

TC
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**GELENEKSEL YOĞURTLARDAN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELİ
LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN İZOLASYONU VE YOĞURT KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Ömer Faruk ÇELİK

Danışman
Prof. Dr. Hasan TEMİZ

SAMSUN
2020

TEZ ONAYI

Ömer Faruk ÇELİK tarafından hazırlanan “**Geleneksel Yoğurtlardan Antimikrobiyal Aktiviteli Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu ve Yoğurt Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışması **10/07/2020** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Hasan TEMİZ
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Nevzat ŞAHİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Zekai TARAKÇI
Ordu Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Hasan TEMİZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Oğuz AYDEMİR
Çankırı Karatekin Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım./....../2020

Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

10/07/2020

Ömer Faruk ÇELİK

ÖZET

Doktora Tezi

GELENEKSEL YOĞURTLARDAN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELİ LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN İZOLASYONU VE YOĞURT KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ömer Faruk ÇELİK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan TEMİZ

Üç aşamalı olarak planlanan bu çalışma kapsamında, geleneksel yoğurtlardan izole edilen antimikrobiyal aktiviteye sahip laktik asit bakterilerinin yoğurt üretiminde starter kültür olarak kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle Ordu ve Giresun illerindeki çeşitli yaylalardan temin edilen geleneksel inek ve manda yoğurtlarının kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik özellikleri ile aroma profilleri belirlenirken yoğurtlardan *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* patojenlerine karşı antimikrobiyal aktivite sergileyen laktik asit bakterileri izole edilmiştir. En yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olan izolatlar seçilerek asit üretme kapasiteleri ve proteolitik aktiviteleri belirlenerek en uygun olduğu düşünülen 10 tanesinin 16S rDNA dizi analizleri gerçekleştirilmiş ve filogenetik ağaçları oluşturulmuştur. Seçilen izolatların tamamına en yakın türün *Lactobacillus bulgaricus* olduğu belirlenmiştir. Bu izolatların aroma profilleri değerlendirilerek beş tanesi (ÇBX, ÇBH4, M6, EPSC2 ve KKC2) yoğurt üretiminde denenmek üzere seçilmiştir. Bu beş izolat ve bir adet ticari *Lactobacillus bulgaricus* suşu (LB; kontrol olarak), ticari bir *Streptococcus thermophilus* (ST) suşu ile kombineli olarak kullanılarak üretilen yoğurtların 21 günlük depolama süresince haftalık kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyu analizleri gerçekleştirilmiştir. Yoğurt aromasında önemli rol oynayan asetaldehit ve aseton üretim kapasitesi açısından EPSC2, ticari kültürü de geride bırakarak, öne çıkarken; ÇBH4 ve ÇBX yoğurtları, duyu özellikler ve aroma maddeleri üretimi açısından diğer yoğurtların gerisinde kalmıştır. Tüm parametreler göz önünde bulundurulduğunda, EPSC2 ve KKC2 izolatları sadece viskozite açısından ticari kültürün gerisinde kalmış bunun yanında duyu özellikler ve aroma maddeleri açısından ticari kültüre benzer veya daha iyi özellikler sergilemiştir. Sonuç olarak, EPSC2 ve KKC2 izolatlarının yoğurt üretiminde kullanılma potansiyeline sahip olduğu ve starter kültür olarak önerilebileceği belirlenmiştir.

Temmuz 2020, 150 sayfa

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, aroma, izolasyon, starter kültür, tanımlama

ABSTRACT

Doctoral Dissertation

ISOLATION OF LACTIC ACID BACTERIA WITH ANTIMICROBIAL ACTIVITY FROM TRADITIONAL YOGURTS AND DETERMINATION OF THEIR EFFECTS ON THE QUALITY OF YOGURT

Ömer Faruk ÇELİK

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hasan TEMİZ

Within the scope of this three-stage study, it was aimed to determine the potential of using lactic acid bacteria with antimicrobial activity isolated from traditional yogurt as a starter culture in yogurt production. For this purpose, chemical, physical, and microbiological properties and aroma profiles of traditional cow and buffalo yogurts collected from a variety of highlands located in Ordu and Giresun cities were determined while lactic acid bacteria that exhibit antimicrobial activity against the pathogens of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were isolated. After selection of isolates having the highest antimicrobial activity, acid production capacities and proteolytic activities were determined. Subsequently, 16S rDNA sequencing of 10 isolates that were considered to be the most appropriate were performed and phylogenetic trees were created. The closest species to all of the selected isolates was determined to be *Lactobacillus bulgaricus*. The flavor profiles of these isolates were evaluated and five of them (ÇBX, ÇBH4, M6, EPSC2, and KKC2) were selected for yogurt trials. Weekly chemical, physical, microbiological, and sensory analyzes of the yogurts produced using these five isolates and one commercial *Lactobacillus bulgaricus* strain (LB; as a control) in combination with a commercial *Streptococcus thermophilus* (ST) strain were performed during the 21-day storage period. While EPSC2 has stood out, leaving the commercial culture behind, in terms of production capacity of acetaldehyde and acetone, key compounds in yogurt flavor; ÇBH4 and ÇBX yogurts have fallen behind others considering sensory properties and production of aroma compounds. Considering all the tested parameters, although EPSC2 and KKC2 isolates were not as good as the commercial culture only in terms of viscosity, they exhibited similar or better characteristics in terms of sensory properties and flavor. As a conclusion, it has been determined that EPSC2 and KKC2 isolates have the potential to be used in yogurt production and can be recommended as starter culture.

July 2020, 150 pages

Key words: Antimicrobial, flavor, identification, isolation, starter culture

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ömrühayatımda uzun ve meşakkatli bir süreç olan doktora çalışmamın tamamlanmasını ve bu günlere ulaşmamı nasip eden Rabbime hamdolsun...

Doktora çalışmam süresince desteğini eksik etmeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Hasan TEMİZ ve tez izleme komitesi üyeleri saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Ahmet HİLMİ ÇON ve Prof. Dr. Nevzat ŞAHİN' e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmasında yer alan moleküler analizlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olan ve değerli zamanını ayıran Ondokuz Mayıs Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin SAYGIN' a, analiz numunelerinin temininde ve çeşitli analizlerde yardımlarını gördüğüm tüm Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü araştırma görevlileri ve öğrencilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında ve her koşulda desteklerini ve dualarını esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından Doktora Tez Projeleri (1904-B) kapsamında PYO.MUH.1904.17.020 koduyla desteklenmiştir.

Temmuz 2020, Ordu

Ömer Faruk ÇELİK

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Yoğurt: Orta Asya’ dan Dünyaya Yayılan bir Türk Geleneği	1
1.2. Dünyada ve Türkiye’ de Yoğurt Pazarı	2
1.3. Yoğurt Çeşitleri ve Üretim Yöntemleri	4
1.3.1. Geleneksel yoğurt üretimi	4
1.3.2. Geleneksel yoğurt çeşitleri.....	6
1.3.3. Endüstriyel yoğurt üretimi	8
1.3.4. Endüstriyel yoğurt çeşitleri	11
1.4. Yoğurt Üretiminde Kullanılan Starter Kültürler	12
1.4.1. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	14
1.4.2. <i>Streptococcus thermophilus</i>	15
1.4.3. Protokoooperasyon.....	16
1.5. Yoğurt Starter Kültüründe Aranılan Özellikler.....	18
1.5.1. Asit üretimi	19
1.5.2. Bakteriyofajlara dayanıklılık.....	20
1.5.3. Ekzopolisakkarit üretimi	20
1.5.4. Proteolitik aktivite	21
1.5.5. Antimikrobiyal aktivite	22
1.5.6. Aroma.....	23
2. KAYNAK ÖZETLERİ	28
3. KONUNUN ÖNEMİ, ÖZGÜN DEĞERİ AMAÇ VE HEDEFLERİ.....	34
4. KARADENİZ BÖLGESİ YAYLALARINDA GELENEKSEL OLARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN UÇUCU AROMA PROFİLLERİ, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	38

4.1. Giriş.....	38
4.2. Materyal ve Yöntem.....	41
4.2.1. Materyal	41
4.2.2. Yöntem.....	43
4.3. Bulgular ve Tartışma.....	48
4.3.1. Kimyasal analizler.....	48
4.3.2. Fiziksel analizler	59
4.3.3. Mikrobiyolojik analizler	62
5. GELENEKSEL YOĞURTLARDAN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTEYE SAHİP LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ İZOLASYONU, TANIMLANMASI VE BAZI STARTER KÜLTÜR ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	65
5.1. Giriş.....	65
5.2. Materyal ve Yöntem.....	67
5.2.1. Materyal	67
5.2.2. Yöntem.....	67
5.3. Bulgular ve Tartışma.....	74
5.3.1. Antimikrobiyal aktivite	74
5.3.2. Asitlik ve pH değişimi	75
5.3.3. Proteolitik aktivite.....	78
5.3.4. Aroma Üretimi	80
5.3.5. İzolatların tanımlanması ve Filogenetik değerlendirme.....	81
6. GELENEKSEL YOĞURTLARDAN İZOLE EDİLMİŞ OLAN <i>Lactobacillus</i> <i>bulgaricus</i> SUŞLARI KULLANILARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN ÇEŞİTLİ KİMYASAL, FİZİKSEL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	85
6.1. Giriş.....	85
6.2. Materyal ve Yöntem.....	87
6.2.1. Materyal	87
6.2.2. Yöntem.....	90
6.3. Bulgular ve Tartışma.....	95
6.3.1. Kimyasal Analizler	95
6.3.2. Fiziksel Analizler	104
6.3.3. Mikrobiyolojik Analizler	112
6.3.4. Duyusal Değerlendirme	115
7. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	119
KAYNAKLAR	123
EKLER.....	136

EK 1 GELENEKSEL YOĞURTLARDA PROTEİN VE KURU MADDE İÇERİKLERİNİN VİSKOZİTE İLE İLİŞKİSİ	137
EK 2 GELENEKSEL YOĞURTLARDA PROTEİN VE KURU MADDE İÇERİKLERİNİN SERUM AYRILMASI İLE İLİŞKİSİ	138
EK 3 GELENEKSEL YOĞURTLARDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN İNDİKATÖR SUŞLAR ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU ÖRNEK İNHİBİSYON ZONLARI	139
EK 4 ÖRNEK BİR DUYUSAL ANALİZ DÜZENİ	140
EK 5 İZOLE EDİLEN LAKTOBASİL SUŞLARI KULLANILARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU	141
EK 6 YOĞURTLARDA ANALİZ EDİLEN PARAMETRELERE İLİŞKİN İSTATİSTİKSEL ÇİZELGELER.....	142
EK 7 YOĞURTTA TEMEL AROMA BİLEŞENLERİNE AİT KONSANTRASYONLAR	144
EK 8 YOĞURTLARDA TESPİT EDİLEN TEMEL UÇUCU AROMA BİLEŞENLERİ MİKTARLARI (%)	145
ÖZGEÇMİŞ	151

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

α	Alfa
β	Beta
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
η	Görünür viskozite
η^*	Karmaşık/kompleks viskozite
$\tan \delta$	Kayıp faktörü (deformasyon)
τ	Kayma basıncı (shear stress)
$\dot{\gamma}$	Kayma oranı (shear rate)
G'	Depolama modülü (storage modulus)
G''	Kayıp modülü (loss modulus)
NaOH	Sodyum hidroksit
HCl	Hidroklorik asit
H_2O_2	Hidrojen peroksit
CO_2	Karbondiyoksit
HCO_3	Hidrojen karbonat
Na_2CO_3	Sodyum karbonat
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Tetrasodyum pirofosfat

KISALTMALAR

μL	Mikrolitre
μm	Mikrometre
cP	Santipoiz (centipoise)
dk	Dakika
DNA	Deoksiribonükleik asit
EPS	Ekzopolisakkarit
g	Gram
GC	Guanin Sitozin
GC	Gaz kromatografisi
GCMS	Gaz kromatografisi kütle spektrometrisi
HePS	Heteropolisakkarit
HoPS	Homopolisakkarit
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
kg	Kilogram
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
LAB	Laktik asit bakterileri
log	Logaritma / logaritmik faz
lag	Lag (gecikme) fazı
LT	Kayıp faktörü (loss tangent)

MALDI-TOF MS	Matriks ile desteklenmiş lazer desorpsiyon/ionizasyon uçuş zamanı kütle spektrometresi
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
MÖ	Milattan önce
nm	Nanometre
OD	Optik yoğunluk
Pa	Pascal
PCR / PZR	Polimeraz zincir reaksiyonu
pH	Hidrojen kuvveti
ppm	Milyonda bir birim
rDNA	Ribozomal deoksiribonükleik asit
rpm	Dakikada devir
s	Saniye
SPME	Katı faz mikroekstraksiyonu
ssp	Alt türler
subsp	Alt tür
TCA	Triklor asetik asit
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TMAB	Toplam mezofilik aerob bakteri
TS	Türk Standartları
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye 2009-2018 yılları arası yıllık yoğurt (tatlandırılmış veya meyve, sert kabuklu yemişler veya kakao ilave edilmiş olanlar hariç) üretim miktarları.....	3
Şekil 1.2. Yoğurt bakterileri arasındaki protokooperasyon	17
Şekil 1.3. Yoğurtta simbiyotik ilişki (a) asitlik gelişimi, (b) yoğurt bakterilerinin birbirine oranı.....	18
Şekil 1.4. Yoğurtta başlıca aroma bileşenleri	25
Şekil 1.5. Yoğurtta bazı önemli aroma maddelerinin (1) Glikoliz yoluyla, (2) Aminoasitlerden, (3) DNA ve nükleotitlerden üretim yolları.....	27
Şekil 3.1. İzolasyon amaçlı kullanılan yoğurt örneklerinin temin edildiği şehirler.	37
Şekil 4.1. Yoğurtların temin edildiği yaylalar.....	41
Şekil 4.2. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre kuru madde, yağ ve protein konsantrasyonları (%)	50
Şekil 4.3. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre pH ve asitlik değerleri	53
Şekil 4.4. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre viskozite değerleri (cP).....	61
Şekil 4.5. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre sinerezis değerleri (%).....	62
Şekil 5.1. 16S bölgesi amplifikasyonunda kullanılan PCR miksi bileşimi.....	73
Şekil 5.2. İzolatlara ait asit üretim düzeyleri (%).....	76
Şekil 5.3. İzolatlara ait pH değişimleri.....	77
Şekil 5.4. İzolatlara ait proteolitik aktivite düzeyleri (mg tirozin/mL)	79
Şekil 5.5. İzolatların 16S rDNA sekansları baz alınarak oluşturulan filogenetik ağaç	83
Şekil 6.1. Yoğurtlara ait kuru madde, protein ve yağ içerikleri (%).....	96
Şekil 6.2. Yoğurtların temel bileşimi (%)	97
Şekil 6.3. Depolama süresince yoğurtlara ait toplam asitlik değerleri (%laktik asit)	98
Şekil 6.4. Depolama süresince yoğurtlara ait pH değerleri.....	99
Şekil 6.5. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen asetaldehit miktarları (ppm)	101
Şekil 6.6. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen aseton miktarları (ppm) ..	102

Şekil 6.7. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen aseton miktarları (ppm) .	102
Şekil 6.8. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen diasetil miktarları (ppm) .	103
Şekil 6.9. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen bütirik asit miktarları (ppm)	104
Şekil 6.10. Depolama süresince yoğurtlara ait viskozite değerleri (cP)	106
Şekil 6.11. Depolama süresince yoğurtlarda serum ayrılması değerleri (%).....	107
Şekil 6.12. Tanımlayıcı akış (a) ve viskozite (b) eğrileri ile LB yoğurduna ilişkin akış (c) ve viskozite (d) eğrileri.	108
Şekil 6.13. Depolama süresince yoğurtlardaki laktobasil sayıları (log kob/g)	112
Şekil 6.14. Depolama süresince yoğurtlardaki streptokok sayıları (log kob/g)	113
Şekil 6.15. Depolama süresince yoğurtlardaki TMAB sayıları (log kob/g)	114
Şekil 6.16. Depolama süresince yoğurtların renk-görünüm puanları	115
Şekil 6.17. Depolama süresince yoğurtların koku puanları	116
Şekil 6.18. Depolama süresince yoğurtların kaşıkla kıvam puanları	117
Şekil 6.19. Depolama süresince yoğurtların ağızda kıvam puanları	117
Şekil 6.20. Depolama süresince yoğurtların tat-aroma puanları	118
Şekil 6.21. Depolama süresince yoğurtların genel kabul edilebilirlik puanları	118

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyadaki bazı starter kültür üretici firmalar.....	13
Çizelge 1.2. Yoğurt bakterilerinin bazı özellikleri.....	15
Çizelge 1.3. Yoğurt bakterileri tarafından sentezlenen bazı aroma bileşenleri ve miktarları (ppm)	25
Çizelge 4.1. Geleneksel yoğurt örneklerinin toplandığı lokasyonlar ve ilgili kodlar	42
Çizelge 4.2. Mikrobiyolojik analiz yöntemlerine ait parametreler	46
Çizelge 4.3. Geleneksel yoğurtların bileşimleri (%).....	49
Çizelge 4.4. Geleneksel yoğurtlara ait pH ve titrasyon asitliği değerleri (%laktik asit)	52
Çizelge 4.5. Geleneksel yoğurt örneklerinde belirlenen temel uçucu aroma bileşenleri miktarları (%).....	56
Çizelge 4.6. Geleneksel yoğurtlara ait viskozite (cP) ve sinerezis (%) değerleri	60
Çizelge 4.7. Geleneksel yoğurtlara ait mikrobiyolojik sayımlar (log kob/g).....	63
Çizelge 5.1. Aroma analizleri için uygulanan gaz kromatografisi koşulları.....	71
Çizelge 5.2. 16S bölgesi amplifikasyonunda kullanılan PCR koşulları	73
Çizelge 5.3. LAB izolatlarının 16S rDNA dizi analizinde kullanılan primerlere ait diziler	74
Çizelge 5.4. İndikatör suşlar üzerinde izolatların oluşturdukları inhibisyon zonları .	75
Çizelge 5.5. Tekli izolatların yoğurtta oluşturdukları aroma konsantrasyonları (ppm)	81
Çizelge 5.6. Geleneksel yoğurt izolatlarının 16S rRNA gen dizi analizine bağlı benzerlik değerleri ve nükleotit sayıları.....	84
Çizelge 6.1. Yoğurt üretiminde kullanılan izolatlara ait bilgiler	89
Çizelge 6.2. Yoğurtlara ait bazı reolojik özellikler	111

1. GİRİŞ

1.1. Yoğurt: Orta Asya’ dan Dünyaya Yayılan bir Türk Geleneği

Yoğurdun ilk defa ne zaman üretildiğine dair net bir bilgi olmamasına rağmen yapılan araştırmalar çok eski zamanlardan beri bilindiğini göstermektedir. Fermente süt ürünleri olarak düşünüldüğünde, MÖ 6500-5500 yıllarında koyun ve keçi gibi çeşitli hayvanların evcilleştirildiği Çatalhöyük’ te yapılan kazılarda meşe palamutları ile sütün ekşitildiğine dair kalıntılara rastlanmıştır. Yine, MÖ 4000 yıllarında Sümerlere ait kalıntılarda yer alan “sarı süt” tabirinin kesilmiş süt veya yoğurt olabileceği belirtilmiştir. Hititler’ de bugün günümüzde kurut veya keş adı verilen kurutulmuş peynir/yoğurt/ekşi süt tarzında ürünlerin, sonraki dönemlerde ise Mısır, Roma ve Hindistan’ da yoğurt benzeri ürünlerin olduğu tespit edilmiştir (Ünsal, 2019). 10-11. Yüzyıllarda Uygurca metinlerden anlaşıldığı üzere yoğurdun bu dönemde tüketildiği bilinmektedir. Ayrıca, Kaşgarlı Mahmut’ un Divan-ı Lügati’ t Türk ve Yusuf Has Hacıp’ in Kutadgu Bilig eserlerinde yoğurt kelimesinin bugünkü anlamıyla kullanıldığı belirtilmiştir. Günümüzde yaygın kabul edilen görüşe göre yoğurt, bir Türk buluşu olup önce Orta Doğu ve Balkanlar’ a daha sonra ise 1542 yılında tedavi amaçlı olarak Kanuni Sultan Süleyman tarafından Fransız Kralı 1.Fransuva’ ya gönderilmesiyle Avrupa’ ya yayılmıştır. Yoğurdun Amerika kıtasına geçişi ise daha sonraki yüzyıllarda gerçekleşmiş olup Türkiye’ den göçen Ermeniler’ in vesile olmuş olabileceği bildirilmiştir (Yaygın, 1999). Bir yoğurt bakterisi olan *Lactobacillus bulgaricus* ilk kez bir Bulgar öğrenci olan Stamen Grigorov tarafından keşfedilmiş, sonrasında ise Ellie Metchnikoff “Prolongation of Life: Optimistic Studies” adlı eserinde bu bakterinin ömrü uzatma potansiyeli olduğunu dile getirmiştir. Bu bakteri 1925 yılında Türk bilim adamı Refik Bey tarafından da keşfedilmiş hatta Bacille de yo-ourt turc (Türk yoğurt basili) olarak isimlendirilmiş ancak, ilk isimlendirme olan *L. bulgaricus* şeklinde literatürde yer almıştır. Yine bir Ermeni olan Aram Dökmeciyan’ ın Metchnikoff’ un yoğurdun sağlığa yararlı özelliklerini keşfetmesinde ve Avrupa’ da yoğurt üretiminde önemli rolü olduğu anlatılmaktadır. Avrupa’ da ilk kez yoğurdun eczanelerde ilaç mahiyetinde satılmasına vesile olan Isaac Carasso, günümüzde Danone olarak üretime devam eden Avrupa’ daki ilk yoğurt fabrikalarından birini kurmuştur. Türkiye’ de endüstriyel anlamda ilk yoğurt üretimi

ise 1930 yılında Atatürk Orman Çiftliği' nde, ilk homojenize yoğurt üretimi ise 1962 yılında Türkiye Süt Endüstrisi Kurumu (TSEK, şimdiki adıyla Süt Endüstrisi Kurumu; SEK) tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk meyveli yoğurt ise Pınar (Yaşar Holding) firması tarafından 1997 yılında piyasaya sürülmüştür.

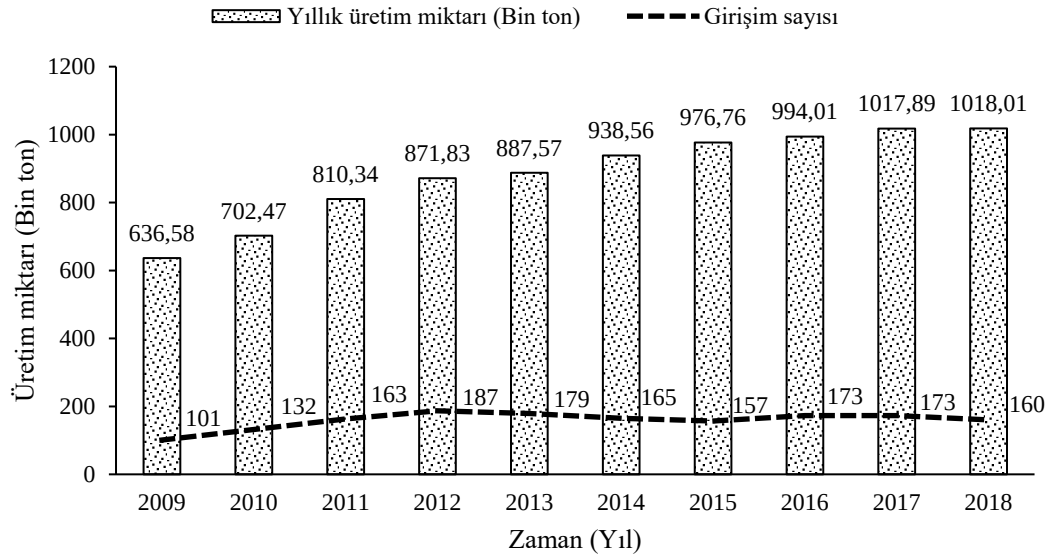
Yoğurt, fermantasyonda *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009). Türk Standartları Enstitüsü tarafından yapılan yoğurt tanımı ise daha detaylıdır: yoğurt, standartlara uygun inek sütü, koyun sütü, manda sütü, keçi sütü veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün gerektiğinde süttozu ilavesiyle homojenize edilip veya edilmeden standartta belirtilen yoğurt yapım kurallarına uygun bir şekilde *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*' tan oluşan yoğurt kültürünün etkisiyle laktik asit fermantasyonuna uğratılması sonucu elde edilen üründür (Anonim, 2011; Ünsal, 2019). Her iki tanımda da yer alan bu iki spesifik bakteri, fermente bir süt ürününün yoğurt olarak adlandırılabilmesi için elzemdir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği' nde yer alan bir diğer ibareye göre ise bahsi geçen bu iki bakterinin her birinin sayısı gram yoğurt başına 10^7 koloni oluşturan birim olmalıdır (Anonim, 2009).

1.2. Dünyada ve Türkiye' de Yoğurt Pazarı

Yoğurt pazarının dünyada halen büyümekte olan bir pazar olduğu bilinmektedir. Güncel duruma bakıldığında ise dünyadaki yoğurt pazarının 2020-2025 yılları arasında %4.5' luk bir yıllık bileşik büyüme oranı (CAGR) ile büyümeye devam edeceği öngörülmektedir. Fonksiyonel ve sağlıklı gıdalara olan ilgi ve talebin artması yanında yoğurdun, probiyotik mikroorganizmaların tüketiciye ulaştırılmasında en fazla tercih edilen gıda ürünü olması bu büyümede önemli rol oynamaktadır. Son yıllara kadar Kuzey Amerika ülkelerinde meyveli yoğurt ve yoğurt dondurması daha çok tercih edilirken “Greek” yoğurt konseptinin pazara girmesiyle yoğurt tüketimi ciddi oranda artmış ve yine bununla paralel olarak yoğurt pazarında belirgin bir büyüme olmuştur. Yoğurt pazarının en hızlı büyüyen üyesi Asya-Pasifik bölgesidir. Pazar büyüklüğü olarak bakıldığında da Avrupa ve Asya ilk sırada olup Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Afrika bunları takip etmektedir. Global çerçevede yoğurt üreticisi ilk beş firma sırasıyla; Danone S.A., Chobani, LLC., General Mills, Inc.,

Nestle S.A. ve China Mengniu Dairy Company Limited olarak belirlenmiştir (Anonim, 2020).

Türkiye’ de yoğurt hemen hemen her sofrada yer almakta olup toplam nüfusun %96’ sının yoğurt tükettiği belirtilmiştir (Ünsal, 2019). Kahvaltılarda, ana yemeklerin yanında, tatlı olarak veya yemeklerin yanında içilebilir formda tüketilen yoğurdun ülkemizde kişi başı yıllık tüketimi 30.6 kg’ dır (Artık, 2020). Ülkemizdeki yıllık yoğurt üretim miktarlarına bakıldığında sürekli arttığı ancak artış hızının son yıllarda azaldığı görülmektedir. Bu durum üretimin bir doyum noktasına ulaştığı kanısını oluşturmaktadır. Son yıllarda durma ve azalma eğilimi gösteren girişim sayısının da buna işaret ettiği düşünülmektedir (Şekil 1.1). Pınar, Süttaş, İçim, SEK, Torku, Yörsan ve Kebir firmaları Türkiye’ de ulusal ölçekte yoğurt üretimi ve satışı yapan başlıca firmalardır.



Şekil 1.1. Türkiye 2009-2018 yılları arası yıllık yoğurt (tatlandırılmış veya meyve, sert kabuklu yemişler veya kakao ilave edilmiş olanlar hariç) üretim miktarları (TÜİK, 2020)

1.3. Yoğurt Çeşitleri ve Üretim Yöntemleri

Endüstriyel olarak üretilen yoğurtlar fiziksel hallerine göre başlıca altı grup altında toplanabilir; (i) katı-viskoz (set), (ii) pıhtısı kırılmış (stirred), (iii) içilebilir (drinking), (iv) dondurulmuş (frozen) yoğurt, (v) süzme (concentrated/strained) ve (vi) toz yoğurt. Bunun dışında bileşimine göre tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız; çeşnisine göre sade, meyveli ve aromalı; ve son olarak diğer veya çeşitli kapsamında enzimle hidrolize edilmiş, vitaminle zenginleştirilmiş, ısıl işlem görmüş veya bitkisel yağ ilave edilmiş gibi yoğurt çeşitleri de bulunmaktadır (Tamime ve Robinson, 2007). Bu sınıflandırmalar çeşitli ülkelerdeki düzenlemelerden derlenerek buraya aktarılmış olsa da Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği' ne bakıldığında da kısmen buna benzer bir sınıflandırmaya rastlanmaktadır. Ancak, ülkemizde ısıl işlem görmüş fermente süt ürünü ayrı bir kategoride değerlendirilirken, yoğurtlarda bitkisel yağ ilavesi ve enzimle yoğurt elde edilmesi gibi durumlar söz konusu değildir. Bu kısımda geleneksel ve endüstriyel yoğurt üretim yöntemleri sırasıyla ele alınacaktır. Ayrıca, yukarıda bahsi geçen yoğurt çeşitlerine de kısaca değinilecektir.

1.3.1. Geleneksel yoğurt üretimi

Geleneksel yoğurt denilince Türkiye gibi yoğurt diyarı, yoğurdun memleketi sayılan topraklarda çok çeşitli yoğurtlara rastlamak da kaçınılmaz olmaktadır. Nitekim yöreden yöreye farklı yöntemlerle üretilen ve farklı isimlerle anılan onlarca çeşit yoğurt üretilmektedir.

1.3.1.1. Yoğurt sütünün hazırlanışı

Yaygın olarak yoğurt yapımında inek sütü kullanılmakla birlikte, üretim zamanındaki mevsime, imkanlara ve damak tadına göre inek, koyun, keçi ve manda sütlerinden veya bunların karışımlarından yoğurt yapılabilir. Günümüzde yapılan Silivri yoğurdu genelde koyun, manda, inek ve keçi sütü karışımlarından yapılırken geleneksel Silivri yoğurdu koyun sütünden yapılmaktadır (Yaygın, 1999). Koyun yoğurdu padişahların yoğurdu olarak da bilinmektedir. Silifke yoğurdu olarak bilinen yoğurt geleneksel olarak tamamen keçi sütünden yapılırken Kanlıca yoğurdu geleneksel olarak %80 inek %20 koyun veya %90-95 inek %5-10 manda sütü karışımı ile yapılmaktadır. Yoğurt yapımında çoğunlukla Sivas Şarkışla' da %80 koyun %20

keçi sütü karışımı, Senirkent (Isparta) ve Serik (Antalya)' te koyun sütü, Bafra (Samsun)' da manda sütü kullanılmaktadır.

Süt sağılıp süzülmesini müteakip tercihe göre (satılacaksa veya evde tüketilecekse) sütün yağını hiç almadan (bazı yörelerde ana yoğurdu denir), bir kısmını ayırdıktan (bazı yörelerde kız veya gelin yoğurdu denir) veya tamamını ayırdıktan (pek uygulaması yoktur, süzme yoğurt için yapılabilmekte olup imansız yoğurt diye tabir edilmektedir) sonra kaynatılmaktadır. Kaynatma işleminde kara kazan (bakır), kızıl kazan (kalaylanmamış bakır kazan), alüminyum-çelik tencereler kullanılmakta olup tüp gaz üzerinde, odun ateşinde (çalı, çam vs.) veya kuzinede kaynatılmaktadır. Sütü karıştırmak için tahta kaşık, sopa (pala), metal kepçe gibi malzemelerden yararlanılmaktadır. Kaynatma süresi yine arzuya göre değişmekle birlikte genelde sütün kaynadıktan sonra 5-15 dakika daha ateşte bekletilmesi şeklinde olup çok daha uzun süreler (100-120 dakika) kaynatıldığı durumlara da rastlanmaktadır. Geleneksel üretimde süt uzun süre kaynatılarak hem kuru madde oranı artırılmakta hem de serum proteinlerini denatürasyonu sağlanmaktadır. Sonrasında süt; bakraç (külek), çömlek, plastik kap-tencerelerde bazen de sütün kaynatıldığı kapların içinde soğutulmaktadır. Mayalama işlemi için genellikle yıkanıp temizlenmiş serçe parmakla sıcaklık kontrolü yapılmakta ve parmağı yakmayacak/hafif yakacak sıcaklığa kadar soğutulmaktadır (Ünsal, 2019).

1.3.1.2. Mayalama işlemi ve inkübasyon

Mayalama amacıyla kullanılan maya, “kor” “damızlık” veya “turık” adlarıyla anılmakta olup önceden mayalanmış yoğurt dışında yoğurt suyu, peynir mayası, yayık tereyağı, yayık kazıntısı (yoğurdun yağ elde edildikten sonra yayıkta kalan kalıntı), peynir suyu ve kurut (kurutulmuş yoğurt) gibi süt ürünleri de kullanılmaktadır. Sürekli kullanılan yoğurt mayasının zamanla bozulması nedeniyle market yoğurtlarından veya başka yoğurtlardan paçal yapıp kullanıldığı durumlar da olmaktadır (“piç maya” olarak adlandırılan bu mayaya özellikle geleneksel üretim yapan mandıralarda başvurulabilmektedir). Ayrıca, karınca yumurtası, yoğurt otu, kuzukulağı, çam kozalağı, incir yaprağı, gürgen yaprağı, gibi birçok bitki kısmı ile çiğ damlası, yağmur suyu ve son olarak, gümüş, yeşim taşı ve kekere taşı gibi bazı inorganik maddelerle de yoğurdun mayalandığı belirtilmiştir. Bu ve benzeri uygulamaların bir kısmı sadece söylenti şeklinde bir kısmı ise gerçekten uygulanmış ve uygulanan yöntemler olarak

geçmektedir. Ancak, bu uygulamalardan her ne kadar pıhtı elde edilebilse ve halk arasında yoğurt olarak adlandırılrsa da tahmin edileceği üzere elde edilen ürünün yoğurt olup olmayacağı tartışmalı bir konudur ve daha detaylı araştırılması gerekmektedir (Ünsal, 2019).

Mayalama işleminde bir önceki yoğurt kullanılacaksa bazen sulandırma yoluyla homojen hale getirme işlemi de uygulanmaktadır. Kullanılan mayanın belirli standart bir ölçüsü olmamakla beraber genelde tas, kaşık, çay bardağı gibi ölçülerle ılık haldeki süte ilave edilip karıştırılmaktadır. İlave edilen mayanın ölçüsü mevsime ve mayanın kuvvetine göre ayarlanabilmektedir. Geleneksel yoğurt üretiminde inkübasyon işlemi için belirli bir sıcaklık ve süre bulunmamaktadır. Gerekli sıcaklığın sağlanması için mayalanan süt; sofr bezi, battaniye veya havlu ile sarılıp kalorifer peteği, ısıtıcı veya soba yanı gibi daha sıcak yerlerde konumlandırılırken yoğurdun tutması, istenilen lezzet ve yapının elde edilmesi, kışın daha uzun yazın daha kısa ama genellikle 2-8 saat sürmektedir.

1.3.1.3. Yoğurdun soğutulması ve depolanması

İstenilen kıvama gelen yoğurt, bulunduğu kabın kapağı aralanmak veya açılmak suretiyle (sulanma olmaması için) soğuması için bir saat kadar oda sıcaklığında bekletilir. Yoğurt, tam yapısını kazanması için 6-12 saat buzdolabında veya soğukta bekletildikten (uyutulduktan) sonra tüketim için hazırdır. Geleneksel yoğurtlar genellikle birkaç gün ile 1 hafta arasında bir tüketim ömrüne sahiptir. Bu nedenle yoğurdun raf ömrünü uzatmak maksadıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

1.3.2. Geleneksel yoğurt çeşitleri

1.3.2.1. Süzme yoğurt

Yoğurtta bozulmanın en önemli nedeni, yüksek besin değeri ve yüksek su aktivitesine sahip olması nedeniyle, mayalama amaçlı bulunan laktik asit bakterileri ile diğer kontamine mikroorganizmaların mikrobiyal faaliyetleridir. Süzme işleminde de öncelikli amaç suyu uzaklaştırmak ve böylece kuru madde oranını artırarak mikroorganizma gelişimini yavaşlatmak veya engellemektir. Yoğurdun daha uzun süre kullanımını sağlamak ve ekşimesini-bozulmasını engellemek maksadıyla yoğurt, suyunun süzülmesine imkan verecek büyüklükte deliklere sahip bez torba, kese veya

tülbende aktarıldıktan sonra süzülmesi için yüksek bir yere asılmaktadır. Süzme yoğurda “torba yoğurdu” ve “kese yoğurdu” denmesi de bu işlemde kaynaklanmaktadır. Süzme yoğurt üretiminde genellikle yağsız yoğurt kullanılmaktadır. Torbaya alınan yoğurt bazen de tahta bir yüzeye alınıp taş gibi bir ağırlık yardımıyla süzdürülmeye bırakılmaktadır. Süzme işlemi birkaç saatten 2-3 güne kadar sürebilmektedir. Süzülen yoğurt kapaklı cam veya plastik kaplarda buzdolabında 2-4 hafta dayanabilmektedir. Ayrılan yoğurt suyu ise atılmayıp turşu üretiminde ve yoğurt mayalamada kullanılabilir. Ayrıca, Sivas’ ta ve Kilis Musabeyli’ de süzme yoğurtlara tuz ilavesi yapılarak raf ömrü artırılırken farklı bir lezzet de ortaya çıkarılmaktadır (Ünsal, 2019).

1.3.2.2. Kış yoğurdu

“Pişmiş yoğurt”, “tutma yoğurt” ve “tuzlu yoğurt” olarak da bilinen bu geleneksel üründe, sütün bol olduğu mevsimlerde yoğurdun üretildikten sonra pişirilerek mikroorganizmaların inaktive edilmesi ve böylece, raf ömrünün artırılarak sütün az olduğu mevsimlerde tüketilmesi amaçlanmıştır. Kış yoğurdu, teneke kaplarda 5-6 ay, cam kavanozlarda ise 2 yıla kadar dayanmaktadır. Genellikle Hatay çevresi, Akdeniz ve Orta Anadolu’ da üretilen ve tüketilen bir yoğurt çeşididir (Ünsal, 2019; Yaygın, 1999).

Yoğurt üretildikten sonra yayvan kaplarda karıştırılarak pişirilmektedir. Bu aşamadan sonra uygulamalarda bazı ufak farklılıklar mevcuttur: (i) süzme yoğurt kıvamına gelince ocaktan alınıp farklı kaplarda soğutulduktan sonra ağzı zeytinyağlı bir tülbentle sarılıp kapağı kapatılmaktadır, (ii) Pişme sırasında su iyice uzaklaştırılıp göz göz delikler oluşmaya başlayınca %1-3.5 tuz ilavesi yapılmaktadır, bazen (iii) taze yoğurt yerine bir gece dinlendirilmiş yoğurt pişirilmekte ve tuz ilavesi yapılmaktadır, son olarak ise (iv) yoğurt 3-5 saat süzildikten sonra süzülen su kadar su ilavesi yapıp pişirilmekte ve tuz ilavesi yapılmaktadır (Ünsal, 2019; Yaygın, 1999). Kullanılan tuz, kalın kaya tuzudur ve yoğurda katılma oranı yöreye ve damak tadına göre değişebilmektedir. Örneğin, Antakya tuzlu yoğurdunda %5-10; Urfa’ da ise %1 oranında tuz kullanılmaktadır (Ünsal, 2019).

Özelleşmiş bir kışlık yoğurt olan, “tulum veya tuluk yoğurdu” olarak da adlandırılan, kışlık yoğurtların tuzlandıktan sonra deri, torba ve işkembeyle basılması geleneği de Bursa, Burdur ve Sivas taraflarında halen sürdürülmektedir. “Akçakatık”,

“ökelek” ve “katık” gibi isimlerle anılan bu ürünlerin üretim yöntemlerinde farklılıklara rastlanmaktadır. Dorak adı verilen taş süzgeçlerden süzülen tuzlu yoğurdun yağının yayıklanmasından arta kalan kısmın süzülmesiyle elde edilen Dorak yoğurdu da Kayseri’ de sürdürülen ender geleneklerdendir (Ünsal, 2019).

1.3.2.3. Peskütan

“Pestigen”, “pestiken”, “pesküten” isimleriyle de anılan, özellikle Sivas ve Bingöl illerinde üretilen bir pişmiş yoğurt çeşididir. Elde edilen taze yoğurt (bazen ekşitildikten sonra), genellikle yağı ayrıldıktan sonra, pişirilmekte ve bu esnada içine tuz, buğday (yarma) ve/veya un katılmaktadır. Buğday ve unun katılma sebebi, pişme sırasında şişip patlayarak pişme işleminin sonlandırılması gerektiğini haber vermenin yanı sıra içerisindeki nişastanın sıcaklıkla birlikte çirşlenerek yapıyı iyileştirmesidir. Pişme işleminden sonra üstteki yeşil su (varsa) döküldükten sonra kalan yoğurt bez torbalara alınarak süzme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ardından, küp, teneke veya plastik bidonlara basılmakta ve bazen üzerine don yağı eklenerek toprağa gömülmekte veya soğuk bir yerde depolanmaktadır (Ünsal, 2019; Yaygın, 1999).

1.3.2.4. Kurut

Yağsız süttten yapılan yoğurdun veya yoğurt yayıklandıktan sonra arta kalan ayranın torbalarda süzülmesi, ardından tuzlanması ve elle şekillendirildikten sonra güneşte kurutulması ile elde edilen bir yoğurt çeşididir. “Keş”, “keşk” gibi isimlerle de anılmaktadır. Buradaki amaç da yine yoğurdun raf ömrünü uzatmak ve besleyici bir ürün elde etmektir. Sulandırılıp yoğurt veya ayran şeklinde tüketilebilmekte ayrıca, çorba ve yemeklere de katılmaktadır. Kars tarafında yağlı süttten yapılan ve “kremalı kurut” olarak adlandırılan çeşidi de mevcuttur (Ünsal, 2019; Yaygın, 1999).

1.3.3. Endüstriyel yoğurt üretimi

1.3.3.1. Yoğurt süttünün hazırlanışı

Ülkemizde yoğurt üretiminde genellikle inek süttü tercih edilmekle birlikte küçük çaplı olarak manda ve koyun gibi farklı hayvanların süttleri de mevsimine ve mevcudiyetine göre kullanılabilir. İşletmelere kabul edecek süttlerde; asitliğin gelişmemiş

olması (pH: 6.5-6.7, SH: 7.5-8.5), temiz ve mikrobiyolojik açıdan kaliteli olması, duyusal olarak herhangi bir olumsuzluk bulunmaması, temel kimyasal bileşiminin uygun aralıklarda olması, herhangi bir hastalık ve mastitis olmaması (somatik hücre sayısı $<5 \times 10^5$ /mL) ve antibiyotik içermemesi gibi kriterlere bakılmaktadır. Bu kriterleri sağlayan sütler işletmeye alınarak kirliliklerin ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması amacıyla kaba bir filtrasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Süt, hemen işlenmeyecekse veya soğukta depolama imkanı yoksa sütün bozulmasını engellemek ve raf ömrünü artırmak için bazı işlemler uygulanabilmektedir. Bu işlemlerin bazıları aşağıda açıklanmıştır:

- Mikrofiltrasyon: Çiğ sütün yağı uzaklaştırıldıktan sonra yaklaşık 50 °C sıcaklıkta basınç altında $\leq 0.5 \mu\text{m}$ gözenek çaplı filtrelerden geçirilerek somatik hücrelerin, bakteri ve sporların uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.
- Baktöfugasyon: Çiğ sütün 50-60 °C sıcaklıkta santrifüj edilerek bakterilerin uzaklaştırılması işlemidir.
- Karbondioksit (CO₂) uygulaması: Psikrofil ve aerobik mikroorganizmaların gelişimini yavaşlatmak amacıyla belirli oranlarda CO₂ uygulaması yapılmaktadır.
- H₂O₂ ilavesi: Sütte asitliğin gelişimini engellemek amacıyla soda, karbonat, sorbat ve benzoatlar, formaldehit ve hidrojen peroksit gibi birçok koruyucu yasak olmasına rağmen kullanılmaktadır. Ancak, bunlardan sadece hidrojen peroksitin, katalaz enzimi veya yeterli ısıl işlemle parçalanabilmesi ve sonuçta açığa çıkan su ve oksijenin herhangi bir tehlike oluşturmaması nedeniyle, belirli oranlarda kullanımına FAO tarafından sıcak ülkelerde izin verilmektedir. Ayrıca, sütte bulunan doğal koruyucu laktoperoksidaz sisteminin aktivasyonu için genellikle H₂O₂ ilavesine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Termizasyon: Düşük sıcaklık ve sürede (63-65 °C, 15-20 s) ısıl işlem uygulanarak sütün buzdolabı koşullarındaki ömrü 3 güne kadar uzatılabilmektedir (Özer, 2006).

Endüstriyel yoğurt üretiminde kullanılan sütün kuru madde ve yağ açısından standardize edilmesi son üründe arzu edilen fiziksel ve duyusal niteliklerin sağlanması açısından önemli bir basamaktır. Koyun (%18 kuru madde) ve manda (%17.2 kuru madde) gibi inek sütüne (%12.7 kuru madde) kıyasla kuru maddesi yüksek sütler herhangi bir standardizasyon gerektirmeksizin kullanılabilirken inek sütlerinde genellikle yağ ve kuru madde artırımına ihtiyaç duyulmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan önceki düzenlemelere göre asgari yağsız kuru madde oranı yoğurtlarda

%12 olması gerekirken güncel düzenlemelerde yalnızca protein konsantrasyonu ilgili bir düzenleme bulunmakta olup yoğurtlarda bulunması gereken minimum konsantrasyon %3 olarak belirlenmiştir. Yeterli protein ve/veya kuru madde oranını sağlamak için ısıtıl işlem uygulaması, evaporasyon, ultrafiltrasyon ve ters ozmoz gibi fiziksel işlemler yanında süz tozu, çeşitli peynir altı suyu tozu formları, serum proteini tozları ve yayık altı tozu gibi dışarıdan çeşitli süt kaynaklı maddelerin ilavesi de söz konusu olabilmektedir. Yağ standardizasyonunda ise fazla yağ genellikle yağsız süt ilavesi veya seperasyonla fazla yağın ayrılması şeklinde dengelenirken yağın yetersiz olduğu durumlarda ise genellikle süte krema ilavesi yapılmaktadır.

Bileşimi standart hale getirilen sütlere ısıtıl işlem uygulanırken kaymaksız yoğurt üretilecekse süte homojenizasyon işlemi de uygulanmaktadır. Homojenizasyon işlemi geleneksel üretimde mümkün olmadığından homojenize (kaymaksız) yoğurt üretimi de söz konusu olmamaktadır. Yüksek basınç altında yağ globüllerinin çapı 1 µm' nin altına indirilerek globüllerin bir araya gelerek kaymak oluşturmaları engellenmektedir. Yoğurt üretiminde kullanılacak süte ısıtıl işlem uygulanmasının en önemli nedenleri; sütteki patojen mikroorganizmaların uzaklaştırılması, fermentasyon sırasında starter kültür aktivitesini etkileyebilecek rekabetçi floranın elimine edilmesi ve yoğurtta arzu edilen fiziksel özelliklerin temin edilmesidir. Yoğurtta pıhtının yeterli sıklıkta olmasında serum proteinlerinin denatürasyonu ile mümkün olmaktadır. Ancak, içme sütlerinde uygulanan UHT işlemi veya düşük sıcaklıkta uzun süre pastörizasyon (LTLT) işlemleri yeterli serum proteini denatürasyonunun sağlayamadığından yoğurt için uygun değildir. Bu nedenle, yoğurt sütüne 85-95 °C sıcaklıklarda 20-30 dk ısıtıl işlem uygulanarak sütteki α-laktoalbumin ve β-laktoglobulinlerin denatürasyonu böylece, κ-kazein ve fosfolipidler ile etkileşimi sağlanarak yoğurt jelinin oluşumuna olanak verilmektedir.

1.3.3.2. Mayalama işlemi ve inkübasyon

Geleneksel yoğurtlarda maya olarak önceki yoğurt kullanılırken endüstriyel yoğurtlarda bundan farklı olarak starter kültür kullanılmaktadır. Yoğurtta starter kültür olarak *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*' un uygun suşlarının kombinasyonları kullanılmaktadır. Günümüzde kullanılan starter kültürler liyofilize formda olup ön aktivasyona ihtiyaç duyulmamaktadır. Mayalama sıcaklığına (42-45 °C) soğutulan süte liyofilize kültür katıldıktan ve yeterince karıştırıldıktan sonra kaplara

doldurulmaktadır (Set yoğurt). Bu kaplar kontaminasyonu engellemek maksadıyla plastik kaplarda çoğunlukla şekil verme esnasında bazen de buhar, sıcak kuru hava veya hidrojen peroksit ile sterilize edilmektedir. İnkübasyon işlemi yine 42-45 °C’ de kaplarda gerçekleştirilmektedir. İnkübasyon işleminin süresi pH değişimi ile takip edilmektedir ve kapların büyüklüğüne göre değişmekle birlikte genellikle pH 4.5-4.6 civarında inkübasyon sonlandırılmaktadır. Pıhtısı kırılmış (stirred) yoğurtta ise mayalama işlemi genellikle kazanlarda yapılmakta ve pıhtı kırılarak sonraki işlemler için (Türkiye’ de genellikle meyveli ve süzmeli yoğurt üretimi için) transfer edilmektedir (Özer, 2006).

1.3.3.3. Yoğurdun soğutulması ve depolanması

Yoğurtların soğutulması işlemi tek (<10 °C) veya iki aşamalı (önce 20-25 °C’ ye sonra <10 °C) olarak gerçekleştirilebilmektedir. Yeterince soğuyan yoğurtlar kapaklanmakta ve soğuk muhafazaya transfer edilmektedir. Tüketime sunulmadan önce 12-16 saat +4 °C’ de bekletilmektedirler. Raf ömürleri ortalama 30 gündür.

1.3.4. Endüstriyel yoğurt çeşitleri

1.3.4.1. Süzme (Konsantre yoğurt)

Daha çok ortadoğu ve Arap ülkelerinde bilinen labne, süzme yoğurt olarak da bilinmektedir (Tamime ve Robinson, 2007). Elde edilen yoğurtların konsantre edilmesinde farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır. Mekanik santrifüjler aracılığıyla iki aşamalı olarak gerçekleştirilen konsantrasyon işleminin ilk aşamasında yağsız yoğurt bir miktar ısıtıldıktan sonra (55-60 °C) %18 kuru maddeye çıkarılmakta, ikinci aşamada ise krema ilavesinden sonra ikinci bir santrifüj işlemi gerçekleştirilmektedir. Ultrafiltrasyon ile üretilen yoğurtlarda süt veya yoğurt ultrafiltrasyon işlemine tabi tutulabilmektedir (Özer, 2006).

1.3.4.2. Dondurulmuş yoğurt (Yoğurt dondurması)

Yoğurt ve dondurma teknolojisinin birleştirilmesi ile ortaya çıkmış nispeten düşük yağlı fermente bir süt ürünüdür. Üretim teknolojisindeki farklılıklara göre (i) yumuşak dondurulmuş yoğurt, (ii) sert dondurulmuş yoğurt ve (iii) mus yoğurt olmak üzere üçe

ayrılmıştır. Sert ve yumuşak dondurulmuş yoğurtlar arasındaki fark kullanılan soğuk yoğurt, stabilizör/emülsifiyer ve soğuk şekerli meyve şurubunun farklı oranlarda karıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Mus yoğurtta ise yoğurt ile sıcak meyve şurubu ve stabilizör/emülsifiyer karışımı hazırlanmaktadır. Dondurmada kullanılan yoğurdun kuru maddesi genellikle ultrafiltrasyon yoluyla veya süt tozu ilavesiyle sağlanmaktadır. Stabilizör olarak ise karboksimetilselüloz (CMC), pektin, guar gum, keçiyoynuzu gamı ve propilen glikol kullanılmaktadır (Özer, 2006).

1.3.4.3. Yoğurt tozu

Yoğurt üretildikten sonra süzme, buharlaştırma, santrifüj, filtrasyon gibi işlemlerle suyu uzaklaştırılarak konsantrasyonu artırılmaktadır. Kurutma işleminin etkinliğini artırmak ve süresini kısaltmak için ön konsantrasyon işlemi gereklidir. Kurutma işleminde geleneksel olarak güneşte kurutma uygulansa da kontaminasyon riski yüksek ve kurutma süresi değişken olup standart bir ürün elde etmek mümkün değildir. Endüstriyel yoğurt tozu üretiminde dondurarak kurutma (liyofilizasyon), püskürtmeli kurutma, mikrodalga kurutma ve konvektif kurutma gibi yöntemler uygulanmaktadır. Yoğurt bakterilerinin canlılığı açısından liyofilizasyon ve püskürterek kurutma yöntemleri daha verimlidir. Yoğurt tozu üretiminde temel amaç raf ömrünün uzatılmasıdır. Yoğurt tozu tekrar sulandırılarak evlerde yoğurt/ayran/sos şeklinde tüketilmesine rağmen normal yoğurt gibi bir yapı kazanması mümkün değildir. Bu nedenle endüstriyel olarak daha çok starter kültür amaçlı, labne üretiminde ve çeşitli atıştırmalıklara, çikolata, jelibon gibi ürünlere aroma ve fonksiyonellik katmak amacıyla ilave edilebilmektedir (Koç vd, 2009).

