



T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEFİR ÜRETİMİNDE β -GLUKAN ve TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ KULLANIMININ ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ayten Seçil ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAYVANSAL ÜRÜNLER HİJYEN ve TEKNOLOJİSİ
(DİSİPLİNERARASI) ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi İlhan GÜN

BURDUR-2019

T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KEFİR ÜRETİMİNDE β -GLUKAN ve TRANSGLUTAMİNAZ
ENZİMİ KULLANIMININ ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Ayten Seçil ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAYVANSAL ÜRÜNLER HİJYEN ve TEKNOLOJİSİ
(DİSİPLİNERARASI) ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi İlhan GÜN

Bu Araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 0433-YL- 17 proje numarası ile desteklenmiştir.

BURDUR-2019

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ayten Seçil ARSLAN tarafından *Dr.Öğretim Üyesi İlhan GÜN* yönetiminde hazırlanan “**Kefir Üretiminde β -Glukan ve Transglutaminaz Enzimi Kullanımının Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi**”başlıklı tez çalışması jüri üyeleri olarak tarafımızdan okunmuş; kapsamı ve niteliği açısından Hayvansal Ürünler Hijyen ve Teknolojisi Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak oy birliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi 15/03/2019


Doc. Dr. Tuğba Kök TAŞ
Süleyman Demirel Üniversitesi
Başkan


Prof. Dr. Seval Sevgi KIRDAR
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Jüri


Dr. Öğr. Üyesi İlhan GÜN
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Jüri

ONAY

Bu tez, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu **05.04.2019** Tarih ve **12**... sayılı kararı ile kabul edilmiştir


Prof. Dr. Doğa TEMİZSOYLU
Müdür
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



TEŞEKKÜR

2009 yılından bu yana eğitim hayatıma büyük katkısı olan, aynı zamanda tez çalışmamın yürütülmesini sağlayan, her türlü bilgi ve deneyimini benimle paylaşan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi İlhan GÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Her daim laboratuvar çalışmalarında maddi-manevi desteğini esirgemeyen Çavuşoğulları Süt ve Gıda işletmesi çalışanlarına ve işletme sahibi, sevgili dayım Ramazan Ürküt'e şükranlarımı sunarım. Laboratuvar çalışmalarımın yürütülmesinde desteğini esirgemeyen Süt Ofis işletmesi çalışanlarına teşekkür ederim. Hayatım boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen, her daim arkamda olan, özellikle laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan sevgili annem Gönül Arslan ve sevgili babam Şevket Arslan'a, bu süreçte beni yalnız bırakmayan ve sabırla bekleyen başta sevgili kardeşim Zülal Arslan'a, tüm akraba, dost ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim. 0433-YL-17 numaralı proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi yetkililerine teşekkür ederim.

Ayten Seçil ARSLAN

Gıda Mühendisi

ETİK BEYAN

“Kefir Üretiminde β -Glukan ve Transglutaminaz Enzimi Kullanımının Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi” başlıklı tez çalışmamdaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Dr. Öğretim Üyesi İlhan GÜN danışmanlığında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

Ayten Seçil ARSLAN

15.03.2019

İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK SAYFASI.....	i
KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR	iii
ETİK BEYAN.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER	viii
TABLolar	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Kefir Danesi ve Kefirin Genel Özellikleri	5
2.1.1. Kefirin Genel Bileşimi ve Özellikleri	5
2.1.2. Kefirin Besin Değeri	10
2.2. Kefirin Sağlık Üzerine Etkisi.....	14
2.2.1. Antimikrobiyal Etki.....	16
2.2.2. Antikanserojen Etki.....	17
2.2.3. İmmunmodölatör ve Anti-inflamatuar Etki	19
2.2.4. Bağışıklık Sistemine Etkisi.....	20
2.2.5. Hipokolesterolemik Etki.....	21
2.2.6. Kan Şekerini Düzenleyici Etki.....	22
2.2.7. Antialerjik Etki	23
2.2.8. Kan Basıncı Üzerine Etki.....	23
2.3. Besinsel Lif ve Özellikleri	23
2.3.1. Süt ve Ürünlerinde β -Glukan Kullanımı	30
2.4. Enzim Preparatlarının Gıda Endüstrisinde Kullanımı	37
2.4.1. Süt Ürünlerinde mTG Kullanımı	42
2.4.1.1. Yoğurt	42
2.4.1.2. Ayran.....	46
2.4.1.3. Peynir-Peyniraltı Suyu	47
2.4.1.4. Dondurma	50
2.4.1.5. Kefir.....	53
3. GEREÇ VE YÖNTEM	56
3.1. Gereç.....	56
3.1.1. Kefir Üretimde Kullanılan Süt	56
3.1.2. Kefir Üretiminde Kullanılan β -Glukan	56
3.1.3. Kefir Üretiminde Kullanılan Transglutaminaz Enzimi	56
3.1.4. Kefir Üretimi	57
3.2. Yöntem	59
3.2.1. Çiğ Sütte Yapılan Analizler	59
3.2.1.1. Titrasyon Asitliği.....	59
3.2.1.2. pH	59
3.2.1.3. Toplam Kuru Madde Tayini	59
3.2.1.4. Yağ Tayini.....	60
3.2.1.5. Özgül Ağırlık Tayini	60

3.2.1.6. Antibiyotik Testi.....	60
3.2.1.7. Toplam Azot Tayini	61
3.2.1.8. Protein Tayini	61
3.2.2. Kefir örneklerinde yapılan analizler	61
3.2.2.1. pH	61
3.2.2.2. Titrasyon asitliği (% Laktik asit).....	62
3.2.2.3. Kuru Madde Tayini	62
3.2.2.4. Yağ Tayini.....	62
3.2.2.5. Kül İçeriği	62
3.2.2.6. Toplam Azot Tayini	63
3.2.2.7. Protein Tayini	63
3.2.2.8. Viskozite	63
3.2.2.9. Karbondioksit Miktarı.....	63
3.2.2.10. Tirozin Miktarı Tayini.....	64
3.2.2.11. Su aktivitesi.....	65
3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler	65
3.2.3.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri	65
3.2.3.2. <i>Lactobacillus</i> spp. İçeriği	65
3.2.3.3. <i>Lactococcus</i> spp. İçeriği	65
3.2.3.4. <i>L. acidophilus</i> İçeriği	65
3.2.3.5. <i>Bifidobacterium</i> spp. İçeriği.....	66
3.2.3.6. Maya Sayımı	66
3.2.4. Uçucu Aroma Bileşeni Kompozisyonunun Belirlenmesi.....	66
3.2.5. Duyusal Değerlendirme	67
3.2.6. İstatistiksel Analiz.....	69
4. BULGULAR.....	70
4.1. Kefir Üretiminde Kullanılan Çiğ Sütün Özellikleri	70
4.2. Kefir Örneklerinin Kimyasal ve Biyokimyasal Özellikleri	70
4.2.1. Titrasyon Asitliği.....	70
4.2.2. pH.....	71
4.2.3. Kuru madde.....	72
4.2.4. Yağ.....	73
4.2.5. Kül Miktarı.....	74
4.2.6. Toplam Azot	75
4.2.7. Protein.....	76
4.2.8. Viskozite.....	77
4.2.9. Karbondioksit Miktarı	78
4.2.10. Tirozin.....	79
4.2.11. Su Aktivitesi.....	80
4.3. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	81
4.3.1. Kefir Örneklerinin Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri İçeriği	81
4.3.2. Kefir Örneklerinin <i>Lactobacillus</i> spp. İçeriği.....	81
4.3.3. Kefir Örneklerinin <i>Lactococcus</i> spp. İçeriği	82
4.3.4. Kefir Örneklerinin <i>L. acidophilus</i> İçeriği.....	83
4.3.5. Kefir Örneklerinin <i>Bifidobacterium</i> spp. İçeriği.....	84
4.3.6. Kefir Örneklerinin Maya İçeriği	85
4.4. Uçucu Aroma Bileşeni Kompozisyonu	85
4.4.1. Alkoller	86

4.4.2. Aldehitler	97
4.4.3. Ketonlar	102
4.4.4. Karboksilik Asitler	108
4.4.5. Esterler.....	116
4.4.6. Terpenler	122
4.5. Kefir Örneklerinin Duyusal Özellikleri	125
5. TARTIŞMA	137
5.1. Çiğ Sütün Özellikleri.....	137
5.2. Titrasyon Asitliği (% Laktik Asit).....	137
5.3. pH.....	139
5.4. Kuru madde	141
5.5. Yağ	142
5.6. Kül Miktarı	144
5.7. Toplam Azot.....	144
5.8. Protein	145
5.9. Viskozite	146
5.10. Karbondioksit Miktarı.....	147
5.11. Tirozin	149
5.12. Su Aktivitesi	150
5.13. Mikrobiyolojik Analizler	150
5.13.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı	150
5.13.2. Kefir Örneklerinin <i>Lactobacillus</i> spp. İçeriği	151
5.13.3. Kefir Örneklerinin <i>Lactococcus</i> spp. İçeriği	151
5.13.4. Kefir Örneklerinin <i>L. acidophilus</i> İçeriği.....	152
5.13.5. Kefir Örneklerinin <i>Bifidobacterium</i> spp. İçeriği.....	153
5.13.6. Kefir Örneklerinin Maya İçeriği.....	154
5.14. Uçucu Aroma Bileşeni Kompozisyonu	154
5.15. Duyusal Değerlendirme Sonuçları	157
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	159
KAYNAKLAR	160

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Yulaf bitkisinde β -glukan yapısı-1	27
Şekil 2.2. Yulaf bitkisinde β -glukan yapısı-2	27
Şekil 2.3. β -glukanın kimyasal yapısı	27
Şekil 2.4. Mikrobiyal TG ile glutamine ve lisin çapraz bağlanma	39
Şekil 2.5. Mikrobiyal TG katolizörlüğü ile oluşan protein modifikasyonları (1) amin varlığında değişim (2) çapraz bağlanma (3) deamidasyon	39
Şekil 3.1. Kefir üretimi akış şeması	58

TABLÖLAR

Tablo 2.1. Kefir mikrobiotasında yer alan mikroorganizmalar	7
Tablo 2.2. Kefirin sınıflandırılması ve özellikleri	8
Tablo 2.3. Kefirin genel bileşimi	12
Tablo 2.4. Probiyotiklerin temel etki mekanizması	15
Tablo 2.5. Besinsel liflerin sınıflandırılması	25
Tablo 2.6. Mikrobiyal TG'nin süt ürünlerindeki etkileri	41
Tablo 3.1. Mikrobiyal TG enziminin bazı özellikleri	57
Tablo 3.2. Kefir örneklerinin görünüş ve tekstür üzerinden duyuşal değerdendirme formu	68
Tablo 3.3. Kefir örneklerinin koku üzerinden duyuşal değerdendirme formu	68
Tablo 3.4. Kefir örneklerinin tat üzerinden duyuşal değerdendirme formu	69
Tablo 4.1. Kefir üretiminde kullanılan çiğ sütlerin bazı özellikleri	70
Tablo 4.2. Kefir örneklerinin titrasyon asitliğı değerdleri (%)	71
Tablo 4.3. Kefir örneklerinin pH değerdleri	72
Tablo 4.4. Kefir örneklerinin kuru madde içerdikleri (%)	73
Tablo 4.5. Kefir örneklerinin yağ oranları (%)	74
Tablo 4.6. Kefir örneklerinin kül miktarı (%)	75
Tablo 4.7. Kefir örneklerinin toplam azot içerdikleri (%)	76
Tablo 4.8. Kefir örneklerinin protein içerdikleri (%)	77
Tablo 4.9. Kefir örneklerinin viskozite değerdleri (cP)	78
Tablo 4.10. Kefir örneklerinin karbondioksit içerdikleri	79
Tablo 4.11. Kefir örneklerinin tirozin değerdleri (mg/kg)	80
Tablo 4.12. Kefir örneklerinin su aktivitesi değerdleri (a_w)	80
Tablo 4.13. Kefir örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri içeriğı (log kob/mL)	81
Tablo 4.14. Kefir örneklerinin <i>Lactobacillus</i> spp. içeriğı (log kob/mL)	82
Tablo 4.15. Kefir örneklerinin <i>Lactococcus</i> spp. içeriğı (log kob/mL)	83
Tablo 4.16. Kefir örneklerinin <i>L. acidophilus</i> içeriğı (log kob/mL)	84
Tablo 4.17. Kefir örneklerinin <i>Bifidobacterium</i> spp. içeriğı (log kob/mL)	84
Tablo 4.18. Kefir örneklerinin maya içeriğı (log kob/mL)	85
Tablo 4.19. Kefir örneklerinin etanol miktarı (μ g/L)	87
Tablo 4.20. Kefir örneklerinin 3-metil 1-butanol miktarları (μ g/L)	88
Tablo 4.21. Kefir örneklerinin tridekanol miktarları (μ g/L)	88

Tablo 4.22. Kefir örneklerinin 2-undekanol miktarları (µg/L)	89
Tablo 4.23. Kefir örneklerinin nonanol miktarları (µg/L)	90
Tablo 4.24. Kefir örneklerinin dekanol miktarları (µg/L)	91
Tablo 4.25. Kefir örneklerinin 1-dodekanol miktarları (µg/L)	92
Tablo 4.26. Kefir örneklerinin 2 heptanol miktarları (µg/L)	93
Tablo 4.27. Kefir örneklerinin 2-etilhekzanol miktarları (µg/L)	94
Tablo 4.28. Kefir örneklerinin oktanol miktarları (µg/L)	95
Tablo 4.29. Kefir örneklerinin dodekanol miktarları (µg/L)	96
Tablo 4.30. Kefir örneklerinin nonan-2-ol miktarları (µg/L)	97
Tablo 4.31. Kefir örneklerinin asetaldehit miktarları (µg/L)	98
Tablo 4.32. Kefir örneklerinin hekzanol miktarları (µg/L)	99
Tablo 4.33. Kefir örneklerinin benzaldehit miktarları (µg/L)	99
Tablo 4.34. Kefir örneklerinin oktanol miktarları (µg/L)	100
Tablo 4.35. Kefir örneklerinin nonanal miktarları (µg/L)	100
Tablo 4.36. Kefir örneklerinin 2-undekanol miktarları (µg/L)	101
Tablo 4.37. Kefir örneklerinin 2-nonenal miktarları (µg/L)	101
Tablo 4.38. Kefir örneklerinin 2-oktenal miktarları (µg/L)	102
Tablo 4.39. Kefir örneklerinin diasetil miktarları (µg/L)	103
Tablo 4.40. Kefir örneklerinin aseton miktarları (µg/L)	104
Tablo 4.41. Kefir örneklerinin 2-heptanon miktarları (µg/L)	104
Tablo 4.42. Kefir örneklerinin asetoin miktarları (µg/L)	105
Tablo 4.43. Kefir örneklerinin 2-undekanon miktarları (µg/L)	106
Tablo 4.44. Kefir örneklerinin 2-tridekanon miktarları (µg/L)	106
Tablo 4.45. Kefir örneklerinin 2-pentadekanon miktarları (µg/L)	107
Tablo 4.46. Kefir örneklerinin 6-metil-5 hepten-2-on miktarları (µg/L)	107
Tablo 4.47. Kefir örneklerinin 2-nonanon miktarları (µg/L)	108
Tablo 4.48. Kefir örneklerinin asetik asit miktarları (µg/L)	109
Tablo 4.49. Kefir örneklerinin isobutirik asit miktarları (µg/L)	109
Tablo 4.50. Kefir örneklerinin butanoik asit miktarları (µg/L)	110
Tablo 4.51. Kefir örneklerinin isoalerik asit miktarları (µg/L)	110
Tablo 4.52. Kefir örneklerinin etilhekzoik asit miktarları (µg/L)	111
Tablo 4.53. Kefir örneklerinin heksanoik asit miktarları (µg/L)	112
Tablo 4.54. Kefir örneklerinin heptanoik asit miktarları (µg/L)	112
Tablo 4.55. Kefir örneklerinin nonanoik asit miktarları (µg/L)	113

Tablo 4.56. Kefir örneklerinin kaprilik asit miktarları (µg/L)	114
Tablo 4.57. Kefir örneklerinin kaprik asit miktarları (µg/L)	114
Tablo 4.58. Kefir örneklerinin kaproleik asit miktarları (µg/L)	115
Tablo 4.59. Kefir örneklerinin lavrik asit miktarları (µg/L)	115
Tablo 4.60. Kefir örneklerinin mirisitik asit miktarları (µg/L)	116
Tablo 4.61. Kefir örneklerinin 1-butanol miktarları (µg/L)	117
Tablo 4.62. Kefir örneklerinin etil asetat miktarları (µg/L)	118
Tablo 4.63. Kefir örneklerinin etil kaproat miktarları (µg/L)	119
Tablo 4.64. Kefir örneklerinin heksil asetat miktarları (µg/L)	119
Tablo 4.65. Kefir örneklerinin etil kaprilat miktarları (µg/L)	120
Tablo 4.66. Kefir örneklerinin oktil asetat miktarları (µg/L)	120
Tablo 4.67. Kefir örneklerinin etil bütirat miktarları (µg/L)	121
Tablo 4.68. Kefir örneklerinin etil dekenoat miktarları (µg/L)	121
Tablo 4.69. Kefir örneklerinin etil 9-dekenoat miktarları (µg/L)	122
Tablo 4.70. Kefir örneklerinin β-mirsen miktarları (µg/L)	123
Tablo 4.71. Kefir örneklerinin limonen miktarları (µg/L)	124
Tablo 4.72. Kefir örneklerinin karbondioksit miktarları (µg/L)	125
Tablo 4.73. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz görünüş ve tekstür sonuçları	128
Tablo 4.74. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz koku sonuçları	132
Tablo 4.75. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz tat sonuçları	135

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACE	Anjiyotensin dönüştürücü enzimi
β	Beta
EFSA	European Food Safety Administration
FDA	Amerika Gıda ve İlaç İdaresi
IDF	International Dairy Federation, Uluslararası Süt Federasyonu
IFCN	International Farm Comparison Network
mTG	Mikrobiyel Transglutaminaz
Pas	Peynir Altı Suyu
PDO	Protected Designation of Origin, Orijinin Korunmuş İsmi
PGI	Protected Geographical Indication, Korunmuş Coğrafi İşaretlemeler
ppb	Milyarda bir kısım
ppm	Milyonda bir kısım
SH	Soxhelet-Henkel
Spp	Alt Tür
TCA	Trikloroasetik Asit
TG	Transglutaminaz
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ÖZET

Kefir Üretiminde β -Glukan ve Transglutaminaz Enzimi Kullanımının Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi

Bu çalışmada, kefir üretiminde farklı oranda (%0,1, 0,25 ve 0,50) β -glukan ve mikrobiyal transglutaminaz enzimi (mTG) kullanımının ürün kalitesi üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmamızda 8 farklı tipte kefir üretilmiş ve 15 günlük depolama süresince kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyolojik, aroma ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Kefir örneklerinin pH, titrasyon asitliği, yağ, protein, kül, tirozin ve su aktivitesi (a_w) değerleri birbirine benzer bulunmuştur. Örneklerin karbondioksit ve aroma bileşenleri miktarları arasındaki fark önemli bulunmuştur. Örneklerdeki β -glukan miktarı arttıkça, kefir örneklerindeki karbondioksit miktarı azalmıştır. Örneklerde 12 alkol, 8 aldehit, 9 keton, 13 karboksilik asit, 9 ester, 2 terpen ve karbondioksit olmak üzere toplam 54 adet aroma bileşeni tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirmeler açısından ise en iyi örneklerin kontrol, %0,1 ve %0,25 β -glukan içeren örnekler olduğu, %0,5 β -glukan örneğinin yapı ve lezzeti olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, kefir üretiminde mTG ve düşük oranda β -glukan kullanımının hem ürün kalitesi açısından kullanılabileceğini hem de sağlık üzerine etkili tamamlayıcı gıda çeşidi olarak üretilebileceğini göstermiştir. Bu araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0433-YL- 17 proje numarası ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler; Kefir, β -glukan, mTG, Ürün Kalitesi

ABSTRACT

Effect of β -Glucan and Transglutaminase Enzyme Usage on Product Quality in Kefir Production

The aim of this study was to investigate the effects of β -glucan and microbial transglutaminase enzyme (mTG) on product quality in different amounts (0,1, 0,25, and 0,50%) of kefir production. In our study, 8 different types of kefir were produced and their chemical, biochemical, microbiological, aroma and sensory properties were investigated during 15 days of storage. The values of pH, titratable acidity, fat, protein, ash, tyrosine and water activity of Kefir samples were similar. The difference between carbon dioxide and aroma components amounts of the samples was significant. As the amount of β -glucan in the samples increased, the amount of carbon dioxide in the kefir samples decreased. In the samples, 12 alcohol, 8 aldehyde, 9 ketone, 13 carboxylic acid, 9 ester, 2 terpene and carbon dioxide were found as volatile aroma compounds. In terms of sensory evaluations, it was determined that the best samples were% 0,1 and% 0,25 β -glucan and 0,5% β -glucan were affected negatively. The results of the study showed that the use of mTG and low amount of β -glucan in kefir production could be produced as complementary food type effective on health. This research (Project No: 0433-YL-17) was supported by Scientific Research Projects Coordinator of Burdur Mehmet Akif Ersoy University.

Keywords; Kefir, β -glucan, mTG, Product Quality

1. GİRİŞ

Fermente s t ürünleri içerisinde önemli bir yeri olan Kefir, Rusya'nın Kafkas dağlarında yaşıyan insanların inek, koyun, keçi ve kısırak sütüne karnabahar görünümünde danelerin eklemesiyle elde edilen, hafif asidik karakterde, ferahlık veren bir üründür (Anonim, 2010; Karatepe ve Yalçın, 2014). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt  r nleri Tebliği'nde belirtilen tanıma göre; fermentasyonda spesifik olarak *Lactobacillus ke iri*, *Leuconostoc*, *Lactococcus* ve *Acetobacter* cinslerinin değişik suşları ile laktozu fermente eden (*Kluyveromyces marxianus*) ve etmeyen mayaları (*Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces exiguus*) içeren starter kültürler ya da kefir danelerinin kullanıldığı fermente süt ürünüdür (Anonim, 2009).

Kefir kelimesi Türkçe'de keyif veren, mest eden anlamında kullanılan “Keyf” kelimesinden türediği düşünülmektedir. Bununla birlikte farklı ülkelerde kephir, knaphan, kiaphur, kippi gibi çeşitli isimlerle de bilinmektedir (Angulo ve ark., 1993; Garrote ve ark., 2001; Dinç 2008). Kefirin bileşiminde yer alan protein, yağ, laktoz, mineral maddeler ve vitaminler gibi maddelerin dışında, aminoasitler, potasyum, kalsiyum, fosfor, folik asit ve B-vitaminleri açısından da zengin bir ürün olması ve sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle tüketimi yaygınlaşmıştır (Anonymous, 1998). Ayrıca fermentasyon sırasında bazı vitaminlerin sentezlenmesi, proteinlerin ve laktozun kısmen parçalanması kefirin beslenme değerini daha da artırmaktadır. (Libudzisz ve Piatkiewicz, 1990) .

Fonksiyonel gıdalar, genellikle, vücudun temel besin maddelerine olan ihtiya ını karşılamamanın ötesinde, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ek faydalar sağlayan, bu sebeple hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmada etkinlik gösteren gıda veya gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Hacıoğlu ve Kurt, 2012; Köroğlu ve ark., 2015). İnsanlarda son yıllarda görülen sağlık problemlerindeki artış nedeniyle, tüketicilerin beslenme alışkanlıkları da değişim göstermiş, sağlık ile beslenme arasındaki ilişkinin konuşulduğu sosyal medya aracılığıyla tüketicilerin gıdalardan daha fazla yarar sağlama düşünceleri önem kazanmıştır. Tüketicilerin bu isteklerini karşılamak için de çeşitli fonksiyonel

gıdaların üretimi hız kazanmış ve pazar payı hızla artış göstermiştir. Birçok bölgemizde geleneksel olarak tüketilen birçok gıda maddesi, günümüzde endüstriyel boyuta taşınarak ve fonksiyonel özellikleri de geliştirilerek çeşitli hastalıkların tedavisinde ya da önlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Takviye gıda olarak da bilinen bu gıdalar, 5996 sayılı “Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu” kapsamında “normal beslenmeyi takviye etmek amacıyla, vitamin, mineral, protein, karbonhidrat, lif, yağ asidi, amino asit gibi besin öğelerinin veya bunların dışında besleyici veya fizyolojik etkileri bulunan bitki, bitkisel ve hayvansal kaynaklı maddeler, biyoaktif maddeler ve benzeri maddelerin konsantre veya ekstraktlarının tek başına veya karışımlarının, kapsül, tablet, pastil, tek kullanımlık toz paket, sıvı ampul, damlalıklı şişe ve diğer benzeri sıvı veya toz formlarda hazırlanarak günlük alım dozu belirlenmiş ürünler” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2010). Bunlar arasında yağ oranı düşürülerek üretilen enerjisi azaltılmış gıdalar, katkı içermeyen organik gıdalar ve fonksiyonel gıdalar sayılabilmektedir. Bu ürünlerin sağlık üzerine etkileri arasında antimutajenik ve antikanserojenik özellikleri, laktoz metabolizmasının düzenlenmesi, serum kolesterol seviyesinin düzenlenmesi ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi çeşitli etkileri sayılabilmektedir (Alaşalvar ve Pelvan, 2009; Grishina ve ark., 2011; Özçiçek Dölekoğlu ve ark., 2015).

Fonksiyonel gıdalar günlük yaşamımızda daha çok süt ürünlerinde, şekerlemelerde, içeceklerde, pastalarda ve bebek mamalarında kullanılmaktadır. Bu gıdalar, bileşiminde yer alan doğal besin öğelerinin besleyici özelliklerinin yanı sıra, yapılarındaki fizyolojik aktif bileşenler ile hastalıklardan korumada etkili ve yaşam kalitesini yükselten gıdalardır (Savcıgil, 2003; Sevilmiş, 2013).

Fonksiyonel bir süt ürünü olan kefir, 21.yüzyılın yoğurdu olarak kabul görmektedir (Gorski, 1994). Yoğurdun sağlık üzerine etkisinde olduğu gibi, Kafkasya bölgesinde yaşayan ve kefir tüketen insanların uzun ömürlü olduğu da bilinmektedir. Bu nedenle son yıllarda diyet uygulamalarında ara öğün olarak kefirin tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Ancak son yıllarda tüketici tercihlerinin fonksiyonel özelliği artırılmış yeni ürünlere doğru eğilim göstermesi, çeşitli gıda formülasyonlarında lif içeriği yüksek tahıl bazlı gıdaların yeni ürün gelişiminde kullanılabilirliği pek çok araştırmanın konusu olmaktadır. Diyet liflerinin önemli bir kaynağını tahıllar

oluşturmaktadır. Arpa ve yulafın lif içeriğinin %50 oranında olması, birçok gıda maddesinin üretiminde kullanılmasını önemli derecede etkilemektedir (Skendi ve ark. 2003, Lambo ve ark. 2005). Diyet liflerin aynı zamanda prebiyotik özelliklerinin de olması, probiyotik özellikteki mikroorganizmaların bağırsakta gelişimini desteklemektedir.

Prokaryot ve ökaryot hücrelerde bulunan β -(1,3)-D-glukan, tahıl, mantar, deniz yosunu ve ekmek mayasından elde edilebilmektedir. Bu moleküller (1,3)- β -D glukopiranozil birimlerinin esas zinciri ile ortak yapıya sahiptirler ve rastgele dağılmış β -D glukopiranozil birim zincirlerine (1,6) bağlarıyla bağlanmışlardır (Bohn ve BeMiller, 1995). Beta glukan (β -glukan) özellikle bağışıklık sistemini güçlendirici etkisi de bulunmaktadır. Ayrıca günümüze kadar herhangi bir yan etkisi veya toksikolojik etkisine rastlanmadığı, ABD'de Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından “Genel Olarak Güvenli” şeklinde tanımlanan (Generally Recognized as Safe - GRAS) bir madde özelliğini taşımaktadır. β -glukan, Avrupa'da EFSA (European Food Safety Administration) gibi gıda denetim kuruluşları tarafından onaylanmış, yan etki göstermeyen ve ilaçlarla birlikte tüketildiğinde etkileşime girmeyen bir maddedir. β -1,3-glukanın bakteriyel ve viral enfeksiyonlara karşı vücut direncini önemli derecede arttırdığı da ifade edilmektedir (Chang ve ark., 2003; López ve ark., 2003). Ürün bileşimine ilave edilen β -glukan'ın hipokolloid özelliğinden dolayı kıvam arttırıcı, stabilize edici ve jelleştirici özellikleri nedeniyle doğal katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Tahıl kaynaklı β -(1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4) yapısındaki glukanlar, suda çözünmesi nedeniyle diyet uygulamalarında çözünür lif desteği olarak kullanılmaktadır. Yulaftan elde edilen β -glukan kolesterol seviyesini düşürmekte, kan şekeri dengesini sağlamakta, mide ve bağırsağın düzenli çalışmasını desteklemektedir (Sabuncu, 2016).

Tahıl bazlı fonksiyonel gıdaların insan sağlığını geliştirici özelliklerinin olması ve bu yönüyle de tüketicinin yaşam kalitesini olumlu yönde etkilemesi, tahıl bileşenlerinin süt ürünlerinde de kullanılmasını sağlayarak, besleyici değeri yüksek yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesini gündeme getirmektedir. Ancak β -glukanın kullanıldığı bazı süt ürünlerinde kullanım miktarına bağlı olarak, üründe su tutma özelliğinin etkisinin azaldığı, hatta yüksek miktarlarda kullanımının su salmaya neden

olduğu görülmüştür (Şahin, 2015). Yoğurt üretiminde β -glukan kullanım etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise, belirli bir oranının üzerinde β -glukan ilave edilen örneklerde polisakkarit-protein interaksiyonuna bağlı olarak serum ayrılmasının gözlemlendiği belirlenmiştir (Anlı, 2017). Bu nedenle çalışmada, son yıllarda ürün kalitesini artıran enzim preparatlardan biri olan mikrobiyel transglutaminaz enzimi (mTG) de kullanılarak, yüksek oranda β -glukan ilavesinin neden olabileceği muhtemel serum ayrılması üzerine etkisinin olumlu olup olmayacağı da araştırılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde projenin amaçları;

- Tahıl bazlı fonksiyonel bir fermente süt ürünü geliştirmek,
- Kefir üretiminde besinsel lif kullanma olanağını araştırmak,
- β -glukanın yaratacağı olası serum ayrılmasını önlemek ve yapısal özelliğini iyileştirmek için mTG kullanımının etkisini incelemek,
- Üretilen kefirin aroma profilini ortaya koymak,
- Kefir mikrobiotasının β -glukan varlığında koruyucu etkiye sahip olup olmadığını, dolayısıyla probiyotik mikroorganizma sayısının beklenen terapötik etkiyi sağlayacak sayıda kalıp kalmadığını belirlemek,
- Kefir örneklerinin 1., 7. ve 15. günlerde analizleri gerçekleştirilerek, ürün kalitesinin değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kefir Danesi ve Kefirin Genel Özellikleri

2.1.1. Kefirin Genel Bileşimi ve Özellikleri

Fermente süt ürünleri içerisinde hem beslenme hem de birçok hastalığın gelişimini önlemede önemli bir süt ürünü olan kefirin Kafkas dağlarından, Doğu Avrupa, Rusya ve Güneybatı Asya'ya yayıldığı bilinmektedir (Serafini ve ark., 2014; Prado ve ark., 2015). Küçük karnabahar veya mısır patlağı görünümünde, 1-3 mm çapında, beyaz-krem renkte, elastik ve sıkı bir yapıda olan ve birçok mikroorganizma grubunu içeren kefir danesinden üretilen kefir içeceği, viskoz, hafif köpüklü ve düşük alkol içeren fermente bir üründür (Guzel-Seydim ve ark., 2000; Karatepe ve Yalçın, 2014). Üretim sırasında meydana gelen laktik, süksinik, pürivik, ketoglutarik ve oksalik asitler kefire ferahlatıcı ve asidik bir tat verirken, karbonil bileşikleri, uçucu yağ asitleri ve alkollerden oluşan ara ürünler ise hoş giden karakteristik aromadan sorumlu olmaktadır (Dinç, 2008).

Günümüzde ticari kefir üretiminde DVI (direct-to-vat inoculation) ya da DVS (direct-to-vat set) gibi kefir starter kültürü kullanılarak da üretim gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel üretimde kullanılan kefir granülleri laktik asit bakterileri ve mayaların yanı sıra asetik asit bakterilerini de içeren ve kefir adı verilen polisakkaritten meydana gelen bir ağ yapısı ile çevrilidir (Kök-Taş ve ark., 2012). Doğada benzersiz bir ekosistem içerisinde simbiyotik yaşama uygun olarak bulunan kefir daneleri topluluğunda 50'den fazla bakteri ve maya grubu içerdiği hatta çok az da olsa filamentli küf türlerinin de bulunduğu belirtilmektedir (Pogačić ve ark., 2013). Kefir danesinde yaygın olarak bulunan laktik asit bakterileri içerisinde *Lactobacillus brevis*, *L. kefir*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. caucasicus*, *L. bulgaricus*; leukonostoklar olarak *Leuconostoc dextranicum*; asetik asit bakterilerinden *Acetobacter aceti*, *A. rasens*; maya grubundan *Kluyveromyces marxianus*, *Torulaspora delbrueckii*, *Torula kefir*, *Candida kefir*, *Saccharomyces cerevisia*; streptokoklardan *Streptococcus lactis*, *Str. durans*, *Str. cremoris*, *Str. citrovorum*, *Str. lactis* subsp *diacetylactis* önem kazanmaktadır (Karagözlü, 2005).

Bununla birlikte kefir danesinin menşesine göre farklı mikroorganizmaların matrisi içerisinde yer almasının yanı sıra (Ertekin, 2008), bunların dane içinde bulunduğu yerler de farklılık göstermektedir (Pogačić ve ark., 2013). Dane çevresinin bir kısmı neredeyse yalnızca bakteri içerirken, merkez bölgesinde mayaların daha fazla yer aldığı görülmektedir. Kefir tanesinin merkez ve dış kısmın arasında kalan bölgede hem bakteri hem de maya bulunur, ancak bunların oranı dane merkezinden olan uzaklığa bağlı olarak kademeli olarak değişir (Bottazzi ve Bianchi, 1980; Lin ve ark., 1999). Maya grubunun dış yüzey kısmında kolonize olması, anaerob özellik taşımalarından kaynaklanmaktadır (Güzel-Seydim ve ark., 2005). Kefiran oluşturan *L. kefir* ve *L. kefiranofaciens*'ta olduğu gibi homofermentative Lactobacillus türleri de, kefir danesinin farklı bölgelerinde bulunabilir. *L. kefiranofaciens*, büyüme koşullarının anaerobik olduğu ve etanolün bulunduğu merkez bölgesinde yer alır. Bazı Laktobasil grubu ise matrisin dış kısmında bulunur (Zhou ve ark., 2007; Dimitreli ve Antoniou, 2011). *Leuconostoc mesenteroides* ile maya grubundan *Kluyveromyces marxianus* dış bölgenin baskın mikrobiyal türleridir. Mikrobiyal türlerin mevcudiyetine bakıldığında, kökene bağlı olarak, bir kefir tanesi yaklaşık 10^9 kob/mL laktokok, 10^7 - 10^8 kob/mL Lökonostok ve termofil laktobasil, 10^4 - 10^5 kob/mL maya ve 10^4 - 10^5 asetik asit bakterileri içerir (Pogačić ve ark., 2013). Ancak, kefir danesi üzerine yapılan birçok çalışmada, kesin olarak mikrobiyotanın hangi türlerden oluştuğu belirlenememiştir.

Kefir danesi, protein, polisakarit, çeşitli hücre elemanları ve sayısız diğer tanımlanmamış bileşenlerden oluşan ve daneyi bir arada tutan kompleks yapıdan oluşur. Suda çözünür bir madde olan kefiran, yaklaşık %25 kuru tanecik ağırlığına sahip bir polisakkarit bileşeni yapar. Rusya, Bulgaristan ve Yugoslavya kökenli kefir granüllerinin kimyasal bileşeninde %90 su, %3,2 protein, %0,3 yağ, %5,8 azot içermeyen erir madde ve %0,7 oranında kül içerir (Garrote ve ark., 2001). Karmaşık ekzopolisakkarit yapısında aynı oranda D-glukoz ve D-galaktoz içeren Kefiran, bir kefir tanesinin mikrobiyal topluluğunun karşılıklı bağlanmasından sorumludur. Bununla birlikte yara iyileştirici ve anti-tümörijenik aktivite, antimikrobiyal aktivite gibi etkilerinin de olduğu belirtilmektedir (Jeong ve ark., 2017).

