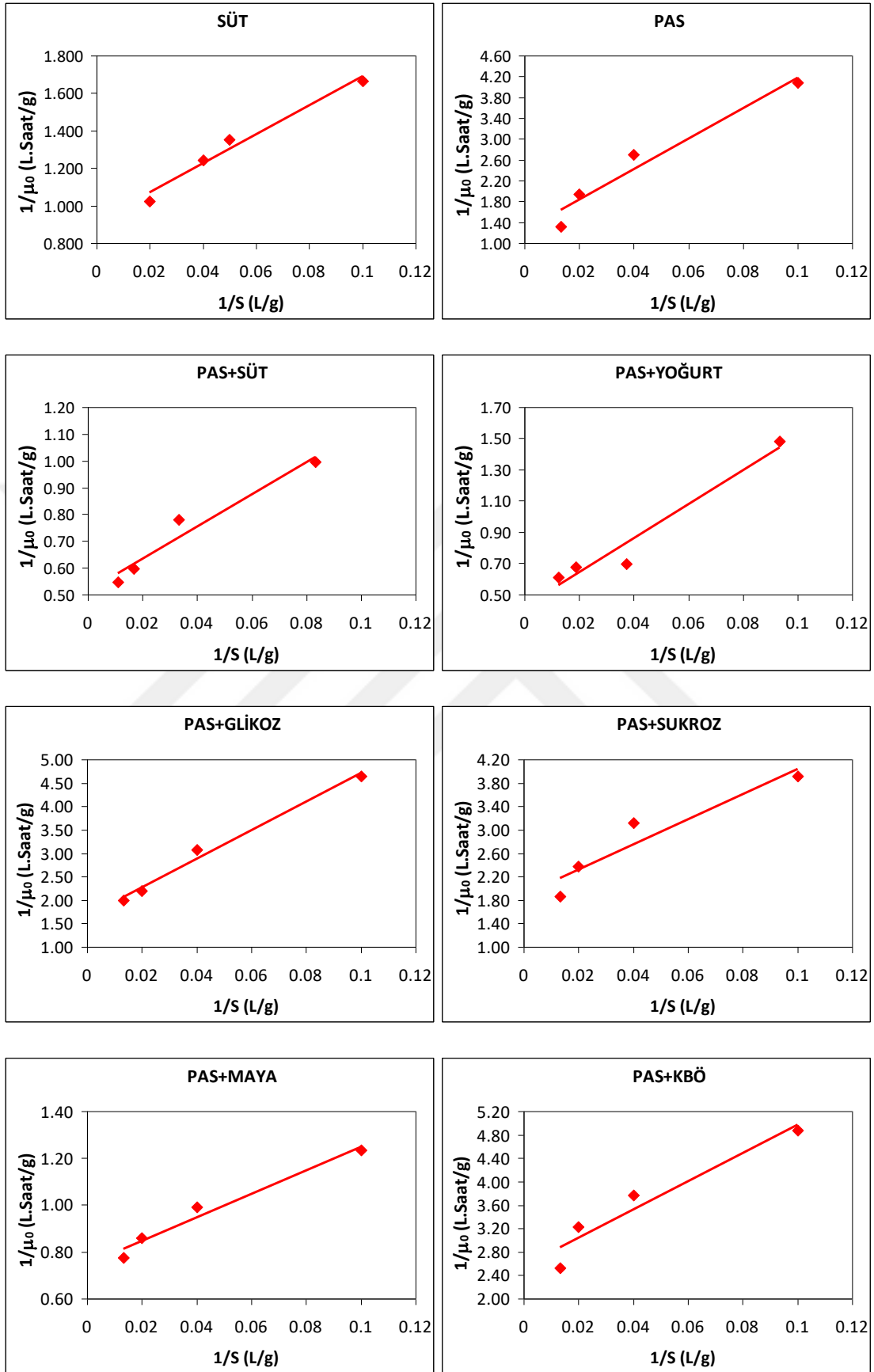
7.1.2 Farklı Substrat Karışımlarında Kefir Tane Artışının Monod Kinetiğine Uygunluğunun İncelenmesi

Farklı substrat bileşimlerinde kefir tane artışının Monod kinetiğine uygunluğunu incelenmek amacıyla, farklı substrat karışımları kullanılarak gerçekleştirilen deneylerden elde edilen verilerle oluşturulan Lineweaver-Burke grafikleri Şekil 7.3'te gösterilmiştir. Hesaplanan kinetik sabitler ve Lineweaver-Burke grafikleri için bulunan istatistiksel değerler Çizelge 7.2'de sunulmuştur.

Çizelge 7.2 incelendiğinde, doygunluk sabiti (K_s) değerlerinin çok farklı dağılım gösterdiği görülmektedir. Buna karşın farklı substrat karışımları için elde edilen maksimum spesifik üreme hızları (μ_{max}) yüksekten düşüğe doğru sıralandığında, sıralamanın maya özütü katkılı PAS dışında, Bölüm 7.1.1'de (Çizelge 7.1) maksimum biyokütle artışı için elde edilen sıralama ile aynı olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.2 Monod denklemi sabitleri ve Lineweaver-Burke grafikleri için elde edilen istatistik değerler

Substrat	μ_{max} (saat ⁻¹)	K_s (g substrat/L)	σ	R^2
Süt	1,09	8,48	0,05	0,99
PAS	0,81	23,67	0,31	0,98
PAS+Süt	1,95	11,67	0,05	0,97
PAS+Yoğurt	2,33	25,18	0,11	0,98
PAS+Glikoz	0,60	18,21	0,16	0,99
PAS+Sukroz	0,53	11,34	0,35	0,95
PAS+Maya Ö.	1,34	6,70	0,04	0,99
PAS+KBÖ	0,39	9,41	0,33	0,96



Şekil 7.3 Farklı substrat karışımları için çizilen Lineweaver-Burke grafikleri

7.1.3 Kinetik Verilerin Modellenmesi

Farklı substrat bileşimlerinde, 10 günlük fermentasyon süreci sonunda elde edilen deneysel verilerin, üreme kinetiği için kullanılan ve Çizelge 6.6'da verilen matematiksel modellere uygunluğu incelenmiştir. Model denklemler için elde edilen katsayılar ve istatistiksel veriler Çizelge 7.3'te sunulmuştur.

Çizelge 7.3 Farklı substrat bileşimlerinde, 10 günlük fermentasyon sonunda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Gompertz Modeli						
	A	b	c	σ	R^2	
Süt	76,4329	1,4261	0,1104	0,2399	0,9995	
PAS	56,4887	1,2899	0,1234	0,2595	0,9993	
PAS+%20 Süt	75,1059	1,3798	0,1127	0,2213	0,9995	
PAS+%10 Yoğurt	63,5533	1,3239	0,1305	0,2071	0,9997	
PAS +%5 Glikoz	202,951	1,5412	0,0695	0,2628	0,9992	
PAS +%5 Maya Öz.	33,3677	1,2987	0,2880	0,3524	0,9995	
PAS +%5 Sukroz	189,641	1,5193	0,0679	0,3661	0,9983	
PAS +% 10 KBÖ	48,1786	1,2446	0,1032	0,1767	0,9993	
Richards Modeli						
	a	b	c	d	σ	R^2
Süt	28,8881	3,1211	0,3724	1,0439	0,337	0,9990
PAS	40,7063	0,4035	0,1877	0,2816	0,2894	0,9992
PAS+%20 Süt	57,0079	0,2203	0,1512	0,1607	0,2365	0,9995
PAS+%10 Yoğurt	46,6515	0,3806	0,1941	0,2662	0,2388	0,9996
PAS +%5 Glikoz	76,3579	1,1933	0,1524	0,4003	0,3127	0,9991
PAS +%5 Maya Öz.	27,7071	3,6972	0,6454	1,3436	0,6774	0,9979
PAS +%5 Sukroz	75,2894	1,1412	0,1454	0,3945	0,4177	0,9981
PAS +% 10 KBÖ	31,5622	0,5088	0,1701	0,3248	0,1867	0,9993
Logistic Modeli						
	a	b	c	σ	R^2	
Süt	29,3199	20,1692	0,3618	0,2455	0,9995	
PAS	28,4073	15,1041	0,3491	0,3299	0,9989	
PAS+%20 Süt	31,8769	18,0941	0,3493	0,2767	0,9993	
PAS+%10 Yoğurt	32,6515	16,9219	0,3660	0,3185	0,9992	
PAS +%5 Glikoz	43,8506	19,9196	0,2791	0,3302	0,9988	
PAS +%5 Maya Öz.	28,3910	17,0987	0,5545	0,3515	0,9994	
PAS +%5 Sukroz	43,0430	18,8882	0,2678	0,4241	0,9977	
PAS +% 10 KBÖ	21,6735	12,2275	0,383	0,1852	0,9992	

Çizelge 7.3 Farklı substrat bileşimlerinde, 10 günlük fermentasyon sonunda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri (devam)

MMF Modeli						
	a	b	c	d	σ	R ²
Süt	1,6886	357,23	80,4744	2,0059	0,2746	0,9993
PAS	1,6252	755,19	415,38	1,5359	0,2799	0,9993
PAS+%20 Süt	1,6517	909,68	394,17	1,6664	0,2371	0,9995
PAS+%10 Yoğurt	1,6314	668,01	401,11	1,5764	0,2251	0,9997
PAS +%5 Glikoz	2,0832	29832,4	11087,3	1,6717	0,4351	0,9982
PAS +%5 Maya Öz.	2,0407	92,6611	34,7418	2,4738	0,6578	0,9983
PAS +%5 Sukroz	2,1013	125659	48939,4	1,6236	0,5111	0,9971
PAS +% 10 KBÖ	1,6328	938,84	383,64	1,4957	0,2071	0,9992
Quadratic Model						
	a	b	c	σ	R ²	
Süt	1,3772	0,4158	0,1384	0,3215	0,9989	
PAS	1,3654	0,8045	0,1039	0,2794	0,9992	
PAS+%20 Süt	1,4028	0,6283	0,1319	0,2367	0,9995	
PAS+%10 Yoğurt	1,3219	0,8925	0,1294	0,2564	0,9995	
PAS +%5 Glikoz	1,8220	0,5299	0,1245	0,374	0,9990	
PAS +%5 Maya Öz.	0,0509	2,7256	0,0097	1,4110	0,9910	
PAS +%5 Sukroz	1,8471	0,5643	0,1105	0,3912	0,9981	
PAS +% 10 KBÖ	1,4550	0,5869	0,0675	0,1908	0,9992	
Polinom Modeli						
	a	b	c	d	σ	R ²
Süt	1,6224	0,0261	0,2406	-0,0068	0,2778	0,9993
PAS	1,5113	0,5727	0,1647	-0,0041	0,2733	0,9993
PAS+%20 Süt	1,5381	0,4133	0,1882	-0,0038	0,2271	0,9995
PAS+%10 Yoğurt	1,5264	0,5675	0,2147	-0,0057	0,2159	0,9997
PAS +%5 Glikoz	1,4664	1,0987	-0,0247	0,0099	0,3439	0,9992
PAS +%5 Maya Öz.	1,7020	-0,0596	0,7401	-0,0487	0,4278	0,9993
PAS +%5 Sukroz	1,4603	1,1788	-0,0506	0,0107	0,3703	0,9983
PAS +% 10 KBÖ	1,5373	0,4561	0,1018	-0,0023	0,1923	0,9993