1.4. Yoğurt Üretiminde Kullanılan Starter Kültürler

Starter kültürler, kontrollü ve güvenilir bir fermantasyon sağlamak amacıyla gıdalarda kullanılan tanımlanmış mikroorganizma kültürleridir (Leroy ve De Vuyst, 2004). Spesifik olarak ise yoğurda istenen duyuşal, tekstürel ve reolojik özellikleri kazandıran ürünün standart kalitede olmasını sağlayan mikroorganizma kombinasyonlarıdır. Toplamda 12 adet olan laktik asit bakteri cinslerinden yoğurtta kullanılan *Lactobacillus* ve *Streptococcus* ile birlikte sadece beş tanesi (*Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*) süt ürünleri üretiminde starter kültür olarak kullanılmaktadır (Aran, 2013). Yoğurt mikoroflorası üzerine 1900' lü yıllarda

Türkiye’ de ve dünyanın çeşitli ülkelerinde yapılan çalışmalarda güncel adlarıyla *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* yanında *L. jugurti* ve *L. helveticus* gibi bakteriler ile *Saccharomyces*, *Candida* ve *Geotricum* gibi mayalara da rastlanılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, yoğurt üretimi için *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*’ un yeterli oldukları, yoğurtlarda tespit edilen diğer mikroorganizmaların ise yoğurdun ekşimesine yol açtıkları ve böylece raf ömrünü kısalttıkları ayrıca, duyuşal özelliklerinde ve tekstüründe bozulmalara neden oldukları belirlenmiştir (Yaygın, 1999). Günümüzde ülkemizin de içinde bulunduğu birçok ülkede yoğurtlarda bu iki laktik asit bakterisinin bulunması elzemdir.

Dünyada süt ürünlerinde kullanıma yönelik ilk starter kültür üretimi 19. yüzyılda Chr. Hansen firması tarafından Danimarka’ da gerçekleştirilmiştir. 1870’ lerde peynir mayası üretimiyle sektöre adım atan firma, 1890’ larda ise dünyada ilk starter kültür üretimini başlatan firma olmuştur. Chr. Hansen firması, zaman içerisinde yatırım yapmaya ve gelişmeye devam etmiş ve sonuç olarak, Danisco (DuPont) ile birlikte günümüzde dünyanın en büyük starter kültür üretici firması haline gelmiştir (Çizelge 1.1). Ülkemizde starter kültür üretimine dair çalışmalar son yıllarda hız kazanmış olup üretici firma(lar) olduğu bilinmektedir. Günümüzde starter olarak kullanılan yoğurt bakterilerine genetik olarak müdahale edilmek suretiyle şekerleri metabolize etme, ekzopolisakkarit üretme, stres faktörlerine karşı direnci artırma, antimikrobiyal özellik kazandırma ve aroma kapasitesini artırma gibi çeşitli özellikler kazandırılabilir (Özer, 2006).

Çizelge 1.1. Dünyadaki bazı starter kültür üretici firmalar

Üretici Firma	Ülke
Alce	İtalya
BIOPROX	Fransa
BioSource Flavors, Inc.	Amerika Birleşik Devletleri
Centro Seprimenti del Latte	İtalya
Christian and Hansen	Danimarka
CSK Food Enrichment	Hollanda
Danisco	Danimarka
DSM	Hollanda
Valio	Finlandiya

1.4.1. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Lactobacillus cinsi kendi içerisinde laktozu fermente etme durumuna göre *Thermobacterium*, *Streptobacterium* ve *Betabacterium* olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. *L. bulgaricus*; *L. helveticus*, *L. acidophilus* ve *L. jugurti* ile birlikte *Thermobacterium* grubunda yer almaktadır. *Thermobacterium* grubu bakteriler; termofilik, homofermantatif, aldolaz aktivitesine sahip, pentoz ve glukonatları fermente edememe gibi tipik özellikler sergilemektedirler (Aran, 2013; Kılıç, 2008).

L. bulgaricus ilk defa 1904 yılında Bulgar Stamen Grigorov tarafından tanımlanmış olup adını da buradan almıştır. *Thermobacterium bulgaricum*, *Bacterium bulgaricum* ve *Bacillus bulgaricus* gibi isimlerle anılan bakteri, sonrasında Türk bilim adamı Refik Bey tarafından da teşhis edilerek *Bacille de yo-urt turc* (Türk yoğurt basili) şeklinde de adlandırılmıştır ancak, kabul gören ilk ismi ile kullanılmaktadır (Yaygın, 1999). Maltozu kullanamaması, *L. delbrueckii* ssp. *lactis* ile arasındaki tek farktır. Laktoz metabolizmasının temel ürünleri D (-) laktik asit ile asetaldehittir. Bazı suşları polisakkarit materyal üretme yeteneğine sahiptir. Çubuk şeklinde, termofilik, gram (+), fakültatif anaerob, sporsuz ve hareketsizdirler (Özer, 2006). Gelişimlerinin %5 CO₂ varlığında arttığı belirtilmiştir (Yıldız, 2016). Genellikle genç hücreler tekli bulunurken yaşlı hücreler zincir şeklinde bulunabilmektedir. Optimum gelişme sıcaklıkları 42-50 °C olan *L. bulgaricus*, 63 °C’ de 30 dk ısıtma dayanıklı olup 70 °C üzerinde ise imha olmaktadır (Yaygın, 1999). Hücre duvarı yapısı L-lisin d-aspartat şeklindedir (Özer 2006; Kılıç, 2008). Proteolitik kapasitesi *S. thermophilus*’ a kıyasla yüksek olup B vitaminlerinden niasin ve pantotenik asite muhtaçtırlar. DNA’ daki GC oranı %49-51 arasında değişmektedir (Özer, 2006). Suşa bağlı olarak ürettikleri asit ve asetaldehit, aseton, etanol (çok az), 2-butanone, asetoin (iz) gibi aroma maddelerinin miktarları da değişkenlik göstermektedir. Yoğurtlardan izole edilen 25 *L. bulgaricus* suşunun asetaldehit üretim miktarlarının 4-77.5 ppm arasında değiştiği belirtilmiştir (Yaygın, 1999). Çiğ süt ve sert peynirlerin doğal mikroflorasında bulunmasının yanı sıra sert ve pıhtısı pişirilen peynirlerde de kültür olarak kullanılmaktadır (Kılıç, 2008).

1.4.2. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus cinsi yaklaşık 50 tür ve alt tür bulundurmakta olup bunlar arasından sadece *S. thermophilus* starter olarak yoğurtta ve bazı İtalyan ve İsviçre tipi peynirlerde kullanılmaktadır (Aran, 2013). İlk kez 1919’ da Orla-Jensen tarafından laktik streptokok olarak tanımlanmıştır. Uzun bir süre *S. salivarius* ssp. *thermophilus* olarak adlandırılan bakteri, moleküler çalışmalar sonucunda *S. salivarius* ve *S. thermophilus* türleri arasındaki fenotipik ve genotipik farklılıkların belirlenmesiyle birlikte *S. thermophilus* olarak adlandırılmıştır. *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* bakterilerine ait bazı özellikler Çizelge 1.2’ de özetlenmiştir.

Çizelge 1.2. Yoğurt bakterilerinin bazı özellikleri (Aran, 2013; Özer, 2006)

	<i>L. bulgaricus</i>	<i>S. thermophilus</i>
Hücre şekli	Yuvarlak uçlu çubuk, tekli, kısa zincirli	Yuvarlak/oval uzun zincirli
Katalaz	-	-
GC	37-40	49-51
Laktik asit izomeri	D-	L+
La miktarı	1.5-1.8	0.6-0.8
Ulaşacağı pH	3.8	4.5
Optimum sıcaklık (°C)	40-45	40-45
Minimum sıcaklık (°C)	22	20
Maksimum sıcaklık (°C)	52	50
Asetik asit	iz	iz
Gaz-CO ₂	-	-
Proteolitik aktivite	+	+/-
lipolitik	+/-	+/-
Sitrat fermentasyonu	-	-
Polisakkarit üretimi	++	+/-
H ₂ O ₂	+	+/-
Alkol	iz	-
Tuz toleransı (%maksimum)	2	2

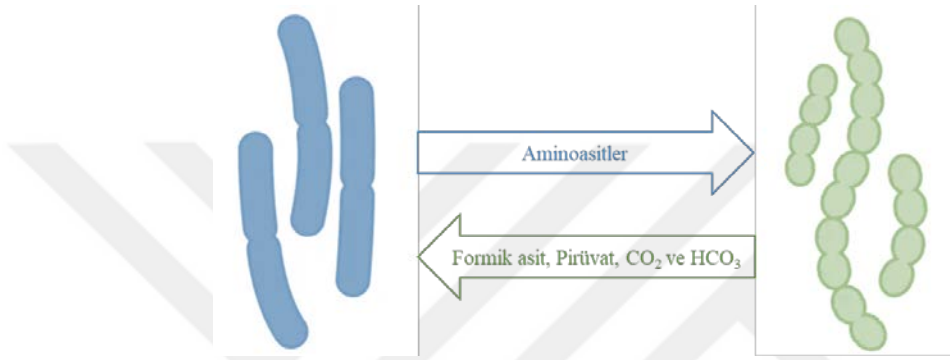
Başlıca laktoz fermentasyon ürünleri laktik asit L (+), diasetil ve asetaldehittir. Minimum 20-25 °C maksimum 45-50 °C’ de gelişebilen bakteri, 60 °C sıcaklıkta 30 dk ısıtma işlemine dirençlidir (Aran, 2013). DNA’ daki GC oranı %37.2-40.3 arasında değişmektedir. Kok şeklinde (30 °C’ de diplokok, 45 °C’ de kısa zincirler halinde), termofilik, gram (+), fakültatif aerob ve sporsuzdurlar. Proteolitik karakteri zayıf olduğundan aminoasitleri ve B vitaminlerini dışarıdan almak zorundadırlar. Hücre duvarı yapısı lisin-alanin₂₋₃ şeklindedir (Özer, 2006). Başlıca diasetil, asetaldehit, etanol, asetoin ve 2-butanon gibi uçucu aroma maddelerini üretmektedirler. Aroma

Üretim kapasiteleri suşa baēlı olarak deēiřmekte olup yoēurtlardan izole edilen 25 adet *S. thermophilus* izolatının 1.2-13.5 ppm asetaldehit, 2.4-4 ppm diasetil ürettikleri bildirilmiştir (Yaygın, 1999).

1.4.3. Protokooperasyon

Yoēurt bakterileri olan *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* arasında simbiyotik bir ilişki bulunmaktadır yani, birbirleri için gerekli maddeleri saēlamak suretiyle gelişimlerini teşvik etmektedirler. şekil 1.2' de şematize edilen bu ilişki protokooperasyon olarak adlandırılmaktadır (Anlı ve şanlıbaba, 2019). Bu iki bakterinin dengeli şekilde gelişimi, asitlik düzeyinin ve aroma bileşenlerinin uygun oran ve miktarlarda üretimi için sıcaklık önemli bir parametre olup optimum sıcaklık yaklaşık 43.3 °C olarak belirlenmiştir (Ray ve Bhunia, 2016). Bu bakterilerin karışık kültürlerindeki asit üretiminin tekli kültürlerindeki asit üretimine kıyasla daha fazla olduēu belirlenmiştir (şekil 1.3a). Ayrıca, *L. bulgaricus* ile birlikte kültüre edildiēinde *S. thermophilus* sayısının tekli kltrndekine kıyasla daha fazla olduēu ancak, bu durumun *L. bulgaricus* için geçerli olmadıēı da bilinmektedir. Yapılan farklı çalışmalarda çeşitli aminoasitlerin varlıēının *S. thermophilus*' un gelişimine %50' ye varan oranda olumlu katkıda bulunduēu görülmüştür. Ancak, *S. thermophilus*' un aminoasitlere olan ihtiyaı bakterinin suşuna ve sütün bileşimine; sütün bileşimi ise mevsime baēlı olarak deēiřmektedir. rneēin, valin, glisin ve histidin varlıēı bazı suşların gelişimini teşvik ederken bazılarını olumsuz etkileyebilmektedir. Genel olarak, lösin, lisin, izolösin, triptofan, glutamik asit, aspartik asit ve histidinin *S. thermophilus*' un gelişimini teşvik ettiēi ve en etkili olanın ise valin olduēu bildirilmiştir. Bu aşamada, daha yüksek proteolitik aktiviteye hücre dışı proteinaz ve peptidaz sistemlerine sahip olan *L. bulgaricus*, gerekli aminoasitleri saēlayarak *S. thermophilus*' un gelişimine katkıda bulunmaktadır. Bunun karřılıēında ise *S. thermophilus*, hafif anaerobik koşullar altıda (≤ 4 mg O₂/L) formik asit oluşturarak *L. bulgaricus*' un gelişimini teşvik etmektedir. Kısacası, oksijen arttıkça formik asit üretimi azalmakta ve *L. bulgaricus* gelişimi de olumsuz etkilenmektedir. Süte sodyum format ilavesinin (20 mg/kg) *L. bulgaricus*' un koloni sayısını 10 kat, asit üretimini ise 2.7 kat artırdıēı bildirilmiştir. Ayrıca, normal şartlarda sadece β-kazeini hidrolize edebilen *L. bulgaricus*' un süte sodyum format ilavesiyle β-laktoglobulin ve α_s-kazeini de hidrolize edebilecek şekilde proteolitik

aktivitesinin arttığı bildirilmiştir. Formik asit yanında *S. thermophilus*' un ürettiği CO₂ de *L. bulgaricus*' un gelişimin teşvik etmektedir. Bunların dışında yine *S. thermophilus*' un ürettiği piruvat ve HCO₃ de *L. bulgaricus* gelişimini olumlu etkilemektedir. Benzer şekilde, tekli kültürler halinde geliştirildiklerinde 8-10 ppm olan asetaldehit düzeyi birlikte geliştiklerinde ise arzu edilen 25 ppm ve üzerine ulaşabilmektedir (Ray ve Bhunia, 2016). Ayrıca, EPS üretiminde de bu iki bakteri sinerjistik bir aktivite göstermektedir (Bouzar vd, 1997).

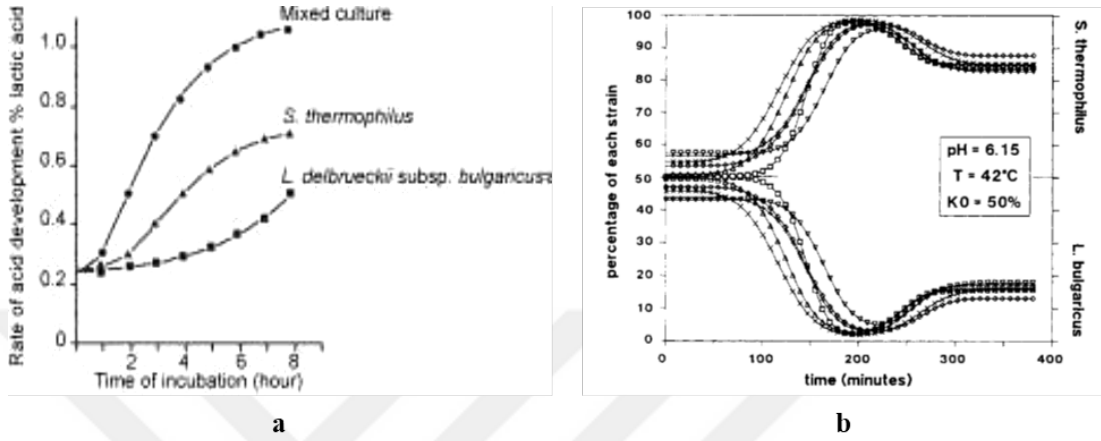


Şekil 1.2. Yoğurt bakterileri arasındaki protokoooperasyon

Yoğurttaki fermantasyon aşamaları aşağıdaki şekilde gerçekleşmektedir (Anlı ve Şanlıbaba, 2019; Özer, 2006; Ray ve Bhunia, 2016):

1. Her iki bakterinin de süt ortamına ve sıcaklığa uyum sağladığı adaptasyon fazı ile başlamaktadır (lag fazı)
2. İlk 80-100 dakikalık süreçte *S. thermophilus*, sütte var olan aminoasitleri kullanmakta olup hızla çoğalarak toplam bakteri popülasyonunun %90-95' ini oluşturmaktadır (log fazı)
3. Ortamda biriken formik asit ve CO₂ etkisiyle pH 5.5' e kadar düşerek *L. bulgaricus* gelişimini stimule etmekte olup bu bakterinin gelişimi pH 4.8' e kadar hızla devam etmektedir. Düşük pH değerinde *S. thermophilus* gelişimi de yavaşlamaktadır ve kok popülasyonu %70-75' lere gerilemektedir (geç log fazı)
4. Her iki bakterinin gelişimi de yavaşlamaktadır (durgunluk fazı).

Ticari kültürlerde iki bakteri arasındaki beklenen oran fermentasyon sonucu itibariyle 1:1 şeklindedir. Ancak, burada ifade edilen oran 1 basile karşılık 4-5 streptokok şeklinde olup bu durum Şekil 1.3b’ de net bir şekilde görülmektedir (Beal ve Corrieu, 1991).



Şekil 1.3. Yoğurta simbiyotik ilişki (a) asitlik gelişimi (Tamime ve Robinson, 2007), (b) yoğurt bakterilerinin birbirine oranı (Beal ve Corrieu, 1991)

1.5. Yoğurt Starter Kültüründe Aranacak Özellikler

Her starter kültürün seçiminde olduğu gibi yoğurta kullanılacak starter kültürlerin de öncelikli olarak patojen olmaması, insan sağlığına zararlı herhangi bir madde üretmemesi gibi faktörler hayati öneme sahiptir. Bunun yanında, yoğurt starter kültürleri gibi birden fazla bakteriyi bir arada bulunduran kültürlerde suşlar arası uyum, kültürlerin verimli ve uzun süreli çalışabilmesi için önem arz etmektedir. Fermentasyon esnasında bir bakterinin diğerine karşı baskın hale gelmesi sonucu son üründe kalite eksikleri ortaya çıkabilmektedir. Baskınlık halinin oluşması çoğunlukla, gelişme esnasında bir bakterinin birlikte çalıştığı diğer bakteriyi rekabetçi olarak görmesi ve gelişimini inhibe etmek için ortama asit ve/veya bakteriyosinler gibi metabolitlerin salınmasından kaynaklanabilmektedir. Bu durumun oluşmaması için suş antagonizmi test edilmeli ve birbiriyle uyumlu suşlardan oluşan starter kültürler geliştirilmelidir. Diğer taraftan, önceki kısımlarda bahsedildiği üzere, yoğurt bakterileri arasında simbiyotik-sinerjistik bir ilişki olması olumlu ve arzu edilen bir

durumdur. Protokooperasyon adı verilen bu ilişki yoğurt üretiminde ve tüketici tercihinde önemli olan asit ve aroma maddeleri sentezinde oldukça önemlidir. Ayrıca, iyi bir starter kültür suşu prosesi hızlandırmalı ve ekipman masrafını da azaltmalıdır. Bu öncelikli şartların sağlandığı durumlarda ise starter kültür olarak kullanılan suşların yoğurda özgü bazı karakteristikleri dikkate alınmaktadır. Asit üretme kapasitesi, bakteriyofajlara dayanıklılık, ekzopolisakkarit üretimi, proteolitik aktivite ve antimikrobiyal aktivite yoğurt starter kültürlerinde arzu edilen özellikler arasında gösterilmektedir.

1.5.1. Asit üretimi

Yoğurtta starter kültür olarak kullanılan bakteriler homofermantatif olduğunda baskın asit türü laktik asittir. Süt şekeri olan laktozun, öncelikle glikoz ve galaktoza parçalanması ardından da laktik asite dönüştürülmesinden starter kültürler sorumludur. Asit üretimi, sütteki kazeinin koagüle olması ve böylece yoğurt jelinin oluşumunda başlıca rol oynamaktadır. Asitlikteki artışla birlikte pH düşmekte ve pH 5.2-5.3 düzeyine ulaştığında kazein miselleri stabilitesini kaybetmekte ve pıhtılaşma başlamaktadır. pH değerinin 5' in altına düşmesiyle yoğurt jeli oluşmakta ve kazeinin izoelektrik noktası olan 4.6' da ise maksimum düzeye ulaşmaktadır. Ayrıca, yoğurdun kendine has keskin asidik lezzeti de laktik asitten kaynaklanmaktadır.

Fermantasyon esnasında hızlı bir asit üretimi oldukça önemli olup iyi bir aroma, tekstür ve lezzet oluşumu için elzemdir (Yıldız, 2016). Asitlik gelişiminin takibi yoğurtta pH değişimiyle takip edilmektedir. Ayad vd (1999), pH değerindeki 0.4 birimlik düşüş için geçen sürenin 3 saate kadar olduğu laktik asit bakterilerini hızlı; 3 ila 5 saat arasındaki bakterileri orta; ve 5 saatten uzun olanları ise yavaş olarak sınıflandırmıştır ve hızlı laktik asit bakterilerini, süt fermantasyonları için iyi birer aday olarak göstermiştir. Ancak, yoğurtta kullanım için hızlı bir bakterinin 0.6 birimlik düşüşü 3 saatte sağlaması gerektiğini belirtmişlerdir (Yıldız, 2016). Fermantasyon sırasında asitlik gelişimi yoğurt için ne kadar önemliyse tersine, fermantasyon sonrası soğutma ve depolama sırasında asitliğin (postasidifikasyon) gelişmemesi de o kadar önemlidir (Kılıç, 2008). Bu nedenle yoğurt üretiminde genellikle az ile orta asit üretim yeteneğine sahip olan kültürler tercih edilmektedir (Chandan, 2006). Düşük pH değerlerinde, *L. bulgaricus* daha iyi gelişebildiğinden çoğunlukla postafidifikasyondan ve buna bağlı olarak gelişen yoğurtta ekşime ve acı tat oluşumundan sorumlu

tutulmaktadır. Bu nedenle genetik müdahalelerle düşük sıcaklıklarda daha az asit sentezleyen *L. bulgaricus* suşları geliştirilmektedir.

1.5.2. Bakteriyofajlara dayanıklılık

Bakteriyofajlar, bakteri hücrelerinin parçalanıp yıkılmasına yol açan virüslerdir. Peynir üretimindeki kadar kritik öneme sahip olmasa da yoğurt üretiminde de bakteriyofaj varlığı önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Kılıç, 2008). Bakteriyofajlar asitlik gelişimini dolayısıyla, fermantasyonu yavaşlatarak veya tamamen engelleyerek ürün kalitesini düşürmekte, işletmenin kayıp ve giderlerini artırmakta ayrıca, müşteri kaybına yol açabilmektedir. Bakteriyofaj ataklarına karşılık öncelikle işletmelerde alınması gereken önlemler bulunmaktadır. Diğer üretim kısımlarından bağımsız bir kültür hazırlama odası/bölümü olmalı ve işletme yerleşim planı buna göre düzenlenmelidir. Ayrıca, starter kültür tanklarının etkin filtrelerle donatımı ve etkin bir temizlik sisteminin kurulumu faj gelişimini önlemek ve bulaşmasını engellemek açısından alınabilecek başlıca tedbirlerdir. Son yıllarda, sıvı ve çoğaltmalı kültürler yerine hemen hemen her üreticinin kullandığı liyofilize direkt kültürler bakteriyofaj bulaşması riskini azaltmıştır. Starter kültür olarak fajlara dirençli veya mutant suşların seçimi bu nedenle oldukça önemlidir. Lizojenik bakteriyofajlar (hücreyi lizis etmeden birlikte yaşam sürdüren fajlar) elverişli şartlarda hücreyi parçalayıp bulaşma potansiyeli taşıdıklarından bu tip riskler de göz önünde bulundurulmalıdır. Yine, belirli aralıklarla starter kültür rotasyonu yapılması da bu riski azaltmaktadır (Özer, 2006).

1.5.3. Ekzopolisakkarit üretimi

Yoğurtta viskozite ve tekstürel özellikler tüketici açısından oldukça önemlidir. Uygun viskoziteye sahip yoğurt ağızda hoşça giden dolgun bir his vermelidir. Yoğurt tekstürünün oluşumunda sütün yağ oranı ve yağsız kuru madde miktarı (özellikle protein ve şeker oranı) ve proses koşulları (ısıl işlem, homojenizasyon, pH, depolama koşulları, vb.) önemli parametrelerdir. Kullanımına izin verilen ülkelerde gam, enzim ve/veya stabilizör kullanımı yoluyla tekstürel özellikler iyileştirilebilse de ülkemizde yoğurtta bu katkı maddelerinin kullanımına izin verilmemektedir. Ayrıca, günümüzde tüketicilerin de katkısız ürünleri daha fazla tercih ettiği bilinmektedir. Bu durum, starter kültürler tarafından üretilebilecek ekzopolisakkaritlerin (EPS) önemini daha da

artırmaktadır. EPSler, şeker ve şeker türevlerinin yer aldığı uzun zincirli dallı polisakkaritlerdir. Mikrobiyal ekzopolisakkaritler, bulundurdıkları şeker çeşitlerine göre homo- (selüloz, dekstran, pullulan, vb.) veya heteropolisakkaritler (gellan ve ksantan gam gibi) olarak sınıflandırılmaktadırlar. Homopolisakkaritler (HoPS), genelde glikoz ve fruktoz olmak üzere tek monosakkarit biriminin tekrarlarından oluşurken heteropolisakkaritler (HePS) en az iki tip monosakkaritin tekrarlarından oluşmaktadır. Diğer bir sınıflandırma ise hücrede bulunma şekillerine göre yapılmaktadır: (i) hücre yüzeyine kovalent bağlarla bağlı bulunan kapsüller; (ii) hücre duvarının bileşeni olarak bulunan polisakkaritler ve (iii) hücreden dışarı salınan ekzopolisakkaritler. Bunlardan hücre dışına salınan ekzopolisakkaritler yoğurt ve diğer gıdalar için önemlidir. EPSler, yoğurtta serbest suyu bağlayarak yoğurt jelinin kırılmasını ve sinerezisi (serum ayrılmasını) önlemek suretiyle yoğurt tekstürünü ve kalitesini iyileştirmektedir. EPS üreten laktik asit bakterilerinin, üretmeyenlere kıyasla yoğurtlarda daha yüksek viskozite ve daha düşük sinerezis sağladığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Folkenberg vd, 2006; Hassan vd, 2003). Bununla birlikte, EPS üretimi ile viskozite arasında her zaman pozitif bir korelasyon görülmeyebilmektedir (De Vuyst vd, 2003). Her iki yoğurt bakterisi de EPS üretebilmekte olup daha ziyade HoPS ürettikleri bildirilmiştir (Özer, 2006). Üretilen EPS miktarını kullanılan bakteri suşu, bakterinin bulunduğu gelişme safhası, inkübasyon süresi ve sıcaklığı, pH, ve ortamda mevcut karbonhidratların cinsi etkileyebilmektedir (Milci ve Yaygın, 2005). *L. bulgaricus* logaritmik fazda EPS üretirken, *S. thermophilus* logaritmik ve durgun fazda EPS üretmektedir (Özer, 2006). EPSler herhangi bir lezzete sahip olmasa da oluşturdukları kıvamlı ve dolgun yapı sayesinde ürünün damakta geçirdiği süreyi artırarak lezzet algısını artırdıkları düşünülmektedir (Duboc ve Mollet, 2001). Benzer şekilde EPSler, tüketilen ürünün bağırsak yolunda kalma sürelerini de uzatmakta ve böylece probiyotiklerin burada yerleşmelerini teşvik etmektedir (Welman ve Maddox, 2003). Bu durumda EPSlerin, probiyotiklerden gelen yararlı etkileri dolaylı olarak artırdığı da düşünülebilir.

1.5.4. Proteolitik aktivite

Önceki kısımlarda da bahsedildiği üzere, her iki yoğurt bakterisi de proteolitik aktiviteye sahip olsa da *L. bulgaricus* nispeten daha yüksek proteolitik aktivite göstermekte ve *S. thermophilus*' u bu yönde destekleyerek simbiyotik ilişkinin önemli

bir parçasını oluşturmaktadır. *L. bulgaricus* bakterisinde kazein hidrolizinden sorumlu endopeptidaz aktivitesi daha yüksek iken, *S. thermophilus* ise nispeten daha yüksek aktiviteye sahip ekzopeptidazlara sahiptir. Bundan dolayı da yoğurttaki serbest aminoasit miktarı süte göre daha fazladır. Yoğurttaki proteoliz reaksiyonları, peynirdeki kadar aroma üzerine etkili olmasa da metiyonin ve treonin gibi aroma bileşenleri sentezinde öncü role sahip bazı aminoasitlerin açığa çıkmasındaki rollerinden dolayı oldukça önemlidir (Özer, 2006). Ayrıca, proteoliz proteinlerin sindirimini kolaylaştırdığından arzu edilen bir durumdur. Diğer taraftan, inkübasyon sırasındaki yüksek proteolitik aktivite sinerezise yol açabilmektedir. Ayrıca, ileri proteoliz sonucunda ortaya çıkan serbest aminoasitler istenmeyen aroma oluşumuna neden olabilmektedir (Slocum vd, 1988). Bu nedenlerden dolayı, yoğurt starter bakterilerinde orta dereceli bir proteolitik aktivitenin yeterli olduğu düşünülmektedir (Kılıç, 2008).

1.5.5. Antimikrobiyal aktivite

Yoğurdun veya diğer laktik asit fermantasyonu sonucu elde edilen gıda ürünlerinin sahip oldukları düşük pH değerleri ve yapılarında bulundurdıkları organik asitlerden dolayı raf ömürleri, süte veya fermantasyona uğramamış diğer ürünlere kıyasla, nispeten daha uzun olmaktadır. Bunun başlıca nedeni yüksek asit ortamının diğer rekabetçi mikroorganizmaların gelişimini engellemesidir. Laktik asit bakterileri dışındaki bakterilerden çok azı düşük pH değerlerinde gelişebilmektedir. Ortamdaki besin maddeleri için oluşturdukları rekabet de yoğurt bakterilerinin diğer mikroorganizmaların gelişimini engelleme yollarından birisidir (Kılıç, 2008).

Laktik asit fermantasyonu sonucunda organik asitler yanında açığa çıkan çeşitli antimikrobiyal metabolitler, gıdaların sadece raf ömrünü artırmakla kalmamakta ayrıca, potansiyel bozulma nedeni ve patojen mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek gıdanın mikrobiyal açıdan güvenilirliğini de sağlamaktadır. Laktik asite kıyasla miktarca az olmakla birlikte antimikrobiyal olarak etkili kabul edilen bu metabolitlerin başlıcaları; formik asit, hidrojen peroksit, diasetil, asetaldehit, asetoin, etanol, hidrojen peroksit ve bakteriyosinlerdir (Çon ve Gökalp, 2000; Piard ve Desmazeud, 1991, 1992; Šušković vd, 2010; Vandenberg, 1993).

Hidrojen peroksit (H₂O₂), oksijen varlığında laktik asit bakterileri tarafından üretilmektedir (Kılıç, 2008). Yüksüz olması nedeniyle hücreye kolaylıkla nüfuz

ederek oluşturduğu hidroksi radikaller yoluyla DNA üzerinde bozulmalara ve kırılmalara neden olmaktadır. Hidrojen peroksidin özellikle G (-) bakterilere ve katalaz, peroksidaz gibi hidrojen peroksit parçalayıcı enzimleri olmayan veya bu enzimleri düşük seviyelerde bulunduran mikroorganizmalara karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Kılıç, 2008). Laktobasillerin diğer laktik asit bakterilerinden daha fazla H₂O₂ üretebildiği ve bir yoğurt bakterisi olan *L. bulgaricus*' un ürettiği H₂O₂ ile buzdolabı sıcaklıklarında *Pseudomonas fluorescens* bakterisini inhibe ettiği belirtilmiştir (Vandenbergh, 1993). Tereyağımsı aromadan sorumlu olan diasetil (2,3-butandion), yoğurtlarda sıklıkla rastlanan bir aroma bileşiği olması yanında antimikrobiyal aktiviteye de sahiptir. Farklı konsantrasyonlarda kullanıldığında *E. coli*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes* bakterilerine karşı etkili olduğu belirlenmiştir (Lanciotti vd, 2003). Ancak, yeterli antimikrobiyal aktiviteyi gösterebilmesi için gerekli konsantrasyonun yüksek olması ve taşıdığı aromanın her gıda için uygun olmayışı diasetilin antimikrobiyal olarak kullanımını sınırlandırmaktadır (Šušković vd, 2010). Yoğurdun karakteristik lezzetinden sorumlu olan asetaldehitin yoğurttaki konsantrasyonu antimikrobiyal etki gösterebilmesi için düşük olsa da *E. coli* üremesi üzerine antimikrobiyal etkisinin olduğu bildirilmiştir (Vandenbergh, 1993).

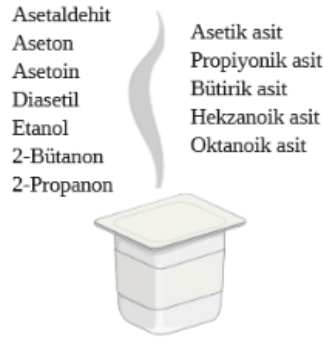
Bakteriyosinler; çoğunlukla logaritmik fazda ribozomal olarak sentezlenen antibiyotiklere kıyasla dar spektrumlu antimikrobiyal özelliğe sahip protein ve bazı yan gruplar bulundurabilen metabolitler olarak tanımlanmaktadırlar. Genellikle G (+) bakteriler tarafından üretilmekte olup bakteriyostatikten ziyade bakterisidal özelliktedirler. Her iki yoğurt bakterisinin de bakteriyosin üretme kapasiteleri sınırlıdır (Özer, 2006). *L. bulgaricus* tarafından sentezlenen bir bakteriyosin olan “bulgarican” *Bacillus subtilis*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aureginosa* ve *Serratia marcescens* gibi birçok bakteri üzerine etki göstermektedir (Kılıç, 2008; Özer, 2006). *S. thermophilus* tarafında üretilen “thermophilin” çeşitleri ise nispeten daha dar bir etki alanına sahip olup sıcaklığa karşı hassastır. Ayrıca, yoğurt bakterilerinin ürettikleri aromatik aminlerin de antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları bildirilmiştir (Özer, 2006).

1.5.6. Aroma

Yoğurtta fermentasyon sonucunda uçucu ve uçucu olmayan aroma bileşenleri gibi çeşitli lezzet maddeleri açığa çıkmaktadır. Bu aroma bileşenleri; sütte bulunan protein,

karbonhidrat ve yağ gibi öncü temel gıda bileşenlerinin alkol, aldehit, keton, yağ asidi, ester ve çeşitli sülfür bileşikleri gibi çeşitli kimyasal yapılara dönüşmesiyle oluşmaktadır. Aroma maddeleri, Tamime ve Robinson (2007) tarafından (i) uçucu olmayan asitler (laktik, pirüvik veya süksinik), (ii) uçucu asitler (formik, asetik, propiyonik veya bütirik), (iii) karbonil bileşenleri (asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil), (iv) diğer bileşenler (bazı aminoasitler ve/veya ısı işlem sonucu protein, yağ ve laktozun parçalanmasıyla açığa çıkan bileşenler) şeklinde sınıflandırılmıştır. Bunlardan laktik asit ve asetaldehit başta olmak üzere karbonil bileşenlerin yoğurt aroması oluşumunda öncelikli rol oynadıkları belirtilmiştir (Özer, 2006). Cheng (2010), yoğurtta 100' e yakın aroma maddesi tespit edildiğini bildirmiş olup bunların özellikle birkaç tanesinin yoğurt aromasında belirleyici olduğu bilinmektedir (Şekil 1.4).

Laktik asit sadece yoğurt jelinin oluşumunda değil aynı zamanda yoğurdun karakteristik aromasının oluşumunda da önemli bir role sahiptir. Laktoz, β -D-galaktozidaz enzimi yardımıyla glikoza sonrasında ise pirüvata; pirüvat ise laktat dehidrojenaz enzimiyle laktik asite dönüşmektedir. Yoğurtta bulunan iki laktik asit formundan L (+) formu *S. thermophilus* tarafından, D (-) formu ise *L. bulgaricus* tarafından sentezlenmektedir. Bu izomerlerin oranı yoğurt kalitesi açısından önemli bir kriter olup yoğurtlarda L (+) formu %45-60, D(-) formu %40-45 oranlarında bulunmaktadır (Kılıç, 2008). İnsan bağırsak sisteminde her iki formun da emilimi gerçekleşebilirken L (+) formunun metabolize edilme oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. D (-) laktik asit bulunduran ürünlerin özellikle bebekler tarafından fazla tüketilmemesi önerilmektedir (Alm, 1982). Aroma açısından bakıldığında ise fazla miktarda D-laktik asit bulunduran yoğurtların daha ekşi oldukları belirtilmiştir (Omae vd, 2008). Ayrıca, TKG' da belirtildiği üzere laktik asit cinsinden asitlik %0.6-1.5 arasında olmalıdır.



Şekil 1.4. Yoğurta başlıca aroma bileşenleri

Yoğurda karakteristik aromasını veren karbonil yapıda bir bileşen olan asetaldehit, laktoz dışında valin, treonin ve metionin gibi aminoasitlerden ve bir nükleik asit olan timidinden de meydana gelebilmektedir. Asetaldehit üretiminde *L. bulgaricus*' un daha etkili olduğu bilinmekle birlikte iki kültür birlikte kullanıldığında sinerjistik bir etki beraberinde daha fazla asetaldehit üretilebilmektedir (Çizelge 1.3).

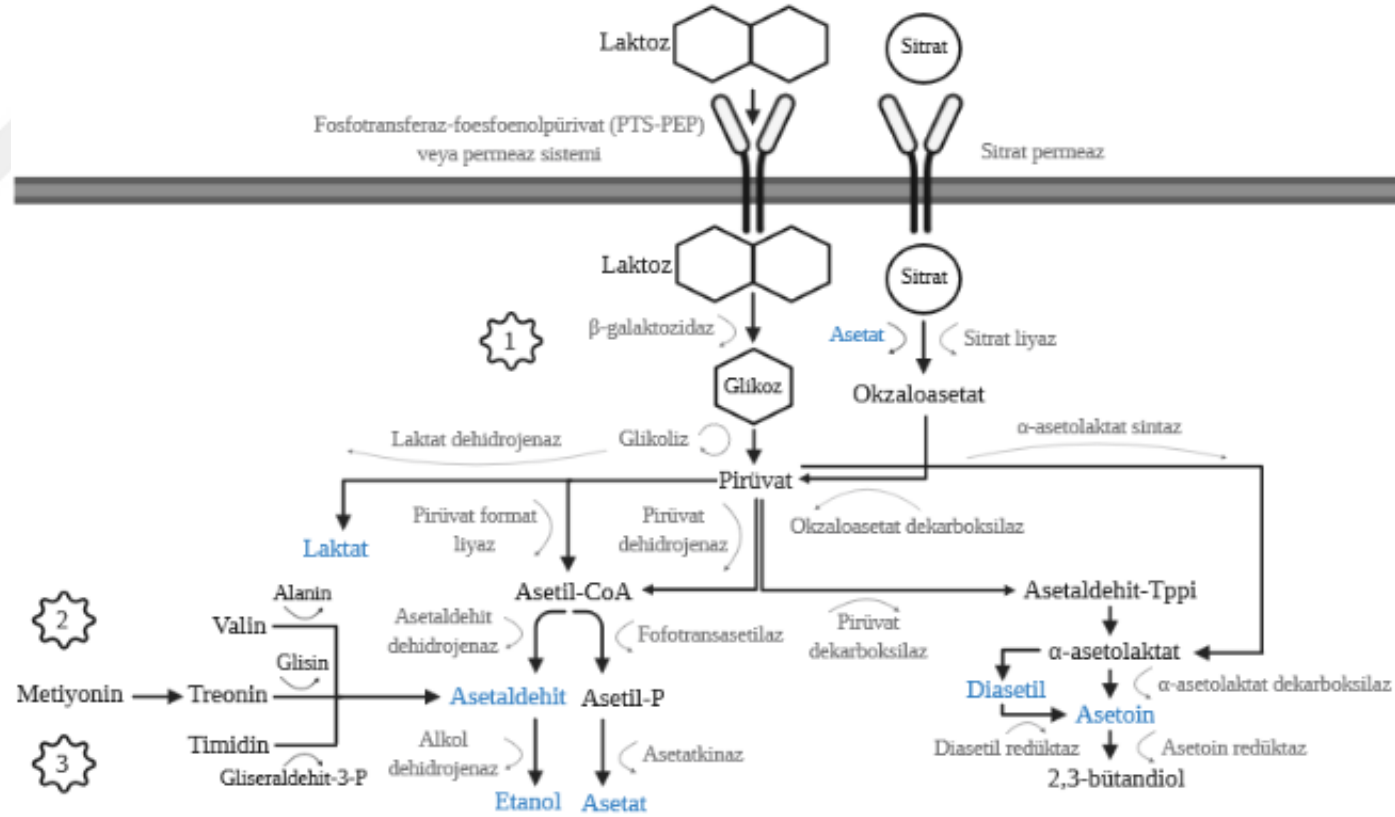
Çizelge 1.3. Yoğurt bakterileri tarafından sentezlenen bazı aroma bileşenleri ve miktarları (ppm) (Tamime ve Robinson, 2007)

Bakteriler	Asetaldehit	Aseton	Asetoin	Diasetil
<i>S.thermophilus</i>	1.0-13.5	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
<i>L. bulgaricus</i>	1.4-77.5	0.3-3.2	İz-2.0	0.5-13.0
<i>S. thermophilus</i> ve <i>L. bulgaricus</i>	2.0-41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

Asetaldehit üretiminin pH 5.0' da başladığı pH 4.0-4.3' e kadar hızlı bir şekilde devam ettiği pH 4.0' te durduğu ve depolama esnasında azaldığı bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada yoğurtlardaki asetaldehit miktarı 1. günde 14.71 ppm, 7. günde 18.28 ppm ve 14. günde ise 10.83 ppm olarak belirlenmiştir (Güler-Akın, 2005).

Asetoin üretiminde *S. thermophilus*' un daha etkili olduğu görülmektedir. Asetaldehit konsantrasyonunun yetersiz olması durumunda asetoinin dengeli bir lezzet ve aroma oluşumunda etkili olduğu bildirilmiştir. Diasetile ilişkin olarak her iki bakterinin de diasetil üretiminden birincil derecede sorumlu olduğuna dair çalışmalar

mevcuttur (Routray ve Mishra, 2011). Karakteristik yoğurt aroması oluşumu için diasetil miktarının en az 4 ppm olması gerektiği ve optimum miktarının ise 10-25 ppm olduğu bildirilmiştir (Özer, 2006). 2-butanon ve aseton yoğurt aromasına kısmen katkı yapmakta olup tatlı ve meyvemsi bir aroma vermektedir (Cheng, 2010). Etanol, yoğurtlarda az miktarda tespit edilebilen alkol dehidrojenaz enzimiyle asetaldehitin indirgenmesi sonucu açığa çıkan bir uçucu aroma maddesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Cheng, 2010). Fazla miktarda tespit edilen etanol beklenmeyen bir durum olup muhtemel bir maya kontaminasyonuna işaret etmektedir (Köse ve Ocak, 2014). Sadece asetaldehitin fazla miktarda olması/olmaması arzu edilen yoğurt aroması için tek başına yeterli olmayabilmektedir. Bu gibi durumlarda diğer karbonil bileşenlerle (diasetil ve aseton gibi) oranların önemli olabileceği belirtilmiştir. Ancak, bununla ilgili çalışmalar oldukça eski olup verilen değerler çeşitlidir ve doğruluklarının tartışmalı olduğu anlaşılmaktadır. Yoğurt aromasında önemli olan bazı bileşenlerin üretimine ilişkin bazı metabolik yollar Şekil 1.5’ te gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Yoğurtta bazı önemli aroma maddelerinin (1) Glikoliz yoluyla, (2) Aminoasitlerden, (3) DNA ve nükleotitlerden üretim yolları. Chen vd (2017)' den uyarlanarak yeniden çizilmiştir

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fermente bir süt ürünü olan yoğurt Türk Gıda Kodeksi'nde, "fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü" olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009). Bu nedenle her ne kadar ilave kültürler kullanılabilse de yoğurt üretiminde ve yoğurt starter kültürlerinde bu iki bakteri elzemdir. Güven (2008), türler arası uyum (simbiyotik yaşam); asit üretme kapasitesi; tat ve aroma maddeleri, yapışkan madde (ekzopolisakkarit) ve antibakteriyel madde üretme yetenekleri; proteolitik aktivite ve bakteriyofajlara dayanıklılık özelliklerini spesifik olarak yoğurt kültürü seçiminde önemli noktalar olarak belirtmiştir. Bu çalışma kapsamında izole edilecek kültürlerin seçiminde, öncelikle antimikrobiyal etkileri göz önünde bulundurulacak olup sonrasında ise bu izolatların aroma oluşturma ve diğer teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

Yoğurtta tat ve aroma, tüketici tercihini etkileyen önemli özelliklerdir. Yoğurt aromasının oluşumunda etkili başlıca aroma maddeleri arasında laktik asitle birlikte asetaldehit, diasetil, aseton ve asetoin yer almaktadır. Ayrıca, çeşitli uçucu ve uçucu olmayan asitler de karakteristik aromanın oluşumunda etkili diğer bileşenler olarak kabul edilmektedir (Cheng, 2010; Köse ve Ocak, 2014). Literatüre bakıldığında ise asetaldehit miktarının ve bu bileşenin diğer bileşenlere oranının yoğurdun duyuşal beğenisinde bir kriter olarak kabul edilebileceği göze çarpmaktadır.

Özalp ve Özalp (1978), yaptıkları çalışmada Ankara, Denizli, İstanbul, Eskişehir ve Afyon' dan temin edilen 149 yoğurt örneğinden duyuşal ve bakteriyoskopik olarak uygun bulunan 57 yoğurttan izolasyonlar yapmışlardır. İzolatların, oluşturdukları asitlik, karbonhidrat reaksiyonları ve pastörizasyona dayanıklılıkları baz alınarak 94' ü *L. bulgaricus* 121 tanesi ise *S. thermophilus* suşları olarak tanımlanmıştır. Çalışma, yoğurt imalathanelerinin kültür ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yapılmış olup elde edilen uygun 20şer suş hizmetlerine sunulmuştur.

Yaygın (1979)' a ait çalışmada Ege Bölgesi' ndeki bazı illerden (İzmir, Aydın, Manisa, Denizli) temin edilen yoğurtlardan izole edilen bakterilerin starter kültür olarak kullanıma potansiyeli araştırılmıştır. Bu kapsamda bakterilerin

tanımlanmasında biyokimyasal testlerden yararlanılmış, asit oluşturma kapasiteleri ve sütte bireysel olarak aroma oluşturma kabiliyetleri incelendikten sonra potansiyel kültürlerden yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yoğurtlarda gaz kromatografisi kullanılarak asetaldehit, diasetil, aseton, asetoin ve etil alkol konsantrasyonları belirlenmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada Ankara piyasasından alınan 10 adet yoğurttan 82 izolat elde edilmiş ve biyokimyasal testler sonucunda bunlardan sırasıyla 19' u *S. thermophilus* ve 18' i *L. bulgaricus* olarak tanımlanmıştır (Tunail ve El-Beyati, 1982). Asit üretme ve proteolitik aktiviteleri baz alınarak belirlenen 20 kombine suştan yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Yoğurtlarda mikrobiyolojik ve duyu analizler yanında %asitlik, pH ve çeşitli aroma bileşenlerinin (laktik asit, asetaldehit, diasetil, asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit, formik asit) konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu sonuçlar piyasadaki 20 ticari yoğurda ait sonuçlarla kıyaslanmış ve sonuç olarak, izolatlar arasından 2 adet *S. thermophilus* ve 3 adet *L. bulgaricus* suşu potansiyel starter kültür olarak belirlenmiştir.

Halkman vd (1983)' e ait çalışmada El-Beyati (1982) tarafından Ankara piyasa yoğurtlarından izole edip tanımlanan suşların dondurularak kurutulması ve bunun üzerine etkili faktörler araştırılmıştır. Geliştirdikleri yöntemde dondurarak kurutma sonrası %100; 24 haftalık depolama sonrasında ise *L. bulgaricus* için %34-65 *S. thermophilus* için ise %44-75 canlılık ve yeterli duyu beğeniye getiren ortalama %1.05 asitlik ve 28.81 ppm asetaldehit değerlerine ulaşılmıştır. Yukarıda bahsedilen çalışmaların, Türkiye' de yoğurtlardan izole edilen bakterilerin saf kültür olarak üretilmeleri üzerine yapılan ilk çalışmalar olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, Korkmaz (2011)' de belirtildiği üzere 1972-1988 yılları arasında “Süt Ürünleri için Yerli Starter” konusu üzerinde Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Mikrobiyolojisi Bilim Dalı' nda yoğun çalışmalar sonucu elde edilen izolatlar ile 2002 yılına kadar çeşitli çalışmalar yürütüldüğü ancak devamının gelmediği ve koleksiyonun ciddi oranda kaybedildiği de belirtilmiştir.

Aslım vd (2005), Ankara' nın çeşitli ilçelerinden toplanan köy yoğurtlarından 52 adet laktik asit bakterisi izolatu elde etmiş ve bunların 23 tanesi *L. bulgaricus* 25 tanesi ise *S. thermophilus* olarak morfolojik, biyokimyasal ve moleküler yöntemlerle tanımlamıştır. Farklı karbon kaynakları, pH, sıcaklık ve sürelerin EPS üretimine etkileri belirlenmiştir. İzolatların melas ve peynir altı suyu gibi atıklarda EPS üretme

yetenekleri incelenmiş EPS' nin koruyuculuğunu belirlemek amaçlı pH ve safra tuzuna dirençlilikleri analiz edilmiştir. Ayrıca, probiyotik özelliklerini belirlemek için antimikrobiyal aktivite, hidrojen peroksit, laktik asit, bakteriyosin üretimleri ve epitel yüzeylere yapışma özellikleri de belirlenmiştir. Sonuç olarak, çalışmada yer alan bazı suşlar probiyotik veya starter olarak kullanılmak üzere önerilmiştir.

Guzel-Seydim vd (2005)' e ait çalışmada iki farklı inkübasyon sıcaklığında ekzopolisakkarit üreten ve üretmeyen ticari kültürlerin yoğurt özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Ekzopolisakkarit üreten kültürün 35 °C sıcaklıkta daha iyi konsistens, viskozite ve serum ayrılması özelliklerine sahip olduğu ancak asetaldehit üretme kapasitesinin daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Bölükbaşı (2007)' ye ait çalışmada Edirne ve Kırklareli' ne bağlı köylerden alınan 47 geleneksel yoğurt örneğinden izole edilen 25 izolat biyokimyasal kitler yardımıyla tanımlanmıştır. Bunlar arasından 22 tanesinin yüksek oranda EPS ürettikleri belirlenmiş ve ayran denemelerinde kullanılmıştır.

Erkuş (2007), çalışmasında Toros ve Adana yöresinden 14 geleneksel yoğurt örneği toplamıştır. Yoğurtlardan izole edilen mikroorganizmalar; biyokimyasal (gram boyama, katalaz testi, farklı şekerleri kullanabilme yetenekleri, gaz üretme kabiliyeti, farklı sıcaklık ve tuz konsantrasyonlarında gelişme) ve moleküler (ARDRA, RFLP, 16S rRNA sekanslama) analizler yoluyla tanımlanmıştır. Bu çalışmayı müteakip Çelik (2007), Erkuş (2007)' nin çalışmasında tanımladığı izolatlardan uygun olanları belirleyerek yoğurt üretiminde kullanmış ve elde edilen yoğurtların aroma ve ekzopolisakkarit miktarlarını incelemiştir. Seçilen 5 adet *S. thermophilus* ve 4 adet *L. bulgaricus* kültürünün kombinasyonlarıyla 20 çeşit yoğurt üretilmiştir ve 21 gün boyunca 4 °C' de depolanan örneklerde kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, dörder adet *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* izolatının endüstride kullanılabilir teknolojik ve duyusal özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.

Gezginç (2010) 2006-2009 yılları arasında Türkiye' deki çeşitli illerden (Kahramanmaraş, İstanbul, Balıkesir, Kütahya, Sakarya, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, Mersin, Sivas, Kayseri, Malatya, Adıyaman, Gaziantep, Elazığ, Giresun, Hatay ve Muş) toplanan geleneksel yoğurtlardan izole edilen 115 adet *S. thermophilus* ve 35 *L. bulgaricus* morfolojik, kimyasal (gram boyama, katalaz testi) ve moleküler (16S

rRNA gen dizisindeki farklılıklar kullanılarak PCR ile) olarak tanımlanmıştır. İzolatların antibiyotik dirençlilikleri ve biyojen amin üretme kapasiteleri belirlenmiştir. Bu koleksiyondan seçilen 7 adet *S. thermophilus* ve 3 adet *L. bulgaricus* suşu ile oluşturulan 21 kombinasyon (Akyar, 2014)' e ait çalışmada yoğurt üretme amaçlı kullanılmıştır. Elde edilen yoğurtlarda titrasyon asitliği (%), kuru madde (%), pH, serum ayrılması (mL) ve viskozite (cP) analizleri yapılmış ve laktik asit (mg/mL) ve asetaldehit (mg/mL) miktarları belirlenmiştir.

Bir başka çalışmada, Erzincan, Antalya ve Mersin' den temin edilen yoğurt örneklerinden izole edilen mikroorganizmalar, öncelikle asit üretme kabiliyetlerine göre sonrasında ise asetaldehit üretme kapasitelerine göre seçilmiştir. Seçilen izolatların faj dayanıklılıkları ve proteolitik aktiviteleri test edilerek en iyi teknolojik özellikleri sergileyen 25 *L. bulgaricus* ve 22 *S. thermophilus* suşu seçilmiştir (Altay Dede vd, 2014). Tanımlanan suşlar arasından asit üretme kapasiteleri ve asetaldehit üretme kapasitelerine göre seçilen altı suş Dinçel (2012)' ye ait çalışmada 38 kombinasyon halinde yoğurt üretiminde kullanılmıştır. 38 yoğurt örneği 21 günlük depolama boyunca oluşan pH ve titrasyon asitliği değişikliği, serum ayrılması ve sertlik özellikleri yönünden incelenmiştir. Bunlar arasından en iyi sonuçları veren altı yoğurt örneği ile ticari kültürler kullanılarak üretilen iki yoğurt örneği ve testlerde ortalama sonuçlar veren bir diğer örnek de (karşılaştırma yapılabilmesi için) ekzopolisakkarit ve asetaldehit miktarının belirlenmesi analizlerinde kullanılmak için seçilmiştir. Buradan en iyi duyu ve kimyasal özelliklere sahip yoğurt seçilmiş ve buna ait kültürle dondurarak kurutma öncesi ve sonrası yoğurt üretilmiş ve sonuçlar kendi arasında ve ticari bir starter kültürün dondurarak kurutulması öncesinde ve sonrasında elde edilen kültürlerle üretilen yoğurtlarla kıyaslanmıştır. Sonuçta, dondurarak kurutmanın yeni kültürün aktivitesine belirgin bir etkisinin olmadığı ve ticari kültürle yarışacak nitelikte bir kültür elde edildiği belirlenmiştir.