Tablo 2.1. Kefir mikrobiotasında yer alan mikroorganizmalar (Gao ve Li, 2016)

Laktobasiller	<i>L. acidophilus</i>	<i>L. gallinarum</i>
	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>L. hilgardii</i>
	<i>L. helveticus</i>	<i>L. hordei</i>
	<i>L. lactis</i>	<i>L. jensenii</i>
	<i>L. casei</i>	<i>L. kefirgranum</i>
	<i>L. brevis</i>	<i>L. otakiensis</i>
	<i>L. buchneri</i>	<i>L. parabuchneri</i>
	<i>L. kefiranofaciens</i>	<i>L. reuteri</i>
	<i>L. parakefiri</i>	<i>L. rhamnosus</i>
	<i>L. fermentum</i>	<i>L. satsumensis</i>
	<i>L. amylovorus</i>	<i>L. viridescens</i>
	<i>L. crispatus</i>	
	<i>L. gasseri</i>	
Streptokoklar		<i>Str. lactis</i>
		<i>Str. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>
		<i>Str. lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i>
		<i>Str. durans</i>
Mayalar	<i>Candida kefir</i>	<i>Kazachstania aerobia</i>
	<i>Candida albicans</i>	<i>Ka. servazzii</i>
	<i>C. friedricchi</i>	<i>Ka. solicola</i>
	<i>C. holmii</i>	<i>Ka. unispora</i>
	<i>C. pseudotropicalis</i>	<i>Saccharomyces unisporus</i>
	<i>C. valida</i>	<i>Sac. exiguus</i>
	<i>Kluyveromyces fragilis</i>	<i>Sac. cerevisiae</i>
	<i>Kluyveromyces dobzhanskii</i>	<i>Sac. turicensis</i>
	<i>K. marxianus</i> subsp. <i>marxianus</i>	<i>Sac. humaticus</i>
	<i>K. bulgaricus</i>	<i>Candida tenuis</i>
		<i>Candida kefir</i>
		<i>Candida lambica</i>
		<i>Torulaspora delbrueckii</i>
		<i>Torula kefir</i>
Leukonostoklar		<i>Zygosaccharomyces fermentati</i>
		<i>Leuconostoc kefir</i>
Asetik asit bakterileri		<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>
		<i>Acetobacter aceti</i>
		<i>A. rasens</i>
		<i>A. lovaniensis</i>
		<i>A. pasteurianus</i>
		<i>A. syzygii</i>

Bu matriks içinde yer alan laktik asit bakterileri ve mayaların, sütü fermente etmeleri sonucu laktik asit yanında, CO₂, az miktarda alkol ve çeşitli aroma bileşenleri oluşur (Karatepe ve Yalçın, 2014). Genel olarak değerlendirildiğinde, kefir yaklaşık %1 laktik asit, %0,5-2,0 oranında etil alkol içeren bir ürün olup (Marshall ve Cole, 1985), duyuşsal özelliklerini içerdiği laktik asit, oksalik asit, a-ketoglutarik asit, bazı

uçucu yağ asitleri, az miktardaki CO₂, alkol, asetaldehit, aseton gibi bazı aromatik bileşikler etkilemektedir (Güzel ve ark., 2000). Bu nedenle özellikle inkübasyon sıcaklığı ve süresinin değiştirilmesiyle tatlı, orta sert ve çok sert olarak adlandırılan kefir çeşitlerinin üretimi de sağlanabilmektedir (Tablo 2.2). Ancak birçok tüketici çok sert, alkol ve CO₂ oranı yüksek kefir tüketmeyi tercih etmediği için, özellikle çocukların tüketimini teşvik etmek amacıyla yumuşak içimli ve aromalı kefir içeceği üretimi daha yaygındır (Ersoy ve Uysal, 2003; Gün, 2013).

Tablo 2.2. Kefirlerin sınıflandırılması ve özellikleri (Yaygın, 1999)

Nitelikler	Tatlı Kefir	Orta Sert Kefir	Sert Kefir	Çok Sert Kefir
Nem içeriği (%)	88,2	88,9	89,4	89,0
Laktik asit (%)	0,8	0,6	0,7	0,9
Yağ (%)	3,3	3,1	2,8	3,3
Kül miktarı (%)	0,8	0,6	0,7	0,6
Etil Alkol (%)	0,6	0,7	0,8	1,1
Laktoz (%)	2,7	2,9	2,3	1,7
Kazein (%)	2,9	2,7	2,9	2,5
Laktalbumin (%)	0,3	0,2	0,1	0,1

Kaynatılmış inek sütü yanı sıra piyasadan temin edilen pastörize ve sterilize inek sütlerine kefir danesi ve danelerden elde edilen kefir kültürü kullanılarak üretilen kefirlerin depolama süresince kalite kriterlerinin incelendiği bir çalışmada, kefir örneklerinin depolama süresince pH değerleri azalmış ve kaynatılmış, pastörize ve sterilize sütlerden elde edilen kefir örneklerinde sırasıyla ortalama 4,17; 4,03 ve 4,17 pH olarak belirlenmiştir. Kefir kültürüyle üretilenlerde ise pH değerleri sırasıyla ortalama 4,16; 4,00 ve 4,15 pH olarak saptanmıştır. Örneklerin kuru madde değerleri depolama süresince düşüş göstermiştir. Kefir danesi ile aşılana ve kaynatılmış, pastörize ve sterilize süttten üretilen kefirlerin kuru madde içeriği sırasıyla ortalama %11,46; %9,31 ve %9,62 bulunmuştur. Kefir kültürü ile aşılana pastörize ve sterilize sütlerle üretilenlerde ise sırasıyla ortalama %11,77; %9,87 ve %9,65 kuru madde içerdiği tespit edilmiştir. Kefir üretiminde yağ, protein ve laktoz miktarları azalma göstermiştir. Depolama sırasında yağ miktarı değişmezken protein ve laktoz miktarında azda olsa azalma görülmüştür. Kefir danesinin kullanıldığı kaynatılmış süttten üretilen kefirlerin ortalama yağ, protein ve laktoz miktarları sırasıyla %2,80; %3,39 ve %3,30 olarak saptanmıştır. Pastörize süttten üretilen

kefirlerde bu miktarlar sırasıyla ortalama %2,60; %2,71 ve %3,23, sterilize sütlerden elde edilenlerde ise %2,60; %2,87 ve %2,69 olarak belirlenmiştir. Kefir kültürü ile aşılanan kaynatılmış sütlerden elde edilen kefir örneklerinde ortalama yağ %2,75, protein %3,48, laktoz %3,75; pastörize sütlerden elde edilenlerde sırasıyla %2,65; %2,67 ve %3,50; sterilize sütlerden üretilenlerde ise %2,60; %2,93 ve %2,94 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin kül içerikleri ise dane kullanılarak üretilenlerde %0,58-0,69 arasında belirlenirken, kültür aşılanarak üretilen kefirlerde %0,61-0,72 arasında saptanmıştır. Kefir danesi ile üretilen kaynatılmış, pastörize ve sterilize sütlerde serbest yağ asitleri miktarı sırasıyla 44,84; 27,41 ve 42,07 mlec/100 gr yağ olarak tespit edilmiştir. Kültür kullanılarak elde edilen kefirlerde ise bu miktar sırasıyla 39,05; 19,87 ve 58,22 mlec/100 gr yağ bulunmuştur. Kefir örneklerinde alkol miktarı 48 ppm ile 4150 ppm arasında değişim göstermiş, dane ile üretilen kefirlerde alkol miktarı daha yüksek bulunmuştur. Örneklerin viskozite değerleri dane ile yapılan kefir örneğinde, kültür ile üretilenlere göre daha düşük değerde tespit edilmiştir. Kaynatılmış sütlerden üretilen kefirlerin viskozite değerleri, pastörize ve sterilize sütlerden üretilenlere göre daha yüksek belirlenmiştir (Karagözlü, 1990).

Arı (2018), farklı kültür çeşitleri kullanılarak %3 yağlı ve %16 toplam kuru maddeye sahip katı tip kefirlerin depolama boyunca bazı karakteristik özelliklerini incelemiştir. Depolama boyunca örneklerin viskozite değerlerinde değişim gözlenmiştir. Katı tip kefir örneklerinde başlıca uçucu bileşenler etanol, aseton, diasetil, asetik asit, asetoin, bütanoik asit ve hekzanoik asit olarak belirlenmiştir. Mikrobiyolojik özellikler açısından bakıldığında, laktik asit bakteri sayısı bakımından örnekler arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Depolamanın 30. gününde A, B ve E örneklerinde maya sayısı daha yüksek tespit edilmiştir. Araştırmada eğitimli 5 panelist tarafından geliştirilmiş karakterisitik tanımlayıcı terimler, pişmiş, kremamsı, fermente, hayvansı, süthane, alkol, karton, mayamsı, ekşi, tatlı, tuzlu ve ısıricı olarak nitelendirilmiştir.

FOSHU olarak bilinen “Sağlık İçin Yararlı Besinler (Foods For Spesific Health Use)” kavramı ilk olarak 1980'lerde, Japonya'da ortaya atılmış ve sağlık için yararlı potansiyel etkiye sahip olduğu anlaşılan bu besinler fonksiyonel besinler olarak tanımlanmıştır (Demir ve Aktaş, 2018). Son yıllarda probiyotik ve prebiyotik içeren

süt ürünleri, enerjisi azaltılmış süt ürünleri ve çeşitli vitaminlerce içeriği zenginleştirilmiş süt ürünleri gibi birçok fonksiyonel süt ürünlerine karşı tüketicinin ilgisinde bir artış görülmektedir. Bebek, adolesan, orta yaş ve yaşlı bireylerin ve sporcuların beslenmesinde fonksiyonel süt ürünlerinin tüketimi daha fazla tercih edilmektedir (Sezen ve Koçak, 2006). Bu grup içerisinde özellikle probiyotik ürünlere karşı eğilim daha fazladır. Probiyotik bakterilerin bir gıdada biyoterapötik etkiyi gösterebilmesi için, vücuda alınması gereken canlı hücre sayısının 10^6 - 10^8 kob/g arasında olması önemli sayılmaktadır (Thamaraj ve Shah 2003; Helland ve ark. 2004). Dünya Sağlık Örgütü'nün yapmış olduğu tanımlamaya göre probiyotikler, yeterli miktarda verildiklerinde konakçının sağlık durumuna olumlu etkiler meydana getiren canlı mikroorganizmalar olarak anılmaktadır (Gökgünneç, 2016). 2009-2013 yılları arasında dünya fonksiyonel gıda pazarı oranı %26,7'lik bir artış göstererek 54 milyar ABD dolarına ulaşmıştır (Özer, 2015). Enerji verici içecekler, sağlık ürünleri ve keyif verici fonksiyonel içecekler 16,5 milyar ABD doları payıyla fonksiyonel içecek pazarının en büyük bölümünü işgal etmektedir. Avrupa'da, süt ürünleri, toplam fonksiyonel gıda yazımlarının yaklaşık %60'ına katkıda bulunarak işlevsel gıda pazarına katkı sağlamaktadır.

Kaliteli bir kefir üretiminde kefir danelerinin mikrobiyal çeşitliliği oldukça önemlidir. Ancak dünyada farklı nitelikte kefir danesi bulunmakta, bu da ülkeler hatta bölgeler arasında farklılığın oluşmasına neden olmaktadır. Bazı kefir daneleri küçükken, bazı kefir daneleri büyük olabilmektedir. Ancak kefirin karakteristik özellikleri dane özelliği ve içerdiği mikrobiyotanın çeşitliliği yanı sıra, kefir üretim yöntemleri, üretimde kullanılan sütün bileşeni, inkübasyon sıcaklığı ve süresi, dane katım oranı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Güzel-Seydim ve ark., 2000).

2.1.2. Kefirin Besin Değeri

Kefir ticari anlamda inek sütünden daha fazla üretilse de, keçi, koyun ve manda sütünden de üretilen homojen görünümlü, pürüzsüz yapılı, ayran kıvamında viskoz ve kullanılan sütün yağ oranına bağlı olarak kremamsı bir yapıya sahip olup, yapışkan ve yumuşak olmamalıdır (Gün, 2013). Genel olarak kefirin bileşimi üretilen sütün

bileşimine göre değişmektedir (Öner ve ark., 2010) . İnek sütünden elde edilen kefirin %88-90 nem, %10-12 kuru madde, %6 karbonhidrat, %3-5 yağ, %3,1-3,6 protein ve %0,7-0,8 kül, %1 laktik asit, %0,48 alkol ve 1,98 g/L CO₂ içerdiği görülmektedir (Sarkar, 2008; Beshkova ve ark., 2002). Brazilya’da üretilen kefirin kuru maddesinin %9,62 olduğu ve bileşiminde %3,91 protein ve %2,34 yağ içerdiği belirtilmektedir (Magalhaes ve ark., 2011). Wszolek ve ark. (2001) inek, keçi ve koyun sütlerinden üretilen kefirlerde toplam kuru madde değerleri sırasıyla %11,6; %11,02 ve %15,0 olarak belirlemiştir. Üretilen kefirlerin protein oranı sırasıyla %3,17; %2,91 ve %6,42 şeklinde tespit edilirken yağ miktarı %3,08; %3,07 ve %2,99 olarak saptanmıştır. Karbonhidrat oranı inek sütü kefirinde %4,65, keçi sütü kefirinde %4,25 ve koyun sütü kefirinde %4,53 düzeyinde tespit edilmiştir. Örneklerin kül oranı ise sırasıyla %0,77, %0,79 ve %1,08 olarak belirlenmiştir. Kefir fermentasyonu sırasında üretilen temel ürün laktik asit, etanol ve karbondioksittir. Üretim sırasında 24-48 saat süren fermentasyon sonunda elde edilen kefirin en önemli organik asit bileşeni L (+) laktik asittir. Bununla birlikte sütün farklı sıcaklıklarda inkübasyonu veya kefir danesi katım oranındaki değişim, dane veya kefir starter kültürü kullanımı laktik asit miktarı kadar, etanol ve CO₂ düzeyini de etkilemektedir (Gün, 2013).

Putresin, kadaverin, spermidin ve tiramin gibi biyojen aminler de laktik asit bakterilerinin aktivitesine göre kefirde yer almaktadır (Rosa ve ark., 2017). Özdestan ve Üren (2010) kefirde toplam biyojen amin içeriğinin 2,4 ile 35,2 mg/L arasında değiştiğini, bunlar içerisinde en yüksek miktarın tiramin içeriğinde olduğunu tespit etmiş ancak bulunan değerlerin yasal sınırlar içerisinde kaldığını belirtmiştir.

Tablo 2.3. Kefirin genel bileşimi (Shen ve ark., 2018)

Bileşen	Miktar	Bileşen	Miktar
Kuru madde	%12,5	Esansiyel Amino Asitler	
Su	%87,5		
Protein	%3,3	Triptofan	0,05 g
Yağ	%3,5	Fenilalanin-tirozin	0,35 g
Laktoz	%4,0	Lösin	0,34 g
Kül	%0,7-0,8	İsolösin	0,21 g
Enerji	65 kcal	Treonin	0,17 g
Süt asidi	%0,8	Metiyonin-sistin	0,12 g
Etil Alkol	%0,9	Lisin	0,27 g
Kolesterol	13 g/100 g	Valin	0,22 g
Vitaminler		Mineral Maddeler	
A vitamini	0,06 g	Kalsiyum	0,12 g
B ₁ vitamini	0,04 mg	Fosfor	0,10 g
B ₂ vitamini	0,17 mg	Magnezyum	0,12 g
B ₆ vitamini	0,05 mg	Potasyum	0,15 g
C vitamini	1,00 mg	Sodyum	0,05 g
D vitamini	0,08 mg	Klorid	0,10 g
E vitamini	0,11 mg		
Niasin	0,09 mg		
İz Elementler			
Demir	0,05 mg	Manganez	5 µg
Bakır	12 µg	Çinko	0,36 mg

Yoğurt, kefir, ayran gibi fermente süt ürünlerinin uçucu aroma bileşen içeriği, ürün kalite kriterinin değerlendirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Asetaldehit, fermente süt ürünlerinin kendine özgü tat-aromasının oluşumunda en önemli maddedir. Fermantasyon sırasında pirüvatın etanol ve CO₂'e dönüştürülmesinin birinci basamağı pirüvat dekarboksilaz enzimi tarafından pirüvatın asetaldehite dönüşmesidir. İkinci basamakta ise asetaldehit, NADH gerektiren alkol dehidrojenaz enzimi tarafından katalizlenen bir reaksiyonla etanole dönüştürülür. Bu nedenle fermente süt ürünlerinde asetaldehit, etanol ve karbondioksit üretimi oldukça önemlidir (Beshkova ve ark., 1998). Beshkova ve ark., (2003) kefir starter kültürü ve dane kullanılarak elde ettikleri üründe asetaldehit (18,3 µg/g) ve diasetil (1,87 µg/g) miktarının kültür ilave edilerek üretilen kefir örneğinde daha yüksek değer taşıdığını ifade etmektedirler. Çalışmada *S. cerevisiae* A13 içeren kültürden üretilen kefirde etanol ve CO₂ miktarının sırasıyla 3.975 µg/g ve 1,80 g/g olarak bulunmuştur. Kefir danesinden üretilen örnekte ise 7 gün süren depolama sırasında örneğin asetaldehit içeriği 5,6-9,1 µg/g, aseton içeriği 0,58-0,60 µg/g, etil asetat miktarı 0,01-0,02 µg/g, diasetil miktarı 1,0-1,08 µg/g, etanol miktarı ise 2.988-3.100 µg/g arasında belirlenmiştir. Güzel-Seydim ve ark., (2000) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise kefir fermentasyonu sırasında ilk 5 saatte etanol üretim miktarının az olduğu, fermentasyonun 15. saatinde etanol miktarının önemli derecede arttığı ve 22 saat fermentasyon sonunda %0,04 (v/v) seviyesine yükseldiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca depolama sırasında asetaldehit miktarı arttıkça, asetoin miktarının azaldığı gözlenmiştir.

İntensif ve ekstensif koşullarda yetiştirilen saanen ve kıl keçi ile inek sütlerinden elde edilen kefirlerin fenolik asit içeriklerinin incelendiği bir çalışmada ORAC ve TEAC antioksidan kapasite değerleri belirlenmiştir. Kıl keçi sütünden üretilen kefirin epikateşin ve kafeik asit miktarları 10,73 mg/L ve 0,35 mg/L olarak belirlenirken, inek sütünden elde edilen kefir örneklerinde bu değerler 1,85 mg/L ve 0,27 mg/L düzeyinde saptanmıştır (Satır ve Güzel-Seydim, 2015). Çalışmada, TEAC değerleri saanen intensif keçi sütü, ekstansif saanen keçi sütü, ekstansif kıl keçi ve inek sütlerinde sırasıyla 6,38; 7,55; 10,68 ve 5,46 µM, ORAC değerleri ise sırasıyla 15,96; 15,33; 17,33 ve 13,88 µmol Troloks eşdeğeri/L olarak tespit edilmiştir. Gallik asit, kateşin, epikateşin, kafeik asit, p-kumarik asit, klorojenik asit, ferulik asit ve protokateşik asit miktarlarının tespit edildiği çalışmada, kıl keçi sütünden üretilen kefir

örneğinde epikateşin (10,25 mg/L), ekstansif saanen keçi sütünden üretilen kefirde ise p-kumarik asit (0,304 mg/L) miktarı yüksek bulunmuştur. Çalışmada ayrıca inek sütünden üretilen kefirlerde kateşin miktarının (1,85 mg/L), kıl keçi sütünden 5 kat (10,73 mg/L) saanen keçi sütünden ise 4 kat (8,19 mg/L) daha düşük olduğu belirlenmiştir.

2.2. Kefirin Sağlık Üzerine Etkisi

Sağlıklı bir yaşam sürmek isteyen insanların fonksiyonel gıdalara olan eğilimi her geçen gün artış göstermektedir. Özellikle kefir gibi fonksiyonel süt ürünlerinin insan sağlığı üzerinde yapılan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında, insan bağışıklık sistemi, kolesterol, kan şekeri ve tansiyonu düzenleyici etkisinin yanı sıra, antimikrobiyal, antikarsinojenik, antialerjik etkilerinin belirlenmesi, laktoz intoleransını azaltması, bağırsak ve sindirim sistemi üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle daha fazla tüketilmeye başladığı görülmektedir (Çevikbaş ve ark., 1994; Liu ve ark., 2005; De Angelis Pereira ve ark., 2013; Setyowati ve Setyani 2016).

Doğal kefir danesi ve ticari kültür kullanılarak üretilen kefirleri tüketen farelerin gaitalarına laktik asit bakterilerinin transfer olup olmadığının araştırıldığı bir çalışmada, 300 µl/gün oranında dane ve kefir starter kültüründen elde edilen kefir ile 300 µl/gün oranında fosfat buffer (kontrol) verilen 30 adet BALB/c farenin 1., 5., 10. ve 15. günlerde gaita örnekleri alınarak DNA izolasyonları yapılmıştır. Araştırmada doğal kefir danesinden üretilen kefirle beslenen farelerin gaita mikrobiotalarında kefir danesine özgü bakterilerinden *L. kefiranofaciens*, *L. kefiri* ve *L. parakefiri*'nin 10. gün içerikleri sırasıyla 3,24 log kob/g, 2,28 log kob/g ve 4,85 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Deney hayvanlarının gaita mikrobiotasında bu bakterilerin %70-90 aralığında belirlenmesi probiyotik potansiyelinin korunması açısından önemli olduğunu göstermektedir. Fare bağırsak mikrobiotasında probiyotik özellik taşıyan *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei* ve *Bifidobacterium bifidum* bakterilerini de içerdiği, dolayısıyla bağırsak sağlığı açısından kefir bakterilerinin bağırsakta kolonizasyonunun sağlandığı ve probiyotik potansiyellerinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Atılğan, 2018).

Tablo 2.4. Probiyotiklerin temel etki mekanizması

Etki			Etkinin Mekanizması
Laktoz Sindirimine Katkı			Bakteriyel laktaz ile laktozun sindirimi
Enterik Direnç	Patojenlere Karşı		Bağıışıklık salgılama etkisi, kolonizasyon direnci, intestinal sistemin patojenleri için uygun olmayan koşullara değişimi, toksin bağlama bölgelerinin yapısal değişimi, instestinal mikrobiota çeşitliliği üzerindeki etki, intestinal mukozada agregasyon oluşturarak patojenlerin bağlanmasını engelleme, patojenlerin epitel hücrelere tutunmasını önlemek,
Bağırsak Etki	Kanserini Önleyici		Mutojenleri bağlama, karsinojenlerin aktivitesini engelleme, bağırsak mikroorganizmalarının ürettiği karsinojen üreten enzimlerin inhibisyonu, bağıışıklık sistemini güçlendirme, ikincil safra tuzu konsantrasyonunu etkileme
İmmün Düzenlenmesi		Sisteminin	Enfeksiyon ve timör oluşumuna karşı spesifik olmayan savunma mekanizmasını güçlendirir. Antijene özğü immün yanıtı yardımcı etki, Ig A üretimini artırılması
Kan Hastalıkları	Lipidleri ve	Kalp	Kolesterolün bakteri hücresi içinde asimilasyonu, safra tuzu hidrolazın dekonjugasyonu ile safra tuzlarının atılımını arttırmak, antioksidasyon etkisi
Hipertansiyonu Önleyici Etkisi			Pepdidazın süt proteinleri üzerine etkisi sonucu oluşan tripeptitler angiotensin-1 enzim dönüşümünü inhibe etmesi, hücre duvarı komponentlerinin angiotensin-1 enzim inhibitörleri gibi davranması
Ürogenital Enfeksiyonlar			Üriner ve vajinal bölge hücrelerine adezyon, bölgeye güçlü kolo-nize olabilme, inhibitör üretimi (H ₂ O ₂ , biyosüfaktant)
Hpylori'nin Enfeksiyonlar	Neden Olduğu		H.pylori inhibitörlerinin (laktik asit, bakteriosin v.b.) üretimi
Hepatik Ensefalopati			Üreaz üreten bağırsak mikrobiotasının inhibisyonu

2.2.1. Antimikrobiyal Etki

Birçok patojen bakteri ve mantar türlerine karşı kefirin etkisini incelemek amacıyla disk difüzyon deneyleri gerçekleştirilmiş ve birçok türe karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları kanıtlanmıştır. Kefirin gram negatif bakteriler üzerine bakteriyostatik etki yaratırken, gram pozitif bakteriler üzerine bakterisitik etki gösterdiği ifade edilmektedir (Tomar ve ark., 2017).

Kefirin antimikrobiyal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, farklı özellikteki kefir danelerinin (A; oval ve 4-7 mm çapında dane, L; oval ve 8-12 mm çapında dane, M; yuvarlak ve 10-15 mm çapında, S; yuvarlak ve 13-19 mm çapında dane) 24, 36, 48 ve 72 saat fermentasyonu sonunda *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Salmonella Enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Cronobacter sakazakii* üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas aeruginosa* üzerine tüm kefirlerin etkili olduğu belirlenmiştir. *Staphylococcus aureus* üzerine 48 saat inkübasyondan sonra pH değeri 3,77 olan M örneği ve 3,75 pH olan S örneği etkili, pH 3,71 olan L örneği ise kısmi etkili olarak tespit edilmiştir. *Escherichia coli* S ve M örneğinde pH 3,77’de, A örneğinde pH 3,81’de, L örneğinde pH 3,64’de önemli bir şekilde etki göstermiştir. Araştırmada *Cronobacter sakazakii* üzerine de kefirin etkisi incelenmiş ve L ile M örneklerinin pH 3,77’de, S örneğinin pH 3,65’te, A örneğinin ise pH 3,70’te antimikrobiyel etki gösterdiği belirlenmiştir. Ancak kefirin *Enterococcus faecalis* üzerine antimikrobiyel etkisi gözlenmemiştir (Kim ve ark., 2016).

Çeşitli çalışmalarda, kefirin mide ve bağırsak mikrobiotasında yer alan birçok mikroorganizmaya karşı antagonistik etki gösterdiği belirtilmektedir (Rosa ve ark., 2017). Günlük diyetle düzenli bir şekilde kefir tüketimi, kefir mikrobiotası tarafından üretilen asitler ve bakteriosinler nedeniyle bağırsak mukozasında yer alan rekabetçi patojen üzerinde antagonistik etki yaratarak inhibisyon sağlayabilmektedir (Xie ve ark., 2012).

Silva ve ark., (2009) *Candida albicans*, *Salmonella Typhi*, *Shigella sonnei*, *Staphylococcus aureus* ve *E. coli*'nin kahverengi şekerde kültürlenmiş kefir tarafından inhibe edildiğini gözlemlemiştir. Diğer yandan Chifiriuc ve ark., (2011), kefir taneleri ile fermente edilen sütün tümünün *Bacillus subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*, *E. faecalis* ve *S. enteritidis*'e karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu ancak *P. aeruginosa* ve *C. albicans*'ı inhibe etmediğini tespit etmiştir. Bütün bu çalışmalarda, kefirin antimikrobiyal aktivitesi organik asitlerin, peptitlerin, karbon dioksit, hidrojen peroksit, etanol ve diasetil üretimi ile ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, kefiranın bakteri ve *C. albicans*'a karşı antimikrobiyal aktivitesinin olduğu da bildirilmektedir (Rodrigues ve ark., 2005).

2.2.2. Antikanserojen Etki

Probiyotiklerin apoptoziyi indüklemenin yanı sıra, anti-proliferatif, anti-inflamatuar, antioksidan ve anti-mutajenik etkileri içeren farklı antikanserojenik özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Kefir kompleksin bileşenleri, farklı sinyalleşme yollarında hayati rol oynayan, apoptoz, proliferasyon ve transformasyon gibi biyolojik hücre işlemlerinde peptitler, polisakaritler ve sfingolipitler dahil antikanser biyoaktif bileşenlerin sentezinde rol alır. Yapılan birçok çalışmada kefirin, mutasyon ve DNA hasarını azalttığı, β -glukuronidaz, nitroredüktaz, azoredüktaz gibi kanser oluşumunda etkisi olan bazı enzimlerin aktivitelerini düşürdüğü, kanser oluşumuna neden olan maddeleri etkisizleştirdiği, kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini artırdığı ve asiditenin artmasına neden olarak kanserli hücre apoptozunu hızlandırdığı ve böylece antikanserojen etki gösterdiği tespit edilmiştir (Karatepe ve Yalçın, 2014).

Kanserin immün ve inflammatuar sistem bozukluklarının bir sonucu olarak meydana geldiği bilindiğinden bugüne kadar geçen sürede, kefirin immünomodülatör ve anti-inflamatuar özellikleri birçok çalışmanın konusu olmuştur. Kanser önleme ve erken evrede tümör oluşumunun baskılanmasında fermentasyon sonucu kefir, yoğurt gibi süt ürünlerinde meydana gelen metabolitlerin, kanserojen bileşikleri kanserojenlere dönüştüren enzim aktivitelerini geciktirmesi veya bağışıklık sisteminin aktifleştirilmesi şeklinde etki gösterdiği ifade edilmektedir (Sarkar, 2008). Kefirin

kanser hücresi üzerindeki bu etkisi aşağıda belirtilen mekanizmalar sonucu olduğu düşünülmektedir (Jain ve ark., 2009; Tellez ve ark., 2010; Sharifi ve ark., 2017) ;

1. Kefir alımı, apopitozun (programlı hücre ölümü) uyarılmasına yol açan TGF- α , TGF- β ve Bcl2 salgılanmasını azaltır, bax salgısını artırır.
2. TGF- α ve TGF- β 'nın düşük salgılanması, kanserli hücrelerde anti-proliferatif (hücrelerin çoğalmasını engelleyici) etki yaratır.
3. Kefirin aktif peptidleri, reaktif oksijen türlerinin neden olduğu apopitozu indükler ve DNA bölünmesi için Ca veya Mg'a bağlı endonükleazları aktive eder.
4. Kefir bileşiminde yer alan sfingomiyelinler, anti-proliferatif bir sitokin olan interferonun sekresyonunu (salgılanmasını) artırır.

Liu ve ark. (2002), tümör büyümesinin inhibisyonunu, tümörlerdeki apoptotik hücre lizisinin indüklenmesini ve farelerde IgA seviyelerinde önemli artışlar olduğunu gözlemleyerek, kefirin potansiyel olarak anti-tümöral özelliklere sahip olduğunu ve mukozanın bağırsak enfeksiyonlarına direncini arttırdığını ortaya koymuştur. Güzel-Seydim ve ark. (2003) ise, bu antikarsinojenik etkinin süt proteinlerinin yapısında sülfür bulunduran aminoasit gruplarından kaynaklandığını ileri sürülmektedir.

Nagira ve ark. (2002)'nin cilt kanseri hücreleri üzerine kefirin etkilerini incelediği çalışmasında, kefirin UVC (güneş ışınları ultraviyole) ışınlarından kaynaklanan melanom (deri kanseri tipi) hücre çizgilerinde (HMV-1 ve SK-MEL ve TIG-1) morfolojik değişikliklerin bastırıldığı gösterilmiştir. Sarkom (bağ dokusu) tümör hücresi taşıyan farelerde oral yoldan uygulanan soya sütü kefir ve süt kefirinin anti-tümör etkileri, kontrol grubuna göre tümör taşıyan grupta, süt kefir içeren tümör grubunda %64,8, soya sütü kefir grubunda %70,9 oranında tümör büyümesinin inhibe olduğunu gösterilmiştir (Liu ve ark., 2002). Lösemi üzerine kefirin etkisini araştırıldığı bir diğer çalışmada ise, kefir tüketiminin apopitozisin artmasına ve hücre proliferasyonunun (çoğalmasının) azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Transgrowing faktör beta-1 (TGF-beta-1) ve Transgrowing faktör-alfa ismindeki vücut immün sistemindeki stokinler üzerine etki ederek lösemideki kötü huylu T

lenfosit hücrelerine etki ettiği, TGF-beta1'i artırıp, TGF- α azaltarak anti-proliferatif bir etki gösterdiği belirlenmiştir (Maalouf ve ark., 2011).

2.2.3. İmmunomodülatör ve Anti-inflamatuar Etki

İmmunomodülatör ve anti-inflamatuar etki aşağıda belirtilen mekanizma sonucu oluşmaktadır (Jean ve ark., 2009; Tellez ve ark., 2010);

1. Kefirdeki biyoaktif peptitler, makrofaj aktivasyonunu, fagositozu ve nitrik oksit (NO) üretimini uyarır.
2. TNF- α ve IL-5, IL-6, IL-1 β , IL-12 gibi sitokinlerin salgılanması artar, IL-8 salgılanması azalır. Yüksek IL-5 ve TNF- α seviyesi IgA salgılanmasını artırır. Düşük IL-8 seviyesi, kemotaksisi ve nötrofillerin aktivasyonunu baskılayarak inflamatuvar yanıtı kontrol ediyor olabilir.
3. T helper-2 yanıtının baskılanması ve T helper-1 yanıtının aktive olması ile anti alerjik etki uyarılır.

Kubo ve ark. (1992)'nın, deri altından nakledilen Ehrlich asit tümörlerinin çoğalmasının inhibe edilmesine yönelik yaptığı çalışmada, oksidatif hasara karşı kefir ve Vitamin E'nin koruyucu etkisi araştırılmıştır. Karbon tetraklorid gibi hepatatoksit ajanların hücre hasarına karşı Vitamin E ve kefirin etkisinin incelendiği çalışmada, kefirin daha fazla koruyucu özelliğinin olduğu belirlenmiştir. Guven ve ark. (2003) ise benzer bir çalışmada, kefir ile tedavi edilen farelerin, karbon tetraklorürün neden olduğu hasara karşı daha yüksek koruyucu etkiye sahip olduğunu ve bir antioksidan olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Doğal immün sistem üzerine kefirin etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, kefirdeki metabolitlerin peritoneal makrofajlarda ve Peyer plaklarındaki adherent hücrelerde TNF- α ve IL-6 gibi çeşitli sitokin salınımlarını etkileyerek immün sistemini güçlendirdiği belirlenmiştir (Vinderola ve ark., 2006). Çalışmada farelere verilen kefirin, kobayların bağışıklık tepkisini düzenlediği, bağırsak ve bronş mukozasındaki IgA+ hücrelerinin sayısı ile peritoneal ve pulmoner makrofajların fagositik aktivitesini arttırdığı gözlenmiştir.

Kefirin anti-inflamatuar etkiye sahip olması nedeniyle bağırsakta kolonize olan mikroorganizmalar ve birçok bağırsak rahatsızlığına karşı koruyucu etki gösterdiği bilinmektedir. Kefir *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* ve *E.coli* gibi patojen bakterilere karşı antibakteriyel etkiye sahiptir (Karatepe ve Yalçın, 2015). Düzenli bir şekilde kefir tüketen bir kişinin vücuduna aldığı probiyotik bakteriler, özellikle de laktobasiller bağırsaklara yerleşir ve mevcut mikrobiotanın düzenlenmesinde etkili olur. Ayrıca bunların üretmiş oldukları çeşitli bileşikler sayesinde de hastalık etmeni bakterilerin ortadan kalkmasını veya baskın halinin sonlandırılmasını sağlamaktadır. Kefir mide kaslarının çalışmasını ve midenin daha hızlı boşalma fonksiyonunu teşvik ederek *H.pylori*'nin neden olduğu ülserlerin tedavisinde kullanılabilmektedir (Karatepe ve Yalçın, 2015).

Özkan (2008), Trinitrobenzen sülfanik asit (TNBS) aracılı deneysel kolit modelinde %10 konsantrasyonda kefir verilen ratlarda klinik, makroskopik ve histolojik kolit bulgularında düzelme sağlandığını tespit etmiştir. Ancak kefir konsantrasyonunun %30'a çıkarıldığı grupta diyare insidansı, kilo kaybı ve histolojik kolit skorlarının kolit-kontrol grubuna benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ratlar üzerinde yapılan doku biyokimyasal parametrelerine göre, mieloperoksidaz düzeyinin kolit gruplarında 3-4 kat arttığı gözlenmiştir. Çalışmada IL-1 β düzeyinin gruplar arasında önemli bir fark yaratmazken, özellikle %30 kefir-kolit grubunda IL-10 düzeyinin baskılandığı tespit edilmiştir. TNF- α açısından değerlendirildiğinde ise; beklenenin aksine kontrol gruplarında TNF- α yüksek düzeyde iken kolit gruplarında TNF- α (Tümör nekrosis faktör- alfa)'nın baskılandığı görülmüştür. TNBS aracılı deneysel kolit modelinde %10 konsantrasyonda verilen kefirin kolite karşı koruyucu etkisinin olmasına rağmen, %30 konsantrasyonda koruyucu etkinin olmadığı ve kolit tablosunu şiddetlendirdiği gözlenmiştir.

2.2.4. Bağışıklık Sistemine Etkisi

Kefirin immünomodülasyon kapasitesi üzerine yapılan bir çalışmada, farelerde bağırsak mukozal immün yanıtı incelenmiş, kullanım miktarı ve hücre canlılığı üzerine etkisi araştırılmıştır. BALB/c cinsi fareler üzerine yapılan çalışmada,

ticari kefir (1/10, 1/50, 1/100 ve 1/200 seyreltilmiş) ve pastörize kefir (1/10, 1/50, 1/100 ve 1/200 seyreltilmiş) ile fareler beslenmiştir. Her bir besleme periyodunun sonunda, karaciğerde bakteriyel translokasyon analizi gerçekleştirilmiş, ince bağırsak yapısı, IgA+ ve IgG+ hücrelerinin sayısı da incelenmiştir. Araştırma sonucunda bir Th1 tepkisinin kefir beslenmesinden kaynaklanan Th2 sitokinleri tarafından kontrol edilebildiğini göstermiştir. Pastörize kefirle beslenen farelerde hem Th2 hem de Th1 cevaplarını tetiklediği, Th1 tepkisinin kefir beslenmesinden kaynaklanan Th2 sitokinleri tarafından kontrol edildiğini göstermiştir. Çalışmada, IL-4, IL-6 ve IL-10, IgA+ hücre sayısındaki artışla uyumlu olarak, ticari ve pastörize kefirle beslenen farelerin ince bağırsaklarının lamina propriyumunda önemli derecede arttığı belirlenmiştir (Vinderola ve ark., 2005).

Doğal kefir danesinden ve starter kefir kültürü kullanılarak üretilen kefirlerin immün sistemi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 6-8 haftalık, 20-25 gram, erkek Balb/c farelerine iki hafta gavaj yoluyla 300 µl/gün miktarında kefirle beslenmiştir (Davras, 2018). Sakrifikasyon işleminden sonra doğal kefir danesi kullanılarak üretilen kefir ile beslenen farelerin (KGI grubu), starter kültür kullanılarak üretilen kefir ile beslenen farelerin (STI grubu) ve fosfat tamponlu salin (PBS) ile beslenen kontrol grubu farelerinin (CNI) bağırsak dokuları alınarak yapılan inceleme sonrasında, intestinal sıvı örneklerinde İmmünoglobulin (Ig) A, İmmüoglobulin G, İnterlökin(IL)-4, İnterlökin-10, İnterlökin-12, Toll Like Reseptör (TLR) -4 analizleri yapılarak immünolojik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. CNI, KGI ve STI grubunun IgA değerleri sırasıyla 60,87; 72,78 ve 55,31 ng/mL; IgG değerleri 26,59; 38,90 ve 29,44 ng/mL; IL-4 değerleri sırasıyla 84; 40,28 ve 53,28 pg/mL; IL-10 değerleri sırasıyla 110,98; 175,91 ve 134,77 pg/mL; IL-12 değerleri 53,90; 22,93 ve 24,75 pg/mL; TLR-4 değerleri 0,53; 0,43 ve 1,37 ng/mL olarak belirlenmiştir. Araştırma sonunda, dane kefirinin birçok immünolojik mekanizmayı modüle etme kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir.