Çizelge 7.3 Farklı substrat bileşimlerinde, 10 günlük fermentasyon sonunda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri (devam)

Eksponansiyel Model					
	a	b	c	σ	R²
Süt	-5,6184	0,8198	-0,1456	0,4610	0,9977
PAS	-9,3964	0,8746	-0,1096	0,3345	0,9903
PAS+%20 Süt	-7,3039	0,8460	-0,1314	0,3374	0,9989
PAS+%10 Yoğurt	-10,3801	0,8968	-0,1144	0,3563	0,9991
PAS +%5 Glikoz	-5,5074	0,6987	-0,1459	0,2757	0,9981
PAS +%5 Maya Öz.	-107,76	0,9972	-0,0232	1,4378	0,9907
PAS +%5 Sukroz	-5,6333	0,6925	-0,1394	0,3958	0,9981
PAS +% 10 KBÖ	-6,9696	0,8077	-0,1042	0,2220	0,9989

Çizelge 7.3 incelendiğinde, deneysel verilere uygunluğu incelenen tüm model denklemler için elde edilen regresyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Fakat çok az farkla da olsa en yüksek R² ve en düşük standart sapma (σ) değerleri Gompertz Modeli için elde edilmiştir. Bu nedenle kullanılan tüm substrat bileşimlerinde zamana bağlı olarak biyokütle artışını ifade edebilmek için en uygun model Gompertz Modeli olarak belirlenmiştir.

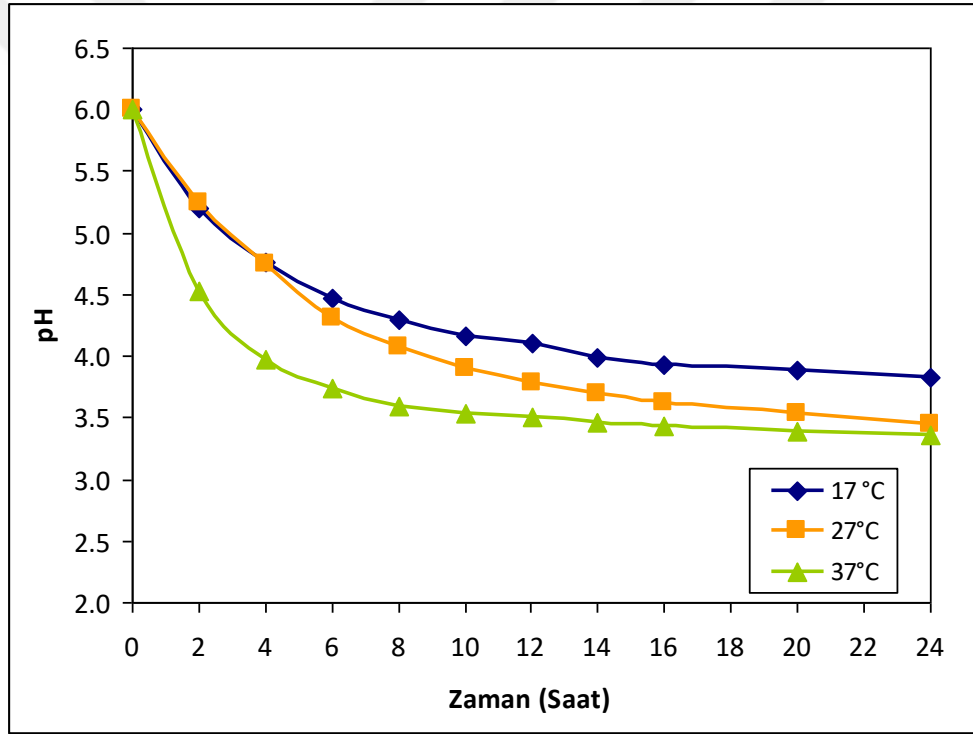
7.2 Kefir Fermantasyonu ve Kefir Tane Artışının Optimizasyonu

Farklı substrat bileşimlerinde kefir tane artışı Bölüm 7.1’de incelenmiş ve maksimum biyokütle artışı süt ve yoğurt katkılı PAS için elde edilmiştir. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde kefir fermantasyonu ve biyokütle artışı, PAS (kontrol), süt ve yoğurt katkılı PAS için farklı sıcaklıklarda ve farklı başlangıç kefir biyokütle konsantrasyonlarında incelenmiş, kefir biyokütle artışı ve fermentasyon kinetiği için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

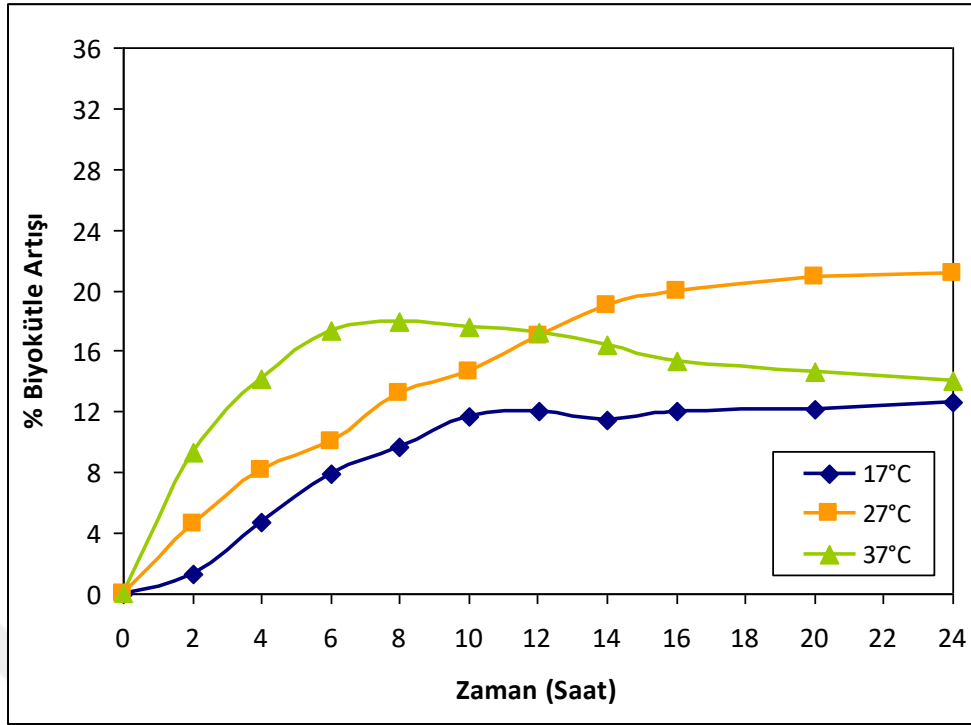
7.2.1 Peynir Altı Suyunda Farklı Sıcaklıklarda ve Farklı Başlangıç Kefir Biyokütle Konsantrasyonlarında Kefir Fermantasyonu ve Biyokütle Artışının İncelenmesi

7.2.1.1 Deneysel Veriler

Sıcaklığın kefir fermantasyonuna ve biyokütle artışına etkisini incelemek amacıyla, 100 ml PAS çözeltisi 5 gr kefir biyokütlesi ile aşılanarak, üç farklı sıcaklık değerinde ($17\pm 2^\circ\text{C}$, $27\pm 2^\circ\text{C}$ ve $37\pm 2^\circ\text{C}$), 110 devir/dk çalkalama hızında, 24 saat süre ile fermente edilmiştir. Fermantasyon boyunca kefir çözeltisinin pH değişimi ve kefir tane artışı takip edilmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 7.4 ve Şekil 7.5’de grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 7.4 Farklı sıcaklıklarda peyniraltı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri



Şekil 7.5 Farklı sıcaklıklarda peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

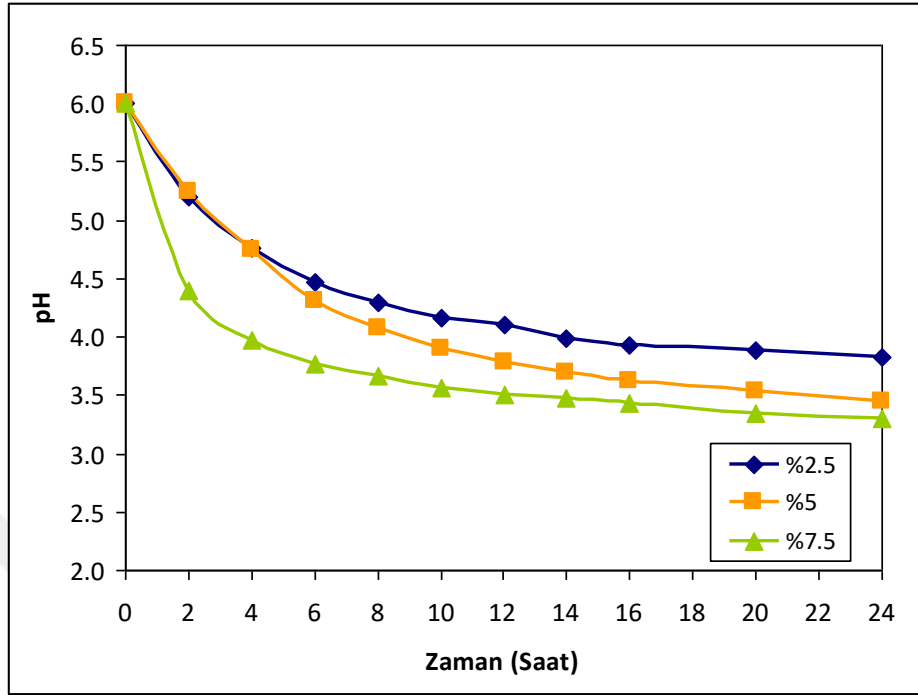
Şekil 7.4 incelendiğinde sıcaklığının artması ile fermentasyonun hızlandığı ve pH değerlerinin daha hızlı bir düşüş gösterdiği açıkça görülmektedir.