Korkmaz (2011)' e ait çalışmada Türkiye' nin çeşitli illerinden temin edilen çiğ süt (6), geleneksel yöntemle yapılmış yoğurt (10) ve peynir örneklerinden (15) 176 izolat elde edilmiştir. Yoğurtlar Çankırı, Bolu, Trabzon, Hatay, Çorum, Malatya, Gümüşhane, Ankara ve yakın çevresinden temin edilmiştir. En fazla asit üreten ve en düşük proteolitik aktiviteye sahip *S. thermophilus* (3) ve *L. bulgaricus* (2) kombine edilerek toplam 5 yoğurt üretilmiştir. Mikrobiyolojik analizler yanında yoğurdun depolanması sırasındaki pH değişimi, %titrasyon asitliği ve proteoliz değerlerindeki

değişimler izlenmiştir. Bu çalışmayla elde edilen izolatlar ile devam edilecek daha ileri çalışmalar için materyal sağlanmıştır.

Baran (2012)' ye ait çalışmada yoğurtta aranan lezzeti veren bileşenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla daha önceden yoğurtlardan izole edilen ve İzmir Teknoloji Enstitüsü' nde muhafaza edilen 9 farklı aroma kültürü potansiyel yoğurt kültürlerine ilaveten aroma verici olarak yoğurtlara eklenmiştir. Yoğurtlar arasından duyuşsal olarak en beğenilen ve aroma analizleri sonucunda en fazla aroma bileşenine sahip yoğurtta kullanılan bir adet aroma kültürü seçilmiştir. Sadece yoğurt kültürü içeren ve ilaveten seçilen aroma kültürünü bulunduran 2 grup yoğurt 21 gün boyunca 4 °C' de depolanmıştır. pH, asitlik, kuru madde, yağ, protein, su salma, viskozite, uçucu bileşenler, laktik asit ve laktoz değerleri belirlenmiş, proteolitik aktiviteleri, mikrobiyal ve duyuşsal karakteristikleri depolanma süresi boyunca incelenmiştir. Sonuçta, kontrol olarak kullanılan 4 adet piyasa yoğurdu ile kıyaslandığında asetaldehit miktarı yüksek bir yoğurt eldesi sağlanmıştır.

Dertli (2015), yaptığı çalışmada topladığı ev tipi yoğurtlardan laktik asit bakterileri izole etmiş ve EPS üretme yeteneklerini araştırmıştır. Potansiyel EPS üreticileri, 16S rRNA sekanslama tekniğiyle tür seviyesine kadar tanımlamıştır. Sonuç olarak, EPS üreticisi bir *S. thermophilus* suşu tanımlanmış ve potansiyel starter kültür olarak önerilmiştir.

Avci vd (2015), Çorum' daki 17 farklı köyden temin ettikleri yoğurtlardan izole ettikleri *Lactobacillus* suşlarının probiyotik özelliklerini araştırmışlardır. İzole edilen mikroorganizmaların gram boyama ve mikroskopik incelemeler ile tanımlanması gerçekleştirildikten sonra asit ve safraya karşı hassasiyetleri ile birlikte EPS üretim kapasiteleri belirlenmiştir.

Gezginc vd (2015)' e ait çalışmada mevcut starter kültürlerle alternatif olarak, Türk geleneksel yoğurtlarından izole edilen yabancı suşların asetaldehit ve laktik asit üretme kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türkiye' nin çeşitli bölgelerinden toplanan yoğurtlardan 126 izolat elde edilmiş ve bunların morfolojik, biyokimyasal ve moleküler tanımlamaları yapılmıştır. Sonuç olarak, arzu edilen lezzette yoğurt üretimi için potansiyel kültürler elde edilmiştir.

Demirci (2017), Ağrı yöresinde 5 farklı köyden temin edilen 11 yoğurttan 28 adet izolat elde etmiştir. Yapılan 16S sekanslama analizleri sonucunda izolatların

büyük kısmının (18) gram negatif bir bakteri olan *Sphingomonas* sp. olduğu belirlenmiştir.

Tabak (1999), Bolu, Mersin, Amasya, Isparta ve Kayseri illerinden topladığı geleneksel yoğurtlardan izole ettikleri bakterileri MALDI-TOF MS, gerçek zamanlı PZR ve 16S rRNA sekanslama yöntemleriyle tanımlamıştır. İzolatlar arasında 1 *S. thermophilus* ve 9 *L. bulgaricus* izolatı tanımlanmıştır.

Fırat (2019), geleneksel yoğurtlardan izole ettikleri *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* bakterilerinden probiyotik ve antioksidan özelliklere sahip suşlardan ürettikleri yoğurtların depolama süresi boyunca mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Kontrole kıyasla uygun özelliklere sahip yoğurtlarda kullanılan kültürleri potansiyel starter kültürler olarak önermişlerdir.

Uzunsoy (2018), geleneksel yoğurtlardan önceden izole edilen ve tanımlanan *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* bakterileri arasında asit, aroma ve tekstür geliştirme özelliklerine göre en iyi olduğu düşünülen 12 *S. thermophilus* ve 8 *L. bulgaricus* izolatını seçerek yoğurt üretiminde kullanmıştır. 14 günlük depolama sonucunda asitlik gelişim hızları ve duyu testler öncelikli olarak baz alınarak yapılan değerlendirmelerde uygun görülen kombinasyonlar ticari potansiyele sahip aday starter kültürler olarak önerilmiştir.

Yıldız (2019), daha önceden yoğurt örneklerinden izole edilen ve genetik olarak tanımlanmış olan 99 adet izolatin starter kültür özelliklerini incelemiştir. Farklı sıcaklık, pH ve tuz konsantrasyonlarında gelişme; asit üretme, arginin hidrolizi, glukozdan gaz oluşturma yetenekleri ve EPS üretim kabiliyetleri test edilen suşların %28.3' ünün EPS üretebilme yeteneğine sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Yazdıcı vd (2020), geleneksel yoğurtlardan izole ettikleri *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* suşlarının aerobik ve anaerobik koşullardaki süt ve çeşitli besiyeri ortamlarındaki format, pirüvat, etanol, asetoin, 2,3-bütandiol miktarlarını HPLC yöntemiyle belirlemişlerdir. Tekli kültürler halinde geliştirilen izolatlardan *L. bulgaricus*' un daha az miktarda pirüvat ve asetoin ürettiği belirlenmiştir.

3. KONUNUN ÖNEMİ, ÖZGÜN DEĞERİ AMAÇ VE HEDEFLERİ

2011 yılı sonu itibariyle Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü ve Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) Süt Fabrikası Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda çiğ süt ve ev tipi yoğurtlardan izole edilen mikroorganizmalar, 16S rRNA sekanslama yöntemiyle tanımlanmıştır. Tanımlanması yapılmış suşlardan elde edilen yoğurt kültürlerinin, yoğurt sütü ile birlikte satışı AOÇ' ye ait yerel satış mağazalarında bir dönem yapılmıştır ancak, günümüzde satışların devam ettiğine dair bir bilgiye rastlanmamıştır. Bugün starter kültürler konusunda geline yerde ve AOÇ aracılığıyla satılan yerel starter kültürlerin geliştirilmesinde önemli paya sahip Kadir Halkman' ın belirttiği üzere sanayi ve akademi arasında bir koordinasyon eksikliği olduğu açıktır. Bunun yanında önceki yıllarda toplanan yerel kültürlerin önemli ölçüde zarar gördüğü de bir gerçek olarak karşımıza çıkmakta ve ulusal kültür koleksiyonu oluşturulmasının gerekliliğini gözler önüne sermektedir. “Türkiye’ de starter kültür üretimi” ve “milli/yerli starter kültür” uzun yıllardır birçok girişimci, sektörel duayenler ve bilim insanları tarafından planları yapılan, hayalleri kurulan bir projedir. Starter kültür kullanımının ülkemizde yaygınlaşması ve beraberinde getirdiği ekonomik kayıplar ile geleneksel lezzetlerin yeni nesillere aktarılamaması endişesiyle, Türkiye’ de starter kültür geliştirilmesi ve üretimine yönelik çalışmalar ile bu alanda verilen teşvikler son yıllarda ciddi oranda artış göstermiştir. Nitekim TÜBİTAK bu konuda çağrılı projelere çıkmış, çalıştaylar düzenlemiş, benzer şekilde Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) bu konuda proje desteği sağlamıştır. Bu tarz projelerle üniversite sanayi işbirliği konusunda önemli adımların geç de olsa atılmış olduğu görülmektedir. Yine, KOSGEB gibi desteklerle çeşitli üniversite teknopark ve teknokentlerinde starter kültür çalışmaları yapılmış ve yerli starter kültürlerin geliştirildiği belirtilmiştir. Yoğurt kültürü olarak bakıldığında ise halihazırda bilinen “Danem” markalı yerli kültürün piyasada yer aldığı görülmektedir. 2019 yılının sonunda TÜBİTAK, yerli izolatları kullanarak üç ay raf ömrüne sahip yoğurt ürettiğini duyurmuştur. Kurum, bu teknolojiye ait bilgileri belirli bir bedel karşılığında transfer etmektedir. 2020 yılının başlarında ise Torku firması ürettiği yoğurtlarda kendi geliştirdikleri yerli yoğurt mayasını kullanmaya başladığını bildirmiştir. Henüz yeterli üretime ulaşamayan firmanın ilerleyen zamanlarda yerli kültürleri piyasaya da arz etmesi beklenmektedir. Sonuç olarak, yerli yoğurt starter kültürü gecikmiş olmakla birlikte artık gerçekleşmiş bir hayaldir denilebilmektedir.

Bununla birlikte, alternatif/çeşitli yoğurt kültürlerinin geliştirilmesi, üretimde süreklilik kazanılması ve dünyada sayılı olan üreticilerin arasında yer alınabilmesi için bu konuda yapılacak çalışmalara halen ihtiyaç duyulduğu ve bu çalışmaların kıymete haiz olduğu düşünülmektedir.

Starter kültürler, koşullara daha az bağlı ve daha stabil bir fermantasyon neticesinde standart bir üretim sağlamaları ve buna bağlı olarak ekonomik kayıpları azaltmaları gibi avantajlara sahiptirler. Sağladıkları bu avantajlar nedeniyle starter kültürlerin kullanımı son yıllarda ülkemizde ve dünyada büyük bir artış göstermiştir. Bununla birlikte, tüketicilerin eski yoğurtlara ait lezzet ve kıvama olan özlemi, geleneksel karakteristiklere sahip yoğurtların endüstriyel ölçekte üretimi ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Yoğurt aroması ve kıvamının oluşumunda mikrofloranın rolü büyüktür. Farklı yörelere ait gerek sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler gerekse de hayvan yetiştiriciliğinin getirdiği farklılıkların elde edilecek süt ve süt mikroflorasını etkileyeceği muhakkaktır. Ayrıca, bu faktörlerin laktik asit bakterilerinin metabolik, fizyolojik ve fonksiyonel özelliklerinde önemli role sahip genlerin ekspresyonunu etkileyeceği de gösterilmiştir (Klaenhammer vd, 2007). Bu bağlamda, Türkiye' nin farklı yörelerindeki yoğurtlardan izole edilecek bakteri suşları hem ülkemiz mikroflorasının belirlenmesi ve ülkemize ait bir laktik asit bakteri kütüphanesinin oluşturulması hem de farklı damak tatlarına hitap etmesi açısından önem taşımaktadır. Verilen literatür araştırmalarından da görüldüğü üzere, bu çalışma kapsamında yoğurtların elde edileceği yayla kültürünün devam ettiği yegane bölgelerden biri olan Doğu Karadeniz Bölgesi yaylaları bu anlamda üzerinde yeterli çalışmaların yapılmadığı araştırmaya değer bir bölge konumunda bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu nedenle, ilgili bölgede halen geleneksel yöntemlerle üretilen ve buna bağlı olarak doğal kültürleri barındıran yoğurtların toplanarak LAB florasının aydınlatılması, starter kültür üretimi için kayıt ve muhafaza altına alınması büyük önem taşımaktadır. Bu önemden hareketle planlanan çalışma kapsamında Ordu ve Giresun şehirlerindeki yaylalarda geleneksel yollarla üretilen yoğurtlardan laktik asit bakteri suşlarının izolasyonları ile aşağıda belirtilen amaçlara yönelik olarak biyokimyasal ve moleküler yöntemlerle tanımlanmaları hedeflenmiştir:

1. Ordu ve Giresun yaylalarındaki antimikrobiyal özelliğe sahip laktik asit bakteri florasının belirlemek, ülkemiz laktik asit bakteri kütüphanesinin

oluşturulmasında Doğu Karadeniz Bölgesi' ne ait bu eksikliği ortadan kaldırmak,

2. Geleneksel yoğurtların aroma profilini çıkararak literatüre kazandırmak,
3. Tanımlanan izolatların teknolojik ve fonksiyonel özelliklerini belirleyerek ticari kullanım potansiyellerini belirlemek,
4. Elde edilen veriler ışığında seçilen kültürleri kullanarak yoğurt üretimi yapmak ve en uygun kombinasyonları belirleyerek bunları starter kültür olarak önermek,
5. Yerli yoğurt starter kültürlerine aromatik ve antimikrobiyal kapasiteli kültürler anlamında çeşitlilik kazandırmak, farklı damak tadı ve beklentilere sahip tüketicilere alternatif ürünler sağlayabilmektir.



Şekil 3.1. İzolasyon amaçlı kullanılan yoğurt örneklerinin temin edildiği şehirler. Yapılan çalışma sayısı; : 3’ ten fazla, :2, :1,

⊠: Çalışma yok (çalışmanın planlandığı yıl olan 2016’ ya kadar yapılan çalışmalardan derlenmiştir)

4. KARADENİZ BÖLGESİ YAYLALARINDA GELENEKSEL OLARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN UÇUCU AROMA PROFİLLERİ, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

4.1. Giriş

Yoğurt, fermente bir süt ürünü olup oldukça uzun bir geçmişe sahiptir. Günümüzde dünya çapında bir gıda ürünü haline gelmesinde lezzeti yanında sağlığa yararlı özellikleri de önemli bir paya sahiptir. Yoğurdun anavatanının Anadolu olduğu ve buradan Avrupa'ya ve dünyanın diğer bölgelerine yayıldığı kabul edilmektedir. Ayrıca, “yoğurt” kelimesinin kökeni de Türkçe olup diğer dillere buradan geçmiştir. Günümüze bakıldığında da dünyada en fazla yoğurt üreten ve tüketen ülkelerden biri Türkiye' dir ve kişi başı yıllık ortalama tüketiminin 30 kg' ın üzerinde olduğu bildirilmiştir (Artık, 2020). Yoğurtta temel bileşenler süt ve maya / starter kültür olarak adlandırılan bakteri karışımıdır. Nitekim, yoğurt “fermantasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü” olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009). Üretimde hammadde olarak çoğunlukla inek sütü kullanılmakla birlikte farklı süt çeşitleri de kullanılabilmekte olup en yaygın olanları manda, koyun ve keçi sütü yoğurtlarıdır. Bu sütlerin başta kuru madde ve yağ olmak üzere bileşimlerine bağlı olarak elde edilen yoğurtların da fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri de farklı olmaktadır (Erkaya, 2009). Benzer şekilde, yoğurt üretiminde kullanılan bakteriyel kültürler de ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Toplam hane halkının %96' sının yoğurt tükettiği Türkiye' de hem geleneksel (ev tipi) hem de endüstriyel yoğurt üretimi mevcut olup geleneksel yoğurdun kırsal kesimde daha yaygın olduğu belirtilmiştir (Ünsal, 2019). Geleneksel ve endüstriyel yoğurt üretimi arasında hem üretim aşamaları hem de kullanılan sütün özellikleri ve maya bakımından bazı farklılıklar söz konusudur. Endüstriyel üretimde süt, ilgili düzenlemelerde üretilen yoğurdun özelliklerine göre (süzme, tam yağlı, yarım yağlı veya yağsız gibi) minimum kuru madde, yağ ve/veya protein içeriğine paçal, evaporasyon veya duruma göre süt tozu gibi süt bazlı bileşenler ilave edilerek

getirilirken, geleneksel üretimde böyle bir uygulama yoktur. Uygulanan ısı işlem bazında bakıldığında ise endüstriyel üretimde yoğurt üretimi için yüksek sıcaklıkta pastörizasyon adı altında standart sıcaklık ve sürede bir ısı işlem uygulanırken ev ortamında süt genellikle kaynayana kadar pişirilmekte, bazen kaynama süresi oldukça uzun olurken bazen daha kısa olmaktadır (bu durum yoğurt bileşimini de etkilemektedir). Endüstriyel üretimde kaymaklı yoğurt veya homojenize yoğurt üretim durumuna göre süt homojenize edilirken, ev tipi üretimde böyle bir işlem mümkün olmadığından homojenize yoğurt üretimi söz konusu değildir. Geleneksel üretimde, kaynayan sütün soğutulması işlemi de ulaşılan son sıcaklık ve bu sıcaklığa gelene kadar geçen süre olarak bakıldığında değişkenlik göstermektedir. Hatta bazen serçe parmak süte daldırılmak suretiyle sıcaklık kontrol edilerek uygun sıcaklık elde edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, sütün soğumasıyla üstte biriken süt yağı ihtiyaca göre ayrılıp farklı ürünlerde kullanılabilmektedir (bu durum yine yoğurt bileşimini de etkilemektedir). En önemli fark ise mayalama aşamasındadır; bu aşamada önceden yapılmış, tat ve kıvam olarak beğenilmiş yoğurttan bir miktar alınarak ılık sütün içerisine karıştırılmaktadır. Endüstriyel üretimde ise bu amaçla starter kültür adı verilen hazır bakteri karışımlarından uygun miktarlarda alınarak mayalama sıcaklığındaki süte karıştırılmaktadır. Ev ortamında inkübasyon koşulları genellikle mayalanmış sütü kalorifer peteği veya ısıtıcı gibi sıcak bir yere yakın şekilde konumlandırılması, bazen battaniye/örtü ile sarmak suretiyle gerekli sıcaklığın elde edilmesi ve istenilen pıhtı oluşana kadar bekletilmesi şeklinde sağlanmaktadır. Ancak, endüstriyel üretimde inkübasyon, sabit bir sıcaklık ve sürede gerçekleştirilmektedir. Üretimdeki bütün bu farklılıklardan ötürü endüstriyel ve geleneksel yoğurtlara ait özelliklerde de çeşitlilikler görülebilmektedir.

Son yıllarda gelişen teknoloji, hızlı yaşam şartları ve kadınların iş hayatında daha fazla yer alması fabrikasyon üretimin geleneksel üretimin yerini almasına neden olmuştur. Bu durumun bir sonucu olarak şehirde yaşayan tüketicilerin büyük çoğunluğu, yoğurdu evde yapmakla zaman kaybetmek yerine hazır yoğurtları tercih etmektedirler. Ancak, 2014 yılında yapılan bir araştırmaya göre, evde kendi yoğurdunu üreten tüketiciler toplam kırsal nüfusun %77.4' ünü, şehir nüfusunun ise %46.3' ünü oluşturduğu görülmektedir (Anonim, 2014). Bu değerlendirmeden de anlaşılacağı üzere, kırsal tüketicinin yanında şehir nüfusunun da azımsanmayacak bir çoğunluğunun endüstriyel yoğurtları tüketmek yerine kendi yoğurdunu ürettiği

görülmektedir. Geleneksel ve endüstriyel yoğurtların tüketiciye sunduğu bazı avantaj ve dezavantajların bu tarz bir yaklaşımın oluşmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

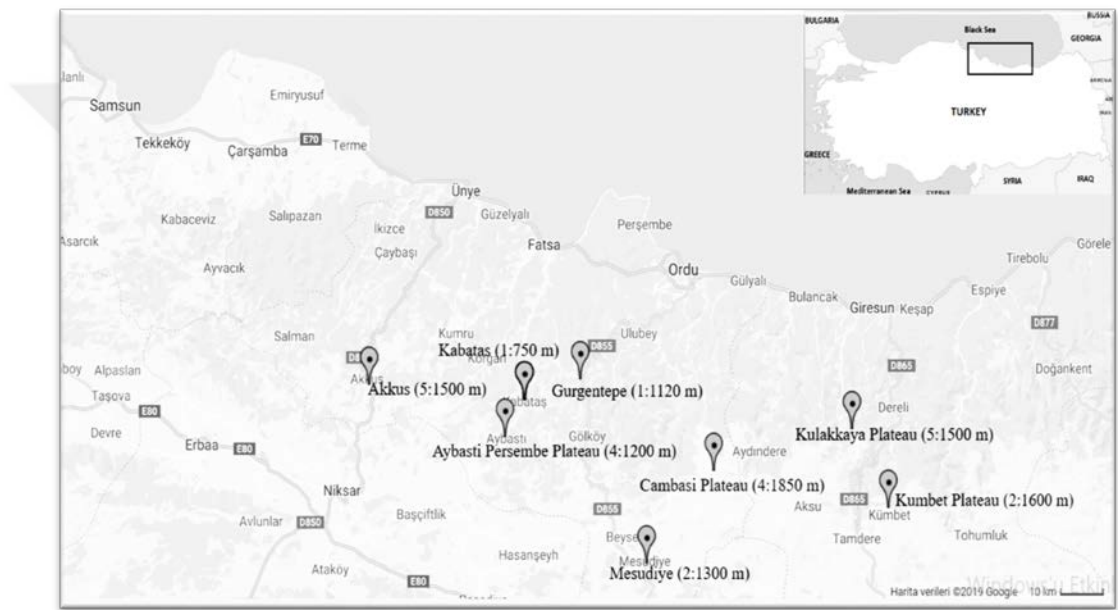
Aroma ve tekstür, yoğurt kalitesini ve tüketici tercihini belirleyen en önemli duyuşsal ve fiziksel özelliklerdir. Kullanılan ham sütün özellikleri (bileşim, asitlik, mikrobiyal yük, vb.), kullanılan kültür ve ısıt işlemler, homojenizasyon, inkübasyon süre ve sıcaklığı gibi proses koşulları yoğurt aroma ve tekstürünü belirleyen en önemli faktörlerdir (Soukoulis vd, 2007). Geleneksel yoğurtlar duyuşsal anlamda bazı olumlu ve olumsuz özellikler sergilemektedir. Genellikle endüstriyel yoğurtlara kıyasla daha zengin bir aroma ve lezzete sahip olan geleneksel yoğurtlar, aroma ve tekstür olarak değışken bir durum sergilemekte olup standart bir kaliteye sahip değildirler. Diğer taraftan, kullanılan süt ve yoğurt kültürünün kaynağının bilinmesi ve herhangi bir katkı maddesi içermemeleri en önemli tercih sebeplerindendir (Gezginç vd, 2018). Geleneksel yoğurtların en önemli dezavantajı ve tüketici açısından oluşturduğu en önemli tehlike ise mikrobiyolojik yönden riskli olmalarıdır. 2005 yılında yaşanan bir salgında toprağı gömülmüş süzme yoğurttan tüketen 10 kişiyeye botulizm teşhisi konmuştur (Akdeniz vd, 2007). Hisoğlu (2007) ve Durak vd (2008) sırasıyla Ağrı ve Konya şehirlerinden temin ettikleri ev yapımı yoğurtların çoğunluğunun maya-küf ve koliform bakteri sayıları açısından tüketime uygun olmadıklarının belirtirken, Mason vd (2015), ev tipi yoğurtlarda aflatoksin M₁ konsantrasyonunun endüstriyellere göre önemli derecede yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Endüstriyel yoğurtlar ise standart bir kaliteye sahip olup aroma ve tekstürel olarak tutarlıdır. Ayrıca, mikrobiyolojik olarak geleneksel yoğurtlara kıyasla oldukça güvenlidirler. Ancak, lezzet ve aroma olarak nispeten zayıf oldukları belirtilmektedir.

Tez çalışmasının bu kısmında öncelikli olarak yayla kültürünün ve geleneksel yoğurt üretiminin halen devam ettiği Ordu ve Giresun illerindeki yaylalardan toplanan geleneksel yoğurtların kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, toplanan yoğurtlarda kullanılan manda ve inek sütlerinin yoğurt kalitesi üzerine etkileri üzerine bir bakış açısı kazandırması da hedeflenmiştir. Son olarak, geleneksel yoğurtların uçucu aroma profillerinin belirlenmesi de bu çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

4.2. Materyal ve Yöntem

4.2.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak Doğu Karadeniz Bölgesi' nde yayla kültürünün önemli olduğu Ordu ve Giresun şehirlerindeki 8 farklı lokasyon ve geleneksel üretim yapan 24 farklı üreticiden yoğurtlar temin edilmiştir. Yoğurt numunelerinin toplandığı yaylalar, yaylaların deniz seviyesinden yükseklikleri ve toplanan örnek sayıları Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Yoğurtların temin edildiği yaylalar. Parantez içindeki rakamlar, sırasıyla ilgili yayladan temin edilen yoğurt numunesi sayısını ve yaylaya ait ortalama yüksekliği (metre) ifade etmektedir (numune sayısı: yükseklik)

Ordu' dan 17 ve Giresun' dan 7 adet olmak üzere toplam 24 adet geleneksel yayla yoğurdu örneği yaylalardan getirilmiş veya bizzat tedarik edilmiş ve soğuk şartlarda laboratuvara getirilmiş olup zaman kaybetmeden sırasıyla çeşitli mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel analizler gerçekleştirilmiştir. Temin edilen yoğurtların 20 tanesi inek, kalan 4 tanesi ise manda sütünden üretilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Geleneksel yoğurt örneklerinin toplandığı lokasyonlar ve ilgili kodlar

Şehir	Yayla	Bölge/Tür	Kod
ORDU (17)	Akkuş	Tanişmalağa	AK-T
		Merkez	AK-A
		İskenderli	AK-I
		Çayıralan/Belalan	AK-C
		Domuzkeli	AK-D
	Aybastı Perşembe	Merkez (A)	P-A
		Merkez (B)	P-B
		Esenli Obası	P-H
		Esenli Obası	P-Z
	Çambaşı	Merkez	C-C
		Merkez	C-Y
		Susuz Oba (Manda)	C-Buf
	Mesudiye	Başköy	C-B
		Darıcabası Mahallesi	M-S
		Gelgeşer Koyu	M-G
	Gügentepe	Ağızlar Mahallesi	GG
	Kabataş	Kabataş	Kabatas
GİRESUN (7)	Kümbet	İnek	K-I
		Manda	K-Buf
	Kulakkaya	İnek	KK-I
		İnek 2	KK-I2
		Manda	KK-Buf
		Manda 2	KK-Buf 2
		Melikli	KK-Melikli

4.2.2. Yöntem

4.2.2.1. Kimyasal analizler

4.2.2.1.1. Kuru madde tayini

Kuru madde tayini TS 1330' a göre yapılmıştır. Yaklaşık 5 g yoğurt örneği sabit ağırlığa getirilmiş kuru madde kabına tartıldıktan ve net ağırlığı kaydedildikten sonra 105 °C' de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur. Sonrasında aşağıdaki formül kullanılarak % kuru madde değeri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kuru madde} = 100 \times [(m_2 - m_1) / m]$$

m: kurutma öncesi numune ağırlığı (g)

m₂: kurutma sonrası kabın darası + numune ağırlığı (g)

m₁: sabit tartıma getirilen kabın darası (g)

4.2.2.1.2. Yağ tayini

Yoğurt numunelerine ait yağ konsantrasyonları, Gerber-van Gulik Metodu ile TS 1330' a göre belirlenmiştir. Sulandırılmış (1:1) yoğurt örneğinden 11 mL alınarak süt bütirometresine aktarılmış, H₂SO₄ (d=1.82 g/mL) ve amil alkol eşliğinde yakıldıktan sonra santrifüj (1100 devir/dakika) edilerek okunan değer 2 ile çarpılmış ve yağ miktarı (%) belirlenmiştir.

4.2.2.1.3. Protein tayini

Protein miktarının belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi esas alınmıştır. Yakma işleminde 1 g örnek için 10 mL sülfürik asit (d=1.84 g/mL, %95 saflıkta) ve katalizör (Gurup Deltalar, Ankara) eşliğinde 150 °C 15 dk, 250 °C 20 dk, 270 °C 30 dk ve 420 °C 40 dk yakma işlemi (DK-20, Velp Scientifica, İtalya) berrak yeşil renk elde edilene kadar uygulanmıştır. Distilasyon işlemi için ise UDK-149 (VELP Scientifica, İtalya) otomatik distilasyon cihazı kullanılmış (50 mL %35' lik NaOH, 50 mL saf su ve 30 mL %4' lük borik asit) ve elde edilen distilat ayarlı 0.1 N HCl çözeltisi ile titre edilerek sarfiyat hacmi kaydedilmiştir. Yüzde azot miktarı aşağıdaki formülden hesaplanmış

olup elde edilen değer, süt ve süt ürünleri için geçerli faktör olan 6.38 ile çarpılarak protein miktarı belirlenmiştir (Kurt vd, 1996).

$$\%Azot = 100 \times [(V \times N \times 0.014) / m]$$

V: Titrasyonda sarf edilen 0.1 N HCl zeltisinin hacmi (mL)

N: Titrasyonda kullanılan ayarlı HCl zeltisinin normalitesi

m: Analiz edilen numunenin ağırlığı (g)

4.2.2.1.4. pH ve titrasyon asitliği tayini

Kalibrasyonu yapılmış (pH=4 ve pH=7 tampon zeltilele) bir pH metre (SevenCompact S210, Mettler Toledo, Switzerland) ile homojen haldeki yoğurt örneklerine probun daldırılması suretiyle pH değerleri belirlenmiştir (Kurt vd, 1996).

Titrasyon asitliği analizi ise TS 1330' a göre yapılmıştır. Homojen hale getirilmiş 10 g yoğurt rneği oda sıcaklığındaki 10 mL saf su ile homojenize edilip fenolftalein eşliğinde gerçek normalitesi belirlenmiş olan 0.1 N NaOH zeltisi ile 30 saniye kaybolmayan pembe renk elde edinceye kadar titre edilmiştir. Toplam asitlik, yüzde olarak laktik asit cinsinden aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 1989).

$$\%Asitlik \text{ (Laktik asit cinsinden)} = 100 \times [(V \times N \times 0.090) / m]$$

V: Titrasyonda sarf edilen 0.1 N NaOH zeltisinin hacmi (mL)

N: Titrasyonda kullanılan ayarlı NaOH zeltisinin normalitesi

m: Analiz edilen numunenin ağırlığı (g)

4.2.2.1.5. Uçucu aroma profilinin belirlenmesi

Uçucu aroma profilinin belirlenmesinde Temiz ve Tarakçı (2017)' nin uyguladığı yöntem baz alınmış olup bazı modifikasyonlarla geliştirilmiştir. Örneklerin hazırlanmasında katı faz mikroekstraksiyon teknolojisinden (SPME) yararlanılmıştır. Özetle, 2 g yoğurt numunesi 20 mL' lik bir vial alındıktan sonra SPME enjektörü vial septumundan içeriye sokulmuş ve vial 60 °C' deki su banyosuna daldırılarak SPME elyafının (2 cm–50/30 mm DVD/Carboxen/PDMS Stable Flex Supelco, Bellefonte,

PA, USA) bir numune yürütme süresi boyunca tepe boşluğundaki aroma maddelerini absorbe etmesi sağlanmıştır. Yoğurt numunelerinde bulunan aroma maddelerinin belirlenmesinde ise bir gaz kromatografisi-kütle spektrometresi sistemi (GCMS-QP2010, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) kullanılmıştır. Mevcut sistem; 60 m uzunluk, 0.32 mm çap ve 0.25 µm film kalınlığına sahip kromatografik kolon (Restek, Bellefonte, PA, USA) ile donatılmış olup taşıyıcı gaz olarak ise 3 mL/dk akış hızı ve 124.2 kPa basınca sahip helyum gazı kullanılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, split oranı ise 10 olarak ayarlanmıştır. Akış hızı: 40 °C’ de 1 dakika; dakikada 7 °C’ lik artışlarla 100 °C’ de 5 dakika; dakikada 4 °C’ lik artışlarla 130 °C’ de 1 dakika; dakikada 2 °C’ lik artışlarla 180 °C’ de 1 dakika ve son olarak, dakikada 15 °C’ lik artışlarla 250 °C’ de 10 dakika bekletilerek (Toplam işlem süresi 63.74 dakika) gerçekleştirilmiştir. İyon kaynağı ve arayüzey sıcaklıkları sırasıyla 200 °C ve 230 °C olarak ayarlanmıştır. Kütle aralığı m/z 35–450 ve tarama hızı ise 1666 olarak belirlenmiştir. Uçucu aromatik bileşiklerin tanımlanmasında WILEY 229, NIST ve FFNSCN (flavour and fragrance natural and synthetic compounds) kütüphaneleri kullanılmıştır. Her bir aroma maddesine ait konsantrasyon, bağlı miktar (%) olarak ifade edilmiş olup sonuçlar, iki yürütmeye ait değerlerin ortalaması olarak hesaplanmıştır (Plessas vd, 2008).

4.2.2.2. Fiziksel analizler

4.2.2.2.1. Viskozite tayini

Ölçümlerde, iki sensor plakanın sabit frekansta rezonansı için gerekli elektrik akımını prensip alan sinüs dalga tipi titreşimli bir viskozimetre (SV-10, A&D Inc., Japan) kullanılmıştır. Yoğurt numuneleri kaşıkla 10 kez karıştırılarak homojen hale gelmesi sağlandıktan sonra cihaza özgü numune kabına yaklaşık 40 mL hacimde transfer edilmiştir. Cihaza yerleştirilen yoğurt örneklerinin 10 °C ve 15 °C sıcaklıktaki viskozite değerleri kaydedilmiştir.

4.2.2.2.2. Serum ayrılması tayini

Serum ayrılması tayini için yoğurt örneklerinden 10 g tartılarak 2500 rpm hızda 10 dakika süreyle santrifüj (Model 2-6, Sigma, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonunda

ayrılan serum kısmı (süpernatant) tartılmış ve ilk ağırlığa oranlanarak yüzde (%) serum ayrılması (sinerezis) belirlenmiştir (Dağyıldız, 2015).

4.2.2.3. Mikrobiyolojik analizler

Numunelerin toplanmasını müteakip yapılan ilk analizler mikrobiyolojik analizler olmuştur. Laboratuvara getirilen yoğurt numunelerinin bulunduğu kaplar ilk kez açılarak numune alımı gerçekleştirilmiştir. Aseptik koşullara riayet edilerek, steril bir spatül vasıtasıyla homojen hale getirilen yoğurtlardan 10 g yoğurt steril stomacher poşetlerine transfer edilmiş ve 90 mL serum fizyolojik (%0.85 tuz içeren) eklendikten sonra 30 saniye stomacher cihazında (BagMixer 400P, Interscience Co., Fransa) bekletilerek homojen bir hale gelmesi sağlanmıştır. Poşetteki homojenattan 1 mL alınmak ve 9 mL' lik steril serum fizyolojik içeren tüplere transfer edilmek suretiyle seri dilüsyonlar gerçekleştirilerek uygun dilüsyonlardan alınarak sayımı yapılacak mikroorganizma çeşidine uygun besiyerlerine ekimler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.2). Uygun sıcaklık ve sürelerde yapılan inkübasyonlar sonucunda 30-300 koloni içeren petri kutularında sayımlar yapılarak yoğurtlardaki ilgili mikroorganizma sayıları belirlenmiştir (alt başlıklarda ilgili besiyerleri, ekim yöntemleri ile inkübasyon süre ve koşulları detaylı olarak verilmiştir).

Çizelge 4.2. Mikrobiyolojik analiz yöntemlerine ait parametreler

Mikroorganizma	Besiyeri	Ekim Yöntemi	İnkübasyon koşulları
Koliform ve <i>E. coli</i>	Florocult Violet Red Bile Agar (F-VRBA)	Yayma	37 °C, 18-24h, aerobik
Toplam mezofilik aerobik bakteri	Plate Count Agar (PCA)	Yayma	30 °C, 48-72h, aerobik
Maya-küf	Yeast extract glucose chloramphenicol agar (YGC)	Yayma	30 °C, 48-72h, aerobik
Laktobasil	de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS)	Dökme	37 °C, 48-72h, anaerobik
Streptokok	M 17 Agar (M17)	Dökme	37 °C, 48h, aerobik

4.2.2.3.1. Toplam mezofilik aerob bakteri sayımı

Uygun dilüsyonlardan 100 µL alınarak, önceden petri kutularına dökülmüş olan, Plate Count Agar' dan (PCA) üzerine transfer edilmiş ve yayma spatülü yardımıyla besiyeri üzerine yayılmıştır. Ekimi gerçekleştirilen petriler, 30 °C' de 24-48 saat inkübe edilmiş ve gelişme gösteren tüm koloniler sayılmıştır (Halkman, 2005).

4.2.2.3.2. Steptokok sayımı

Uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak steril petri kutularına transfer edilmiş ve üzerine ~45 °C' ye soğutulmuş siklohekzimid (0.1 g/L) içeren M17 Agar' dan ~15 mL eklendikten sonra sekiz çizme hareketi ile karışması sağlanmıştır. Jelleşme tamamlandıktan sonra 37 °C' de 24-48 saat inkübe edilmiş ve gelişen koloniler sayılmıştır.

4.2.2.3.3. Laktobasil sayımı

Uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak steril petri kutularına transfer edilmiş ve üzerine ~45 °C' ye soğutulmuş siklohekzimid (0.1 g/L) içeren de Man, Rogosa ve Sharpe Agar (MRS)' dan ~15 mL eklendikten sonra sekiz çizme hareketi ile homojen karışım sağlanmıştır. Jelleşme tamamlandıktan sonra 37 °C' de 24-48 saat anaerobik koşullarda inkübe edilmiş ve gelişen koloniler sayılmıştır. Anaerobik koşulların sağlanmasında ana bileşeni askorbik asit olan anaerobik paketlerden (AnaeroPack, Mitsubishi Gas Chemical Co., Japonya) ve hava sızdırmayan saklama kaplarından yararlanılmıştır.

4.2.2.3.4. Küf ve maya sayımı

Uygun dilüsyonlardan 100 µL alınarak, önceden petri kutularına dökülmüş olan, Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) Agar üzerine transfer edilmiş ve yayma spatülü yardımıyla besiyeri üzerine yayılmıştır. Ekimi gerçekleştirilen petriler, 30 °C' de 48-72 saat inkübe edilmiş ve gelişme gösteren tüm koloniler sayılmıştır.

4.2.2.3.5. Koliform grubu bakteriler ve *Escherichia coli* sayımı

Koliform grubu bakteri sayımı için uygun dilüsyonlardan 100 µL alınarak, önceden petri kutularına dökülmüş olan, Florocult Violet Red Bile Agar (Florocult-VRBA) transfer edilmiş ve yayma spatülü yardımıyla besiyeri üzerine yayılmıştır. Ekim yapılan petriler 35-37 °C sıcaklıkta 18-24 saat inkübe edilmiş ve besiyerinde gelişen 1-2 mm çaplı koyu kırmızı renkli koloniler koliform olarak sayılmıştır. Bunlar arasından, UV lambası (365 nm dalga boyu) ile ışıma verenler ise *E. coli* olarak sayılmıştır.

4.2.2.4. İstatistiksel değerlendirme

Tüm analizler iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Bağımsız t-testi uygulamasında varyansların eşit kabul edilip edilemeyeceğini belirlemek için elde edilen veriler öncelikle Levene testine tabi tutulmuştur. Levene testi baz alınarak uygulanan bağımsız t-testi sonucunda ise bölge ve süt çeşidinin, analizi yapılan parametrelere istatistiksel olarak önemli bir etkisi olup olmadığı belirlenmiştir.

4.3. Bulgular ve Tartışma

4.3.1. Kimyasal analizler

4.3.1.1. Kuru madde, yağ ve protein

Ordu ve Giresun yaylalarından temin edilen geleneksel yoğurtlara ait kuru madde, yağ ve protein konsantrasyonları Çizelge 4.3' te verilmiştir. Kuru madde konsantrasyonlarına bakıldığında, ortalama kuru madde konsantrasyonunun %12.97 olduğu ve en yüksek kuru maddenin P-Z yoğurduna (%16.65±0.21), en düşük konsantrasyonun ise KK-Melikli yoğurduna (%10.17±0.15) ait olduğu görülmektedir. Yağ değerleri ise %2.30 ile %7.90 arasında değişmekte olup en yüksek değer, bir manda yoğurdu olan KK-Buf örneğinde tespit edilmiştir. Protein konsantrasyonları nispeten daha dar bir aralıkta değişirken en yüksek değerler sırasıyla yine manda yoğurtları olan C-Buf (%4.55±0.00) ve KK-Buf2 (%4.44±0.42) örneklerinde belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi' nde yoğurtla ilgili düzenlemelerde verilen değerler baz alındığında, çalışma kapsamında toplanan yoğurt örneklerine ait ortalama protein

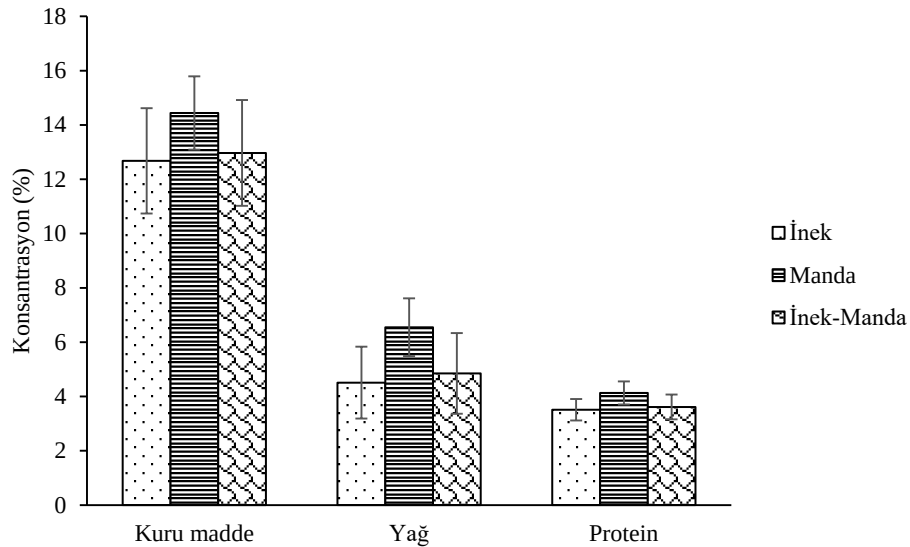
konsantrasyonunun (%3.63) olması gereken minimum protein konsantrasyonu olan %3' ün üzerinde olduğu ayrıca, yoğurtlara ait ortalama yağ konsantrasyonun %3.8' in üzerinde olduğu için tam yağlı yoğurt sınıfında değerlendirebileceği görülmektedir (Anonim, 2009).

Çizelge 4.3. Geleneksel yoğurtların bileşimleri (%)

Yoğurtlar	Kuru madde	Yağ	Protein
AK-T	14.47±0.06	6.40±0.28	3.83±0.09
AK-A	11.51±0.15	3.90±0.14	3.00±0.15
AK-I	10.33±0.15	3.10±0.14	2.81±0.06
AK-C	13.87±0.39	4.60±0.00	3.69±0.05
AK-D	11.78±0.17	3.90±0.14	3.48±0.59
P-A	14.69±0.73	5.30±0.14	3.85±0.10
P-B	14.80±0.42	5.90±0.42	3.26±0.08
P-H	16.22±1.01	7.00±0.28	4.31±0.11
P-Z	16.65±0.21	4.30±0.14	3.74±0.09
C-C	11.22±0.00	5.50±0.14	3.64±0.08
C-Y	13.70±0.16	5.30±0.14	3.97±0.29
C-Buf*	13.99±0.34	5.40±0.00	4.55±0.00
C-B	10.26±0.34	3.40±0.28	3.44±0.00
M-S	11.67±0.08	2.30±0.14	3.67±0.13
M-G	12.80±0.31	5.40±0.28	2.66±0.11
GG	11.60±0.01	5.30±0.14	3.43±0.24
Kabatas	11.05±0.10	2.50±0.14	3.57±0.09
K-I	11.60±0.28	4.90±0.14	3.11±0.14
K-Buf*	13.66±0.03	6.10±0.14	3.71±0.04
KK-I	11.95±0.04	3.70±0.14	3.60±0.03
KK-I2	13.24±0.01	5.00±0.00	3.70±0.14
KK-Buf*	13.66±0.03	7.90±0.14	3.82±0.03
KK-Buf2*	16.44±0.71	6.80±0.00	4.44±0.42
KK-Melikli	10.17±0.15	2.50±0.14	3.48±0.09
Max.	16.65	7.90	4.55
Min.	10.17	2.30	2.66
$\bar{x}$	12.97	4.85	3.63

*: Manda yoğurtları

Ortalama kuru madde, yağ ve protein değerlerine yoğurtlarda kullanılan süt çeşidi açısından bakıldığında ise manda sütünden üretilen yoğurtların tüm parametrelerde inek sütünden üretilenlere kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). Manda yoğurtlarının ortalama kuru madde değeri (%14.44) inek yoğurtlarından (%12.68) yüksek olsa da kuru madde değerleri üzerine süt çeşidi ve bölgenin etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte, manda ve inek yoğurtlarının ortalama protein konsantrasyonları sırasıyla %4.13 ve %3.51 olarak belirlenirken protein konsantrasyonu üzerine süt çeşidinin önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür ($p=0.010$). Benzer şekilde, yağ konsantrasyonları manda yoğurtlarında %6.55; inek yoğurtlarında ise %4.51 olarak tespit edilmiş ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu belirlenmiştir ($p=0.009$). Erkaya ve Şengül (2011)' e ait çalışmada da, manda yoğurtlarında inek yoğurtlarına göre daha yüksek kuru madde (%17.87 ve %12.12), protein (%4.67 ve %3.61) ve yağ (%8.40 ve %4.05) konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun gerçekleşmesinde temel nedenin manda ve inek sütlerinin bileşimlerindeki farklılıklar olduğu söylenebilmektedir (Rafiq vd, 2016).



Şekil 4.2. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre kuru madde, yağ ve protein konsantrasyonları (%)

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Erzurum ve Kars şehirlerinden toplanan 25 geleneksel yoğurtta yapılan analizlerde elde edilen ortalama kuru madde (%13.02) ve protein (%3.87) değerlerinden düşük; yağ (%3.88) değerlerinden ise daha yüksektir (Ceylan ve Biberoğlu, 2013). Manda yoğurtları verilerine bakıldığında ise güncel verilerin Bayram (2013)' e ait kuru madde (%17.37), yağ (%7.31) ve protein (%5.04) değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Yoğurtların temel bileşiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi birincil öneme sahip olmakla birlikte süt yağının yoğurt üretiminden önce başka ürünlerde kullanılmak üzere ayrılabilmesi ihtimali de oldukça yüksektir. Ayrıca, yoğurt üretiminde uygulanan ısıt işlemlerin yoğurt bileşimi üzerine etkisi de oldukça önemlidir. Geleneksel üretimlerde kuru maddeyi artırmaya yönelik ilave süt bazlı bileşen kullanımı pek uygulanan bir yöntem olmadığından, ısıt işlemin şiddeti ve süresinin yoğurtların bileşiminde etkili olduğu göz ardı edilmemelidir. Evlerde uygulanan ısıt işleme yönelik bir standart olmadığından “süt ne kadar çok kaynarsa yoğurdun kıvamı o kadar iyi olur” düşüncesiyle üreticiler kendi tüketimlerine yönelik yoğurtlarda kıvamı artırmak amacıyla ısıt işlem süresini uzatabilmekte ayrıca, süt yağından az miktarda ayırmak veya hiç ayırmamak suretiyle kaymağı bol ve daha lezzetli yoğurt elde etme yoluna başvurabilmektedir. Diğer taraftan gelir elde etmek maksadıyla üretilen yoğurtlarda ise tam tersi uygulamaların yapılması söz konusu olup böylece, su oranı yüksek kuru madde, yağ ve protein oranları düşük yoğurtlar üretilmektedir. Nitekim Herdem (2006), Türkiye’ deki 7 farklı şehrin dağ köylerinden topladığı yoğurtların yağ ve protein konsantrasyonlarının TS 1330’ a uygun ancak kuru madde konsantrasyonlarının ise olması gerekenin altında olduğunu bildirmiştir. Kısacası bu tip uygulamalar, yoğurdun temel bileşimini büyük ölçüde etkileyen faktörler arasında sayılabilmektedir.

4.3.1.2. Asitlik ve pH

Yoğurt örneklerinde pH değerlerinin 3.50 (AK-A) ile 4.34 (P-Z) arasında değiştiği ve ortalama pH değerinin 3.79 olduğu görülmektedir. Asitlik değerlerinin %0.80 ile %1.93 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ ne göre pH ile ilgili bir düzenleme bulunmazken yoğurtlarda asitlik değerinin alt sınır %0.6 ve üst sınır %1.5 olacak şekilde değişmesi gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2009). Analiz bulgularına göre tüm yoğurt örnekleri olması gereken alt sınırın üzerindeyken %37.5’ i (24 örneğin 9’ u) üst sınırı aşmaktadır.

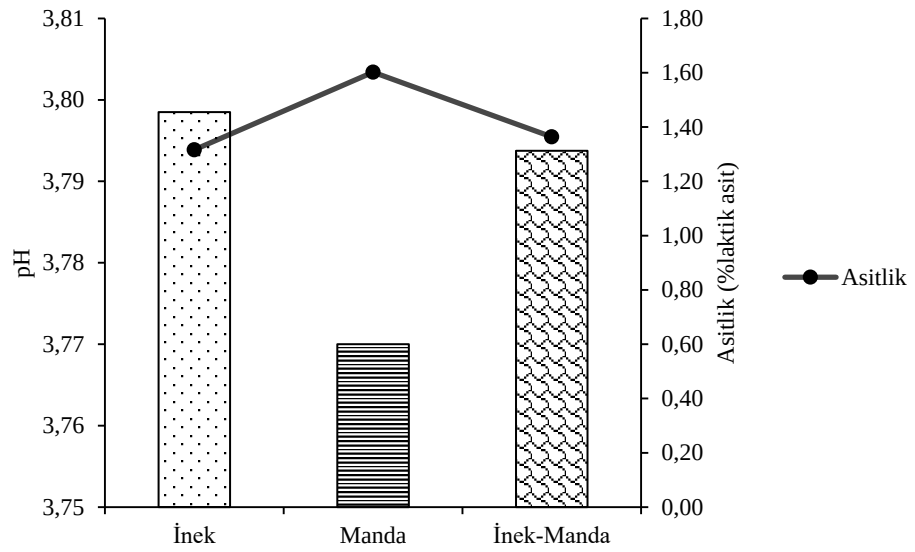
Türkiye’ de endüstriyel yoğurtlarda genellikle 4.2-4.6 olan pH değerinin bu çalışmadaki örneklerde genellikle (%79.2) 4.0’ ün altında olduğu görülmektedir. Damak tadına yönelik olarak yoğurdun daha uzun süre fermente edilmesi yoluyla bilinçli olarak ekşitilmesi mümkün olsa da düşük pH ve yüksek asitlik değerlerinin temelde kontrolsüz fermantasyon sıcaklık ve süresinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Geleneksel yoğurtlara ait pH ve titrasyon asitliği değerleri (%laktik asit)

Yoğurtlar	pH	Asitlik
AK-T	3.61±0.04	1.12±0.00
AK-A	3.50±0.01	1.28±0.02
AK-I	4.03±0.01	0.80±0.00
AK-C	3.83±0.01	1.10±0.00
AK-D	3.58±0.01	1.38±0.01
P-A	3.88±0.01	1.41±0.03
P-B	3.84±0.01	1.31±0.01
P-H	4.09±0.01	1.35±0.01
P-Z	4.34±0.03	0.94±0.03
C-C	3.54±0.01	1.58±0.01
C-Y	4.22±0.01	0.83±0.02
C-Buf*	3.62±0.01	1.93±0.00
C-B	3.53±0.01	1.63±0.00
M-S	4.07±0.02	1.33±0.01
M-G	3.62±0.01	1.06±0.02
GG	3.61±0.01	1.61±0.01
Kabatas	3.98±0.01	1.08±0.01
K-I	3.79±0.01	1.37±0.01
K-Buf*	3.83±0.01	1.37±0.03
KK-I	3.70±0.01	1.69±0.00
KK-I2	3.64±0.01	1.84±0.02
KK-Buf*	3.91±0.01	1.50±0.01
KK-Buf2*	3.74±0.02	1.60±0.05
KK-Melikli	3.62±0.01	1.62±0.01
Max.	4.34	1.93
Min.	3.50	0.80
$\bar{x}$	3.79	1.36

*: Manda yoğurtları

Süt çeşidine göre asitlik ve pH değerleri Şekil 4.3’ te gösterilmiştir. Manda ve inek sütlerinden üretilen yoğurtların ortalama pH değerleri sırasıyla 3.77 ve 3.80 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere paralel olarak, manda yoğurtlarına ait ortalama asitlik değerinin (%1.60) inek yoğurtlarından daha yüksek olduğu görülmektedir ancak, pH değerleri birbirine oldukça yakındır. Yoğurtların toplandığı bölge ve kullanılan süt çeşidinin yoğurtların pH ve asitlik değerleri üzerine etkisinin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.3. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre pH ve asitlik değerleri

Yoğurtlara ait ortalama pH (3.79) değerlerinin Ceylan ve Biberoğlu (2013) tarafından analiz edilen ev yapımı 25 yoğurt (3.81) ile Tolu (2019)’ un 15’ er adet ev tipi ve fabrikasyon yoğurdu kıyasladığı çalışmalara (4.02) kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Diğer taraftan Fırat (2019)’ a ait çalışmada elde edilen pH değeri (3.47) bu çalışmadakine kıyasla düşüktür. Manda yoğurtlarının ortalama pH değeri olan 3.77’ nin ise Bayram (2013)’ e ait çalışmada tespit ettiği 4.33 değerine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Asitlik değerlerine bakıldığında ise bu çalışmada elde edilen ortalama asitlik değerinin (%1.36); Tolu (2019)’ un tespit ettiği %1.16 ve Türkoğlu vd (2003)’ nin Şanlıurfa ev yoğurtlarında tespit ettiği %1.25’ ten yüksek olduğu görülmektedir.