2.2.5. Hipokolesterolemik Etki

Günümüzde kardiyovasküler hastalıkların artması nedeniyle, birçok kişi tükettiği besinlerin kolesterol içeriğine önem vermeye başlamıştır. Günümüze kadar

yapılan çalışmalarda, fermente süt ürünleri tüketiminin kolesterol metabolizması üzerine olumlu etkileri olduğu bilinmektedir (Güzel-Seydim ve ark., 2011). Kefir tüketiminin, serum kolesterolünü düşürdüğüne dair kanıtlar tam olarak gösterilmemiş olsa da, kefirdeki bakteri ve mayaların safra asidi parçalama yeteneğinde olan enzimleri oluşturarak kolesterol emilimini azalttığı ve kolesterol sentezinin en önemli enzimi olan HMG-CoA redüktazın aktivitesini azaltarak etki yarattığı ifade edilmektedir (De Angelis Pereira ve ark., 2013). Kefirdeki laktik asit bakterilerinin sayısının artması, bakterilerin metabolik ürünleri vasıtasıyla doğrudan kolesterol üzerindeki etkisinden dolayı %33'e kadar kolesterolün bağlanmasını sağlar (Hosono ve Tanako, 1995). Kefir üretiminde sütün kefir kültürleri ile 24 saat inkübe edildiği süreçte kolesterolün %28-65 oranında asimilasyonuna yol açtığı belirlenmiştir (Vujicic ve diğ., 1992). Koyun, inek ve keçi sütünden üretilen kefirlerde, koyun sütünden elde edilen kefirlerin daha fazla hipokolesterolemik aktivite gösterdiği saptanmıştır (Wojtowski ve ark. 2003). Süt ve soya sütü kefirinin hipokolesterolemik etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise, 8 haftalık bir süre boyunca %10 yağsız süt, süt kefiri, soyasütü ve soya sütü kefiri içeren kolesterolsüz veya kolesterolle zenginleştirilmiş bir diyet erkek hamsterler üzerinde denenmiştir. Soya sütü, süt kefiri ve soya sütü kefiri diyetlerinin tümü, serum triasilgliserol ve toplam kolesterol konsantrasyonlarının azaltılmasına ve karaciğerde kolesterol birikiminin azalmasına, serum kolesterol konsantrasyonundaki azalmanın esas olarak HDL olmayan fraksiyonda olmasına neden olmuştur. Çalışmada soya sütü kefirinin HDL-kolesterolün serum oranında belirgin bir düşüşe neden olduğu belirlenmiştir (Liu ve ark., 2006).

2.2.6. Kan Şekerini Düzenleyici Etki

Kan şekeri düzenleyici etkileri konusunda yapılan çalışmalar sonucunda kefiran ve kefirin suda çözünen kısımlarının iskelet kası hücrelerinde glikoz alımını artırdığı belirtilmektedir. Bu nedenle Tip 2 diyabet tedavisinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Deneysel Tip 2 diabetes mellitus (T2DM) ve nonalkolik karaciğer yağlanması (NAFLD) oluşturulan ratlarda kefirin koruyucu etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, toplam 30 adet Wistar albino ırkı dişi rat üzerinde inceleme yapılmıştır. Kontrol grubu hayvanlara herhangi bir uygulama yapılmazken, T2DM oluşturabilmek

için ratlara tek doz üzerinden 80 mg/kg intraperitoneal streptozotosin, NAFLD oluşturabilmek için de ratlara yağ içeriği yüksek rat yemi verilmiştir. Deneme sonucunda rasyonunda kefir bulunan ratların kan glikoz düzeylerinde düşüş meydana geldiği belirlenmiştir (Özsoy ve ark., 2017).

2.2.7. Antialerjik Etki

Gıda alerjileri, özellikle sütte protein alerjisi önemlidir. Sütün fermente edilmesi sonucu elde edilen kefirin düzenli bir şekilde tüketimi IgE ve IgG1 yanıtı baskılamakta ve antialerjik etki yaratmaktadır. Ayrıca alerjik bronşiyal astım tedavisinde de kefir kullanımı tavsiye edilmektedir (Ahmed ve ark., 2013). Başka bir çalışma, kefirin akciğer dokusunda ve mukus hipersekresyonunda ovalbümin kaynaklı eozinofili önlediğini göstermiştir. Bunun önlenmesi, kefirin alerjik bronşiyal astımın tedavisi için büyük terapötik potansiyel olduğunu göstermektedir (Lee ve ark. 2007).

2.2.8. Kan Basıncı Üzerine Etki

Hayvan deneylerinde kefiranın, özellikle yüksek miktarda diyet kolesterol tüketen hayvanlarda kan basıncını ve serum kolesterol seviyesini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Maeda ve ark. 2004). Kan basıncındaki azalma, anjiyotensin dönüştürücü enzimi (ACE) baskılamakla ilişkilendirilmektedir. ACE aktivitesi kan basıncını farklı yöntemlerle etkiler. ACE AT I'yi AT II'ye dönüştürür. AT II güçlü bir vazokonstriktördür ve ayrıca uyarıcıdır. Kefirden 16 peptitten ikisinin ACE inhibe edici aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Quiros ve ark., 2005). Günümüzde ACE baskılayıcılarının hipertansiyon tedavisinde kullanıldığı görülmektedir.

2.3. Besinsel Lif ve Özellikleri

Bazı besinlerin tüketilmesi sonucu hastalıkların önlenmesi veya tedavisindeki etkinliğinin ortaya konulması, gıda maddeleri desteği ile insan sağlığının korunması konusunda fonksiyonel besinlere karşı ilginin artmasına neden olmuştur. Tamamlayıcı beslenmede ana besin ögesi olarak tüm toplumlarda tahıllar görülmektedir. Karbonhidrat içeriği yüksek olan buğday, arpa, pirinç, çavdar gibi tahıl

grupları aynı zamanda lif kaynağı olarak da önemli bir yere sahiptir (Comba ve Çaltepe, 2013).

Hispley tarafından 1953 yılında bitki hücre duvarını oluşturan sindirilemeyen bileşenler elde edilmiş ve “besinsel lif” olarak adlandırılmıştır (Bach Knudsen, 2001). Diyet lifi selüloz, hemiselülozlar, pektik maddeler, zamklar, dirençli nişasta, inülin gibi hem oligosakaritler hem de polisakaritler olan bitki karbonhidrat polimerlerinin bir karışımını içerir. Bu lifler lignin ve polifenoller, mumlar, saponinler, kütin, fitazlar, dirençli protein gibi diğer karbonhidrat olmayan bileşenlerle de ilişkilidir.

Gıda sanayinde besinsel lif kullanımında dikkat edilen en önemli noktalardan biri suda çözünbilme özelliğidir. Bu liflerin gıdalarda serbest suyu bağlama özellikleri yanında; stabilizer etkisi, prebiyotik özellikte olması, gıdanın besinsel lif içeriğini arttırması ve yağ ikame maddesi olarak kullanılabilmesi açısından kullanımının son yıllarda arttığı görülmektedir.

Besinsel lifler fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından farklılık göstermekte ve birçok sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 2.5).

Bitki hücre duvarında bulunan ve çeşitli tipte karbonhidratlardan meydana gelen lifler, insanların sindirim sisteminde bulunan enzimler tarafından hidrolize edilememektedir. Özellikle kolonda yer alan probiyotik özellikteki *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* gibi bakteriler, diyet liflerini fermente ederek, bütirat, asetat, propionat gibi kısa zincirli yağ asitleri sentezlemekte ve canlılıklarını ve aktivitelerini korumalarını sağlayıcı metabolitler oluşturmaktadırlar (Vasiljevic ve ark. 2007).

Besinsel lifler içerisinde süt ve ürünlerinde pektin, inülin ve β -glukan üzerine yapılan birçok çalışma mevcuttur (Atamer ve ark., 1999; Ertekin, 2008; Samadi Jirdehi ve ark., 2013). Lif kökenli yağ ikame maddeleri az yağ içeren gıdaların yapısını iyileştirmekte, su tutma kapasitesini artırmakta, raf ömrü süresince yapıyı korumaktadır. Suda çözünbilme özelliğinde olan β -glukanın farklı süt ürünlerinde kullanılabilirliği üzerine çalışmalara halen devam edilmektedir.

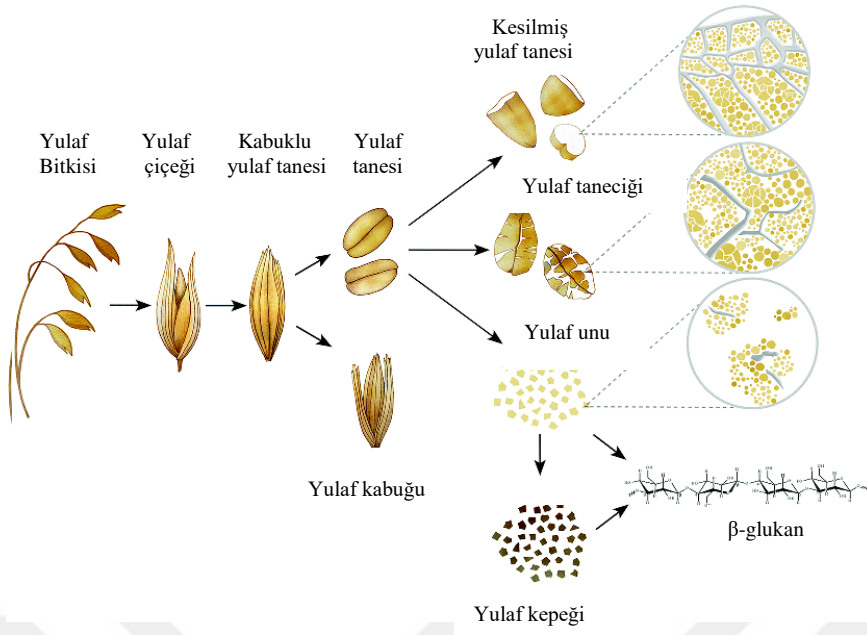
Tablo 2.5. Besinsel liflerin sınıflandırılması (Pehlivanürk ve Özen, 2013)

Sınıf	Lifler
Diyet Lifleri	Lignin Selüloz β -glukanlar Hemiselüloz Pektinler Sakız/Zamksı Maddeler Dirençli Nişasta
Çözünür Lifler	β -glukanlar Sakız/Zamksı Maddeler Buğday Dekstrini Psiliyum Pektin İnülin
Fermente Edilebilen Lifler	Buğday Dekstrini Pektinler β -glukanlar Guar Sakızı İnülin
Visköz Lifler	Pektinler β -glukanlar Bazı Sakızlar Psiliyum
Fonksiyonel Lifler	Dirençli Dekstrin Psiliyum Fruktooligosakkaritler Polidekstroz İzole Edilmiş Sakız/Zamklar İzole Dirençli Nişasta
Çözünmeyen Lifler	Selüloz Lignin Bazı Pektinler
Fermente Olmayan Lifler	Selüloz Lignin
Visköz Olmayan Lifler	Polidekstroz İnülin

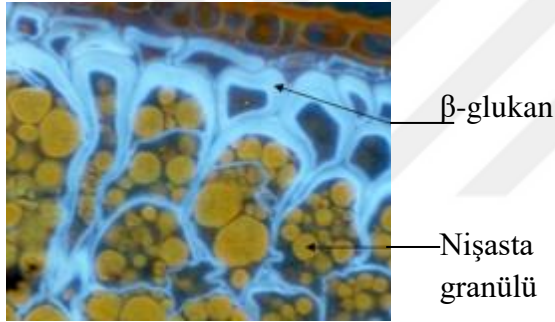
Ayrıca birçok ülkede beslenme desteği olarak OTC (over the counter) ürün kategorisinde yer alırken, bazı mantar türlerinden elde edilenler ilaç kategorisinde bulunmaktadır. β -glukan makarna, yulaf gevreği, tahıl gevreği, unlu mamuller, içecekler ve et ürünleri de dahil olmak üzere birçok gıdada fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Morin ve ark., 2004). Ayrıca krem yapımında, yem endüstrisinde ve mayonez yapımında da kullanılmaktadır. Farklı gıdalara ilave edilen β -glukanın sağlık için kullanılabilir limit değeri, FDA tarafından günlük en az 3 g β -glukan olarak belirtilmektedir (Lyly ve ark., 2003). Bununla birlikte, erkeklerin kadınlara kıyasla tükettikleri lif miktarı daha fazladır (Pehlivanürk ve Özen, 2013).

Gıda ve Beslenme Kurulu, Tıp Enstitüsü, 2001, günlük diyet lifinin ortalama gereksinimi 50 yaşından küçük kadınlar için günde 25 g, 50 yaşından büyük kadınlar için günde 21 g, 50 yaşından büyük erkekler için günde 38 g ve 50 yaşından küçük erkekler için günde 30 g olarak önerilmektedir. Beslenme ve diyet uzmanlarının çoğu günlük lif alımımızın yaklaşık %20-30'unun çözülebilir liflerden karşılanması gerektiğini vurgulamaktadır (Elleuch ve ark., 2011). Günlük lif tüketiminin alınan kaloriye göre değişebildiğini gösteren çalışmalarda, 1.000 kcal başına 10-13 g, 2.000 kcal başına 25 g ve 3.000 kcal başına 30 g diyet lifi önerilmektedir (Pehlivanürk ve Özen, 2013).

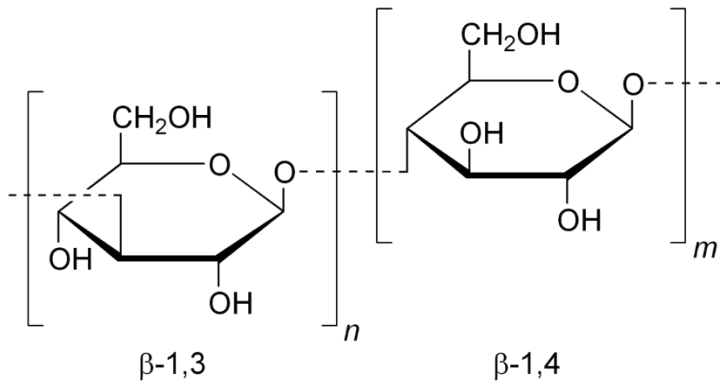
β -glukan kaynağı olarak başta yulaf olmak üzere çeşitli tahıllar, ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*), çeşitli mantarlar (*Coriolus versicolor*, *Lentinus edodes*, *Schizophyllum commune*) ve bazı bakteriler (*Agrobacterium* spp., *Alcaligenes faecalis*) kullanılabilir. β -glukan, kaynağına göre (1,3), (1,4) ve (1,3), (1,6) bağlantı noktalarına sahiptir. Kısa ve orta uzunluktaki zincirlerden oluşan çeşitli polisakkarit formlarda bulunmaktadır. Bu formların oluşumunda β -glikozidik bağlar önemli olmaktadır. Tahıl temelli β -glukanlar, β -(1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4) bağları içermektedir. Suda çözünme özelliklerinden dolayı insan beslenmesinde çözünür lif desteği olarak önemli rol oynamaktadır. Ayrıca fermente olabilme, su tutma kapasitesi, viskozite, bağlayıcılık ve kitle oluşturma özellikleri de bulunmaktadır (Pehlivanürk ve Özen, 2013).



Şekil 2.1. Yulaf bitkisinde β -glukan yapısı-1 (Myriam ve ark., 2018)



Şekil 2.2. Yulaf bitkisinde β -glukan yapısı-2 (Anonim, 2019a)



Şekil 2.3. β -glukan kimyasal yapısı (Anonim, 2019b)

Tahıllar arasında β -glukan oranı birbirinden farklı olup, kuru maddede bulunan β -glukan oranı şöyledir (Şimşekli ve Doğan, 2015);

- Buğday 0,5-3,8
- Pirinç 1,0-3,5
- Yulaf 5,5-11,0
- Arpa 3,0-10,6

Duyusal olarak yağın ağızda bıraktığı kaplama hissi, tat, yoğunluk ve dolgunluk olarak tanımlanan kıvam, yumuşaklık ve krema hissi olarak tanımlanan yağlayıcılık, ve yapışkanlık gibi birçok fiziksel parametre ile ürün değerlendirilmesi önemlidir. Yapılan çalışmalar sonucunda gıdalardan eksiltelen yağ yerine, vücut için olumsuz özellik taşımayan ancak bahsedilen duysal özellikleri sağlayabilen yağ ikame maddeleri son yıllarda büyük önem kazanmıştır. İnsan beslenmesinde yüksek yağ içeriğine sahip gıdaların sebep olduğu bazı hastalıklar nedeniyle, tüketici kaygılarını ortadan kaldırmak amacıyla son yıllarda yağ ikame maddeleri ürün özelliklerini geliştirmek için kullanılmaktadır. Yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan da ürün kalori değerini azaltmak amacıyla yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır (Bekers ve ark., 2001; Xu ve ark., 2007; Kurtuldu, 2012; Liutkevicius ve ark., 2015). Yağ ikame maddelerinin karbonhidrat kaynaklı olanları su tutma ve jelasyon özelliğinden dolayı yağsız veya yağ içeriği azaltılmış gıdalarda kullanımı oldukça yaygındır (Akoh, 1998).

Kronik sağlık problemlerinin azaltılmasında, tahıl kaynaklı β -glukan katkılı gıdaların düzenli bir şekilde tüketiminin etkili olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Yulaf veya arpada bulunan β -glukanın düşük miktarlarda bulunması, ilave edilen gıdaların yapı ve duysal özelliklerinde de bir takım değişikliklere neden olabilmektedir (Vasanthan ve Temelli 2008).

Diyet liflerinin insan sağlığı ve beslenmesindeki yararlı etkileri, başta β -glukan olmak üzere gıdalarda kullanımını yaygınlaştırmıştır (Sahan ve ark., 2008; Lee ve ark., 2008a). Son yıllarda birçok gıda üretiminde β -glukanın kullanımı üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır. İnsan sağlığı üzerine hipokolesterolemik ve hipoglisemik

etkilerinin incelendiği çalışmaların günümüzde de devam ettiği görülmektedir (Wood 1997; Charalampopoulos ve ark., 2002; Wood 2004; Brennan ve Cleary 2005).

Yağ tüketiminde kalorinin %30 azaltılmasının yanı sıra meyvelerden, sebzelerden ve tam tahıllardan elde edilen diyet lifi tüketiminin, bazı kanser türlerinin gelişimini azaltabileceği belirtilmektedir. Son çalışmalar, diyet lifi ile kolorektal, ince bağırsak, oral, gırtlak ve meme gibi çeşitli kanser türlerinin gelişimi arasındaki bu ters ilişkiyi desteklemektedir (Lattimer ve Haub, 2010). Diyet liflerin kanser oluşumunu önlemede çeşitli etkileri vardır: İlk olarak, diyet lifi ince bağırsakta sindirime dayandığından anti-kanserojen özelliklere sahip olan kısa zincirli yağ asitleri üretmesi için fermente edildiği yer olan kalın bağırsağa geçişine izin verir. İkincisi, lifler dışkı şişmesi ve viskozitesini arttırdığından, potansiyel kanserojenlerle mukozal hücreler arasında temas süresi daha kısa olur. Üçüncü olarak, diyet lifi safra asitleri ve kanserojenler arasındaki bağlanmayı artırır. Dördüncü olarak, diyet lifi alımının artması, antioksidanların seviyelerinin artmasında neden olur. Son olarak, diyet liflerin bağırsaklarda östrojen emiliminin engellenmesi nedeniyle dışkıda salgılanan östrojen miktarını artırabilir (Adlercreutz ve ark., 1987; Young ve ark., 2005). Bununla birlikte besinsel lif ve kanser riski arasındaki ilişki kesin olmamakla birlikte, kanser ve diğer sağlık problemlerine karşı korunmaya yardımcı olduğu bir gerçektir (Steven ve ark., 2004; Khanna ve ark., 2014).

Birçok çalışma diyet lifi tüketimi ile kronik kalp hastalığı riskinin azaltıldığı fikrini desteklemektedir. Bununla birlikte, son yıllarda yapılan çalışmalar, diyete eklenen her 10 g ilave lif için kalp hastalığından ölüm riskini %17-35 oranında azaltılabildiğini göstermektedir (Pereira ve ark., 2004; Streppel ve ark., 2008). Kronik kalp hastalığı için risk faktörleri arasında hiperkolesterolemi, hipertansiyon, obezite ve tip iki diyabet yer almaktadır. Bu risk faktörlerinin kontrolünün ve tedavisinin sağlanmasında diyet lif alımı ile kronik kalp hastalığının azalması arasında çeşitli mekanizmaların rol oynadığı tahmin edilmektedir. Örneğin, çözünür liflerin safra atılım hızını arttırdığı, dolayısıyla serum toplam ve LDL kolesterolünü azalttığı kanıtlanmıştır (Story ve ark., 1997). İkinci önemli nokta, kısa zincirli yağ asidi üretiminin, özellikle propiyonatın, kolesterol sentezini inhibe ettiğinin kanıtlanmasıdır. Üçüncü olarak, diyet lifinin enerji alımını düzenleyebilme yeteneğini

gösterilmektedir. Böylece kilo kaybı veya sağlıklı bir vücut ağırlığının korunması sağlanmış olur. Dördüncü olarak, glisemik kontrol veya azaltılmış enerji alımı yoluyla, diyet lifinin tip iki diyabet riskini azalttığı gösterilmektedir. Ayrıca, diyet liflerinin vücut lekesini etkileyebilecek interlökin-18 gibi proinflamatuvar sitokinleri azalttığı saptanmıştır. Son olarak, artan diyet lifi alımının, dolaşımdaki C-Reaktif protein seviyelerini, enflamasyon belirtecini ve kronik kalp rahatsızlığı için bir öngörücüyü azalttığı gösterilmiştir (Amaral ve ark., 1992; Esposito ve ark., 2003; Ma ve ark., 2006; Lattimer ve Haub, 2010).

Farklı kaynaklardan elde edilen β -glukanın moleküler ağırlığı ve viskozitesi değişiklik gösterebilmektedir. Yulaflardan elde edilen 5 g β -glukanın, serum kolesterolünü ve postprandial glikoz (yemek sonrası kan şekeri) ve insülin seviyelerini önemli derecede düşürdüğünü, ama arpadan elde edilen aynı miktar β -glukanın ise hiçbir etki oluşturmadığını gösteren bulgulara rastlanmaktadır (Björklund ve ark., 2005; Lattimer ve Haub, 2010).

β -glukan'ın sağlık üzerine etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmada, yulaf ve arpada bulunan β -glukan oranına bağlı olarak toplam serum ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL)-kolesterol seviyesi ve hipertansiyon riskinde azalma meydana getirdiği vurgulanmaktadır (Wood 1997). Ayrıca mikrobiyel dengenin gelişimi sayesinde gastrointestinal sistem açısından daha uygun koşulların sağlandığını, özellikle de laktik asit bakterilerinin ve *Bifidobacterium* ile *Lactobacillus* türlerinin gelişiminin desteklendiğini ortaya çıkarmaktadır (Ryhänen ve ark. 1996, Jaskari ve ark. 1998, Angelov ve ark. 2006).

2.3.1. Süt ve Ürünlerinde β -Glukan Kullanımı

Elsanhoty ve ark. (2009) arpa kaynaklı β -glukanın, düşük yağ içerikli Labne peynirinde kullanımının, 5°C'de 30 günlük depolama aşamasındaki peynirin kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. İnek sütünden elde edilen Labne peynirine, yağ ikamesi olarak %5 oranında β -glukan eklenmiş, kontrol örnekleri olarak da biri tam yağlı Labne, diğeri β -glukan içermeyen Labne peyniri seçilmiştir. Starter kültür olarak da *L. acidophilus* La-5 ve *B. lactis* Bb-12

kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, arpa kaynaklı β -glukan ilaveli Labne peynirlerinin içerdiği probiyotik bakterilerin, kontrol örneklerine göre daha fazla canlılık gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan duyu analizler sonucunda, en fazla kabul gören Labne peynir örneklerinin %5 β -glukan içerenler olduğu, en az kabul görenin ise β -glukan içermeyen kontrol grubunun olduğu saptanmıştır. Yağ içeriği azalan Labne peynirlerinin, toplam protein ve kül miktarlarında artış gözlemlendiği, β -glukan içerenlerin, kontrol gruplarına göre daha yüksek randıman sağladığı ve depolama esnasında daha düşük pH değerine sahip olduğu da ifade edilmiştir.

Yulaf kaynaklı β -glukanın prebiyotik madde olarak kullanım potansiyelinin, önemli bir prebiyotik olan inülininden daha yüksek olduğu ve daha uzun süre tokluk hissi oluşturduğu belirtilmektedir (Kurmann and Rasic 1991, DeVries 2001).

Tudorica ve ark. (2004) arpa kaynaklı β -glukanın sütün koagülasyon özelliklerine ve Labnenin reolojik, tekstürel ve mikrobiyal yapısında oluşturduğu etkilerle ilişkisini incelemişlerdir. Reolojik ölçümler ile koagülasyon oranını ve optimum pıhtı kesim süresini hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlar, β -glukan içeren sütün koagülasyon süresinde önemli ölçüde azalma sağlandığını, β -glukan ilavesi ile Labne üretim veriminin artırılabilirdiğini, viskoelastik ve reolojik özelliklerinin değişime uğradığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, arpa kaynaklı β -glukan gibi hidrokolloidlerin, düşük yağlı süt ürünleri üretiminde yağ ikamesi olarak kullanımının mümkün olduğunu ortaya koymaktadır.

Angelov ve ark. (2006) %4, %5,5 ve %7 yulaf unu içeren örneklerle, farklı oranda tatlandırıcı ilave ederek laktik asit bakterileri ile fermente edilen ve sağlık açısından olumlu etkileri olabilecek probiyotik bir içecek üretmişlerdir. Fermentasyon işlemi sonucunda canlılığını koruyabilen probiyotik bakteri sayısının yaklaşık $7,5 \times 10^{10}$ kob/mL oranında olduğu belirlenmiştir. İçeceğin fermentasyon ve depolama boyunca β -glukan içeriğinin, %0,31-0,36 düzeyinde kaldığı, raf ömrünün ise buzdolabında saklama koşullarında 21 gün olduğu tespit edilmiştir.

Sahan ve ark. (2008) yağsız yoğurt üretiminde β -glukanın, hidrokolloid bir yağ ikame maddesi olarak kullanım olanağını araştırmışlar, depolamanın 1., 7. ve 15.

günlerinde fiziksel, kimyasal ve duyuşsal analizler gerçekleştirmişlerdir. β -glukan içeren ve içermeyen yağsız yoğurt örnekleri karşılaştırıldığında yoğurt örneklerindeki protein ve yağ içeriğı aynı bulunurken, kül miktarları farklılık göstermiştir. Depolama boyunca β -glukan içeren yoğurtlardaki pH değışimi, titre edilebilir asitlik ve uçucu yağ asit içerikleri önemli bir değışim göstermemiştir. Jel sıkılığı ve su tutma kapasitesi β -glukan ilavesinden etkilenmezken, depolama süresi ile birlikte düşüş göstermiştir. Depolama süresince yoğurdun viskozitesinde ise β -glukan ilavesi ile artış meydana gelmiştir. Duyusal analizler sonucunda, β -glukan içermeyen kontrol gruplarının ve %0,25-0,50 β -glukan içeren yağsız yoğurtların tercih edildiğı gözlenmiştir. Yağsız yoğurt üretiminde β -glukanın, gerek içerdğı diyet lif miktarı, gerekse yağsız yoğurtların fiziksel ve duyuşsal özelliklerine sağladğı katkıları göz önünde bulundurularak, kullanımının uygun olduğı görülmüş ve üretimdeki en olumlu sonuçların %0,25-0,50 oranlarında β -glukan ilavesi ile elde edildiğı tespit edilmiştir.

Bifidobacterium animalis ssp. *lactis* içeren probiyotik yoğurt üretiminde inülin, yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan ilavesinin, 30 gün süren depolama süresince probiyotik bakterilerin gelişimi ve metabolik aktiviteleri üzerine etkilerinin incelendiğı bir çalışmada, yulaf kaynaklı β -glukan ilaveli yoğurt örneklerindeki probiyotik bakterinin, inülin içeren kontrol grubu yoğurt örneğinden daha yüksek sayıda probiyotik bakteri içerdğı belirlenmiştir. Örneklerde laktik ve propiyonik asit üretiminin arttığı gözlenmiştir. β -glukan katım oranı %0,24'ün üzerine çıktığında, proteinler ile β -glukanın üründe daha iyi bir pıhtı yapısı oluşturduğu ve β -glukanın prebiyotik özellik göstererek *Bifidobacterium* gibi probiyotik bakterilerin canlılığını korumada önemli bir etkisinin olduğu gözlenmiştir (Vasiljevic ve ark., 2007).

Rosburg ve ark. (2010) yoğurdun depolama süresi boyunca, β -glukanın *Bifidobacterium* türlerinin yaşam süresi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yoğurt üretiminde, %1,33 modifiyeli mısır nişastasından ve yulaftan ekstrakte edilmiş β -glukandan %0,44 oranında kullanılmıştır. Probiyotik kültür olarak da 10^9 kob/mL konsantrasyonunda *B. breve* ya da *B. longum* türlerini içeren yoğurt örnekleri 4°C'de muhafaza edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda *S. thermophilus* ve *L. delbureckii* subsp. *bulgaricus*, β -glukan içirip nişasta içermeyen gruplarda ve kontrol gruplarında (β -glukan ve nişasta içermeyen) 10^8 kob/mL oranında tespit edilmiştir. *B. breve*, tüm

örnek gruplarında tedavi edici özelliğini koruyacak ölçüde canlılığını koruyabilmiştir. Ayrıca, β -glukan ve nişasta içermeyen örnek gruplarında *B. longum* 'un 10^7 kob/mL konsantrasyonundaki yaşam süresi 7 günde kalırken bu değer, β -glukan eklenmiş olan örnek gruplarında 14 güne kadar uzatılabilmektedir. Sonuçlar, düşük sıcaklıktaki depolama koşullarında yoğurttaki β -glukan varlığının, *Bifidobacterium* türleri üzerinde koruyucu etkilere sahip olduğunu göstermiştir.

Hindistan'da üretilen ve geleneksel ismi "Misti Dahi" olan tatlı set tipi yoğurt üretiminde kontrol örneği yanı sıra, inulin, soya lifi ve yulaf lifi olmak üzere üç farklı besinsel lifin kullanıldığı bir çalışmada, duyuşal değerlendirmede en düşük puanı çökelmiş yulaf lifi tabakasının oluşumu nedeniyle yulaf lifi içeren örnek almıştır (Narender Raju ve Pal, 2014). Bu çalışmada kullanılan yulaf lifi, inkübasyon sırasında belirli agregatlarla kabın dibine çökelmiş ve kabul edilemez bir görünüme yol açan yaklaşık %93 çözünmeyen lif içerdiği gözlenmiştir. Bu, yulaf lifi içeren örnekte, su salmanın olması da dikkate alındığında Misti Dahi'nin en düşük renk ve görünüm puanı almasına neden olmuştur. Her ne kadar inulin ve soya lifi, kontrol örneğine göre daha düşük puanlar almış olsa da, ortalama puanlar ürünün kabul edilebilir kalite göstergesi olan 6,5 puan üzerinde olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde Fernandez-Garcia ve McGregor (1997), şeker pancarı lifi ve pirinç lifi ilavesinin tatlandırılmış sade yoğurdun görünüm puanlarını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Çalışmada ayrıca 1,32 g / 100 mL olarak ilave ettikleri liflerin sırasıyla %88 ve %97 çözünmeyen diyet lifi içermesine rağmen, iki yulaf lifi ile takviye edilmiş yoğurtun ticari olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir.

Diyet lifi eklemesinin probiyotik yoğurt özelliklerine etkisini inceleyen Özcan ve Kurtuldu (2014), diyet lifi arpa ve yulaf β -glukanın prebiyotik olarak *B. bifidum*'un canlı kalabilirliğini, biyoterapötik düzeyde (>7 log cfu/g) olduğunu ifade etmektedir. Yoğurt içerisine β -glukanın eklenmesi pH, titre edilebilir asitlik (% LA), serum ayrılması, renk (L^* , a^* , b^*) ve yoğurtların duyuşal özelliklerini içeren fizikokimyasal özellikleri önemli ölçüde etkilediğini saptamıştır. Sonuç olarak, β -glukan, yeterli yaşayabilirlik ve kabul edilebilir duyuşal özelliklere sahip tahıl bazlı fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Yağsız yoğurt üretiminde kontrol (K), %0,25 (A), %0,5 (B) ve %1 (C) oranlarında β -glukan ilavesinin etkisini araştıran Sahan ve ark. (2008), yoğurt örneklerindeki kuru madde oranlarının %12,79-13,38, yağ %0,1, protein %4,86-4,98, kül oranının %1,11-1,39 arasında belirlenmiş, protein ve yağ içeriğinin istatistiksel olarak benzer, kuru madde ve kül miktarlarını ise farklı değerler taşıdığı belirlenmiştir. Depolama boyunca β -glukan içeren K, A, B ve C örneklerinin pH değişimi sırasıyla 4,13-4,40; 4,21-4,48; 4,15-4,36 ve 4,18-4,43 bulunmuştur. Örneklerin uçucu yağ asit içerikleri ise kontrol örneğinde 3,93-4,43 mL 0,1 N NaOH/100 g, β -glukan katkılı A, B ve C örneklerinde sırasıyla 3,66-4,13; 3,66-4,40; 3,66-3,80 mL 0,1 N NaOH/100 g olarak tespit edilmiştir. Tirozin içeriklerinin de tespit edildiği çalışmada, K, A, B ve C örneklerinde 0,14-0,20; 0,15-0,20; 0,17-0,20 ve 0,17-0,23 mg/g düzeyinde saptanmıştır. Araştırmada örneklerin jel sıkılığı ve su tutma kapasitesi β -glukan ilavesinden etkilenmezken, depolama süresi ile birlikte düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Depolama süresince örneklerin β -glukan ilavesine bağlı olarak viskozite değerlerinde artış görüldüğü saptanmıştır. Duyusal analizler sonucunda, kontrol grubu ile %0,25 ve %0,50 β -glukan içeren yağsız yoğurt örneklerinin daha yüksek puan alarak beğeni kazandığı belirlenmiştir.

Arpa kaynaklı β -glukanın, düşük yağ içerikli Labne peynirinde kullanımının etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada, Labne peynirine %5 oranında β -glukan ve starter kültür olarak da *L. acidophilus* La-5 ve *B. lactis* Bb-12 kullanılmıştır. Depolama süresi olan 30 gün boyunca yapılan duyusal analizler sonucunda, en fazla kabul gören Labne peynir örneklerinin %5 β -glukan içerenlerin, en az kabul görenin ise β -glukan içermeyen kontrol grubunun olduğu saptanmıştır. Yağ içeriği azalan Labne peynirlerinin, toplam protein ve kül miktarlarında artış gözlemlendiği, β -glukan içerenlerin, kontrol gruplarına göre daha yüksek verim sağladığı ve depolama esnasında daha düşük pH değerine sahip olduğu da ifade edilmiştir. Araştırmada arpa kaynaklı β -glukan ilaveli Labne peynirlerinin içerdiği probiyotik bakterilerin, kontrol örneklerine göre daha fazla canlılık gösterdiği tespit edilmiştir (Elsanhoty ve ark., 2009).

Elsanhoty ve ark., (2009) farklı yağ içeriğine sahip Labne peyniri üretiminde arpa kaynaklı β -glukan ve probiyotik kullanımının etkisini incelemiştir. Üretimde

kullanılan sütün yağ oranı %25, %50 ve %75 oranında azaltıldıktan sonra, sütlere %5 oranında arpa β -glukan ve starter kültür olarak *L. acidophilus* LA-5 ile *Bifidobacterium lactic* Bb12 ilave edilmiştir. Araştırmada β -glukan ilavesinin ürün randımanına önemli etkisinin olduğu saptanmıştır. Örneklerin organik asit içerikleri 30 gün süren depolama süresince farklı değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Laktik ve sitrik asit miktarı sırasıyla 168,8-414,8 mg/100 g ve 209,1-423,9 mg/100 g arasında değişmiştir. Ancak asetik asit miktarı 8. günden sonra belirlenmiş ve 7,40-32,5 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Formik ve pruvik asit ise depolamanın 18. gününden sonra 26,5-44,6 mg/100 g ve 19,2-46,0 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Depolama süresince kontrol örneklerine kıyasla β -glukan içeren örneklerin probiyotik bakteri düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Yapılan duyusal değerlendirmede β -glukan içeren, %25 ve %50 yağ oranı azaltılmış labne örneklerinin yağ oranı %75 azaltılmış olan örneklerden daha fazla beğeni kazandığı gözlenmiştir.