Şekil 7.5 incelendiğinde biyokütle artışının ilk 10 saatte sıcaklıkla hızlı bir artış gösterdiği görülmektedir. Ancak 10. saatten sonra bu artış 17°C için durmuş, 37°C içinse biyokütle ağırlığında az miktarda bir düşüş olmuştur. Biyokütle ağırlığındaki bu azalma sıcaklığa bağlı hücre bozunması ve hücre içi materyallerin hücre dışına difüzyonu ile açıklanabilir.

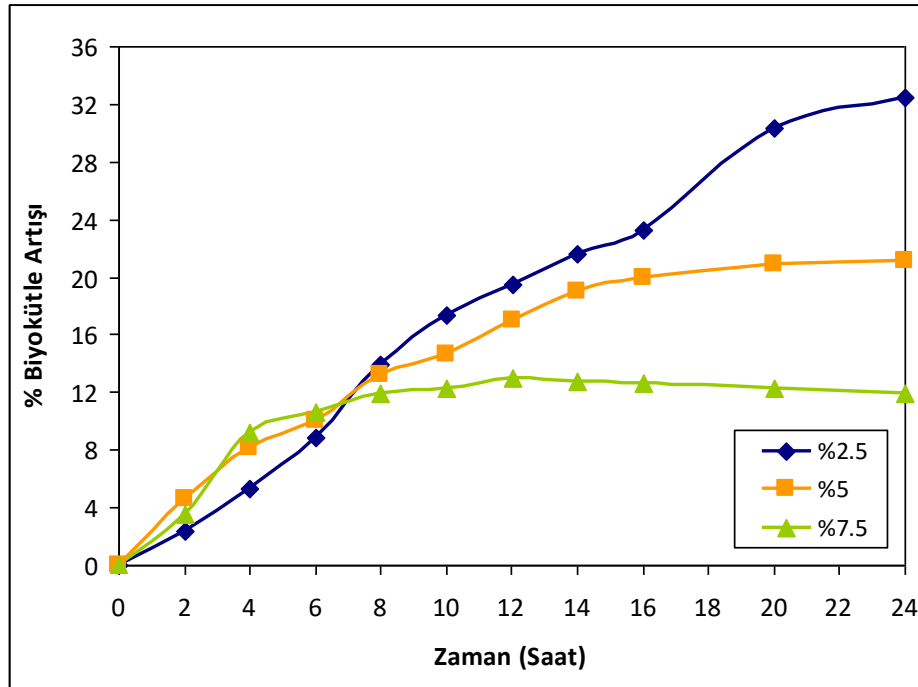
17°C, 27°C ve 37°C’de gerçekleştirilen fermentasyonlarda 24 saat sonunda sırasıyla 0,63, 1,05 ve 0,7 gr kefir biyokütlesi elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, PAS’da kefir biyokütlesi üretimi için optimum sıcaklık 27°C olarak belirlenmiştir.

Kefir tane konsantrasyonunun kefir fermentasyonuna ve biyokütle artışına etkisini incelemek için laktoz içeriği %5 (ağırlık/hacim) olacak şekilde PAS tozu kullanılarak hazırlanan substrat çözeltisi %2,5-7,5 arasında değişen oranlarda kefir biyokütlesi ile aşıl原因arak, $27 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 110 devir/dk çalkalama hızında, 24 saat süre ile fermente edilmiştir. Fermentasyon boyunca kefir çözeltisinin pH değişimi ve kefir

biyokütlesinin artışı takip edilmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 7.6 ve Şekil 7.7’de grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 7.6 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri



Şekil 7.7 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

Kefir tane konsantrasyonu arttığında pH değerlerindeki düşüşün hızlandığı dolası ile fermantasyonun hızlandığı Şekil 7.6'dan açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 7.7 incelendiğinde, 25 g/L başlangıç tane konsantrasyonu için biyokütle miktarının zamanla arttığı, 50 g/L ve 75 g/L başlangıç tane konsantrasyonları içinse biyokütle artışının sırası ile 16. ve 10. saatten sonra durduğu görülmektedir. Başlangıç biyokütle konsantrasyonunun artmasıyla % biyokütle artışı azalmıştır. 24 saatlik deneyler sonunda; %2,5-%5-%7,5 oranında kefir tanesi kullanıldığında sırasıyla 0,81, 1,05 ve 0,89 gr kefir biyokütlesi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, PAS'da kefir biyokütlesi üretimi için optimum başlangıç kefir konsantrasyonunun 50 g/L olarak belirlenmiştir.

7.2.1.2 Kinetik Verilerin Modellenmesi

Peynir altı suyu kullanarak, farklı sıcaklık ve farklı kefir tane konsantrasyonlarında gerçekleştirilen fermantasyonlar sonucunda zamana karşı elde edilen biyokütle artışı verilerinin Çizelge 6.6'da verilen matematiksel modellere; zaman karşı fermentasyon ortamının pH değişiminin ise Çizelge 6.7'de verilen modellere uygunluğu incelenmiştir. Biyokütle artışı verilerine uygunluğu incelenen model denklemler için elde edilen denklem katsayıları ve istatistiksel veriler Çizelge 7.4'de, pH değişimi verilerine uygunluğu incelenen model denklemler için elde edilen denklem katsayıları ve istatistiksel veriler Çizelge 7.5'de sunulmuştur.

Çizelge 7.4 Peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Richards Modeli						
	a	B	c	d	σ	R²
17°C	5,6043	9,1588	0,9928	76,928	0,0252	0,9976
27°C	6,1049	1,2502	0,1858	7,6949	0,0291	0,9976
37°C	5,8136	3,4348	1,1163	23,059	0,0759	0,9703
2,5 g	3,4839	2,2028	0,1302	6,8049	0,0247	0,9971
7,5 g	8,4233	3,9479	0,7723	33,058	0,0414	0,9942
Gompertz Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,6609	-2,0010	0,1682	0,0476	0,9828	
27°C	6,1817	-1,5507	0,1109	0,0306	0,9969	
37°C	5,8168	-1,8701	0,5339	0,0781	0,9639	
2,5 g	3,9250	-0,7732	0,0428	0,0269	0,9961	
7,5 g	8,4586	-2,0688	0,2969	0,0601	0,9860	
Logistic Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,6576	0,1440	0,1767	0,0466	0,9828	
27°C	6,1669	0,2326	0,1206	0,0298	0,9972	
37°C	5,8168	0,1666	0,5532	0,0774	0,9646	
2,5 g	3,7904	0,5314	0,0556	0,0269	0,9961	
7,5 g	8,4572	0,1344	0,384	0,0586	0,9866	
MMF Modeli						
	a	B	c	d	σ	R²
17°C	5,0060	71,662	5,6310	2,6977	0,0311	0,9958
27°C	5,0113	14,873	6,4145	1,2376	0,0377	0,9960
37°C	5,0011	6,5605	5,8422	2,9610	0,0775	0,9669
2,5 g	2,4961	57,702	3,9208	1,3717	0,0274	0,9965
7,5 g	7,4986	14,8064	8,4621	2,5445	0,0709	0,9855

Çizelge 7.4 Peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri (devam)

Quadratic Model						
	a	b	c	σ	R^2	
17°C	4,9873	0,0742	-0,0021	0,0493	0,9816	
27°C	5,0262	0,0959	-0,0022	0,0330	0,9972	
37°C	5,2313	0,0991	-0,0035	0,1451	0,8692	
2,5 g	2,4740	0,0487	-0,0006	0,0267	0,9961	
7,5 g	7,6168	0,1176	-0,0037	0,1074	0,9543	
Polinom Modeli						
	a	B	c	d	σ	R^2
17°C	4,9483	0,0996	-0,0049	$7,87 \cdot 10^{-5}$	0,0421	0,9883
27°C	5,0204	0,0996	-0,0026	$1,16 \cdot 10^{-5}$	0,0242	0,9971
37°C	5,0479	0,2174	-0,0167	0,00037	0,0469	0,9887
2,5 g	2,4841	0,0421	0,0002	$-2,03 \cdot 10^{-5}$	0,0274	0,9965
7,5 g	7,4896	0,2006	-0,0129	0,00026	0,0492	0,9918
Eksponansiyel Model						
	a	b	c	σ	R^2	
17°C	0,7196	7,8719	0,1598	0,0487	0,9820	
27°C	1,2013	5,1601	0,1014	0,0316	0,9968	
37°C	0,8309	7,0001	0,5159	0,0469	0,9887	
2,5 g	1,6387	2,5079	0,0307	0,0275	0,9959	
7,5 g	1,0055	8,4138	0,2860	0,0615	0,9852	

Çizelge 7.5 Peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Rational Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	6,0011	0,6217	0,1981	-0,0005	0,0146	0,9998
27°C	6,0155	0,2008	0,1168	-0,0012	0,0334	0,9994
37°C	6,0039	1,4131	0,04846	-0,0014	0,0264	0,9996
2,5 g	6,0011	0,6217	0,1981	-0,0005	0,0146	0,9998
7,5 g	6,0003	2,4309	0,7326	0,0016	0,0064	0,9999
Logistic Modeli						
	A	b	c	σ	R²	
17°C	3,8044	-0,3646	0,1472	0,0216	0,9996	
27°C	3,3233	-0,4486	0,1073	0,0346	0,9993	
37°C	3,4079	-0,4315	0,2719	0,0278	0,9995	
2,5 g	3,8044	-0,3646	0,1472	0,0216	0,9996	
7,5 g	3,4174	-0,4279	0,2834	0,0795	0,9958	
Polinom Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	5,9058	-0,3446	0,0207	-0,0004	0,0771	0,9954
27°C	5,9652	-0,3812	0,0212	-0,0004	0,0383	0,9992
37°C	5,7350	-0,5294	0,0377	-0,0008	0,2056	0,9758
2,5 g	5,9058	-0,3446	0,0207	-0,0004	0,0771	0,9954
7,5 g	5,6740	-0,5094	0,0364	-0,0008	0,2452	0,9646