4.3.1.3. Uçucu aroma profili

Yapılan çalışmalarda yoğurtta yaklaşık 100 farklı tanımlanmış aroma bileşiği olduğu bildirilmektedir (Cheng, 2010; Routray ve Mishra, 2011). Sütün türüne ve yoğurt üretimi sırasında süte uygulanan çeşitli işlemlere bağlı olarak proteinlerin, karbonhidratların ve yağların parçalanmasıyla açığa çıkan bu aroma maddeleri arasındaki dengeler, yoğurt kabul edilebilirliğini ve beğenisini belirlemektedir. Yoğurt üretiminde starter kültür olarak kullanılan *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* bakterileri de fermantasyon yoluyla aroma oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Bahsedilen yoğurt bakterileri tarafından sütün fermente edilmesi sonucu, ekşi bir tat ve ferahlatıcı his veren laktik asit ile birlikte yoğurdun ana aroma bileşenleri olduğu düşünülen asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil gibi çeşitli karbonil bileşikler ortaya çıkmaktadır (Chaves vd, 2002). Bunlara ek olarak, yoğurdun depolanma süresine ve koşullarına bağlı olarak, mikrobiyal aktivite ve yoğurttaki kimyasal reaksiyonlar sonucunda çeşitli istenmeyen aroma maddeleri de oluşabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, yoğurtta bulunması beklenmeyen, üretim veya örnek hazırlama esnasında muhtemelen kauçuk veya plastik bazlı malzemelerden gelen bazı bileşenler ve ortamdan bulaşanlar ile birlikte toplamda 80' in üzerinde uçucu bileşen tanımlanmıştır. Bu muhtemel bulaşanların (siloxane ve phthalate gibi) haricinde ise toplam uçucu bileşenlerin %70' inden fazlasına karşılık gelen asit, alkol, aldehit, ester ve keton yapısına sahip 17 bileşen tanımlanmış olup bunlar Çizelge 4.5' te verilmiştir. Bunlardan hegzanoik asit, oktanoik asit, etanol, asetaldehit, hegzanal, asetoin, 2-Heptanaon ve 2-Nonanon bileşenlerine tüm yoğurt örneklerinde rastlanmıştır. Bir benzil türevi olan bademsi ve mantarimsi bir aromaya sahip benzaldehit ile 3-metil-2-butanon ise sadece iki yoğurt örneğinde tespit edilmiştir. Ayrıca, yoğurt aroması için önemli bir bileşen olduğu düşünülen diasetil (2,3-bütandion) hiçbir numunede tespit edilememiştir. Benzer şekilde Yaygin ve Mehanna (1988) tarafından yapılan çalışmada diasetilin eser miktarda ve sadece farklı tipte sütlerle üretilen yoğurtların bazılarında tespit edilebildiği bildirilmiştir (Nursten, 1997). Diasetil, özellikle asetaldehit konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda aromayı tamamlayıcı bir rol oynayarak yoğurt aromasına katkı yapmaktadır (Beshkova vd, 1998).

Tüm yoğurt örneklerinde hegzanoik ve kaprilik asit tespit edilirken iki yoğurt numunesinde asetik asit; beş yoğurtta ise bütirik asit tespit edilememiştir. Yoğurtta temel uçucu bileşen olan asetaldehitin tek başına konsantrasyonu ve

asetaldehitin diğ er aroma bile senlerine oranı yoğurdun duyusal olarak kabulünde kriter olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmadaki tüm yoğurtlar dikkate alındığında, asetaldehit miktarı %0.20 ile 4.03 arasında değişirken, manda yoğurtlarında asetaldehit konsantrasyonunun nispeten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yaygın ve Mehanna (1988) ile Erkaya ve şengül (2011)' e ait çalışmalarda da manda sütünden üretilen yoğurtlardaki asetaldehit konsantrasyonunun inek, koyun ve keçi sütlerinden yapılanlara kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Meyvemsi ve  imensi aromasıyla bilinen başka bir aldehit olan hegzanal ise tüm yoğurtlarda tespit edilmiştir. Aseton ve asetoin yoğurt aromasında önemli rol oynayan keton yapısındaki uçucu bile senlerdir. Konsantrasyonu %0.30 ile 4.10 arasında değişen aseton, bir yoğurt  rneği dışında tüm yoğurt  rne lerinde tespit edilirken, asetoin (%0.27 ila 30.46) ise tüm  rne lerde tespit edilmiştir.

Asetaldehit, yoğurt bakterileri tarafından salgılanan alkol dehidrojenaz enzimi ile etanole d n şt r lelebilmektedir. Dolayısıyla, yoğurt fermantasyonu esnasında etanol oluşumu mümkündür ancak, ortaya çıkan etanol miktarı normal şartlar altında oldukça düşüktür. Yoğurt numunelerindeki etanol miktarının %0.45 ila %30.46 arasında geniş bir aralığa sahip olduğu görülmektedir ( izelge 4.5). Yüksek etanol konsantrasyonunun yoğurt bakterilerinden ziyade yoğurtların mikrobiyolojik analizlerinde de saptanan çok sayıdaki k f ve mayadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. Geleneksel yoğurt örneklerinde belirlenen temel uçucu aroma bileşenleri miktarları (%)

Uçucu bileşenler	AK-I	AK-A	AK-C	AK-D	AK-T	C-C	C-Y	C-B
<i>Asitler</i>								
Asetik asit	17.05±0.74	2.02±0.29	1.92±0.23	2.42±0.22	2.38±0.20	4.54±0.22	12.17±2.61	2.49±0.31
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	1.00±0.07	0.67±0.22	1.36±0.32	1.11±0.07	0.37±0.05	0.61±0.11	1.70±0.09	0.79±0.12
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	5.66±0.37	4.88±0.73	5.87±0.81	4.36±0.08	3.10±0.58	5.08±0.26	7.56±0.13	5.20±0.94
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	4.17±0.14	6.18±0.41	5.03±0.44	5.43±0.16	5.53±0.85	7.47±0.32	5.18±0.96	7.41±1.10
<i>Alkoller</i>								
1-Bütanol. 3-metil- (saf olmayan) (CAS) 3-Methyl-1-bütanol	ND	10.22±0.83	1.76±0.67	2.43±0.19	12.48±1.84	ND	3.06±0.86	0.55±0.00
Etanol (CAS) Etil alkol	0.84±0.02	19.36±6.09	1.21±0.25	4.91±0.25	30.46±0.79	4.80±0.16	1.32±0.07	2.04±0.25
<i>Aldehitler</i>								
Asetaldehit (CAS) Etanal	0.20±0.10	0.50±0.01	1.32±0.26	0.85±0.09	0.50±0.02	2.67±0.14	1.13±0.26	2.00±0.03
Benzaldehit (CAS) Fenilmetanal	ND	ND	ND	19.51±0.49	ND	ND	ND	ND
Hegzanal (CAS) n-Hegzanal	9.83±0.64	0.23±0.08	0.38±0.13	0.71±0.02	0.99±0.13	1.61±0.06	3.57±0.11	2.47±0.24
<i>Esterler</i>								
Asetik asit etil ester (CAS) Etil asetat	ND	18.43±1.37	3.23±1.03	0.52±0.07	7.97±1.14	2.94±0.11	3.67±0.23	3.71±0.11
Okt-1-en-3-il asetat	ND	0.79±0.15	0.38±0.06	1.49±0.04	ND	9.42±0.56	ND	8.05±0.02
<i>Ketonlar</i>								
2-Bütanon (CAS) Metil etil keton	0.14±0.01	ND	0.31±0.05	ND	ND	ND	0.42±0.00	ND
2-Bütanon. 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	30.46±0.65	1.65±0.34	4.66±1.66	1.88±0.02	0.76±0.01	1.47±0.04	14.88±2.19	0.49±0.10
2-Bütanon 3-metil- (CAS) 3-Metil-2-bütanon	7.20±0.59	ND	ND	ND	ND	ND	5.44±0.41	ND
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	3.49±0.23	5.62±0.64	24.14±5.90	12.33±0.40	6.33±1.00	13.17±0.15	5.63±1.80	14.70±0.46
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	2.30±0.19	4.13±0.20	12.47±1.87	9.65±0.28	4.36±0.55	16.80±1.00	3.18±0.10	20.13±1.57
2-Propanon (CAS) Aseton	0.92±0.11	0.34±0.02	1.09±0.40	1.14±0.07	0.13±0.01	0.94±0.03	1.90±0.11	0.79±0.03

Değerler, iki sonucun ortalama±standart sapması şeklinde verilmiştir, ND: belirlenemedi.

Çizelge 4.5. (devam)

Uçucu bileşenler	C-Buf	GG	Kabatas	K-Buf	K-I	KK-Buf	KK-Buf2	KK-I
Asitler								
Asetik asit	3.87±0.07	3.32±0.64	4.16±0.23	ND	0.57±0.05	6.14±0.67	5.83±2.28	2.76±0.13
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	4.56±0.99	0.91±0.06	ND	1.85±0.29	1.65±0.21	ND	ND	3.73±0.69
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	17.47±0.65	6.79±0.56	5.10±0.50	6.02±1.64	5.97±0.63	2.83±0.23	0.91±1.28	11.65±1.62
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	11.92±2.28	6.47±0.47	4.18±0.09	3.40±1.18	4.16±0.68	2.41±1.12	0.44±0.63	6.79±0.55
Alkoller								
1-Bütanol. 3-metil- (saf olmayan) (CAS) 3-Metil-1-bütanol	2.47±0.02	ND	2.98±0.52	5.08±0.65	10.74±0.65	0.93±0.11	9.02±1.66	2.48±0.54
Etanol (CAS) Etil alkol	2.98±0.36	0.45±0.01	5.36±0.05	10.11±1.12	25.63±1.27	0.82±0.25	5.05±0.05	3.18±0.56
Aldehitler								
Asetaldehit (CAS) Etanal	1.32±0.05	3.12±0.13	3.02±0.11	2.05±0.00	0.20±0.02	4.03±0.16	1.69±0.15	1.72±0.14
Benzaldehit (CAS) Fenilmetanal	ND	ND	ND	ND	1.69±0.13	ND	ND	ND
Hegzanal (CAS) n-Hegzanal	0.89±0.47	1.73±0.01	6.10±0.77	0.88±0.09	0.66±0.11	1.11±0.03	0.23±0.10	1.68±0.29
Esterler								
Asetik asit etil ester (CAS) Etil asetat	4.22±0.17	0.93±0.03	1.12±0.09	18.98±1.27	22.03±2.40	6.31±0.83	34.66±5.52	3.88±0.92
Okt-1-en-3-il asetat	7.1±2.01	3.07±0.45	ND	2.99±0.54	0.70±0.13	ND	ND	2.80±0.12
Ketonlar								
2-Bütanon (CAS) Metil etil keton	0.2±0.14	ND	ND	ND	ND	0.39±0.14	ND	0.23±0.02
2-Bütanon. 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	2.11±0.14	3.90±0.01	6.77±1.26	3.62±0.62	0.54±0.05	6.79±0.30	6.85±1.96	2.95±0.64
2-Bütanon 3-metil- (CAS) 3-Metil-2-bütanon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	10.02±2.25	19.95±0.44	10.98±1.46	11.07±0.10	1.75±0.40	12.99±0.09	8.79±0.75	7.07±0.69
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	10.48±1.19	15.23±1.47	9.59±0.44	11.19±0.21	1.54±0.22	10.94±0.58	7.17±1.00	5.62±0.18
2-Propanon (CAS) Aseton	1.28±0.26	1.52±0.02	4.10±0.25	2.02±0.07	0.14±0.02	2.44±0.14	1.58±0.36	1.35±0.26

Değerler, iki sonucun ortalama±standart sapması şeklinde verilmiştir, ND: belirlenemedi.

Çizelge 4.5. (devam)

Uçucu bileşenler	KK-I2	KK-Melikli	M-G	M-S	P-A	P-B	P-H	P-Z
Asitler								
Asetik asit	2.30±0.28	3.32±0.76	1.62±0.04	1.00±0.14	4.30±0.52	0.86±0.10	2.17±0.17	ND
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	0.81±0.08	2.15±0.45	ND	ND	0.70±0.07	1.06±0.15	0.71±0.04	0.23±0.32
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	2.21±3.13	15.24±1.13	1.00±0.20	1.86±0.01	4.77±0.05	5.08±0.04	4.82±0.13	0.90±1.27
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	1.83±2.58	20.06±3.92	1.66±0.04	4.79±0.22	5.16±0.44	4.52±1.13	5.08±0.96	1.14±1.61
Alkoller								
1-Bütanol. 3-metil- (saf olmayan) (CAS) 3-Methyl-1-bütanol	5.44±0.71	1.08±0.61	11.17±0.86	4.87±0.60	ND	ND	6.03±0.88	7.72±0.44
Etanol (CAS) Etil alkol	5.00±0.19	0.78±0.16	4.32±0.42	23.99±4.92	0.86±0.20	0.45±0.03	10.31±1.00	13.37±0.61
Aldehitler								
Asetaldehit (CAS) Etanal	0.61±0.12	1.55±0.22	0.41±0.00	0.10±0.02	3.73±0.16	3.52±0.30	2.47±0.11	1.14±0.58
Benzaldehit (CAS) Fenilmetanal	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hegzanal (CAS) n-Hegzanal	0.76±0.15	0.39±0.17	0.20±0.03	0.02±0.03	3.71±0.38	4.57±0.28	8.66±0.04	2.37±0.06
Esterler								
Asetik asit etil ester (CAS) Etil asetat	39.60±4.64	2.32±0.72	40.96±0.73	0.34±0.03	ND	ND	22.00±1.89	31.05±1.86
Okt-1-en-3-il asetat	2.67±0.10	2.56±0.48	2.47±0.03	0.31±0.02	5.16±0.33	ND	ND	ND
Ketonlar								
2-Bütanon (CAS) Metil etil keton	ND	0.83±0.31	ND	ND	0.38±0.04	0.42±0.03	ND	ND
2-Bütanon. 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	1.77±0.51	1.45±0.41	1.37±0.14	0.27±0.08	3.60±0.03	3.45±0.04	6.02±0.46	3.26±0.04
2-Bütanon 3-metil- (CAS) 3-Metil-2-bütanon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	7.14±0.65	14.53±2.69	9.39±0.38	1.00±0.02	19.54±2.62	19.86±0.54	4.26±0.10	5.51±0.74
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	6.86±0.09	10.37±1.34	9.51±0.39	1.41±0.00	17.79±2.28	16.54±1.75	2.84±0.34	3.55±0.38
2-Propanon (CAS) Aseton	0.51±0.01	1.02±0.19	0.51±0.01	ND	2.18±0.19	1.88±0.01	0.32±0.01	1.15±0.07

Değerler, iki sonucun ortalama±standart sapması şeklinde verilmiştir, ND: belirlenemedi.

4.3.2. Fiziksel analizler

4.3.2.1. Viskozite ve serum ayrılması (Sinerezis)

Geleneksel yoğurt örneklerine ait viskozite ve sinerezis değerleri Çizelge 4.6' da gösterilmiştir. Beklendiği üzere sıcaklık arttıkça, 10 °C' den 15 °C' ye çıkarıldığında, viskozite değerlerinin azaldığı görülmektedir. En yüksek viskozite değeri (10 °C' de 1771.96 cP ve 15 °C' de 1407.06 cP) ile bir manda yoğurdu olan C-Buf örneğinde, en düşük viskozite değerleri ise Kabataş (10 °C' de 63.37 cP ve 15 °C' de 45.02 cP) ve K-I (10 °C' de 54.78 cP ve 15 °C' de 46.52 cP) örneklerinde tespit edilmiştir. Viskozite değerleri üzerine bölge ve süt çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Bununla birlikte, manda yoğurtlarının viskozitesi (10 °C' de 1009.21 cP ve 15 °C' de 802.56 cP) inek yoğurtlarından (10 °C' de 241.09 cP ve 15 °C' de 183.77 cP) yüksek bulunmuştur (Şekil 4.4). Benzer şekilde, bölge ve süt çeşidinin sinerezis üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Ancak, inek yoğurtlarının ortalama sinerezis değeri (%17.43) ile manda yoğurtlarının (%9.02) arasında belirgin bir fark olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).

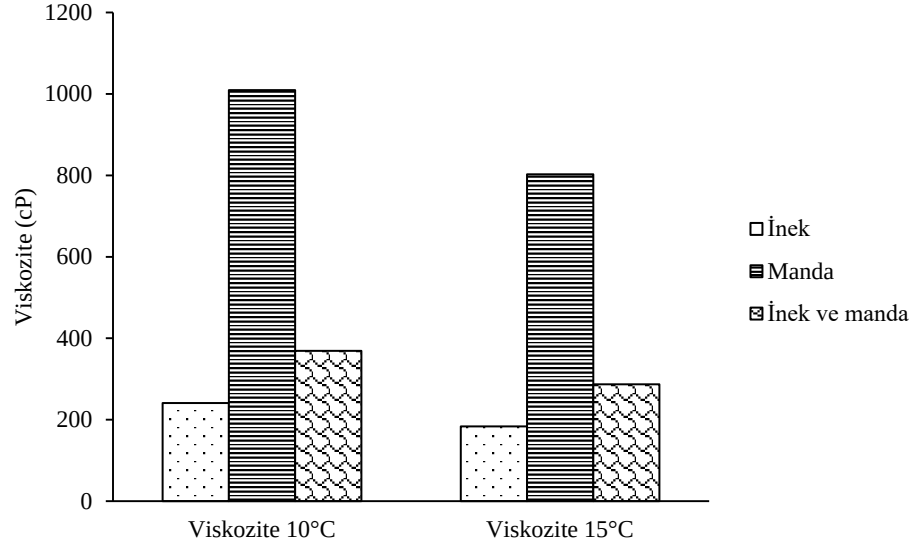
Tolu (2019), Van ilinde topladığı ev tipi yoğurtların ortalama serum ayrılması değerini %26.16 olarak belirlemiştir. Bayram (2013)' ün manda yoğurtları üzerinde yaptığı çalışmada belirlediği ortalama serum ayrılması değerleri (%2.413 ve %2.16) bu çalışmadakine kıyasla (%9.02) yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun oluşmasında aynı çalışmada elde edilen nispeten yüksek kuru madde, yağ ve protein değerlerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

Viskozite kaybı ve serum ayrılması yoğurtta görülen başlıca iki fiziksel kusur olup bu kusurların oluşumunda proses, inkübasyon ve depolama koşulları önemli rol oynamaktadır (Hematyar vd, 2012). Ev tipi yoğurt üretiminde, bu parametrelerdeki oluşabilecek değişimler dikkate alındığında stabil ve mükemmel viskozite ve sinerezis değerleri beklemek mantıklı olmayacaktır. Viskozite ve sinerezis değerlerinde kuru madde, daha spesifik olarak protein içeriği önemli rol oynamaktadır. Yoğurtlarda protein içeriği ne kadar yüksekse sıklık (firmness) ve yoğurt jelinin sinerezise olan direnci o kadar yüksek olmaktadır (Soukoulis vd, 2007).

Çizelge 4.6. Geleneksel yoğurtlara ait viskozite (cP) ve sinerezis (%) değerleri

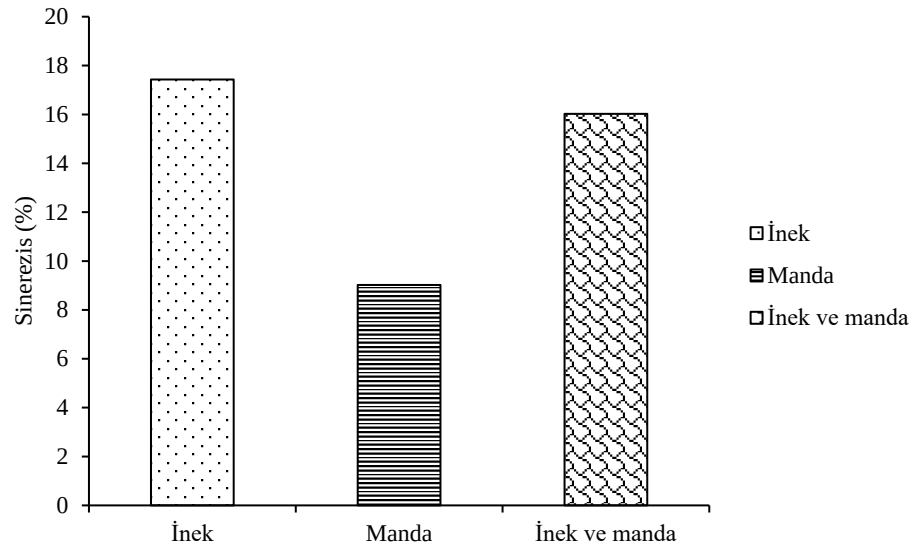
Yoğurtlar	Viskozite (10 °C)	Viskozite (15 °C)	Sinerezis
AK-T	436.36	311.09	10.09
AK-A	234.83	164.5	27.56
AK-I	116.86	77.36	19.73
AK-C	355.48	239.46	5.52
AK-D	151.58	108.12	14.33
P-A	130.35	92.54	22.23
P-B	95.01	72.78	10.76
P-H	414.42	296.87	10.77
P-Z	221.92	165.89	17.57
C-C	213.93	161.55	7.46
C-Y	385.37	301.12	9.04
C-Buf*	1771.96	1407.06	6.72
C-B	129.84	101.22	38.03
M-S	198.51	210.01	26.36
M-G	106.7	79.02	43.34
GG	192.54	141.23	8.30
Kabatas	63.37	45.02	25.71
K-I	54.78	46.52	16.73
K-Buf*	355.45	326	17.46
KK-I	444.01	339.58	5.41
KK-I2	519.33	461.18	5.37
KK-Buf*	453.97	399.81	0.82
KK-Buf2*	1455.45	1077.36	11.08
KK-Melikli	356.69	260.31	24.20
Max.	1771.96	1407.06	43.34
Min.	54.78	45.02	0.82
$\bar{x}$	335.16	258.99	16.73

*: Manda yoğurtları



Şekil 4.4. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre viskozite değerleri (cP)

Bununla birlikte, protein konsantrasyonuna ek olarak kazein/serum proteini oranı (C:W) da viskozite ve sinerezis üzerine etkilidir. Örneğin, Küçükçetin (2008) C:W değeri 1.5’ ten 4’ e yükseldiğinde sinerezis değerinin %67.2’ den %79.2’ ye çıktığını bildirmiştir. Bir başka çalışmada ise protein konsantrasyonu %5.6’ nın üzerinde olan yoğurtlar panelistler tarafından “çok sıkı” ve “ağzı büzen/dili ısırان (astringent)” olarak tanımlanmıştır (Mistry ve Hassan, 1992). Bu nedenle, daha iyi fiziksel ve/veya duyuşsal özellikler kazandırmak için yoğurdun protein konsantrasyonunu artırmak iyi bir çözüm olmayabilmektedir. Ticari yoğurtların kuru madde konsantrasyonunun genellikle %14-15 olduğu düşünülürse (Lucey ve Singh, 1997), ev tipi yoğurtlardaki nispeten düşük viskozitenin başlıca ortalama kuru madde oranının düşüklüğü (%12.92) ile ilişkili olduğu düşünülebilmektedir. Ayrıca, homojenizasyon işlemi protein ve yağ globülleri arasındaki interaksyionu artırarak viskoziteyi de artırdığından ev yapımı yoğurtlardaki düşük viskoziteyi de açıklayan bir diğer kavramdır (Nguyen vd, 2014; Özer, 2006; Sfakianakis ve Tzia, 2014). Lucey ve Singh (1997) tarafından belirtilen nedenler arasından düşük kuru madde içeriğı, sütün yüksek ısıl işleme maruz kalması ve hızlı asidifikasyon oranının ev yapımı yoğurtlarda sinerezisin gelişmesindeki muhtemel nedenler arasında olduğu düşünülmektedir. Geleneksel yoğurtların kuru madde ve protein içerikleri ile viskozite ve serum ayrılması arasındaki ilişkiler sırasıyla EK 1 ve EK 2’ de verilmiştir.



Şekil 4.5. Geleneksel yoğurtların süt çeşidine göre sinerezis değerleri (%)

4.3.3. Mikrobiyolojik analizler

Yoğurt jeli, yoğurt bakterileri tarafından sentezlenen laktik asidin süt proteinlerini koagüle etmesi ile meydana gelmektedir. Bu nedenle, iki yoğurt bakterisinin de, *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*, yoğurdun her bir gramında en az 10^7 kob kadar bulunması gerekmektedir (Anonim, 2009). Streptokok sayısı 4.40-8.36 log kob/g; laktobasil sayısı ise 4.70-8.61 log kob/g arasında değişirken her iki bakterinin ev yapımı yoğurtlardaki ortalama sayılarının 10^7 'nin altında kaldıkları görülmektedir. Tüm yoğurtlar arasında beş yoğurtta (AK-T, AK-I, P-H, P-Z ve C-Y) koliform bakterilere rastlanırken, bunlardan bir tanesinde (P-H) de *E. coli* tespit edilmiştir. Yoğurtlardaki maya-küf sayıları da oldukça yüksek olup (2.85-7.48 log kob/g) ortalama maya-küf sayısı 5.63 log kob/g olarak belirlenmiştir. Ortalama toplam mezofilik aerob bakteri sayısı (TMAB) ise 7.88 log kob/g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Geleneksel yoğurtlara ait mikrobiyolojik sayımlar (log kob/g)

Örnekler	Koliform	<i>E. coli</i>	TMAB	Maya-Küf	Lactobasil	Streptokok
AK-T	6.20	ND	7.61	6.90	6.18	7.60
AK-A	ND	ND	6.57	6.68	5.70	6.87
AK-I	2.60	ND	7.90	4.30	5.04	8.20
AK-C	ND	ND	5.48	5.45	5.00	4.74
AK-D	ND	ND	7.48	5.49	4.70	8.15
P-A	ND	ND	8.89	3.36	8.48	6.86
P-B	ND	ND	8.80	2.85	8.61	6.98
P-H	4.83	3.08	8.48	6.58	5.94	5.40
P-Z	5.57	ND	6.79	6.25	6.00	6.77
C-C	ND	ND	7.48	3.48	5.74	6.93
C-Y	3.98	ND	7.96	5.51	6.77	7.82
C-Buf*	ND	ND	7.39	3.70	6.51	7.13
C-B	ND	ND	7.67	3.30	6.00	5.37
M-S	ND	ND	7.14	7.06	7.15	6.41
M-G	ND	ND	8.03	6.40	6.08	8.04
GG	ND	ND	8.56	5.26	7.18	4.40
Kabatas	ND	ND	8.16	6.29	6.71	5.64
K-I	ND	ND	8.52	5.60	6.08	4.99
K-Buf*	ND	ND	8.85	5.65	7.18	4.83
KK-I	ND	ND	8.32	7.18	7.49	8.36
KK-I2	ND	ND	8.20	6.32	7.08	5.56
KK-Buf*	ND	ND	8.26	7.48	8.03	8.20
KK-Buf2*	ND	ND	8.26	7.48	8.03	8.20
KK-Melikli	ND	ND	8.21	6.56	6.45	7.89
Max.	6.20	3.08	8.89	7.48	8.61	8.36
Min.	0.00	0.00	6.57	2.85	4.70	4.40
$\bar{x}$	0.97	0.13	7.88	5.63	6.59	6.72

*: Manda yoğurtları

Geleneksel yoğurt, yeterli hijyeni ve kıvamı sağlamak için çiğ sütün uzun süre kaynatılmasıyla elde edilmektedir. Ev ölçeğinde yapılan yoğurtlarda inkübasyon süre ve sıcaklığı kontrol edilemediğinden son ürünün asitlik değerleri yüksek ve buna bağlı olarak pH değerleri de düşük olmaktadır. Şiddetli ısıtım işlem ve yüksek asitlik koşulları altında yoğurtta halen varlığını sürdürebilen koliform, maya ve küfler sonradan kontaminasyonun ve/veya yeterli hijyenik koşulların sağlanmadığının bir

göstergesidir. Hisoğlu (2007)' ye ait bir çalışmada Ağrı şehrinden toplanan 107 adet ev tipi yoğurdun %57.94' ünün maya-küf; %14.95' inin ise *E. coli* sayısı açısından TSE tarafından belirlenen standartlara uymadığı belirtilmiştir. Ev yapımı yoğurtlar üzerine gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, yoğurtlarda maya ve küf sayısının olması gerekenin oldukça üzerinde olduğu diğer taraftan, bazı yoğurtlarda yoğurt bakterilerine rastlanmadığı belirtilmiştir (Herdem, 2006). Durak vd (2008), Konya ilinden topladıkları 20 yoğurtta ortalama koliform sayısını 5.48 log kob/g ve maya-küf sayısını 4.63 log kob/g olarak belirlerken analiz edilen yoğurtların %80' inin koliform ve maya-küf sayılarının standartların üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Demirkaya ve Ceylan (2013) Bilecik' te topladıkları 30 yoğurttan %3.33' ündeki koliform sayısının, %66.67' sinin ise may-küf sayılarının tüketim için uygun olmadıklarının belirlemişlerdir. Ayrıca, Bayram (2013) analiz edilen manda yoğurtlarındaki maya-küf sayılarının 5 log kob/g' dan daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Kayseri' de satılan 100 adet manda yoğurdu üzerine gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise bir gram yoğurttaki ortalama maya sayısı 5.21 log kob; küf sayısı 5.15 log kob; TMAB 7.72 log kob ve son olarak, laktik asit bakteri sayısı 6.58 log kob olarak belirlenmiştir (Ertaş vd, 2014).

5. GELENEKSEL YOĞURTLARDAN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTEYE SAHİP LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ İZOLASYONU, TANIMLANMASI VE BAZI STARTER KÜLTÜR ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

5.1. Giriş

Günümüzde yoğurt yerel veya milli bir ürün olmanın da ötesinde dünyanın birçok ülkesinde tüketilen global bir ürün haline gelmiştir. Gelişen teknolojinin ve bunun bir sonucu olarak fabrikasyon üretimin yoğurdun bu denli tanınmasında ve yaygın şekilde tüketilmesinde payı oldukça fazladır. Fabrikasyon üretim, mevsim ve iklim gibi değişken çevresel koşullarından bağımsız olarak standart ve hijyenik yoğurt elde edilebilmesi yönleriyle geleneksel üretime kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. Standart kaliteye sahip bir yoğurt üretimi için ise kullanılan sütün ve mayanın bileşimleri ile uygulanan prosesin standardize edilmesi gerekmektedir. Kuru madde ve proteini dengeleme amaçlı olarak evaporasyon işlemi uygulanması ve süt tozu gibi süt bazlı bileşenlerin ilavesi mümkünken yağ standardizasyonu için krema ilavesi yapılabilmektedir. Sonrasında, süte uygulanan ısı işlem ve süt mayalandıktan sonraki inkübasyon işlemlerine ait sıcaklık-süre normlarının standardize edilmesi yoğurt üretimindeki kritik proses aşamalarıdır. Bu şartlar sağlandıktan sonra geriye maya kalmaktadır ki bu kısımda starter kültür kullanımı devreye girmektedir.

Geleneksel yoğurttaki maya, çeşitli laktik asit bakterileri yanında daha bir çok mikroorganizmayı değişen oranlarda barındırabildiğinden sürekliliği olmayan ve her üretimde değişebilen asitlik, aroma ve tekstüre sahip yoğurtlar ortaya çıkmaktadır (Khan vd, 2016). Fabrikasyon üretimlerde maya yerine kullanılan starter kültürler ise standart ürün elde edilmesine önemli katkı sağlamaktadırlar. Starter kültürler, fermentasyonu başlatmak ve kontrollü şartlar altında sürdürerek ürüne arzu edilen özellikleri kazandırmak amacıyla süte bilinçli olarak ilave edilen mikroorganizmalar olarak tanımlanmakta (Ustunol, 2014) olup son ürünlerdeki çeşitliliğin temel faktörü olarak kabul edilmektedirler (Yıldız, 2016). Starter kültürlerin yoğurttaki iki temel işlevinin laktik asit ve aroma maddeleri üretimi olduğu ayrıca, tekstür üzerine de etkileri olduğu bilinmektedir. Yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürlerin *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* suşlarını bulundurmaları gerekmektedir (Anonim, 2009). Bununla birlikte, bu iki bakteri türünden olsa bile farklı suşların farklı özellikler sergileyebileceği söz konusu olduğundan yoğurt üretiminde kullanılacak starter

kültürlerin öncelikli olarak sağlık açısından herhangi bir risk teşkil etmediği teyit edildikten sonra asit üretimi, bakteriyofajlara dayanıklılık, proteolitik aktivite, ekzopolisakkarit üretimi (EPS), aroma üretimi ve antimikrobiyal aktivite gibi belli başlı bazı özelliklere sahip olması beklenmektedir. Bu özelliklerin tamamını veya birkaçına sahip olan yani, starter kültür olarak kullanılabilme potansiyeli taşıyan suşlara bu özellikleri kazandırmak veya geliştirmek amacıyla genetik modifikasyonların uygulanması yöntemi son yıllarda arzu edilen karakterlere sahip starter kültürlerin geliştirilmesi için sıklıkla uygulanmaktadır (Ustunol, 2014). Bununla birlikte, çeşitli doğal gıdalar ve geleneksel fermente gıdalardan laktik asit bakterilerinin direkt izolasyonu yoluyla uygulanacak ürünlere farklı duyuşal (kimyasal ve fiziksel olarak da düşünölebilir) özellikler katabilecek starter ve/veya probiyotik kültürlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar da halen devam etmektedir (Farimani vd, 2016). Bu izolatların tanımlanmasında günümüzde fenotipik yöntemler tür bazında tanımlamada yetersiz kalmakta olup konservatif 16s rDNA bölgesinin çoğaltılması esasına dayanan moleküler boyutta tanımlamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Hatta, çok yakın türlerin ayırımında bu yöntemin de yetersiz kaldığı ve bu gibi durumlarda türe özgü polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) kullanımının daha doğru sonuç verdiği (Ammor vd, 2005) ayrıca, yine hızlı, doğru ve ucuz olması bakımından, özellikle klinik mikrobiyolojide, MALDI-TOF-MS tanımlama yöntemlerinin daha kullanışlı olduğu bildirilmiştir (Singhal vd, 2015).

Toplumda sağlıklı ve doğal beslenme eğiliminin gün geçtikçe artmasının bir sonucu olarak günümüz tüketicileri, kimyasal koruyucuların kullanıldığı gıdalara yaklaşımlarında daha bilinçli hareket etmektedirler. Bu durum, bitkilere ait meyve, sap, çekirdek gibi kısımlara ait ekstraktlara ve diğer antimikrobiyal özellik sergileyen doğal bileşenlere olan talebi de artırmıştır. Bu gibi gıda kaynaklı doğal antimikrobiyal bileşenlere alternatif olarak bakteriyosinlerin de içerisinde yer aldığı çeşitli metabolitler yoluyla antimikrobiyal aktivite sergileyen mikroorganizmaların gıdalarda kullanımı da yaygınlaşmakta olup laktik asit bakterilerinin bu amaçla kullanım potansiyeli oldukça yüksektir (Silva vd, 2019; Sonbol vd, 2020). Ülkemiz tüketicilerinin endüstriyel yoğurtlarda yetersiz gördüğü en önemli parametre ise aromadır. Tüketiciler geleneksel yoğurtların aromasını ve lezzetini endüstriyel yoğurtlarda bulamadıklarını sıklıkla dile getirmektedirler.

Bu temel bilgiler ve mevcut literatür ışığında yoğurt üretiminde en ihtiyaç duyulan özellikler olan sırasıyla asit üretimi ve proteolitik aktivite yanında

antimikrobiyal aktivite ve aroma üretimi göz önünde bulundurularak bu çalışma planlanmıştır olup tez çalışmasının bu kısmında yaylalardan toplanan geleneksel yoğurtlardan öncelikle antimikrobiyal aktiviteye sahip laktik asit bakterilerinin izolasyonu amaçlanmıştır. Proteolitik aktivite, asit ve aroma üretim kapasiteleri göz önünde bulundurularak yoğurtta starter olarak kullanım potansiyeli olan suşlar seçilerek 16s rDNA bölgesi çoğaltılması esasına dayalı olarak moleküler düzeyde tanımlanmıştır.

5.2. Materyal ve Yöntem

5.2.1. Materyal

İzolasyonlar için tez kapsamında Ordu (17 adet) ve Giresun' daki (7 adet) çeşitli yaylalardan temin edilen 24 adet geleneksel yöntemle üretilmiş yoğurt kullanılmıştır. Toplamda 8 farklı lokasyondan toplanan örneklerle ilişkin detaylar Bölüm 4.2.1' de verilmiştir.

5.2.2. Yöntem

5.2.2.1. Antimikrobiyal aktiviteye sahip laktik asit bakterileri izolasyonu

LAB izolasyonunda öncelikli kriter olarak antimikrobiyal aktivite göz önünde bulundurulmuştur. Antimikrobiyal aktivitenin tespitinde indikatör suşlar olarak ise *Escherichia coli* BL21 ve *Staphylococcus aureus* NCTC 8530 bakterileri kullanılmıştır. Aseptik koşullara altında, steril bir spatül vasıtasıyla homojen hale getirilen geleneksel yoğurt numunelerinden 10 g yoğurt steril stomacher poşetlerine transfer edilmiş ve 90 mL serum fizyolojik (%0.85 tuz içeren) eklendikten sonra 30 saniye stomacher cihazında (BagMixer 400P, Interscience Co., Fransa) bekletilerek homojen bir hale gelmesi sağlanmıştır. Poşetteki homojenattan 1 mL alınmak ve 9 mL' lik steril serum fizyolojik içeren tüplere transfer edilmek suretiyle seri dilüsyonlar gerçekleştirilerek uygun dilüsyonlardan yayma yöntemiyle ekimler gerçekleştirilmiştir. Laktobasillerin izolasyonunda MRS agar, streptokokların izolasyonunda ise M17 agar kullanılmış olup ekim yapılan petriler, sırasıyla anerobik ve aerobik koşullar altında 37 °C sıcaklıkta 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda 30-300 koloni içeren petri kutuları üzerine; 12-18 saatlik genç indikatör

suşların aşılacağı yaklaşık 45 °C sıcaklıktaki 7 mL Tryptic Soy yarı katı agar ($OD_{600}=0.1$) ikinci kat olarak dökülmüş ve petrilere 30 °C’ de 24 saat daha inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda etrafında berrak inhibisyon zonu bulunan koloniler, steril kürdanlar vasıtasıyla MRS veya M17 Broth’ a aşıl原因arak 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda gelişen genç kültürlerle gram boyama testi uygulanmış ve tipik LAB özelliklerini taşıyan suşlar sonraki çalışmalar için stoklanıp -20 °C’ de muhafaza edilmiştir.

5.2.2.2. İzolatların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi

Antimikrobiyal aktivite potansiyeline sahip olan izolatlardan alınarak önceden petrilere dökülmüş ve dörde bölünmüş olan MRS ve M17 agarlara ekim yapılmıştır. Bu amaçla, bir gece büyütülen taze kültürlerin aborbansları ayarlandıktan sonra ($OD_{600}=0.100\pm0.005$) spotlama tekniğiyle her bir çeyreğe 5 µL ekim yapılmıştır. Ekim yapılan MRS agarlar anaerobik; M17 petrilere ise aerobik koşullar altında 37 °C sıcaklıkta 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Hazırlanan taze *E. coli* BL21 ve *S. aureus* NCTC 8530 indikatör bakterilerinden Triptik soy soft agara %1 ekim yapıldıktan sonra ikinci tabaka olarak MRS ve M17 agarda büyüyen izolatların üzerine dökülmüştür. Bu şekilde 37 °C sıcaklıkta 24 saat daha inkübe edilen izolatların etrafında oluşan inhibisyon zonları dijital bir kumpasla ölçülerek antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir.

5.2.2.3. İzolatların yoğurtta starter kültür olarak kullanılma potansiyelini belirlemeye yönelik analizler

5.2.2.3.1. Asit Üretim Kapasitesi ve pH değişimi

Antimikrobiyal aktivite sergileyen izolatlardan seçilen 20 tanesi, dondurulmuş stoklardan alınarak MRS/M17 broth içerisine inoküle edilmiş ve 37 °C sıcaklıkta 18-24 saat geliştirilmiştir. Gelişme gösteren bu kültürlerden 5 mL MRS broth içerisine pasaj geçilmiş (%1) ve 18 saat aynı koşullarda inkübe edilmiştir. Gelişen bakteriler, 3500 rpm hızda 5 dk süreyle santrifüj (Model 2-6, Sigma, Almanya) edilip süpernatant uzaklaştırılmıştır. Tüplerin dibinde kalan hücre pelletleri 2 mL steril serum fizyolojik (%0.85 NaCl) içerisinde tekrar süspanse edilmiştir. Bu süspanسیونlardan uygun miktarlarda alınarak 10 mL serum fizyolojik içerisine transfer edilmiş

spektrofotometrede 600 nm dalga boyundaki absorbans değerleri kaydedilmiştir. Bu değerler baz alınarak 10 mL hacimde 0.100 ± 0.005 olması için kültür süspansiyonundan alınması gerekli miktar hesaplanmış ve her bakteriden 60 mL (2 tekerrürlü) için gerekli hacimde kültür alınarak MRS broth içerisine ekimler gerçekleştirilmiştir. Homojen hale getirmek için 20 saniye süreyle elle karıştırıldıktan sonra 60 mL kültürden steril koşullarda 10 mL alınarak 5 adet steril tüpe (6, 12, 24, 48 ve 72. saat ölçümleri için) aktarılmıştır. Artan 10 mL alınarak sıfırncı saat asitlik ve pH ölçümleri için kullanılmıştır. pH ölçümünde pH= 4, 7 ve 10 tamponları ile kalibre edilen pH metre kullanılmıştır (Mettler Toledo, SevenCompact). Asitlik lmnde ise potansiyometrik yöntem takip edilmiş olup bu amaçla yine aynı pH metre kullanılmıştır. Manyetik karıştırıcı ve balık vasıtasıyla örnek karıştırılırken üzerine dijital brette bulunan ayarlı 0.1 N NaOH çözeltisinden eklenerek titrasyon bitiş noktası olarak belirlenen pH=8.2' ye ulaşılana kadar titrasyona devam edilmiştir. Sarfiyat kaydedilerek aşağıdaki formülden asitlik değerleri hesaplanmıştır. Bu analiz iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{Asitlik (Laktik asit cinsinden)} = 100 \times [(V \times N \times 0.090) / m]$$

V: Titrasyonda sarf edilen 0.1 N NaOH zeltisinin hacmi (mL)

N: Titrasyonda kullanılan ayarlı NaOH zeltisinin normalitesi

m: Analiz edilen numunenin hacmi (mL)

5.2.2.3.2. Proteolitik Aktivite

Asit retim kapasitesi ve pH değişimi belirlenen 20 izolata ait stoklardan MRS/M17 broth içerisine ekim yapılmış, 37 C sıcaklıkta 24 saat inkübe edildikten sonra 4 mL MRS broth' a pasaj (%1) geçilmiştir. Yeni kültürler aynı sıcaklıkta 18 saat inkübe edildikten sonra 3500 rpm hızda 5 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra arta kalan pellet, 2 mL serum fizyolojik içerisinde süspanse edilmiştir. Son konsantrasyon $OD_{600} = 0.100 \pm 0.005$ olacak şekilde 5 mL steril yağsız süt besiyeri (%10' luk; 121 C, 5 dk otoklavlanmış) içerisine transfer edilmiş ve 37 C sıcaklıkta inkübasyona bırakılmıştır. Birinci tp 36 saat, ikinci tp ise 72 saat sonunda analiz edilmiştir.

Proteolitik aktivite ölçümü için; 5 mL skim milk kültür üzerine 1 mL distile su ve 10 mL 0.72 N TCA çözeltisi eklenmiş ve karıştırılıp 10 dk bekletildikten sonra filtre (Whatman No:1) edilmiştir. Filtrattan 5 mL alınarak üzerine 10 mL $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (75 g Na_2CO_3 + 10 g $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$; 500 mL su içerisinde) ve 3 mL fenol ayırıcı (1 mL folin + 2 mL destile su) eklenmiştir. Karıştırıldıktan sonra 2500 rpm hızda 2.5 dk santrifüj edilmiş ve üst kısımdan alınarak 650 nm’ de okuma yapılmıştır.

Hesaplama için ise tirozin ile standart eğri çizdirilmiştir. Bu amaçla 0.4 mg/mL tirozin stok çözeltisi steril skim süt içerisinde hazırlanmıştır. Farklı miktarlarda alınarak 650 nm’ deki absorbanslarına göre standart eğri çizdirilmiştir (Aslım, 1994; Yüksekdağ vd, 2004). Bu analiz iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

5.2.2.3.3. Aroma Üretimi

Daha önce de belirtildiği üzere, yüksek proteolitik aktivite istenmeyen aroma maddeleri oluşumuna ve depolama esnasında sinerezise neden olurken düşük proteolitik aktivite ise fermentasyonun yavaş ilerlemesine neden olabilmektedir. Fermentasyon sırasında asit üretiminin dengeli olması arzu edilen yoğurt jel yapısının ortaya çıkmasında ve lezzetin oluşumunda oldukça önemlidir. Fazla asit üretimi fermentasyonu hızlandırırsa da depolama sırasında bir dezavantaj olup ekşimeye ve sinerezise yol açmaktadır. Bu bilgiler ışığında, 20 izolat arasından genel olarak orta seviyede proteolitik aktiviteye ve asit üretme kapasitesine sahip 10 izolat seçilmiş ve aroma analizlerinde kullanılmıştır. Bu analiz için yağsız süt tozu (Sigma Aldrich, ABD) kullanılarak %10’ luk yağsız süt hazırlanarak 95 °C’ de 20 dk pastörize edilmiştir. İzolatların pastörize sütteki başlangıç konsantrasyonları spektrofotometrik olarak ayarlandıktan ($\text{OD}_{600}=0.100 \pm 0.005$) sonra aroma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla her bir izolat tekli kültür halinde inoküle edilerek 42-43 °C sıcaklıkta pH=4.6 olana kadar inkübe edilmiştir. Yoğurtlar bir gece buzdolabında dinlendirildikten sonra aroma analizleri yapılana kadar -20 °C’ de muhafaza edilmiştir. Ayrıca, kontrol olarak kullanılmak üzere izolatlara ek olarak ticari bir yoğurt kültüründen (YC-350, Chr. Hansen, Danimarka) izole edilen *Lactobacillus bulgaricus* (LB) ve *Streptococcus thermophilus* (ST) suşları tekli ve kombine halde kullanılmıştır.

Aroma analizleri, Shimadzu GCMS-QP2010 sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Aroma analizlerinde asetaldehit, aseton, diasetil, hegzanal, bütirik asit, aseton,

hegzanol ve etanol standartları (Sigma Aldrich, ABD) kullanılmıştır. Aroma analizleri için yoğurt numunelerinden viallere beşer gram tartılmıştır. Viale SPME fiber daldırılarak 80 °C sıcaklıktaki su banyosunda bir örnek yürütme süresi (yaklaşık 40 dk) boyunca uçucu aromaların absorbe edilmesi sağlanmıştır. Yürütme için aroma absorbe etmiş olan SPME, cihazın enjeksiyon bloğuna takılmış ve burada 5 dakika bekletildikten sonra çıkarılarak başka bir örnek için kullanılmıştır. Analiz için kullanılan gaz kromatografisi cihazı (GC) koşulları Çizelge 5.1’ de verilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak 3 mL/dk akış hızı ve 124 kPa basınca sahip helyum gazı kullanılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, split oranı 10 olarak ayarlanmıştır. Akış hızı: 40 °C’ de 6 dakika; dakikada 10 °C’ lik artışlarla 180 °C’ de 5 dakika; dakikada 10 °C’ lik artışlarla 250 °C’ de 3 dakika bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Toplam işlem süresi 35 dakika olarak belirlenmiştir. Standart olarak asetaldehit, asetoin, diasetil, hegzanal ve hegzanol kullanılmıştır. Standart eğrileri çizim için her bir standart çözeltiden iki kez yürütme yapılmış standart çözeltilerdeki her bir standart maddenin miktarına karşılık elde edilen alanlar eksnlere girilerek standart eğriler çizdirilmiştir.

Çizelge 5.1. Aroma analizleri için uygulanan gaz kromatografisi koşulları

Parametre	Şartlar
Kolon sıcaklığı (Column oven temperature)	40 °C
Enjeksiyon sıcaklığı (Injection temperature)	250 °C
Enjeksiyon modu (Injection mode)	Split
Helyum	500-900 prim. Pressure
Akış kontrolü (Flow control)	Lin. Velocity
Basınç (Pressure)	28.3
Toplam akış (Total flow)	13.9 ml/dk
Kolon akışı (Column flow)	1 ml/dk
Doğrusal hız (Lin. Velocity)	25.4 cm/s
Tasfiye akışı (Purge flow)	3 ml/dk
Split oranı (Split ratio)	10
Kolon tipi (Column)	RESTEK (L:60m, T: 0.25 um; D: 0.32 mm)

5.2.2.4. İzolatların 16S Dizi Analizi ile Tanımlanması

5.2.2.4.1. DNA İzolasyonu

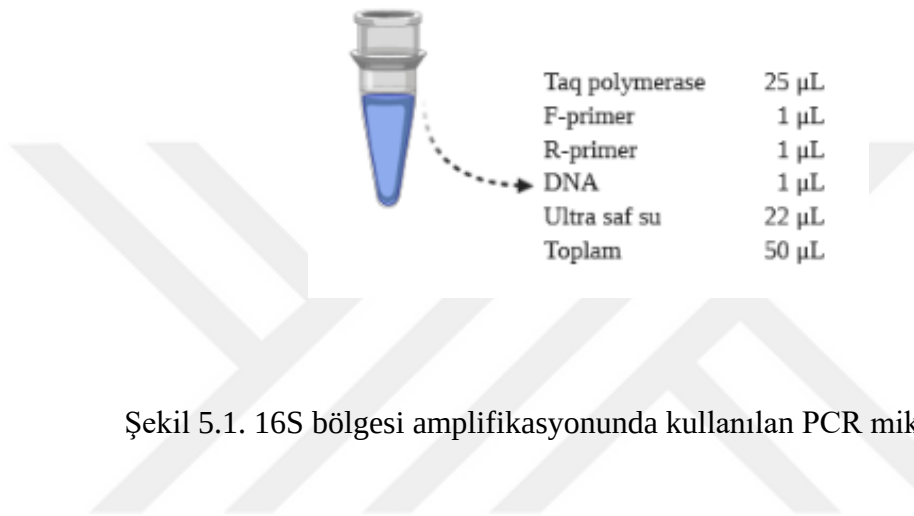
Antimikrobiyal aktivite, asit üretme ve proteolitik aktivitelerine göre seçilen ve önceden aroma analizlerinde kullanılan 10 adet LAB izolatı, DNA izolasyonu için MRS ve/veya M17 broth besiyerinde 37 °C’ de 24 saat inkübe edilmiştir. DNA izolasyonunda genomik DNA izolasyon kiti (Invitrogen Purelink Genomic DNA Mini Kit, Invitrogen, CA, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılmıştır. Her bir sıvı kültürden steril otomatik pipetler ile 1.5 mL alınarak steril 2 mL’ lik eppendorflara transfer edilmiş ve 7000 rpm hızda 2 dk santrifüj edilerek hücre pelleti çöktürülmüştür (daha fazla hücre pelleti için bu aşama 2 kez tekrarlanmıştır). Çöken hücre pelletinin üstünde kalan süpernatant uzaklaştırılmıştır. Pellet üzerine “lizozim içermeyen lizozim digestion buffer”dan 1.5 mL eklenip homojen hale getirildikten sonra yukarıda belirtilen koşullarda santrifüjlenmiştir. Yıkama işlemi bir kez daha yapıldıktan sonra süpernatant uzaklaştırılmıştır. Üzerine “lizozim içeren (40 mg/mL) lizozim digestion buffer” (180 µL) eklenerek 37 °C sıcaklıkta 30 dk inkübe edilmiştir. Üzerine Triton X-100 (2 µL) eklendikten sonra 37 °C sıcaklıkta 30 dk daha inkübe edilmiştir. 20 µL RNase eklenip oda sıcaklığında 2 dk bekletildikten sonra 20 µL Proteinase K ve 200 µL “lysis and binding buffer” eklenip elle karıştırılmış ve 55 °C sıcaklıkta 30 dk inkübe edilmiştir. Sonrasında, 200 µL etanol eklenerek vortekslenmiştir. Elde edilen lizat alınarak (yaklaşık 620 µL) spin kolona transfer edilmiştir. Santrifüj (13000 rpm, 1 dk) edildikten sonra spin kolon alınarak temiz bir tüpe yerleştirilmiştir. Üzerine 500 µL “yıkama solüsyonu-1” eklenmiş ve 13000 rpm’ de 1 dk santrifüj edildikten sonra kolon alınarak temiz bir tüpe yerleştirilmiştir. Üzerine 500 µL “yıkama solüsyonu-2” eklendikten sonra 13000 rpm’ de 1 dk daha santrifüj edilmiş ve spin kolon alınarak temiz bir eppendorf tüpe yerleştirilmiştir. Üzerine 50 µL “elution buffer” eklenip 1 dk bekledikten sonra 13000 rpm hızda santrifüj edilmiş (duruma göre santrifüj 2 kere yapılmıştır) ve elde edilen DNA -20 °C’ de muhafaza edilmiştir.