β -glukan ve *B. bifidum* katılarak üretilen probiyotik yoğurtlar üzerine yapılan bir çalışmada, rekonstitue edilerek %10 kuru maddeye ayarlanan yağsız sütlere %0,1 oranında β -glukan, %3 oranında yoğurt kültürü (kontrol) ve *B. bifidum* katılarak probiyotik yoğurt elde edilmiştir. Depolama süresinin 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde mikrobiyolojik olarak *B. bifidum* sayısının belirlenmesi yanı sıra, örneklerde pH, titrasyon asitliği, serum ayrılması, viskozite, renk (L^* , a^* , b^*), laktik asit ve asetik asit oranları ile duyusal olarak görünüş, yapı ve tekstür, koku, renk, aroma yoğunluğu, tat ve genel kabul edilebilirlik değerleri incelenmiştir (Kurtuldu, 2012). Yoğurt örneklerinde en yüksek *B. bifidum* sayısı 7,95 log kob/g ile arpa kaynaklı β -glukanlı örnekte (B- β), en düşük ise 7,63 log kob/g ile yulaf kaynaklı β -glukan içeren örnekte (O- β) saptanmıştır. Yapılan sayım sonuçları, arpa kaynaklı β -glukanın yulaf kaynaklı β -glukana göre daha kuvvetli prebiyotik etki gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmada kontrol örneği titrasyon asitliği değerinin %1,03-1,21, B- β örneğinde %0,76-0,82 ve O- β örneğinde %0,80-0,84 arasında değiştiği, arpa kaynaklı β -glukan kullanılan *B. bifidum* içeren yoğurt örneklerindeki titrasyon asitliği değerlerinin, diğer probiyotik örnek gruplarına göre biraz daha yüksek olduğu saptanmıştır. Örneklerde serum ayrılması değerleri ise 6,40 ile 8,55 mL/25g arasında değiştiği, en düşük değerin 14. günde B- β örneğinde (6.71 mL/25g), en yüksek değerin ise 8.55 mL/25g ile kontrol

örneğin 1. gününde olduğu saptanmıştır. Yoğurt örneklerinin viskozite değerleri 3.042 cP ile 6.217 cP arasında değişim göstermiş, 28 gün sonunda en yüksek değere yulaf β -glukanı içeren örnek (6.057 cP), en düşük değere ise kontrol örneği (3.590 cP) sahip olmuştur. Ürün rengi açısından değerlendirildiğinde, rengin porselen beyazından daha sarı renk olmasına neden olan örneğin arpa kaynaklı β -glukan içeren olduğu gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada, yulaf kaynaklı β -glukanın yoğurtlardaki laktik asit, asetik asit ve propiyonik asit gelişimini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır.

Probiyotik ve prebiyotik kullanılarak üretilen yağsız yoğurtların teknolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, probiyotik olarak *Lactobacillus plantarum* suşları (AB6-25, AC18-82 ve AK4-11) ve 4 farklı oranda (%0,25; %0,5; %1 ve %1,5) β -glukan ilavesi gerçekleştirilerek üretim yapılmıştır (Başyigit Kılıç ve Akpınar, 2016). Çalışmada tüm örneklerin kuru madde oranları %8,60-10,01, laktik asit miktarı %0,55-0,91, protein oranı 2,69-3,15 arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin aroma bileşikleri içerisinde asetaldehit miktarı inulin içeren örnekte 4,3-8,73 mg/g olarak saptanmış, ama β -glukan içeren örneklerde tespit edilememiştir. Aseton miktarı kontrol örneğinde 2,96-4,21 mg/g arasında belirlenirken, en yüksek aseton içeriği 2,06-5,60 mg/g arasında %1,5 β -glukan içeren örnekte tespit edilmiştir. Çalışmada %0,25, %0,5 ve %1 oranında β -glukan içeren örneklerde ise aseton miktarı sırasıyla 2,43-3,06 mg/g, 0,87-1,45 mg/g ve 1,90-3,43 mg/g arasında belirlenmiştir. Bir diğer aroma bileşeni olan diasetil miktarı ise üretimin 1. gününde 0,95-8,49 mg/kg arasında inulin ve β -glukan içeren örneklerde tespit edilmiş, 21. günde 6,12 mg/g olarak sadece kontrol örneğinde belirlenmiştir. Süt ve ürünlerinde önemli bir aroma bileşeni olan asetoin ise 1. günde en yüksek 12,37 mg/g ile %1,5 oranında β -glukan içeren örnekte en düşük 2,38 mg/g ile kontrol örneğinde saptanmıştır. Depolamanın son gününde 8,84 mg/g olarak %0,5 β -glukan, 8,46 mg/g düzeyinde inulin içeren örnekte belirlenmiştir. Araştırmacılar bir başka çalışmalarında, diasetil konsantrasyonunun C2 ve T3 dışındaki tüm gruplarda arttığını gözlenmiştir (Başyigit Kılıç ve Akpınar, 2013). En yüksek diasetil içeriği, 21 günlük depolamadan sonra inülin eklenmiş yoğurtta (C3) bulunmuştur. Genel olarak, organik asitlerin üretimi depolama süresince artış göstermiştir. Laktik asit üretimi, depolama sırasında C1, C2, C3 ve T1 gruplarında artmış ve T2, T3 ve T4 gruplarında azalmıştır. Diğer organik

asitlerle ilgili olarak, bütün yoğurt gruplarında formik ve asetik asitlerde bir artış ve pirüvik asitte bir azalma tespit edilmiştir. Ayrıca, en düşük formik, pirüvik ve laktik asit seviyeleri %2 inulin içeren grupta saptanmış, en düşük asetik asit konsantrasyonu ise kontrol örneğinde belirlenmiştir.

2.4. Enzim Preparatlarının Gıda Endüstrisinde Kullanımı

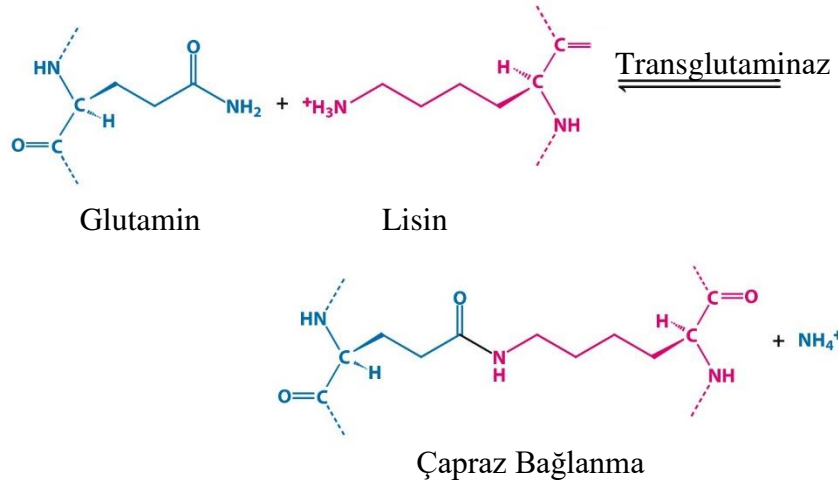
Fermente süt ürünlerinin kalite göstergelerinden biri olan viskozite ve serum ayrılması, özellikle yoğurt, ayran ve kefir gibi ürünlerde önemli olmaktadır. Üretimde kullanılan sütün yağ/protein oranının dengelenmesi, inkübasyon koşulları, kültür katım oranları ve inkübasyon sonu sıcaklığın kontrolü gibi birçok parametre ürün tekstürel özelliklerini etkilemekte ve bu özelliklerin öncelikle sütün protein içeriği ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Günümüzde fermente süt ürünlerinin tekstürel özelliğini geliştirmek üzere uygulanan yöntemlerden biri kovalent çapraz bağlanma özelliği olan enzimlerin kullanılmasıdır. Böylece ürün içerisine ilave edilen enzimler, protein moleküllerinin çapraz bağlanmasını sağlayarak, agregasyon ile üç boyutlu ağ yapısının geliştirilmesine imkan sağlamaktadır. Ayran, yoğurt gibi ürünlerde stabilizatör veya emilgator gibi yapıyı iyileştirici katkı maddeleri kullanmak yerine, enzim ilavesi ile arzu edilen yapının ürüne kazandırılması sağlanabilmektedir (Gauche ve ark., 2009; Çerçi ve ark., 2011; Domagala ve ark., 2013).

Doğada birçok hayvan, bitki ve mikroorganizma hücrelerinde bulunan transglutaminaz enzimi, birincil aminlerle glutamin residüleri arasında kovalent bağ oluşumunu katalize eden bir transferazdır (De jong ve ark., 2002). Mikrobiyal kaynaklı olanların optimum pH'sı 5-8 arasında olup, en uygun enzimatik aktivite sıcaklığı 50°C'dir. Bununla birlikte 10°C ve donma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda aktivitesini korumakta, 70°C ise kaybetmektedir. Molekül ağırlığı 37.842 dalton olan mTG'in 331 aminoasite sahip olduğu kütle spektrometresi ile yapılan bir çalışma sonucu belirlenmiştir (Yokoyama ve ark., 2004).

R-glutaminyl-peptide: amine γ -glutamyl-transferase olarak da adlandırılan mTG, etki ettikleri reaksiyona göre E.C 2.3.2.13 sınıfında yer almaktadır. Mikroorganizmaların birçoğu hücre içi ve hücre dışı olmak üzere mTG üretmektedir.

Örneğin, *Bacillus subtilis* ve *Physarum polycephalum* hücre içi, *Streptoverticillium mobarense* ve *Streptoverticillium ladakanum* hücre dışı mTG enzimi üretmektedir (Karahana, 2015). Bunlardan başka *Streptoverticillium cinnamoneum*, *Actinomadura* spp., *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis*, *Streptomyces lydicus* Streptomyces spp. ve *Streptomyces hygroscopicus*'den de mTG enzimi üretilmektedir (Færgemand ve Qvist 1997; Zhang ve ark., 2009; Aidaroos ve ark., 2011; Kieliszek ve Misiewicz, 2014). Mikrobiyal TG bir peptid bağındaki glutamil kalıntısının açıl verici γ -karboksiamid grubu ile açıl alıcı bir primer amin arasındaki açıl-transfer tepkimesini katalizleyen bir enzimdir. Enzim lisin ve glutamin arasında kovalent bağ oluşturarak molekül içi ve moleküller arası yeni bir çapraz bağ oluşturur (Gemici, 2017). Ayrıca amin substratları olmadığında, su moleküllerinin açıl alıcı grup olduğu glutamin deamidasyonu reaksiyonunu kataliz eder. Proteinlerin işlevselliğini artıran deaminasyon reaksiyonunun gerçekleşebilmesi için glutamin ve lisin kalıntısı gereklidir (Gemici, 2017). Özetle mTG, amin birleşmesi, çapraz bağ oluşumu ve deaminasyon yolları ile proteinleri modifiye ederek ürün kalitesini artırmaktadır (Karahana, 2015). Bu süreçte enzim ilavesinden sonra reaksiyonun ilk 30 dakika içerisinde proteinler arasında çapraz bağlanma hızlı bir şekilde gerçekleşirken, daha sonraki süreçte amin birleşme reaksiyonu veya deamidasyon aşaması etkin duruma geçerek yoğurt veya peynir pıhtısının özelliği iyileşmektedir (Kieliszek ve Misiewicz, 2014; Jaros ve ark., 2014; Gemici, 2017). Başka bir ifade ile enzim moleküler ağırlığı büyük olan polimerlerin oluşması ile sonuçlanan proteinler arası çapraz bağlanma reaksiyonlarını katalize eder.

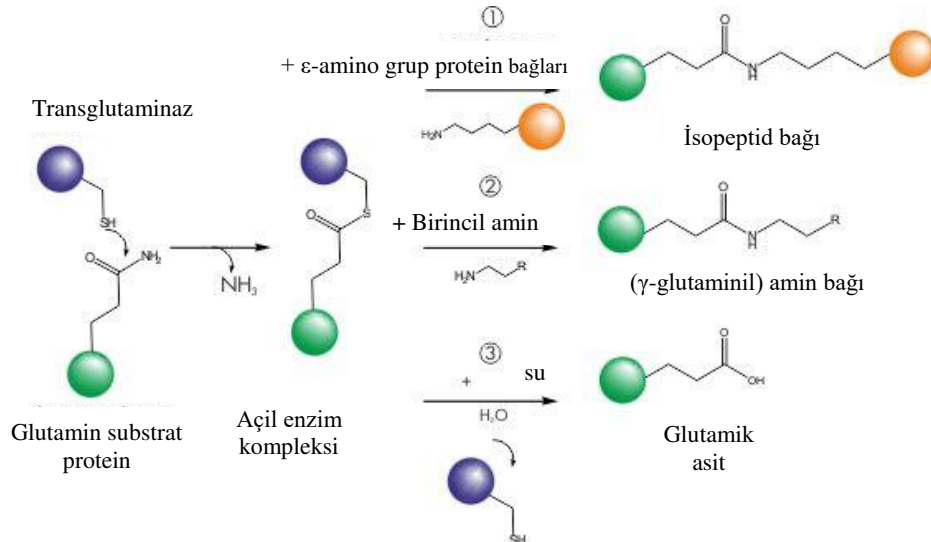
Mikrobiyal TG ilave edilmiş sütlerde α s-caseinin çapraz bağlanmaya karşı duyarlılığı, β -kazein'den daha az olduğu tespit edilmiştir. α s1- kazein ile kıyaslandığında, β ve κ -kazeinin çapraz bağlanma oranı daha belirgindir. Araştırmacılar bu durumun kazein miseli içindeki yerleşim sıralamasından kaynaklanabileceğini ifade etmektedir (Sharma ve ark., 2001; Smiddy ve ark., 2006, Karahana, 2015).



Şekil 2.4. Mikrobiyal TG ile glutamine ve lizin çapraz bağlanma (Anonim, 2019c)

Mikrobiyal TG, çapraz bağlanmayla birlikte önemli üç reaksiyon olan;

- 1) Peptid veya proteine bağlı glutamin'in yapısındaki γ -karboksiamid ile primer amin arasında açıl transfer reaksiyonunu,
- 2) Glutamin ve lizin amino asitleri arasında ϵ -(γ -Glu) Lizin çapraz bağının oluşumunu,
- 3) Ortamda uygun bir primer amin bulunmaması veya lizinin ϵ -amin grubunun belirli ajanlarla bağlanması durumunda suyun kullanılmasını kataliz eder (O'Sullivan ve ark., 2001; Karahan, 2015).



Şekil 2.5. Mikrobiyal TG katalizörlüğü ile oluşan protein modifikasyonları (1) Amin varlığında değişim (2) Çapraz bağlanma (3) Deamidasyon (Anonim, 2019d)

Mikrobiyel TG'ı inhibe eden ağır metaller içerisinde Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} ve Li^{+2} yer almaktadır. Bununla birlikte, K^+ , Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Mn^{+2} ve Ba^{+2} iyonlarının enzim aktivitesini etkilememektedir (Motoki ve Seguro, 1998). Mikrobiyel TG'ın aktif kısmını oluşturan Sistein rezidüsü olan tiol grubu, ağır metaller tarafından bağlanmaktadır. TG'ın aktif merkezi ise SH^- grubu katalitik reaksiyonda yer alan bir sistin kalıntısıdır (Karahana, 2015).

Gıda teknolojisinde gerek ürün besin değeri gerekse yapısı ve fonksiyonel özellikleri açısından proteinler önemli bir yere sahiptir. Ancak, ürün hazırlanması, ısıtma işlem ve soğutma, çeşitli duyu ve yapısal özellikler üzerinde olumsuz etkiler de yaratabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda enzimatik, kimyasal ve fiziksel modifikasyonlar uygulayarak proteinlerin fonksiyonel özelliklerini düzeltmek veya geliştirmek mümkün hale gelmiştir. Bunlardan enzimatik modifikasyon uygulaması olan mTG enzimi kullanımı ile;

- Ürün dokusunun iyileştirilmesi,
- Çeşitli kimyasal reaksiyonlarla gıda proteinlerindeki lisinin korunması,
- Yağ ve yağda çözünen maddelerle enkapsülasyon yapılması,
- Isıl işlemle jelleşmenin önlenmesi,
- Ürüne elastikiyet kazandırılması,
- Ürünün su tutma kapasitesinin artırılması,
- Çözünürlüğün değiştirilmesi,
- Esansiyel amino asitleri içeren farklı proteinlerle, yüksek besin değerine sahip gıda proteinlerinin çapraz bağlama yoluyla üretilmesi,
- Proteinlerin reolojik özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanmıştır (Gemici, 2017).

Son yıllarda ticari olarak üretilen yoğurt, ayran ve özellikle beyaz peynir gibi süt ürünlerinde mTG enzimi kullanımı yaygınlaşmıştır. Çoğunlukla da ürünün yapısal özelliklerini iyileştirdiği ve randıman artışı sağladığı için kullanılmaktadır (Tablo 2.6)

Tablo 2.6. Mikrobiyal TG'nin süt ürünlerindeki etkileri (Lorenzen ve Schlimme, 1998)

Ürün	Enzimatik Modifikasyonun Yarattığı Etki
Kazeinatlar	Jelleşme ve emülsifikasyon niteliğinde gelişme
Serum proteinleri	Paketleme filmlerinin oluşması ve niteliklerinin gelişmesi
Yoğurt	Pıhtı sıkılığında artış/ Serum ayrılmasında azalma
Taze- Olgun peynir	Ürün randımanında artış/ Serum ayrılmasında azalma
Dondurma	Su bağlama niteliğinde artış/ Jelleşme niteliğinde iyileşme
Krem şanti	Fiziksel niteliklerin geliştirilmesi
Kurutulmuş süt ürünleri	Stabilitede artış meydana gelmesi

1980'den bu yana mTG üzerine yapılan çalışmalarda, hayvansal kaynaklı enzim üretiminin maliyetli olması ve enzimin iyi bir aktivite göstermesi için kalsiyum iyonlarına ihtiyaç duyulması nedeni ile gıdalarda kullanımını sınırlandırmıştır. Bu nedenle hem ucuz maliyetle üretilmesi hem de Ca^{+2} iyonlarından bağımsız olarak aktivite göstermesi nedeniyle mTG daha fazla tercih edilmektedir (Sharma ve ark., 2001). Süt proteinleri özellikle kazein, Ca^{+2} iyonlarına karşı daha hassas olduklarından, mTG enzimine karşı duyarlılığı azalmaktadır. Kazeinin esnek ve açık zincir yapısına sahip olması, mTG için uygun bir substrat olmasına neden olmaktadır (Bönisch ve ark., 2006). Sütte mTG'ın oluşturduğu çapraz bağlantılar hem kazein misellerinin iç bağları hem de α , β ve κ - kazein arasındaki bağlar üzerinde etkili olmaktadır (Sharma ve ark., 2001; O'Connell ve De Kruif, 2003; Moon ve ark., 2009). Bununla birlikte kazein fraksiyonlarının mTG'a karşı tepkisi farklı olmaktadır. Mikrobiyal TG'a karşı β ve κ -kazein daha hassas olup, α -kazeine göre daha yüksek tepki vermektedir. Kazein miselleri arasında çapraz bağlanmanın en büyük etkisi, mTG'ın β ve κ -kazein ile yapmış olduğu reaksiyonun bir sonucudur. Kazein misel yapısının yüzeyinde bulunan κ -kazeinin hidrofilik kısmında yer alan glutamin kalıntıları, mTG için çapraz bağlanmayı sağlayan bölgeyi oluşturmaktadır (Sharma ve ark., 2001; O'Connell ve De Kruif, 2003). α_2 -kazein ve κ -kazeinin her ikisinin de sistein kalıntısı ve reaktif sülfidril (-SH) grupları içermesi, mTG ile çapraz bağlanmada oldukça önemli olan disülfid (S-S) bağlarını meydana getirmektedir. β -kazeinin çapraz bağlanmada görülen en önemli etkisi ise diğer fraksiyonlara göre yüksek oranda prolin

içermesidir (Rasmussen ve ark., 1999). Mikrobiyal TG'in proteinler üzerine etkisinin belirlenmesi ve FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)'nin GRAS madde yani genellikle güvenli kabul edilen madde olarak kabul edilmesiyle birlikte, başta süt ürünleri olmak üzere birçok gıdada ürün kalitesini artırmak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Lorenzen ve ark., 2002; Gauche, 2009; Güner Şener, 2012; Darnay ve ark., 2016; Gemici, 2017).

2.4.1. Süt Ürünlerinde mTG Kullanımı

Süt ve ürünleri beslenme fizyolojisi açısından oldukça önemlidir. Çünkü bünyesinde kolaylıkla sindirilebilen, biyolojik değeri yüksek ve kaliteli süt proteinleri yer alır. Organizmanın gelişmesi, büyümesi ve kendi kendini yenilemesi için gerekli yapıtaşı olan süt proteinlerinin yaklaşık %80'i kazeinden oluşur ve süt ürünlerinin yapısında önemli bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte kovalent bağlanmaya ek olarak, mTG ile çapraz bağlanmanın da gerçekleştirilmesi sonucu kazein içeriği yüksek süt ürünlerinin viskoelastik yapısını ve jelleşmesini modifiye etmek mümkün olmaktadır. Bu bölümde mTG kullanılarak süt ürünlerinin su tutma kapasitesi, emülsifiye etme özellikleri, mayalama yeteneği, stabilitesi, jel oluşturma gücü ve viskozite gibi birçok özelliğinde meydana gelen değişimler üzerine yapılan çalışmalar derlenmiştir.

2.4.1.1. Yoğurt

Farnsworth ve ark., (2003) keçi sütü kullanılarak ürettikleri yoğurt örneklerinde mTG enziminin ürün yapı ve konsistensi üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada, 2 U ve 4 U/g protein miktarında enzim katkılı örneklerin toplam kuru madde, pH ve protein içeriğinde kontrol örneğine göre önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Ancak, enzim ilavesi yapılan örneklerin viskozitesite değerindeki artışın önemli olduğu ve daha az miktarda serum ayrılmasının gerçekleştiği belirlenmiştir. Araştırmada elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, kontrol örneğine kıyasla enzim içeren yoğurt örneklerinin daha sıkı bir yapıya sahip oldukları görüntülenmiştir.

Set tipi yoğurdun bazı kalite özellikleri üzerine mTG'nin etkisinin incelendiği bir çalışmada, mTG ilave edilen süttten üretilen yoğurt örneklerinde pıhtının daha sıkı olduğu ve serum ayrılmasının daha az gerçekleştiği, bununla birlikte enzim ilavesinin yoğurdun temel aroma maddesi olan asetaldehit miktarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir (Öner, 2004).

Yoğurt üretiminde mTG kullanımının depolama süresince yoğurdun kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal kalite nitelikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir diğer çalışmada, kontrol grubu dışında, yoğurt üretiminde kullanılan süte %0,2 oranında mTG enzimi katıldıktan sonra enzimatik inkübasyon uygulamasının ve üretimde kullanılan süte %0,2 oranında, enzimatik inkübasyon uygulaması yapılmadan mTG enzimi katımının olduğu 3 ayrı üretim gerçekleştirilmiştir. Araştırmada mTG enzimi katılan örneklerde fermentasyon süresinin arttığı, pH, laktik asit miktarı ve serum ayrılmasının kontrol grubuna kıyasla daha az, oluşan jelin yapısının daha iyi ve viskozite değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyal TG enzimi kullanılması, *S. salivarius subsp. thermophilus*, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus*, maya ve küf sayıları üzerinde etkisinin önemli olduğu belirlenen çalışmada, duyusal değerlendirmede mTG ilaveli inkübasyon uygulaması yapılan grup ile mTG ilaveli inkübasyon uygulaması yapılmayan grubun daha çok beğeni aldığı tespit edilmiştir (Demirkaya, 2004).

Yağsız yoğurtlarda mTG enziminin tekstürel özelliklerine etkisini inceleyen Kırmacı (2005), yağ içeriği azaltılmış süttten üretilen yoğurtta zayıf tekstür oluşumunun engellenmesinde kullanılabileceğini belirtmektedir. Araştırmacı, enzim içeren sütlerden yoğurt üretimi sırasında inkübasyon süresinin uzama nedeninin, mTG enziminin starter kültür üzerine kısmi inhibisyonundan kaynaklandığını ifade etmiştir. mTG enzimi ile peptid boyutunda artış meydana gelmesi, laktik asit bakterilerinin peptid ve aminoasitleri gelişim faktörü olarak kullanması ve peptidaz sentezleme özelliklerindeki azalma olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde enzim kullanım oranı arttıkça, pıhtı stabilitesinin arttığı ancak ürün tat ve aroma özelliklerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Aprodu ve ark., (2011), yoğurdun reolojik özellikleri üzerine 0,02, 0,03 ve 0,04 g/100 g mTG enziminin etkisini incelediği çalışmada, süt proteinlerinin çapraz bağlanmasının yoğurdun stabilitesinde olduğu gibi fermentasyondan sonra ısıtıl işlem uygulanan ürünlerin işlenmesinde de etkili olduğu belirtilmektedir. Enzim uygulamasının ürün pH değerinde çok az farklılık göstermesine rağmen, inkübasyon süresinin enzim katkılı örneklerde daha uzun sürdüğü tespit edilen çalışmada, mTG ile muamele edilmiş örneklerin kontrole göre daha yüksek görünür viskoziteye sahip olduğu saptanmıştır. Tüm kayma oranları açısından yapılan değerlendirmeye göre, %0,04 mTG ile muamele edilmiş süttten elde edilen yoğurtun kayma gerilimi ve görünür viskozitesi, ayar süresi 60 ile 120 dakika arasında artmıştır. Bu etki, 45°C'de enzim ile ayarlanan yoğurt örnekleri için daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Örneklerde en iyi su tutma kapasitesi, 2 saat süreyle 45°C'de ve %0,02 ile %0,03 mTG ile bekletildikten sonra üretilen yoğurt örneklerinde belirlenmiştir. Bu yoğurtlarda saptanan serum ayrılması oranı sırasıyla %34,31 ve %37,56 olarak saptanmış ve bu değerlerin kontrol örneğine kıyasla %25'den daha düşük bir değere sahip olduğu görülmüştür.

Domagala ve ark. (2013), farklı miktarlarda mTG (1, 2 ve 3 U/g protein, A, B ve C) ilave edilen keçi sütünden elde edilen set tipi yoğurtlar üzerine yapılan bir araştırmada, 14 gün depolanan örneklerin kalitesi özellikleri enstrümantal doku analizi, serum ayrılması, mikro yapı ve duysal özellikleri açısından incelenmiştir. Enzim içeren taze ve depolanmış örneklerin daha yüksek duysal puanları, doku ölçümlerine göre daha sert yapıda ve daha düşük serum ayrılması görüldüğü tespit edilmiştir. Süte ilave edilen enzim miktarı arttıkça, taze yoğurt örneklerinin daha sert bir yapı aldığı saptanmıştır. Bununla birlikte, taze yoğurt örneklerinde 2 U mTG/g protein enzim katkılı örnek, depolama sonrasında ise 2 ve 3 U mTG/g protein enzim içeren örnekte en iyi kalite özellikleri gösterirken, 3 U mTG/g protein içeren üründe depolama sırasında daha yüksek serum ayrılması meydana geldiği saptanmıştır. Taze yoğurtlardan kontrol örneğine ait viskozite değerleri 0,48 Pa.s iken, 1, 2 ve 3 U/g protein enzim katkılı örneklerde sırasıyla 0,82; 0,92; 0,98 Pa.s olarak ölçülmüştür. Depolamanın 14. gününde ise bu değerler sırasıyla 0,65; 0,96; 1,19 ve 1,26 Pa.s olarak değişim göstermiştir. Yoğurtların depolanması sırasında enzim miktarı 2 ve 3 U/g

protein olan örneklerin duyuşal değerlendirme puanlarının daha dūşük olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin tekstür analiz sonuçlarına göre 14 gün depolama sonrası sertlik değerleri kontrol, A, B ve C örneklerinde sırasıyla 0,19; 0,25; 0,32 ve 0,32 N; yumuşaklık değerleri ise $0,13 \times 10^3$ Nm; $0,26 \times 10^3$ Nm; $0,37 \times 10^3$ Nm ve $0,32 \times 10^3$ Nm olarak saptanmıştır. Örneklerin serum ayrılmasına ait oranları ise kontrol örneğinde %36, A örneğinde %26, B örneğinde %20 ve C örneğinde %26 olarak belirlenmiştir.

Transglutaminaz, ekzopolisakkarit (EPS) üreten starter kültür ve yağsız süttozu ilavesinin set tipi yoğurt kalite özellikleri üzerine etkisini inceleyen şanlı ve ark., (2014), mTG ilavesinin örneklerin asitlik değerlerini etkilemediğini, ancak starter kültürün proteolitik aktivitesini önemli derecede azalttığını belirlemişlerdir. Dūşük kuru madde (%11,08) değerine sahip enzim katkılı örneğin, %14,81 kuru maddeye sahip örneğe göre daha az serum ayrılmasına neden olduğu, jel sertliği ve vizkosite değerlerinin yüksek kuru maddeli yoğurt örneğine yakın olduğu görölmüştür. Çalışmada EPS üreten starter kültürlerinin, dūşük kuru maddeli yoğurtların doku özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yoğurt üretiminde kullanılan süte enzim ilavesiyle ürünün yüksek jel mukavemeti gösterdiği gözlenmiştir. Enzim içeren örneğin asetaldehit içeriklerinin (47,92 ppm) kontrol örneğine (47,39 ppm) benzer olduğu, ancak kuru maddesi yağsız süttozu ile artırılan örneklerden (90,08 ppm) dūşük olduğu belirlenmiştir. Bu değişimin nedeni olarak süte ilave edilen yağsız süttozu ile yoğurt üretiminde kullanılan sütün protein ve laktoz içeriğinde meydana gelen artış gösterilmektedir.

Enzimatik modifikasyon, yüksek enzimatik reaksiyon spesifikliği ve bunun sonucu olarak toksik ürün oluşturma riskinin az olması nedeniyle faydalı bir teknik olarak önerilmektedir. Farklı yağsız kuru madde ve mTG içeren sütlerden elde edilen set tipi yoğurtların fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, enzim ilavesi %0,01, %0,02, %0,03; süt yağsız kuru madde değerleri ise %8 ve %9 olarak seçilmiştir. Üretilen yoğurtlar 21 günlük depolama süresince incelenmiştir. Mikrobiyal TG ilavesinin, örneklerin pH değeri üzerinde çok az bir etki gösterse de, enzim ile muamele edilmiş yoğurtlardaki asitliğini önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Mikrobiyal TG katkılı örnekler, kontrol grubuna göre serum ayrılmasının önemli derecede daha dūşük olduğu ve yüksek viskozite değerleri gösterdiği saptanmıştır. En

yüksek serum ayrılması, kontrol için 6,02 g/100 ve en düşük %0,03 mTG ile 3,85 g/100 olarak muamele edilmiş yoğurtlar için tespit edilmiştir. En yüksek viskozite değeri 20,96 Pa.s ile %0,03 mTG içeren yoğurtta belirlenirken, en düşük değer 15,37 Pa.s ile kontrol örneğinde saptanmıştır. Serum ayrılmasının 1. günde belirlenen değerlerine baktığımızda, %8 ve %9 yağsız kuru madde içeren kontrol örneklerinde sırasıyla 5,65 g/100 ve 5,32 g/100, %0,03 mTG içeren örneklerde ise 3,20 g/100 ve 2,38 g/100 olarak belirlenmiştir. Depolamanın diğer günlerinde de serum ayrılması değerlerinde benzer farklılıklar gözlenmiş ve istatistiki olarak enzim kullanımının bu değer üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Jooyandeh ve ark., 2015).

Yoğurdun tekstürel özelliği üzerine mTG'n etkisinin incelendiği bir çalışmada, dört farklı miktarda (0,5 U/g protein, 1 U/g protein, 1,5 U/g protein ve 2 U/g protein) enzim ilavesi gerçekleştirilen düşük yağlı set tipi yoğurtlarda protein yapısı, jel mukavemeti ve duysal özellikleri incelenmiştir (Darnay ve ark., 2016). Araştırmada, 1,5 U/g proteinin altındaki mTG ilavesinin, fermentasyon sırasında pH ve viskozite üzerinde önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır. Enzim ilavesinin 0,5 ve 1 U/g protein düzeyinde olan örneklerin kremsi ve pürüzsüz bir yapıya sahip olmasının nedeninin, yüksek miktarda kazein dimer ve trimer oluşumundan kaynaklandığı şeklinde vurgulanmaktadır.

2.4.1.2. Ayrar

Mikrobiyal TG ile süt proteinlerinin enzimatik modifikasyonunun ayrar üretiminde uygulanabilirliği üzerine yapılan bir çalışmada, pastörizasyondan sonra inkübasyondan önce enzimin süte katımı ile üretim gerçekleştirilmiş, 50°C'de 1 saat ve 10 dakika bekletildikten sonra starter kültür ilavesiyle inkübasyona bırakılmıştır. Ayrar örneklerinin viskozite değerlerinde önemli oranda artış görülmüş ve serum ayrılmasında azalma gözlenmiştir. Mikrobiyal TG'n ayrar örneklerinin kimyasal özellikleri ve aroma bileşenleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Elektron mikroskobu ile yapılan incelemede, sütün transglutaminaz enzimiyle muamele edilmesinin ayrarda daha sıkı mikrostrüktürel yapının oluşturulduğu ve mTG ilave edilen ayrar örneklerinde proteinlerin daha düzenli dağıldığı ve protein ağ yapısında porozitenin azaldığı gözlenmiştir (Şanlı, 2009). Örneklerin 1. gündeki pH

değerleri 3,96 – 4,0 pH; 20. günde 3,71-3,84 pH arasında değişmiştir. Tirozin değerleri ise enzim ile 1 saat bekletildikten sonra üretimde kullanılan D örneğinde en düşük (0,309 mg/5 g) ve kontrol örneğinde (0,378 mg/5 g) en yüksek değer olarak tespit edilmiştir. Viskozite değerleri incelendiğinde, en yüksek değer D örneğinde (25-34 cP) belirlenirken, bunu B ve C örnekleri (18-23,5 cP) takip etmiştir. Kontrol örneği 20 günlük depolama süresince 15-16 cP viskozite değeri ile önemli derecede farklılık göstermiştir. Örneklerin serum ayrılması mTG içeren örneklerde 20 gün süren depolama süresince en az düzeyde görülmüştür. Depolamanın 20. gününde kontrol örneğinde %34,25 olan serum ayrılması değeri, kültürle aynı zamanda enzimin kullanıldığı B örneğinde %11,75, 10 dk. mTG ile muamele görmüş örnekte %15,25, 1 saat mTG ile bekletilen süttten üretilen ayran örneğinde ise %1,5 olarak saptanmıştır.

2.4.1.3.Peynir-Peyniraltı Suyu

Yağı azaltılmış peynirlerde mTG enziminden yararlanma olanaklarını araştıran Karahan (2016), yağlı (H) ve yarım yağlı (A) kontrol peynirleri ile yarım yağlı ve rennetle birlikte 0,25 (B), 0,50 (C), 1,00 (D) U/g protein miktarlarında, yine yarım yağlı ve pıhtı kesiminden sonra 0,25 (E), 0,50 (F), 1,00 (G) U/g protein mTG ilave ederek 90 günlük olgunlaşma süresince peynir örneklerindeki değişimleri incelemiştir. Araştırma bulguları, enzim uygulaması, enzim uygulama aşaması, enzim oranı ve depolama süresi peynirlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini önemli düzeyde etkilediğini ortaya koymuştur. Mikrobiyal TG ilavesinin, beyaz peynirlerin genel bileşim özellikleri üzerinde olumsuz etki yaratmadığı ve ürün randımanında bir artış sağladığı saptanmıştır. Ayrıca enzim ilavesinin proteolizi kısmen yavaşlattığı, peynirin tekstürel ve duyuşal özelliklerinde gelişme sağladığı tespit edilmiştir.

Beyaz peynir üretiminde mTG kullanım olanaklarını inceleyen Güner Şener (2012), farklı mayalama sıcaklıklarında (30 ve 34°C) 1,8 U/g protein oranında mTG, %8 oranında GSH ve rennetin birlikte kullanımının elde edilen ürünün proteoliz, tekstürel özellikler ve verim üzerine etkilerini araştırmıştır. Mikrobiyal TG ve GSH kullanımı ile peynirde verim artışı meydana gelmiş, 30°C’de mayalanan örnekte %18,97’den %15,33’e; 34°C’de mayalanan örnekte %22,35’den %17,93’e artış olduğu saptanmıştır. Mikrobiyal TG ve GSH ilave edilen örneklerin toplam kuru

madde içerikleri kontrol örneklerinden daha düşük olmasına rağmen, protein içeriklerinde önemli farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre laktik asit, pH ve tuz içerikleri açısından örnekler arasında fark gözlenmemiştir. Tekstür analizi sonuçlarına göre, kontrol örneklerine kıyasla mTG ve GSH katkılı örneklerin sertlik, esneklik, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmada, mTG ve GSH ilavesinin peynirlerde proteoliz üzerinde yavaşlatıcı etkisinin bulunmadığı belirtilmektedir. 90 gün süren olgunlaşma süresince, toplam serbest aminoasit içerikleri mTG ve GSH içeren örneklerde kontrole göre daha düşük düzeyde olduğu saptanmıştır.

Aaltonen ve ark., (2014)'in Edam peyniri üretiminde kontrollü mTG enzimi uygulaması üzerine yaptıkları bir çalışmada, mTG ultrafiltrasyon retentantındaki çapraz bağlanmanın bir protein standardizasyon işlemi ile kontrol edilebildiğini ifade etmektedir. Çalışmada, mTG enziminin peynirin rutubet oranındaki artışa bağlı olarak peynir verimini %4 artırdığı gözlenmiştir. Geleneksel Edam peyniri üretiminde nem içeriğinin artması peynirin daha yumuşak olmasına neden olurken, enzim katkılı örneklerde peynir yapısının fazla yumuşak olmadığı belirlenmiştir.

Starter kültür kullanılarak üretilen olgunlaşmış peynirlerde, mTG enziminin yaratmış olduğu kültür aktivitesinin yavaşlaması problemini gidermek amacıyla Ras peynirinde %0,05 oranında mTG ile birlikte *L. helveticus*, *L. casei subsp casei*, *L. delbreuckii bulgaricus*, *Lactococcuslactis subsp. lactis* ve *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*'dan oluşan 7 farklı kültür kombinasyonu kullanılmıştır (Metwally ve ark., 2014). *L. casei* ve *L. lactis*'ten oluşan kombinasyonun daha fazla proteolitik aktiviteye sahip olduğu belirtilen çalışmada, uygun olan diğer kombinasyonun *L. helveticus* ve *L. lactis* içeren peynirlerde gözlemlendiği belirtilmektedir. Araştırmacılar, ürün randımanı ve proteolitik aktivite üzerinden en uygun kombinasyon olan *L. helveticus* ve *L. lactis* içeren peynirlerin duyuşal açıdan da mTG enziminin yarattığı sorunları çözümlemede kullanılabileceğini belirtmektedirler.