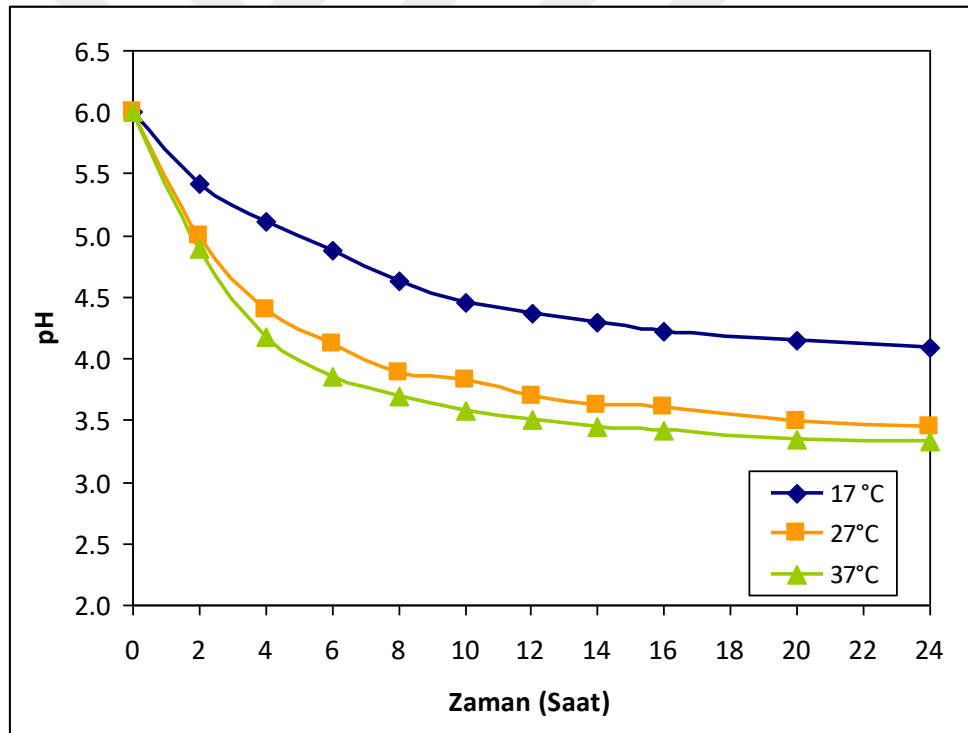
Çizelge 7.4'den kullanılan model denklemler içinde en yüksek regrasyon katsayıları ve en düşük standart sapma değerlerinin Richards Modeli için elde edildiği görülmektedir. Dolayısı ile peynir altı suyunda zamana bağlı olarak kefir biyokütle artışını ifade edebilmek için en uygun model Richards Modeli'i olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.5 incelendiğinde kullanılan model denklemler içinde en yüksek regrasyon katsayıları ve en düşük standart sapma değerlerinin Rational Modeli için elde edildiği görülmektedir. Bu nedenle peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana bağlı olarak pH değişimini ifade edebilmek için en uygun model Rational Modeli'i olarak belirlenmiştir.

7.2.2 Süt Katkılı Peynir Altı Suyunda Farklı Sıcaklıklarda ve Farklı Başlangıç Kefir Biyokütle Konsantrasyonlarında Kefir Fermantasyonu ve Biyokütle Artışının İncelenmesi

7.2.2.1 Deneysel Veriler

Süt katkılı peynir altı suyunda sıcaklığın kefir fermantasyonuna ve biyokütle artışına etkisini incelemek amacıyla, %20 (hacim/hacim) oranında süt ilavesi ile zenginleştirilen PAS çözeltisi, %5 (ağırlık/hacim) oranında kefir tanesi ile aşılanmış ve üç farklı sıcaklıkta ($17\pm 2^\circ\text{C}$, $27\pm 2^\circ\text{C}$ ve $37\pm 2^\circ\text{C}$), 110 devir/dk çalkalama hızında, 24 saat süre ile fermente edilmiştir. Fermantasyon süresince kefir çözeltisinin pH değişimi ve kefir biyokütle artışı takip edilmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 7.8 ve Şekil 7.9'da grafiksel olarak sunulmuştur.

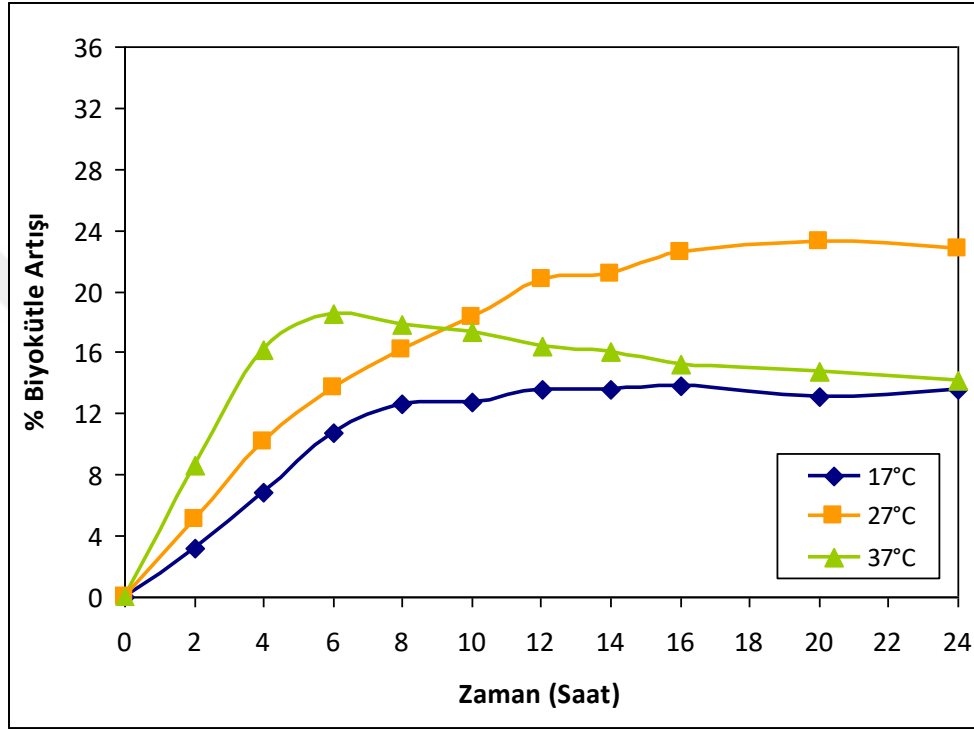


Şekil 7.8 Farklı sıcaklıklarda süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı pH değerleri

Şekil 7.8 incelendiğinde fermantasyon sıcaklığının artması ile fermantasyonun hızlanmış olduğu ve pH değerlerinin daha hızlı bir düşüş gösterdiği görülmektedir.

Biyokütle miktarı ilk 6 saatte sıcaklıkla hızlı bir artış göstermiştir (Şekil 7.9). Ancak 6.

saatten sonra biyokütle miktarındaki artış 17°C için durmuş, 37°C içinse düşüş göstermiştir. Biyokütle ağırlığındaki bu düşüş, sıcaklığa bağlı hücre bozunması ve bu bozunma sonucunda hücre içi bazı materyallerin hücre dışına difüzyonu ile açıklanabilir. 17°C, 27°C ve 37°C de gerçekleştirilen fermantasyonlarda 0,68, 1,14 ve 0,71 g kefir biyokütlesi elde edilmiştir. Dolayısı ile, süt katkılı PAS da kefir tanesi üretimi için optimum sıcaklık 27°C olarak belirlenmiştir.

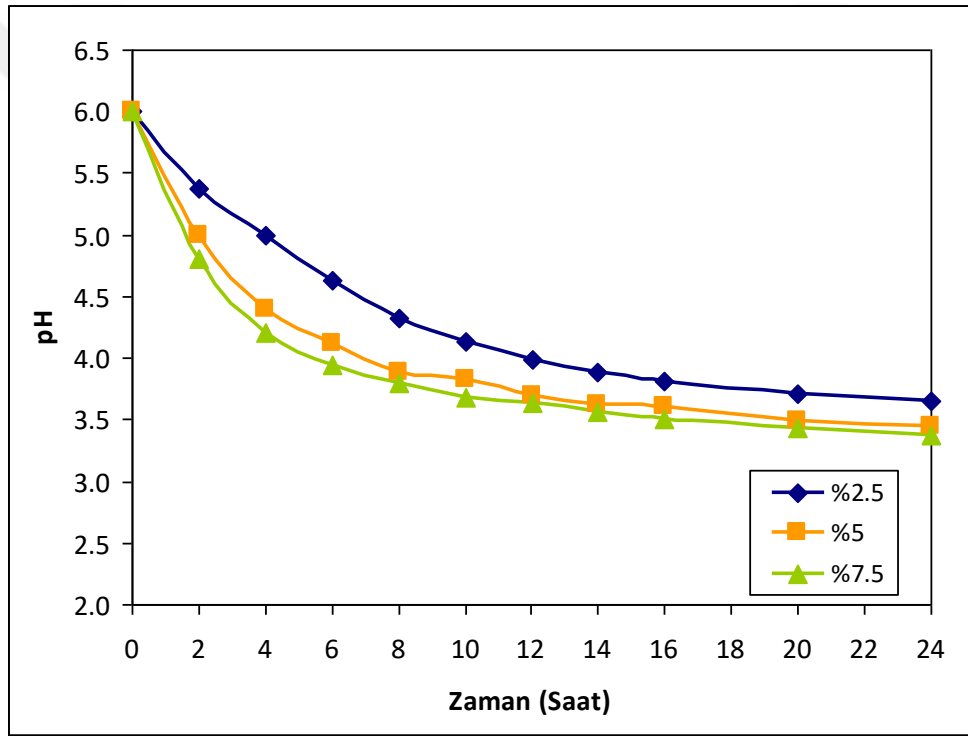


Şekil 7.9 Farklı sıcaklıklarda süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