DNA izolasyonlarının başarılı olduğunu teyit etmek amacıyla her bir örnek yükleme boyası (loading dye) ile karıştırılarak (5:1) ethidium bromat ilave edilmiş (jeldeki son konsantrasyon 5 µg/mL) %1.5’ lik agaroz jelde 90 Volt akımda 20-25 dk boyunca yürütülmüştür. Yürütme sonrasında ise GelDoc Sistem (VilberLourmat,

Quantum ST5) üzerinde jel görüntülenmiştir. Ayrıca, Nanodrop spektrofotometre ile konsantrasyonları da kontrol edilmiştir.

5.2.2.4.2. DNA izolatları kullanılarak 16S bölgesinin PCR ile çoğaltılması

16S bölgelerinin çoğaltılmasında Taq polimeraz veya Hot Start Go Taq polimeraz (Promega Corp., WI, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılmıştır. PCR miksi bileşimi Şekil 5.1’ de ve PCR koşulları ise Çizelge 5.2’ de verilmiştir.



Şekil 5.1. 16S bölgesi amplifikasyonunda kullanılan PCR miksi bileşimi

Çizelge 5.2. 16S bölgesi amplifikasyonunda kullanılan PCR koşulları

	PCR-1 (Taq polimeraz)	PCR-2 (GoTaq Hot Start master mix)
İlk denatürasyon	95 °C, 15 dk	94 °C, 2 dk
Denatürasyon	95 °C, 1 dk	95 °C, 1 dk
Bağlanma (Annealing)	55 °C, 1 dk	55 °C, 1.5 dk
Uzama (Extension)	72 °C, 3 dk (35x)	72 °C, 3 dk (30x)
Son uzama	72 °C, 10 dk	72 °C, 10 dk

5.2.2.4.3. LAB izolatlarının 16S rDNA dizi analizi

Çoğaltılan PCR ürünleri %1.5’ lik agaroz jelde PCR DNA marker ile birlikte 90 voltta 25 dakika yürütülerek GelDoc Sistem (VilberLourmat, Quantum ST5) üzerinde kontrol edilmiştir. Amplifikasyon ürünleri 16S rDNA gen bölgesinin yaklaşık uzunluğunun tamamının dizi analizi üç universal primer ile BM Yazılım Danış. ve

Lab. Sis. Ltd. Sti. (Ankara, Türkiye) firması tarafından gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. LAB izolatlarının 16S rDNA dizi analizinde kullanılan primerlere ait diziler

İsim	Diziliş (5'-3')	Bağlanma bölgesi (5'-3')	Kaynak
27F*	AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG	8-27	(Lane, 1991)
800R	TAC CAG GGT ATC TAA TCC	800-782	(Chun, 1995)
Mg5F	AAA CTC AAA GGA ATT GAC GG	907-926	(Chun, 1995)

*Lane (1991)' e göre: M, A:C

Sekanslama verileri çeşitli programlar kullanılarak kontrol edilmiş, düzenlenmiş ve birleştirilmiştir. Son olarak, “Mega-X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platorms” programı (Kumar vd, 2018) kullanılarak Neighbor-Joining yöntemine göre filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Evrimsel mesafeler Maximum Composite Likelihood yöntemine göre belirlenmiştir.

5.3. Bulgular ve Tartışma

5.3.1. Antimikrobiyal aktivite

M17 Agarlar üzerinde indikatör suşlar üzerinde antimikrobiyal aktivite sergileyen herhangi bir koloniye rastlanmamıştır. Diğer taraftan, MRS agarlardan potansiyel antimikrobiyal aktivite gösteren koloniler ise MRS broth besiyerine aşılandıktan sonra gelişme gösterenler gram boyama ile sınıflandırılıp morfolojik olarak teyit edildikten sonra stoklanarak -20 °C’ de muhafaza edilmiştir. Bu şekilde toplamda 50 potansiyel laktobasil izolatı elde edilmiştir.

Bu izolatlara uygulanan antimikrobiyal aktivite testinde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek izolat sayısı 20’ ye indirilmiştir. Değerlendirme yapılırken her iki indikatör suş üzerinde inhibisyon gösteren izolatlar arasından *E. coli* üzerindeki inhibisyon oranı fazla olanlara öncelik verilmiştir. Örnek inhibisyon zonlarına ait

resimler EK 3' te verilmiştir. Seçilen 20 izolata ait inhibisyon değerleri Çizelge 5.4' te verilmiştir.

Çizelge 5.4. İndikatör suşlar üzerinde izolatların oluşturdukları inhibisyon zonları

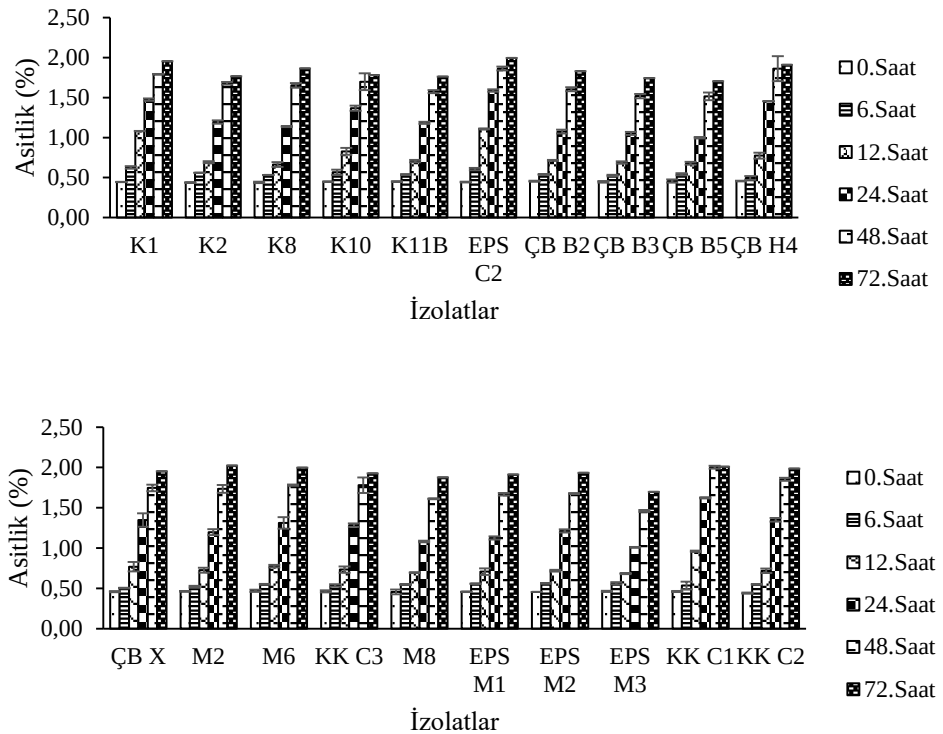
İzolatlar	İnhibisyon zonları (mm)	
	<i>Staphylococcus aureus</i> NCTC 8530	<i>Escherichia coli</i> BL21
K1	28.50±9.19	39.00±1.41
K2	33.50±2.12	29.00±0.71
K8	22.50±1.41	21.75±1.77
K10	26.00±7.07	20.00±0.71
K11B	23.75±0.35	14.75±2.47
EPSC2	22.50±3.54	18.00±6.36
ÇBB2	13.00±0.00	27.75±1.77
ÇBB3	10.00±0.00	25.75±8.84
ÇBB5	12.00±0.00	24.75±3.18
ÇBH4	4.00±0.00	23.75±11.67
ÇBX	32.75±10.25	15.25±3.89
M2	24.50±3.54	25.50±4.95
M6	4.00±0.00	26.50±2.12
KKC3	22.00±0.00	23.50±1.41
M8	16.00±0.00	25.25±1.06
EPSM1	30.00±1.00	30.25±3.18
EPSM2	32.00±1.20	37.50±3.54
EPSM3	32.00±2.00	26.25±9.55
KKC1	28.00±0.00	25.25±2.47
KKC2	24.00±0.00	26.00±5.66

5.3.2. Asitlik ve pH değişimi

Yoğurt jeli, ısıtma işlemiyle denatüre olan serum proteinleri ve inkübasyon sırasında gelişen asitliğin etkisiyle oluşum mekanizması itibarıyla bir asit pıhtısıdır. Bu nedenle,

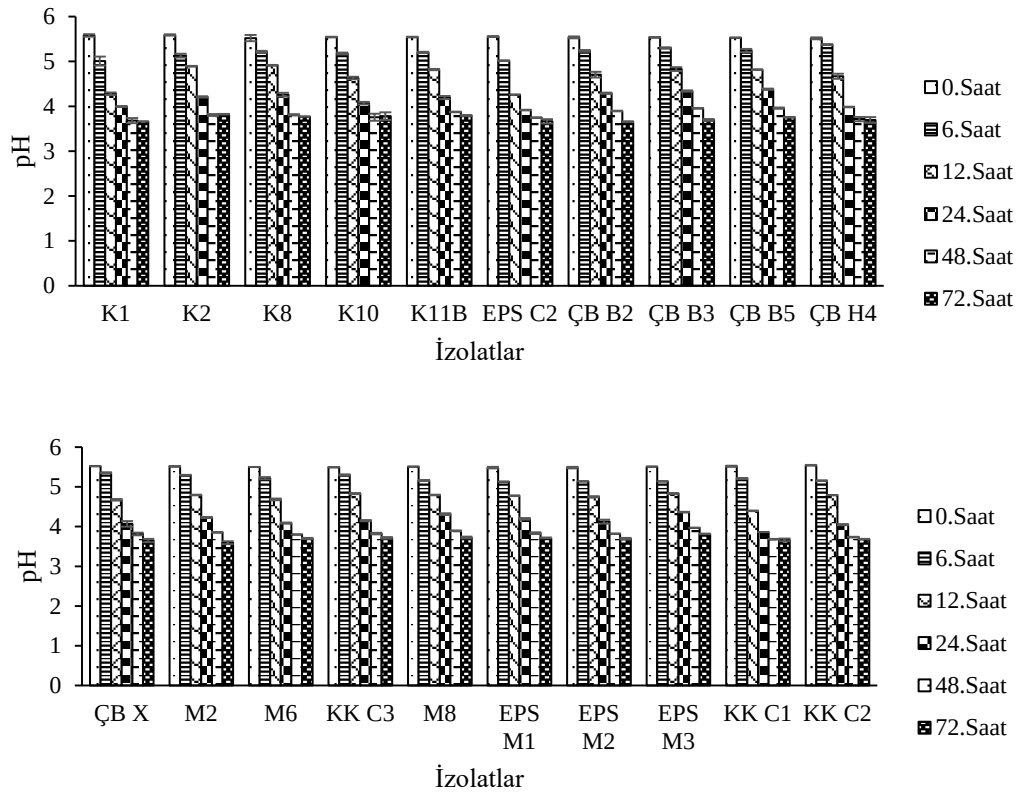
asidifikasyon kapasitesi yoğurt starter kütürlerinin seçiminde önemli bir parametredir. Çok hızlı bir asitlik gelişimi arzu edilen yoğurt tekstürünün oluşumu için yeterli zamanı vermezken çok yavaş asitlik gelişimi ise ekonomik anlamda kayıplara neden olmaktadır (Özer, 2006). Bir diğer önemli nokta ise “post asidifikasyon” olarak adlandırılan ve ekşimeye neden olan fermentasyon sonrası soğutma ve depolama esnasındaki asitlik gelişimi olup bu süreçte ise asitliğin mümkün olduğunca yavaş gelişimi beklenmektedir.

Yoğurtta kullanılan bakterilerin her ikisi de asit üretme kabiliyetine sahip olmakla birlikte, fermentasyonun ilk aşamalarından sütte var olan aminoasitleri kullanarak asit üretmek ve böylece, *L. bulgaricus* gelişimine zemin hazırlamak sorumluluğunu taşıdığından *S. thermophilus* için asit üretme kapasitesinin daha önemli olduğu söylenebilmektedir. Bu çalışmada elde edilen izolatların tamamının potansiyel laktobasil oldukları düşünüldüğünde asit üretimi nispeten daha azdır. Antimikrobiyal aktiviteleri göz önünde bulundurularak seçilen 20 izolata ait 72 saatlik inkübasyon sırasındaki asitlik değişimleri Şekil 5.2’ de verilmiştir.



Şekil 5.2. İzolatlara ait asit üretim düzeyleri (%)

Asitliğin bir ölçüsü olan pH değeri aynı zamanda uygulamada fermentasyonun bitiş noktasının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Asitlik ve pH değişimleri, süt ortamı yerine MRS ortamında, tüm izolatlar MRS besiyerinden izole edildiği için, takip edilmiştir. Başlangıç pH değeri yaklaşık 5.50 ve asitlik değeri ise %0.45 olan besiyerinde en yüksek pH ve asitlik değişimleri sırasıyla 0-6 ile 6-12. saatler arasında olmuştur. İlk 48 saatlik inkübasyondan sonra pH değişimleri neredeyse hiç gerçekleşmezken KKC1 dışındaki izolatlarda asitlik artışı 72 saat boyunca, azalarak da olsa, devam etmiştir. İlk 6 saat sonunda en yüksek asitlik %0.63 ile K1 ve %0.61 ile EPSC2 izolatlarında; ilk 24 saat sonunda %1.62 ile KKC1 ve %1.59 ile EPSC2 izolatlarında; 72 saat sonunda ise %2.02 ile M2 ve %2.01 ile KKC1 izolatlarında tespit edilmiştir. 72 saat sonunda en yüksek pH değeri (3.83) K2 izolatında, en düşük pH değeri (3.60) ise M2 izolatında belirlenirken ortalama pH değeri 3.71 olarak belirlenmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. İzolatlara ait pH değişimleri

Süt ortamında (%10' luk yağsız süt besiyeri) yapılan inkübasyonda ise kontrol olarak kullanılan ticari LB-ST kombinasyonu ile yoğurttan fermentasyon bitiş noktası olarak kabul edilen 4.6 değerine 5 saat sonunda ulaşırken LB' nin tekli kültür olarak aşılandığı sütte ise 7.5 saat sonunda ulaşılmıştır. Diğer izolatlarda bu süreç 7.5-8 saat sürerken KKC2 ve K8 izolatlarında gerekli süre daha uzun olmuştur (veriler gösterilmemiştir). Geleneksel yoğurtlardan izole edilen *S. thermophilus* suşlarının özelliklerinin belirlendiği bir diğer çalışmada 66 izolattan dokuzunun pH 4.60 değerine 5 saat içerisinde ulaştığı bildirilmiştir (Erkus vd, 2014). Benzer şekilde Çelik (2007) yoğurttan izole edilen bakterilerden 5 saat içinde pH 4.60 değerine ulaşanları yoğurt üretiminde kullanmıştır. Akyar (2014), yoğurttan izole ettiği 3 adet *L. bulgaricus* izolatından tekli kültür halinde ürettiği yoğurtların ikisinde 30 günlük depolama boyunca yeterli asitliğin gelişmediğini gözlemlemiştir. Uzunsoy (2018)' a ait çalışmada ise starter kültür geliştirme amaçlı olarak geleneksel yoğurtlardan izole edilen 15 *L. bulgaricus* suşundan beş tanesi tekli izolat halinde pH düşüşü çok yavaş gerçekleştiği için elenmiştir.

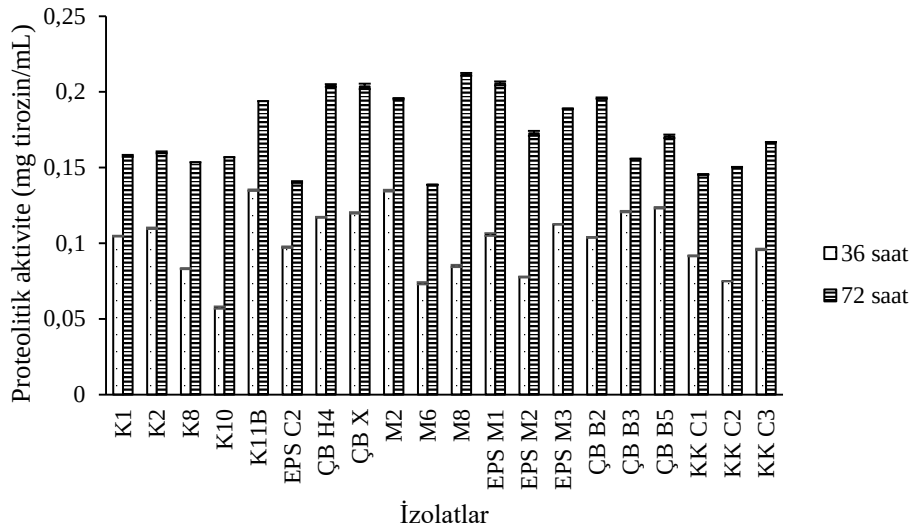
5.3.3. Proteolitik aktivite

Yoğurt bakterilerinin proteolitik aktivitesi öncelikle fermentasyonun sağlıklı şekilde gerçekleşmesinde kritik bir role sahiptir. Sütte bulunan serbest aminoasit ve peptitlerin miktarının az olması nedeniyle nispeten proteolitik aktivitesi yüksek olan *L. bulgaricus*, *S. thermophilus*' un gelişimi ve simbiyotik ilişkinin devam ederek yoğurt oluşumunun gerçekleşmesi için ihtiyaç duyulan aminoasitleri temin etmekle yükümlüdür. Bu açıdan bakıldığında *L. bulgaricus*' un proteolitik aktivitesi nispeten daha önemlidir.

Yoğurttan arzu edilen aroma maddelerinin oluşumu açısından kültürlerin proteolitik aktivite düzeyleri önemlidir. Nitekim aminoasitler, yoğurdun temel aroma bileşeni olarak kabul edilen asetaldehit ve dolaylı olarak yoğurttan önemli kabul edilen birçok aroma maddesinin oluşumunda öncü madde olarak yer almaktadır. Diğer taraftan, aşırı proteoliz acı peptitlerin oluşumuna böylece, istenmeyen bir lezzete neden olabilmektedir. Ayrıca, sağlık için yararlı biyoaktif peptitlerin (Giacometti ve Buretić-Tomljanović, 2017; Tavakoli vd, 2019) ve zararlı olan biyojen aminlerin oluşumunda da proteolitik aktivite düzeyi önemli bir faktördür (Gezginc vd, 2013). Yüksek proteolitik aktiviteye sahip kültürlerin depolama süresince sinerezisi artırdığı

böylece, yoğurt tekstürünü olumsuz etkiledikleri görülmüştür (Amani vd, 2017). Bütün bunlara ilaveten proteolitik aktivitesi yüksek kültürler protein sindirimini ve yarıyışlılığını olumlu olarak etkilemektedirler. Bu nedenle yoğurt kültürlerinin dengeli bir proteolitik aktiviteye sahip olması gerekmektedir.

Yoğurt starter kültürlerinin fermentasyon sıcaklığında depolama sıcaklığına kıyasla daha aktif oldukları ve fermentasyonun ortalama 3-8 saat devam ettiği düşünüldüğünde proteolitik aktivitenin belirlendiği 36. saatin, 72. saate kıyasla daha kritik olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Ayrıca, en yüksek proteolitik aktivitenin yoğurt bakterilerinin logaritmik fazında olduğu belirtilmiştir (Tamime ve Robinson, 2007). Diğer taraftan, proteoliz düzeyinin değişimi açısından 72. saat verileri de önemli bilgiler vermektedir. İlk 36 saat verileri incelendiğinde en yüksek proteolitik aktivitenin sırasıyla K11B, M2, ÇBB5 ve ÇBB3 izolatlarında; en düşük aktivitenin ise sırasıyla K10, M6 ve KKC2 izolatlarında olduğu görülmektedir. 72. saat verilerine göre ise en yüksek proteolitik aktivitenin sırasıyla M8, EPSM1 ve ÇBH4 izolatlarında; en düşük aktivitenin ise sırasıyla M6, EPSC2 ve KKC1 izolatlarında olduğu görülmektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. İzolatlara ait proteolitik aktivite düzeyleri (mg tirozin/mL)

Erkus vd (2014), proteolitik düzeylerin belirlenmesinde mikrobiyal bir yöntem kullanmış, asit üretim kapasitesi ile proteolitik aktivite arasında bir ilişki olduğunu ve hızlı asidifikasyon kabiliyetine sahip izolatların çoğunun proteaz pozitif olduğunu tespit etmiştir. Guzel-Seydim vd (2005), yoğurttaki tirozin miktarının 0.5 mg/mL' yi geçmesi durumunda acılaştırmanın meydana geldiğini belirtmiştir. Bu çalışmada direkt olarak tirozin miktarı belirlenmemiş olmasına rağmen, tirozin eşdeğeri olarak verilen proteoliz değerlerinin 0.5 mg/mL' nin altında kaldığı görülmektedir. Uzunsoy (2018) yoğurttan izole ettikleri *S. thermophilus* suşlarının *L. bulgaricus*' a kıyasla zayıf proteolitik aktiviteye sahip olduklarının bildirmiştir.

5.3.4. Aroma Üretimi

İzolatlara ve kontrol olarak kullanılan ticari suşlara ilişkin aroma değerleri Çizelge 5.5' te verilmiştir. Çizelgede verilen aroma maddeleri arasında en yüksek konsantrasyona sahip olan asetaldehit olmuştur. Bununla birlikte, ST ve ÇBB3 kültürlerinin kullanıldığı örneklerde asetaldehit tespit edilememiştir. Tespit edilen örnekler arasında asetaldehit konsantrasyonları 2.36 ppm ile 32.39 ppm arasında değişirken, en yüksek asetaldehit konsantrasyonu KKC1 kullanımında; en düşük asetaldehit konsantrasyonu ise K1 izolatı kullanımında tespit edilmiştir. En yüksek asetaldehit miktarları sırasıyla KKC1, M6 ve KKC2 izolatlarında tespit edilirken bu değerlerin ticari kültür LB (6.57 ppm) ve LB-ST kombine kullanımından (5.42 ppm) yüksek olduğu belirlenmiştir. LB-ST kombine kullanımında LB kullanımına kıyasla asetaldehit konsantrasyonu beklenenin aksine daha düşük olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Çelik (2007) tarafından izole edilen *S. thermophilus* suşlarının hiçbirisinde önemli derecede asetaldehit üretimine rastlanmazken, *L. bulgaricus* suşlarının da %24' ünde kayda değer asetaldehit üretimi tespit edilememiş olup tespit edilenlerde asetaldehit konsantrasyonu 1.2-31.5 mg/L aralığında olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan, Ayhan vd (2005)' a ait çalışmada çiğ süttten izole edip tanımlanan *S. thermophilus* suşlarında 25-55 ppm; *L. bulgaricus* suşlarında ise 27.28-47.74 ppm aralığında asetaldehit olduğu belirlenmiştir.

En fazla asetoin sırasıyla EPSC2, H4 ve ST suşlarında gözlenmiştir. Diasetil miktarı ST suşunda en yüksek olarak tespit edilmiş olup diğer üretici suşlarda belirlenen miktarlar birbirine yakındır (0.35-0.53 ppm). Hegzanal meyvemsi aromaya sahip olup yalnızca LB, K1, K10, KKC2, EPSC2 ve ÇBX suşlarında ve birbirlerine

oldukça yakın konsantrasyonlarda (0.32-0.37 ppm) tespit edilmiştir. Taze biçilmiş çimen aromasına benzer aromaya sahip olan hegzanolün B3 hariç tüm suşlar tarafından üretildiği görülmekte olup yine değerlerin (0.33-0.53 ppm) birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Yoğurt aromasında önemli olduğu bilinen bütirik asit ve aseton bileşenleri ise hiçbir örnekte tespit edilememiştir. Geleneksel Yunan yoğurtları üzerinde yapılan bir çalışmada izole edilen *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus* suşlarından hiçbirisinde diasetil üretimine rastlanmazken *L. bulgaricus* suşlarında asetaldehit üretimi, *S. thermophilus* suşlarında ise asetoin üretiminin daha fazla olduğu belirlenmiştir (Xanthopoulos vd, 2001).

Çizelge 5.5. Tekli izolatların yoğurtta oluşturdıkları aroma konsantrasyonları (ppm)

Bakteri	Asetaldehit	Aseton	Asetoin	Diasetil	Bütirik asit	Hegzanal	Hegzanol
LB	6.57	-	-	-	-	0.35	0.33
ST	-	-	2.39	0.69	-	-	0.53
LB-ST	5.42	-	0.73	0.37	-	-	0.41
K1	2.36	-	-	-	-	0.33	0.38
K8	2.61	-	-	-	-	-	0.46
K10	9.12	-	-	-	-	0.37	0.34
ÇBB3	-	-	0.71	0.53	-	-	-
ÇBH4	11.32	-	2.21	0.35	-	-	0.42
KKC1	32.39	-	0.77	0.47	-	-	0.48
KKC2	25.46	-	0.87	0.43	-	0.35	0.39
M6	28.33	-	0.74	0.38	-	-	0.36
EPSC2	7.33	-	2.68	0.41	-	0.34	0.42
ÇBX	8.15	-	1.13	-	-	0.32	0.40

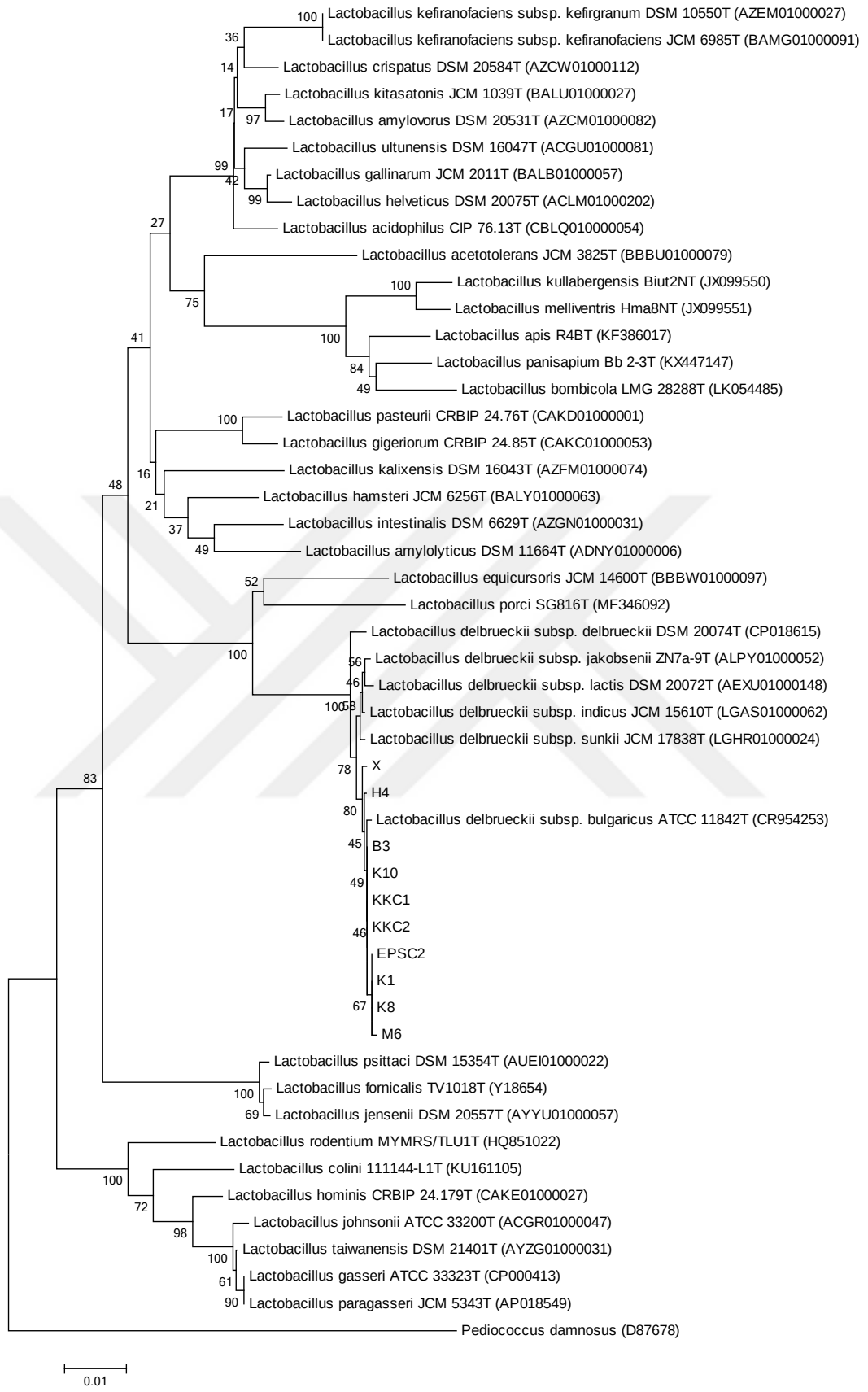
LB: *Lactobacillus bulgaricus* ticari kültürü, ST: *Streptococcus thermophilus* ticari kültürü

5.3.5. İzolatların tanımlanması ve Filogenetik değerlendirme

İzolatların 16S rRNA gen dizi analizine dayalı filogenetik ilişkilerini gösteren dendogramlar Şekil 5.5’ te verilmiştir. Dış grup olarak *Pediococcus damnosus* tip türü kullanılmıştır ve nükleotit pozisyon değişimi 0.01’ dir. Dizi analizi gerçekleştirilen tüm izolatlar *Lactobacillus* cinsi içerisinde yer almıştır. B3, K10, KKC1 ve KKC2; *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC11842T ile aynı dalda yer almıştır. K1, K8 ve M6 ise bir alt grupta yer almıştır. Bununla birlikte tüm izolatların en yakın oldukları tür *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842T olmuştur.

İzolatların 16S rRNA gen dizi analizine baēlı benzerlik deēerleri ve nükleotit sayısı  izelge 5.6' da verilmiştir. İzolatlar arası benzerlik oranı %99.72 ile 100 arasında deēiřirken  B3, K10, KKC1 ve KKC2 grubu ile K1, K8 ve EPSC2 grubu kendi aralarında %100 benzerlik göstermiştir. İzolatlar asındaki en büyük fark ise 4 n kleotitik bir farklılık olup M6 ve  BX izolatları arasında belirlenmiştir.





Şekil 5.5. İzolatların 16S rDNA sekansları baz alınarak oluşturulan filogenetik ağaç

Çizelge 5.6. Geleneksel yoğurt izolatlarının 16S rRNA gen dizi analizine bağlı benzerlik değerleri ve nükleotit sayıları

İzolat	ÇBB3	ÇBH4	EPSC2	K1	K8	K10	KKC1	KKC2	M6	ÇBX	LB
ÇBB3	---	1/1452	1/1452	1/1452	1/1452	0/1452	0/1452	0/1452	2/1452	2/1452	1/1452
ÇBH4	99.93	---	2/1452	2/1452	2/1452	1/1452	1/1452	1/1452	3/1452	1/1452	2/1452
EPSC2	99.93	99.86	---	0/1452	0/1452	1/1452	1/1452	1/1452	1/1452	3/1452	2/1452
K1	99.93	99.86	100.00	---	0/1452	1/1452	1/1452	1/1452	1/1452	3/1452	2/1452
K8	99.93	99.86	100.00	100.00	---	1/1452	1/1452	1/1452	1/1452	3/1452	2/1452
K10	100.00	99.93	99.93	99.93	99.93	---	0/1452	0/1452	2/1452	2/1452	1/1452
KKC1	100.00	99.93	99.93	99.93	99.93	100.00	---	0/1452	2/1452	2/1452	1/1452
KKC2	100.00	99.93	99.93	99.93	99.93	100.00	100.00	---	2/1452	2/1452	1/1452
M6	99.86	99.79	99.93	99.93	99.93	99.86	99.86	99.86	---	4/1452	3/1452
ÇBX	99.86	99.93	99.79	99.79	99.79	99.86	99.86	99.86	99.72	---	3/1452
LB	99.93	99.86	99.86	99.86	99.86	99.93	99.93	99.93	99.79	99.79	---

LB: *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842T

6. GELENEKSEL YOĞURTLARDAN İZOLE EDİLMİŞ OLAN *Lactobacillus bulgaricus* SUŞLARI KULLANILARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN ÇEŞİTLİ KİMYASAL, FİZİKSEL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

6.1. Giriş

Gıda endüstrisine bakıldığında süt ürünleri başlı başına oldukça büyük bir pazar iken yoğurdun, sadece fermente süt ürünleri segmentinde değil tüm süt ürünleri hatta gıda endüstrisinde oldukça büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. İlk keşfedildiği andan günümüzün global fermente bir süt ürünü olana kadar yoğurdun geçirdiği bu uzun süreç, ürüne kazandırdıkları ve kaybettikleri bir tarafa gerçekten takdire şayandır. Geleneksel bir ürün olarak çıktığı bu yolculuğa dünya çapında tanınan ve tüketilen bir ürün olarak devam etmesinde lezzeti yanında içerdiği faydalı bileşenler ve sağlık üzerine olumlu etkileri ile birlikte arka planda yadsınamayacak büyüklükte bir maddi yatırım ve kazanç olduğu muhakkaktır.

Bilindiği üzere yoğurt, “fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*’ un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü” olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009). Buradan da anlaşılabileceği üzere sade yoğurt içeriğinde sadece süt (protein ve/veya kuru madde içeriğini yükseltmek amaçlı kullanılan süt bazlı bileşenler ilave edilebilir) ve bakteriyel kültür (yoğurt mayası) bulunmaktadır. Ülkemizde yoğurt üretimi hem geleneksel hem de endüstriyel yöntemlerle devam etmekle birlikte, hızlı yaşam şartları ve gelişen teknoloji günümüzde geleneksel yoğurt üretiminin büyük ölçüde endüstriyele kaymasına neden olmuştur. Geleneksel, yani ev tipi üretimde süt konusunda herhangi bir standardizasyondan bahsetmek pek mümkün olmayıp endüstriyel yoğurt üretiminde ise üretildiği ülkenin standartlarına uygun olarak mikrobiyolojik açıdan herhangi bir risk taşımayan, antibiyotik içermeyen, duyusal olarak herhangi bir sorun bulundurmeyen, asgari düzeyde kuru madde ve yağ içeriğine sahip sütler kullanılmaktadır. Bu bağlamda, proses koşulları hariç tutulduğunda, endüstriyel yoğurtlar arasındaki kalite farklarının temel nedeni kullanılan kültürlerden ileri gelmektedir.

Kullanılan kültürler ve mayalama işlemi, üretimin geleneksel veya endüstriyel oluşuna göre farklılıklar göstermektedir. Geleneksel yoğurtlarda mayalama işlemi; kıvamı ve lezzetinin başarılı olduğu düşünülen bir önceki yoğurttan bir miktar alınarak kaynatılmış ve soğutulmuş süte transfer edilmesi ve sıcak bir ortamda yeterli pıhtı oluşana kadar bekletilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar bu şekilde yoğurt üretimi mümkün olsa da, elde edilen yoğurtlar her seferinde aynı lezzet ve kıvama sahip olmama ve dışarıdan mikrobiyal bulaşma gibi riskler taşıyabilmektedir. Buradan hareketle geliştirilen ve başlatıcı kültür manasına gelen starter kültürler, bakteri, maya, küf ve bunların kombinasyonları şeklinde olabilmektedir. Starter kültürler, uygun olmayan koşullarda bile daha stabil ve kontrol edilebilir bir fermantasyon sağlamaları, istenmeyen mikroorganizmaların gelişme riskini azaltmaları, daha kaliteli (aroma, tekstür vb.) ve standart üretime imkan vermeleri ve dolaylı olarak ekonomik kayıpları azaltmaları nedeniyle endüstriyel üretimlerde yaygın olarak tercih edilmektedir. Yoğurtta bulunması gereken bakterilere ilaveten *L. acidophilus* ve *L. casei* başta olmak üzere çeşitli *Lactobacillus* türleri ve *Bifidobacterium animalis*, *B. longum*, *B. infantis* ve *B. breve* gibi çeşitli *Bifidobacterium* türleri yoğurtlarda, sağlığa yararlı etkileri nedeniyle, ilave kültürler olarak yer almaktadır (Chandan, 2006). Bu ilave kültürler, bazen diğer temel yoğurt kültürleriyle birlikte fermantasyondan önce bazen ise fermantasyondan sonra eklenmekte olup sağlığa yararlı etkileri arasında protein sindirilebilirliğinde artış, laktoz intoleransında azalma, bağırsak sağlığında iyileşme, serum kolesterol seviyesinde azalma ve mineral emiliminde artış gibi etkiler sayılabilmektedir (Chandan, 2006; Ng vd 2011; Shah ve Lankaputhra, 1997).

Starter kültürler; çeşitli ürünlere kendine özgü lezzet, tekstür ve görünüm bakımından üstün nitelikler kazandırmak amacıyla ilave edilen, zararsız, etkin belirli bakteri suşlarının kültürleri olarak tanımlanabilir. Starter kültürler son ürün kalitesinde belirleyici bir role sahip olduğundan dolayı yoğurt üretiminde uygun starter kültür seçimi oldukça önemlidir. Yoğurt için starter kültür seçiminde birçok önemli kriter aranmakta olup bunlar arasında aroma üretimi de oldukça önemlidir (bkz. Bölüm 1.5.6). Bu nedenle birçok üretici firmanın hali hazırda spesifik aroma verici kültürlerine rastlanabilmektedir. Bu kültürlerin çoğu moleküler ve genetik yöntemler kullanılarak talebe göre tasarlanabilmektedir. Diğer taraftan, geleneksel ürünlerden izolasyon yoluyla alternatif ve sıra dışı bazı özelliklere sahip mikroorganizmaların starter olarak kullanım amacıyla izolasyonuna yönelik çalışmalar da oldukça fazladır (Cogan vd, 1997; Farimani vd, 2016; Gezgin vd, 2015; Han vd, 2014). Elde

edildikleri kaynaklara bağı olarak yabancı suşların ticari starter kültürlerden farklı aroma bileşenleri üretebileceği ve bu suşların starter kültür olarak kullanımı yoluyla taleplere uygun özellikler taşıyan süt ürünleri üretilabileceği belirtilmiştir (Ayad vd, 1999). Ayrıca, laktik asit bakterilerinin aroma kapasitelerinin yalnızca türler arasında değil aynı türün farklı suşları arasında da önemli farklılıklar gösterebileceği bilinmektedir. Dolayısıyla damak tadına uygun ürün eldesi için, kullanılacak starter kültürlerin metabolik özellikleri ile aroma üretme yeteneklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Yoğurdun tüketiciler tarafından tercih edilmesinde hoş a giden bir lezzetinin yani, tat ve aromasının şüphesiz büyük rolü vardır. Dolayısıyla yoğurtta kaliteyi oluşturan en önemli unsurlardan biri de aromadır. Çeşitli bileşiklerin etkisiyle oluşan aroma, yoğurdun duyuusal özelliklerini belirleyen önemli bir kalite ölçütüdür. Fermente süt ürünlerinde kullanılan laktik asit bakterileri her ürüne özgü tat ve aroma oluşumuna katkıda bulunan karakteristik aroma bileşenleri sentezlemektedirler (Smid ve Kleerebezem, 2014). Tipik yoğurt aromasında ise yoğurt bakterileri tarafından üretilen, ekşimsi ve serinletici tat sağlayan laktik asit ve yoğurdun temel aroma bileşeni olarak düşünülen asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil gibi çeşitli karbonil bileşikler önemli rol oynamaktadır (Beshkova vd, 1998; Chaves vd, 2002; Ott vd, 1997).

Tez çalışması kapsamında yer alan bu çalışmanın amacı, geleneksel yoğurtlardan izole edilen *Lactobacillus* suşları kullanılarak üretilen yoğurtların çeşitli kimyasal, fiziksel, reolojik ve duyuusal özellikleri ile aroma profillerinin belirlenerek bu izolatların yoğurt üretiminde starter kültür olarak kullanılma potansiyellerinin ortaya konulmasıdır.

6.2. Materyal ve Yöntem

6.2.1. Materyal

6.2.1.1. Ticari Kültürlerin İzolasyonu

Ticari streptokok ve laktobasil suşları, YC-350 yoğurt starter kültüründen (Chr. Hansen, Danimarka) izole edilmiştir. Bu amaçla, aseptik koşullar altında liyofilize starter kültürden bir miktar alınarak MRS ve M17 broth besiyerlerine transfer edilmiş

ve çözünür hale getirmek amacıyla vortekslenmiştir. Bunu müteakip, homojen hale gelen sıvı kültürlerden yine aynı selektif besiyerlerinin agar formlarına kompleks plak çizimi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, laktobasil gelişimi için MRS agar anaerobik koşullarda, streptokok gelişimi için ise M17 agar aerobik koşullarda 37 °C sıcaklıkta 12-18 saat inkübe edilmiştir. Elde edilen tek koloniler yine ilgili besiyerlerinin sıvı formlarına aktarıldıktan sonra gelişmeleri için 37 °C sıcaklıkta 12 saat inkübe edilmiştir. Gram boyama yoluyla hücre zarı yapıları ve morfolojileri tasdik edilen kültürler, santrifüj edilerek (NF-400R, Nüve AŞ, Ankara; 3500 rpm, 5 dk, 4 °C) süpernatant uzaklaştırılmıştır. Tüplerde kalan hücre pelletleri, ilgili taze sıvı besiyeri ve steril gliserol çözeltisi (%75' lik) içerisinde 4:1 oranında süspanse edilmiş ve kriyojenik tüplere transfer edildikten sonra pipetleme yoluyla homojen hale getirilmiştir. Elde edilen ticari Laktobasil (LB) ve Streptokok (ST) kültürleri -20 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

6.2.1.2. Yoğurt Üretiminde Kullanılan Kültürlerin Hazırlanması

Geleneksel yoğurtlardan ve ticari kültürden izole edilmiş olan Laktobasil suşları (Çizelge 6.1) stoktan alınarak 37 °C sıcaklıkta MRS broth besiyerinde geliştirildikten sonra aynı besiyerine 1 kez pasaj geçilmiştir. 12-18 saatlik kültürlerden yoğurt üretimi için her bir kültürden (mayalanacak süt hacmi baz alınarak) 50 ml' lik steril falcon tüplerde 40 mL MRS broth besiyerine %1' lik ekim yapılmıştır. Ekim yapılan besiyerleri 37 °C' de 18-24 saat inkübasyon sonrasında santrifüj (3500 rpm, 5 dk) edilerek süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra hücreler 2 mL steril serum fizyolojik (%0.85 NaCl, su içinde) içerisinde süspanse edilmiştir. Benzer şekilde, stoktan alınan ticari streptokok (ST) M17 broth içerisinde 37 °C sıcaklıkta geliştirildikten sonra 10-12 adet M17 agara yayma ekim (her bir agara 100 µL kültür) gerçekleştirilmiştir. 18-24 saat inkübasyon sonrasında hücreler mikropipet yardımıyla agarlardan kazınmış ve 10 mL serum fizyolojik içerisinde süspanse edilmiştir. Hazırlanan tüm süspansiyonlardan 50 µL alınarak 5 mL serum fizyolojik içerisine transfer edilmiş ve spektrofotometrede 600 nm dalga boyundaki absorbans değerleri kaydedilmiştir. Bu değerler üzerinden yoğurt için kullanılacak süt içerisinde son absorbansın 0.10 ± 0.01 (yaklaşık olarak McFarland 0.5' e tekabül etmektedir) olabilmesi için gerekli miktar

hesaplanmıştır (Streptokok için gerekli süt hacmi Laktobasil için gerekli hacmin altı katı kadardır).

Çizelge 6.1. Yoğurt üretiminde kullanılan izolatlara ait bilgiler

Kültürün kodu	Cins/tür	İzole edildiği ortam	Kaynak/Bölge
ÇBX	<i>Lactobacillus</i> spp.	İnek yoğurdu	Çambaşı Yaylası Kabadüz, Ordu
ÇBH4	<i>Lactobacillus</i> spp.	İnek yoğurdu	Çambaşı Yaylası Kabadüz, Ordu
M6	<i>Lactobacillus</i> spp.	İnek yoğurdu	Kulakkaya Yaylası Melikli Mevkii, Giresun
EPSC2	<i>Lactobacillus</i> spp.	İnek yoğurdu	Kulakkaya Yaylası Giresun
KKC2	<i>Lactobacillus</i> spp.	Manda yoğurdu	Kulakkaya Yaylası Giresun
LB	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Ticari starter kültür	Chr. Hansen (YC-350)
ST	<i>Streptococcus thermophilus</i>	Ticari starter kültür	Chr. Hansen (YC-350)

6.2.1.3. Yoğurt Üretimi

Yoğurt üretimi 2 tekrarlı olarak laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Toplamda 6 farklı yoğurt üretilirken bu yoğurtların tümünün üretiminde aynı streptokok kültürü (ticari kültürden izole edilen ST izolatu) kullanılırken laktobasil olarak ise geleneksel yoğurtlardan izole edilen 5 adet (ÇBX, ÇBH4, M6, EPSC2 ve KKC2) ve ticari kültürden izole edilen 1 adet (LB) olmak üzere 6 farklı laktobasil suşu kullanılmıştır. Yani, üretimi gerçekleştirilen altı adet yoğurt arasındaki tek fark, üretimde kullanılan laktobasil suşlarıdır. Her bir üretime marketten satın alınan 7 litre pastörize süt (MİS Süt, Ak Gıda San. ve Tic A.Ş., Sakarya, Türkiye, Karbonhidrat: %4.7, Yağ: %3.1, Protein: %2.8) ve %1 oranında ilave edilen süt tozu (Bağdat Baharat, Karbonhidrat: %52.10; Protein: %38.60; Yağ: %1.61) ile başlanmıştır ve her bir yoğurt çeşidinin üretimi için bir litre süt olmak üzere üretimler toplamda 6 litre sütle gerçekleştirilmiştir.

Pastörize sütler, bir çelik tencere içerisinde gazlı ocakta 85 °C' ye ısıtıldıktan sonra aseptik koşullar altında (bek alevi yanında, steril huni vasıtasıyla) 6 x 1 L hacimli steril cam şişelere transfer edilerek önceden aynı sıcaklığa getirilmiş olan otoklav içerisinde 15 dk bekletilerek pastörize edilmiştir (85 °C 15 dk buharla pastörizasyon).

Sütler 35-45 °C sıcaklığa soğutulduktan sonra 1 litre için gerekli miktarları hesaplanmış eşit konsantrasyonlara sahip ST ve ilgili laktobasil suşu karışımıyla inoküle edilmiştir. Bir seferde 1 litre için gerekli miktarda ST ve laktobasil inoküle edildikten sonra kültürler, şişelerden aseptik koşullar altında 100 mL hacme sahip steril numune kaplarına transfer edilmiştir (80±10 mL x 12 steril numune kabı; 3 kap x 4 dönem, ilave olarak pH takibi için bir kap). Kapların tamamı 43 °C sıcaklıkta inkübasyona (EN 120, Nüve AŞ, Ankara) bırakılmış ve pH değerleri inkübasyon süresince takip edilmiştir. İnkübasyonlar, pH değerleri 4.6' ya ulaşana kadar devam etmiş ve bu süreç 6-8 saat sürmüştür. İnkübasyon tamamlandıktan sonra tüm kaplar 1 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Bir gece depolandıktan sonra 1. gün analizlerine başlanmıştır. Zamanı gelen her dönem için ilgili dönem için ayrılmış olan 3 kaptan birincisi öncelikle mikrobiyoloji olmak üzere kuru madde, yağ, protein, pH ve asitlik analizleri için; ikincisi viskozite önce olmak üzere viskozite ve serum ayrılması analizleri için kullanılmış, üçüncü kap ise aroma analizlerinde kullanılmak üzere analiz zamanına kadar açılmadan -20 °C' de depolanmıştır.

6.2.2. Yöntem

6.2.2.1. Kimyasal Analizler

6.2.2.1.1. Kuru madde tayini

Kuru madde tayini, yalnızca depolamanın ilk döneminde bölüm 4.2.2.1.1'de verilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

6.2.2.1.2. Yağ tayini

Kuru madde tayinine benzer şekilde, yağ tayini de yine depolamanın yalnızca ilk döneminde bölüm 4.2.2.1.2' de verilen yönteme gerçekleştirilmiştir.

6.2.2.1.3. Protein tayini

Protein miktarının belirlenmesinde Kjeldahl yöntemi esas alınmıştır. Yakma işleminde 1 g örnek için 10 mL sülfürik asit (d=1.84 g/mL, %95 saflıkta) ve katalizör (Gurup Deltalar, Ankara) eşliğinde 400 °C sıcaklıkta 120 dakika süreyle yakma işlemi (Digest

system, K-437, Buchi, İsviçre) berrak yeşil renk elde edilene kadar uygulanmıştır. Distilasyon işlemi için ise otomatik distilasyon cihazı (Distillation Unit, B-324, Buchi, İsviçre) kullanılmış (65 mL %33' lük NaOH, 25 mL saf su ve 25 mL %4' lük borik asit) ve elde edilen distilat ayarlı 0.1 N HCl çözeltisi ile titre edilerek sarfiyat hacmi kaydedilmiştir. Yüzde azot miktarı aşağıdaki formülden hesaplanmış olup elde edilen değer, süt ve süt ürünleri için geçerli faktör olan 6.38 ile çarpılarak protein miktarı belirlenmiştir (Kurt vd, 1996).

$$\%Azot = 100 \times [(V \times N \times 0.014) / m]$$

V: Titrasyonda sarf edilen 0.1 N HCl çözeltisinin hacmi (mL)

N: Titrasyonda kullanılan ayarlı HCl çözeltisinin normalitesi

m: Analiz edilen numunenin ağırlığı (g)

6.2.2.1.4. Karbonhidrat tayini

Yoğurtlardaki karbonhidrat konsantrasyonu belirlenen kuru madde konsantrasyonundan protein ve yağ konsantrasyonunun çıkarılmasıyla elde edilmiştir.

6.2.2.1.5. pH ve titrasyon asitliği tayini

Kalibrasyonu yapılmış (pH=4 ve pH=7 tampon çözeltilerle) bir pH metre (Ohaus Starter 3100, NJ, ABD) ile homojen haldeki yoğurt örneklerine probun daldırılması suretiyle pH değerleri belirlenmiştir (Kurt vd, 1996). Titrasyon asitliği ise bölüm 4.2.2.1.4' te verilen yöntemle göre gerçekleştirilmiştir.

6.2.2.1.6. Uçucu aroma profilinin belirlenmesi

Uçucu aroma profilini belirlenmesinde Temiz ve Tarakçı (2017)' nin uyguladığı yöntem baz alınmış olup bazı modifikasyonlarla geliştirilmiştir. Örneklerin hazırlanmasında katı faz mikroekstraksiyon teknolojisi (SPME) yararlanılmıştır. Özetle, 5 g yoğurt numunesi 20 mL' lik bir vial alındıktan sonra SPME enjektörü vial septumundan içeriye sokulmuş ve vial 75±5 °C' deki su banyosuna daldırılarak SPME elyafının (2 cm–50/30 mm DVD/Carboxen/PDMS Stable Flex Supelco, Bellefonte, PA, ABD) bir numune yürütme süresi boyunca tepe boşluğundaki aroma maddelerini absorbe etmesi sağlanmıştır. Yoğurt numunelerinde bulunan aroma maddelerinin

belirlenmesinde ise bir gaz kromatografisi-kütle spektrometresi sistemi (GCMS-QP2010, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) kullanılmıştır. Mevcut sistem; 60 m uzunluk, 0.32 mm çap ve 0.25 µm film kalınlığına sahip kromatografik kolon (Restek, Bellefonte, PA, ABD) ile donatılmış olup taşıyıcı gaz olarak ise 1 mL/dk akış hızı ve 28.3 kPa basınca sahip helyum gazı kullanılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, split oranı ise 10 olarak ayarlanmıştır. Akış hızı: 40 °C’ de 6 dakika; dakikada 10 °C’ lik artışlarla 180 °C’ de 5 dakika ve son olarak, dakikada 10 °C’ lik artışlarla 250 °C’ de 3 dakika (Toplam işlem süresi 35 dakika) gerçekleştirilmiştir. İyon kaynağı ve arayüzey sıcaklıkları sırasıyla 200 °C ve 250 °C olarak ayarlanmıştır. Kütle aralığı *m/z* 35–450 ve tarama hızı ise 1666 olarak belirlenmiştir. Uçucu aromatik bileşiklerin tanımlanmasında WILEY 229, NIST ve FFNSCN (flavour and fragrance natural and synthetic compounds) kütüphaneleri kullanılmıştır.

Standart olarak yoğurt aromasında önemli rol oynadıkları belirlenmiş olan asetaldehit (Supelco, LC09159V), aseton (34850, Sigma Aldrich, ABD), asetoin (40127-U, Sigma Aldrich, ABD), bütirik asit (19215, Sigma Aldrich, ABD), diasetil (11038, 2,3-butandione, Sigma Aldrich, ABD), hegzanol (73117, 1-hexanol, Sigma Aldrich, ABD) ve hegzanal (18109, Sigma Aldrich, ABD) kullanılmıştır. Öncelikle stok çözeltileri hazırlanan standart çözeltiler, seyreltilerek 6 farklı konsantrasyonda hazırlanmıştır. Stok çözeltilerin hazırlanmasında ve seyreltmelerin tamamında deiyonize su kullanılmıştır. Örneklerle aynı koşullarda yürütülen standartlara ait standart eğriler çizdirilerek yoğurt örneklerindeki konsantrasyonları hesaplanmıştır. Her bir standart aromaya ait konsantrasyon ppm olarak verilmiştir.