Kaşar peyniri üretiminde mTG enzimi kullanımının pH, titrasyon asitliği, yağ, tuz miktarı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Örneklerin depolama süresince belirtilen özelliklerde özellikle 30. günden sonra peynirin nem kaybetmesine bağlı

olarak yağ ve tuz miktarlarında artış görülmüş, ancak bu artışta enzimin etkili olmadığı belirlenmiştir. Olgunlaşmanın başlangıcında kontrol ve mTG içeren örneklerin pH değerleri 5,0 ve 4,96; titrasyon asitliği değeri 68,6°SH ve 73,0°SH; kuru madde miktarı %45,8 ve %45,8; yağ oranı %15,1 ve %13,7; tuz miktarı %3,46 ve %3,45 olarak belirlenmiştir. Olgunlaşmanın 30. ve 90. günlerinde pH değerinin 3,75-5,01 ve 3,72-4,92; titrasyon asitliği değerlerinin 100,3-124,3°SH ve 102,6-123,0°SH; kuru madde miktarının %59,5-61,0 ve %59,3-60,8; yağ oranının %23,2-26,3 ve %21,3-24,41; tuz miktarının %9,03-10,81 ve %8,19-9,74 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sert tip peynirlerde mTG kullanımının etkisi, yumuşak tip peynirlerde görüldüğü gibi olmamaktadır. Çalışmada, mTG ilaveli peynirlerin sertlik değerlerinin depolama başlangıcında daha düşük olduğu gözlenmiştir; kontrol örneğinde 2.396,2, enzim katkılı örnekte 2.102,7 olarak belirlenmiştir. Bu durum peynir yapısına su bağlamasına rağmen kovalent bağların etkisiyle sertlik değerinin değişmediği şeklinde irdelenmiştir. Olgunlaşmanın 30. gününden sonra ise nem içeriğinin de azalmasına bağlı olarak, sertlik değerinin 4.484,8 ve 4.646,9'a ulaştığı gözlenmiştir. Tekstür analizi parametrelerden biri olan esneklik değeri açısından Kaşar peynirlerinin birbirine yakın değerlerde (0,857-1,006 arasında) olduğu bulunmuştur. Depolamanın 0. ve 30. günlerine kontrol örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri enzim ilaveli örneklerinkinden yüksek bulunmuş, olgunlaşmanın sonuna doğru bu durum tersine döndüğü gözlenmiştir. Bir başka parametre olan sakızimsılık değerlerine bakıldığında peynir örneklerinden kontrol grubunda 30. günün sonuna kadar sakızimsılık değeri enzim içeren örneklerden fazla bulunmuş, 60. ve 90. günlerinde ise TG ilaveli örneklerin değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin iç yapışkanlık değerleri ise 0. günde yüksek (0,527-0,575), 30. günde düşüş (0,381-0,398), 90. günde yeniden artış (0,481-0,512) olarak değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca mTG enziminin protein çapraz bağlama özelliğine rağmen, ürün randımanı üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Gemici, 2017).

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) yapraklarından ekstrakte edilen mTG ile ultra filtrasyon tekniği ile üretilen yumuşak Beyaz peynirin kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, 2,5, 5,0 ve 7,5 U/g protein oranında kullanılan enzimin peynir üzerine etkisi incelenmiştir (Osama ve ark., 2017). Araştırmada, kontrol

peynirinin diğer peynir örneklerine kıyasla en düşük asitlik derecesine sahip iken, en yüksek toplam azot ve kuru madde değerleri gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, mTG içeren örneklerin suda çözünür azot içeriğinin kontrol peynirinde tespit edilen miktardan önemli ölçüde düşük olduğu saptanmıştır. Depolama süresi 30 gün peynirlerin esansiyel amino asit içeriği, toplam amino asitler içindeki toplam esansiyel amino asitlerin oranı, protein verim oranı ve mTG peynirinin biyolojik değerinin kontrol peynirinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada, duyusal değerlendirmeler sonucunda 5,0 U/g protein oranında mTG enzimi içeren örneğin yapısal özelliklerinin diğer örneklerden daha iyi olduğu saptanmıştır.

Peyniraltı suyu tozu ve mTG'nin ayran üretiminde kullanım olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada, birinci denemede rekonstitüe peyniraltı suyu tozundan yararlanılarak protein oranı %5, %10 ve %15'e ayarlanmıştır. İkinci denemede ise ayranın protein oranını %2 olacak şekilde ürüne ilave edilecek su miktarının %25, %50 ve %75'i yerine rekonstitüe peyniraltı suyu kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Her iki üretimde mTG kullanım olanakları da araştırıldığı çalışmada, mTG ilavesinin kontrol ve rekonstitüe peyniraltı suyu içeren ayran örneklerinde faz ayrılması ve kıvam indeksi gibi fiziksel özellikleri üzerine olumlu etki gösterdiği, ayranın diğer özellikleri üzerine önemli bir etkide bulunmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %10'u peyniraltı suyu tozu ilavesi ile protein içeriği %2'ye ayarlanan örnek ile ayranın su içeriğinin %50 peyniraltı suyu ilavesiyle karşılandığı örneklerin hem duyusal hem de kimyasal özellikler açısından en iyi değerleri aldığı tespit edilmiştir. Çalışmada mTG kullanımı ile ayran üretiminde peyniraltı suyu kullanımından kaynaklanabilecek fiziksel özelliklerdeki olumsuzlukların giderilebileceği saptanmıştır (Akal, 2017).

2.4.1.4. Dondurma

Farklı yağ (%10 ve %7) ve stabilizer (%2) içeriğine sahip mikslere mTG enzimi ilave ederek dondurma üretimi gerçekleştiren Metwally (2007), üretim sırasında miksleri 80°C'de 15 dk pastörize ettikten sonra, 50°C'ye soğutarak 13,8 Mpa ve 3,4 MPa olmak üzere iki kademeli olarak homojenizasyon işlemi uygulamış ve daha sonra 0,6 g enzim ilavesi gerçekleştirilerek 45°C'de 2,5 saat bekletmiştir. Miksin olgunlaştırılması için 5°C'de 24 saat bekletildikten sonra dondurma üretimi

gerçekleştirmiştir. Araştırmada dondurma örneklerinin viskozitesi, verim stresi ve tutarlılık indeksi (k) mTG işlemi ile artış gösterdiği belirlenmiştir. Enzim içermeyen %10 yağlı kontrol örneğinde viskozite değeri 2.700 mPa.s belirlenirken, enzim içeren örnekte 5.000 mPa.s, %7 yağlı kontrol örneğinde 78 mPa.s ve %7 yağlı enzim içeren örnekte 180 mPa.s olarak saptanmıştır. Araştırmada yağ oranı %10 ve %7 olan kontrol örneklerinin hacim artış oranı %38 ve %40 iken, enzim ilave edilmiş yağlı dondurmada %48, düşük yağ içeren enzim katkılı örnekte %46 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada süt serumu proteinlerinin çapraz bağlanmasıyla, yağ kürecikleri ve jelatinin hava hücrelerinin yapışma özelliklerinin ve adsorbe edilen yağ küreciklerinin yapışmasının arttığı belirtilmektedir. Böylece, düşük yağ veya düşük stabilizatör karışımlarında bile kararlı köpük ile hacim artışı sağlandığı, erimeye karşı direncin arttığı ve dondurucudan çekildiğindeki gibi ürünün kuru görünümünün korunduğu gözlenmiştir.

Farklı yağ oranlarına sahip dondurma örneklerinde mTG enziminin fonksiyonel ve reolojik özelliklerini inceleyen Rossa ve ark. (2012), mTG içermeyen örneklere göre enzim katkılı dondurma örneklerinin daha fazla hacim artışı, yağ birleşmesi ve erime karşı direnç gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca örneklerde belirlenen reolojik ölçümlere göre, akış davranış endeksi ve numunelerin psödoplastik özelliklerinde mTG uygulamasının artışa neden olduğu saptanmıştır. Dondurma örnekleri için hacim artışı miktarının, örneklerin yağ içeriğine bağlı olarak 39,13 ile 107,15 g/100 g arasında değiştiği, kontrollere kıyasla enzim ilave edilen örneklerde hacim artışının arttığı saptanmıştır. En büyük hacim artışı %4 yağlı enzim içeren örnekte 107,15 g/100 g görülmüş, bunu sırasıyla enzim içeren %6 yağlı dondurma örneği (63,86 g/100 g) ve %8 yağ içeren örnek (47,90 g/100 g) izlemiştir. Enzim içermeyen %4, %6 ve %8 yağlı dondurma örneklerinin hacim artış değerleri sırasıyla 67,19; 58,06 ve 39,13 g/100 g olarak belirlenmiştir. Araştırmada mTG enziminin, kazeinleri kovalent ve moleküller arası bağlarla polimerize ederek emülsiyonları ve köpükleri stabilize edebilecek duruma getirdiği belirtilmektedir. Bu nedenle hava kabarcıklarını içeren kazein polimerlerinin oluşumunun, muhtemelen dondurmada hacim artışını sağladığı ve hava kabarcığı stabilizasyonundan sorumlu olduğu düşünülmektedir. Dondurma üretiminde 4 U/g enzim kullanımının daha yumuşak

dondurma üretimine neden olduğu gözlenmiştir. Mikrobiyal TG ilavesi ile süt proteini polimerizasyonu yoluyla daha yapışkan bir protein ağının oluşumuna neden olduğu, bunun da muhtemel buz kristali oluşumunu azalttığı ve yağ içeriğinin artmasına paralel olarak dondurmanın daha yumuşak bir yapıya sahip olmasına neden olduğu belirtilmektedir (Rossa ve ark. 2011).

Prebiyotik az yağlı dondurma üretiminde % 0,0; %0,3; %0,4; %0,5 ve 0,6 g/L mTG ve %0,2 ve %4 oranında inulin kullanımının etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada, örneklerin pH değerinde bir farklılığın olmadığı ancak protein içeriğinin enzim içeren örneklerde artış gösterdiği belirlenmiştir. Örneklerin viskozite değerleri enzim ve inulin katım oranlarından etkilenerek, kontrol örneğine göre önemli derecede artış gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırma bulgularına göre en yüksek hacim artışı ve erime oranı %0,6 mTG ve %4 inulin içeren örnekte gözlenirken, en düşük hacim artışı kontrol örneğinde saptanmıştır (Rahmani ve ark., 2014).

İnek, koyun, keçi ve manda sütlerinden sonra ticari değeri olan en önemli sütlerden biri de deve sütüdür. Deve sütünün yüksek oranda doymamış yağ asitleri ve düşük miktarda β -kazein ve β -laktoglobulin içeren bir süt olması sağlık üzerine önemli etkiler yaratmaktadır. Ayrıca, laktoferrin, immunoglobulin, lizozim ve C vitamini içeriği de bu etkileri önemli derecede desteklemektedir. Deve sütünün fermente süt ürünlerine işleme kolaylığı ve besin değerinin yüksek olması, yoğurt üretiminde kullanılabilirliğini artırmaktadır (Saygılı ve Karagözlü, 2017). Deve sütünden transglutaminaz enzimi yanısıra yağsız süttozu (SMP) (%2), serum proteini konsantratu (WPC) (%2) ve β -laktoglobulin (β -lg) (%0,5) ilave edilmiş sütlerden üretilen yoğurtların bazı özellikleri inceleyen Abou-Soliman ve ark., (2017), örneklerin titrasyon asitliği değerlerini kontrol örneğinde %0,784, SMP içerende %0,909, WPC içerende %0,892 ve β -lg içerende %0,818 düzeyinden sırasıyla, %0,869; %0,995; %0,829 ve %0,862 değerlerine artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Yoğurt dondurması üretiminde kullanılacak olan yoğurt üzerinde yapılan incelemede, mTG enzimi katkılı ve düşük yağ oranına sahip yoğurt örneklerinin viskozite değeri, yağlı yoğurttan yapılan örneklerle göre önemli düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada ısıl işlem öncesi ve sonrası mTG enzimi ilave edilen örneklerin viskozite değerlerinin farklı olduğu, ısıl işlemin enzim üzerine etkisi nedeniyle ürün

viskozitesinin azaldığı gözlenmiştir. Isıl işlem uygulamasından sonra enzim ilavesinin viskozite üzerine olumlu etkisinin olması, serum proteinlerinin ısıyla denatürasyonu sonucu çapraz bağlanma yeteneklerinin artmasının yanı sıra enzim varlığında çapraz bağlanma yeteneği arasında doğrusal bir ilişkinin bulunmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir (Sharma ve ark., 2001). Enzim katkılı yoğurtların kullanıldığı yoğurt dondurması örneklerinde kontrol örneğine göre ilk damlama değerlerinin daha uzun bir sürede gerçekleştiği ve yaklaşık 2 kat süre sonra ilk damlamanın görüldüğü belirlenmiştir. Mikrobiyal TG enzimi katkılı yoğurt kullanımının yoğurt dondurması örneklerinin hacim artışı değerleri üzerine etkisinin önemli bulunduğu çalışmada, enzim ilaveli örneklerde hacim artışı değerlerinde azalma görüldüğü saptanmıştır. Araştırmada hacim artışı değerinin, enzim katkılı yoğurtlardan üretilen yoğurt dondurması örneklerinde kontrol örneklerine göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, yağsız ve yağlı yoğurttan elde edilen dondurmaların kontrol grubunda sırasıyla %40,34 ve %35,55 hacim artışı belirlenirken, ısıl işlem öncesi enzim katkılı yağsız ve yağlı örneklerde %32,64 ve %30,29, süte ısıl işleminden sonra enzim katılması sonucu elde edilen yoğurt dondurması örneklerinde ise %35,06 ve %31,09 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde örneklerin erime oranları, yağsız ve yağlı yoğurttan elde edilen dondurmaların kontrol grubunda %67,66 ve %47,96 olarak saptanmıştır. Isıl işlem öncesinde enzim ilave edilen örneklerde %68,07 ve %37,10, ısıl işleminden sonra enzim katılan yoğurt dondurması örneklerinde ise %57,90 ve %31,81 düzeyinde belirlenmiştir (Kırımhan, 2011).

2.4.1.5. Kefir

Kefir üretiminde mTG'nın süt proteinlerinin immünreaktivitesi ve kefirin duyuşal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, β -laktoglobulin, α -laktalbümin ve α -kazein, β -kazein ve k-kazein'e karşı spesifik antikor ile reaksiyonu sırasında elde edilen ELISA sonuçları, depolamanın yanısıra mTG'nın bir sonucu olarak proteinlerin seviyesinde farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Wroblewska ve ark., 2009) . Çalışmada β -lg'in immünreaktivitesi tespit edilemezken, minör allerjen olan α -laktalbüminin immünreaktivitesi önemli derecede artış göstermiştir. Kefir

örneklerine mTG ilavesi ürün viskozitesini az da olsa artırmıştır. Kontrol örneğinde 399 cPa olan viskozite değeri, mTG katkılı örnekte 427 cPa olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan duyusal değerlendirmede hem mTG enziminin eklenmesi hem de depolamanın kefir numunelerinin duyusal kalitesi üzerinde önemli etkileri gözlenmiştir. Mikrobiyal TG'lı kefir örnekleri, kontrol grubundan daha yüksek puan aldığı saptanmıştır. Kefir örneklerinin 15 gün süren depolama sırasında tat ve kokuyu geliştiren yüksek miktarda aroma maddeleri karakterize olmuştur. Allerjik insanlar için daha az immünreaktiviteye sahip bir ürün elde edilmiştir.

Soya sütü ve inek sütü karışımı kullanılarak yapılan kefirlerin bazı özelliklerine mTG enziminin etkisini inceleyen Dağyıldız (2015), sadece inek sütünün kullanıldığı kontrol (A) örneğinin yanı sıra, %75 inek sütü ile %25 soya sütü karışımı (B), soya sütlü karışımlara 0,5 U/g protein (C), 1 U/g protein (D) ve 1,5 U/g protein (E) olmak üzere üç farklı miktarda mTG ilave ederek üretim gerçekleştirmiş ve 30 gün depolama süresince kalite özelliklerini incelemiştir. Kefir örneklerinin kuru madde miktarları %7,73-8,20 arasında değişiklik gösterirken, yağ miktarlarının %1,8 ile %2,4 arasında belirlenmiştir. Örneklerin protein değerleri %3,45-3,70, kül miktarları ise %0,59-0,63 arasında bulunmuştur. Araştırmada enzim ilavesinin belirtilen değerler üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Mikrobiyal TG katkılı örneklerin viskozite değerlerinin kontrol örneği ve enzim ilavesiz soyalı kefir örneğine göre daha yüksek olduğu ve A örneğinde 164,96 cP, B örneğinde 221,62 cP, C örneğinde 306,88 cP, D örneğinde 414,5 cP ve E örneğinde 425,38 cP olarak tespit edilmiştir.

Literatür bilgilerinden de anlaşıldığı gibi fonksiyonel bir ürün olan kefirin özellikleri birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca kefirin sağlık üzerine olan etkileri de düşünüldüğünde, antioksidan kapasitesini artırmak ve lezzet vermek amacıyla kullanılan çeşitli meyveli kefir üretiminin yanısıra, ürün kalitesini iyileştirmek için bazı katkı maddelerinin kullanıldığı görülmektedir. Fermente süt ürünlerinin fonksiyonel özelliklerinin geliştirmek amacıyla yeni inovatif ürünler üzerine yapılan çalışmalar devam etmektedir. Son yıllarda besinsel liflerin fermente süt ürünlerinde kullanılmasına yönelik çalışmalara rastlanılsa da, kefir üretiminde kullanımı üzerine fazla bir çalışma bulunmamaktadır. Özellikle besinsel lif

kullanımında meydana gelecek olası serum ayrılması sorununu çözmeye yönelik bir çalışma şu ana kadar planlanmamıştır. Bu çalışma, hem transglutaminaz enzimi kullanılarak proteinlerin etkinliğini artırmak hem de kefire ilave edilen yulaf kaynaklı β -glukanın ürün üzerine etkisini incelemek amacıyla planlanmıştır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Kefir Üretiminde Kullanılan Süt

Burdur Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Çavuşoğlu Süt ve Ürünleri İşletmesinden temin edilen taze, %0,5 yağlı inek sütü kullanılmıştır. Kefir üretimleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü Süt ve Ürünleri Teknolojisi Programı Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Kefir Üretiminde Kullanılan β -Glukan

Kefir üretiminde Tate&Lyle (İsviçre) firmasından temin edilen ve ticari ismi Promoat olan yulaf kaynaklı β -glukan kullanılmıştır. Bu ürünün ticari etiket bilgisine göre Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO) olmayan İsviçre kökenli yulaftan elde edilmiş olup, %93 kuru madde ve kuru maddede %33 β -glukan içeren, kremimsi sarı renkli toz şeklinde bir üründür. Ürünün enerji değeri 315 kcal olup, %0,1'den daha az yağ içermekte, lif oranı 35 g/100 g, protein oranı %4, yulaf maltodekstrin miktarı 56 g/100 g'dır.

3.1.3. Kefir Üretiminde Kullanılan Transglutaminaz Enzimi

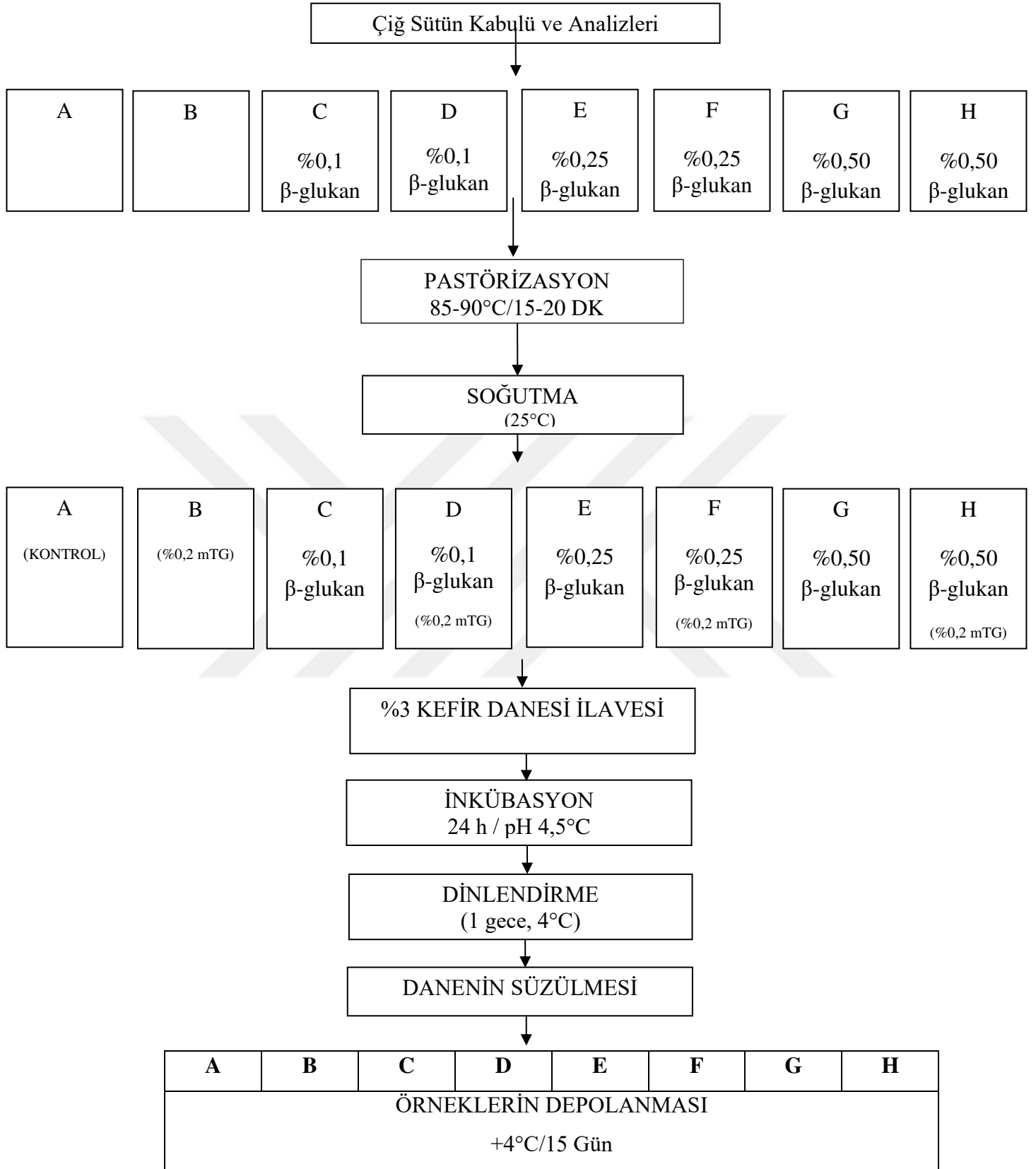
FMI Gıda Kimya İth.İhr.San ve Tic.Ltd. Şti /İzmir firmasından temin edilen ve ticari ismi PROBIND TX olan, Helal Gıda sertifikalı, maltodekstrin ve transglutaminaz enzimi içeren, beyaz-krem renkli, granüler toz halindeki enzim kullanılmıştır. Üretimde kullanılan enzimin bazı özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1.Mikrobiyal TG enziminin bazı özellikleri

Özellik	Spesifikasyon
Transglutaminaz aktivitesi	80-120 EU
Kurutmada kayıp	%10'dan az
Arsenik	2 ppm'den az
Ağır Metal	20 ppm'den az
Toplam bakteri sayısı	5000 cfu/g'dan az
Koliform Bakteri	Negatif
Salmonella	25 g örnekte olmayacak

3.1.4. Kefir Üretimi

Bu çalışmada Kefir üretimi için Kefir danesi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Burdur Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü Süt ve Ürünleri Programı Laboratuvarından temin edilmiştir. Çiğ süt örnekleri Burdur Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü Süt ve Ürünleri Programına ait laboratuvara getirilerek analizleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvara getirilen sütler 8 eşit kısma ayrılarak, aşağıda verilen örnek kodlarında belirtilen oranlarda ilave edilmiştir. Mikrobiyal TG enzimi kullanım oranı ön denemelerle belirlenen %0,2 g/kg oranı kullanılmıştır. Her bir örnek 85-90°C de 20 dakika pastörize edilip kefir danelerinin aktivite gösterdiği 25±1°C'ye soğutulup, steril cam kavanozlara aktarılmıştır. Enzim aktivitesini kaybetmemesi için sütler pastörizasyondan sonra inkübasyon sıcaklığına soğutulan sütlere, enzim ilavesi gerçekleştirildikten sonra, steril koşullarda %3 kefir danesi ile aşılama yapılmıştır. Kefir danesi ilavesinden sonra sütler 24 saat içinde pH değeri 4,5±0,1 ulaşıncaya kadar inkübasyona tabi tutulmuş ve kefir oluşumu sağlanmıştır. İnkübasyon sonrasında 1 gece +4°C'de dinlendirilen örnekler, ertesi gün süzölmüş ve daneler alınarak kefir örnekleri steril cam kavanozlar içerisinde buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Kefirler 1., 7. ve 15. günlerde kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Deneme üretimleri 3 tekerrür olarak yapılmış ve her bir örnekten 2 paralel analiz gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Kefir üretimi akış şeması

Örnek Kodları;

A: Kontrol

B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi

C: %0,1 β -glukan

D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan

F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

G: %0,50 β -glukan

H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

3.2. Yöntem

3.2.1. Çiğ Sütte Yapılan Analizler

3.2.1.1. Titrasyon Asitliği

Titration asitliği Anonymous (1983)'e göre belirlenmiş ve % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.1.2. pH

Örneklerin pH değerleri Mettler Toledo pH metre (İsviçre) kullanılarak ölçülmüştür.

3.2.1.3. Toplam Kuru Madde Tayini

Nikel kaplar, etüvde 105°C'de 1 saat kurutulduktan sonra, desikatörde 15 dakika soğutularak ve hassas terazide tartılarak daraları alınmıştır. Üzerine 3-4 mL süt ilave edilerek örnek tartılmış ve tekrar etüve yerleştirilmiştir. Sütün suyunu uzaklaştırmak amacıyla etüvde 105°C'de 4 saat tutulan kaplar, desikatörde soğutularak tartılmış, sonra tekrar etüvde 1 saat kurutulmuştur. Örnekler tekrar desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartılmıştır. Son iki tartım arasındaki fark 0,5 mg oluncaya kadar

kurutma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen son değerler kullanılarak örneklerin kuru madde oranları aşağıdaki formül yardımıyla yüzde olarak belirlenmiştir (Anonim, 1983).

$$\text{Kuru madde (\%)} = \frac{M1 - M2}{M2 - M} \times 100$$

M = Kurutma kabı ağırlığı (g)

M1 = Kurutma kabı ve süt örneğinin ağırlığı (g)

M2 = Kurutma kabı ve rutubeti uzaklaştırılmış süt örneğinin ağırlığı (g)

3.2.1.4. Yağ Tayini

Gerber yönteminin kullanıldığı bu analizde süt bütirometresinin içerisine 10 mL H₂SO₄ (özellik ağırlığı 1,82 g/cm³) konulmuş ve üzerine yavaş bir şekilde 11 mL süt ilave edilmiştir. Örnek üzerine 1 mL amil alkol ilave edildikten sonra bütirometrenin ağzı lastik tıpa ile kapatılıp 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra, bütirometre skalasından w/w olarak yağ miktarı okunmuştur (Anonim, 1983).

3.2.1.5. Özellik Ağırlık Tayini

Süt dansimetresi kullanılarak Anonim (1983)'e göre yapılmıştır.

3.2.1.6. Antibiyotik Testi

BetaStar hızlı antibiyotik test kitleri kullanılarak β-laktam ve tetrasiklin antibiyotiklerinin varlığı araştırılmıştır. Analizde kullanılan kitler Peyma Chr-Hansen A.Ş. (İstanbul)'den temin edilmiştir.

3.2.1.7. Toplam Azot Tayini

Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Anonymous, 1993). Çiğ süt örneğinden tam 0,5 mL örnek alınarak üzerine bir miktar $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ (1/10 w/w) ilave edilmiş ve 10 mL derişik H_2SO_4 konularak yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra Kjeldahl düzeneğinde toplam azot tayini yapılmıştır.

$$\text{Toplam Azot (\%)} = \frac{(V_S - V_B) \times 1,4007 \times N}{W}$$

formülü kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

N: HCl'in kesin normalitesi

V_S : Örnek için harcanan HCl miktarı (mL)

V_B : Şahit için harcanan HCl miktarı (mL)

W: Örnek ağırlığı (g)

3.2.1.8. Protein Tayini

Örneklerin toplam azot içeriği ile 6,38 katsayısı çarpılarak % protein içeriği belirlenmiştir.

3.2.2. Kefir örneklerinde yapılan analizler

3.2.2.1. pH

Örneklerin pH değerleri Mettler Toledo pH metre (İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2. Titrasyon asitliği (% Laktik asit)

Kefir örneklerinde asitlik tayininde 25 mL kefir, fenolfitalein varlığında 0,25 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiş; titrasyon sonucunda harcanan miktar büretten kaydedilerek titrasyon asitliği sonucu hesaplanmıştır. Elde edilen titrasyon asitliği değeri 0,0225 faktörü ile çarpılarak % laktik asit belirlenmiştir (Anonim, 1983).

3.2.2.3. Kuru Madde Tayini

Bütün numuneler için önceden etüvde kurutulup, tartımı alınan kurutma kabı içerisine 3 g Kefir örneği alınarak etüvde $100\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatör içine yerleştirilerek oda sıcaklığına soğutulması için 10 dk bekletilmiştir. Hassas terazi kullanılarak yapılan tartımlar sonucunda elde edilen verilerden toplam kuru madde miktarı yüzde olarak hesaplanmıştır (Anonim, 1983).

3.2.2.4. Yağ Tayini

Gerber yönteminin kullanıldığı bu analizde süt bütirometresinin içerisine 10 mL H_2SO_4 (özgül ağırlığı $1,82 \text{ g/cm}^3$) konulmuş ve üzerine yavaş bir şekilde 11 mL kefir örneği ilave edilmiştir. Örnek üzerine 1 mL amil alkol ilave edildikten sonra bütirometrenin ağzı lastik tıpa ile kapatılıp 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra, bütirometre skalasından w/w olarak yağ miktarı okunmuştur (Anonim, 1993).

3.2.2.5. Kül İçeriği

Bütün numuneler için porselen krozeler önceden 200°C 'de kül fırınında kurutulup, içerisine 3 g Kefir örneği tartıldıktan sonra kademeli olarak ısı artışı sağlanarak 550°C 'de kül fırınında örnekler beyaz renkte kül oluncaya kadar yakılmıştır. Örnekler desikatör içine yerleştirilerek oda sıcaklığına getirilmiş ve hassas terazi kullanılarak tartımları yapılmıştır. Sonuçlar yüzde kül miktarı olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.6. Toplam Azot Tayini

Kjeldahl yöntemine göre (Anonymous, 1993) belirlenmiştir. Çiğ süt örneğinden tam 0,5 mL örnek alınarak üzerine bir miktar $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ (1/10 w/w) ilave edilmiş ve 10 mL derişik H_2SO_4 konularak yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra Kjeldahl düzeneğinde toplam azot tayini yapılmıştır.

$$\text{Toplam Azot (\%)} = \frac{(V_S - V_B) \times 1,4007 \times N}{W}$$

formülü kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

N: HCl'in kesin normalitesi

V_S: Örnek için harcanan HCl miktarı (mL)

V_B: Şahit için harcanan HCl miktarı (mL)

W: Örnek ağırlığı (g)

3.2.2.7. Protein Tayini

Örneklerin toplam azot içeriği ile 6,38 katsayısı çarpılarak % protein içeriği belirlenmiştir.

3.2.2.8. Viskozite

Kefir örneklerinde 100 rpm'de viskozite değerleri spindle DV-2 ile belirlenmiştir (Ertekin and Guzel-Seydim, 2010).

3.2.2.9. Karbondioksit Miktarı

Connizorai tarafından belirtilen metoda göre titrimetrik olarak belirlenmiştir (Anonim 1976). Daha önce açılmamış ve iyice soğutulmuş örnek şişelerinden 10 mL

örnek 150 mL'lik bir erlene alınmıştır. Üzerine 30 mL 0,1 N NaOH, 3 mL % 15'lik BaCl₂ ve birkaç damla %2'lik timol-ftalein indikatörü ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. 0,1 N HCl ile mavi renk kaybolup, beyaz renk alıncaya kadar (pH 8,3) titre edilmiştir. Şahit deney için yine 10 mL örnek alınmış, ve bir süre kaynatılarak örnek içindeki CO₂'i uçurulduktan sonra, üzerine birkaç damla %2'lik timol-ftalein ilave edilerek mavi renk kayboluncaya kadar 0,1 N HCl ile titre edilmiş ve aşağıdaki formülle hesaplama yapılmıştır.

$$\text{Karbondiyoksit miktarı (mg / 100 mL)} = (a-b) \times 22$$

a = Karbondiyoksit tarafından bağlanan 0,1 N NaOH miktarı = 30 - c

b = Tanık deney titrasyonunda harcanan asit miktarı, mL (30-Şahit)

c = Numunenin titrasyonunda harcanan asit miktarı, mL

3.2.2.10. Tirozin Miktarı Tayini

Hull (1947)'e göre yapılmıştır. 1 gram kefir örneği üzerine 4 mL saf su ilave edilmiştir. Üzerine 10 mL Triklor Asetik Asit (TCA) ilave edildikten sonra Whatman 42'den süzölmüştür. Süzöntüden 5 mL alınmış ve 10 mL tampon çözelti ve 3 mL fenol ayırıcı konularak 5 dk. renk oluşumu için beklenilmiştir. Bu sürenin sonunda 650 nm'de okuma yapılmıştır.

Tampon Çözelti (Na₂CO₃ + Na₄P₂O₇): 37,5 g Na₂CO₃ ve 5 g Na₄P₂O₇.10H₂O tartılır ve 250 mL'ye tamamlanır.

Fenol Çözeltisi: 1 kısım Folin-Ciocalteus ile 2 kısım saf su ile karıştırılır. Kullanmadan önce hemen taze olarak hazırlanır.

Kalibrasyon eğrisinin çizilmesi ve hesaplama: tirozin çözeltisinden, konsantrasyonları 0,050-0,150 mg/5 g tirozin içerecek şekilde standart çözeltileri hazırlanmıştır. Bu standart çözeltilerden çizilen eğrinin denklemi kullanılmıştır.

y=0,8725x + 0,0014 denkleminde çizilen eğri üzerinden hesaplama yapılmıştır.

3.2.2.11. Su aktivitesi

Kefir örneklerinde 100 rpm’de viskozite değerleri spindle DV-2 ile belirlenmiştir (Ertekin ve Guzel-Seydim, 2010).

3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.3.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri

Peptonlu su ile hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek petri kutularına alınarak, üzerine 45°C’ye soğutulan Plate Count Agar (PCA)(Merck)’dan yaklaşık 12-15 mL kadar ilave edilmiştir. 30°C’de 48 saat inkübasyondan sonra 30-300 arasında koloni bulunduran petrilerdeki koloniler sayılmıştır (Anonim, 1983).

3.2.3.2. *Lactobacillus* spp. İçeriği

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek steril petri kutularına pipetlendikten sonra, 45°C’ ye kadar soğutulmuş MRS Agardan (Merck) yaklaşık 15 mL petri kutusuna ilave edilmiştir. İnkübasyon 37°C’de 3 gün %6’lık CO₂ inkübatörde inkübe edilerek, 30-300 koloni bulunduran petrilerde sayımlar yapılmıştır (Anonim, 1983).

3.2.3.3. *Lactococcus* spp. İçeriği

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek petri kutularına pipetlendikten sonra, 45°C’ ye kadar soğutulan M17 Agardan (Merck) yaklaşık 15 mL petri kutusuna ilave edilmiştir. İnkübasyon 37°C’de 2 gün %6’lık CO₂ inkübatörde gerçekleştirilmiş ve 30-300 koloni bulunduran petrilerde sayımlar yapılmıştır (Anonim, 1983).

3.2.3.4. *L. acidophilus* İçeriği

Kefir örneklerinde *L. acidophilus* kolonilerini saymak amacıyla MRS-Sorbitol (Sigma) agar kullanılmıştır. %10’luk hazırlanan sorbitol 0,45 µm olan steril filtreden geçirilerek, 50°C’ ye kadar soğutulmuş MRS agar (Merck) içerisine ilave edilip karıştırılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek steril petri kutularına alınarak

üzerine 15 mL MRS-sorbitol agar petri kutusuna ilave edilmiştir. İnkübasyon 37°C’de 2 gün %6’lık CO₂ inkübatörde gerçekleştirilmiş ve 30-300 koloni bulunduran petrilerde sayımlar yapılmıştır (Anonim, 1983).

3.2.3.5. *Bifidobacterium* spp. İçeriği

Kefir örneklerinde *Bifidobacterium* spp. kolonilerini saymak amacıyla MRS-NNLP agar seçici besiyeri kullanılmıştır. NNLP karışımı, Neomisin sülfat (Merck) (100 mg/L), nalidisik asit (Merck) (50 mg/L), lityum klorit (Merck) (3000 mg/L), paronomisin sülfat (Merck) (200 mg/L) tartılarak, üzerine 100 mL saf su ilave edilerek karıştırıcıda çözündürülmüştür. Steril 0,45 µm’lik filtreden geçirilerek, %20 oranında MRS agar (Merck) içerisine ilave edilmiştir. Hazırlanan örnek dilüsyonlarından 1 mL steril petri kutularına alınarak ve 45°C’ ye kadar soğutularak 15 mL MRS-NNLP agar inoküle edilmiştir (Özer ve ark., 2008). İnkübasyon 37°C’de 3 gün %6’lık CO₂ inkübatörde gerçekleştirilmiş ve 30-300 koloni bulunduran petrilerde sayımlar yapılmıştır.