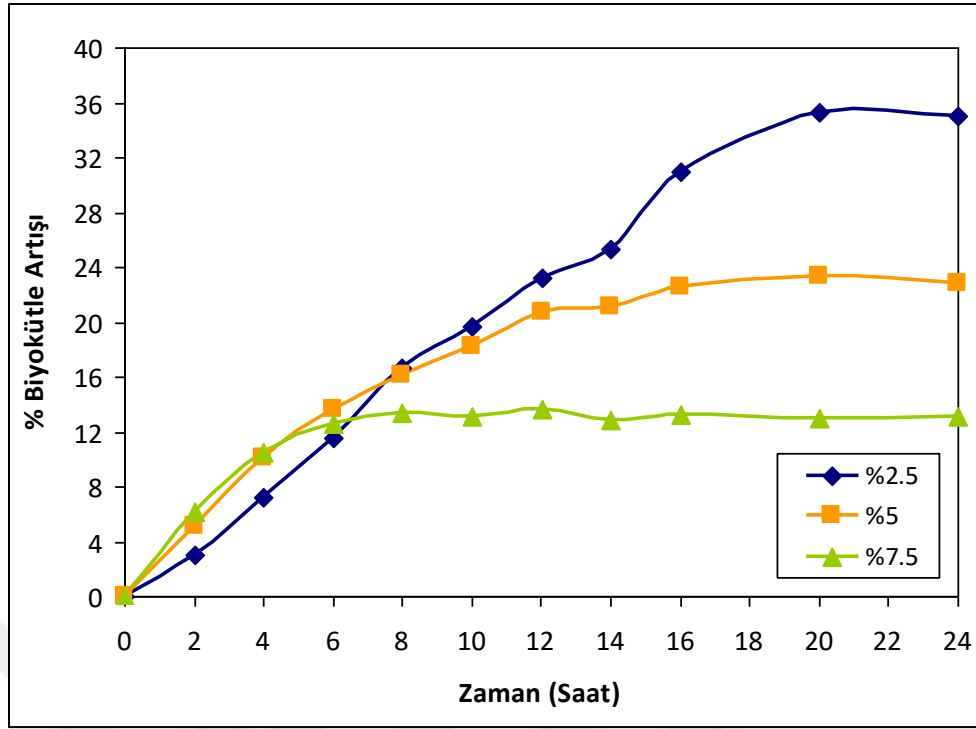
Süt katkılı peyniraltı suyunda kefir tane konsantrasyonunun kefir fermantasyonuna ve biyokütle artışına etkisini incelemek amacıyla, % 20 (hacim/hacim) oranında süt ilavesi ile zenginleştirilen PAS çözeltisi %2,5-7,5 arasında değişen oranlarda kefir biyokütlesi ile aşılanmış ve $27 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, 110 devir/dk çalkalama hızında, 24 saat süre ile fermente edilmiştir. Fermantasyon süresince kefir çözeltisinin pH değişimi ve kefir biyokütle artışı takip edilmiş elde edilen sonuçlar Şekil 7.10 ve Şekil 7.11’de grafiksel olarak sunulmuştur.

Şekil 7.10 incelendiğinde, kefir biyokütle miktarı artığında pH değerlerindeki düşüşün hızlandığı dolayısıyla fermantasyonun hızlandığı açık olarak görülmektedir.

Şekil 7.11 incelendiğinde, fermentasyon için %2,5 oranında kefir biyokütlesi kullanıldığında biyokütle miktarının zamanla arttığı ve 20. saatten sonra sabitlendiği, %5 ve %7,5 oranlarında kefir biyokütlesi kullanıldığında ise biyokütle artışının sırası ile 12. ve 6. saatten sonra sabitlendiği görülmektedir. Başlangıç kefir tane konsantrasyonunun artmasıyla % biyokütle artışı azalmıştır. 100 ml substratta 2,5, 5 ve 7,5 gr kefir tanesi kullanıldığında 24 saat sonunda; sırasıyla 0,88, 1,14 ve 0,98 g kefir biyokütlesi elde edilmiştir. %2,5 oranında kefir biyokütlesi kullanıldığında daha yüksek bir yüzdesel artış elde edilmiş olmasına rağmen, elde edilen biyokütle miktarları ve işlem süresi göz önünde bulundurulduğunda, süt katkılı PAS'da kefir tanesi üretimi için optimum başlangıç kefir konsantrasyonu 50 g/L olarak belirlenmiştir.



Şekil 7.10 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı pH değerleri



Şekil 7.11 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

7.2.2.2 Kinetik Verilerin Modellenmesi

Bölüm 7.2.2.1’de gerçekleştirilen deneyler sonucunda zamana karşı elde edilen biyokütle artışı ve pH değişimi verilerinin sırası ile Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7’de verilen matematiksel modellere uygunluğu incelenmiştir. Biyokütle artışı verilerine uygunluğu incelenen model denklemler için elde edilen denklem katsayıları ve istatistiksel veriler Çizelge 7.6’de, pH değişimi verilerine uygunluğu incelenen model denklemler için elde edilen denklem katsayıları ve istatistiksel veriler Çizelge 7.7’de sunulmuştur.

Çizelge 7.6 ve Çizelge 7.7’de sunulan istatistiksel veriler doğrultusunda süt katkılı peynir altı suyunda zamana bağlı olarak kefir biyokütle artışının Richards Modeli ile, zamana bağlı olarak kefir çözeltisinin pH değişiminin ise Rational Modeli ile ifade edilebileceği belirlenmiştir.

Çizelge 7.6 Süt katkı peyniraltı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Richards Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	5,6718	7,2973	1,0042	57,165	0,0162	0,9984
27°C	6,1777	0,8155	0,2202	5,5928	0,0217	0,9989
37°C	5,8144	23,347	6,4251	154,72	0,0762	0,9713
2,5 g	3,4010	6,7168	0,3924	21,824	0,0261	0,9975
7,5 g	8,4904	2,9952	0,8194	24,594	0,0200	0,9986
Gompertz Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,7062	-1,9664	0,2269	0,0429	0,9872	
27°C	6,2207	-1,5032	0,1514	0,0266	0,9981	
37°C	5,8189	-1,8567	0,5795	0,0921	0,9517	
2,5 g	3,7817	-0,8487	0,0613	0,0319	0,9963	
7,5 g	8,5032	-2,0559	0,3939	0,0371	0,9946	
Logistic Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,7043	0,1498	0,2373	0,0417	0,9872	
27°C	6,2106	0,2462	0,1635	0,0246	0,9984	
37°C	5,8192	0,1692	0,5983	0,0911	0,9517	
2,5 g	3,7006	0,5003	0,0760	0,0356	0,9947	
7,5 g	8,5024	0,1364	0,4081	0,0357	0,9950	
MMF Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	5,0137	26,904	5,6981	2,4747	0,0261	0,9959
27°C	5,0063	12,985	6,3232	1,4856	0,0302	0,9979
37°C	4,9999	228,83	5,8143	8,0228	0,0762	0,9713
2,5 g	2,5074	57,705	3,7468	1,5861	0,0319	0,9963
7,5 g	7,5017	6,5468	8,5019	2,4567	0,0296	0,9970
Quadratic Model						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,0410	0,0839	-0,0025	0,0615	0,9735	
27°C	5,0392	0,1192	-0,0031	0,0336	0,9970	
37°C	5,2572	0,0955	-0,0034	0,1729	0,8168	
2,5 g	2,4634	0,0639	-0,0010	0,0340	0,9952	
7,5 g	7,7275	0,1132	-0,0036	0,1466	0,9114	

Çizelge 7.6 Süt katkı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri (devam)

Polinom Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	4.9692	0,1307	-0,0077	0,00014	0,0301	0,9945
27°C	5,0012	0,1439	-0,0059	7,68 10 ⁻⁵	0,0281	0,9971
37°C	5,0508	0,2301	-0,0184	0,00042	0,0765	0,9711
2,5 g	2,4971	0,0419	0,0014	-6,81 10 ⁻⁵	0,0277	0,9971
7,5 g	7,5478	0,2303	-0,0166	0,00036	0,0557	0,9892
Ekspansiyonel Model						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	0,7476	7,6354	0,2166	0,0443	0,9864	
27°C	1,2555	4,9639	0,1395	0,0289	0,9978	
37°C	0,8407	6,9217	0,5598	0,0930	0,9506	
2,5 g	1,4374	2,7138	0,0465	0,0386	0,9938	
7,5 g	1,0226	8,3159	0,3800	0,0384	0,9941	

Çizelge 7.7 Süt katkı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Rational Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	5,9876	0,2447	0,0943	-0,0006	0,0277	0,9993
27°C	6,0096	0,6893	0,2475	-0,0007	0,0349	0,9993
37°C	6,0180	0,6099	0,2560	-0,0017	0,0409	0,9996
2,5 g	6,0030	0,0477	0,0675	-0,0012	0,0260	0,9996
7,5 g	6,0073	1,0339	0,3488	-0,0005	0,0320	0,9994
Logistic Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	3,9756	-0,3366	0,1075	0,0276	0,0992	
27°C	3,4520	-0,4244	0,1612	0,0353	0,9992	
37°C	3,3170	-0,4489	0,1834	0,0419	0,9990	
2,5 g	3,4100	-0,4342	0,0866	0,0411	0,9988	
7,5 g	3,4352	-0,4265	0,1978	0,0431	0,9981	

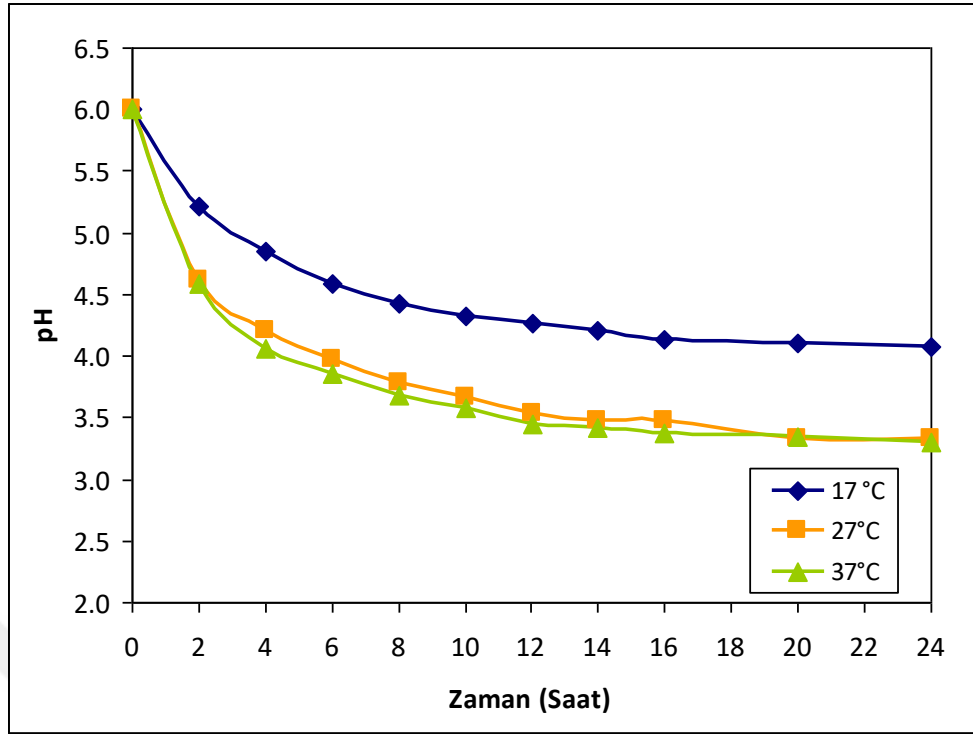
Çizelge 7.7 Süt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri (devam)