6.2.2.2. Fiziksel Analizler

6.2.2.2.1. Viskozite tayini

Viskozite ölçümlerinde, iki sensor plakanın sabit frekansta rezonansı için gerekli elektrik akımını prensip alan sinüs dalga tipi titreşimli bir viskozimetre (SV-10, A&D Inc., Japonya) kullanılmıştır. Viskozite ve serum ayrılması için ayrılmış olan yoğurt numune kapları 7 °C’ ye ayarlı soğutmalı inkübatörde sıcaklıkları dengelenene kadar bekletildikten sonra açılmış ve kaşıkla 10 kez karıştırılarak homojen hale gelmesi sağlandıktan sonra cihaza özgü numune kabına yaklaşık 40 mL hacimde transfer edilmiştir. Cihaza yerleştirilen yoğurt örneklerinin 10 °C sıcaklıktaki viskozite

değerleri kaydedilmiştir. Yoğurt tüketimi için 10 °C uygun bir sıcaklık olarak belirtilmiştir. Zira daha düşük sıcaklıklarda soğğun da etkisiyle aroma profili tam manasıyla anlaşılamazken daha yüksek sıcaklıklarda ise ürünün tazeliği kaybolmakta ve viskozite düşmektedir (Tamime ve Robinson, 2007).

6.2.2.2.2. Serum ayrılması (sinerezis) tayini

Serum ayrılması tayini için, viskozite tayininden arta kalan yoğurtlardan yaklaşık 10 g tartılarak 2500 rpm hız ve 4 °C sıcaklıkta 10 dk süreyle santrifüj (NF-400R, Nüve AŞ, Ankara) edilmiştir. Santrifüj sonunda ayrılan serum kısmı (süpernatant) tartılarak ilk ağırlığa oranladıktan sonra hesaplanarak yüzde (%) serum ayrılması (sinerezis) olarak verilmiştir (Temiz ve Dağyıldız, 2017).

6.2.2.2.3. Reolojik Analizler

Yoğurtlarda reolojik ölçümler 4 °C' de reometrede (HAAKE Mars III; Thermo Scientific, Almanya) paralel plakalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alt plaka TMP35 (lower plate, 222-1892) ve ölçüm geometrisi olarak ise Cone C35/2° Ti L (222-1871) kullanılmıştır. Buzdolabından çıkartılan yoğurt örnekleri reolojik testler yapılmadan önce oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda (1 dk, 100 rpm) karıştırılmıştır. Yapılan tüm testler için 0.5±0.1 mL yoğurt örneği şırıngayla alınmış ve plakalar arasına yerleştirilmiştir. Genel aralık olarak belirlenen 0.001-50 Pa aralığında ve 1 Hz sabit frekans altında basınç uygulanarak stres taraması (stress sweep) gerçekleştirilmiştir. Böylece, elastik jel yapısının deformasyona uğrayarak akışkan sıvı özelliklerinin kazanıldığı yani G' değerinin azalıp G'' değerinin arttığı (G' ve G'' değerlerinin kesiştiği ve/veya yer değiştirdiği gerilim basıncı-tensile stress, τ) nokta yaklaşık olarak belirlenmiş ve frekans tarama testi için bu basınç değeri (1 Pa) kullanılmıştır. Sabit tarama (steady sweep) testinde 0.1-100 s⁻¹ kayma oranı (shear rate) aralığında tarama yapılmış ve ağızdaki kayma hissini ifade eden görünür viskozite değeri (η_{50}) olarak 50 s⁻¹ kayma oranında tespit edilen değer alınmıştır. Dinamik viskoelastik özelliklerin belirlenmesinde 0.1 ile 100 Hz frekans aralığında sabit 1 Pa basınç altında 3 dakika boyunca 4 °C sıcaklıkta zamana bağlı tarama testi yapılmıştır. Bu test sonucunda G' (depolama modülü) ve G'' (kayıp modül), η^* (kompleks/karmaşık viskozite), $\tan\delta$ (deformasyon) ve LT (kayıp faktörü) değerleri belirlenmiştir (Ersöz, 2019).

6.2.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Yoğurt numunelerinin bulunduğu steril kaplar ilk kez açılarak numune alımı gerçekleştirilmiştir. Aseptik koşullara riayet edilerek, steril bir spatül vasıtasıyla homojen hale getirilen yoğurtlardan 10 g yoğurt steril stomacher poşetlerine transfer edilmiş ve 90 mL serum fizyolojik (%0.85 tuz içeren) eklendikten sonra 30 saniye stomacher cihazında (BagMixer 400P, Interscience Co., Fransa) bekletilerek homojen bir hale gelmesi sağlanmıştır. Poşetteki homojenattan 1 mL alınmak ve 9 mL' lik steril serum fizyolojik içeren tüplere transfer edilmek suretiyle seri dilüsyonlar gerçekleştirilmiştir. Uygun dilüsyonlardan alınarak sayımı yapılacak mikroorganizma çeşidine uygun besiyerlerine ekimler gerçekleştirilmiştir. Uygun sıcaklık ve sürelerde yapılan inkübasyonlar sonucunda 30-300 koloni içeren petri kutularında sayımlar yapılarak yoğurtlardaki ilgili mikroorganizma sayıları belirlenmiştir (alt başlıklarda ilgili besiyerleri, ekim yöntemleri ile inkübasyon süre ve koşulları detaylı olarak verilmiştir).

6.2.2.3.1. Toplam mezofilik aerob bakteri (TMAB) sayımı

Uygun dilüsyonlardan 1 mL alınarak steril petri kutularına transfer edilmiş ve üzerine ~45 °C' ye soğutulmuş Plate Count Agar' dan (PCA) ~15 mL eklendikten sonra sekiz çizme hareketi ile homojen karışması sağlanmıştır. Jelleşme tamamlandıktan sonra 30 °C' de 24-48 saat inkübe edilmiş ve gelişme gösteren tüm koloniler sayılmıştır (Halkman, 2005).

6.2.2.3.2. Steptokok sayımı

Bölüm 4.2.2.3.2' de verilen yönteme gerçekleştirilmiştir.

6.2.2.3.3. Laktobasil sayımı

Bölüm 4.2.2.3.3' de verilen yönteme gerçekleştirilmiştir.

6.2.2.3.4. Küf ve maya sayımı

Uygun dilüsyonlardan petri kutularına 1 mL transfer edilmiş ve üzerine ~45 °C' ye kadar soğutulmuş Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) Agar' dan ~15 mL

ilave edildikten sonra sekiz çizme hareketi ile homojen karışım sağlanmıştır. Jelleşen besiyerleri 30 °C’ de 48-72 saat inkübasyondan sonra gelişen koloniler sayılmıştır.

6.2.2.4. Duyusal Değerlendirme

Duyusal analiz için üretilen yoğurtlar, “yoğurt üretimi” bölümünde detayları verilen şekilde üretilmiş olup mayalanan süt, fermantasyon aşamasında 30 mL’ lik kapaklı sos kaplarına yaklaşık 20 mL aktarılacak suretiyle üretimleri gerçekleştirilmiştir. Böylece, örneklerin her birinin ayrı ayrı fermente olması sağlanarak pıhtısı kırılması ve serum ayrılması gerçekleşmeden duyusal olarak değerlendirilmesine imkan verilmiştir. Bu şekilde üretilen yoğurtlar depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde duyusal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yoğurt örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde daha önce duyusal analiz dersi almış ve süt ürünleri duyusal değerlendirmelerinde panelist olarak yer almış bireylerden 10 kişilik bir panel oluşturulmuştur. Yoğurt örnekleri, üç basamaklı sayılar ile rastgele kodlandıktan sonra panelistlere servis edilmiştir (EK 4). Yoğurtların panelistler tarafından renk-görünüm, koku, kıvam (kaşıkla ve ağızda), tat-aroma ve genel kabul edilebilirlik kategorilerinde 10 puanlık hedonik bir skala üzerinden değerlendirmesi talep edilmiştir (EK 5).

6.2.2.5. İstatistiksel Değerlendirme

Analizler sonucunda elde edilen veriler, Minitab 17.0 istatistik paket programı (Minitab, 2010) kullanılarak tek yönlü ANOVA yöntemi ile analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile %95 güven aralığında yani, %5 önem düzeyine göre ($\alpha=0.05$) harflendirme yapılmıştır. Kesikli değişken olan duyusal analiz skorları ise medyan olarak verilmiştir.

6.3. Bulgular ve Tartışma

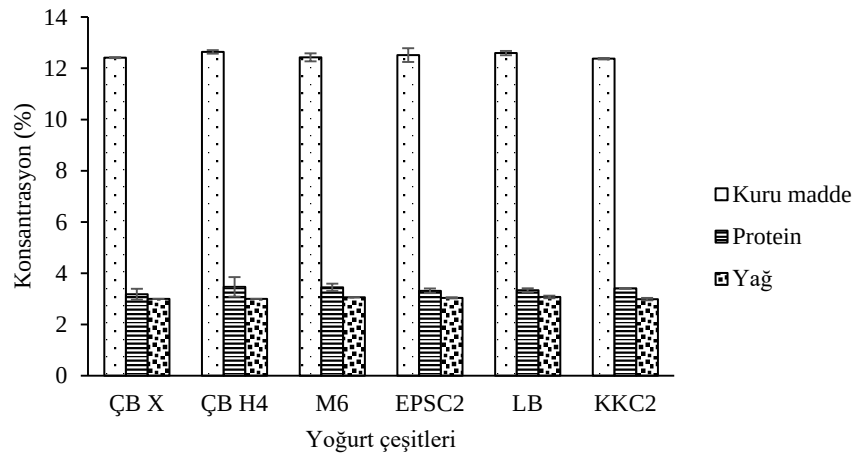
6.3.1. Kimyasal Analizler

6.3.1.1. Kuru madde, protein, yağ ve karbonhidrat

Yoğurt örneklerinin bileşimine ilişkin kuru madde, protein ve yağ analizleri yalnızca depolamanın ilk döneminde yapılmıştır (Şekil 6.1). Üç haftalık depolama süresince buzdolabı koşullarında ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmesi nedeniyle yoğurtların

bileşimlerinde bir farklılık beklenmediğinden sonraki dönemlerde temel kompozisyon analizlerinin gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Yoğurt bileşimi üzerine kullanılan kültürlerin bir etkisinin olması beklenen bir durum değildir. Nitekim kuru madde, protein ve yağ bileşimleri açısından kültürler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Yoğurtlar arasında bileşim yönünden önemli bir fark olmaması gerçekleştirilen her iki üretimde uygulanan reçetelerin ve üretim koşullarının standart olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, yoğurtların protein konsantrasyonlarının kodekste belirtilen minimum konsantrasyon olan %3' ün üzerinde olduğu böylece, kodekse uygun olduğu söylenebilmektedir. Çalışma kapsamında üretilen yoğurtların yağ içerikleri bakımından yarım yağlı ($\%2 > \text{süt yağı} \geq \%1.5$) ve tam yağlı yoğurt ($\geq \%3.8$) sınıfında olmadığı görülmektedir (Anonim, 2009).

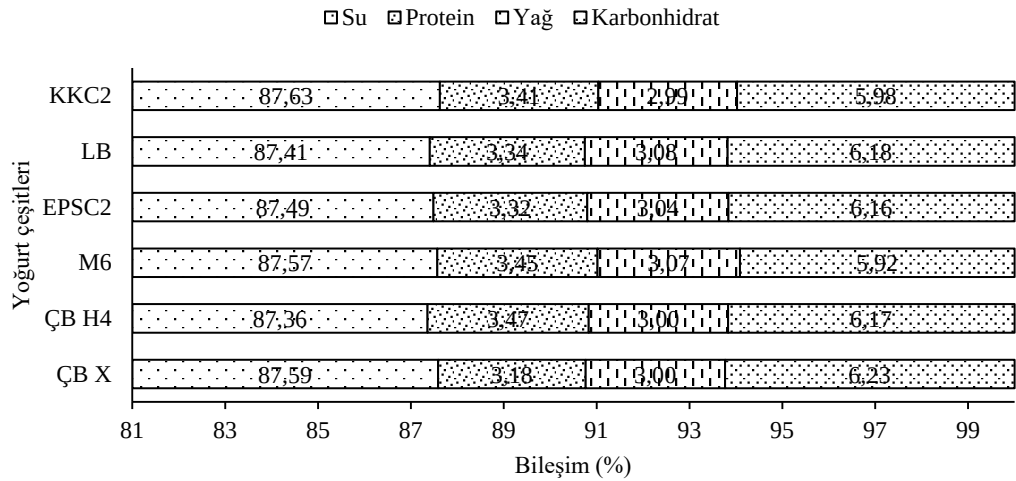
Yoğurtlara ait kuru madde içerikleri dar sayılabilecek bir aralıkta (%12.38 ila 12.64) değişmektedir. Kuru madde oranı (bağıl yağ ve/veya protein konsantrasyonu ile birlikte) yoğurdun viskozite ve serum ayrılması gibi fiziksel, tekstürel, reolojik ve duyuşal özelliklerini etkileyen temel faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Lucey ve Singh, 1997). Yoğurtlardaki yağsız kuru madde oranının genellikle %9-16 arasında değiştiği düşünüldüğünde alt sınırın üzerinde ve kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir (Sfakianakis ve Tzia, 2014). Diğer taraftan, Tamime ve Robinson (2007), yağsız kuru madde oranının %12-14' e kadar yükseltilebileceğini belirtmiştir.



Şekil 6.1. Yoğurtlara ait kuru madde, protein ve yağ içerikleri (%)

Yoğurtlardaki protein konsantrasyonları %3.18 (ÇBX) ile %3.47 (ÇBH4) arasında değişmektedir. Yoğurttaki protein miktarı yoğurt fiziksel kalitesi yanında yoğurdun sağlıklı bir besin olması ve besin değeri ile dolaylı olarak duyuşsal özellikleri üzerine de etkilidir. Yoğurtta arzu edilen dolgun ve su salmayan yapının oluşmasında temel süt proteini olan kazein ile birlikte serum proteinleri de önemli rol oynamaktadır. Bu amaçla serum proteinleri, süt tozu ve kazienatların yoğurtlarda tekstürü geliştirme amacıyla kullanımına yönelik çalışmalar oldukça fazladır (Damin vd, 2009; Nguyen vd, 2017). Aynı zamanda sütteki/yoğurttaki proteinler, laktik asit bakterilerinin proteolitik aktivitesi, sindirim enzimleri veya ısıl işlemler sonucunda ortaya çıkan biyoaktif peptitlerin de öncü maddeleri olması yönüyle sağlık üzerine etki edebilmektedir (Aloğlu ve Öner, 2011). Son olarak, fermentasyonda yer alan starter kültür aktivitesi, özellikle *L. bulgaricus*, sonucu açığa çıkan aminoasitler birçok yoğurt aroma maddesinin iskeletini oluşturmaktadır (Smid ve Kleerebezem, 2014).

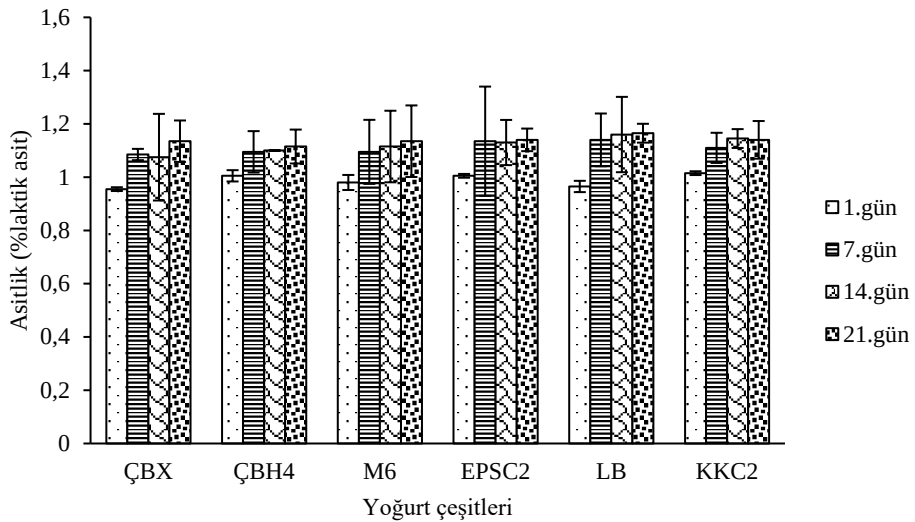
Yoğurtların yağ içerikleri %2.99-3.08 arasında değişmekte olup ortalama %3.03 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin Lucey ve Singh (1997)' in belirttiği genel kabul gören %0.5-3.5 aralığında olduğu görülmektedir. Hesap yoluyla belirlenen karbonhidrat içeriklerinin de (%5.92-6.23) birbirine yakın oldukları görülmektedir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Yoğurtların temel bileşimi (%)

6.3.1.2. Asitlik ve pH

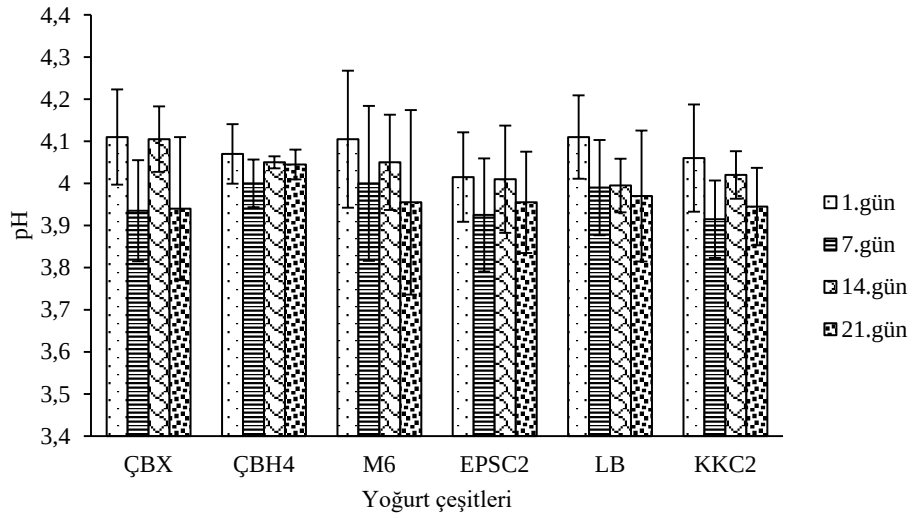
Yoğurtlara ait asitlik değerlerinin depolama boyunca değişimi Şekil 6.3’ te verilmiştir. Kültür farkının ve depolama süresinin asitlik değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Depolama süresince asitlik değeri %0.96 ile %1.17 arasında değişmekte olup genel olarak, asitlik değerlerinin depolama boyunca arttığı söylenebilmektedir. Asitliğin depolamanın 7. gününde en fazla artış gösterdiği sonrasında ise artışın yavaşladığı/sabitleştiği görülmektedir. Depolama süresince belirlenen asitlik değerlerinin kodekste belirtilen %0.60-1.50 aralığında yer aldığı görülmektedir.



Şekil 6.3. Depolama süresince yoğurtlara ait toplam asitlik değerleri (%laktik asit)

Başlangıç (1. gün) pH değerlerinin 4.02-4.11 arasında değişmekte olduğu ve endüstriyel yoğurtlara kıyasla düşük olduğu görülmektedir. Her ne kadar inkübasyon sonlandırma noktası $pH=4.60\pm0.10$ olarak uygulanmış olsa da yoğurtlar bir gece buzdolabında bekletildikten sonra gerçekleştirilen 1. gün analizleri için bu değerlerin düşük olduğu söylenebilmektedir. Genel olarak, pH değerlerinin de asitlik değerlerine paralel olarak depolama süresince azaldığı söylenebilmektedir (Şekil 6.4). pH değerleri üzerine kültür ve depolama süresinin etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Depolamanın 21. gününde elde edilen pH değerleri ise 3.95-4.05 aralığındadır. Soğuk

depolama esnasında laktik asit üretimi sonucu asitliğin gelişimi post-asidifikasyon olarak bilinmekte olup genelde bu süreçteki asitliğin gelişiminden *L. bulgaricus* sorumludur (Ongol vd, 2007). Ancak, farklı laktobasil izolatlarıyla üretilen yoğurtların kendi aralarında ve kontrol yoğurduyla aralarında asitlik ve pH değişimleri arasında herhangi bir fark bulunmamıştır. Yoğurtlardaki asitlik ve pH değerlerinin yoğurt çeşitleri ve depolama dönemlerine göre değişimleri ve bunlara ilişkin istatistiksel değerlendirme sonucu elde edilen harflendirmeler EK 6’ da verilmiştir.



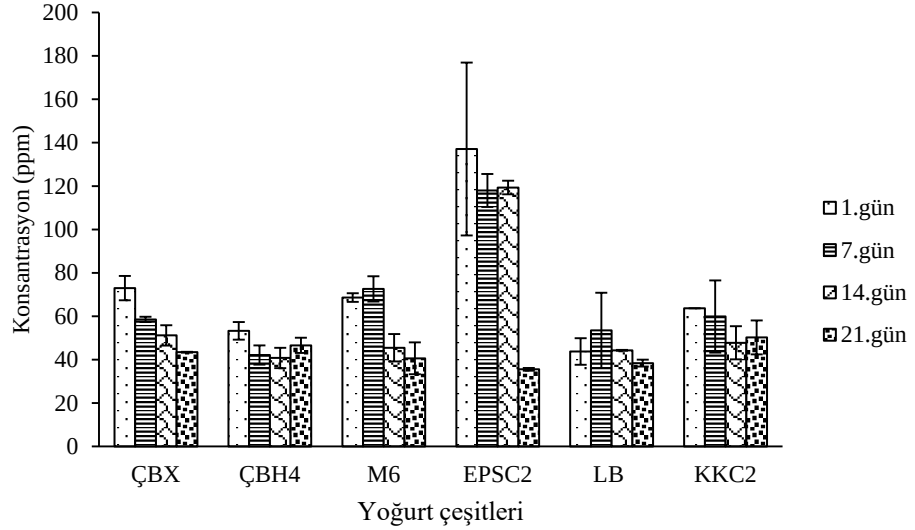
Şekil 6.4. Depolama süresince yoğurtlara ait pH değerleri

Yoğurtta depolama esnasında gelişen asitlik ve buna mukabil pH değerlerindeki düşüşün yoğurt bakterilerinin yoğurttaki arta kalan laktozu metabolize etmesi sonucu ortaya çıkan laktik asitin bir sonucu olduğu bilinmektedir. Düşük depolama sıcaklığına bağlı olarak laktik asit oluşumu yavaşlarken kullanılan kültürlerin düşük sıcaklıkta ve düşük pH ortamındaki laktozu metabolize etme hızı yoğurdun ekşime süresini dolayısıyla da raf ömrünü etkileyen önemli bir faktördür. Zhou vd (2019)’ a ait bir çalışmada ilave kültür olarak kullanılan *L. helveticus* H9’ un asit üretimini artırdığı görülmektedir. Bu çalışmadakine benzer şekilde, farklı yerli laktobasil izolatları kullanılarak üretilen yoğurtların 28 günlük depolama süresince asitliklerinin arttığı ve pH değerlerinin de sürekli olarak düştüğü gözlenmiştir (Amani

vd, 2017). Bir diğ er çalışmada ise hücre zarına bağlı bulunan H⁺-ATPaz aktivitesi sınırlandırılan bir *L. bulgaricus* suşu kullanılarak post asidifikasyon gelişimi yavaşlatılmış böylece, yoğurtta ilave probiyotik olarak kullanılan *Bifidobacterium breve* bakterisinin canlılığının daha uzun süre muhafaza edilmesi sağlanmıştır (Ongol vd, 2007). Ayrıca, Xu vd (2015)' e ait çalışmada daha yavaş asitlendirme yeteneğine sahip kültürlerle üretilen yoğurtlarda asetaldehit ve diasetil miktarlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

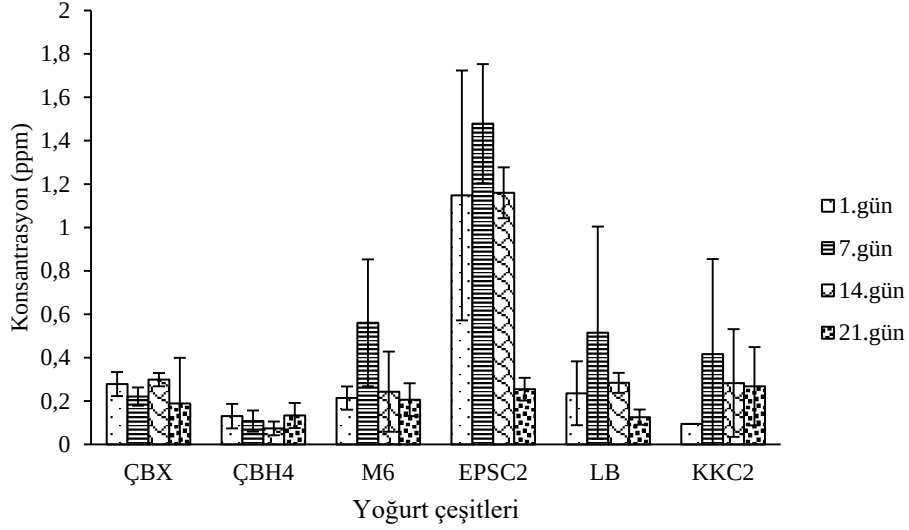
6.3.1.3. Uçucu aroma profili

Asetaldehit yoğurt aromasının oluşumunda en önemli role sahip bileşen olarak bilinmektedir. Genel olarak, asetaldehit miktarı depolama süresince azalmakla birlikte tüm dönemlerde ve tüm yoğurtlarda tespit edilmiştir (şekil 6.5). Asetaldehit miktarları arasındaki dönemsel farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama süresince en yüksek ve en düşük asetaldehit konsantrasyonları sırasıyla 137.09 ve 35.58 ppm olarak EPSC2 yoğurdunda belirlenmiştir. En yüksek ortalama asetaldehit konsantrasyonu EPSC2 yoğurdunda belirlenirken, en düşük konsantrasyon ise LB ve  BH4 yoğurtlarında belirlenmiştir. Diğer yoğurtların ortalama asetaldehit konsantrasyonları ise birbirlerine oldukça yakındır. Kullanılan kültür çeşidinin asetaldehit miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, EPSC2' de belirlenen miktar diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0.05$).



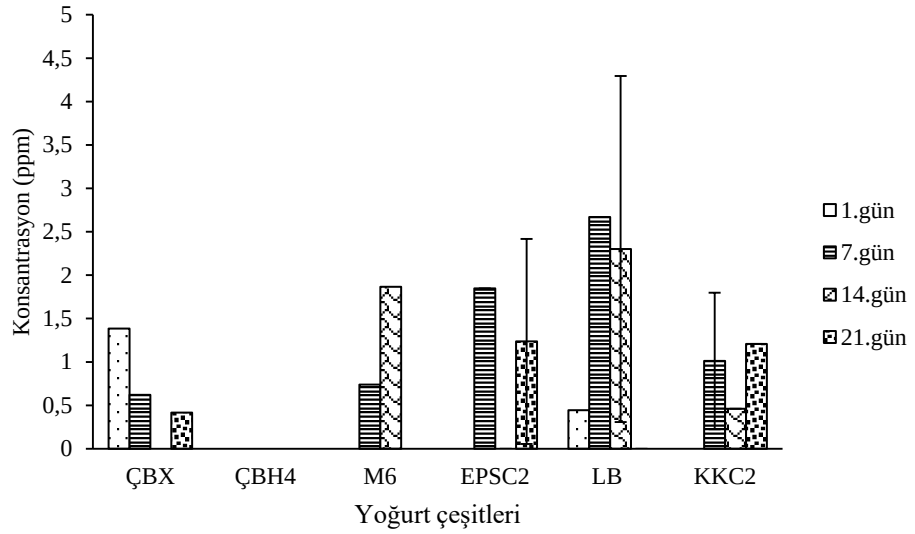
Şekil 6.5. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen asetaldehit miktarları (ppm)

Benzer şekilde, aseton da tüm dönemlerde tüm yoğurt çeşitlerinde belirlenmiştir. Genel olarak, depolamanın 7. gününde artış gösteren aseton miktarı zamanla azalmıştır. Aseton konsantrasyonları arasında en yüksek değer (1.48 ppm) 7. günde EPSC2 çeşidinde, en düşük konsantrasyon (0.07 ppm) ise 14. günde ÇBH4 çeşidinde belirlenmiştir (Şekil 6.6). Aseton miktarına depolama süresinin etkisi önemsiz bulunurken ($p>0.05$), kültürlerin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). EPSC2 yoğurdunda belirlenen aseton miktarı diğerlerinden önemli derecede fazladır ($p<0.05$). En yüksek ortalama aseton miktarın EPSC2 çeşidinde, en düşük miktarlar ise sırasıyla ÇBH4 ve ÇBX çeşitlerinde belirlenmiştir.



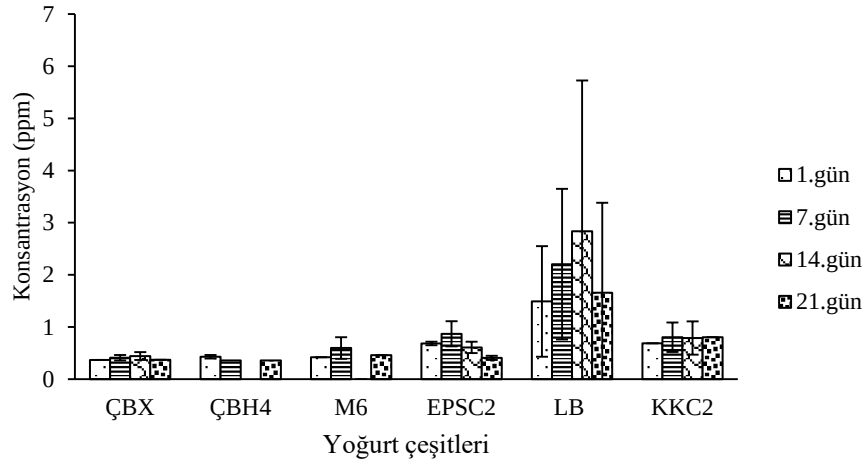
Şekil 6.6. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen aseton miktarları (ppm)

Asetoin, ÇBH4 çeşidinde hiçbir dönemde tespit edilemezken diğer yoğurt çeşitlerinde sadece belirli dönemlerde tespit edilebilmiştir (Şekil 6.7). Asetoin varlığı belirlenen yoğurtlar arasında kullanılan kültür açısından bir fark belirlenememiştir ($p>0.05$).



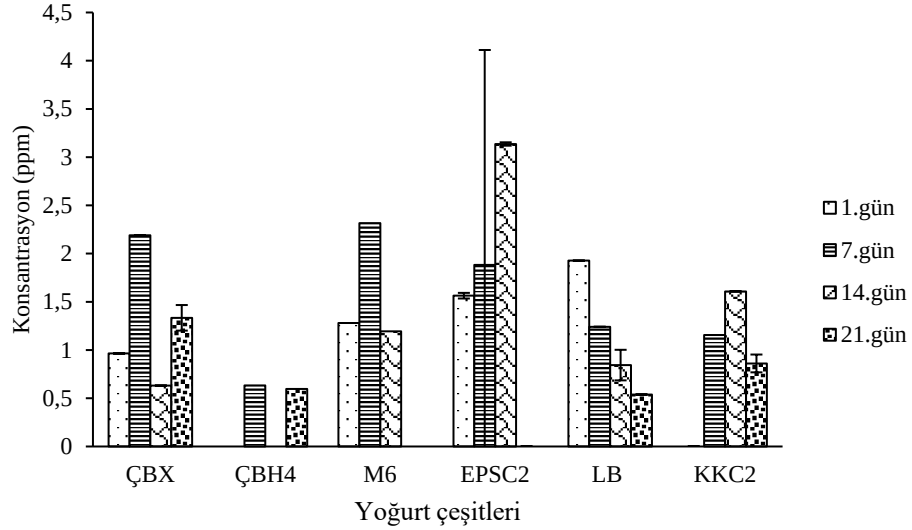
Şekil 6.7. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen asetoin miktarları (ppm)

Diasetil, ÇBH4 ve M6 çeşitlerinin 14. günü haricinde tüm yoğurtlarda ve dönemlerde tespit edilmiştir. Yoğurtlardaki diasetil miktarına kültürün etkisi önemli ($p<0.05$) bulunurken depolama döneminin etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). En yüksek ortalama konsantrasyon LB çeşidinde belirlenirken en düşük ortalama konsantrasyonlar sırasıyla ÇBH4 ve ÇBX çeşitlerinde belirlenmiştir (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen diasetil miktarları (ppm)

En yüksek ortalama bütirik asit konsantrasyonları sırasıyla EPSC2, KKC2 ve LB kültürleriyle üretilen yoğurtlarda tespit edilmiştir. Bununla birlikte kültürlerin bütirik asit miktarına etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Bütirik asit düzeyleri dönemler arası inişli-çıkışlı bir seyir izlerken dönemler arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu kısma kadar bahsi geçen beş aroma maddesine ilişkin konsantrasyonlar ve yapılan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen harflendirmeler EK 7’ de verilmiştir.



Şekil 6.9. Yoğurtlarda depolama süresince tespit edilen bütirik asit miktarları (ppm)

Hegzanal, M6 yoğurdunda hiçbir dönemde tespit edilemezken, ÇBH4 ve KKC2 yoğurtlarında ise sadece bir dönemde tespit edilebilmiştir. Diğer dönem ve kültürler arasında belirgin farklar olmayıp değerler 0.30 ile 0.37 ppm arasında değişmiştir. Hegzanol ise sadece 7. günde KKC2 yoğurdunda tespit edilmiş olup diğer hiçbir dönemde ve yoğurtta tespit edilememiştir. Standardı bulunmayan ancak, uçucu aroma profilinde baskın olarak yer bulan aroma maddelerinin bağıl miktarları (%), iki yürütmeye ait değerlerin ortalaması olarak hesaplanmış ve EK 8’ de verilmiştir.

6.3.2. Fiziksel Analizler

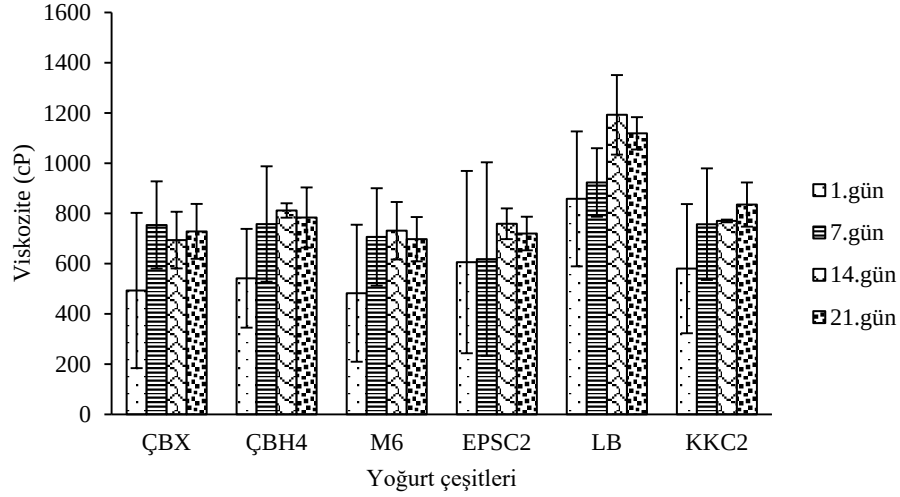
6.3.2.1. Viskozite ve serum ayrılması (sinerezis)

Viskozite, yoğurdun tüketici açısından kabul edilebilirliğinde önemli bir kriter olup özellikle protein, daha spesifik olarak kazein, içeriğiyle ilişkilidir. Serum ayrılmasına benzer şekilde ilk 24-48 saat boyunca kazein misellerinin stabilizasyonu ile ilgili olarak viskozitede iyileşme olduğu bilinmektedir (Shah, 2003). Yoğurtların 7. günde daha belirgin olan ve depolamayla birlikte artan bir viskozite eğilimleri olduğundan söz edilebilmektedir (Şekil 6.10). Sadece 1. gün değerlerinin istatistiksel olarak diğer dönemlerden farklı olması da bunu doğrulamaktadır ($p < 0.05$). En yüksek ortalama

viskozite değerleri kontrol rneği olan LB yoğurdunda gözlemlenirken en düşük viskozite değerleri ise M6 yoğurdunda belirlenmiştir. Benzer şekilde, LB kültürünün viskoziteye etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

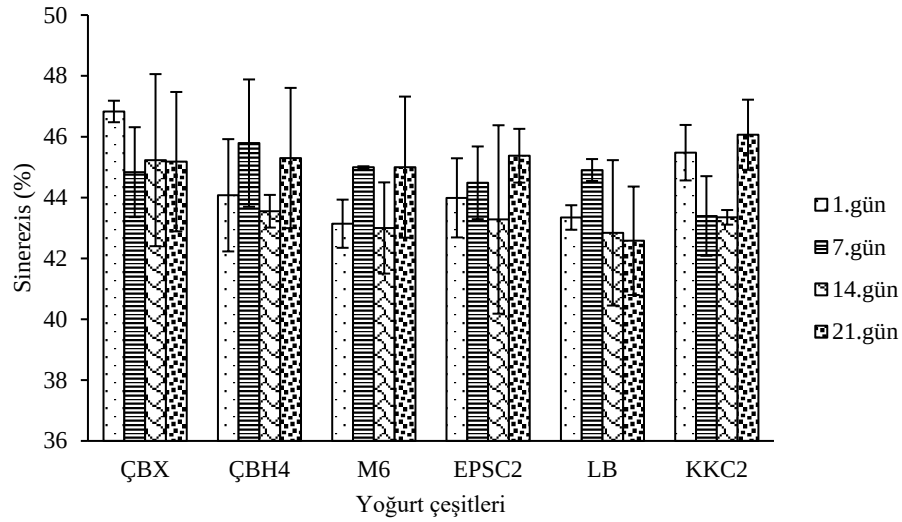
Yoğurt vikozeesi üzerinde fermentasyonun sonlandırıldığı pH değeri, kullanılan kültürler ve inkübasyon sıcaklığının etkili olduğu bildirilmiştir (Beal vd, 1999). Yoğurda ilave olarak eklenen bileşenler de viskozite üzerinde etkili olabilmektedir. Moringa ekstraktı ilavesiyle üretilen yoğurtlarda ekstrakt konsantrasyonu arttıķa viskozitenin ve su tutma kapasitesinin arttığı, serum ayrılmasının ise azaldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada gözlenenin aksine, sade yoğurt ve moringa ilaveli yoğurtların tamamında depolama sürecinde viskozite değerleri azalmıştır (Zhang vd, 2019). Yosunlarda, renk pigmenti olarak yer alan fikosiyaninin ilavesiyle üretilen yoğurtların viskozite değerleri düşerken 21 günlük depolama süresince sade ve spirulina ilaveli tüm yoğurtların viskozite değerleri de azalmıştır (Mohammadi-Gouraji vd, 2019).

Yoğurt retiminde kullanılan kültürlerin viskozite üzerine etkili oldukları bilinmektedir. Bu etki özellikle EPS reticisi kültürlerin kullanımıyla daha belirgin şekilde hissedilebilmektedir. Bu alışma kapsamında en yüksek viskoziteye sahip olan LB yoğurdunda kullanılan ticari laktobasil kültürünün EPS reticisi olma potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan, bu kültürle üretilen yoğurtlarda ve bu kültüre ait agar üzerinde gelişen kolonilerde yapılan uzama testlerinde herhangi bir uzama/snme belirtisine rastlanmamıştır. Kesin bir yargıya erişebilmek için ilgili analizlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 6.10. Depolama süresince yoğurtlara ait viskozite değerleri (cP)

Serum ayrılması olarak da bilinen sinerezis kavramı yoğurtlarda arzu edilmeyen bir durumdur. Sinerezis, pıhtının kırılması sonucu çok daha hızlı gelişebileceği gibi depolama esnasında kırılmamış yoğurt pıhtısının üst kısmında serum birikmesi şeklinde zamanla da gelişebilmektedir. Yoğurtlarda serum ayrılması değerleri inişli-çıkışlı bir seyir takip etmiş olsa da depolama boyunca istatistiksel olarak önemli herhangi bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). Serum ayrılması değerleri %42.58-46.83 arasında değişirken ortalama değer %44.42 olarak belirlenmiştir (Şekil 6.11). Sah vd (2016)' ya ait çalışmada, ananas kabuğu tozu ilavesiyle üretilen yoğurtlarda serum ayrılmasının arttığı bildirilirken sade yoğurt ve inülin ilaveli kontrol yoğurdu da dahil olmak üzere tüm yoğurtların serum ayrılması değerleri 28 günlük depolama sürecinde artış göstermiştir. Serum ayrılmasının, yoğurt kuru maddesinin %15' e kadar artırılması yoluyla azaltılabileceği bildirilmiştir (Amatayakul vd, 2006). Yoğurtta serum ayrılmasının temelde protein içeriğiyle alakalı olduğu ancak, homojenize sütlerde, bu çalışmada olduğu gibi, yağ içeriğinin de önemli rol oynadığı bildirilmiştir. Ayrıca, fermentasyonun bitişini müteakip 24-48 saat boyunca soğuk şartlarda bekleterek tüketimi/satışı geciktirme ve bu aşamada uygun nemlendirme de sinerezis gelişimini engellemede önemli kabul edilmektedir (Shah, 2003). Düşük ve hızlı asitlik gelişimi de sinerezisi etkileyen önemli diğer faktörlerdir (Lucey, 2001).



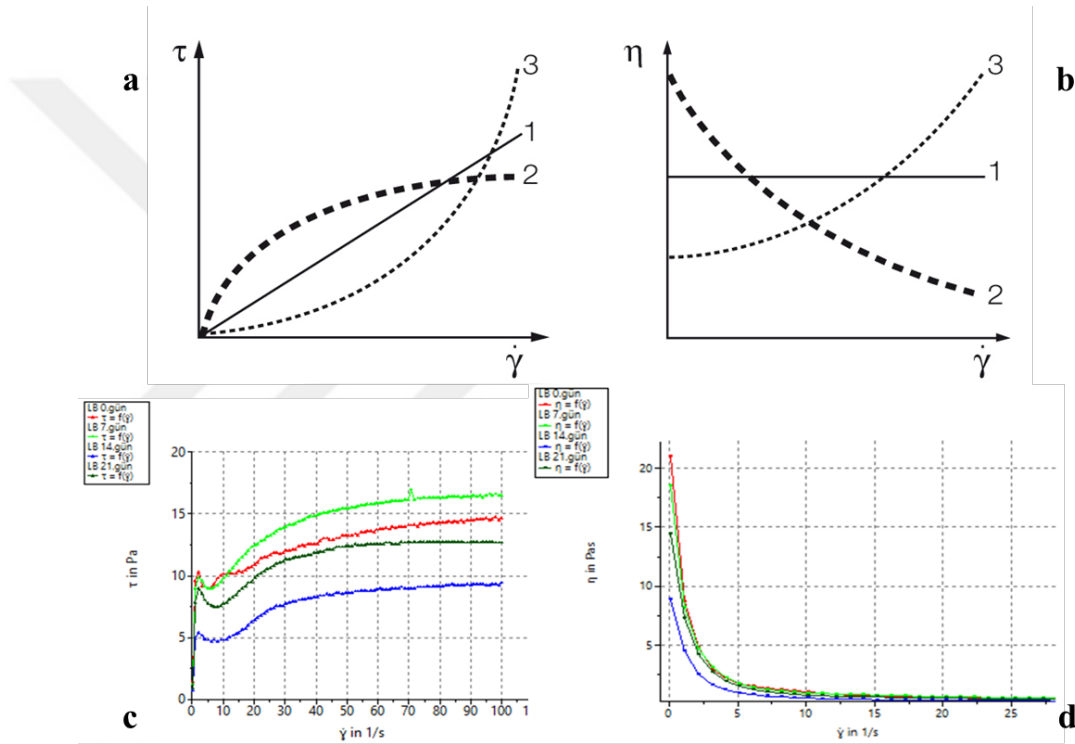
Şekil 6.11. Depolama süresince yoğurtlarda serum ayrılması değerleri (%)

Sinerezisi önleme, viskoziteyi ve reolojik özellikleri geliştirme amaçlı kullanılan bir diğer yöntem olan gamların sade yoğurtlarda kullanımına ise çeşitli ülkelerde izin verilmediğinden ekzopolisakkarit üreticisi suşların starter olarak kullanımı önem kazanmıştır. Ayrıca, özellikle meyveli yoğurtlarda çeşitli diyet lifleri kullanımı yoluyla da fiziksel ve reolojik özelliklerin iyileştirilmesi yönünde araştırmalar yaygınlaşmıştır (Dabija vd, 2018; Dias ve Rathnayaka, 2019). Yoğurtlardaki viskozite ve serum ayrılması değerlerinin yoğurt çeşitleri ve depolama dönemlerine göre değişimleri ve bunlara ilişkin istatistiksel değerlendirme sonucu elde edilen harflendirmeler EK 6’ da verilmiştir.

6.3.2.2. Reoloji

Gıdaların birçoğu Newton’ un viskozite kanununa uyum göstermemekte olup shear thinning, yield stress, viskoelastisite ve zamana bağlılık gibi non-newtonian davranışlar sergilemektedir (Benezech ve Maingonnat, 1994). Yoğurt da zamana bağlı olarak (depolama olarak da düşünülebilir) akışkanlık özellikleri değişebilen bir süt ürünüdür. Çalışmadaki tüm yoğurt örnekleri, sabit tarama testinde psödoplastik (shear-

thinning) davranış sergilemiştir. Yani, yoğurtlara uygulanan kayma oranı (shear rate) arttıkça viskozite değeri azalmıştır. Örnek olarak verilen LB yoğurduna ilişkin dönemsel akış ve viskozite eğrileri incelendiğinde bu durum açıkça görülmektedir (Şekil 6.12). Elde edilen akış ve viskozite eğrilerine bakıldığında sırasıyla EPS üreticisi kültürler kullanılarak üretilen yoğurtların incelendiği Hassan vd (2003)' e ait çalışma ve yeşil çay ilavesi yapılan yoğurtların reolojik özelliklerinin araştırıldığı Amirdivani ve Baba (2013)' ya ait çalışmalarda da yoğurtların psödoplastik davranışlar sergilediği görülmektedir.



Şekil 6.12. Tanımlayıcı akış (a) ve viskozite (b) eğrileri ile LB yoğurduna ilişkin akış (c) ve viskozite (d) eğrileri. 1: Newtonian (ideal viskoz) davranış, 2: Psödoplastik (shear-thinning) davranış, 3: Dilatant (shear-thickening) davranış, τ : kayma basıncı (shear stress), $\dot{\gamma}$: kayma oranı (shear rate)

Görünür viskozite (η), konsistens indeksi, depolama modülü (G'), kayıp modül (G'') ve kayıp faktörü (LT veya $\tan\delta = G''/G'$) yoğurdun reolojik özelliklerini açıklamada en fazla yararlanılan terimler olarak ifade edilmiştir (Joyner, 2019).

Newtonian gıdalarda viskozite sabitken, non-newtonian gıdalarda ise durum farklı olup viskozite kayma oranına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle viskozitenin daha sağlıklı ifade edilebilmesi için “görünür viskozite” kavramı kullanılmaktadır. Görünür viskozite, belirli bir kayma oranındaki viskozite şeklinde tanımlanmakta olup yoğurt gibi yarı katı gıdaların reolojik özellikleri değerlendirilirken genellikle ağızda dilin damağa uyguladığı kayma oranına tekabül ettiği düşünülen 50 s^{-1} kayma oranındaki görünür viskozite (η_{50}) değeri kullanılmaktadır (Zhang vd, 2008). Bununla birlikte ağız boşluğundaki kayma oranının daha farklı değerler olarak kabul edildiği çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Bu çalışmadaki yoğurtlara ait görünür viskozite değerleri de η_{50} olarak ifade edilmiştir (Çizelge 6.2). Görünür viskozite değerleri üzerine depolama dönemlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Genel olarak, görünür viskozite değerlerinde 7. günde artış, 14. günde ise bir düşüş olduğu göze çarpmaktadır. Yoğurtlarda kullanılan kültürlerin görünür viskozite değerlerine etkisi de önemli bulunmuş ($p<0.05$) olup en yüksek ortalama değerler sırasıyla KKC2 ve LB yoğurtlarında belirlenirken en düşük değerler ise sırasıyla ÇBH4 ve M6 yoğurtlarında tespit edilmiştir. Ebrahimi vd (2015)’ e ait çalışmada kıvam artırıcı özelliğe sahip kenger bitkisi ilave edilen yoğurtların daha yüksek görünür viskozite değerlerine sahip olduğu ancak, depolama sürecindeki görünür viskozitedeki değişim trandlerinin bu çalışmadakine benzer oldukları görülmektedir. Codină vd (2016)’ ne ait çalışmada %1’ e kadar kinoa unu ilavesinin yoğurt görünür viskozitesini artırdığı %2’ ye çıkıldığında ise görünür viskozitenin azaldığı belirlenmiştir.

Zamana bağlı tarama testinde 10 Hz frekanstaki depolama modülü (G'), kayıp modülü (G''), karmaşık viskozite (η^*) ve deformasyon ($\tan\delta$) değerleri belirlenmiştir. Yarı katı gıdaların tekstürü üzerine depolama süresinin etkisi genellikle zamanla emülsiyon yapısının bozulması ve/veya serum ayrılmasının gerçekleşmesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin yoğurt yapısında koyuluk ve kumluluk, 14 günlük depolamada 1 günlüğe kıyasla daha düşüktür. Bu durum, viskozitedeki ve depolama modülündeki (G') önemli miktardaki artışın bir sonucudur (Joyner, 2019). Benzer durum 1. gün ile 7. gün arasında da görülmektedir (Çizelge 6.2). Ancak, devam eden depolama sürecinde yoğurtlardaki G' değerinde artış ve azalışlar gözlenmiştir. Karmaşık viskozite, salınım testlerinden elde edilen ve reolojik özelliklerin açıklanmasında kullanılan bir diğer parametredir. Yarı katı bir gıdada karmaşık

viskozite ne kadar yüksekse o kadar elastik bir yapı sergilenmekte yani, katı benzeri özellik artmaktadır (Joyner, 2019). Ayrıca, karmaşık viskozitenin yoğurt aromasının hissedilebilirliği üzerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (Saint-Eve vd, 2006). Karmaşık viskozite değeri üzerine depolama süresinin etkisi önemli bulunmuş ($p<0.05$) olup en yüksek ortalama değer sırasıyla 7. ve 1. günlerde tespit edilmiş ve zamanla azalmıştır (Çizelge 6.2). Diğer taraftan, kültürlerin karmaşık viskozite üzerine etkileri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$).

Yoğurt yapısı itibarıyla viskoelastik özellik gösterdiği için reolojik özelliklerini ifade etmede G' ve G'' terimlerinden yararlanılmaktadır. Depolama modülü (G') ve kayıp modül (G'') değerlerine bakıldığında genel olarak 7. günde artış; 14. günde ise düşüş gösterdikleri söylenebilmektedir. G' değeri arttıkça yoğurdun katı davranışı, G'' değeri arttıkça ise sıvı davranışı sergilediği söylenebilmektedir (Ozcan, 2013). Veriler değerlendirildiğinde, depolama süresince depolama modülünün kayıp modülünden yüksek değerlere sahip olduğu ($G'>G''$) görülmekte olup bu da yoğurtların daha ziyade katı özellikleri sergilediklerini göstermektedir (Amirdivani ve Baba, 2013; Sendra vd, 2010). Yüksek G' değerleri kuvvetli protein bağlarının bir sonucu olup yoğurdun elastik yapısına katkıda bulunurken, yüksek G'' değerleri ise zayıf bağların varlığının bir göstergesidir (Joyner, 2019). Bu çalışmaya ait G' ve G'' değerleri enginar unu kullanılarak üretilen yoğurtlara (G' : 120-1100 ve G'' : 34-370 Pa) kıyasla oldukça düşüktür ancak, G' ve G'' değerlerinin birbirlerine oranları olarak düşünüldüğünde birbirlerine yakın oldukları görülmektedir (Tatjana vd, 2017). Bir diğer çalışmada ise portakal lifi ilavesinin yoğurdun G' , G'' ve karmaşık viskozite değerlerini artırdığı belirlenmiştir (Sendra vd, 2010).

Bu iki değer birbiri oranı (G''/G') olan ve ürünlerdeki deformasyonu ifade eden $\tan\delta$ değerinin 14. güne kadar belirgin bir değişiklik göstermediği ancak, 21. günde bir artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 6.2). Nitekim kültürlerin yoğurtların $\tan\delta$ değerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) bulunurken depolama süresinin etkisi önemli ($p<0.05$) bulunmuş olup ortalama en yüksek değer 21. günde elde edilmiş ve diğer dönemlerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Depolamayla artan $\tan\delta$ değerinin aynı zamanda katı özelliklerinin zamanla kaybedildiğine ve sıvılaşmanın başladığına işaret ettiği düşünülmektedir. Ayrıca, yüksek $\tan\delta$ değerinin, yüksek sinerezis ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Lucey, 2001).