3.2.3.6. Maya Sayımı

Peptonlu su ile hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek petri kutularına alınarak, 45°C’ ye kadar soğutulmuş PDA (Potato Dekstroz Agar)’dan 15 mL petri kutusuna dökülerek ve 25°C’de 48-72 saat inkübasyondan sonra 30-300 koloni bulunduran petrilerdeki koloniler sayılmıştır (Anonim, 1983).

3.2.4. Uçucu Aroma Bileşeni Kompozisyonunun Belirlenmesi

Uçucu aroma bileşikleri, Özdemir ve ark. (2018) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilip headspace analizi; solid-faz mikroekstraksiyon teknolojisi (HS-SPME) uygulanarak Gaz Kromatografisi-Kütle spektroskopisi (GC-MS; shimadzu QP2010, Japonya) ile belirlenmiştir. SPME analizlerinin her biri için analiz edilecek 2 mL örnek; içerisine 20 µL internal (iç) standart solüsyonu (IS: (0.5 mL/L, 4-metil 2-pentanol) ilave edilerek 20 mL’lik bir vial alınmıştır. Isıtıcı bir manyetik karıştırıcı bloğuna yerleştirilen vial içerisindeki örnek, örneklenme sıcaklığında 10 dakika

boyunca dengelenmiş ve süre sonunda SPME enjektörü vial septumundan içeri yerleştirilmiştir. SPME elyafı (2 cm–50/30 mm DVD/CAR/PDMS Stable Flex Supelco, Bellefonte, PA, USA) ile 60°C ve 350 rpm’de 60 dakika örneklenme zamanı boyunca vial tepe boşluğundaki uçucu aroma bileşenleri absorbe edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlandıktan sonra elyaf GC enjeksiyon bölümüne yerleştirilmiştir. Enjeksiyon işlemi siplitsiz modda 250°C’deki GC enjeksiyon portunda 10 dk boyunca uçucuların termal desorpsiyonu için uygulanmıştır. Analizde stabilwax kolon olarak stabilwax kolon (stabilwax; 60 m, 0.32 mm id. 0,25 µm film kalınlığı; Restek, USA) taşıyıcı gaz olarak helyum gazı (3 mL/dk) kullanılmıştır. GC programı olarak, Özdemir vd (2018) tarafından uygulan metot kullanılmıştır.

GC’den edilen uçucu bileşiklerin piklerinin tanımlanması ve standart bileşenlerin MS verileriyle karşılaştırılması için MS’de yer alan NIST, Wiley ve Aroma (FFNSC, Flavor and Fragrance Natural and Synthetic Compounds) kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Analiz edilen örnekteki belirlenen her bir uçucu aroma bileşeninin miktarı; 4-metil-2-pentanol internal standart kullanılarak relatif konsantrasyonu (µL/L) olarak belirlenmiştir.

$$\text{Relatif Konsantrasyon } (\mu\text{L/L}) = \frac{\text{Bilinmeyen bileşenin pik alanı}}{\text{Internal standardın pik alanı}} \times \frac{\text{İnternal standart } (\mu\text{L})}{\text{Örnek miktarı (L)}}$$

3.2.5. Duyusal Değerlendirme

Kefir örnekleri duyusal analiz açısından Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Burdur Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü öğretim üyeleri ve öğrencilerinden oluşan 8 panelist tarafından değerlendirilmiştir (Lawless ve Heymann, 1999; Ertekin ve Guzel-Seydim, 2010). Örnekler panelistlere 1 gün 4°C’de soğuk depolama sonrası plastik bardaklarda 120 mL su ve kraker ile soğuk olarak sunulmuştur. Araştırmada farklılık testlerinden puanlama testi kullanılmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Kefir örneklerinin görünüş ve tekstür üzerinden duyuşal değeriendirme formu

Görünüş ve Tekstür üzerinden Kefirin Karakteristik özelliğini ifade eden tanımlayıcı kelime	Puan	Kefir örnekleri							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Hoşagiden güzel homojen görünümü ¹	0-10								
Hafif köpüklü görünüm ²	0-5								
Kremsi-Beyaz renk ³	0-5								
Ağız kaplama (Dolgunluk hissi)	0-5								
Viskozite ⁴ (yoğun ayran kıvamı)	0-5								
Serum ayrılması olmayan	0-5								
Toplam Puan	35								

1 Yağ partikülleri ve pıhtı parçaları vb. kötü görünüm kusurlarından puan düşürülmelidir.

2 Kefirde köpüklü görünüm istenilen bir özelliktir.

3 Kefirin kendine özgü rengi

4 Kefirde viskozite yoğun ayran kıvamında olması istenir.

Tablo 3.3. Kefir örneklerinin koku üzerinden duyuşal değeriendirme formu

Kefirin karakteristik özelliğini ifade eden tanımlayıcı kelime	Puan	Kefir örnekleri							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Hissedilebilir kendine özgü koku yoğunlukta	0-10								
Hoşagiden fermente koku	0-10								
Hafif ekşimsi koku	0-5								
Hayvansal olmayan koku	0-5								
Toplam Puan	30								

Tablo 3.4. Kefir örneklerinin tat üzerinden duyuşal değeriendirme formu

Kefirin Karakteristik özelliğini ifade eden tanımlayıcı kelime	Puan	Kefir örnekleri							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Ağızda hissedilebilir yoğunlukta kendine özgü tat	0-10								
Ferahlatıcı tat	0-5								
Hoş a giden fermente tat	0-5								
Hoş a giden hafif ekşimsi tat	0-5								
Hoş a giden hafif geniz yakıcı-keskin tat	0-5								
Yabancı kötü tat bulunmayan	0-5								
Toplam Puan	35								

Lütfen size sunduğumuz kefir örneğini beğenme düzeyine göre sıralayınız.

Çok fazla beğendim.....	(5)
Çok beğendim.....	(4)
Orta derece beğendim.....	(3)
Çok beğenmedim.....	(2)
Hiç beğenmedim.....	(1)

3.2.6. İstatistiksel Analiz

Bu araştırmada üç tekerrür üretim yapılmıştır. Tüm analizler her tekerrür için iki paralel olarak düzenlenmiştir. İstatistiksel analizler için SPSS v23:0 istatistik paket programı kullanılmıştır Araştırma sonuçları tekrarlı ölçümler ve tek yönlü varyans analizi kullanılarak incelenmiştir. β -glukan ilavesinin 3 seviyesi, transglutaminaz enzim ilavesinin 1 seviyesi, depolama süresi faktörünün 1., 7. ve 15. günler olmak üzere 4 seviyesi bulunmaktadır. Yapılan varyans analizi sonucunda gerekli olduğu durumlarda farklı ortalamaların belirlenmesinde TUKEY testi kullanılmıştır. $P < 0,01$ ve/veya $P < 0,05$ anlamlı olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Kefir Üretiminde Kullanılan Çiğ Sütün Özellikleri

Kefir üretiminde kullanılan çiğ sütler için ortalama değerler, standart hatalarıyla birlikte Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Kefir üretiminde kullanılan çiğ sütlerin bazı özellikleri (n=3)

Özellik	Ortalama Değer
Titrasyon Asitliği (% Laktik asit cinsinden)	0,17±0,03
pH	6,68±0,02
Toplam Kuru madde (%)	10,13±0,02
Yağ (%)	0,58±0,02
Toplam Azot (%)	0,53±0,02
Protein (%)	3,38±0,02
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	1,030±0,02
Antibiyotik Testi	Negatif

Kefir üretiminde kullanılan çiğ süt, kuru madde, yağ, toplam azot, titrasyon asitliği, pH ve özgül ağırlık değerleri bakımından yağsız inek sütü genel ortalama bileşimine sahip olduğu ve antibiyotik içermediği tespit edilmiştir.

4.2. Kefir Örneklerinin Kimyasal ve Biyokimyasal Özellikleri

4.2.1. Titrasyon Asitliği

Mikrobiyal TG enzimi ve farklı oranlarda β -glukan içeren kefir örneklerinin depolama süresince % laktik asit miktarındaki değişimi Tablo 4.2’de verilmiştir. Örneklerin depolama süresince titrasyon asitliği miktarları genel anlamda artış göstermiştir. Kefir örneklerinin 1. güne ait titrasyon asitliği değerleri %1,43-1,79 arasında değişim gösterdiği, A ve E örneklerinin diğer örneklerden önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Kefirlerin 15 gün süren depolama sırasında, C ve G örneklerindeki artış istatistiksel olarak önemli görülmemiştir.

($P>0,05$). E ve H örneğinde 7. günde, B, D ve F örneklerinde ise 15. günde asitlik değerinde artış gözlenmiştir ($P<0,05$). H örneğinin titrasyon asitliği değeri, tüm örneklere kıyasla depolama süresince düzenli bir artış göstermiş ve 15.günde en yüksek asitlik değerine (%1,95) ulaşmıştır ($P<0,05$). Kefir üretiminde mTG ve farklı oranlarda β -glukan kullanımının depolama süresince titrasyon asitliği üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.2. Kefir örneklerinin titrasyon asitliği değerleri (%) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	0,81 $\pm$ 0,26 ^{aA}	1,56 $\pm$ 0,08 ^{cB}	1,70 $\pm$ 0,03 ^{bcAB}
B	0,69 $\pm$ 0,16 ^{bcB}	1,62 $\pm$ 0,07 ^{bAB}	1,69 $\pm$ 0,10 ^{cA}
C	1,54 $\pm$ 0,10 ^{bA}	1,58 $\pm$ 0,23 ^{cA}	1,64 $\pm$ 0,24 ^{cA}
D	1,43 $\pm$ 0,10 ^{cB}	1,50 $\pm$ 0,10 ^{cB}	1,63 $\pm$ 0,09 ^{cA}
E	1,68 $\pm$ 0,15 ^{aB}	1,91 $\pm$ 0,27 ^{aA}	1,83 $\pm$ 0,18 ^{abA}
F	1,55 $\pm$ 0,62 ^{bB}	1,55 $\pm$ 0,10 ^{cB}	1,74 $\pm$ 0,14 ^{bA}
G	1,58 $\pm$ 0,14 ^{bA}	1,69 $\pm$ 0,12 ^{bA}	1,69 $\pm$ 0,23 ^{cA}
H	1,55 $\pm$ 0,13 ^{bA}	1,74 $\pm$ 0,01 ^{bB}	1,94 $\pm$ 0,25 ^{aC}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.2.2. pH

Mikrobiyal TG enzimi ve farklı oranlarda β -glukan ilave edilerek üretilen kefir örneklerinin pH'larında Tablo 4.3'de görüldüğü gibi 1. günden 15. güne genel olarak düzenli bir düşüş görülmektedir. Örneklerin pH değeri 1. günde 4,24 ile 4,37 arasında değişim göstermiş, mTG içeren kontrol örneği en yüksek değere sahip olmuştur. Üretimin birinci gününde mTG içeren örneklerde asitlik gelişiminin daha yavaş ilerlediği ve istatistiksel açıdan bu değişimin önemli olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın 7. gününde E örneğinin pH değeri 4,06 ile en düşük değere sahip olmuş ve en hızlı asitlik gelişimi gösteren örnek olarak belirlenmiştir. Örneklerin pH değerleri 4,06 ile 4,13 arasında değişmiş, β -glukan içeren örnekler arasında en düşük pH değeri E örneğinde tespit edilmiştir. E örneğinde 15. günde pH değerinde meydana gelen artışın nedeni, sütün tampon özelliğinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Bununla birlikte A, C, D, F ve H örneklerinde pH değeri 4,06-4,08, diğer örneklerde 4,13-4,15 arasında değişim göstermiştir. Mikrobiyal TG içeren örnekler incelendiğinde, kontrol grubu olan B örneğinde pH 4.15 düzeyinde iken, mTG ile birlikte farklı oranda β -glukan içeren örneklerde pH değeri önemli derecede düşük (4,06-4,08 pH) belirlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.3. Kefir örneklerinin pH değerleri (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	4,27 $\pm$ 0,11 ^{bA}	4,10 $\pm$ 0,07 ^{bB}	4,08 $\pm$ 0,04 ^{bB}
B	4,37 $\pm$ 0,07 ^{aA}	4,10 $\pm$ 0,12 ^{bB}	4,15 $\pm$ 0,11 ^{aB}
C	4,28 $\pm$ 0,04 ^{abA}	4,09 $\pm$ 0,07 ^{bcB}	4,10 $\pm$ 0,07 ^{bB}
D	4,27 $\pm$ 0,02 ^{bA}	4,09 $\pm$ 0,09 ^{bcB}	4,08 $\pm$ 0,12 ^{bB}
E	4,24 $\pm$ 0,06 ^{cA}	4,06 $\pm$ 0,09 ^{cC}	4,14 $\pm$ 0,01 ^{aB}
F	4,26 $\pm$ 0,02 ^{bcA}	4,13 $\pm$ 0,07 ^{aB}	4,08 $\pm$ 0,04 ^{bB}
G	4,26 $\pm$ 0,08 ^{bcA}	4,12 $\pm$ 0,07 ^{aB}	4,13 $\pm$ 0,11 ^{abB}
H	4,29 $\pm$ 0,07 ^{bA}	4,11 $\pm$ 0,11 ^{abB}	4,06 $\pm$ 0,08 ^{bB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.2.3. Kuru madde

Kefir örneklerinin depolama süresince kuru madde miktarındaki değişim (Tablo 4.4) incelendiğinde, kuru madde değerlerinin 1. günde %10,38 ile %10,69 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Genel değerlendirme yapıldığında, yağ oranı düşük sültere ilave edilen β -glukan miktarının, mTG ilavesine kıyasla kuru madde içeriğine daha fazla etkili olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Depolama süresince örneklerin kuru madde içeriklerinde azalma ve artma şeklinde değişimler görülmüştür. Kontrol örnekleri olan A ve B örneklerinin % kuru madde değerleri %10,38-10,46 arasında değişim göstermiştir. β -glukan ilavesi arttıkça, örneklerin kuru madde değerlerinde az da olsa bir artış meydana gelmiştir. Bu nedenle süte ilave edilen β – glukan miktarının kuru madde artışındaki etkisi önemli ($P<0,05$), depolama süresince görülen değişim ve mTG ilavesinin etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$) β -glukan oranı %0,1 olan örneklerde %10,50-10,57; %0,25 olan örneklerde

%10,58-10,66; %0,50 olan örneklerde %10,61-10,69 arasında kuru madde içeriklerinin değiştiği belirlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.4. Kefir örneklerinin kuru madde içerikleri (%) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	10,43±0,08 ^{cA}	10,39±0,03 ^{cA}	10,38±0,09 ^{cA}
B	10,46±0,09 ^{cA}	10,45±0,02 ^{cA}	10,39±0,06 ^{cA}
C	10,53±0,04 ^{bA}	10,55±0,03 ^{bA}	10,54±0,08 ^{bA}
D	10,50±0,04 ^{bA}	10,54±0,02 ^{bA}	10,57±0,04 ^{bA}
E	10,58±0,03 ^{aA}	10,66±0,02 ^{aA}	10,62±0,06 ^{aB}
F	10,63±0,08 ^{aB}	10,62±0,03 ^{aA}	10,63±0,04 ^{aB}
G	10,67±0,08 ^{aA}	10,69±0,05 ^{aA}	10,68±0,04 ^{aA}
H	10,65±0,12 ^{aA}	10,68±0,09 ^{aA}	10,61±0,08 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.2.4. Yağ

Kefir örneklerinin 15 gün süren depolama süresince % yağ miktarlarında tespit edilen değişimler Tablo 4.5'te verilmiştir. Kefir örneklerinin depolama süresince yağ oranları %0,58-0,80 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Örneklerin 1. günde belirlenen yağ miktarlarına göre en yüksek değer B örneğinde (%0,80), en düşük değer ise D, E, F ve H örneklerinde (%0,60) saptanmıştır. Depolamanın son gününde ise yağ oranları %0,62-0,67 arasında belirlenmiş ve istatistiksel açıdan farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Tablo 4.5. Kefir örneklerinin yağ oranları (%) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	0,75±0,19 ^{abA}	0,60±0,06 ^{bcA}	0,63±0,10 ^{abcA}
B	0,80±0,15 ^{aA}	0,73±0,05 ^{abA}	0,67±0,13 ^{abcA}
C	0,77±0,18 ^{abA}	0,68±0,07 ^{abcA}	0,63±0,10 ^{abcA}
D	0,60±0,00 ^{bA}	0,60±0,08 ^{bcA}	0,62±0,07 ^{abcA}
E	0,60±0,09 ^{bA}	0,58±0,04 ^{bcA}	0,63±0,20 ^{abcA}
F	0,60±0,09 ^{bA}	0,62±0,09 ^{abcA}	0,62±0,14 ^{abcA}
G	0,63±0,10 ^{abA}	0,62±0,09 ^{abcA}	0,65±0,19 ^{abcA}
H	0,60±0,05 ^{bA}	0,67±0,10 ^{abcA}	0,65±0,12 ^{abcA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0,05)

4.2.5. Kül Miktarı

Depolama süresince kefir örneklerinin kül miktarında önemli bir değişim gözlenmemiştir (Tablo 4.6). Örneklerin kül içeriği 1. günde %0,85-0,91; 7. günde %0,84-0,91; 15. günde ise %0,85-0,92 arasında belirlenmiştir. Üretimin birinci gününden depolamanın son gününe kadar G ve H örneğinin % kül miktarı en yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır (P<0,05). Örneklerin kül içeriği ürüne ilave edilen β-glukan içeriğine bağlı olarak artış gösterdiği gözlenmiştir. E, F, G ve H örneklerinin kül içeriği %0,91-0,92 arasında değişim göstermiş ve istatistiksel olarak diğer örneklerin kül miktarından önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0,05). Depolama süresince meydana gelen değişimin ve mTG ilavesinin örneklerin kül içeriğine etkisi önemsiz (P>0,05), β-glukan katım oranının etkisi önemli bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 4.6. Kefir örneklerinin kül miktarı (%)(n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	0,85±0,02 ^{cA}	0,84±0,02 ^{cA}	0,86±0,02 ^{bcA}
B	0,86±0,02 ^{cA}	0,86±0,01 ^{cA}	0,85±0,18 ^{bA}
C	0,88±0,01 ^{abA}	0,88±0,01 ^{bA}	0,89±0,01 ^{abA}
D	0,87±0,01 ^{bA}	0,86±0,02 ^{bA}	0,85±0,02 ^{bA}
E	0,89±0,10 ^{abA}	0,90±0,01 ^{aA}	0,91±0,09 ^{abA}
F	0,90±0,03 ^{aA}	0,91±0,01 ^{aA}	0,90±0,02 ^{abA}
G	0,92±0,12 ^{aA}	0,91±0,02 ^{aA}	0,92±0,01 ^{aA}
H	0,91±0,02 ^{aA}	0,91±0,01 ^{dA}	0,92±0,03 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.2.6. Toplam Azot

Farklı depolama sürelerinde mTG enzimi ve β-glukan içeren kefir örneklerinin toplam azot içeriğindeki değişim miktarları Tablo 4.7’de gösterilmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde üretimde kullanılan β-glukan oranının örneklerin toplam azot içeriğinde farklılığın önemli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte depolama süresince toplam azot oranlarında hafif bir artış ve azalış şeklinde eğilim gözlenmiştir. Örneklerin 1. gündeki toplam azot oranları %0,56-0,62 arasında değişirken 7. günde %0,58-0,62, 15. günde ise %0,56-0,62 olarak belirlenmiştir. β-glukan içeriği %0,50 olan örneklerin toplam azot içerikleri %0,61-0,62 olarak belirlenmiş ve diğer örneklerden önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (P<0,05). Yapılan istatistiksel analiz sonucunda örneklerin toplam azot içeriğine mTG ilavesinin ve depolama süresinin etkisi önemsiz (P>0,05), β-glukan ilavesinin etkisi önemli bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 4.7. Kefir örneklerinin toplam azot içerikleri (%)(n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	0,56±0.04 ^{bA}	0,58±0.04 ^{bA}	0,56±0.04 ^{bA}
B	0,57±0.03 ^{bA}	0,58±0.03 ^{bA}	0,57±0.02 ^{bA}
C	0,58±0.03 ^{abA}	0,59±0.01 ^{aA}	0,60±0.02 ^{aA}
D	0,59±0.04 ^{abA}	0,58±0.02 ^{aA}	0,58±0.04 ^{abA}
E	0,59±0.01 ^{abA}	0,60±0.03 ^{abA}	0,59±0.04 ^{abA}
F	0,61±0.03 ^{aA}	0,60±0.03 ^{abA}	0,58±0.03 ^{abA}
G	0,62±0.01 ^{aA}	0,61±0.01 ^{aa}	0,61±0.03 ^{aA}
H	0,61±0.02 ^{aA}	0,62±0.02 ^{aA}	0,62±0.01 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.2.7. Protein

Tablo 4.8’de verilen kefir örneklerinin protein içeriğine bakıldığında, β-glukan ilaveli örneklerin protein içeriklerinin kontrol örnekleri olan A ve B örneklerine oranla bir miktar artış gösterdiği ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Kontrol örnekleri olan A ve B örneklerinin protein içerikleri %3,57-3,70 arasında değişim gösterirken, β-glukan ve mTG içeren örneklerde bu oran %3,70-3,96 arasında tespit edilmiştir (P<0,05). Depolama süresince en yüksek protein içeriği %3,96 ile G ve H örneğinde, en düşük protein içeriği ise %3,57 ile A örneğinde saptanmıştır. Örneklerin protein içeriği üzerine sadece β-glukan ilavesinin etkisi önemli (P<0,05), mTG ve depolamanın etkisi önemsiz bulunmuştur (P>0,05).

Tablo 4.8. Kefir örneklerinin protein içerikleri (%) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	3,57±0.03 ^{cB}	3,70±0.01 ^{bA}	3,57±0.02 ^{cB}
B	3,64±0.05 ^{bcA}	3,70±0.03 ^{bA}	3,64±0.21 ^{bcA}
C	3,70±0.04 ^{bB}	3,76±0.06 ^{bAB}	3,83±0.11 ^{aA}
D	3,76±0.04 ^{bA}	3,70±0.03 ^{bA}	3,70±0.04 ^{bA}
E	3,76±0.03 ^{bB}	3,83±0.02 ^{abA}	3,76±0.06 ^{bB}
F	3,89±0.06 ^{abA}	3,83±0.05 ^{abA}	3,70±0.05 ^{bB}
G	3,96±0.04 ^{aA}	3,89±0.06 ^{aA}	3,89±0.01 ^{abA}
H	3,89±0.02 ^{abA}	3,96±0.02 ^{aA}	3,96±0.24 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.2.8. Viskozite

Yoğurt, ayran, kefir gibi fermente süt ürünlerinde viskozite değeri önemli bir parametre olup, sütün toplam kuru madde içeriği, protein içeriği (kazein ve serum proteinleri arasındaki oran), yağ içeriği, ısıtım işlem ve serum proteinlerinin denatürasyonu, homojenizasyon, asitlik, ürünün depolama sıcaklığı, sütün tuz dengesi, starter kültürün aktivitesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Rasic ve Kurmann 1978). Bu nedenle ürün yapısını iyileştirmek ve viskozitesini artırmak amacıyla son yıllarda çeşitli stabilizatör/emülgatör kullanmanın yanısıra, su tutma kapasitesine sahip besinsel lifler veya proteinlerin çapraz bağlanmasını sağlayan enzimlerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu çalışmada üretilen kefir örneklerinin viskozite değerlerini gösteren Tablo 4.9'u incelediğimizde, depolamanın 1. gününden 15. güne kadar geçen sürede önemli farklılıklar elde edildiği görülmektedir. Kontrol örnekleri içerisinde yer alan A ve B grubu örneklerinin viskozite değerleri çok az farklılık gösterse de, istatistiksel olarak bu farkın önemli olmadığı görülmüştür (P>0,05). Ancak enzim ilavesinin ürün viskozitesi üzerine etkisinin önemli olduğu, yapılan duyu değerlendirmeler sonucunda da ortaya çıkmıştır. β-glukan ilavesi, ürünün besin değerini artırmış olsa da, düşük konsantrasyonda lif içeren örneklerin viskozitesinin kontrol örneklerine benzer olduğu (P>0,05), ancak katım oranı arttıkça viskozite değerinin azaldığı gözlenmiştir (P<0,05). Özellikle %0,25 oranında β-glukan içeren örneklerin viskozite değerlerinde önemli derecede azalma meydana gelmiştir.

Depolamanın son gününde yapılan ölçümlerde, A, B, C ve D örneklerin birbirine benzer ($P>0,05$) bulunurken, yüksek oranda β -glukan içeren G ve H örneklerinde en düşük viskozite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Enzim katkılı örneklerde viskozite değeri bir miktar artış göstermiş olsa da, istatistiksel açıdan önemli bir fark tespit edilememiştir ($P>0,05$). Kefire mTG ilavesinden ziyade, β -glukan kullanım oranının istatistiksel açıdan önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte, viskozite değeri üzerine depolama süresinin etkisi önemsizdir ($P>0,05$).

Tablo 4.9. Kefir örneklerinin viskozite değerleri (cP) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	333,60±6,4 ^{aA}	367,07±3,2 ^{aA}	357,27±9,5 ^{aA}
B	327,67±7,3 ^{aA}	392,93±1,8 ^{aA}	395,93±10,2 ^{aA}
C	310,67±6,1 ^{abA}	368,13±4,1 ^{aA}	384,53±7,2 ^{aA}
D	293,33±5,3 ^{abB}	358,27±6,2 ^{abA}	362,40±5,3 ^{aA}
E	185,00±3,1 ^{bB}	265,40±5,1 ^{bA}	257,60±6,1 ^{bA}
F	191,27±5,3 ^{bB}	275,87±8,2 ^{bA}	261,20±4,2 ^{bA}
G	102,03±4,8 ^{cA}	96,23±6,8 ^{cAB}	89,62±5,6 ^{cA}
H	105,20±3,2 ^{cA}	109,67±2,7 ^{cA}	97,93±4,4 ^{cA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.2.9. Karbondioksit Miktarı

15 günlük depolama süresince transglutaminaz enzimi ve farklı oranlarda β -glukan içeren kefir örneklerinin karbondioksit içeriği Tablo 4.11'de verilmiştir. Depolama süresince F, G, H, kefir örnekleri arasında farklılık görülmemiştir. A ve B örneklerinin karbondioksit oranlarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). C örneğinde depolama süresince 1 ve 7. günler arasında fark görülmezken, 15. günde görülen artışın önemli olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın 15. gününde en önemli artış A örneğinde tespit edilmiş ve belirlenen karbondioksit miktarının E, F, G ve H örneklerin değerinden istatistiksel olarak farklılık gösterdiği saptanmıştır ($P<0,05$). G ve H örneğinde belirlenen en düşük karbondioksit miktarları

dikkate alındığında, β -glukan oranındaki artışın ürün karbondioksit miktarını olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. Örneklerde belirlenen bu değişime β -glukan ilavesinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.10. Kefir örneklerinin karbondioksit içerikleri (%) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	75,25 $\pm$ 3,2 ^{aC}	84,05 $\pm$ 2,3 ^{aB}	92,00 $\pm$ 2,4 ^{aA}
B	68,80 $\pm$ 4,1 ^{bC}	82,30 $\pm$ 2,5 ^{aB}	88,30 $\pm$ 3,4 ^{aA}
C	65,35 $\pm$ 3,4 ^{bB}	69,27 $\pm$ 3,0 ^{aB}	79,12 $\pm$ 2,1 ^{bA}
D	66,00 $\pm$ 2,2 ^{bB}	70,50 $\pm$ 1,8 ^{bAB}	78,55 $\pm$ 4,2 ^{bA}
E	65,45 $\pm$ 3,1 ^{bA}	68,24 $\pm$ 1,2 ^{bA}	70,40 $\pm$ 3,3 ^{bcA}
F	66,40 $\pm$ 3,3 ^{bA}	66,30 $\pm$ 3,1 ^{bA}	68,24 $\pm$ 2,2 ^{cA}
G	61,52 $\pm$ 4,3 ^{cA}	62,23 $\pm$ 2,3 ^{cA}	64,56 $\pm$ 3,4 ^{cA}
H	62,74 $\pm$ 2,3 ^{cA}	63,11 $\pm$ 3,4 ^{cA}	65,24 $\pm$ 1,3 ^{cA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.2.10. Tirozin

Transglutaminaz enzimi ve farklı oranlarda β -glukan içeren kefir örneklerinin depolama süresince tirozin miktarındaki değişim Tablo 4.11’de verilmiştir. Depolama süresince tüm örnekte tirozin miktarı 0,638-0,641 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Tüm kefir örneklerinin depolama süresince tirozin miktarının değişmediği, uygulanan işlemlerin ve depolama süresinin kefirin tirozin miktarı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

Tablo 4.11. Kefir örneklerinin tirozin değerleri (mg/kg) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	0,639±0,00 ^{aA}	0,640±0,00 ^{aA}	0,639±0,00 ^{aA}
B	0,640±0,00 ^{aA}	0,641±0,00 ^{aA}	0,641±0,00 ^{aA}
C	0,641±0,00 ^{aB}	0,639±0,00 ^{aB}	0,640±0,00 ^{aA}
D	0,638±0,00 ^{aA}	0,638±0,00 ^{aA}	0,639±0,00 ^{aA}
E	0,640±0,00 ^{aA}	0,640±0,00 ^{aA}	0,641±0,00 ^{aA}
F	0,641±0,00 ^{aA}	0,641±0,00 ^{aA}	0,639±0,00 ^{aA}
G	0,639±0,00 ^{aA}	0,640±0,00 ^{aA}	0,640±0,00 ^{aA}
H	0,640±0,00 ^{aA}	0,638±0,00 ^{aA}	0,641±0,00 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.2.11. Su Aktivitesi

Farklı depolama sürelerinde transglutaminaz ve β-glukan içeren kefir örneklerinin su aktivitesi Tablo 4.12’de gösterilmiştir. Örneklerin su aktivitesi değerlerinin depolama sırasında örnekler arasında önemli bir farklılık göstermediği, 0,92-0,96 arasında değiştiği görülmüştür (P>0,05).

Tablo 4.12. Kefir örneklerinin su aktivitesi değerleri (a_w) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	0,95±0,01 ^{aA}	0,93±0,03 ^{aA}	0,96±0,04 ^{aA}
B	0,95±0,01 ^{aA}	0,92±0,03 ^{aA}	0,95±0,04 ^{aA}
C	0,95±0,01 ^{aA}	0,92±0,03 ^{aA}	0,95±0,02 ^{aA}
D	0,94±0,00 ^{aA}	0,92±0,03 ^{aA}	0,96±0,03 ^{aA}
E	0,94±0,01 ^{aA}	0,92±0,03 ^{aA}	0,95±0,02 ^{aA}
F	0,93±0,03 ^{abA}	0,93±0,03 ^{aA}	0,94±0,03 ^{aA}
G	0,93±0,04 ^{aA}	0,93±0,03 ^{aA}	0,95±0,03 ^{aA}
H	0,93±0,02 ^{aA}	0,93±0,03 ^{aA}	0,94±0,04 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.3. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.3.1. Kefir Örneklerinin Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri İçeriği

Kefir örneklerinin depolama süresi boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri içeriği Tablo 4.13'te verilmiştir. B, C, D ve F kefir örneklerinde depolamanın 1 ve 7. günlerinde önemli farklılıklar görülmemiştir ($P>0,05$), fakat depolamanın 15. gününde toplam mezofilik aerobik bakteri içeriğinde artış görülmektedir ($P<0,05$). Depolama süresince A örneğinde 1. güne göre 7 ve 15. günlerde bakteri yükü artmıştır. E örneğinde toplam bakteri içeriği 1. güne kıyasla 7. günde azalış, 15. günde ise artış şeklinde eğilim göstermiştir. Diğer örnekler de benzer şekilde depolama süresince artış ve azalış göstermiştir. 15. günde en yüksek toplam mezofilik aerobik bakteri içeriği 10,15 log kob/mL (B örneği) iken en düşük toplam bakteri içeriği 7,94 log kob/mL (H örneği) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.13. Kefir örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri içeriği (log kob/mL) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	7,99±0,33 ^{bB}	9,40±0,08 ^{aA}	9,47±0,13 ^{bA}
B	8,79±0,04 ^{bB}	9,05±0,17 ^{abB}	10,15±0,06 ^{aA}
C	9,52±0,09 ^{aB}	9,42±0,08 ^{aB}	10,01±0,05 ^{aA}
D	8,74±0,12 ^{bB}	8,24±0,12 ^{bB}	9,80±0,09 ^{abA}
E	9,94±0,09 ^{aA}	8,71±0,17 ^{bB}	9,69±0,18 ^{bA}
F	8,42±0,22 ^{bB}	8,89±0,08 ^{bB}	9,59±0,14 ^{bA}
G	8,68±0,12 ^{bB}	9,63±0,04 ^{aA}	8,13±0,23 ^{cB}
H	8,70±0,08 ^{bA}	8,54±0,06 ^{bA}	7,94±0,15 ^{cB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.3.2. Kefir Örneklerinin *Lactobacillus* spp. İçeriği

Farklı depolama süresinde kefir örneklerinin *Lactobasillus* spp. içeriği 7,61 log kob/mL ile 10,82 log kob/mL arasında saptanmıştır (Tablo 4.14). A, D, H kefir örneklerinin 7. günde *Lactobasillus* spp. içeriğinde belirlenen azalma istatistiksel

olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). B ve G örneklerinde *Lactobacillus* spp. içeriğinde depolamanın son gününe kadar gözlenen artışın önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Diğer örneklerin *Lactobacillus* spp. miktarları birbirine benzer bulunmuştur ($P>0,05$).

Tablo 4.14. Kefir örneklerinin *Lactobacillus* spp. içeriği (log kob/mL) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	9,63±0,16 ^{aA}	7,75±0,08 ^{bB}	9,47±0,13 ^{bA}
B	9,34±0,22 ^{aB}	9,34±0,02 ^{aB}	10,82±0,08 ^{aA}
C	9,93±0,06 ^{aA}	9,63±0,03 ^{aA}	9,90±0,14 ^{abA}
D	9,38±0,18 ^{aA}	8,66±0,14 ^{abB}	9,72±0,19 ^{bA}
E	8,95±0,45 ^{aB}	8,75±0,09 ^{abB}	9,25±0,08 ^{bA}
F	9,62±0,22 ^{aA}	8,93±0,25 ^{abA}	9,87±0,06 ^{abA}
G	9,24±0,34 ^{aB}	9,58±0,17 ^{aB}	10,11±0,06 ^{aA}
H	9,63±0,13 ^{aA}	7,61±0,13 ^{bB}	9,48±0,13 ^{bA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.3.3. Kefir Örneklerinin *Lactococcus* spp. İçeriği

Kefir örneklerinin *Lactococcus* spp. içeriğinde genel anlamda bir artışın olduğu Tablo 4.15’de görülmektedir. Depolamanın ilk gününde *Lactococcus* spp. içeriği 7,93 log kob/mL ile 9,32 log kob/mL arasında değişim göstermiştir. G örneği hariç, diğer örneklerin *Lactococcus* spp. içeriği birbirine benzer seviyede olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). D ve G örneklerinde 7. günde azalma görülürken, 15. günde yeniden bir artış gözlenmiştir. Depolama süresince B, C ve H örneklerinde düzenli bir artış gözlenmiştir. Örneklerin *Lactococcus* spp. içeriği depolamanın 15. gününde E örneğinde seviyesini korumuş, diğer örneklerde ise önemli bir artış göstermiştir ($P<0,05$). *Lactococcus* spp. içeriğindeki en önemli artış 10,17 log kob/mL ile sadece enzim katkılı örnek olan B örneğinde belirlenmiştir. Ayrıca C ve D örneklerinin *Lactococcus* spp. içeriği de B örneği ile benzer bulunmuştur ($P>0,05$).

Tablo 4.15. Kefir örneklerinin *Lactococcus* spp. içeriği (log kob/mL) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1.GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	8,96±0,21 ^{ba}	9,23±0,03 ^{abA}	9,15±0,08 ^{ba}
B	9,03±0,10 ^{bb}	9,34±0,02 ^{aB}	10,17±0,10 ^{aA}
C	8,57±0,35 ^{bb}	9,02±0,11 ^{abAB}	9,92±0,07 ^{aA}
D	8,00±0,12 ^{bb}	7,76±0,27 ^{cB}	9,91±0,09 ^{aA}
E	7,93±0,13 ^{bb}	9,52±0,24 ^{aA}	7,93±0,18 ^{cB}
F	8,88±0,23 ^{ba}	8,41±0,15 ^{ba}	9,04±0,24 ^{bcA}
G	9,32±0,08 ^{aA}	7,67±0,12 ^{cB}	9,56±0,13 ^{ba}
H	8,39±0,54 ^{bb}	9,04±0,03 ^{abB}	9,66±0,25 ^{ba}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.3.4. Kefir Örneklerinin *L. acidophilus* İçeriği

Tablo 4.16’da görüldüğü gibi depolama süresince örneklerin *L. acidophilus* içeriği 7,25-9,53 log kob/mL arasında değişim göstermiştir (P<0,05). Depolama süresince A ve D örneklerinin *Lac. acidophilus* içeriği 1. güne göre 7. günde azalmış olup, 15. günde tekrar artmıştır. C ve F örneklerinin *L. acidophilus* içeriği 1.güne göre diğer günlerde arttığı görülmüştür. Depolama süresince E ve H örneklerinin *L. acidophilus* sayısında önemli bir değişim görülmemiştir (P>0,05). Depolama süresinin sonunda örneklerin *L. acidophilus* içeriği 8,13-9,53 log kob/mL arasında değişim göstermiştir. C ve E örnekleri diğer örneklerden önemli farklılık göstermiştir (P<0,05).