Polinom Modeli						
	a	b	c	d	σ	R^2
17°C	5,9524	-0,2538	0,0128	-0,0002	0,0390	0,9985
27°C	5,8747	-0,4389	0,0281	-0,0006	0,1100	0,9930
37°C	5,8623	-0,4992	0,0329	-0,0007	0,1308	0,9912
2,5 g	5,9779	-0,350	0,0145	-0,0002	0,0274	0,9994
7,5 g	5,8149	-0,4757	0,0321	-0,0007	0,1527	0,9866

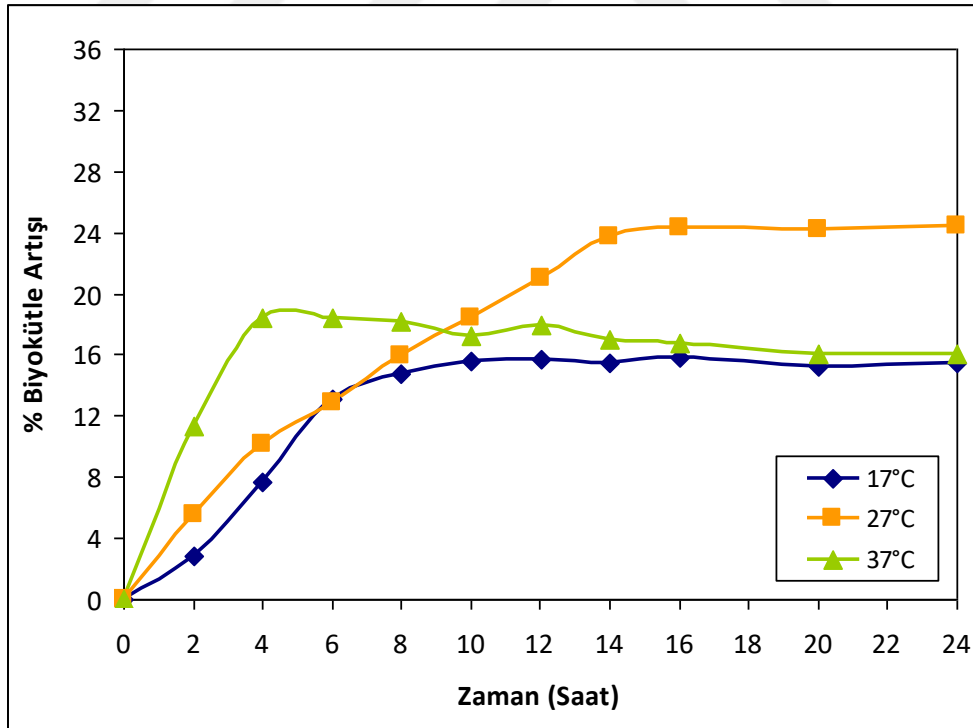
7.2.3 Yoğurt Katkılı Peynir Altı Suyunda Farklı Sıcaklıklarda ve Farklı Başlangıç Kefir Biyokütle Konsantrasyonlarında Kefir Fermantasyonu ve Biyokütle Artışının İncelenmesi

7.2.3.1 Deneysel Veriler

Yoğurt ile zenginleştirilen peynir altı suyunda sıcaklığın kefir fermantasyonuna ve biyokütle artışına etkisini incelemek amacıyla, %10 (hacim/hacim) oranında yoğurt ilavesi ile zenginleştirilen PAS çözeltisi, %5 (ağırlık/hacim) oranında kefir tanesi ile aşılansak farklı sıcaklık değerlerinde fermente edilmiştir. Fermantasyon süresince kefir çözeltisinin pH değişimi ve kefir biyokütle artışı takip edilmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 7.12 ve Şekil 7.13’de grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 7.12 Farklı sıcaklıklarda yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı pH değerleri



Şekil 7.13 Farklı sıcaklıklarda yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

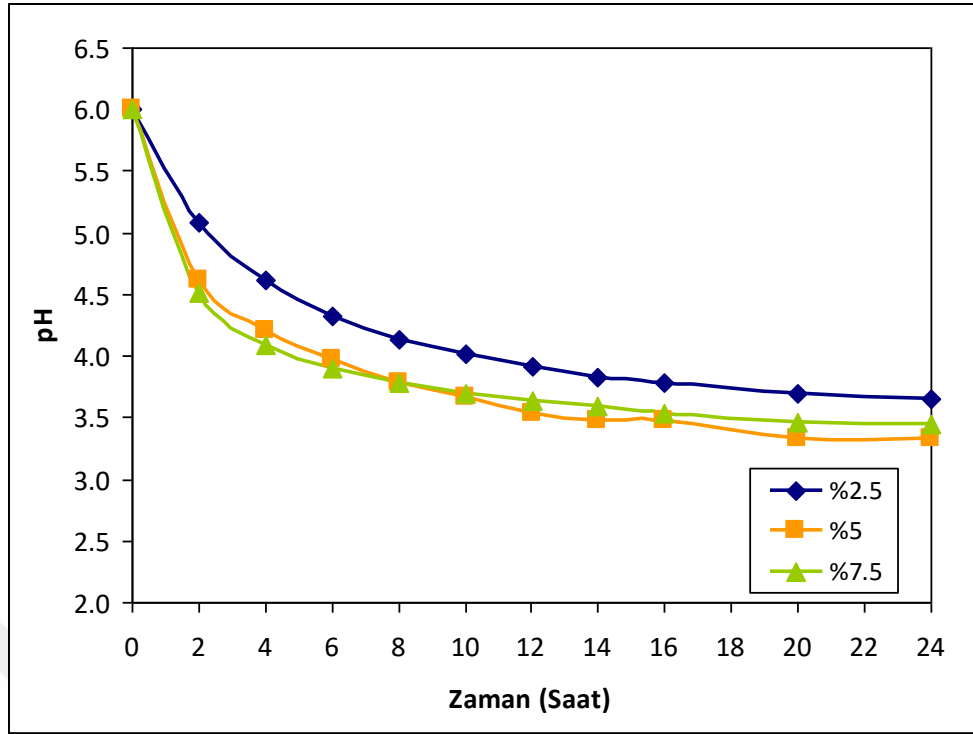
Şekil 7.12’den fermentasyon sıcaklığının artması ile fermentasyonun hızlandığı ve pH değerlerinin daha hızlı bir düşüş gösterdiği açık olarak görülmektedir.

Fermentasyon sıcaklığının 17°C’den 27°C’ye yükselmesi ile elde edilen biyokütle miktarının arttığı ancak sıcaklık değerinin 37°C’ ye çıkarılması ile biyokütle miktarının azaldığı belirlenmiştir (Şekil 7.13). Biyokütle ağırlığındaki bu azalma, sıcaklığa bağlı hücre bozunması ve hücre içi materyallerin hücre dışına difüzyonu ile açıklanabilir. Şekil 7.13 incelendiğinde, 37°C’de biyokütle artışının başlangıçta çok hızlı gerçekleştiği ancak 4.saaten sonra durduğu, 17°C ve 27°C de ise biyokütle artışlarının sırası ile 8. ve 14. saatten sonra durduğu görülmektedir. 17°C, 27°C ve 37°C de gerçekleştirilen fermentasyonlarda 24 saat sonunda sırasıyla 0,77, 1,22 ve 0,84 gr kefir biyokütlesi elde edilmiştir. Sonuç olarak, yoğurt katkılı PAS’da kefir tanesi üretimi için optimum sıcaklık 27°C olarak belirlenmiştir.

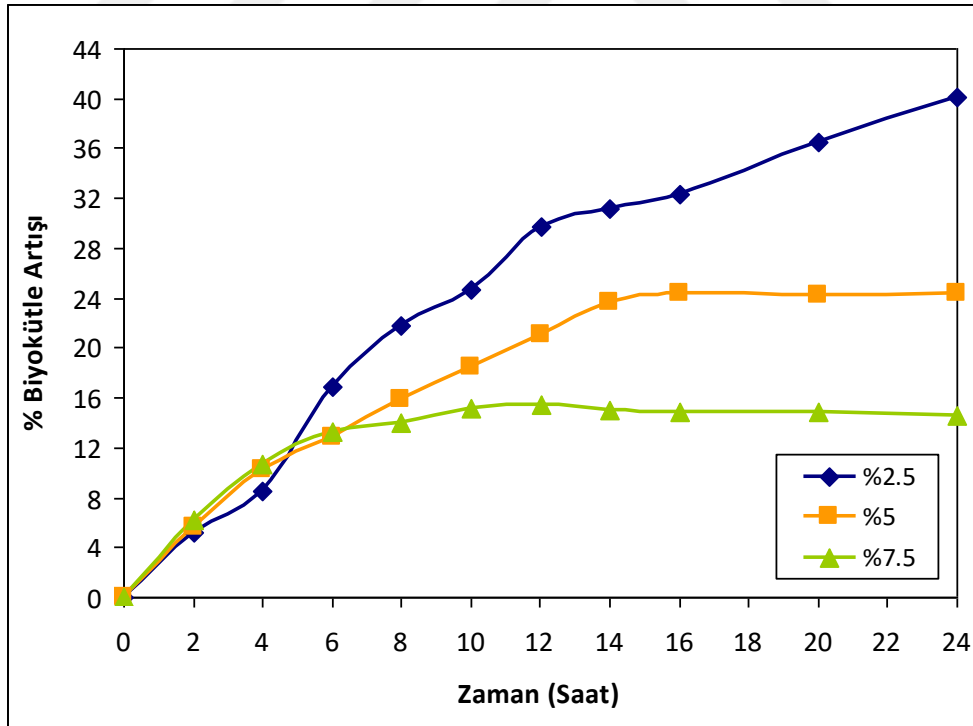
Yoğurt katkılı PAS’da kefir tane konsantrasyonunun kefir fermentasyonuna ve biyokütle artışına etkisini incelemek amacıyla, %10 (hacim/hacim) oranında yoğurt ilavesi ile zenginleştirilen PAS çözeltisi %2,5-7,5 arasında değişen oranlarda kefir mayası ile aşılansak fermente edilmiştir. Fermentasyon boyunca kefir çözeltisinin pH değişimi ve kefir biyokütlesinin artışı takip edilmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 7.14 ve Şekil 7.15’de grafiksel olarak sunulmuştur.