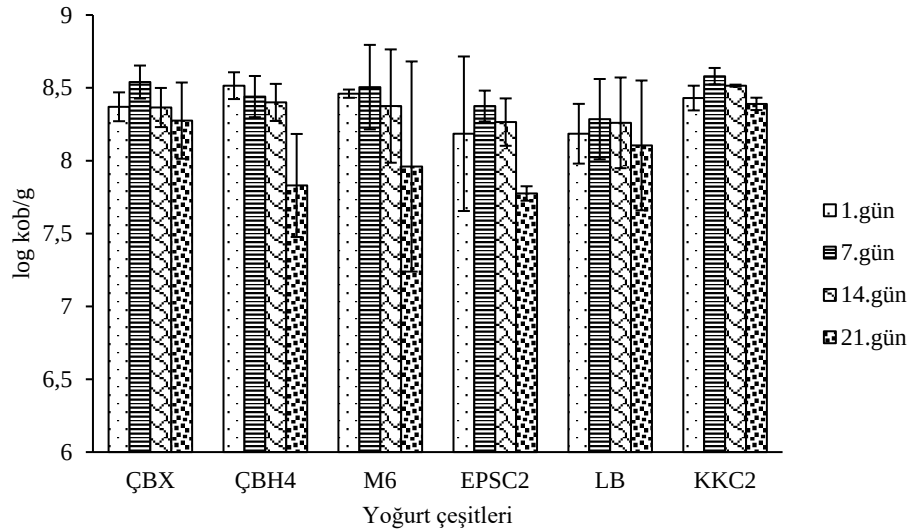
Çizelge 6.2. Yoğurtlara ait bazı reolojik özellikler

	Depola	ÇBX	ÇBH4	M6	EPSC2	LB	KKC2
Görünür viskozite (η_{50}) [Pa.s]	1. gün	0.26±0.05 ^{Aa}	0.26±0.06 ^{Aa}	0.22±0.05 ^{Aa}	0.25±0.06 ^{Aa}	0.33±0.06 ^{Aa}	0.32±0.06 ^{Aa}
	7. gün	0.26±0.08 ^{Ab}	0.24±0.02 ^{ABb}	0.27±0.01 ^{Aab}	0.34±0.04 ^{Aab}	0.33±0.09 ^{Aab}	0.38±0.03 ^{Aa}
	14. gün	0.19±0.03 ^{Aa}	0.18±0.03 ^{Ba}	0.19±0.02 ^{Aa}	0.21±0.01 ^{Aa}	0.18±0.02 ^{Aa}	0.21±0.08 ^{Aa}
	21. gün	0.27±0.04 ^{Aa}	0.18±0.03 ^{Bb}	0.23±0.05 ^{Aab}	0.27±0.03 ^{Aa}	0.28±0.03 ^{Aa}	0.28±0.02 ^{Aa}
Depolama modülü (G') [Pa]	1. gün	68.29±12.3 ^{Bb}	71.54±29.58 ^{ABb}	107.62±36.9 ^{Aab}	77±20.62 ^{Bb}	166.66±76.68 ^{Aa}	65.21±4.82 ^{BCb}
	7. gün	108.06±11.41 ^{Aa}	98.36±13.30 ^{Aa}	107.48±75.49 ^{Aa}	110.53±10.57 ^{Aa}	88.02±33.89 ^{Ba}	99.69±19.99 ^{Aa}
	14. gün	62.46±8.59 ^{Ba}	55.74±12.43 ^{Ba}	137.93±155.91 ^{Aa}	69.90±13.30 ^{Ba}	59.12±13.19 ^{Ba}	72.09±15.06 ^{Ba}
	21. gün	97.18±27.17 ^{Aa}	63.14±18.90 ^{Bab}	52.33±29.40 ^{Aab}	70.67±23.56 ^{Bab}	89.54±35.68 ^{Bab}	43.31±17.20 ^{Cb}
Kayıp modül (G'') [Pa]	1. gün	23.62±5.85 ^{Bb}	26.01±9.18 ^{ABb}	38.7±12.19 ^{Aab}	25.21±7.33 ^{Bb}	54.88±21.31 ^{Aa}	21.58±2.98 ^{Bb}
	7. gün	37.84±4.04 ^{Aa}	32.22±5.56 ^{Aa}	37.44±23.11 ^{Aa}	35.48±4.79 ^{Aa}	28.09±12.48 ^{Ba}	32.49±6.81 ^{Aa}
	14. gün	22.1±2.81 ^{Ba}	16.57±3.65 ^{Ba}	42.4±44.50 ^{Aa}	24.95±4.70 ^{Ba}	17.40±5.34 ^{Ba}	23.69±4.13 ^{Ba}
	21. gün	40.95±10.47 ^{Aa}	27.32±8.49 ^{ABab}	24.23±9.04 ^{Aab}	30.44±7.72 ^{ABab}	35.55±13.55 ^{ABab}	20.12±5.46 ^{Bb}
Karmaşık viskozite (η^*) [Pa.s]	1. gün	1.15±0.20 ^{Bb}	1.21±0.49 ^{ABb}	1.82±0.62 ^{Aab}	1.29±0.35 ^{Bb}	2.79±1.27 ^{Aa}	1.09±0.08 ^{B^{Cb}}
	7. gün	1.82±0.19 ^{Aa}	1.65±0.23 ^{Aa}	1.81±1.26 ^{Aa}	1.85±0.18 ^{Aa}	1.47±0.57 ^{Ba}	1.67±0.34 ^{Aa}
	14. gün	1.06±0.14 ^{Ba}	0.93±0.20 ^{Ba}	2.3±2.58 ^{Aa}	1.18±0.22 ^{Ba}	0.98±0.22 ^{Ba}	1.21±0.24 ^{Ba}
	21. gün	1.68±0.46 ^{Aa}	1.10±0.33 ^{Bab}	0.93±0.47 ^{Aab}	1.23±0.39 ^{Bab}	1.53±0.61 ^{Bab}	0.76±0.28 ^{Cb}
Deformasyon/kayıp faktörü (tan δ) [G''/G']	1. gün	0.35±0.08 ^{Ba}	0.38±0.05 ^{ABa}	0.36±0.03 ^{Aa}	0.33±0.02 ^{Ba}	0.34±0.02 ^{Ba}	0.33±0.04 ^{Ba}
	7. gün	0.35±0.01 ^{ABab}	0.33±0.01 ^{BCabc}	0.36±0.03 ^{Aa}	0.32±0.02 ^{Bbc}	0.31±0.03 ^{Bc}	0.33±0.01 ^{Babc}
	14. gün	0.36±0.04 ^{ABa}	0.30±0.06 ^{Ca}	0.32±0.02 ^{Aa}	0.36±0.02 ^{Ba}	0.29±0.05 ^{Ba}	0.33±0.05 ^{Ba}
	21. gün	0.42±0.02 ^{Aa}	0.43±0.04 ^{Aa}	0.68±0.62 ^{Aa}	0.44±0.05 ^{Aa}	0.40±0.02 ^{Aa}	0.49±0.08 ^{Aa}

Her bir parametre için aynı sütunda farklı büyük harflerle (A-B) gösterilen değerler dönemler arası farklılığı ve aynı satırda farklı küçük harflerle (a-b) gösterilen değerler kültürler arası farklılığı ifade etmektedir (p<0.05).

6.3.3. Mikrobiyolojik Analizler

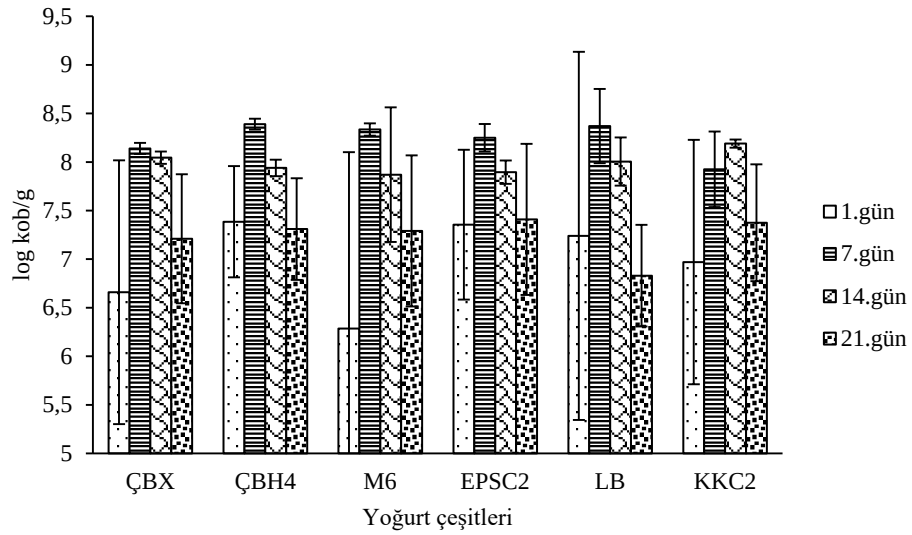
Yoğurt örneklerine ait laktobasil sayımları Şekil 6.13’ te verilmiştir. Laktobasil sayıları 7.78 ile 8.58 log kob/g arasında değişirken en yüksek ortalama laktobasil sayısı KKC2 kültürü ile üretilen yoğurtlarda belirlenmiştir. Her iki yoğurt bakterisinin sayılarının depolamayla birlikte azaldıkları daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Mani-López vd, 2014; Muniandy vd, 2017). Bu çalışmada da genel olarak, depolama boyunca laktobasil sayısının azaldığı söylenebilmektedir. Kültürlerin laktobasil sayısı üzerine etkisi önemli bulunmazken ($p>0.05$), dönemler arasında ise sadece son dönemdeki düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Üç haftalık depolama sonucunda yoğurtlarda belirlenen laktobasil sayımı olması gereken 7 log kob/g değerinin üzerinde olup kodekse uygundur (Anonim, 2009).



Şekil 6.13. Depolama süresince yoğurtlardaki laktobasil sayıları (log kob/g)

Yoğurt örneklerindeki streptokok sayımları Şekil 6.14’te verilmiştir. İlk dönem hariç tutulduğunda, depolama süresince streptokok sayılarında bir düşüşten bahsedilebilmektedir. Streptokok sayısında 1. gün ile 7. gün arasındaki artış ise pek beklenen bir durum değildir (Mani-López vd, 2014). Bu durumun tüm yoğurt çeşitlerinde görülmesi analizdeki hata olasılığını azaltmakta olup iki üretim arasındaki

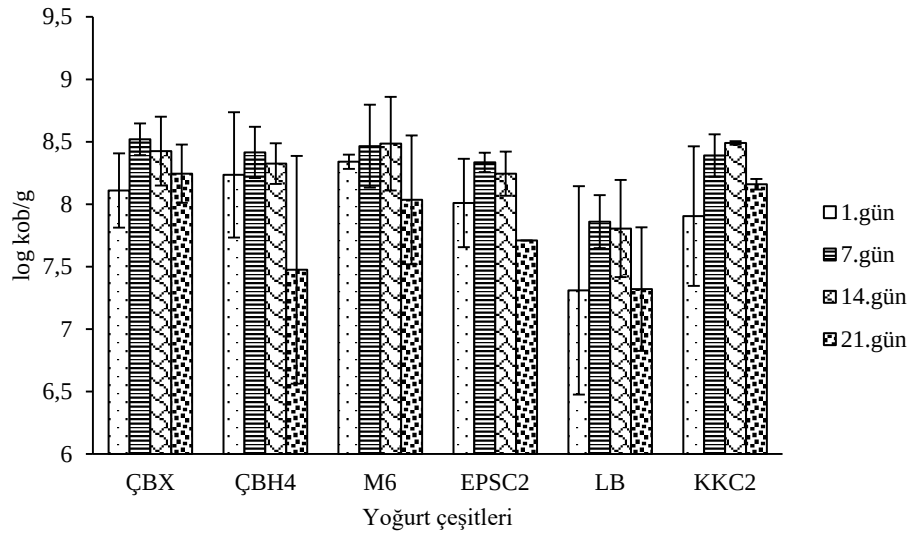
bu döneme ait sayımlar arasındaki farkın büyük olması hem ortalamayı düşüren hem de standart sapmayı artıran bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Ortalama streptokok sayıları 7.45 ile 7.76 log kob/g arasında değişirken kültür farkının streptokok sayıları üzerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Üç haftalık depolama sonucunda yoğurtlarda belirlenen streptokok sayımı olması gereken 7 log kob/g değerinin üzerinde olup kodekse uygundur (Anonim, 2009). Benzer şekilde Mani-López vd (2014), yoğurttaki laktobasil ve streptokok sayılarının 35 günlük depolama süresince azaldığını ve bu azalmanın probiyotik bakterilerin varlığında daha fazla olduğunu göstermiştir.



Şekil 6.14. Depolama süresince yoğurtlardaki streptokok sayıları (log kob/g)

Yoğurtlara ait TMAB sayımlarına ilişkin sonuçlar Şekil 6.15'te verilmiştir. Plate count üzerinde yapılan sayımlarda tek tipte ve oldukça küçük boyutta kolonilere rastlanmıştır. TMAB sayılarının 7. gündeki artışı ve sonrasındaki azalışı streptokok sayımlarına benzer bir eğilim olduğunu göstermektedir. Yapılan mikroskopik incelemelerde de bakterilerin kok morfolojisine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durumdan yola çıkılarak Plate Count Agar üzerinde tespit edilen ve sayılan kolonilerin starter olarak kullanılan streptokoklara ait olabileceği düşünülmüştür. Bu durum koloni boyutunun küçük olmasını da açıklamaktadır. Ancak, bu durumla ilgili sağlıklı

bir yorum yapılabilmesi için ilave analizlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. TMAB sayıları üzerine kültürlerin etkisi önemli bulunurken en yüksek değerler M6 ve ÇBX izolatları ile üretilen yoğurtlarda; en düşük değerler ise LB ve EPSC2 izolatları ile üretilenlerde belirlenmiştir. Depolama sıcaklığı 4 °C’ de tutulduğu takdirde başlangıç TMAB sayısının 35 günlük depolama boyunca önemli dercede değişmediği belirlenmiştir. Diğer taraftan sıcaklığın 8 °C’ ye çıkarılmasıyla birlikte TMAB sayısında önemli artışlar gözlemlenmiştir (Tirloni vd, 2015).

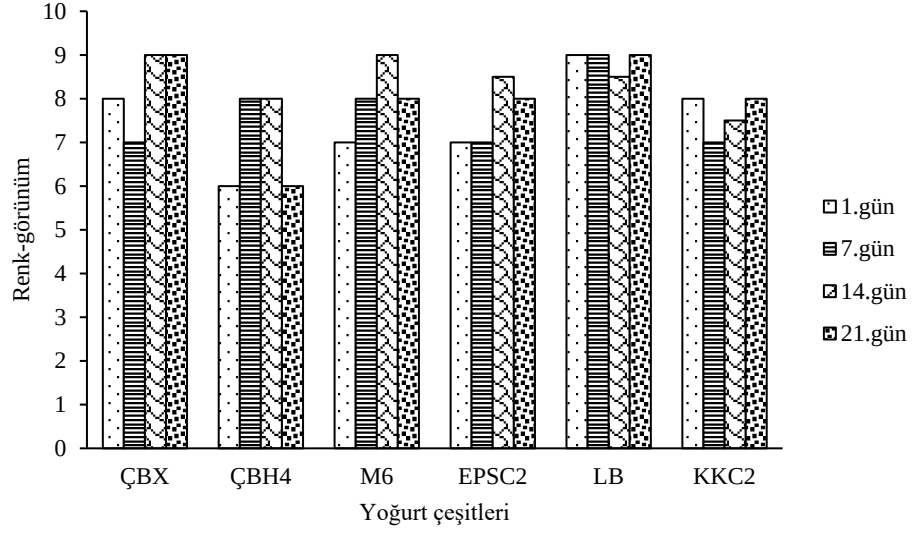


Şekil 6.15. Depolama süresince yoğurtlardaki TMAB sayıları (log kob/g)

21 günlük depolama süresi boyunca hiçbir yoğurt örneğinde maya-küf belirlenememiştir. Tirloni vd (2015)’ e ait çalışmada, 8 °C sıcaklıkta depolanan yoğurtlarda başlangıçta herhangi bir maya gelişimine rastlanmazken depolamanın 3. günden itibaren maya gelişimi çok hızlı bir şekilde artış göstermiş ve 15. günde 6 log kob/g’ a kadar ulaşmıştır. Bu çalışmada üretilen yoğurtlarda 21 gün boyunca herhangi bir maya gelişimine rastlanmamış olması üretimde yeterli hijyenik koşulların sağlandığını göstermektedir.

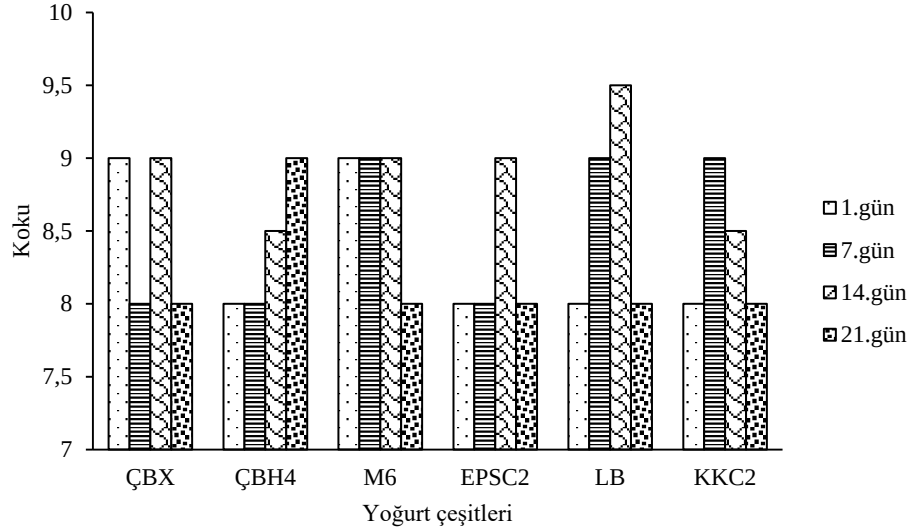
6.3.4. Duyusal Değerlendirme

Renk-görünüm kriterinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar Şekil 6.16’ da verilmiştir. En yüksek puanları sırasıyla LB (kontrol) ve ÇBX yoğurtları alırken, en düşük puanları ise ÇBH4 ve EPSC2 izolatları ile üretilen yoğurtlar almıştır.



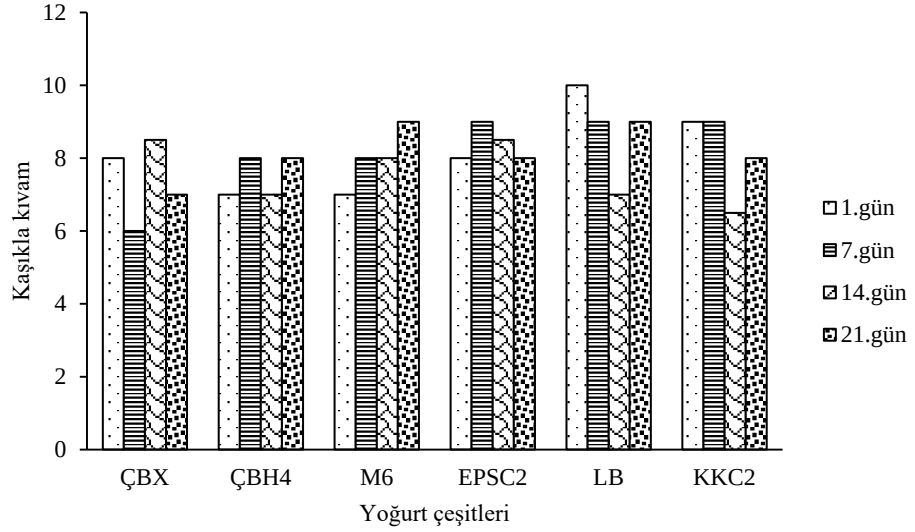
Şekil 6.16. Depolama süresince yoğurtların renk-görünüm puanları

Yoğurtların koku kriterinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar şekilde verilmiştir (Şekil 6.17). En yüksek puanları sırasıyla M6 ve LB yoğurtları alırken, en düşük puanları ise EPSC2 ve ÇBH4 izolatları ile üretilen yoğurtlar almıştır.

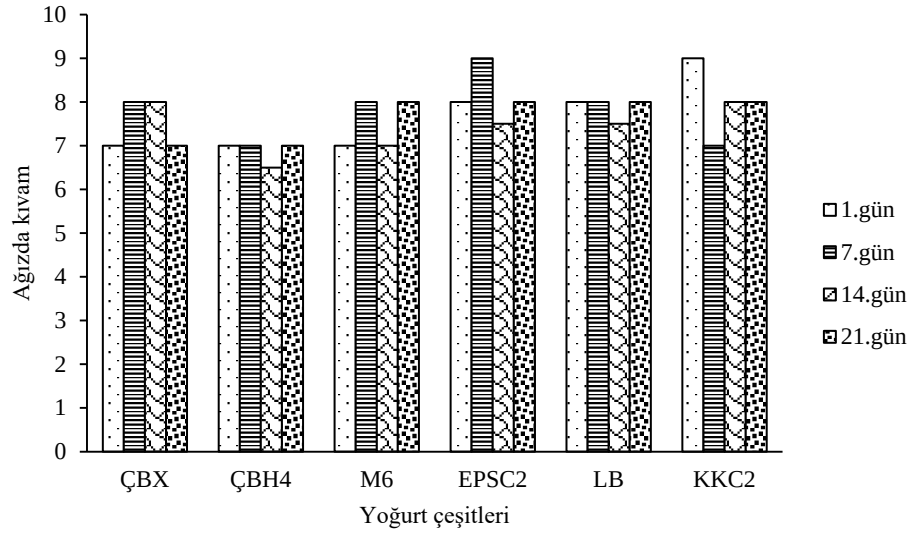


Şekil 6.17. Depolama süresince yoğurtların koku puanları

Kaşıkla ve ağızda kıvam, yoğurt gibi yarı katı gıdaların duyuşal değerlendirilmesinde sıklıkla yararlanılan parametrelerdir. Kaşıkla kıvam, kaşıkla karıştırmaya karşı gösterilen direnç olarak tanımlanırken ağızda kıvam ise yeme esnasında ağızda algılanan koyuluk ve dolgunluk olarak ifade edilmektedir (Joyner, 2019). Kaşıkla kıvam kriterinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar Şekil 6.18’ de verilmiştir. En yüksek puanları sırasıyla LB ve EPSC2 yoğurtları alırken, en düşük puanları ise ÇBX ve ÇBH4 izolatları ile üretilen yoğurtlar almıştır. Ağızda kıvam kriterinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar Şekil 6.19’ da verilmiştir. En yüksek puanları sırasıyla EPSC2 ve KKC2 yoğurtları alırken, en düşük puanları ise ÇBH4 izolatı ile üretilen yoğurt almıştır.

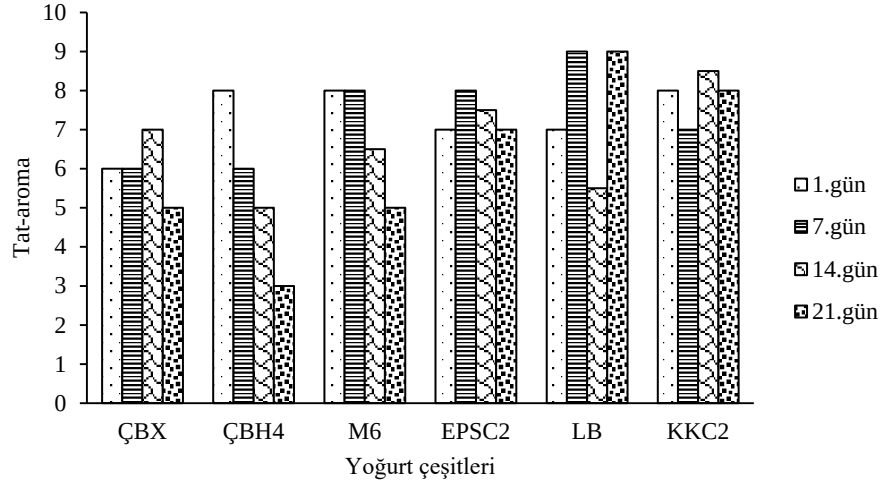


Şekil 6.18. Depolama süresince yoğurtların kaşıkla kıvam puanları



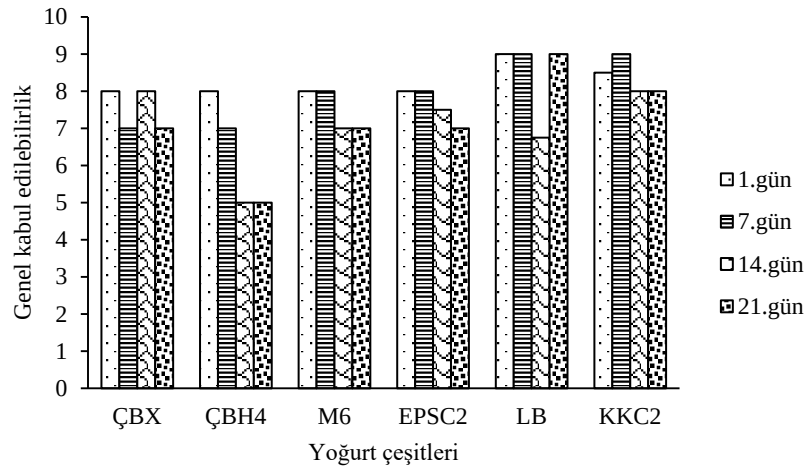
Şekil 6.19. Depolama süresince yoğurtların ağızda kıvam puanları

Tat-aroma kriterinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar şekilde verilmiştir (Şekil 6.20). En yüksek puanları sırasıyla KKC2 ve LB (kontrol) yoğurtları alırken, en düşük puanları ise ÇBH4 ve ÇBX izolatları ile üretilen yoğurtlar almıştır. Tat-aroma değerlerinin genellikle depolama süresiyle azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.20. Depolama süresince yoğurtların tat-aroma puanları

Genel kabul edilebilirlik kriterinin değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar şekilde verilmiştir (Şekil 6.21). En yüksek puanları sırasıyla LB ve KKC2 yoğurtları alırken, en düşük puanları ise ÇBH4 izolatu ile üretilen yoğurt almıştır. Genel kabul edilebilirlik puanlarının 21. günde azaldığı belirlenmiştir. Tüm duyu analizi sonuçları değerlendirildiğinde ise en az beğenilen yoğurtlar ÇBH4 ve ÇBX izolatları ile üretilen yoğurtlar olurken en beğenilen yoğurtlar ise LB ve KKC2 izolatları ile üretilen yoğurtlar olmuştur.



Şekil 6.21. Depolama süresince yoğurtların genel kabul edilebilirlik puanları

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Ordu ve Giresun illerindeki çeşitli yaylalarda geleneksel yöntemler ile üretilen yoğurtlardan izole edilen laktik asit bakterilerinin yoğurt üretiminde starter kültür olarak kullanılabilme potansiyelleri araştırılmıştır. Üç bölüm halinde incelenen çalışmanın ilk aşamasında bahsi geçen iki ildeki 8 farklı yayladan toplanan 24 adet geleneksel yoğurt örneklerinin çeşitli özellikleri belirlenmiştir. Bileşim açısından bakıldığında yoğurtların çok geniş aralıkta kuru madde, protein ve yağ içeriklerine sahip oldukları görülmüş olup bu durum temelde kullanılan süt cinsine (inek veya manda) bağlı olmakla birlikte, aynı süt cinsinden üretilen yoğurtlarda ise bu farklılıkların geleneksel üretimde sağlanması mümkün olmayan standart koşulların bir sonucu olduğu kanısına varılmıştır. Diğer taraftan, sütün ve yoğurdun kullanım amacının da (satış, şahsi tüketim, farklı ürünlere dönüştürme gibi) elde edilen yoğurdun bileşiminde etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, manda sütünden üretilen yoğurtların, inek sütünden üretilenlere kıyasla daha yüksek kuru madde, protein ve yağ konsantrasyonuna sahip oldukları ve kullanılan süt çeşidinin protein ve yağ konsantrasyonu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Yoğurtların ortalama protein konsantrasyonlarının Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde şart koşulan minimum %3' ün üzerinde olduğu ve ortalama yağ konsantrasyonlarına göre ise tam yağlı yoğurt sınıfında yer aldıkları söylenebilmektedir (>3.8). Yoğurtların çoğunda pH değerlerinin endüstriyel yoğurtlara kıyasla düşük oldukları ve ortalama pH değerinin 3.79 olduğu belirlenmiştir. Bu duruma paralel olarak asitlik değerleri tüm yoğurt örneklerinde kodekse göre olması gereken alt sınırın (%0.6) üzerindeyken %37.5'i (24 örneğin 9'u) üst sınırı (%1.5) aşmakta olup ortalama asitlik değeri %1.46 olarak belirlenmiştir.

Yoğurtlarda 17 tanesi baskın olmak üzere toplamda 80' in üzerinde uçucu bileşen tanımlanmıştır. Bunlardan hegzanoik asit, oktanoik asit, etanol, asetaldehit, hegzanal, asetoin, 2-Heptanon ve 2-Nonanon bileşenlerine tüm yoğurt örneklerinde rastlanmıştır. Tüm yoğurtlar dikkate alındığında, asetaldehit miktarı %0.20 ile 4.03 arasında değişirken, manda yoğurtlarında asetaldehit konsantrasyonunun nispeten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aseton bir yoğurt örneği dışında tüm yoğurt örneklerinde tespit edilirken (%0.30 ila 4.10), asetoin (%0.27 ila 30.46) tüm yoğurtlarda tespit edilmiştir. Yüksek etanol konsantrasyonunun yoğurt bakterilerinden

ziyade yoğurtların mikrobiyolojik analizlerinde de saptanan çok sayıdaki küf ve mayadan kaynaklandığı düşünülmektedir. İstatistiksel olarak önemli bulunmasa da manda sütünden üretilen yoğurtlarda viskozite değerlerinin daha yüksek ve serum ayrılması değerlerinin de daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun da temelde kuru madde ve protein oranları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yoğurtların tamamında tespit edilen yüksek maya-küf sayısına ilaveten yaklaşık %20' sinde (24 yoğurdun beş adedinde) koliforma ve bunların bir tanesinde *E. coli* bakterisi bulunması yoğurtların hijyenik koşullarda üretilmediğini ve mikrobiyolojik açıdan tüketime uygun olmadıklarını göstermektedir.

İkinci aşama olan geleneksel yoğurtlardan antimikrobiyal aktiviteye sahip laktik asit bakterileri izolasyonunda izolasyonu gerçekleştirilen 50 adet bakterinin tamamı laktobasil (MRS besiyerinde büyümeleri ve gram boyamaya dayalı olarak) ön tanısı göstermiştir. Antimikrobiyal aktiviteye sahip ve kültüre alınabilen bir streptokok cinsi bakteri tespit edilememiştir. İzolatların *E. coli* BL21 ve *S. aureus* NTCC 8530' a karşı oluşturdukları inhibisyon zonlarına bağlı olarak sayıları önce 20' ye; sonrasında ise asit üretim kapasiteleri ve proteolitik aktiviteleri göz önünde bulundurularak 10' a indirilmiştir. Ön seçimleri gerçekleştirilen bu izolatların 16S rDNA bölgeleri sekanslanarak filogenetik ağaçları oluşturulmuş tamamının en yakın olduğu cins *L. bulgaricus* olarak belirlenmiştir. İzolatlar arasındaki benzerlik oranlarına bakıldığında, ÇB3, K10, KKC1 ve KKC2 grubu ile K1, K8 ve EPSC2 kendi aralarında %100 benzerlik gösterdikleri görülmüştür. Tüm izolatların kendi aralarındaki ve tip tür olarak verilen *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ATCC 11842T ile olan yüksek benzerlik oranları bu izolatların aynı bakteriler olabileceğini düşündürmektedir. Son olarak, tekli kültürler halinde sütteki fermentasyonları sonucu oluşturdukları asetaldehit, aseton, asetoin, diasetil, bütirik asit, hegzanol ve hegzanal gibi yoğurt aromasında önemli oldukları düşünülen aroma maddeleri çeşitleri ve miktarları baz alınarak izolatların sayısı beşe indirilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında, ikinci aşamada elde edilen beş izolata ek olarak ticari bir yoğurt kültüründen izole edilen *L. bulgaricus* suşu ile birlikte toplamda altı farklı *L. bulgaricus* suşu kullanılmak suretiyle iki tekerrürlü olarak set yoğurtlar üretilmiş ve depolama süresi olarak belirlenen 21 gün boyunca haftalık analizleri yapılarak çeşitli özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen yoğurtların tamamının bileşimleri arasında herhangi bir istatistiksel fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Başlangıç

pH değerleri nispeten düşük olan (4.02-4.11) yoğurtların depolama süresince asitlikleri artarken kültürler arası veya dönemsel olarak bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). Depolama süresince asitlik değerlerinin kodekse uygun oldukları görülmüştür ($1.6\% < \text{asitlik} < 1.5\%$). Depolama süresince streptokok ve laktobasil sayıları genel olarak 7 log kob/g üzerinde olan tüm yoğurtlar arasında istatistiksel olarak da dönemler veya kültürler arası herhangi bir farka rastlanmamıştır ($p>0.05$). Benzer şekilde TMAB arasında da herhangi bir fark bulunamazken depolama süresince yoğurtların hiçbirisinde maya-küf tespit edilememiştir. Bu da yoğurtların yeterli hijyenik koşullar altında üretildiğini göstermektedir. Yoğurtların serum ayrılması arasında dönemler arası ve kültürler arası bir fark tespit edilememiş olmakla birlikte viskozite değerlerine bakıldığında ticari kültürle üretilen LB yoğurdunun viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yoğurtlara ait reolojik özelliklere bakıldığında ise tüm yoğurtların psödoplastik (shear-thinning) davranış sergiledikleri ve depolama süresince G' değerlerinin G'' değerlerinden yüksek yani, katı özelliklerine sahip oldukları görülmüştür. En yüksek karmaşık ve görünür viskozite değerleri LB, KKC2 ve EPSC2 yoğurtlarında belirlenmiştir. Üründeki deformasyonu ifade eden $\tan\delta$ değerinin ise genel olarak 21. günde belirgin şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Yoğurt aromasında en önemli uçucu bileşen olarak kabul edilen asetaldehit ve aseton üretim kapasitesi açısından EPSC2 21. günde belirgin bir düşüş göstermekle birlikte, ticari kültürü de geride bırakarak, öne çıkmıştır. Duyusal değerlendirmelerde ise ÇBH4 ve ÇBX yoğurtları kıvam ve tat-aroma ile genel kabul edilebilirlik açısından diğer yoğurtların gerisinde kalmıştır.

Sonuç olarak, geleneksel yayla yoğurtlarından izole edilen ÇBX ve ÇBH4 izolatları ile üretilen yoğurtların özellikle aroma maddeleri miktarı ve duyusal değerlendirme açısından ticari kültürden ve diğer kültürlerden daha zayıf kaldığı söylenebilmektedir. EPSC2 ve KKC2 izolatlarının üretimde kullanımıyla elde edilen yoğurtların ise sadece viskozite açısından ticari kültürün gerisinde kaldığı bunun yanında duyusal özellikler ve aroma maddeleri açısından ticari kültüre benzer veya daha iyi özellikler gösterdiği belirlenmiştir. EPSC2 ve KKC2 izolatlarının yoğurt üretiminde kullanılma potansiyeline sahip olduğu ve starter kültür olarak önerilebileceği belirlenmiştir. Bu potansiyel izolatların yoğurt üretiminde kullanımına ve fonksiyonel gıda üretimine yönelik olarak probiyotik özelliklerinin araştırılması planlanmaktadır. Ayrıca, antioksidan aktivite, kolesterol düşürücü ve ACE-inhibitörü

etkisine sahip biyoaktif peptitler ile gama amino bütirik asit (GABA) ve ekzopolisakkarit üretme kapasitelerinin belirlenmesinin de izolatların ticari potansiyellerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Akdeniz, H., Buzgan, T., Tekin, M., Karsen, H. and Karahocagil, M. K. 2007. An outbreak of botulism in a family in Eastern Anatolia associated with eating süzme yoghurt buried under soil. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 39:2, 108-114.
- Akyar, Ş. N. 2014. Farklı doğal yoğurt bakteri izolatlarının yoğurt yapımında kullanım potansiyellerinin açığa çıkarılması ve aroma formasyon kapasitelerinin kromatografik olarak belirlenmesi. Yüksek Lisans, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 58 Sayfa, Kahramanmaraş. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (372651).
- Alm, L. 1982. Effect of fermentation on lactose, glucose, and galactose content in milk and suitability of fermented milk products for lactose intolerant individuals. *Journal of Dairy Science*, 65:3, 346-352.
- Aloğlu, H. Ş. and Öner, Z. 2011. Determination of antioxidant activity of bioactive peptide fractions obtained from yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94:11, 5305-5314.
- Altay Dede, N., Acar-Soykut, E. and Gürakan, G. 2014. Phenotypic diversity and technological properties of yogurt cultures isolated from traditionally produced Turkish yogurts with comparison to commercial starter cultures. *Italian Journal of Food Science*, 26:3.
- Amani, E., Eskandari, M. H. and Shekarforoush, S. 2017. The effect of proteolytic activity of starter cultures on technologically important properties of yogurt. *Food Science & Nutrition*, 5:3, 525-537.
- Amatayakul, T., Sherkat, F. and Shah, N. P. 2006. Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids. *International Journal of Dairy Technology*, 59:3, 216-221.
- Amirdivani, S. and Baba, A. 2013. Rheological properties and sensory characteristics of green tea yogurt during storage. *Life Science Journal*, 378-390.
- Ammor, S., Rachman, C., Chaillou, S., Prévost, H., Dousset, X., Zagorec, M., Dufour, E. and Chevallier, I. 2005. Phenotypic and genotypic identification of lactic acid bacteria isolated from a small-scale facility producing traditional dry sausages. *Food Microbiology*, 22:5, 373-382.
- Anlı, R. E. and Şanlıbaba, P. 2019. *Fermente Gıdalar*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Anonim 1989. Yoğurt Standardı, TS-1330: Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2009/25). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara: Resmi Gazete (Sayı: 27143).

- Anonim 2011. *Gıda Teknolojisi "Yoğurt"*. Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi (MEGEP), 75 Sayfa, Ankara.
- Anonim 2014. Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması *Beslenme Durumu ve Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi Sonuç Raporu*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Sağlık Araştırmaları Genel Müdürlüğü.
- Anonim (2020). *Yogurt Market - Growth, Trends And Forecasts (2020 - 2025)*. Mordor Intelligence, Retrieved from <https://mordorintelligence.com/industry-reports/yogurt-market>
- Aran, N. 2013. *Gıda Biyoteknolojisi*. Nobel Akademik Yayıncılık, 493 Sayfa, Ankara.
- Artık, N. (2020). Türkiye Süt Sektörü. *Gıda Türk*, 35, 76 Sayfa.
- Aslım, B. 1994. *L.bulgaricus ve S.thermophilus Bakterilerinin Metabolik ve Antimikrobiyal Aktiviteleri Üzerine Bazı Fiziksel ve Kimyasal Mutajenlerin Etkisi*. Doktora, Gazi Üniversitesi Biyoloji, 151 Sayfa, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (34588).
- Aslım, B., Beyatlı, Y., Soran, H., Mercan, N., Özkaya, F. D., Yüksekdağ, Z. N. and Ediz, N. (2005). *Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Ekzopolisakkarit Üretimlerinin Belirlenmesi*. TÜBİTAK TBAG-2090, Retrieved from Ankara: <https://trdizin.gov.tr>
- Avci, G. A., Avci, E., Emniyet, A. A. and Ozcelik, B. 2015. Determination of fundamental probiotic properties of Lactobacillus strains isolated from Turkish local yogurt. *Hittite Journal of Science & Engineering*, 2:2.
- Ayad, E. H., Verheul, A., de Jong, C., Wouters, J. T. and Smit, G. 1999. Flavour forming abilities and amino acid requirements of Lactococcus lactis strains isolated from artisanal and non-dairy origin. *International Dairy Journal*, 9:10, 725-735.
- Ayhan, K., Durlu-Özkaya, F. and Tunail, N. 2005. Commercially important characteristics of Turkish origin domestic strains of Streptococcus thermophilus and Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus. *International Journal of Dairy Technology*, 58:3, 150-157.
- Baran, E. 2012. Geleneksel yoğurt starter kültürlerinin aroma profili üzerine incelemeler. Yüksek Lisans, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gıda Mühendisliği, 71 Sayfa, İzmir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (325702).
- Bayram, G. 2013. Samsun ve çevresinde üretilen manda yoğurtlarının bazı özellikleri üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi, 70 Sayfa, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (411809).
- Beal, C. and Corrieu, G. 1991. Influence of pH, temperature, and inoculum composition on mixed cultures of Streptococcus thermophilus 404 and Lactobacillus bulgaricus 398. *Biotechnology and Bioengineering*, 38:1, 90-98.

- Beal, C., Skokanova, J., Latrille, E., Martin, N. and Corrieu, G. 1999. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. *Journal of Dairy Science*, 82:4, 673-681.
- Benezech, T. and Maingonnat, J. 1994. Characterization of the rheological properties of yoghurt—a review. *Journal of Food Engineering*, 21:4, 447-472.
- Beshkova, D., Simova, E., Frengova, G. and Simov, Z. 1998. Production of flavour compounds by yogurt starter cultures. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20:3-4, 180-186.
- Bouzar, F., Cerning, J. and Desmazeaud, M. 1997. Exopolysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production. *Journal of Dairy Science*, 80:10, 2310-2317.
- Bölükbaşı, B. 2007. Trakya Bölgesinde Farklı Köylerden Alınan Yoğurtlardan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu, Bunların EPS (Ekzopolisakkarit) Üretim Kabiliyetlerinin Belirlenmesi ve Bu Bakteriler Kullanılarak Ayran Üretimine Uygun Kombinasyonlarının Seçilmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora, Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 132 Sayfa, Edirne. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (216568).
- Ceylan, Z. and Biberoğlu, Ö. 2013. Geleneksel olarak üretilen yoğurtların bazı kimyasal özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8:1, 43-51.
- Chandan, R. C. 2006. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Blackwell Publishing, USA.
- Chaves, A., Fernandez, M., Lerayer, A., Mierau, I., Kleerebezem, M. and Hugenholtz, J. 2002. Metabolic engineering of acetaldehyde production by *Streptococcus thermophilus*. *Applied Environmental Microbiology*, 68:11, 5656-5662.
- Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H. and Zhao, G. 2017. Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20:sup1, S316-S330.
- Cheng, H. 2010. Volatile flavor compounds in yogurt: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:10, 938-950.
- Chun, J. 1995. Computer assisted classification and identification of actinomycetes. Doktora, Newcastle University, 437 Sayfa
- Codină, G. G., Franciuc, S. G. and Mironeasa, S. 2016. Rheological characteristics and microstructure of milk yogurt as influenced by quinoa flour addition. *Journal of Food Quality*, 39:5, 559-566.
- Cogan, T. M., Barbosa, M., Beuvier, E., Bianchi-Salvadori, B., Cocconcelli, P. S., Fernandes, I., Gomez, J., Gomez, R., Kalantzopoulos, G. and Ledda, A. 1997. Characterization of the lactic acid bacteria in artisanal dairy products. *Journal of Dairy Research*, 64:3, 409-421.

- Çelik, E. S. 2007. Geleneksel yoğurtlardan izole edilen laktik asit bakterilerini aroma bileşikleri ve ekzopolisakkarit üretimlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bioteknoloji, 112 Sayfa, İzmir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (177049).
- Çon, A. H. and Gökalp, H. Y. 2000. Production of bacteriocin-like metabolites by lactic acid cultures isolated from sucuk samples. *Meat Science*, 55:1, 89-96.
- Dabija, A., Codină, G. G., Gâtlan, A.-M. and Rusu, L. 2018. Quality assessment of yogurt enriched with different types of fibers. *CyTA-Journal of Food*, 16:1, 859-867.
- Dağyıldız, K. 2015. Soya Sütü ve İnek Sütü Karışımı Kullanılarak Yapılan Kefirlerin Fizikokimyasal, Mikrobiyal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enziminin Etkisi. Yüksek Lisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 75 Sayfa, Samsun. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> database, (425834).
- Damin, M. R., Alcântara, M. R., Nunes, A. and Oliveira, M. N. d. 2009. Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT-Food Science and Technology*, 42:10, 1744-1750.
- De Vuyst, L., Zamfir, M., Mozzi, F., Adrian, T., Marshall, V., Degeest, B. and Vaningelgem, F. 2003. Exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus* strains as functional starter cultures in the production of fermented milks. *International Dairy Journal*, 13:8, 707-717.
- Demirci, A. 2017. Ağrı yöresindeki bazı yoğurt örneklerinde çeşitli bakterilerinin izolasyon ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Kimya 82 Sayfa, Ağrı. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (487942).
- Demirkaya, A. and Ceylan, Z. 2013. Bilecik'te tüketime sunulan yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8:3, 202-209.
- Dertli, E. 2015. Isolation and identification of an exopolysaccharide producer *Streptococcus thermophilus* strain from Turkish yogurt. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21, 229-232.
- Dias, P. and Rathnayaka, R. 2019. Alteration of Quality Attributes In Yogurts as a Function of Natural Fibers Incorporation. *Elixir Food Science*, 131, 53231-53237.
- Dinçel, S. 2012. Geleneksel Türk yoğurtlarından izole edilen laktik kültürler tarafından yapılan yoğurtların kimyasal ve fizyolojik özellikleri. Yüksek Lisans, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 157 Sayfa, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (313837).
- Duboc, P. and Mollet, B. 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 11:9, 759-768.

- Durak, Y., Keleş, F., Uysal, A. and Aladağ, M. O. 2008. Konya Yöresi Taze Ev Yapımı Yoğurtların Mikrobiyolojik Özelliklerinin Araştırılması. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 22:44, 113-117.
- Ebrahimi, A., Sani, A. M. and Islami, M. H. 2015. Evaluation of Rheological, Physicochemical, and Sensory properties of Gundelia tournefortii yogurt. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4, 146-159.
- Erkaya, T. 2009. İnek, Manda, Koyun ve Keçi Sütlerinden Üretilen Yoğurtların Bazı Kalite Özelliklerinin Tespiti ve Aroma Profillerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans, Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 118 Sayfa, Erzurum. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> database, (238029).
- Erkaya, T. and Şengül, M. 2011. Comparison of volatile compounds in yoghurts made from cows', buffaloes', ewes' and goats' milks. *International Journal of Dairy Technology*, 64:2, 240-246.
- Erkus, O., Okuklu, B., Yenidunya, A. F. and Harsa, S. 2014. High genetic and phenotypic variability of Streptococcus thermophilus strains isolated from artisanal Yuruk yoghurts. *LWT-Food Science and Technology*, 58:2, 348-354.
- Erkuş, O. 2007. Yoğurt kültürlerinin izolasyonu, fenotipik ve genotipik karakterizasyonu. Yüksek Lisans, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gıda Mühendisliği, 118 Sayfa, İzmir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> database, (202156).
- Ersöz, E. B. 2019. Nar Kabuğu Ekstraktının Soya İçeceği Katkılı Yoğurtlarda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 117 Sayfa, Samsun. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> database, (536211).
- Ertaş, N., Serhat, A., Karadal, F. and Gönülalan, Z. 2014. Kayseri ilinde satışa sunulan manda yoğurtlarının mikrobiyolojik kalitesi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 40:1, 83-89.
- Farimani, R. H., Najafi, M. B. H., Bazzaz, B. S. F., Edalatian, M. R., Bahrami, A. R., Flórez, A. B. and Mayo, B. 2016. Identification, typing and functional characterization of dominant lactic acid bacteria strains from Iranian traditional yoghurt. *European Food Research and Technology*, 242:4, 517-526.
- Fırat, M. Ç. 2019. Probiyotik ve antioksidan özellikli yoğurt bakterilerinin izolasyonu ve identifiye edilen suşlarla üretilen yoğurtların bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans, Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 116 Sayfa, Erzurum. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> database, (618958).
- Folkenberg, D. M., Dejmek, P., Skriver, A., Guldager, H. S. and Ipsen, R. 2006. Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures. *International Dairy Journal*, 16:2, 111-118.

- Gezginc, Y., Akyol, I., Kuley, E. and Özogul, F. 2013. Biogenic amines formation in *Streptococcus thermophilus* isolated from home-made natural yogurt. *Food Chemistry*, 138:1, 655-662.
- Gezginc, Y., Topcal, F., Comertpay, S. and Akyol, I. 2015. Quantitative analysis of the lactic acid and acetaldehyde produced by *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* strains isolated from traditional Turkish yogurts using HPLC. *Journal of Dairy Science*, 98:3, 1426-1434.
- Gezginç, Y. 2010. Geleneksel yoğurtlardan izole edilen laktik asit bakterilerinin plazmit içeriği ve biyojenik amin üretimi bakımından gıda endüstrisinde kullanılabilirliğinin araştırılması. Doktora, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 259 Sayfa, Kahramanmaraş. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (270342).
- Gezginç, Y., Demirbanka, F. G., Dağgeçen, E. C. and Akyol, İ. 2018. Safety Assessment of Dairy Microorganisms, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*, Isolated from Traditional Yoghurt Cultures. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6:7, 834-839.
- Giacometti, J. and Buretić-Tomljanović, A. 2017. Peptidomics as a tool for characterizing bioactive milk peptides. *Food Chemistry*, 230, 91-98.
- Guzel-Seydim, Z. B., Sezgin, E. and Seydim, A. C. 2005. Influences of exopolysaccharide producing cultures on the quality of plain set type yogurt. *Food Control*, 16:3, 205-209.
- Güler-Akın, M. B. 2005. The effects of different incubation temperatures on the acetaldehyde content and viable bacteria counts of bio-yogurt made from ewe's milk. *International Journal of Dairy Technology*, 58:3, 174-179.
- Güven, M. N. 2008. Starter kültür (saf kültür) üretim işletmesi dizaynı ve fizibilite raporu. Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi Süt Teknolojisi, 82 Sayfa, İzmir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (216078).
- Halkman, A. K. 2005. *Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları*. Başak Matbaacılık Ltd. Şti., 358 Sayfa, Ankara.
- Halkman, A. K., Köşker, Ö. and Tunail, N. (1983). *Yoğurt Starter Kültürlerinin Dondurularak Kurutulması Yöntemi ile Hazırlanmasında Çeşitli Faktörlerin Etkileri Üzerine Araştırmalar*. TOAG-470, Retrieved from Ankara: <https://trdizin.gov.tr>
- Han, X., Zhang, L., Yu, P., Yi, H. and Zhang, Y. 2014. Potential of LAB starter culture isolated from Chinese traditional fermented foods for yoghurt production. *International Dairy Journal*, 34:2, 247-251.
- Hassan, A., Ipsen, R., Janzen, T. and Qvist, K. 2003. Microstructure and rheology of yogurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides. *Journal of Dairy Science*, 86:5, 1632-1638.

- Hematyar, N., Samarin, A. M., Poorazarang, H. and Elhamirad, A. H. 2012. Effect of gums on yogurt characteristics. *World Applied Sciences Journal*, 20:5, 661-665.
- Herdem, A. 2006. Farklı yörelerden toplanan geleneksel yöntemle üretilen yoğurt örneklerinin bazı niteliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans, Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 97 Sayfa, Konya. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (183139).
- Hisoğlu, E. G. 2007. Ağrı ilinde tüketime sunulan yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi. Yüksek Lisans, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi, 102 Sayfa, Van. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (242376).
- Joyner, H. S. 2019. *Rheology of Semisolid Foods*. Springer.
- Khan, H., Shah, M. A. and Shah, J. A. 2016. Evaluation of Yogurt Prepared from Locally Propagated Starter Culture. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15:2, 155-158.
- Kılıç, S. 2008. *Süt Endüstrisinde Laktik Asit Bakterileri*. Ege Üniversitesi Basımevi, 451 Sayfa, İzmir.
- Klaenhammer, T. R., Azcarate-Peril, M. A., Altermann, E. and Barrangou, R. 2007. Influence of the dairy environment on gene expression and substrate utilization in lactic acid bacteria. *The Journal of Nutrition*, 137:3, 748S-750S.
- Koç, B., Sakin, M., Balkır, P. and Kaymak-Ertekin, F. 2009. Yoğurt Tozu; İşleme Teknolojisi, Depolama ve Kullanım Alanları. *Gıda*, 34:4, 245-250.
- Korkmaz, A. G. 2011. Yoğurt ve peynir için starter kültür üretimi Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 82 Sayfa, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (299855).
- Köse, Ş. and Ocak, E. 2014. Yoğurtta lezzet bileşenlerinin oluşumu ve bu oluşum üzerine etki eden faktörler. *Akademik Gıda*, 12:2, 101-107.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. and Tamura, K. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35:6, 1547-1549.
- Kurt, A., Cakmakci, S. and Caglar, A. 1996. A guide book of analysis methods of milk and milk products. *Erzurum, Turkey: Atatürk University, Agricultural Faculty Pub. no18*.
- Küçükçetin, A. 2008. Effect of heat treatment and casein to whey protein ratio of skim milk on graininess and roughness of stirred yoghurt. *Food Research International*, 41:2, 165-171.
- Lanciotti, R., Patrignani, F., Bagnolini, F., Guerzoni, M. and Gardini, F. 2003. Evaluation of diacetyl antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. *Food Microbiology*, 20:5, 537-543.

- Lane, D. 1991. 16S/23S rRNA sequencing. Nucleic acid techniques in bacterial systematics. Edited by: Stackebrandt E, Goodfellow M. 1991: New York, NY: John Wiley & Sons.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15:2, 67-78.
- Lucey, J. and Singh, H. 1997. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Research International*, 30:7, 529-542.
- Lucey, J. A. 2001. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. *Food Hydrocolloids*, 15:4-6, 603-608.
- Mani-López, E., Palou, E. and López-Malo, A. 2014. Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97:5, 2578-2590.
- Mason, S., Arjmandtalab, S., Hajimohammadi, B., Khosravi Arsanjani, A., Karami, S., Sayadi, M. and Oryan, A. 2015. Aflatoxin M1 contamination in industrial and traditional yogurts produced in Iran. *Journal of Food Quality and Hazards control*, 2:1, 11-14.
- Milci, S. and Yaygın, H. 2005. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ve süt ürünlerindeki fonksiyonları. *Gıda*, 30:2.
- Minitab. 2010. Minitab 17 İstatistik Paket Programı (Ver. 17.1.0). State College, PA, ABD.
- Mistry, V. and Hassan, H. 1992. Manufacture of Nonfat Yogurt from a High Milk Protein Powder1. *Journal of Dairy Science*, 75:4, 947-957.
- Mohammadi-Gouraji, E., Soleimani-Zad, S. and Ghiaci, M. 2019. Phycocyanin-enriched yogurt and its antibacterial and physicochemical properties during 21 days of storage. *LWT-Food Science and Technology*, 102, 230-236.
- Muniandy, P., Shori, A. B. and Baba, A. S. 2017. Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 22:1, 26-30.
- Ng, E. W., Yeung, M. and Tong, P. S. 2011. Effects of yogurt starter cultures on the survival of *Lactobacillus acidophilus*. *International Journal of Food Microbiology*, 145:1, 169-175.
- Nguyen, H. T. H., Ong, L., Lefèvre, C., Kentish, S. E. and Gras, S. L. 2014. The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: a comparison with bovine yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 7:4, 937-953.