Tablo 4.16. Kefir örneklerinin *L. acidophilus* içeriği (log kob/mL) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	8,39±0,36 ^{bB}	7,89±0,28 ^{bcB}	9,18±0,05 ^{aA}
B	8,00±0,06 ^{bB}	7,25±0,13 ^{cC}	9,29±0,09 ^{aA}
C	7,98±0,10 ^{bB}	8,35±0,13 ^{bA}	8,13±0,08 ^{bA}
D	8,80±0,10 ^{bB}	7,99±0,25 ^{bcB}	9,53±0,09 ^{aA}
E	8,12±0,15 ^{bA}	8,10±0,27 ^{bA}	8,22±0,18 ^{bA}
F	8,59±0,11 ^{bB}	9,05±0,03 ^{aA}	9,16±0,04 ^{aA}
G	9,13±0,08 ^{aA}	7,93±0,02 ^{bcB}	9,17±0,13 ^{aA}
H	8,64±0,13 ^{bA}	8,43±0,21 ^{bA}	8,73±0,11 ^{abA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.3.5. Kefir Örneklerinin *Bifidobacterium* spp. İçeriği

Bifidobacterium spp. içeriği kefir örneklerinin depolama süresince önemli farklılıklar görülmektedir (Tablo 4.17). Depolama süresince örnekler arasında tabloda da görüldüğü şekilde önemli oranda azalmalar söz konusudur. Depolamanın birinci gününde 6,84-7,38 log kob/mL arasında olan *Bifidobacterium* spp. sayısının depolamanın 15.gününde 5,63-6,81 log kob/mL düzeyinde azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.17. Kefir örneklerinin *Bifidobacterium* spp. içeriği (log kob/mL) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	6,84±0,26 ^{aA}	6,23±0,08 ^{aA}	6,30±0,03 ^{bB}
B	6,99±0,23 ^{aA}	5,22±0,17 ^{bB}	6,39±0,10 ^{bC}
C	6,85±0,15 ^{aA}	5,61±0,23 ^{abB}	6,50±0,24 ^{bC}
D	7,38±0,10 ^{aA}	6,57±0,13 ^{aB}	6,56±0,09 ^{abC}
E	7,20±0,15 ^{aA}	5,90±0,22 ^{abB}	6,36±0,18 ^{bC}
F	7,40±0,32 ^{aA}	6,39±0,11 ^{aB}	6,75±0,14 ^{aC}
G	6,92±0,14 ^{aA}	6,26±0,16 ^{aB}	6,81±0,23 ^{aC}
H	7,35±0,13 ^{aA}	5,60±0,31 ^{abB}	5,63±0,25 ^{cC}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.3.6. Kefir Örneklerinin Maya İçeriği

Farklı depolama süresince kefir örneklerinin maya içeriği Tablo 4.18’de verilmiştir. Örneklerin 15 gün süren depolama süresince maya içeriğinde görülen artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Birinci günde örneklerin maya içeriği 7,02 log kob/mL ile 8,74 log kob/mL arasında saptanmıştır. Enzim katkılı B ve D örneklerinde maya sayısı daha az bulunmasına rağmen, enzim ve %0,25 ve %0,50 oranında β -glukan içeren örneklerde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Depolamanın 15. gününde ise E ve F örneklerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.18. Kefir örneklerinin maya içeriği (log kob/mL) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	8,74±0,03 ^{aB}	7,75±0,18 ^{bC}	9,62±0,13 ^{aA}
B	7,02±0,06 ^{bC}	8,56±0,07 ^{abB}	9,25±0,05 ^{aA}
C	8,24±0,02 ^{aB}	8,00±0,13 ^{abB}	9,94±0,04 ^{aA}
D	7,53±0,10 ^{bC}	8,29±0,04 ^{abB}	9,40±0,09 ^{aA}
E	8,32±0,05 ^{aA}	6,49±0,07 ^{cB}	8,94±0,21 ^{bA}
F	8,39±0,02 ^{aB}	9,34±0,11 ^{aA}	8,01±0,04 ^{bB}
G	8,67±0,04 ^{aB}	9,29±0,22 ^{aA}	9,87±0,11 ^{aA}
H	8,70±0,03 ^{aB}	8,43±0,01 ^{abB}	9,37±0,17 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.4. Uçucu Aroma Bileşeni Kompozisyonu

Sütün temel bileşenlerinden olan protein, karbonhidrat ve lipidler, sütün türüne ve hayvanın beslenme şekline bağlı olarak farklı oranlarda sütte bulunmaktadır. Bu bileşenler üretilen ürüne ve işleme tekniğine, starter kültür kullanılma durumuna, starter kültür çeşidine, inkübasyon sıcaklık ve süresine veya olgunlaşma koşullarına bağlı olarak da ürün aroma bileşenlerinin oluşumunda önemli bir yere sahiptir. Proteinler, yağlar ve karbonhidratların çeşitli metabolik yollar kullanılarak parçalanması yoğurt, kefir, ayran ve peynir üretim aşamalarında ürünün kendisine özgü tat ve aroma gelişimini sağlamaktadır. Kefir gibi birçok mikroorganizma

grubunu bir arada bulunduran ürünlerde ise aroma bileşenlerinin çeşitliliği ve miktarı üretimde kullanılan danenin özelliği yanı sıra, üretim koşullarından ve içerisine ilave edilen maddelerden etkilenebilmektedir.

Bu bölümde çalışmada söz konusu olan kefir örneklerinin 15 gün süren depolama süresince meydana gelen uçucu aroma bileşenlerinin bulgularına yer verilmiştir.

Kefir örneklerinin 1., 7. ve 15. günlerinde toplam 54 adet uçucu aroma bileşenleri tespit edilmiştir. Bunlardan 12 tanesini alkoller, 8 tanesini aldehitler, 9 tanesini ketonlar, 13 tanesini karboksilik asitler, 9 tanesini esterler, 2 tanesini terpenler, 1 tanesini de karbondioksit olan uçucu aroma bileşenleri oluşturmuştur.

4.4.1. Alkoller

Etanol

Kefir örneklerinde tespit edilen alkol grubu içerisinde en yüksek miktarlar etanol içeriğinde tespit edilmiştir (Tablo 4.19). Depolamanın birinci gününde etanol içeriği C örneğinde en düşük miktarda (1.301,3 µg/L) belirlenirken kontrol örnekleri A (2.328,1 µg/L), B (2.115,0 µg/L) ve E (2.107,4 µg/L) örnekleri birbirine benzer düzeyde tespit edilmiştir ($P>0,05$). D, F ve H örneklerinin etanol içeriği birbirine yakın bulunurken, en yüksek etanol içeriği G örneğinde (24.861,8 µg/L) belirlenmiştir. Depolama süresince örneklerin etanol miktarlarında artış ve azalışlar şeklinde değişim gözlenmiştir. Depolamanın sona erdirildiği 15. günde mTG içeren tüm örneklerin etanol içeriği önemli derecede farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Sadece β-glukan içeren örnekler içerisinde en yüksek etanol düzeyi 11.156,2 µg/L ile %0,25 β-glukan içeren E örneğinde saptanmıştır ($P<0,05$).

Tablo 4.19. Kefir örneklerinin etanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	2.328,1±27 ^{dC}	11.780,6±161 ^{aA}	8.615,4±117 ^{bB}
B	2.115,0±23 ^{dC}	4.955,3±56 ^{cB}	11.616,7±143 ^{aA}
C	1.301,3±4 ^{eC}	3.846,1±22 ^{dB}	8.555,9±70 ^{bA}
D	4.493,2±18 ^{cB}	13.792,2±135 ^{aA}	14.554,2±156 ^{aA}
E	2.107,4±29 ^{cB}	10.698,8±106 ^{abA}	11.156,2±155 ^{aA}
F	5.407,3±47 ^{bcB}	644,2±8 ^{eC}	12.263,1±134 ^{aA}
G	24.861,8±7 ^{aA}	980,7±4 ^{eC}	5.612,7±30 ^{cB}
H	6.716,4±76 ^{bB}	7.889,5±87 ^{cdA}	7.650,4±63 ^{bA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

3-metil 1-butanol

Genellikle kefir danelerinde yer alan *S. cerevisia* tarafından gerçekleşen fermantasyonun bir ürünü olan 3-metil 1-butanol, 3-metil butanal redüktaz tarafından 3-metil butanaldan oluşmaktadır (Anonim, 2018). Depolamanın 1. gününde farklı oranda β-glukan ve mTG içeren örneklerden G örneğinin 3-metil 1-butanol içeriği diğer örneklerden önemli derecede yüksek belirlenmiştir (P<0,05)(Tablo 4.20). Bununla birlikte %0,5 β-glukan ve mTG enzimi içeren H örneğinin 3-metil 1-butanol içeriği C örneği ile benzer bulunurken diğer tüm örneklerden önemli düzeyde farklılık göstermiştir (P<0,05). Depolamanın 7. gününde ise A ve E örneklerinde 3-metil 1-butanol seviyesi önemli seviyede artış göstermiş ve sırasıyla 1.246,1 µg/L ve 1.365,7 µg/L düzeyine ulaşmıştır. Enzim içeren örneklerden D ve H örneklerindeki miktar birbirine yakın iken, mTG katkılı bir diğer örnek ise yaklaşık yarısı kadar 3-metil 1-butanol içeriğine sahip olmuştur. Kefir örneklerinin 15 gün depolama süresince 3-metil 1-butanol değerlerinde A örneğinde 28 kat, H örneğinde 5,5 kat, E örneğinde ise 3 kat artış gözlenmiş, diğer örneklerdeki artış 1,3-2 kat arasında tespit edilmiştir. Bu verilere göre en yüksek 3-metil 1-butanol oranı hiçbir ilave madde içermeyen kontrol örneğinde gözlenmiştir.

Tablo 4.20. Kefir örneklerinin 3-metil 1-butanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	344,5±4 ^{cC}	1.246,1±16 ^{aB}	9.745,0±13 ^{aA}
B	348,9±3 ^{cB}	508,8±5 ^{cB}	956,8±11 ^{cA}
C	149,8±1 ^{dB}	380,6±1 ^{cA}	420,9±2 ^{eA}
D	772,1±5 ^{bB}	950,6±5 ^{bA}	998,9±8 ^{cA}
E	364,6±4 ^{cB}	1.365,7±11 ^{aA}	1.163,3±15 ^{bcA}
F	875,9±8 ^{bB}	456,0±3 ^{cC}	1.422,9±15 ^{bA}
G	1.361,8±7 ^{aA}	867,4±4 ^{bB}	1327,2±5 ^{bA}
H	122,5±1 ^{dC}	958,9±8 ^{bA}	677,7±4 ^{dB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Tridekanol

Kefir örneklerinin Tridekanol ve 2-Undekanol içerikleri Tablo 4.21 ve 4.22’de gösterilmiştir. Örneklerde depolamanın her döneminde artış ve azalışlar görülmüş, bazı günlerde tespit edilemediğinden örnekler arasında yorum yapılmamıştır.

Tablo 4.21. Kefir örneklerinin tridekanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	104,4±0	85,5±0	82,0±1
B	65,3±0	TE	183,4±0
C	110,7±0	46,9±0	195,2±1
D	309,8±2	TE	TE
E	TE	155,8±0	TE
F	TE	TE	93,0±0
G	TE	32,4±0	TE
H	75,3±0	TE	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

TE: Tespit edilemedi

2-Undekanol

Tablo 4.22. Kefir örneklerinin 2-undekanol miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	96,1 $\pm$ 0	89,2 $\pm$ 0	TE
B	75,1 $\pm$ 0	84,9 $\pm$ 0	TE
C	83,9 $\pm$ 0	TE	253,3 $\pm$ 1
D	TE	100,5 $\pm$ 0	TE
E	TE	TE	84,7 $\pm$ 0
F	105,4 $\pm$ 1	48,0 $\pm$ 0	165,8 $\pm$ 0
G	TE	TE	85,5 $\pm$ 0
H	181,1 $\pm$ 0	173,3 $\pm$ 0	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
TE: Tespit edilemedi

Nonanol

Örneklere ait nonanol değerleri incelendiğinde, birinci gün değerlerine göre D örneği en yüksek (642,9 $\mu\text{g/L}$), F örneği ise en düşük değere (75,1 $\mu\text{g/L}$) sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4.23). Hiçbirşey ilave edilmeyen A örneği ile kıyasladığımızda; G ve H örneklerinin benzer değerlere sahip olduğu, D, C, E, F örneklerinden önemli derecede farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). Örnekler arasında düşük oranda β -glukan ve mTG enzimi içeren D örneğinin 2 kat (642,9 $\mu\text{g/L}$) nonanol içerdiği saptanmıştır ($P<0,05$). B, C ve F örneklerinin nonanol içeriği depolama süresince düzenli bir artış göstermiştir. Diğer örneklerin nonanol içeriğinde ise artış ve azalış şeklinde eğilimler tespit edilmiştir.

Tablo 4.23. Kefir örneklerinin Nonanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	382,8±3 ^{bB}	523,1±3 ^{aA}	444,8±4 ^{bAB}
B	239,0±1 ^{bcC}	370,9±1 ^{bB}	545,3±3 ^{aA}
C	171,2±1 ^{cC}	205,1±0 ^{cB}	350,8±1 ^{bcA}
D	642,9±3 ^{aA}	361,6±1 ^{bB}	405,4±0 ^{bB}
E	160,6±1 ^{cB}	416,5±2 ^{abA}	161,3±1 ^{dB}
F	75,1±1 ^{dC}	102,2±1 ^{dB}	263,2±0 ^{cA}
G	354,0±0 ^{bA}	29,5±0 ^{cC}	261,9±1 ^{cB}
H	387,2±2 ^{bA}	306,0±1 ^{bA}	320,0±3 ^{bcA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Dekanol

Tablo 4.24'te görüldüğü gibi, kefir örneklerinin depolamanın birinci günündeki dekanol miktarları 45,9 µg/L ile 624,1 µg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük dekanol içeriği E (45,9 µg/L) ve C örneğinde (79,1 µg/L) belirlenirken, en yüksek H örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince örneklerin dekanol içeriklerinde görülen değişimler dikkate alındığında, H örneğinin 7. günde önemli derecede bir azalmanın olduğu gözlenmiştir (P<0,05). E örneği ise tam tersi bir reaksiyon göstermiş, 45,9 µg/L düzeyinden 360,2 µg/L seviyesine önemli derecede bir artış gözlenmiştir (P<0,05). Depolama süresince en düzenli artış B örneğinde saptanmıştır. Depolamanın son gününde G örneği (405,5 µg/L) 2 kat artış göstererek diğer örneklerden önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0,05). Kontrol örneğine en yakın değerlere ise C ve D örnekleri sahip olmuştur (P>0,05).

Tablo 4.24. Kefir örneklerinin dekanol miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	186,4 $\pm$ 1 ^{bcB}	336,8 $\pm$ 1 ^{aA}	175,8 $\pm$ 1 ^{cB}
B	151,0 $\pm$ 2 ^{cC}	236,7 $\pm$ 2 ^{bB}	362,6 $\pm$ 2 ^{abA}
C	79,1 $\pm$ 1 ^{dB}	54,8 $\pm$ 0 ^{dB}	129,5 $\pm$ 0 ^{cdA}
D	223,4 $\pm$ 0 ^{bAB}	332,6 $\pm$ 3 ^{aA}	145,9 $\pm$ 2 ^{cdB}
E	45,9 $\pm$ 0 ^{dC}	360,2 $\pm$ 1 ^{aA}	115,7 $\pm$ 0 ^{dB}
F	154,9 $\pm$ 1 ^{cB}	83,5 $\pm$ 0 ^{dC}	260,5 $\pm$ 0 ^{bA}
G	209,52 $\pm$ 0 ^{bB}	136,9 $\pm$ 0 ^{cC}	405,5 $\pm$ 4 ^{aA}
H	624,1 $\pm$ 1 ^{aA}	93,2 $\pm$ 1 ^{dC}	235,7 $\pm$ 2 ^{bB}

A: Kontrol , B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan , D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan , H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

1-dodekanol

Örneklerin 1-dodekanol içeriklerinin verildiği Tablo 4.25 incelendiğinde, depolama sırasında belirtilen değerlerde artış ve azalışların olduğu görülmektedir. Depolama süresince A, D ve H örneklerinde düzenli bir azalmanın, B, C, F örneklerinde ise artışın olduğu gözlenmiştir (P<0,05). Depolamanın 1. gününde en yüksek 1-dodekanol içeriği H örneği (513,2 $\mu\text{g/L}$) ve D örneği (457,1 $\mu\text{g/L}$) sahip olmuştur. En düşük değere sahip olan E örneği ise diğer örneklerden önemli derecede düşük bir değere sahip olduğu (86,8 $\mu\text{g/L}$) saptanmış ve bu farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05). Depolamanın 15. gününde ise B, C ve G örneklerinin değerleri birbirine benzer (P>0,05) bulunmuş ve en yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Kontrol grubu olan A örneğinin 1-dodekanol miktarı ise 98,5 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiş ve β -glukan ile mTG enzimi içeren diğer örneklerden farklılık göstermiştir (P<0,05).

Tablo 4.25. Kefir örneklerinin 1-dodekanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	168,8±1 ^{bcA}	192,0±0 ^{abA}	98,5±1 ^{dB}
B	182,7±1 ^{bB}	227,4±1 ^{aA}	302,5±1 ^{aA}
C	160,5±1 ^{bcB}	141,6±0 ^{bB}	393,0±1 ^{aA}
D	457,1±3 ^{aA}	227,5±0 ^{aB}	206,9±0 ^{bB}
E	86,8±1 ^{dB}	194,2±2 ^{abA}	113,8±0 ^{cAB}
F	133,9±1 ^{cB}	118,0±0 ^{cB}	251,5±0 ^{bA}
G	184,3±0 ^{bB}	60,2±0 ^{dC}	335,7±3 ^{aA}
H	513,2±6 ^{aA}	115,0±0 ^{cB}	182,3±1 ^{cB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

2-heptanol

Örneklerin 2-heptanol içeriğine bakıldığında (Tablo 4.26), G örneğinde herhangi bir değer elde edilmezken, B ve E örneğinin diğer örneklerden daha düşük 2-heptanol içeriğine sahip olduğu görülmektedir (P<0,05). Depolamanın 7. gününde bazı örneklerin 2-heptanol miktarlarında artış ve azalış görülse de, 15. günde tüm örneklerde önemli bir artış belirlenmiştir (P<0,05). D ve E örneği hariç, diğer örneklerin 2-heptanol içerikleri 202,9 µg/L ile 284,0 µg/L arasında değişim göstermiştir (P>0,05).

Tablo 4.26. Kefir örneklerinin 2-heptanol miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	132,2 $\pm$ 1 ^{abC}	383,8 $\pm$ 2 ^{aA}	202,9 $\pm$ 0 ^{bB}
B	78,1 $\pm$ 0 ^{cC}	178,1 $\pm$ 0 ^{cB}	242,0 $\pm$ 1 ^{abA}
C	120,4 $\pm$ 1 ^{bC}	172,8 $\pm$ 0 ^{cB}	284,0 $\pm$ 0 ^{aA}
D	132,7 $\pm$ 0 ^{abC}	344,6 $\pm$ 1 ^{aA}	188,7 $\pm$ 0 ^{bB}
E	36,8 $\pm$ 0 ^{cC}	102,6 $\pm$ 0 ^{cdB}	151,1 $\pm$ 1 ^{cA}
F	153,5 $\pm$ 1 ^{aB}	92,9 $\pm$ 1 ^{dC}	219,1 $\pm$ 0 ^{abA}
G	TE	247,8 $\pm$ 1 ^{bA}	282,5 $\pm$ 1 ^{aA}
H	161,2 $\pm$ 0 ^{aB}	228,7 $\pm$ 1 ^{bA}	272,0 $\pm$ 1 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

TE: Tespit edilemedi

2- etilhekzanol

Örneklerin birinci günde belirlenen 2-etilhekzanol içeriklerine bakıldığında (Tablo 4.27), E ve G örneklerinde bir değer tespit edilmezken, en yüksek değer A örneğinde (190,3 $\mu\text{g/L}$), en düşük ise H örneğinde (37,5 $\mu\text{g/L}$) tespit edilmiştir. Kontrol örneği olan A örneği ile sadece enzim içeren B örneği incelendiğinde, enzim katkılı örneklerde 2-etilhekzanol içeriğinin önemli derecede az olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Değerler incelendiğinde, A ve B örnekleri arasında ilk 15 gün yaklaşık 2 kat, 15. gün ise 1.5 kat farkın olduğu görülmektedir. β -glukan içeren örneklerin 1. günde tespit edilen 2-etilhekzanol miktarı, 7. günde yarı yarıya azaldığı saptanmıştır. Depolamanın ilk gününde E ve G örneklerinde tespit edilemeyen 2-etilhekzanol miktarının 7. günde sırasıyla 89,3 $\mu\text{g/L}$ ve 97,1 $\mu\text{g/L}$ düzeyine yükseldiği görülmüştür. Örneklerin 15. gün verileri incelendiğinde, 2-etilhekzanol içeriğindeki en yüksek artışın B (195,6 $\mu\text{g/L}$) ve C (161,1 $\mu\text{g/L}$) örneklerinde olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.27. Kefir örneklerinin 2-etilhekzanol miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	190,3 $\pm$ 0 ^{abB}	293,0 $\pm$ 1 ^{aA}	235,9 $\pm$ 2 ^{aA}
B	73,3 $\pm$ 0 ^{cB}	64,8 $\pm$ 0 ^{dB}	195,6 $\pm$ 1 ^{abA}
C	121,9 $\pm$ 1 ^{bA}	85,2 $\pm$ 0 ^{cB}	161,1 $\pm$ 1 ^{bA}
D	158,7 $\pm$ 1 ^{bA}	81,0 $\pm$ 1 ^{cB}	71,2 $\pm$ 0 ^{cB}
E	TE	89,3 $\pm$ 0 ^{cA}	75,5 $\pm$ 0 ^{cA}
F	227,4 $\pm$ 3 ^{aA}	88,6 $\pm$ 0 ^{cC}	129,0 $\pm$ 0 ^{bB}
G	TE	97,1 $\pm$ 0 ^{bA}	93,7 $\pm$ 0 ^{cA}
H	37,5 $\pm$ 1 ^{cA}	TE	44,0 $\pm$ 0 ^{dA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

TE: Tespit edilemedi

Oktanöl

Örneklerin oktanöl içeriği depolama süresince düzensiz bir değişim göstermiştir (Tablo 4.28). Kefir örneklerinde 1. günde yapılan analiz sonuçlarına göre en yüksek değer (532,4 $\mu\text{g/L}$) %0,1 β -glukan ve mTG içeren örnekte tespit edilmiştir. Bunu G (311,6 $\mu\text{g/L}$) ve A (224,6 $\mu\text{g/L}$) örnekleri takip etmiştir ($P<0,05$). Birinci gün analizlerinde en düşük değerlere ise C ve F örnekleri sahip olmuştur ($P<0,05$). Depolamanın son günü en yüksek oktanöl miktarı H örneğinde (702,0 $\mu\text{g/L}$) görülürken, B, D ve G örneklerine ait değerlerin de yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolamanın son gününde mTG içeren örneklerin diğerlerinden daha yüksek oktanöl içerdiği ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). β -glukan içeren örneklerin oktanöl içeriğindeki düzensiz değişim dikkate alındığında, oktanöl miktarına üretimde kullanılan β -glukan oranının etkili olmadığı söylenebilir.

Tablo 4.28. Kefir örneklerinin oktanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	224,6±0 ^{cB}	1168,4±11 ^{aA}	264,9±1 ^{cB}
B	126,3±1 ^{dC}	406,3±3 ^{cB}	525,5±5 ^{bA}
C	39,7±0 ^{fC}	84,9±0 ^{eB}	116,1±0 ^{dA}
D	532,4±3 ^{aB}	778,4±8 ^{bA}	534,3±4 ^{bB}
E	140,4±1 ^{dB}	348,3±2 ^{cA}	87,5±1 ^{eC}
F	87,8±0 ^{eC}	145,4±1 ^{dB}	202,5±1 ^{cA}
G	311,6±0 ^{bB}	163,6±1 ^{dC}	546,2±6 ^{bA}
H	211,8±1 ^{cB}	619,2 ^{bA}	702,0±8 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Dodekanol

Depolama süresince örneklerin dodekanol içeriği 60,2 µg/L ile 513,2 µg/L arasında değişim göstermiştir. Tablo 4.29’da verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, 1. günde örneklerin dodekanol içeriği en yüksek H örneğinde (513,2 µg/L) belirlenirken, en düşük miktar 86,8 µg/L ile E örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince artış ve azalış şeklinde miktarların değişim gösterdiği gözlenmiştir. Kefir örneklerinin 15. gün belirlenen dodekanol değerleri incelendiğinde, A örneğinin en düşük değere (98,5 µg/L) sahip olduğu görülmektedir (P<0,05). B, C ve G örneklerinin dodekanol miktarlarındaki değişim, diğer örneklerden istatistiki olarak önemlidir (P<0,05).

Tablo 4.29. Kefir örneklerinin dodekanol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	168,8±1 ^{cA}	192,0±0 ^{bA}	98,5±1 ^{dB}
B	182,7±1 ^{cB}	227,4±1 ^{aAB}	302,5±1 ^{aA}
C	160,5±1 ^{cB}	141,6±0 ^{cdB}	393,0±1 ^{aA}
D	457,1±3 ^{bA}	227,5±0 ^{aB}	206,9±0 ^{bB}
E	86,8±1 ^{eB}	194,2±2 ^{bA}	113,8±0 ^{cdA}
F	133,9±1 ^{dB}	118,0±0 ^{dB}	251,5±0 ^{bA}
G	184,3±0 ^{cB}	60,2±0 ^{eC}	335,7±3 ^{aA}
H	513,2±6 ^{aA}	115,0±0 ^{cdB}	182,3±1 ^{cB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Nonan-2-ol

Onbeş gün süren depolama süresince örneklerdeki nonan-2-ol içeriğindeki değişim Tablo 4.30'da verilmiştir. Üretimin birinci gününde en düşük değere E (42,3 µg/L) ve B örneği (95,1 µg/L) sahip olmuş ve diğer örneklerden önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0,05). Diğer örneklerden F ve G, A ve H ile C ve D örneklerine ait değerler birbirine benzer bulunmuştur (P<0,05). Depolamanın son gününde ise tüm örneklerin nonan-2-ol içerikleri önemli derecede artış göstermiştir (P<0,05). Örnekler arasında en önemli artış E örneğinde görülmüş ve nonan-2-ol içeriğinin yaklaşık 5 kat arttığı tespit edilmiştir (P<0,05). Benzer şekilde B örneğinde de yaklaşık 4 kat artış görülmüştür. Diğer örneklerdeki artışın yaklaşık 2 kat seviyesinde olduğu belirlenmiştir. F örneğinin nonan-2-ol miktarı 410,4 µg/L olarak yüksek düzeyde belirlenirken, E örneğinde 220,5 µg/L düzeyinde tespit edilmiştir (P<0,05).

Tablo 4.30. Kefir örneklerinin nonan-2-ol miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	128,0±1 ^{cC}	348,3±1 ^{aA}	264,8±2 ^{cB}
B	95,1±1 ^{dC}	234,0±1 ^{bB}	390,3±0 ^{abA}
C	154,1±2 ^{bB}	192,7±0 ^{bcB}	327,8±0 ^{abA}
D	179,2±0 ^{bB}	322,8±3 ^{aA}	293,0±0 ^{bA}
E	42,3±0 ^{eB}	232,6±1 ^{bA}	220,5±0 ^{cA}
F	218,1±2 ^{aB}	115,0±1 ^{cC}	410,4±1 ^{aA}
G	212,5±0 ^{aA}	100,2±0 ^{cB}	278,4±0 ^{cA}
H	121,1±1 ^{cB}	248,5±0 ^{bA}	247,3±0 ^{cA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.4.2. Aldehitler

Asetaldehit

Aminotransferaz enziminin etkisi ile amino asit katabolizması sonucu önce α-keto asitler oluşur ve oradan da aldehitlere dönüşür. Aldehitlerin oluşumunda transaminasyon ya da Strecker degradasyonu rol oynamaktadır. Valin, izolösin ve lösin amino asitleri sırasıyla 2-metilpropanal, 2- metilbutanal, ve 3-metilbutanal oluşturmaktadır (Magalhaes, 2011). Bu çalışmada 8 adet aldehit grubu uçucu aroma bileşeni tespit edilmiş olup, önemli olan gruplar hakkında değerlendirme yapılmıştır.

Kefir örneklerine ait asetaldehit miktarları Tablo 4.31’de verilmiştir. Örneklerin 1. güne ait asetaldehit miktarları önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0,05). A ve B kontrol örneklerinin asetaldehit miktarı sırasıyla 206,8 µg/L ve 372,9 µg/L olarak belirlenmiştir. Her iki örneğin asetaldehit miktarı olgunlaşma süresince düzenli olarak artış göstermiş ve depolama süresince meydana gelen artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Benzer şekildeki düzenli artış C ve D örnekleri için de tespit edilmiştir. Depolamanın son gününde en yüksek asetaldehit miktarı C ve D örneklerinde belirlenmiştir (P<0,05). G örneği ise en düşük (75,5 µg/L) asetaldehit içeriğine sahip olmuştur.

Tablo 4.31. Kefir örneklerinin asetaldehit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	206,8±2 ^{abC}	611,7±7,9 ^{aB}	955,9±13 ^{bA}
B	372,9±4 ^{aC}	676,3±8,0 ^{aB}	913,8±10 ^{bA}
C	26,2±0 ^{cC}	477,6±5,4 ^{bB}	1.867,3±24 ^{aA}
D	375,1±3 ^{aC}	510,2±3,6 ^{aB}	1.429,7±18 ^{aA}
E	76,7±1 ^{aC}	478,7±4,7 ^{bA}	296,5±3,7 ^{dB}
F	136,7±0 ^{bB}	80,2±0,2 ^{dC}	648,2±7,4 ^{cA}
G	282,0±0,2 ^{abA}	39,4±0,2 ^{dB}	75,5±0,1 ^{eB}
H	152,8±1,0 ^{bB}	131,4±0,7 ^{cB}	251,2±2,0 ^{dA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Hekzanal

Örneklerin hekzanal içerikleri incelendiğinde, farklı depolama günlerinde azalma ve artış şeklinde değişimlerin olduğu görülmektedir (Tablo 4.32). Üretimin birinci gününde B ve H örneklerinin hekzanal miktarları oldukça yüksek bulunmuştur (P<0,05). C örneği hariç, diğer örneklerin hekzanal içerikleri 15 günlük depolama süresince azalma göstermiştir (P<0,05). Depolama sonunda mTG içeren örneklerin hekzanal miktarının diğer örneklerden önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). En yüksek hekzanal miktarı B ve D örneklerinde belirlenmiş olup, sırasıyla 76,1 µg/L ve 77,7 µg/L düzeyinde belirlenmiştir (P<0,05). Kontrol örnekleri olan A ve B örneklerinde ise bu değer 57,8 µg/L ve 76,1 µg/L olarak saptanmıştır.

Tablo 4.32. Kefir örneklerinin hekzanal miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	61,4±0 ^{cB}	97,5±0,4 ^{aA}	57,8±0,5 ^{bB}
B	393,1±5 ^{aA}	63,2±0,3 ^{bB}	76,1±0 ^{aB}
C	TE	48,8±0,1 ^{bcB}	66,6±0,3 ^{abA}
D	116,7±1 ^{bA}	80,9±0,5 ^{aB}	77,7±0,1 ^{aB}
E	29,2±0 ^{cA}	42,6±0,1 ^{cdA}	TE
F	TE	31,4±0,1 ^{dB}	48,9±0,1 ^{cA}
G	103,6±0 ^b	TE	TE
H	268,9±2,9 ^{aA}	TE	50,9±0,1 ^{bcB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Benzaldehit

Tablo 4.33. Kefir örneklerinin benzaldehit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	89,4±1	71,6±0,2	TE
B	TE	TE	62,4±0,1
C	TE	TE	115,4±0,4
D	173,1±1	160,5±0,6	TE
E	96,9±1	TE	TE
F	TE	TE	TE
G	TE	TE	58,3±0,1
H	TE	TE	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Oktanal

Tablo 4.34. Kefir örneklerinin oktanal miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	79,8 $\pm$ 1	1.438,5 $\pm$ 4,4	92,2 $\pm$ 0,9
B	73,0 $\pm$ 0	101,4 $\pm$ 0,3	76,7 $\pm$ 0,1
C	TE	51,9 $\pm$ 0,1	56,0 $\pm$ 0,2
D	87,4 $\pm$ 0	126,9 $\pm$ 0,6	89,4 $\pm$ 0,5
E	50,7 $\pm$ 0	74,6 $\pm$ 0,3	82,6 $\pm$ 0,4
F	TE	27,3 $\pm$ 0,1	46,6 $\pm$ 0,1
G	105,6 $\pm$ 0,1	TE	35,0 $\pm$ 0,1
H	TE	TE	43,3 $\pm$ 0,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
a,b,c: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)
A,B,C: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)
TE: Tespit edilemedi

Nonanal

Tablo 4.35. Kefir örneklerinin nonanal miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	394,7 $\pm$ 1	1.690,0 $\pm$ 5,6	305,6 $\pm$ 3,1
B	186,1 $\pm$ 1	85,22 $\pm$ 0,7	174,1 $\pm$ 0,3
C	TE	105,9 $\pm$ 0,2	145,1 $\pm$ 0,5
D	370,5 $\pm$ 2	144,9 $\pm$ 0,7	252,5 $\pm$ 0,3
E	95,7 $\pm$ 1	188,3 $\pm$ 0,5	163,9 $\pm$ 1,5
F	102,2 $\pm$ 1	203,5 $\pm$ 0,9	170,8 $\pm$ 0,6
G	1.011,1 $\pm$ 0,3	TE	120,3 $\pm$ 0,1
H	97,6 $\pm$ 0,2	TE	61,2 $\pm$ 0,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
TE: Tespit edilemedi

2-Undekenal

Tablo 4.36. Kefir örneklerinin 2-undekenal miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	72,9±0,5	TE	62,3±0,5
B	103,3±0,4	TE	TE
C	TE	63,0±0,1	77,3±0,3
D	140,8±1	TE	TE
E	TE	TE	TE
F	TE	TE	TE
G	TE	TE	TE
H	80,3±0,2	TE	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
TE: Tespit edilemedi

2-nonenal

Tablo 4.37. Kefir örneklerinin 2-nonenal miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	69,9±0,3	96,0±0,6	143,6±1,2
B	63,8±0,1	172,1±0,5	96,8±0,7
C	TE	34,9±0,2	64,6±0,1
D	128,0±1	171,3±0,2	83,5±0,1
E	32,4±0,1	170,4±0,4	103,7±0,5
F	51,7±0,4	TE	60,9±0,0
G	157,7±0,1	TE	TE
H	66,2±0,2	TE	30,2±0,0

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
TE: Tespit edilemedi

2-Oktenal

Tablo 4.38. Kefir örneklerinin 2-oktenal miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	59,6 $\pm$ 0,2	TE	TE
B	23,8 $\pm$ 0,1	TE	TE
C	TE	36,1 $\pm$ 0,1	TE
D	TE	108,0 $\pm$ 0,2	TE
E	TE	79,3 $\pm$ 0,2	TE
F	TE	TE	TE
G	TE	TE	TE
H	TE	TE	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
TE: Tespit edilemedi

4.4.3. Ketonlar

Kefir örneklerinde diasetil, , aseton, 2-heptanon, asetoin, 2-undekanon, 2-tridekanon, 2-pentadekanon, 6-metil-5-hepten-2-on ve 2-nonanon olmak üzere 9 adet keton grubu tespit edilmiştir. Bu uçucu bileşiklerin depolama süresince belirlenen miktarları Tablo 4.39-4.47’de sunulmuştur. Bu bölümde kefir aromasında önemli olan keton gruplarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Fermente süt ürünlerinde diasetil ve asetoin çok düşük konsantrasyonlarda bulunsa bile, yoğurt, ayran ve kefir gibi ürünlerin aromasında, özellikle asetaldehit seviyesinin düşük olduğu durumlarda önemli bir etkiye sahip olan karbonil bileşiklerdendir (Köse ve Ocak, 2014). Fermente süt ürünlerinde diasetil, çoğunlukla sitrik asit metabolizması sonucunda *L. lactis spp. diacetylactis*, *L. citrovorum* ve *L. dextranicum* gibi mikroorganizmalar tarafından oluşturulur (Şenel, 2006). Ayrıca laktoz fermentasyonu sonucu diasetil oluştuğu da bilinmektedir. Sitrat ve laktoz metabolizmasının bir sonucu olarak oluşan pirüvat, önemli aroma bileşenleri olan diasetil ve asetoin oluşumunda önemli bir bileşiktir.