Kefir tane konsantrasyonu artığında pH değerlerindeki düşüşün hızlandığı dolayısıyla fermentasyonun hızlandığı Şekil 7.14’den açık olarak görülmektedir.

Şekil 7.15’den başlangıç kefir tane konsantrasyonunun artmasıyla % biyokütle artışının azaldığı açık olarak görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, 25 g/L başlangıç biyokütle konsantrasyonu için biyokütle miktarının zamanla arttığını, 50 g/L ve 75 g/L başlangıç biyokütle konsantrasyonları için biyokütle artışının sırası ile 14. ve 10. saatten sonra sabitlendiğini göstermiştir. 100 ml yoğurt katkılı PAS’da; 2,5, 5 ve 7,5 gr kefir tanesi kullanıldığında 24 saat sonunda sırasıyla 1,00, 1,22 ve 1,09 g kefir biyokütlesi elde edilmiştir. Elde edilen biyokütle miktarları ve fermentasyon süresi göz önünde bulundurulduğunda yoğurt katkılı PAS’da kefir tanesi üretimi için optimum başlangıç kefir konsantrasyonu 50 g/L olarak belirlenmiştir.



Şekil 7.14 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı pH değerleri



Şekil 7.15 Farklı kefir tane konsantrasyonları ile yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda zamana karşı % biyokütle artışı

7.2.3.2 Kinetik Verilerin Modellenmesi

Bölüm 8.2.3.1’de gerçekleştirilen deneyler sonucunda zamana karşı elde edilen biyokütle artışı ve pH değişimi verilerinin sırası ile Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7’de verilen matematiksel modellere uygunluğu incelenmiştir. Biyokütle artışı verilerine uygunluğu incelenen model denklemler için elde edilen denklem katsayıları ve istatistiksel veriler Çizelge 7.8’de, pH değişimi verilerine uygunluğu incelenen model denklemler için elde edilen denklem katsayıları ve istatistiksel veriler Çizelge 7.9’da sunulmuştur.

Çizelge 7.8 Yoğurt katkılı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Richards Modeli						
	a	b	c	d	σ	R²
17°C	5,7732	13,754	1,9120	91,622	0,0259	0,9971
27°C	6,2535	2,3123	0,2665	11,076	0,0412	0,9966
37°C	5,8668	56,634	18,995	354,26	0,0517	0,9872
2,5 g	3,5499	0,9211	0,1481	3,5141	0,0329	0,9966
7,5 g	8,6241	1,7426	0,5311	13,656	0,0239	0,9985
Gompertz Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,8153	-1,8072	0,2355	0,0680	0,9773	
27°C	6,3408	-1,4273	0,1315	0,0476	0,9948	
37°C	5,8686	-1,8180	0,6980	0,0664	0,9758	
2,5 g	3,6589	-0,9353	0,0898	0,0329	0,9961	
7,5 g	8,6396	-1,9376	0,3241	0,0354	0,9962	
Logistic Modeli						
	a	b	c	σ	R²	
17°C	5,8128	0,1779	0,2482	0,0662	0,9785	
27°C	6,3265	0,2673	0,1433	0,0459	0,9952	
37°C	5,8687	0,1764	0,7230	0,0656	0,9764	
2,5 g	3,6174	0,4619	0,1063	0,0319	0,9963	
7,5 g	8,6380	0,1546	0,3377	0,0336	0,9966	

Çizelge 7.8 Yoğurt katkı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermantasyonlarda elde edilen biyokütle artışı verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri (devam)

MMF Modeli						
	a	b	c	d	σ	R^2
17°C	5,0283	102,01	5,7896	3,3679	0,0284	0,9966
27°C	5,0169	14,798	6,5008	1,3992	0,0568	0,9936
37°C	4,9999	270,25	5,9013	8,8351	0,0892	0,9683
2,5 g	2,5035	31,072	3,7368	1,5066	0,0337	0,9965
7,5 g	7,5016	5,2289	8,6497	1,7923	0,0378	0,9948
Quadratic Model						
	a	b	c	σ	R^2	
17°C	5,0314	0,1012	-0,0031	0,0847	0,9645	
27°C	5,0264	0,1229	-0,0031	0,0415	0,9960	
37°C	5,3188	0,0916	-0,0032	0,1868	0,7879	
2,5 g	2,4844	0,0785	-0,0015	0,0338	0,9959	
7,5 g	7,6979	0,1319	-0,0042	0,1304	0,9478	
Polinom Modeli						
	a	b	c	d	σ	R^2
17°C	4,9414	0,1599	-0,0096	0,00018	0,0532	0,9879
27°C	5,0178	0,1285	-0,0037	$1,74 \cdot 10^{-5}$	0,0429	0,9951
37°C	5,1102	0,2276	-0,0183	0,00040	0,1047	0,9465
2,5 g	2,4736	0,0855	-0,0023	$2,18 \cdot 10^{-5}$	0,0350	0,9961
7,5 g	7,5337	0,2389	-0,0160	0,00033	0,0393	0,9960
Eksponansiyel Model						
	a	b	c	σ	R^2	
17°C	0,8825	6,5921	0,2232	0,0699	0,9760	
27°C	1,3735	4,6290	0,1197	0,0495	0,9944	
37°C	0,8790	6,6762	0,6732	0,0671	0,9752	
2,5 g	1,2468	2,9797	0,0734	0,0344	0,9957	
7,5 g	1,6119	7,4372	0,3109	0,0373	0,9958	

Çizelge 7.9 Yoğurt katkı peynir altı suyunda gerçekleştirilen fermentasyonlarda elde edilen pH değişimi verilerine uyan model denklemlerin katsayıları ve istatistiksel verileri

Rational Modeli						
	a	b	C	d	σ	R^2
17°C	5,9970	0,7678	0,2218	-0,0006	0,0126	0,9998
27°C	5,9959	1,5608	0,4770	0,0013	0,0362	0,9993
37°C	5,9984	1,3257	0,4434	-0,0003	0,0257	0,9996
2,5 g	5,9989	0,6959	0,2275	-0,0004	0,0039	0,9999
7,5 g	6,0001	2,2308	0,6559	0,0011	0,0133	0,9999
Logistic Modeli						
	a	b	c	σ	R^2	
17°C	4,0730	-0,3193	0,1752	0,0215	0,0995	
27°C	3,3792	-0,4323	0,1968	0,0802	0,9959	
37°C	3,3472	-0,4397	0,2209	0,0564	0,9980	
2,5 g	3,6423	-0,3909	0,1511	0,0247	0,9995	
7,5 g	3,5350	-0,4081	0,2736	0,0744	0,9959	
Polinom Modeli						
	a	b	c	d	σ	R^2
17°C	5,8950	-0,3188	0,0196	-0,0004	0,0815	0,9933
27°C	5,7412	-0,4577	0,0301	-0,0006	0,1948	0,9784
37°C	5,7402	-0,4934	0,0334	-0,0007	0,1976	0,9785
2,5 g	5,8795	-0,3784	0,0231	-0,0005	0,0941	0,9939
7,5 g	5,6986	-0,4755	0,0337	-0,0007	0,2285	0,9664

Çizelge 7.8 ve Çizelge 7.9’de sunulan istatistiksel veriler doğrultusunda yoğurt katkı peynir altı suyunda zamana bağlı olarak kefir biyokütle artışının Richards modeli ile, zamana bağlı olarak kefir çözeltisinin pH değişiminin ise Rational modeli ile ifade edilebileceği belirlenmiştir.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR

Son yıllarda sağlık üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu kanıtlanan, fermente süt ürünleri sınıfında yer alan ve doğal bir probiyotik olan kefir içeceğinin tüketimi artmıştır. Bu nedenle kefir içeceğinin elde edildiği kefir tanesi araştırmalara konu olmuştur.

Yapılan çalışmada, peynir altı suyu tozu ve çeşitli katkıları (süt, yoğurt, glikoz, sukroz, maya özütü, keçiyoynuzu özü) kullanılarak hazırlanan 8 farklı substrat çözeltisinde kefir tane artışı (üremesi), 24 saate bir substrat çözeltileri tazelenerek 10 gün boyunca incelenmiştir. Kullanılan substrat çözeltileri arasında maksimum biyokütle artışı süt ve yoğurt katkılı PAS için elde edilmiştir. Bu nedenle çalışmanın devamında kefir fermentasyonu ve biyokütle artışı, PAS (kontrol), süt ve yoğurt katkılı PAS için farklı sıcaklıklarda (17°C, 27°C ve 37°C) ve farklı başlangıç kefir biyokütle konsantrasyonlarında (%2,5, %5 ve %7,5) ayrıca incelenmiş, kefir biyokütle artışı ve fermentasyon kinetiği için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- 1) Farklı substrat karışımlarında gerçekleştirilen deneyler, kefir tanesi üretiminde peynir altı suyunun da süt kadar etkili olduğunu, peynir altı suyuna süt, yoğurt ve maya özütü ilavesinin biyokütle artışı pozitif yönde, keçiyoynuzu ilavesinin biyokütle artışı negatif yönde etkilediğini, glikoz ve sukroz ilavesinin ise biyokütle artışına önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Süt, PAS, %20 süt katkı PAS, %10 yoğurt katkı PAS, %5 glikoz katkı PAS, %5 sukroz katkı PAS, %5 maya özütü katkı PAS ve %10 keçiyoynuzu özü katkı PAS ile gerçekleştirilen fermentasyonlarda, 10 gün sonunda biyokütle artışı sırası ile, %1174, %1226, %1294, %1438, %1225, %1173, %1657 ve %836 olarak elde edilmiştir.

2) PAS (kontrol), süt ve yoğurt katkı PAS kullanılarak farklı sıcaklıklarda ve farklı başlangıç kefir tane konsantrasyonlarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, fermentasyon sıcaklığının ve başlangıç kefir tane konsantrasyonunun artması ile fermentasyonun hızlandığı ve fermentasyon çözeltisinin pH değerlerinin daha hızlı düşüş gösterdiği görülmüştür. Kullanılan tüm substrat bileşimlerinde kefir tanesi üretimi için optimum sıcaklık 27°C, optimum başlangıç kefir konsantrasyonu 50 g/L olarak belirlenmiştir.