- Nguyen, P. T., Kravchuk, O., Bhandari, B. and Prakash, S. 2017. Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 72, 90-104.
- Nursten, H. 1997. The flavour of milk and dairy products: I. Milk of different kinds, milk powder, butter and cream. *International Journal of Dairy Technology*, 50:2, 48-56.
- Omaea, M., Maeyama, Y. and Nishimura, T. 2008. Sensory properties and taste compounds of fermented milk produced by *Lactococcus lactis* and *Streptococcus thermophilus*. *Food Science and Technology Research*, 14:2, 183-189.
- Ongol, M. P., Sawatari, Y., Ebina, Y., Sone, T., Tanaka, M., Tomita, F., Yokota, A. and Asano, K. 2007. Yoghurt fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* H⁺-ATPase-defective mutants exhibits enhanced viability of *Bifidobacterium breve* during storage. *International Journal of Food Microbiology*, 116:3, 358-366.
- Ott, A., Fay, L. B. and Chaintreau, A. 1997. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:3, 850-858.
- Ozcan, T. (2013). Determination of yogurt quality by using rheological and textural parameters. 2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences, 118-122.
- Özalp, E. and Özalp, G. 1978. Yoğurt Kültürü Elde Edilmesi Üzerinde Araştırmalar. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin kontrolü ve Teknolojisi*, 315-322.
- Özer, B. 2006. *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. Sidas Medya,
- Piard, J. and Desmazeaud, M. 1991. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 1. Oxygen metabolites and catabolism end-products. *Le lait*, 71:5, 525-541.
- Piard, J. and Desmazeaud, M. 1992. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 2. Bacteriocins and other antibacterial substances. *Le lait*, 72:2, 113-142.
- Plessas, S., Fisher, A., Koureta, K., Psarianos, C., Nigam, P. and Koutinas, A. 2008. Application of *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *L. helveticus* for sourdough bread making. *Food Chemistry*, 106, 985-990.
- Rafiq, S., Huma, N., Pasha, I., Sameen, A., Mukhtar, O. and Khan, M. I. 2016. Chemical composition, nitrogen fractions and amino acids profile of milk from different animal species. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29:7, 1022.
- Ray, B. and Bhunia, A. 2016. *Temel Gıda Mikrobiyolojisi*. Nobel Akademik Yayıncılık, 608 Sayfa, Ankara.

- Routray, W. and Mishra, H. N. 2011. Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10:4, 208-220.
- Sah, B., Vasiljevic, T., McKechnie, S. and Donkor, O. 2016. Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 978-986.
- Saint-Eve, A., Martin, N., Guillemin, H., Sémon, E., Guichard, E. and Souchon, I. 2006. Flavored yogurt complex viscosity influences real-time aroma release in the mouth and sensory properties. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 54:20, 7794-7803.
- Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E., Navarro, C. and Perez-Alvarez, J. 2010. Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 43:4, 708-714.
- Sfakianakis, P. and Tzia, C. 2014. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review. *Foods*, 3:1, 176-193.
- Shah, N. 2003. Yogurt: The product and its manufacture. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*: Academic Press, London.
- Shah, N. P. and Lankaputhra, W. E. 1997. Improving viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. in yogurt. *International Dairy Journal*, 7:5, 349-356.
- Silva, E. O. O. e., Nespolo, C. R., Sehn, C. P., Pinheiro, F. C. and Stefani, L. M. 2019. Lactic acid bacteria with antimicrobial, proteolytic and lipolytic activities isolated from ovine dairy products. *Food Science and Technology*:AHEAD.
- Singhal, N., Kumar, M., Kanaujia, P. K. and Viridi, J. S. 2015. MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Frontiers in microbiology*, 6, 791.
- Slocum, S., Jasinski, E. and Kilara, A. 1988. Processing variables affecting proteolysis in yogurt during incubation. *Journal of dairy science*, 71:3, 596-603.
- Smid, E. and Kleerebezem, M. 2014. Production of aroma compounds in lactic fermentations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 313-326.
- Sonbol, F., Abdel, A. A., El-Banna, T. and Al-Fakhrany, O. 2020. Antimicrobial activity of bacteriocins produced by *Enterococcus* isolates recovered from Egyptian homemade dairy products against some foodborne pathogens. *International microbiology: the official journal of the Spanish Society for Microbiology*.

- Soukoulis, C., Panagiotidis, P., Koureli, R. and Tzia, C. 2007. Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of Dairy Science*, 90:6, 2641-2654.
- Šušković, J., Kos, B., Beganović, J., Leboš Pavunc, A., Habjanič, K. and Matošić, S. 2010. Antimicrobial activity–the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*, 48:3, 296-307.
- Tabak, R. 1999. Ankara piyasasında tüketime sunulan kremalı ve çikolatalı pastaların hijyenik durumu üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans, Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 42 Sayfa, Edirne. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (84807).
- Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. 2007. *Tamime and Robinson's Yoghurt Science and Technology* (Third Edition). Woodhead Publishing Ltd., 791 Sayfa, England.
- Tatjana, K., Jolanta, S. and Pawel, G. 2017. Rheological and textural properties of yogurts enriched with Jerusalem artichoke flour. *Czech Journal of Food Sciences*, 35:5, 432-439.
- Tavakoli, M., Najafi, M. B. H. and Mohebbi, M. 2019. Effect of the milk fat content and starter culture selection on proteolysis and antioxidant activity of probiotic yogurt. *Heliyon*, 5:2, e01204.
- Temiz, H. and Dağyıldız, K. 2017. Effects of microbial transglutaminase on physicochemical, microbial and sensorial properties of kefir produced by using mixture cow's and soymilk. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37:4, 606.
- Temiz, H. and Tarakçı, Z. 2017. Composition of volatile aromatic compounds and minerals of tarhana enriched with cherry laurel (*Laurocerasus officinalis*). *Journal of Food Science and Technology*, 54:3, 735-742.
- Tirloni, E., Bernardi, C., Colombo, F. and Stella, S. 2015. Microbiological shelf life at different temperatures and fate of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* inoculated in unflavored and strawberry yogurts. *Journal of Dairy Science*, 98:7, 4318-4327.
- Tolu, A. 2019. Van ilinde farklı noktalarda satılan ev tipi yoğurtlar ile fabrikasyon yoğurtlar arasındaki fiziksel, kimyasal, duyuşsal ve mikrobiyolojik özelliklerin karşılaştırılması. Yüksek Lisans, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 96 Sayfa, Van. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (600770).
- Tunail, N. and El-Beyati, H. (1982). *Yoğurtlardan izole edilen kimi bakterilerin starter olarak seçilme olanakları üzerinde araştırmalar*. TOAG-414, Retrieved from Ankara: <https://trdizin.gov.tr>
- TÜİK (2020). Sanayi Ürünleri Yıllık Üretim ve Satış İstatistikleri, 2005 - 2018. Retrieved 31.02.2020, from Türkiye İstatistik Kurumu

- Türkoğlu, H., Atasoy, F. and Özer, B. 2003. Şanlıurfa ilinde üretilen ve satışa sunulan süt, yoğurt ve urfa peynirlerinin bazı kimyasal özellikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7:3-4, 69-76.
- Ustunol, Z. 2014. *Dairy Microbiology and Biochemistry*. CRC Press, 53-81.
- Uzunsoy, İ. 2018. Geleneksel yoğurt örneklerinden izole edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* suşlarının endüstriyel yoğurt üretimine uygunluğunun saptanarak starter kombinasyonlarının geliştirilmesi. Doktora, Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi, 176 Sayfa, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (509236).
- Ünsal, A. 2019. "Silivrim Kaymak" Türkiye'nin Yoğurtları (3. Baskı). Yapı Kredi Yayınları, 375 Sayfa, İstanbul.
- Vandenbergh, P. A. 1993. Lactic acid bacteria, their metabolic products and interference with microbial growth. *FEMS Microbiology Reviews*, 12:1-3, 221-237.
- Welman, A. D. and Maddox, I. S. 2003. Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: perspectives and challenges. *Trends in Biotechnology*, 21:6, 269-274.
- Xanthopoulos, V., Petridis, D., and Tzanetakis, N. (2001). Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains isolated from traditional Greek yogurts. *Journal of Food Science*, 66:5, 747-752.
- Xu, Z., Li, S., Gong, G., Liu, Z., Wu, Z. and Ma, C. 2015. Influence of different acidifying strains of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the quality of yoghurt. *Food Science and Technology Research*, 21:2, 263-269.
- Yaygın, H. (1979). *Yoğurtlardan İzole Edilen L. bulgaricus, Str. thermophilus Bakterilerinin Özellikleri ve Bunların Saf Kültür Halinde Üretilmesi Üzerinde Araştırmalar*. TÜBİTAK VHAG 364, Retrieved from Bornova, İzmir: <https://trdizin.gov.tr>
- Yaygın, H. 1999. *Yoğurt Teknolojisi*. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, 331 Sayfa, Antalya.
- Yaygın, H. and Mehanna, N. 1988. A comparative study on some volatile flavour components of yoghurt made from milk of different species. *Indian Journal of Dairy Science*, 41:4, 432-436.
- Yazdıç, F., Akyol, İ. and Yazdıç, F. C. 2020. Geleneksel Yoğurtlardan İzole Edilen *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* İzolatlarının Bazı Aroma Metabolitlerinin HPLC İle Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23:2, 479-492.
- Yıldız, F. 2016. *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*. CRC press,

- Yıldız, S. 2019. Yoğurt kaynaklı laktik asit bakterilerinin starter kültür ve ekzopolisakkarit üretim özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans, Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği, 81 Sayfa, Erzurum. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> database, (570323).
- Yüksekdağ, Z., Beyatlı, Y. and Aslim, B. 2004. Determination of some characteristics coccoid forms of lactic acid bacteria isolated from Turkish kefirs with natural probiotic. *LWT-Food Science and Technology*, 37:6, 663-667.
- Zhang, C., Stokes, J. and Taylor, A. 2008. The effects of high shear rheology on flavour perception. *Annu. Trans.-Nord. Rheol. Soc*, 16.
- Zhang, T., Jeong, C. H., Cheng, W. N., Bae, H., Seo, H. G., Petriello, M. C. and Han, S. G. 2019. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *LWT-Food Science and Technology*, 101, 276-284.
- Zhou, T., Huo, R., Kwok, L.-Y., Li, C., Ma, Y., Mi, Z. and Chen, Y. 2019. Effects of applying *Lactobacillus helveticus* H9 as adjunct starter culture in yogurt fermentation and storage. *Journal of Dairy Science*, 102:1, 223-235.

EKLER

EK 1 GELENEKSEL YOĞURTLARDA PROTEİN VE KURU MADDE İÇERİKLERİNİN VİSKOZİTE İLE İLİŞKİSİ

EK 2 GELENEKSEL YOĞURTLARDA PROTEİN VE KURU MADDE İÇERİKLERİNİN SERUM AYRILMASI İLE İLİŞKİSİ

EK 3 GELENEKSEL YOĞURTLARDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN İNDİKATÖR SUŞLAR ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU ÖRNEK İNHİBİSYON ZONLARI

EK 4 ÖRNEK BİR DUYUSAL ANALİZ DÜZENİ

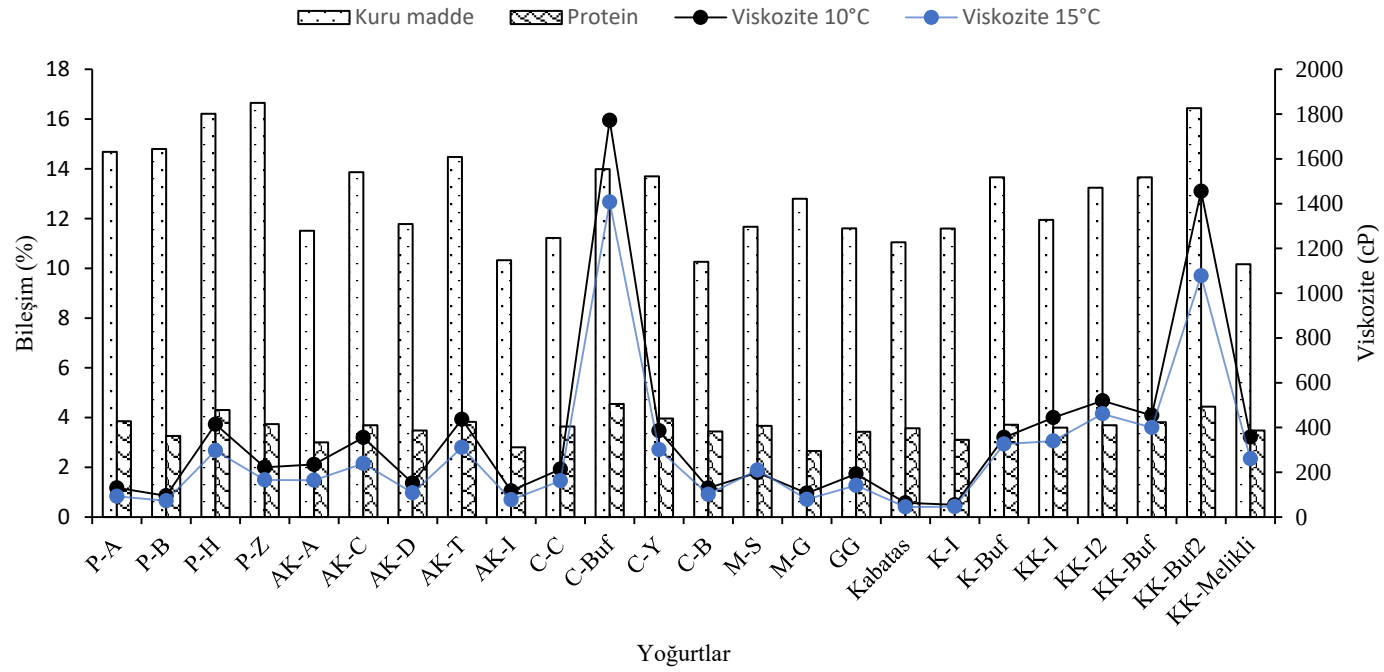
EK 5 İZOLE EDİLEN LAKTOBASİL SUŞLARI KULLANILARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

EK 6 YOĞURTLARDA ANALİZ EDİLEN PARAMETRELERE İLİŞKİN İSTATİSTİKSEL ÇİZELGELER

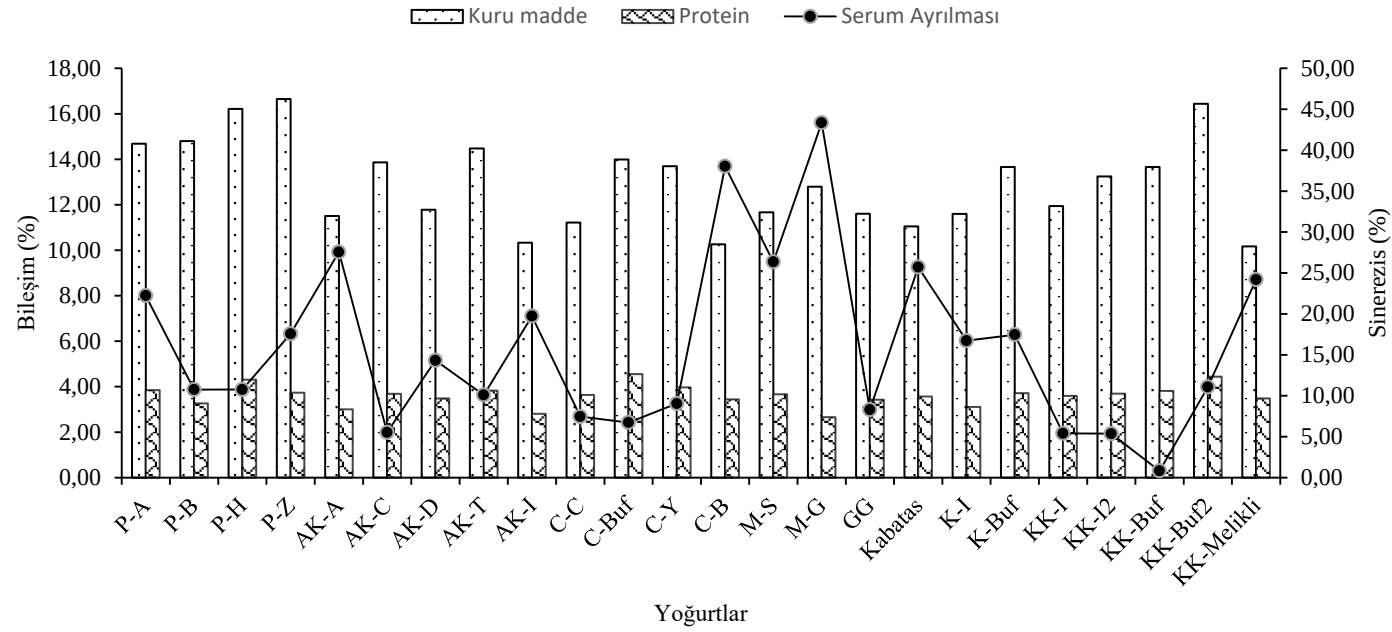
EK 7 YOĞURTTA TEMEL AROMA BİLEŞENLERİNE KONSANTRASYONLAR

EK 8 YOĞURTLARDA TESPİT EDİLEN TEMEL UÇUCU AROMA BİLEŞENLERİ MİKTARLARI (%)

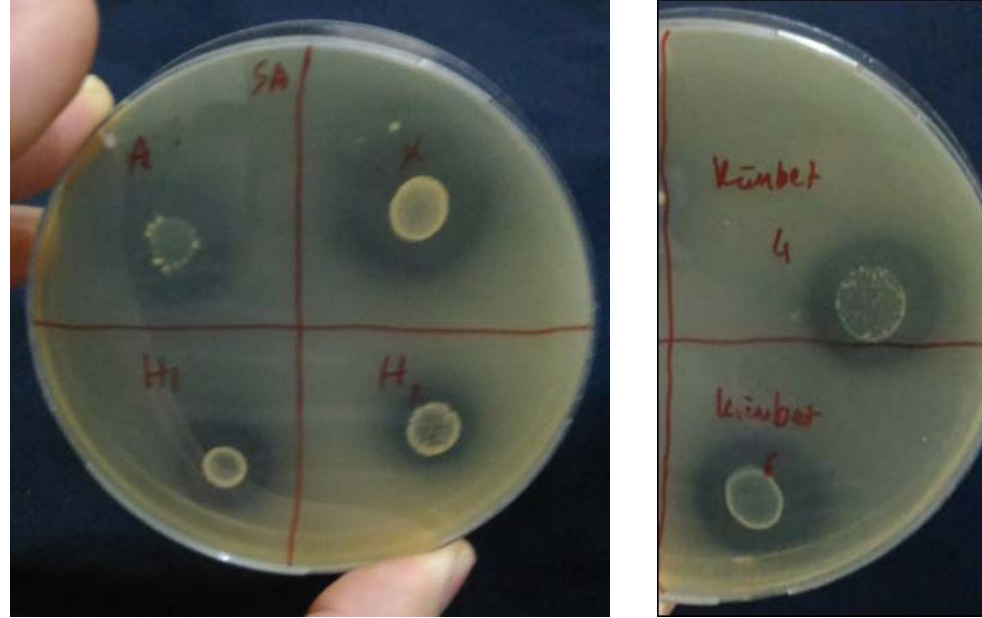
EK 1 GELENEKSEL YOĞURTLARDA PROTEİN VE KURU MADDE İÇERİKLERİNİN VİSKOZİTE İLE İLİŞKİSİ



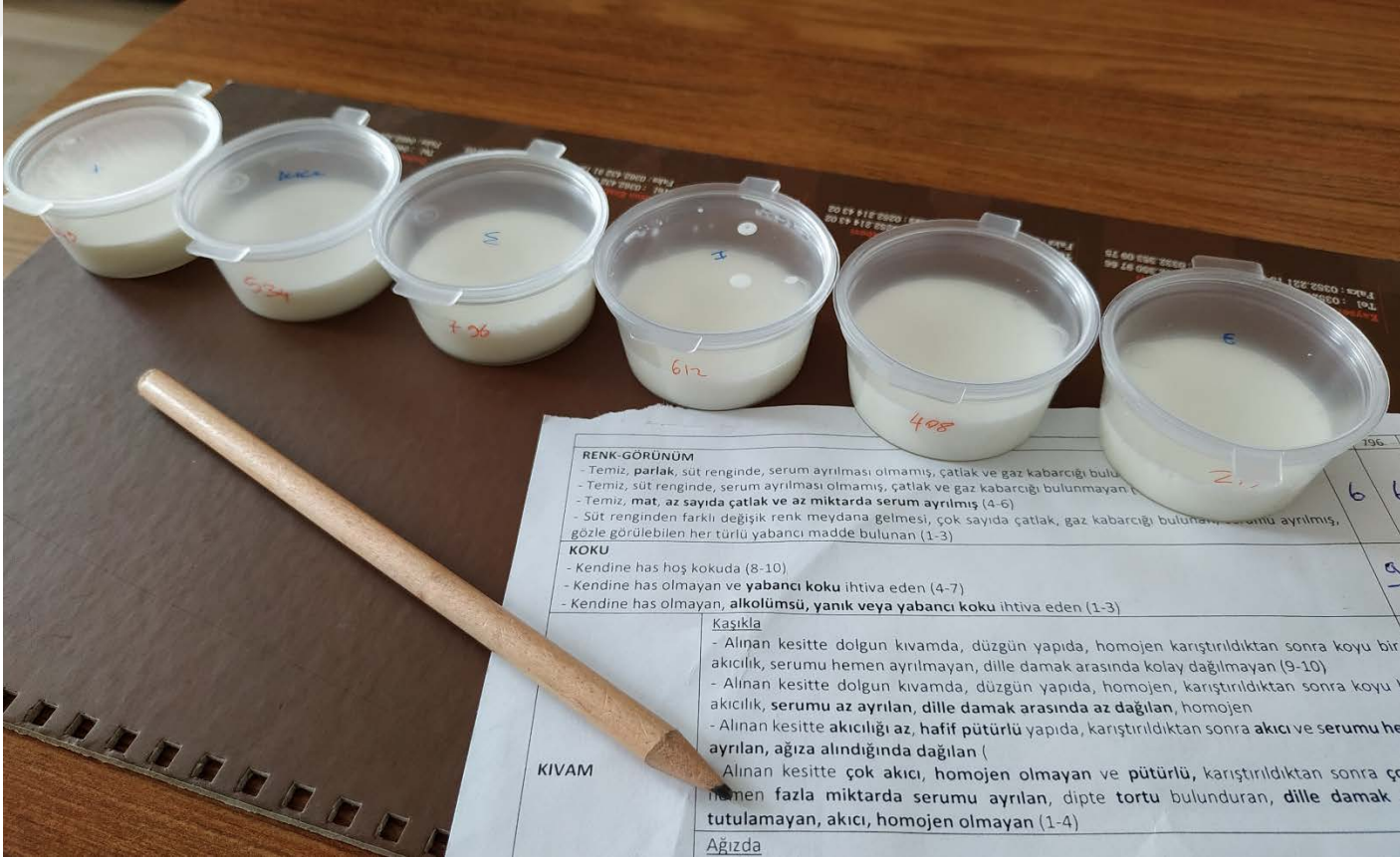
EK 2 GELENEKSEL YOĞURTLARDA PROTEİN VE KURU MADDE İÇERİKLERİNİN SERUM AYRILMASI İLE İLİŞKİSİ



**EK 3 GELENEKSEL YOĞURTLARDAN İZOLE EDİLEN BAKTERİLERİN İNDİKATÖR SUŞLAR ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU
ÖRNEK İNHİBİSYON ZONLARI**



EK 4 ÖRNEK BİR DUYUSAL ANALİZ DÜZENİ



EK 5 İZOLE EDİLEN LAKTOBASİL SUŞLARI KULLANILARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

		612	796	534	408	615	249
RENK-GÖRÜNÜM							
- Temiz, parlak, süt renginde, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı bulunmayan, homojen (9-10) - Temiz, süt renginde, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı bulunmayan (7-8) - Temiz, mat, az sayıda çatlak ve az miktarda serum ayrılmış (4-6) - Süt renginden farklı değişik renk meydana gelmesi, çok sayıda çatlak, gaz kabarcığı bulunan, serumu ayrılmış, gözle görülebilen her türlü yabancı madde bulunan (1-3)							
KOKU							
- Kendine has hoş kokuda (8-10) - Kendine has olmayan ve yabancı koku ihtiva eden (4-7) - Kendine has olmayan, alkolümsü, yanık veya yabancı koku ihtiva eden (1-3)							
KIVAM	Kaşıkla - Alınan kesitte dolgun kıvamda, düzgün yapıda, homojen karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılık, serumu hemen ayrılmayan, dille damak arasında kolay dağılmayan (9-10) - Alınan kesitte dolgun kıvamda, düzgün yapıda, homojen, karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılık, serumu az ayrılan, dille damak arasında az dağılan, homojen (7-8) - Alınan kesitte akıcılığı az, hafif pütürlü yapıda, karıştırıldıktan sonra akıcı ve serumu hemen ayrılan, ağıza alındığında dağılan (5-6) - Alınan kesitte çok akıcı, homojen olmayan ve pütürlü, karıştırıldıktan sonra çok akıcı hemen fazla miktarda serumu ayrılan, dipte tortu bulunduran, dille damak arasında tutulamayan, akıcı, homojen olmayan (1-4)						
	Ağızda - Dille damak arasında kolay dağılmayan dolgun yapıda ve homojen (9-10) - Dille damak arasında az dağılan dolgun yapıda ve homojen (7-8) - Ağıza alındığında dağılan, hafif pütürlü (5-6) - Dille damak arasında tutulamayan, akıcı, homojen olmayan, pütürlü yapıda (1-4)						
TAT-AROMA							
- Kendine has hafif ekşimsi tatta olan (9-10) - Hafif ekşimsi veya hafif tatlımsı (7-8) - Ekşimsi, hafif acımsı, hafif küfümsü, hafif sabunumsu veya hafif yanık tatta olan ve benzeri yabancı tat içeren (4-6) - Aşırı derecede ekşimsi, acımsı, küfümsü, sabunumsu yanık tatta olan ve benzeri yabancı tat içeren (1-3)							
GENEL KABULEDİLEBİLİRLİK (1-10)							

EK 6 YOĞURTLARDA ANALİZ EDİLEN PARAMETRELERE İLİŞKİN İSTATİSTİKSEL ÇİZELGELER

		ÇBX	ÇBH4	M6	EPSC2	LB	KKC2
Asitlik (%)	1. gün	0.96±0.01 ^{Aa}	1.01±0.02 ^{Aa}	0.98±0.03 ^{Aa}	1.01±0.01 ^{Aa}	0.97±0.02 ^{Aa}	1.02±0.01 ^{Aa}
	7. gün	1.09±0.02 ^{Aa}	1.10±0.08 ^{Aa}	1.10±0.12 ^{Aa}	1.14±0.21 ^{Aa}	1.14±0.10 ^{Aa}	1.11±0.06 ^{Aa}
	14. gün	1.08±0.16 ^{Aa}	1.10±0.00 ^{Aa}	1.12±0.13 ^{Aa}	1.13±0.08 ^{Aa}	1.16±0.14 ^{Aa}	1.15±0.04 ^{Aa}
	21. gün	1.14±0.08 ^{Aa}	1.12±0.06 ^{Aa}	1.14±0.13 ^{Aa}	1.14±0.04 ^{Aa}	1.17±0.04 ^{Aa}	1.14±0.07 ^{Aa}
pH	1. gün	4.11±0.11 ^{Aa}	4.07±0.07 ^{Aa}	4.11±0.16 ^{Aa}	4.02±0.11 ^{Aa}	4.11±0.10 ^{Aa}	4.06±0.13 ^{Aa}
	7. gün	3.94±0.12 ^{Aa}	4.00±0.06 ^{Aa}	4.00±0.18 ^{Aa}	3.93±0.13 ^{Aa}	3.99±0.11 ^{Aa}	3.92±0.09 ^{Aa}
	14. gün	4.11±0.08 ^{Aa}	4.05±0.01 ^{Aa}	4.05±0.11 ^{Aa}	4.01±0.13 ^{Aa}	4.00±0.06 ^{Aa}	4.02±0.06 ^{Aa}
	21. gün	3.94±0.17 ^{Aa}	4.05±0.04 ^{Aa}	3.96±0.22 ^{Aa}	3.96±0.12 ^{Aa}	3.97±0.16 ^{Aa}	3.95±0.09 ^{Aa}
Viskozite (cP)	1. gün	493.00±309.32 ^{Aa}	541.58±196.55 ^{Ba}	482.37±272.69 ^{Aa}	605.97±363.02 ^{Aa}	858.01±268.71 ^{Aa}	580.18±256.97 ^{Ba}
	7. gün	753.97±173.79 ^{Aa}	757.65±229.77 ^{ABa}	706.37±194.22 ^{Aa}	618.15±385.07 ^{Aa}	923.34±136.34 ^{Aa}	757.21±222.19 ^{ABa}
	14. gün	693.89±112.97 ^{Ab}	811.63±28.67 ^{Aab}	731.22±114.39 ^{Ab}	758.90±61.22 ^{Ab}	1192.56±158.54 ^{Aa}	770.06±5.25 ^{Ab}
	21. gün	728.33±109.20 ^{Ab}	783.71±119.74 ^{ABb}	697.33±88.53 ^{Ab}	719.73±66.88 ^{Ab}	1118.75±64.32 ^{Aa}	835.27±87.88 ^{Aab}
Sinerezis (%)	1. gün	46.83±0.35 ^{Aa}	44.08±1.85 ^{Aa}	43.14±0.79 ^{Aa}	43.99±1.30 ^{Aa}	43.35±0.40 ^{Aa}	45.48±0.91 ^{Aa}
	7. gün	44.84±1.48 ^{Aa}	45.79±2.09 ^{Aa}	45.00±0.03 ^{Aa}	44.49±1.20 ^{Aa}	44.91±0.36 ^{Aa}	43.40±1.31 ^{Aa}
	14. gün	45.23±2.83 ^{Aa}	43.55±0.54 ^{Aa}	43.00±1.50 ^{Aa}	43.28±3.10 ^{Aa}	42.84±2.39 ^{Aa}	43.35±0.24 ^{Aa}
	21. gün	45.18±2.29 ^{Aa}	45.30±2.31 ^{Aa}	45.00±2.32 ^{Aa}	45.38±0.88 ^{Aa}	42.58±1.78 ^{Aa}	46.07±1.15 ^{Aa}

Her bir parametre için aynı sütunda farklı büyük harflerle (A-B) gösterilen değerler dönemler arası farklılığı ve aynı satırda farklı küçük harflerle (a-b) gösterilen değerler kültürler arası farklılığı ifade etmektedir (p<0.05).

EK 6 (devam)

		ÇBX	ÇBH4	M6	EPSC2	LB	KKC2
	1. gün	8.37±0.10 ^{Aa}	8.52±0.09 ^{Aa}	8.46±0.03 ^{Aa}	8.19±0.53 ^{Aa}	8.19±0.21 ^{Aa}	8.43±0.08 ^{Aa}
Lactobacillus	7. gün	8.54±0.11 ^{Aa}	8.44±0.14 ^{Aa}	8.51±0.29 ^{Aa}	8.38±0.11 ^{Aa}	8.29±0.28 ^{Aa}	8.58±0.06 ^{Aa}
(log kob/g)	14. gün	8.37±0.13 ^{Aa}	8.40±0.13 ^{Aa}	8.38±0.39 ^{Aa}	8.27±0.16 ^{Aa}	8.26±0.31 ^{Aa}	8.52±0.01 ^{Aa}
	21. gün	8.28±0.26 ^{Aa}	7.83±0.35 ^{Aa}	7.96±0.72 ^{Aa}	7.78±0.05 ^{Aa}	8.11±0.45 ^{Aa}	8.39±0.04 ^{Aa}
	1. gün	6.66±1.36 ^{Aa}	7.39±0.57 ^{Aa}	6.29±1.82 ^{Aa}	7.36±0.77 ^{Aa}	7.24±1.90 ^{Aa}	6.97±1.26 ^{Aa}
Streptokok	7. gün	8.14±0.06 ^{Aa}	8.39±0.06 ^{Aa}	8.34±0.06 ^{Aa}	8.25±0.14 ^{Aa}	8.37±0.38 ^{Aa}	7.93±0.39 ^{Aa}
(log kob/g)	14. gün	8.05±0.06 ^{Aa}	7.94±0.08 ^{Aa}	7.87±0.69 ^{Aa}	7.90±0.12 ^{Aa}	8.01±0.25 ^{Aa}	8.19±0.04 ^{Aa}
	21. gün	7.21±0.66 ^{Aa}	7.31±0.52 ^{Aa}	7.29±0.78 ^{Aa}	7.41±0.78 ^{Aa}	6.83±0.52 ^{Aa}	7.38±0.60 ^{Aa}
	1. gün	8.11±0.30 ^{Aa}	8.24±0.50 ^{Aa}	8.34±0.06 ^{Aa}	8.01±0.35 ^{Aa}	7.31±0.83 ^{Aa}	7.91±0.56 ^{Aa}
TAMB	7. gün	8.52±0.13 ^{Aa}	8.42±0.21 ^{Aa}	8.47±0.33 ^{Aa}	8.34±0.08 ^{Aa}	7.86±0.21 ^{Aa}	8.39±0.17 ^{Aa}
(log kob/g)	14. gün	8.43±0.28 ^{Aa}	8.33±0.16 ^{Aa}	8.49±0.37 ^{Aa}	8.25±0.18 ^{Aa}	7.81±0.39 ^{Aa}	8.49±0.01 ^{Aa}
	21. gün	8.25±0.23 ^{Aa}	7.48±0.91 ^{Aa}	8.04±0.52 ^{Aa}	7.71±0.00 ^{Aa}	7.32±0.49 ^{Aa}	8.16±0.04 ^{Aa}

Her bir parametre için aynı sütunda farklı büyük harflerle (A-B) gösterilen değerler dönemler arası farklılığı ve aynı satırda farklı küçük harflerle (a-b) gösterilen değerler kültürler arası farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). TAMB: Toplam aerobik mezofilik bakteri, kob: koloni oluşturan birim.

EK 7 YOĞURTTA TEMEL AROMA BİLEŞENLERİNE AİT KONSANTRASYONLAR

		ÇBX	ÇBH4	M6	EPSC2	LB	KKC2
Asetaldehit (ppm)	1. gün	72.97±5.62 ^{ABab}	53.27±4.06 ^{Ab}	68.64±1.97 ^{ABab}	137.09±39.81 ^{Aa}	43.75±6.13 ^{Ab}	63.70±0.00 ^{ABab}
	7. gün	58.56±1.25 ^{ABb}	42.16±4.43 ^{Ab}	72.61±5.86 ^{Ab}	117.97±7.61 ^{ABa}	53.53±17.34 ^{Ab}	59.91±16.63 ^{Ab}
	14. gün	51.19±4.67 ^{BCb}	40.8±4.71 ^{Ab}	45.49±6.31 ^{BCb}	119.32±3.14 ^{Aa}	44.31±0.17 ^{Ab}	47.79±7.61 ^{Ab}
	21. gün	43.45±0.19 ^{Ca}	46.61±3.53 ^{Aa}	40.63±7.34 ^{Ca}	35.58±0.63 ^{Ba}	38.42±1.58 ^{Aa}	50.26±7.83 ^{Aa}
Aseton (ppm)	1. gün	0.28±0.06 ^{Ab}	0.13±0.06 ^{Ab}	0.21±0.05 ^{ABab}	1.15±0.58 ^{Aa}	0.24±0.15 ^{ABab}	0.09±0.00 ^{Ab}
	7. gün	0.22±0.04 ^{Ab}	0.11±0.05 ^{Ab}	0.56±0.29 ^{ABab}	1.48±0.27 ^{Aa}	0.52±0.49 ^{ABab}	0.42±0.44 ^{ABab}
	14. gün	0.30±0.03 ^{Ab}	0.07±0.03 ^{Ab}	0.24±0.18 ^{Ab}	1.16±0.12 ^{Aa}	0.28±0.05 ^{Ab}	0.28±0.25 ^{Ab}
	21. gün	0.19±0.21 ^{Aa}	0.13±0.06 ^{Aa}	0.21±0.08 ^{Aa}	0.25±0.05 ^{Aa}	0.13±0.03 ^{Aa}	0.27±0.18 ^{Aa}
Asetoin (ppm)	1. gün	1.38±0.00				0.45±0.00 ^A	
	7. gün	0.62±0.00 ^A		0.74±0.00 ^a	1.85±0.00 ^{Aa}	2.67±0.00 ^{Aa}	1.01±0.79 ^{Aa}
	14. gün			1.87±0.00 ^a		2.3±1.99 ^{Aa}	0.46±0.00 ^{Aa}
	21. gün	0.42±0.00 ^a			1.24±1.18 ^{Aa}		1.21±0.00 ^{Aa}
Diasetil (ppm)	1. gün	0.37±0.00 ^{Aa}	0.43±0.03 ^{Aa}	0.42±0.00 ^{Aa}	0.69±0.03 ^{Aa}	1.49±1.06 ^{Aa}	0.69±0.00 ^{Aa}
	7. gün	0.41±0.05 ^{Aa}	0.36±0.00 ^{Aa}	0.60±0.21 ^{Aa}	0.87±0.24 ^{Aa}	2.21±1.44 ^{Aa}	0.80±0.28 ^{Aa}
	14. gün	0.44±0.08 ^{Aa}			0.61±0.11 ^{Aa}	2.83±2.89 ^{Aa}	0.79±0.32 ^{Aa}
	21. gün	0.37±0.00 ^{Aa}	0.36±0.00 ^{Aa}	0.46±0.00 ^{Aa}	0.41±0.04 ^{Aa}	1.66±1.73 ^{Aa}	0.81±0.00 ^{Aa}
Bütirik Asit (ppm)	1. gün	0.96±0.00 ^{Ab}		1.28±0.00 ^{ab}	1.56±0.03 ^{ABab}	1.93±0.00 ^{Aa}	
	7. gün	2.19±0.00 ^{Aa}	0.63±0.00 ^a	2.32±0.00 ^a	1.88±2.23 ^{Aa}	1.24±0.00 ^{Aa}	1.16±0.00 ^{Aa}
	14. gün	0.63±0.00 ^{Ab}		1.19±0.00 ^b	3.14±0.02 ^{Aa}	0.84±0.16 ^{Ab}	1.61±0.00 ^{Ab}
	21. gün	1.33±0.13 ^{Aa}	0.60±0.00 ^a			0.54±0.00 ^{Aa}	0.86±0.09 ^{Aa}

EK 8 YOĞURTLARDA TESPİT EDİLEN TEMEL UÇUCU AROMA BİLEŞENLERİ MİKTARLARI (%)

Yoğurt Çeşidi	Depolama			
ÇBX	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
<i>Asitler</i>				
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	7.78±0.66	10.76±2.65	7.39±0.31	7.55±0.91
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	17.35±4.41	23.99±0.00	14.37±2.26	13.33±0.35
Nonanoik asit (CAS) Nonoik asit	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	16.09±0.00
Dekanoik asit (CAS) Kaprik asit	61.19±5.43	61.37±15.27	71.98±3.98	62.18±10.92
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	0.67±0.00	1.95±0.00	0.37±0.00	1.15±0.12
<i>Alkoller</i>				
Etanol	0.35±0.37	0.36±0.00	0.24±0.25	0.40±0.00
1-Bütanol (CAS) n-Bütanol	0.00±0.00	0.23±0.15	0.14±0.08	0.30±0.27
<i>Karboniller</i>				
Hegzan (CAS) n-Hegzan	0.01±0.00	0.66±0.00	0.25±0.05	0.33±0.00
Asetaldehit (CAS) Etanal	1.92±0.59	2.07±1.10	1.21±0.20	1.05±0.02
2-Propanon (CAS) Aseton	0.52±0.17	0.61±0.27	0.48±0.01	0.40±0.16
2-Pentanon (CAS) Metil propil keton	0.13±0.00	0.18±0.01	0.20±0.00	0.16±0.00
2,3-Bütanedion (CAS) Diasetil	0.10±0.00	0.21±0.04	0.19±0.10	0.12±0.00
2,3-Pentandion (CAS) 2,3-Pentadion	0.55±0.45	0.66±0.25	0.48±0.41	0.51±0.45
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	2.23±0.54	2.37±0.15	0.40±0.09	0.99±0.27
2-Bütanon 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	0.44±0.00	0.13±0.00	0.00±0.00	0.05±0.00
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

EK 8 (devam)

Yoğurt Çeşidi ÇBH4	Depolama			
	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
<i>Asitler</i>				
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	8.82±4.67	8.89±3.29	6.56±1.66	8.62±1.24
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	20.13±8.08	18.57±7.44	14.54±2.78	16.90±1.48
Nonanoik asit (CAS) Nonoik asit	4.72±6.43	0.00±0.00	0.20±0.00	0.00±0.00
Dekanoik asit (CAS) Kaprik asit	52.20±6.32	60.92±22.21	91.10±0.00	64.83±0.88
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	0.00±0.00	0.66±0.00	0.00±0.00	0.39±0.00
<i>Alkoller</i>				
Etanol	0.38±0.00	0.17±0.00	0.33±0.00	0.30±0.00
1-Bütanol (CAS) n-Bütanol	0.00±0.00	0.16±0.00	0.00±0.00	0.12±0.00
<i>Karboniller</i>				
Hegzan (CAS) n-Hegzan	0.62±0.05	0.53±0.56	0.28±0.00	0.20±0.09
Asetaldehit (CAS) Etanal	2.31±1.18	1.44±0.37	1.08±0.01	1.31±0.18
2-Propanon (CAS) Aseton	0.60±0.19	0.49±0.23	0.34±0.06	0.41±0.08
2-Pentanon (CAS) Metil propil keton	0.19±0.00	0.14±0.00	0.00±0.00	0.13±0.00
2,3-Bütanedion (CAS) Diasetil	0.31±0.07	0.19±0.00	0.00±0.00	0.13±0.00
2,3-Pentandion (CAS) 2,3-Pentadion	0.96±0.09	0.33±0.33	0.16±0.00	0.41±0.27
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	1.83±0.27	0.68±0.00	0.01±0.00	0.62±0.00
2-Bütanon 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	0.48±0.00	0.00±0.00	0.28±0.00	0.35±0.00

EK 8 (devam)

Yoğurt Çeşidi	Depolama			
	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
<i>Asitler</i>				
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	7.12±0.50	24.43±19.97	11.38±3.37	10.30±5.38
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	13.90±1.32	20.39±0.00	18.07±1.06	20.59±11.60
Nonanoik asit (CAS) Nonoik asit	0.00±0.00	0.00±0.00	14.54±9.92	12.14±0.00
Dekanoik asit (CAS) Kaprik asit	74.26±2.39	57.94±0.00	46.8±4.51	57.78±8.91
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	1.07±0.00	2.10±0.00	1.15±0.00	0.00±0.00
<i>Alkoller</i>				
Etanol	0.30±0.00	0.56±0.05	0.29±0.00	0.41±0.00
1-Bütanol (CAS) n-Bütanol	0.00±0.00	0.58±0.34	0.00±0.00	0.10±0.00
<i>Karboniller</i>				
Hegzan (CAS) n-Hegzan	0.02±0.00	1.86±2.43	0.13±0.00	0.09±0.09
Asetaldehit (CAS) Etanal	1.64±0.06	5.75±5.95	1.39±0.01	1.30±0.53
2-Propanon (CAS) Aseton	0.41±0.05	4.70±0.00	0.64±0.00	0.55±0.24
2-Pentanon (CAS) Metil propil keton	0.19±0.06	1.34±1.58	0.00±0.00	0.14±0.00
2,3-Bütanedion (CAS) Diasetil	0.17±0.00	1.51±1.87	0.00±0.00	0.18±0.00
2,3-Pentandion (CAS) 2,3-Pentadion	0.51±0.01	5.50±6.62	1.14±0.00	0.76±0.00
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	0.33±0.00	8.12±7.75	4.51±0.00	0.57±0.00
2-Bütanon 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	0.00±0.00	0.18±0.00	0.82±0.00	0.00±0.00
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	0.36±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

EK 8 (devam)

Yoğurt Çeşidi	Depolama			
	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
<i>Asitler</i>				
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	10.53±7.11	15.21±2.78	14.04±1.23	28.48±10.64
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	14.13±8.93	17.17±0.75	20.45±1.05	0.00±0.00
Nonanoik asit (CAS) Nonoik asit	3.84±3.05	0.00±0.00	14.36±0.00	0.00±0.00
Dekanoik asit (CAS) Kaprik asit	18.19±4.31	36.07±9.62	34.07±2.64	0.00±0.00
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	1.08±0.73	3.18±0.99	2.71±0.69	0.00±0.00
<i>Alkoller</i>				
Etanol	0.29±0.06	0.55±0.54	0.54±0.00	1.88±0.00
1-Bütanol (CAS) n-Bütanol	0.00±0.00	0.69±0.71	0.35±0.40	1.59±1.47
<i>Karboniller</i>				
Hegzan (CAS) n-Hegzan	0.80±0.76	1.21±0.84	0.64±0.74	0.94±0.29
Asetaldehit (CAS) Etanal	2.76±2.40	3.20±0.11	2.46±0.55	2.94±0.80
2-Propanon (CAS) Aseton	1.02±0.96	1.64±0.30	1.03±0.34	1.58±0.60
2-Pentanon (CAS) Metil propil keton	0.34±0.31	0.64±0.24	0.35±0.12	0.80±0.26
2,3-Bütanedion (CAS) Diasetil	0.36±0.26	0.74±0.28	0.31±0.02	0.57±0.31
2,3-Pentandion (CAS) 2,3-Pentadion	1.10±0.33	2.65±1.89	1.24±0.70	4.07±3.36
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	2.03±1.73	2.19±0.37	2.12±0.26	8.76±0.23
2-Bütanon 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	0.00±0.00	0.77±0.00	0.00±0.00	1.72±2.27
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	1.15±0.84	1.27±0.60	1.07±0.00	1.09±0.00

EK 8 (devam)

Yoğurt Çeşidi	Depolama			
LB	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
<i>Asitler</i>				
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	7.09±3.64	8.06±2.43	7.21±1.19	6.55±0.09
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	13.68±4.68	14.32±0.16	15.32±1.76	14.12±0.81
Nonanoik asit (CAS) Nonoik asit	9.99±6.36	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Dekanoik asit (CAS) Kaprik asit	58.94±9.32	62.56±9.89	60.33±2.87	71.04±2.72
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	1.82±0.00	0.78±0.00	0.49±0.12	0.23±0.00
<i>Alkoller</i>				
Etanol	0.33±0.00	0.53±0.00	0.20±0.19	0.17±0.00
1-Bütanol (CAS) n-Bütanol	0.00±0.00	0.23±0.00	0.25±0.00	0.05±0.00
<i>Karboniller</i>				
Hegzan (CAS) n-Hegzan	0.06±0.03	0.30±0.26	0.34±0.00	0.27±0.00
Asetaldehit (CAS) Etanal	0.97±0.27	1.02±0.23	0.87±0.04	0.86±0.02
2-Propanon (CAS) Aseton	0.41±0.17	0.52±0.27	0.39±0.05	0.32±0.05
2-Pentanon (CAS) Metil propil keton	0.18±0.00	0.27±0.00	0.12±0.00	0.00±0.00
2,3-Bütanedion (CAS) Diasetil	1.16±0.89	1.79±1.47	2.24±2.48	1.36±1.67
2,3-Pentandion (CAS) 2,3-Pentadion	1.56±0.03	2.99±0.64	3.57±2.69	1.53±1.66
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	0.00±0.00	2.76±3.07	2.86±0.18	0.49±0.00
2-Bütanon 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	0.06±0.00	0.80±0.00	0.72±0.70	0.00±0.00
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	0.76±0.37	1.20±0.00	0.98±0.00	0.00±0.00

EK 8 (devam)

Yoğurt Çeşidi	Depolama			
	1. gün	7. gün	14. gün	21. gün
<i>Asitler</i>				
Hegzanoik asit (CAS) n-Hegzanoik asit	8.16±1.85	7.54±0.97	5.57±2.82	0.00±0.00
Oktanoik asit (CAS) Kaprilik asit	15.37±5.52	13.71±3.18	17.76±3.67	8.16±1.85
Nonanoik asit (CAS) Nonoik asit	66.52±4.84	0.00±0.00	0.00±0.00	15.37±5.52
Dekanoik asit (CAS) Kaprik asit	0.00±0.00	67.55±3.37	53.65±2.64	66.52±4.84
Bütanoik asit (CAS) n-Bütirik asit	0.65±0.00	0.82±0.24	1.55±0.00	0.00±0.00
<i>Alkoller</i>				
Etanol	0.18±0.15	0.21±0.20	0.24±0.06	0.18±0.15
1-Bütanol (CAS) n-Bütanol	0.00±0.00	0.15±0.00	0.31±0.00	0.00±0.00
<i>Karboniller</i>				
Hegzan (CAS) n-Hegzan	0.36±0.41	0.07±0.00	0.57±0.00	0.36±0.41
Asetaldehit (CAS) Etanal	2.03±0.18	1.55±0.48	1.64±0.78	2.03±0.18
2-Propanon (CAS) Aseton	0.48±0.04	0.42±0.11	0.71±0.50	0.48±0.04
2-Pentanon (CAS) Metil propil keton	0.15±0.00	0.12±0.04	0.27±0.26	0.15±0.00
2,3-Bütanedion (CAS) Diasetil	0.42±0.32	0.52±0.46	0.72±0.22	0.42±0.32
2,3-Pentandion (CAS) 2,3-Pentadion	1.57±0.40	1.64±0.50	2.67±1.23	1.57±0.40
2-Heptanon (CAS) Heptan-2-on	1.83±2.10	2.37±1.35	4.06±0.00	1.83±2.10
2-Bütanon 3-hidroksi- (CAS) Asetoin	0.00±0.00	0.14±0.10	0.12±0.00	0.21±0.00
2-Nonanon (CAS) Metil heptil keton	0.93±0.00	0.76±0.23	1.21±0.00	0.33±0.46

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı: Ömer Faruk ÇELİK

Doğum Yılı: 1985

İletişim Bilgileri: ofarukcelik@gmail.com; ofarukcelik@odu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6105-4825

Researcher ID: V-4099-2017

Scopus Author Identifier: 56044778900

Öğrenim Bilgileri

Lisans: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2003-2007)

Yüksek Lisans: University of Minnesota, Department of Food Science (2009-2013)

Yaptığı Görevler

Araştırma Görevlisi: Ordu Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2014- Devam ediyor)

Makaleler

Celik, O. F., Temiz, H. Traditional yogurt dilemma; rich flavor vs. microbial safety: An investigation on Volatile Aroma Profiles, Chemical and Microbiological Qualities of Traditional Yogurts. *Journal of Central European Agriculture*, (Kabul edildi)

Çelik, Ö. F. and Tunçil, Y. E. 2020. Antioxidant activity, total phenolic and saponin contents of different colored quinoa seeds as affected by washing process. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13:1, 11-24.

Küçük, G. S., **Çelik, Ö. F.**, Mazi, B. G. and Türe, H. 2020. Evaluation of alginate and zein films as a carrier of natamycin to increase the shelf life of kashar cheese. *Packaging Technology and Science*, 33:1, 39-48.

Celik, O. F., Demirkol, M., Durmus, Y. and Tarakci, Z. 2020. Effects of drying method on the phenolics content and antioxidant activities of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14:1, 48-54.

Tunçil, Y. E. and **Çelik, Ö. F.** 2019. Total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) having different coat color. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8:1, 113-120

Celem, E., **Celik, O.** and Tarakci, Z. 2018. The effects of ripening on some physicochemical and microbiological characteristics of Çökelek cheeses: A market survey of fresh and skin-ripened Çökelek. *Journal of Central European Agriculture*, 19:2, 335-348.

Celik, O. F., Kurt, S., Tufenk, B. and Tarakci, Z. 2018. Efficacy of starter culture application using immersion technique on the characteristics of cooked-curd cheeses: Kashar cheese sample. *LWT*, 96, 222-227.

Celik, O. F. and Tarakci, Z. 2017. The effects of starter cultures on chemical, biochemical and sensory properties of low-fat Tulum cheeses during ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 70:4, 583-591.

Küçük, G. S., **Çelik, Ö. F.** and Türe, H. 2017. Yenilebilir aljinat ve zein filmlerin gıda ambalajlamasında kullanımı. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7:2, 295-311.

Demirkol, M., **Çelik, Ö. F.** and Tarakçı, Z. 2017. Ordu İlinde Yetişen Sakarca (*Ornithogalum umbellatum*) Bitkisinin Antibakteriyel Aktivitesi ve Toplam Fenolik Madde İçeriği. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7:2, 312-318.

Tarakçı, Z., Karaağaç, M. and **Çelik, Ö. F.** 2015. Ordu il merkezindeki tüketicilerin fermente süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4:2, 71-80

Celik, O. and O'Sullivan, D. J. 2013. Factors influencing the stability of freeze-dried stress-resilient and stress-sensitive strains of bifidobacteria. *Journal of Dairy Science*, 96:6, 3506-3516.