Diğer proses koşulları sabit tutularak, 17°C, 27°C ve 37°C'de gerçekleştirilen fermentasyonlarda 24 saat sonunda PAS'da sırasıyla: 0,63, 1,05 ve 0,70 g, süt katkı PAS'da sırasıyla: 0,68, 1,14 ve 0,71 g, yoğurt katkı PAS'da sırası ile: 0,77, 1,22 ve 0,84 g kefir biyokütlesi elde edilmiştir.

Diğer proses koşulları sabit tutularak, %2,5, 5 ve 7,5 kefir tanesi kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyonlarda ise 24 saat sonunda PAS'da sırasıyla: 0,81, 1,05 ve 0,89 g, süt katkı PAS'da sırasıyla: 0,88, 1,14 ve 0,98 g ve yoğurt katkı PAS'da sırası ile: 1,00, 1,22 ve 1,09 g kefir biyokütlesi elde edilmiştir.

3) Farklı substrat bileşimlerinde gerçekleştirilen fermentasyon verilerinin Lineweaver-Burke denkleminde uygunluğu için elde edilen yüksek regresyon katsayıları, kefir biyokütle artışının Monod kinetiğine uygun olarak gerçekleştiğini göstermiştir.

4) Modelleme çalışmalarında, biyokütle artışı için elde edilen deneysel verilere literatürde sıklıkla kullanılan Richards, Logistic, Gompertz, MMF, Quadratic, Polinom ve Ekspansiyel modellerinin, pH değişimi için elde edilen verilere ise Rational, Logistic ve Polinom modellerinin uygunluğu test edilmiştir.

10 gün süre ile farklı substrat bileşimlerinde gerçekleştirilen fermentasyon deneyleri için, kullanılan tüm substrat bileşimlerinde zamana bağlı olarak

biyokütle artışının Gompertz Modeli'i ile ifade edilebileceği belirlenmiştir.

24 saat süre ile gerçekleştirilen fermentasyon deneylerinde ise tüm substrat bileşimlerinde ve çalışılan tüm deneysel şartlarda, biyokütle artışının Richards Modeli'i ile, kefir çözeltisinin pH değişiminin ise Rational modeli ile ifade edilebileceği belirlenmiştir.



KAYNAKLAR

- [1] Koçak, Ö., (2014). Farklı Karbon Kaynaklarında Geliştirilen Kefir Danesinden Elde Edilen Kefiran Yapıların Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [2] Nale, Z., (2013). Prebiyotik Eklenmiş Kefirin Püskürterek Kurutulması ve Ürünün Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.
- [3] Terzi, G., (2007). “Kefirin Bileşimi ve Beslenme Açısından Önemi”, Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 78(1):23-30
- [4] Dağyıldız, K., (2015). Soya Sütü ve İnek Sütü Karışımı Kullanılarak Yapılan Kefirlerin Fizikokimyasal Mikrobiyal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enziminin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- [5] Tramsek M., Gorsek A., (2008). “Analysis of Growth Models for Batch Kefir Grain Biomass Production in RC1 Reaction System”, Journal of Food Process Engineering, 31: 754-767.
- [6] Demir, E., (2012). Farklı Yöntemler Kullanılarak Peynir Altı Suyundan B-Laktoglobulin Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği, Isparta.
- [7] Yerlikaya, O., Kınık, Ö., Akbulut N., (2010). “Peyniraltı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri ve Peyniraltı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Süt Ürünleri”, Gıda 35(4): 289-296.
- [8] Şen, İ., (2015). Kefir kültürü kullanılarak üretilen fermente süt ürünlerinin aroma aktif bileşenlerinin ve duyusal özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- [9] Pop, C., Apostu, A., Salanta, L., Rotar, A., Sindic, M., Mabon, N., Socaciu, C., (2014). “Influence of Different Growth Conditions on The Kefir Grains Production, Used in the Kefiran Synthesis”, Bulletin UASVM Food Science and Technology, 71(2): 147-153.

- [10] Esmek, E., M., (2014). Kefir Kültürü Kullanılarak Üretilen Peyniraltı Sulu İçeceğin Bazı Özellikleri ve Depolama Süresinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- [11] Kök-Taş, T., İlay, E., Öker, A., (2014). "Pekmez ve Erik Kullanılarak Üretilen Kefirlerin Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi", Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(2): 86-91.
- [12] Zajsek K., Gorsek A. ve Kolar M., (2013). "Cultivating Conditions Effects on Kefiran Production by the Mixed Culture of Lactic Acid Bacteria Imbedded within Kefir Grains", Food Chem., 139(1-4): 970-977.
- [13] Demirhan E., Gürses B., Yalçın B.E., Apar D.K., Özbek B., (2013). "Influence of Vitamin (B1, B6, B9, B12, C) and Ions (Cu^{+2} , Mn^{+2} , PO_4^{-3}) on Kefir Grain Biomass Growth", Food Sci. Biotechnol., 22(4): 1007-1013.
- [14] Ghasemlou M., Khodaiyan F., Gharibzahedi S.M.T., (2012). "Enhanced Production of Iranian Kefir Grain Biomass by Optimization and Empirical Modeling of Fermentation Conditions Using Response Surface Methodology", Food Bioprocess Technol., 5(8): 3230-3235.
- [15] Gao J., Gu F., Ruan H., Chen, Q., He J., He G., (2012). "Culture Conditions Optimization of Tibetan Kefir Grains by Response Surface Methodology", Procedia Engineering, 37: 132 -136.
- [16] Demirhan E., Apar D.K., Payer G., Özbek B., (2011). "A Modelling Study on Kefir Grain Biomass Growths Influence of Various Minerals", International Journal of Dairy Technology, 64(3): 402-407.
- [17] Güzel-Seydim, Z., Kök-Taş, T., Ertekin-Filiz, B., Seydim, A.C., (2011). "Effect of different growth conditions on biomass increase in kefir grains", Journal of Dairy Science, 94(3): 1239–1242.
- [18] Ismaiel A.A., Ghaly F.M., El-Naggar A.K., (2011). "Some Physicochemical Analyses of Kefir Produced Under Different Fermentation Conditions", Journal of Scientific&Industrial Research, 79: 365-372.
- [19] Zajsek K., Gorsek A., (2010). "Modelling of Batch Kefir Fermentation Kinetics for Ethanol Production by Mixed Natural Microflora", Food and Bioprocess Processing, 88:55-60.
- [20] Papavasiliou G., Kourkoutas Y., Rapti A., Sipsas V., Soupioni M., Koutinas A.A., (2008). "Production of Freeze-dried Kefir Culture Using Whey", International Dairy Journal, 18: 247-254.
- [21] Gorsek A., Tramsek M., "Quantitative Examination of Process Parameter during Kefir Grain Biomass Production", International Journal of Chemical Reactor Engineering, 5:S8, 2007.
- [22] Koutinas A.A., Athanasiadis, I., Bekatorou, A., Iconomopoulou, M., Bleka, G., (2005). "Kefir Yeast Technology: Scale-Up in SCP Production Using Milk Whey", Wiley InterScience, 89:788-796.

- [23] Harta O., Iconomopoulou M., Bekatorou A., Nigam P., Kontominas A., Koutinas A.A., (2004). "Effect of Various Carbohydrate Substrates on the Production of Kefir Grains for Use as a Novel Baking Starter", *Food Chemistry*, 88: 237-242.
- [24] Schoevers A., Britz T.J., (2003). "Influence of Different Culturing Conditions on Kefir Grains Increase", *International Journal of Dairy Technology*, 56(3): 183-187.
- [25] Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği, www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090216-8.htm, 19 Mart 2016
- [26] Kök-Taş, T., (2010). Kontrollü Atmosfer Uygulamasının Kefir Danesi ve Kefir Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [27] Ender, G., (2009). Oligofruktozla Zenginleştirilmiş Sütten Üretilen Kefirlerin Kalitesi Üzerine Tane ve Kültür Kullanımının Etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir.
- [28] Özdemir, N., (2012). Asetik Asit Bakterilerinin Kefir Tanesinde Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [29] Ötles, S., Çağındı, Ö., (2003). "Kefir: A Probiotic Dairy Composition, Nutritional and Therapeutic Aspects", *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2): 54-59.
- [30] Dinç, A., (2008). Kefirin Bazı Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Besin Hijyeni Ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.
- [31] Koçak C., Gürsel A., (1981). "Kefir", A.Ü. Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Gıda Dergisi, 4: 11-13.
- [32] Güngör, Ö., (2007). Meyve Suyu İlaveli Kefirin Depolama Süresince Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.
- [33] Yüksekdağ Z.N., Beyatlı Y., (2003). "'Kefir Mikroflorası ile Laktik Asit Bakterilerinin Metabolik, Antimikrobiyal ve Genetik Özellikleri'", *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 01(02): 49-69.
- [34] Garrote G.L., Abraham A.G., De Antoni G.L., (1997). "Preservation of Kefir Grains a Comparative Study", *Lebensm-Wiss. U.-Technol.*, 30: 77-84.
- [35] Şatır, G., (2011). Kefir Fermantasyonunun Keçi Sütünün Bazı Fonksiyonel Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [36] Jelcic, I., Bozanic, R., Tratnik, L., (2008). "Whey-based beverages a new generation of dairy products", *Miljekarstvo*, 58(3): 257-274.
- [37] Özer, Ö., (2015). Gıda Endüstrisinde Peynir Altı Suyu Tozundan Biyoaktif Peptidlerin İzolasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, İstanbul.

- [38] Şener, A., (2005). Emir Üzümünün Şaraba İşlenmesinde Sıcaklığın ve Maya Suşunun Etil Alkol Fermantasyonu Kinetiğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [39] Mikrobiyal Büyüme Kinetiği, <http://k.ogren-sen.com/kimya/2255/index.html>, 12 Nisan 2017
- [40] Telefoncu, A., (1995). Biyoteknoloji, 152, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir.
- [41] Öner M., (2001). Genel Mikrobiyoloji, 94: 139-152, E.Ü. Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, İzmir.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Birsen ÖZEL YAVUZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.09.1988 / Kırklareli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : birsenozel5@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Kimya Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	Fen-Matematik	Lüleburgaz Anadolu Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012-halen	Koroza Ambalaj San. Tic. A.Ş.	Laboratuvar Uzmanı