Diasetil

Kefir örneklerinin diasetil içeriklerindeki değişim Tablo 4.39’da verilmiştir. Depolamanın birinci gününde örneklerin diasetil içerikleri 108,8 µg/L ile 1.907,9 µg/L arasında değişim göstermiştir. A, B, D ve E örneklerinin diasetil miktarı birbirine benzer ($P>0,05$) bulunurken, en yüksek değer F örneğinde en düşük değer ise G örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). A ve B örneklerinin diasetil miktarı zaman içerisinde çok az da olsa bir azalma göstermiştir. Bununla birlikte C ve H örneklerinde yarı yarıya bir azalma kaydedilerek, 1. günde 574,1 µg/L ve 195,0 µg/L olan diasetil miktarlarının 220,1 µg/L ve 75,8 µg/L düzeyine azaldığı gözlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek diasetil miktarı E örneğinde (833,2 µg/L) gözlenmiş olup, diğer örneklerin diasetil miktarından yaklaşık 4 kat fark yarattığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.39. Kefir örneklerinin diasetil miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	332,9±1,3 ^{cA}	367,1±2,5 ^{bA}	214,8±1,5 ^{bB}
B	399,2±1,2 ^{cA}	273,6±2,3 ^{cB}	277±3,1 ^{bB}
C	574,1±5,9 ^{bA}	197,9±0,1 ^{cdB}	220,1±0,7 ^{bB}
D	336,4±2,3 ^{cAB}	523,0±5,1 ^{aA}	226,2±0,7 ^{bB}
E	333,1±2,4 ^{cB}	179,4±0,9 ^{cdC}	833,2±5,1 ^{aA}
F	1.907,9±22 ^{aA}	195,6±2,4 ^{cdB}	237,8±2,9 ^{bB}
G	108,8±0,1 ^{dB}	258,4±1,1 ^{cA}	219,4±1,4 ^{bA}
H	195,0±0,2 ^{dA}	158,4±0,7 ^{dA}	75,8±0,1 ^{cB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi,

G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

Aseton

Aseton ve butanon-2 düşük miktarlarda bulunmakta ve özellikle yağın degradasyonu ile laktoz transformasyonu nedeniyle yoğurt starter bakterileri tarafından üretilmektedir. Ancak bu bileşenlerin üretim ve depolama sırasında düzenli bir şekilde üretilmediği ifade edilmektedir (Şenel, 2006). Benzer şekilde çalışmamızda da aseton miktarı depolama süresince artış ve azalış şeklinde değişim göstermiştir

(Tablo 4.40). Kefir üretiminin birinci gününde yüksek oranda β -glukan içeren G ve H örnekleri dışındaki diğer örneklerden %0,1 ve %0,25 β -glukan içeren örneklerin aseton içerikleri, %0,2 mTG ve β -glukan içeren örneklerin değerinden yaklaşık %50 daha az olduğu söylenebilir. Elde edilen bulgulara göre örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.40. Kefir örneklerinin aseton miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	264,4 $\pm$ 1,2 ^{dB}	1.618,1 $\pm$ 2,5 ^{aA}	297.7 $\pm$ 0,1 ^{bcB}
B	558,8 $\pm$ 2,2 ^{bA}	373,2 $\pm$ 1,9 ^{cB}	501.9 $\pm$ 1,9 ^{aA}
C	375,5 $\pm$ 0,5 ^{cA}	372,2 $\pm$ 0,5 ^{cA}	376.3 $\pm$ 0,6 ^{bA}
D	778,2 $\pm$ 5,5 ^{aA}	738,9 $\pm$ 5,4 ^{bA}	266.1 $\pm$ 0,4 ^{aB}
E	180,9 $\pm$ 1,5 ^{cC}	334,2 $\pm$ 1,7 ^{cA}	275.8 $\pm$ 0,3 ^{bcB}
F	530,1 $\pm$ 5,4 ^{bA}	235,9 $\pm$ 2,2 ^{dB}	287.9 $\pm$ 1,7 ^{bcB}
G	425,6 $\pm$ 0,9 ^{bcA}	274,0 $\pm$ 1,1 ^{cdB}	343.2 $\pm$ 1,1 ^{bAB}
H	304,7 $\pm$ 0,4 ^{cdA}	284,9 $\pm$ 0,6 ^{cdAB}	221.4 $\pm$ 1,9 ^{cB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

2-Heptanon

Tablo 4.41. Kefir örneklerinin 2-heptanon miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	677,0 $\pm$ 0,6	813,0 $\pm$ 3,6	414,9 $\pm$ 3,74
B	1.445,7 $\pm$ 4,0	2.465,4 $\pm$ 7,2	3.449,2 $\pm$ 3,9
C	859,2 $\pm$ 5,9	TE	1.998,4 $\pm$ 8,2
D	1.411 $\pm$ 12,8	1.576,0 $\pm$ 19	1.685,3 $\pm$ 16
E	586,8 $\pm$ 3,0	1.282,7 $\pm$ 13	564,3 $\pm$ 2,5
F	1.072 $\pm$ 9,3	1.055,1 $\pm$ 10	2.807,7 $\pm$ 3,3
G	TE	1.195,6 $\pm$ 4,9	1.268,9 $\pm$ 1,7
H	1.054,1 $\pm$ 3,1	1.437,1 $\pm$ 3,7	1.352,1 $\pm$ 9,7

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

TE: Tespit Edilemedi

Asetoin

Laktik asit bakterileri üç farklı aspartam katabolik yolu kullanarak, aspartat aminotransferaz, aspartat dekarboksilaz ve aspartaz tarafından katalizlenmesi sonucu asetoin ve diasetil, az miktarlarda da pirüvat, laktat ve asetat oluştuğu tespit edilmiştir (Ertekin ve ark., 2009). Bunun yanısıra inkübasyon koşulları, mikrobiyal flora, depolama koşulları gibi çeşitli faktörlerin etkisiyle fermente ürünlerin asetoin miktarında düzensiz bir değişim görülebilmektedir. Benzer şekilde araştırmada üretilen kefir örneklerinin asetoin miktarının her depolama sürecinde değişim gösterdiği, örneklerin aseton miktarından yaklaşık 8-10 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Örneklerin 1. gün analiz verilerine bakıldığında (Tablo 4.42), asetoin miktarları 1.880,6 µg/L ile 3.209,5 µg/L arasında değiştiği görülmektedir. E örneği hariç, enzim katkılı diğer örneklerin asetoin miktarı daha fazla bulunmuştur ($P<0,05$). Depolamanın son gününde elde edilen verilere göre, asetoin miktarı en yüksek F (3.963,6 µg/L) ve G (3.165,2 µg/L) örneklerinde belirlenmiştir. β-glukan oranı %0,25 olan E ve F örneklerinin asetoin içeriklerinin, G örneği hariç diğer örneklerden önemli derecede farklılık gösterdiği söylenebilir ($P<0,05$). Bununla birlikte sadece %0,5 β-glukan içeren örneğin (G örneği) yüksek asetoin içermesi de dikkat çekicidir ($P<0,05$).

Tablo 4.42. Kefir örneklerinin asetoin miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	2.346,0±16 ^{bB}	10.116,7±43 ^{aA}	1.151±6,1 ^{cC}
B	3.209,5±17 ^{aA}	2.726,7±20 ^{dAB}	2.355,6±22 ^{bB}
C	1.901,5±13 ^{cB}	3.378,6±16 ^{cA}	1.976,9±5,0 ^{bcB}
D	3.124,6±16 ^{aB}	8.756,5±82 ^{bA}	1.245,6±7,5 ^{cC}
E	2.260,4±25 ^{bA}	1.400,7±11 ^{eB}	2.997,3±28 ^{aA}
F	1.880,6±12 ^{cB}	1.566,9±15 ^{eB}	3.963,6±41 ^{aA}
G	1.969,6±0,1 ^{bcC}	2.672,1±8,7 ^{dB}	3.165,2±29 ^{aA}
H	2.899,5±26 ^{abB}	3.708,1±25 ^{cA}	1.119,5±6,0 ^{cC}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

2-Undekanon

Tablo 4.43. Kefir örneklerinin 2-undekanon miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	383,5±0,3 ^{ca}	446,8±0,7 ^{bA}	363,2±3,5 ^{cA}
B	312,5±1,3 ^{cB}	418,9±1,2 ^{bB}	616,4±0,9 ^{aA}
C	465,2±4,1 ^{bAB}	338,1±0,1 ^{bB}	537,3±0,3 ^{abA}
D	560,8±2,3 ^{abAB}	699,9±4,8 ^{aA}	454,2±0,7 ^{bB}
E	218,8±0,7 ^{dB}	488,7±0,3 ^{aA}	484,0±2,1 ^{bA}
F	601,4±4,5 ^{aA}	228,2±1,5 ^{cB}	667,3±1,0 ^{aA}
G	340,1±0,1 ^{cA}	62,2±0,8 ^{dB}	366,8±0,2 ^{cA}
H	478,2±3,1 ^{bA}	347,7±0,4 ^{bAB}	303,9±0,2 ^{cB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

2-Tridekanon

Tablo 4.44. Kefir örneklerinin 2-tridekanon miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	157,7±0,3	172,8±0,3	155,8±1,8
B	149,6±0,8	159,1±0,4	303,9±0,0
C	222,4±2,3	136,5±0,5	290,4±1,1
D	199,0±1,1	270,8±2,1	193,8±0,4
E	TE	173,9±0,6	217,0±0,4
F	220,6±1,8	90,1±0,8	358,7±1,0
G	190,9±0,0	35,3±0,1	289,9±0,8
H	300,9±3,1	210,1±0,2	142,8±0,5

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

2-Pentadekanon

Tablo 4.45. Kefir örneklerinin 2-pentadekanon miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	50,7±0,1	99,6±0,4	60,5±0,5
B	47,6±0,1	54,1±0,1	101,4±0,1
C	77,8±0,5	34,3±0,1	70,5±0,3
D	82,4±0,4	81,7±0,1	45,0±0,0
E	44,4±0,3	71,3±0,2	58,1±0,1
F	62,2±0,4	32,0±0,1	98,1±0,1
G	TE	TE	74,8±0,3
H	147,4±0,4	89,7±0,1	55,7±0,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

6-Metil-5-Hepten-2-on

Tablo 4.46. Kefir örneklerinin 6-metil-5-hepten-2-on miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	77,5±0,7	TE	76,9±0,6
B	43,8±0,2	40,5±0,1	82,0±0,3
C	42,8±0,3	49,9±0,2	TE
D	99,5±0,6	101,2±0,5	66,5±0,3
E	TE	68,6±0,2	63,3±0,4
F	63,9±0,4	19,8±0,1	TE
G	TE	36,4±0,2	82,0±0,1
H	164,6±0,4	70,7±0,2	42,4±0,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

2-nonanon

Tablo 4.47, depolama süresince kefir örneklerinde meydana gelen 2-nonanon içeriğindeki değişimleri göstermektedir. Örneklerde 1. günde tespit edilen 2-nonanon miktarlarına göre en yüksek değer %0,25 β -glukan ve mTG içeren F örneğinde (1708,3 $\mu\text{g/L}$), en düşük ise %0,5 β -glukan içeren G örneğinde (439,8 $\mu\text{g/L}$) belirlenmiştir. Kontrol örneklerinin (A ve B) 2-nonanon miktarları birbirine benzerken ($P<0,05$), β -glukan oranı arttıkça 2-nonanon miktarlarının önemli derecede azalmıştır. Bununla birlikte, %0,1, %0,25 ve %0,5 β -glukan ile %0,2 mTG enzimi içeren örneklerde 2-nonanon miktarı artış göstermiştir ($P<0,05$). Depolamanın 15. gününde ise H örneği dışında, enzim içeren diğer örneklerin 2-nonanon miktarları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Depolamanın son gününde A örneği en düşük 2-nonanon içeriğine sahip olmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.47. Kefir örneklerinin 2-nonanon miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	777,8 $\pm$ 1,8 ^{cA}	972,5 $\pm$ 6,5 ^{cA}	618,3 $\pm$ 1,6 ^{dA}
B	738,3 $\pm$ 5,1 ^{cA}	1.223,2 $\pm$ 11 ^{bcA}	1.360,3 $\pm$ 11 ^{aA}
C	1.092,6 $\pm$ 11 ^{bA}	592,9 $\pm$ 1,6 ^{dA}	805,3 $\pm$ 4,3 ^{cA}
D	1.406,7 $\pm$ 0,2 ^{abA}	2.243,3 $\pm$ 24 ^{aA}	1.146,0 $\pm$ 9,1 ^{aA}
E	546,7 $\pm$ 0,2 ^{dA}	1.118 $\pm$ 2,4 ^{cA}	904,5 $\pm$ 1,4 ^{bA}
F	1.708,3 $\pm$ 17 ^{aA}	654,7 $\pm$ 5,9 ^{dA}	1.147,8 $\pm$ 9,7 ^{aA}
G	439,8 $\pm$ 0,1 ^{dA}	206,2 $\pm$ 2,7 ^{eA}	974,4 $\pm$ 1,4 ^{bA}
H	1.134,4 $\pm$ 9,7 ^{abA}	1.615,7 $\pm$ 3,1 ^{bA}	827,4 $\pm$ 4,8 ^{cA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

4.4.4. Karboksilik Asitler

Asetik asit

Kefir örneklerinin depolama süresince asetik asit miktarının birçok uçucu aroma bileşeninden yüksek miktarda olduğu Tablo 4.48’de verilen araştırma sonuçlarında görülmektedir. Depolamanın birinci gününde en yüksek asetik asit

Tablo 4.48. Kefir örneklerinin asetik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	6.892,5±47 ^{cA}	11.318,1±40 ^{dA}	11.030,8±38 ^{bA}
B	11.356,1±79 ^{bA}	13.491,8±52 ^{cdA}	20.358,1±25 ^{aA}
C	21.941±264 ^{aA}	13.451,4±51 ^{cdA}	12.557,8±20 ^{bA}
D	12.367,8±12 ^{bA}	31.177±24 ^{aA}	12.534,1±12 ^{bA}
E	6.539,5±54 ^{cA}	21.836±78 ^{bA}	14.981,1±20 ^{bA}
F	23.263±282 ^{aA}	7.179,6±41 ^{eA}	18.777,3±24 ^{aA}
G	16.706±1 ^{bA}	16.146,1±74 ^{cA}	19.925,7±113 ^{aA}
H	16.451,1±13 ^{bA}	24.488,3±18 ^{bA}	12.987,7±28 ^{bA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

İsobutirik asit

Tablo 4.49. Kefir örneklerinin isobutirik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	221,9±0,4	231,6±0,7	192,3±1,6
B	211,5±0,5	125,1±0,1	217,6±0,2
C	802,5±5,7	TE	64,1±0,2
D	108,3±0,6	210,49±0,8	TE
E	135,6±0,7	161,9±0,4	819,0±4,6
F	1.361,8±8,6	65,7±0,3	173,9±0,2
G	TE	136,3±0,6	TE
H	110,8±0,2	186,2±0,3	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

miktarı F örneğinde (23.263 µg/L) belirlenmiştir. A ve E örneklerinden elde edilen veriler birbirine benzer (P>0,05) bulunurken, diğer örneklerden önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (P<0,05). Depolamanın diğer günlerinde önemli düzeyde azalış ve artış gösteren asetik asit miktarı, depolamanın 15. gününde 11.030,8 µg/L ile 20.358,1 µg/L arasında değişim göstermiştir. Uygulanan işlemlerin kefir

örneklerinin asetik asit içeriklerinde önemli bir değişim yaptığı düşünülmemektedir. B, F ve G örneklerindeki yüksek asetik asit miktarı, kefir mikrobiotasındaki çeşitliliğinin yarattığı fermentasyon sonucu olabilir.

Butanoik asit

Tablo 4.50. Kefir örneklerinin butanoik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	747,4±0,3	931,6±3,5	1.230,3±10
B	856,5±1,8	821,8±2,3	1.668,4±2,1
C	648,3±3,9	689±1,2	213,2±0,7
D	1.150,8±4,4	972,4±6,6	TE
E	552,4±2,4	1.011,2±2,6	388,9±2,1
F	861,5±6,1	581,1±2,1	625,7±2,5
G	582,3±0,7	TE	679,4±1,4
H	719,5±2,2	1.105,6±2	684,1±3,5

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)
^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)
TE: Tespit edilemedi

İsovalerik asit

Tablo 4.51. Kefir örneklerinin isovalerik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	253,2±0,4	486,7±2,3	557,5±5,0
B	390,6±0,6	257,5±0,4	685,3±1,6
C	1.060,2±6,8	187,7±1,8	536,0±2,0
D	729,8±4,7	403,9±1,8	339,1±0,7
E	204,8±0,8	280,1±1,2	383,7±2,2
F	1.341,9±8,2	112,2±1,4	423,4±0,3
G	TE	541,6±2,4	182,1±0,4
H	315,3±0,5	452,8±1,2	119,1±0,8

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi
^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)
^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)
TE: Tespit edilemedi

Etilhekzoik asit

Tablo 4.52. Kefir örneklerinin etilhekzoik asit miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	63,5 $\pm$ 0,5	165 $\pm$ 0,2	152,6 $\pm$ 1,4
B	196,6 $\pm$ 0,7	122,2 $\pm$ 1,5	264,0 $\pm$ 0,2
C	99,2 $\pm$ 0,6	48,2 $\pm$ 0,3	218,4 $\pm$ 0,9
D	122,2 $\pm$ 0,7	154,1 $\pm$ 0,5	102,9 $\pm$ 0,7
E	40,8 $\pm$ 0,2	207,4 $\pm$ 0,8	125,7 $\pm$ 0,7
F	340,1 $\pm$ 2,1	73,5 $\pm$ 0,2	161,7 $\pm$ 0,2
G	TE	29,7 $\pm$ 0,1	104,7 $\pm$ 0,9
H	123,4 $\pm$ 0,3	104,6 $\pm$ 0,3	79,9 $\pm$ 0,3

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

TE: Tespit edilemedi

Heksanoik asit

Farklı oranda β -glukan ve %0,2 oranında mTG içeren kefir örneklerinin heksanoik içerikleri, depolamanın 1. gününde 2.953,1-8.134,6 $\mu\text{g/L}$ arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.53). Yüksek oranda β -glukan içeren G ve H örneklerinin değerleri birbirine yakın bulunurken ($P>0,05$), kontrol ve daha düşük oranda β -glukan içeren örneklerle ait verilerin enzim içeren örneklerle göre önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sürecinde heksanoik asit değerlerinde artma ve azalma şeklinde görülen değişim, depolamanın 15. gününde enzim katkılı B örneğinde en yüksek değere ulaşmış (8.886,1 $\mu\text{g/L}$), en düşük değer düşük oranda β -glukan içeren D örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.53. Kefir örneklerinin heksanoik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	4.650,2±15 ^{cB}	7.171,8±29 ^{abA}	4.483,2±38 ^{bB}
B	6.459,2±16 ^{bB}	2.934,3±39 ^{dC}	8.886,1±14 ^{aA}
C	5.033,4±39 ^{cA}	5.049,4±8,3 ^{cA}	4.051,7±13 ^{bcA}
D	8.134,6±56 ^{aA}	8.366,7±38 ^{aA}	3.464,9±33 ^{cB}
E	2.953,1±5,1 ^{dC}	6.732,6±8,5 ^{bA}	5.025,6±32 ^{bB}
F	7.544,2±53 ^{abA}	2.829,5±16 ^{dC}	5.812,1±22 ^{bB}
G	5.853,6±4,4 ^{bcA}	1.597±3,7 ^{eB}	5.200,1±18 ^{bA}
H	5.053,7±10 ^{cB}	6.137±5,2 ^{bA}	5.265,9±4,7 ^{bB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Heptanoik asit

Tablo 4.54. Kefir örneklerinin heptanoik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	121,3±0,1	350±1,4	104,7±0,9
B	310,0±3,7	368,4±3,0	392,5±3,6
C	60,4±0,4	53,6±0,0	205,4±0,9
D	152,8±0,7	152,1±0,8	103,3±0,3
E	41,3±0,3	219,7±0,5	44,0±0,3
F	92,4±0,6	62,2±0,2	TE
G	TE	TE	109,8±0,2
H	117,8±0,2	83,4±0,1	87,0±0,2

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Nonanoik asit

Tablo 4.55. Kefir örneklerinin nonanoik asit miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	382,9 $\pm$ 0,0	473,1 $\pm$ 0,2	316,9 $\pm$ 3,5
B	825,8 $\pm$ 9,1	742,8 $\pm$ 6,8	119,4 $\pm$ 9,6
C	314,1 $\pm$ 3,3	188,1 $\pm$ 0,8	400,1 $\pm$ 2,6
D	399,1 $\pm$ 2,6	515 $\pm$ 4,7	215,6 $\pm$ 0,8
E	238,4 $\pm$ 2,4	365,8 $\pm$ 0,9	270,3 $\pm$ 0,3
F	360,8 $\pm$ 3,8	177,8 $\pm$ 0,5	368,7 $\pm$ 2,7
G	344,3 $\pm$ 0,1	TE	204,6 $\pm$ 0,2
H	999,6 $\pm$ 1,9	310,3 $\pm$ 2,5	186,5 $\pm$ 1,3

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Kaprılık asit

Farklı üretim parametreleriyle elde edilen kefirlerin kaprılık asit içeriklerine bakıldığında, depolamanın 1. gününde D örneğinde tespit edilen miktar diğer örneklerden önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0.05)(Tablo 4.56). Kefir üretimini takip eden 24 saatlik sürede özellikle mikrobiyel enzim içeren örneklerin kaprılık asit içerikleri, enzim içermeyen örneklerden önemli bir şekilde farklı düzeylerde belirlenmiştir (P<0,05). Ancak bu durum depolamanın diğer günlerinde önemli bir değişim göstermiş, B ve E örneklerinde düzenli bir artış gözlenirken D ve H örneklerinde azalma şeklinde eğilim olduğu görülmüştür (P<0,05). C örneğinde ise 15 günlük depolama süresince önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir (P>0,05). Depolamanın son gününde elde edilen verilere göre kaprılık asit miktarı en yüksek B ve F örneklerinde, en düşük H ve A örneğinde saptanmıştır. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 4.56. Kefir örneklerinin kaprilik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	8.412,2±29 ^{cB}	13.167,8±59 ^{abA}	8.208,3±90 ^{cdB}
B	10.260±18 ^{bcB}	11.236,9±10 ^{bcB}	16.859,5±36 ^{aA}
C	9.049,3±68 ^{cA}	8.294,8±8,4 ^{cA}	9.215,9±16 ^{cA}
D	16.450,6±12 ^{aA}	15.399,8±54 ^{aA}	9.675,6±8,5 ^{cB}
E	8.198±0,1 ^{dB}	12.515,3±43 ^{bA}	11.317,0±71 ^{bA}
F	13.817±89 ^{bA}	4.724,7±33 ^{dB}	14.567,6±24 ^{abA}
G	10.317,2±1,5 ^{bA}	1.893,7±7,7 ^{aB}	10.312,7±27 ^{bcA}
H	12.836,6±47 ^{bA}	10.942,9±28 ^{bA}	7.270,6±15 ^{dB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Kaprik asit (Dekanoik asit)

Tablo 4.57. Kefir örneklerinin kaprik asit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	5.482,3±17	7.500±35	5.082,7±61
B	5.687±3,6	6.740,2±22	10.335±41
C	5.327,2±42	4.290,4±1,6	6.221,6±8,0
D	10.938,9±10	7.898,8±25	5.196,5±2,0
E	4.008,3±3,3	6.913,4±25	7.334,7±47
F	7.037,1±32	2.402,5±19	9.839,6±1,2
G	10.171,7±0,2	630,9±2,8	6.553,4±11
H	10.386,8±54	6.652,3±20	4.068,6±6,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Kaproleik asit

Tablo 4.58. Kefir örneklerinin kaproleik asit miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	412,8 $\pm$ 1	503 $\pm$ 1,4	341,6 $\pm$ 4,1
B	462,4 $\pm$ 0,5	603,1 $\pm$ 2,1	911,9 $\pm$ 4,4
C	515,3 $\pm$ 4,8	427,6 $\pm$ 0,1	555,1 $\pm$ 1,3
D	1.101,9 $\pm$ 10	863,1 $\pm$ 3,8	462,8 $\pm$ 0,3
E	347,5 $\pm$ 0,5	585,7 $\pm$ 2,1	585,2 $\pm$ 3,4
F	596,2 $\pm$ 4	188,7 $\pm$ 1,7	835,5 $\pm$ 1,3
G	1.043,2 $\pm$ 0,6	36,3 $\pm$ 0,1	594,6 $\pm$ 2,3
H	1.208,4 $\pm$ 8,9	546,1 $\pm$ 0,7	363,1 $\pm$ 0,3

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Lavrik asit

Tablo 4.59. Kefir örneklerinin lavrik asit miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	944,8 $\pm$ 4,7	1.164,9 $\pm$ 7,7	1.047,8 $\pm$ 13
B	1.277,2 $\pm$ 2,9	1.239,4 $\pm$ 7,8	1.912,3 $\pm$ 13
C	704,4 $\pm$ 4,5	618,3 $\pm$ 1,7	1.004,9 $\pm$ 1,4
D	636,8 $\pm$ 3,5	1.202,2 $\pm$ 1,0	721,5 $\pm$ 3,2
E	507,6 $\pm$ 2,4	1.037,3 $\pm$ 5,3	1.351,9 $\pm$ 11
F	1.550 $\pm$ 10	297,6 $\pm$ 0,8	1.480 $\pm$ 3,7
G	2.159,2 $\pm$ 0,3	TE	1.408,3 $\pm$ 1,6
H	1.806,8 $\pm$ 5,9	1.217,3 $\pm$ 2,7	596 $\pm$ 2,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Miristik asit

Tablo 4.60. Kefir örneklerinin miristik asit miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	344,2 $\pm$ 2,1	379,4 $\pm$ 1,5	652,3 $\pm$ 8,7
B	258,2 $\pm$ 0,4	612,7 $\pm$ 5,2	436,9 $\pm$ 0,9
C	696,1 $\pm$ 4,6	212,7 $\pm$ 0,1	495,5 $\pm$ 2,5
D	1.010,8 $\pm$ 10	665,5 $\pm$ 0,4	399,8 $\pm$ 1,6
E	1.088,9 $\pm$ 9,9	771,5 $\pm$ 1,9	826,6 $\pm$ 7,8
F	382,6 $\pm$ 0,6	265,4 $\pm$ 0,7	643 $\pm$ 3,1
G	2.098,6 $\pm$ 1,0	502,3 $\pm$ 2,3	746,7 $\pm$ 1,1
H	750,8 $\pm$ 1,2	433,5 $\pm$ 1,3	424,6 $\pm$ 1,2

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.4.5. Esterler

Fermente süt ürünlerindeki ester biyosentezinde iki temel aşamanın olduğu bilinmektedir. Bu iki aşamalı işlemde, süt yağında bulunan gliseritler ilk önce serbest yağ asitlerini ve gliserolü serbest bırakmak için lipazlar tarafından hidrolize edilir, ardından esteraazlar tarafından katalize edilen esterlerin üretilmesi için serbest yağ asitlerinin bir alkolle esterleştiği aşama gelir (Liu ve ark., 2004). Bu nedenle ürünlerdeki ester miktarı üzerine hayvanın beslenme tipi, sütün yağ oranı, inkübasyon sıcaklık ve süresi, kullanılan starter kültürlerin veya üründe yer alan mikrobiotanın lipaz üretme yeteneği gibi birçok faktör etkili olabilmektedir.

Kefir örneklerinde 1-butanol, etil asetat, etil kaproat, heksil asetat, etil kaptilat, oktil asetat, etil bütirat, etil dekenoat ve etil 9-dekenoat olmak üzere toplam 9 adet ester grubu uçucu bileşen tespit edilmiş ve elde edilen veriler Tablo 4.61 ile Tablo 4.69 arasında sunulmuştur. Örneklerin ester grubunda yer alan bileşiklerin depolama süresince artış ve azalışlar şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte bu grup içerisinde yer alan etil asetat, etil kaproat ve etil kaprilat miktarlarının kefirlerin uçucu bileşen bileşiminde daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir.

1-Butanol

Farklı üretim parametreleriyle elde edilen kefirlerin 1-butanol içeriklerine bakıldığında, depolamanın 1. gününde A, B, C ve D örneklerindeki tespit edilen miktarların, diğer örneklerden önemli derecede farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$) (Tablo 4.61). Kefir üretimini takip eden 24 saatlik sürede özellikle β -glukan oranı arttıkça, örneklerin 1-butanol içerikleri önemli bir şekilde farklılık göstermiş ($P<0.05$), bu değişimde mTG'nın istatistiksel olarak etkisi önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Depolama süresince 1-butanol içeriği artış ve azalış şeklinde düzensiz değişim göstermekle birlikte, depolamanın son gününde düşük konsantrasyonda β -glukan içeren ve içerisinde mTG bulunan D ve F örneklerindeki artış önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Yüksek oranda β -glukan içeren G örneğinde ise 1-butanol içeriği, enzim içeren H örneğine göre oldukça yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Örnekler arasında depolama süresince tespit edilen farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Tablo 4.61. Kefir örneklerinin 1-butanol miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	54,01 $\pm$ 0 ^{cB}	62,7 $\pm$ 0,2 ^{eB}	227,9 $\pm$ 3,0 ^{cA}
B	51,4 $\pm$ 0,1 ^{cC}	128,9 $\pm$ 0,3 ^{dB}	210,6 $\pm$ 0,4 ^{cA}
C	46,6 $\pm$ 0,3 ^{cB}	85,6 $\pm$ 0,1 ^{eA}	104,5 $\pm$ 1,0 ^{dA}
D	60,2 $\pm$ 0,3 ^{cC}	141,1 $\pm$ 0,7 ^{dB}	207,8 $\pm$ 2,4 ^{cA}
E	134,4 $\pm$ 0,7 ^{bB}	252 $\pm$ 2,6 ^{cA}	241,2 $\pm$ 2,9 ^{cA}
F	125,7 $\pm$ 0,7 ^{bC}	390,5 $\pm$ 1,3 ^{bB}	516,9 $\pm$ 0,8 ^{aA}
G	200,5 $\pm$ 0,1 ^{aC}	529 $\pm$ 2,4 ^{aA}	341,7 $\pm$ 0,3 ^{bcB}
H	200,5 $\pm$ 0,6 ^{aB}	326,4 $\pm$ 0,8 ^{bA}	143,1 $\pm$ 2,0 ^{dB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Etil asetat

Kefir örneklerinin depolama süresince asetik asit miktarının yüksek miktarda olduğu Tablo 4.62'de verilen araştırma sonuçlarında görülmektedir. Depolamanın

birinci gününde en yüksek asetik asit miktarı G örneğinde (1.547,7 µg/L) belirlenmiştir. F ve H örneklerinden elde edilen veriler birbirine benzer ($P>0,05$) bulunurken, diğer örneklerden B ve E örneklerinde önemli derecede farklılık gösterdiği ve en düşük etil asetat içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolamanın diğer günlerinde önemli düzeyde azalış ve artış gösteren etil asetat miktarı, depolamanın 15. gününde E ve örneklerinde en yüksek değere ulaşmış ve sırasıyla 1.099,9 µg/L ve 1.059,4 µg/L olarak belirlenmiştir. Uygulanan işlemlerin kefir örneklerinin etil asetat içeriklerinde önemli bir değişim yaptığı, D örneği hariç diğer örneklerde mTG ilavesinin etil asetat miktarını azalttığı ve bunun istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.62. Kefir örneklerinin etil asetat miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	202,5±0,2 ^{dB}	691,6±8,5 ^{bA}	867,9±9,1 ^{bA}
B	173,7±0,0 ^{deC}	332,7±2,9 ^{cB}	593,3±5,9 ^{cA}
C	320,5±2,6 ^{cB}	296,7±0,1 ^{cB}	646,6±2,1 ^{bcA}
D	377,2±1,1 ^{bcC}	964,5±0,6 ^{aA}	772,4±4,5 ^{bB}
E	111,9±0,3 ^{eB}	902,1±4,9 ^{aA}	1.099,9±12 ^{aA}
F	560,2±3,4 ^{bA}	211,4±0,8 ^{aB}	696,6±4,4 ^{bcA}
G	1.547,7±1,1 ^{aA}	288±1,4 ^{cB}	1.059,4±4,7 ^{aA}
H	454,8±0,4 ^{bB}	741,2±8,4 ^{bA}	677,5±2,1 ^{bcA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$)

Etil kaproat

Kefir üretiminin birinci gününde elde edilen veriler incelendiğinde etil kaproat miktarı en yüksek örnekler, β-glukan oranı yüksek olan E, F, G ve H örnekleri olmuştur. Etil kaproat miktarı 4.806 µg/L olarak belirlenen G örneği en yüksek değere sahip olmuştur ve tüm örneklerden önemli derecede farklılık göstermiştir ($P<0,05$). En düşük değere A ve B örnekleri sahip olmuş ve miktarları sırasıyla 426,7 µg/L ve 296,1 µg/L olarak tespit edilmiştir. Depolamanın sonunda G ve H örneği dışında diğer örneklerde önemli derecede bir artış gözlenmiştir. Kefirlerin etil kaproat miktarına

uygulanan işlemlerden daha ziyade depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Özellikle A, B, C ve D örneklerinde depolama süresince 5-7 kat daha fazla etil kaproat miktarı artış göstermiştir.

Tablo 4.63. Kefir örneklerinin etil kaproat miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	426,7 $\pm$ 5,3 ^{aA}	1.679 $\pm$ 22 ^{aA}	2.402,7 $\pm$ 33 ^{aA}
B	296,1 $\pm$ 2,7 ^{aA}	906 $\pm$ 11 ^{aA}	2.082,4 $\pm$ 27 ^{aA}
C	346,1 $\pm$ 1,4 ^{aA}	748,4 $\pm$ 8,9 ^{aA}	2.880,7 $\pm$ 37 ^{aA}
D	796,0 $\pm$ 7,5 ^{aA}	2.346,5 $\pm$ 28 ^{aA}	1.924,8 $\pm$ 24 ^{aA}
E	1.080,6 $\pm$ 14 ^{aA}	147,3 $\pm$ 1,5 ^{aA}	2.574,4 $\pm$ 37 ^{aA}
F	1.563,6 $\pm$ 18 ^{aA}	1.209,7 $\pm$ 15 ^{aA}	3.800,4 $\pm$ 53 ^{aA}
G	4.806 $\pm$ 8,5 ^{aA}	436,9 $\pm$ 2,2 ^{aA}	1.453,6 $\pm$ 0,8 ^{aA}
H	2.483,5 $\pm$ 33 ^{aA}	2.372,4 $\pm$ 31 ^{aA}	1.059,8 $\pm$ 12 ^{aA}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Heksil asetat

Tablo 4.64. Kefir örneklerinin heksil asetat miktarları ($\mu\text{g/L}$) ($n=3$)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	67,5 $\pm$ 0,1	105,2 $\pm$ 0,5	109,6 $\pm$ 1,1
B	47,4 $\pm$ 0,1	62,6 $\pm$ 0,1	80,7 $\pm$ 0,3
C	TE	TE	57,4 $\pm$ 0,2
D	115,2 $\pm$ 1,0	97,4 $\pm$ 0,4	113,6 $\pm$ 1,0
E	123,7 $\pm$ 0,7	134,1 $\pm$ 1,2	160,0 $\pm$ 0,8
F	137,5 $\pm$ 0,9	70,1 $\pm$ 0,3	138,5 $\pm$ 0,1
G	287,2 $\pm$ 0,1	88,9 $\pm$ 0,4	248,5 $\pm$ 0,9
H	205,3 $\pm$ 0,7	147 $\pm$ 1,1	99,2 $\pm$ 0,6

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

TE: Tespit edilemedi

Etil kaprilat

Tablo 4.65. Kefir örneklerinin etil kaprilat miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	788,7 $\pm$ 9,0	6.080,4 $\pm$ 82	9.352 $\pm$ 131
B	449,8 $\pm$ 2,9	2.378,1 $\pm$ 29	8.158,3 $\pm$ 108
C	742,3 $\pm$ 5,9	1.097,4 $\pm$ 8,8	5.434,8 $\pm$ 56
D	1.593,4 $\pm$ 11	6.798,6 $\pm$ 77	6.433,2 $\pm$ 76
E	1.916,4 $\pm$ 22	11.132 $\pm$ 140	11.018,7 $\pm$ 147
F	3.019,2 $\pm$ 29	2.186,7 $\pm$ 26	12.078,8 $\pm$ 160
G	11.969,6 $\pm$ 1,0	774 $\pm$ 3,5	4.170,1 $\pm$ 9,8
H	3.385,1 $\pm$ 43	5.433,2 $\pm$ 68	2.756,5 $\pm$ 27

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Oktil asetat

Tablo 4.66. Kefir örneklerinin oktil asetat miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	54,0 $\pm$ 0,1	TE	48,8 $\pm$ 0,4
B	TE	TE	83,3 $\pm$ 0,1
C	TE	TE	TE
D	TE	TE	TE
E	25,9 $\pm$ 0,2	TE	61,5 $\pm$ 0,3
F	TE	TE	53,4 $\pm$ 0,1
G	TE	143,6 $\pm$ 0,4	94,7 $\pm$ 0,1
H	TE	TE	TE

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Etil bütirat

Tablo 4.67. Kefir örneklerinin etil bütirat miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	90,5±0,1	92,7±0,6	113,9±1,5
B	60,5±0,3	172±0,3	222,8±0,3
C	39,7±0,1	78,7±0,1	148,2±0,5
D	80,2±0,6	233±1,1	156,1±0,2
E	217,4±1,5	223,7±0,5	182,6±0,7
F	118,4±1,0	48,8±0,2	77,5±0,1
G	184,7±0,1	43,5±0,2	78,1±0,3
H	234,9±0,1	161,3±0,4	108,3±0,1

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Etil Dekanoat

Tablo 4.68. Kefir örneklerinin etil dekanat miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	70,3±0,1	3033±40	5.938,5±47
B	215,3±0,5	631±8,9	7.266±14
C	39,7±0,1	298,6±1,9	2.313±15
D	80,2±0,6	1.985,1±23	6.100,6±0,4
E	217,4±1,5	6.400±13	5.933,3±81
F	118,4±0,9	1.877±8,9	7.079,7±96
G	4.879,7±1,2	TE	2.300,3±8,5
H	1.083,7±7,7	1.860±24	1.554,8±0,8

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

TE: Tespit edilemedi

Etil 9-dekenoat

Tablo 4.69. Kefir örneklerinin etil 9-dekenoat miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	70,3 $\pm$ 0,1	1.600 $\pm$ 4,9	1.402 $\pm$ 11
B	215,3 $\pm$ 0,5	579 $\pm$ 1,4	1.916,1 $\pm$ 3,8
C	229,3 $\pm$ 2,2	96,8 $\pm$ 0,6	708,3 $\pm$ 7,1
D	476,9 $\pm$ 2,4	1.856,8 $\pm$ 8,0	668,4 $\pm$ 7,8
E	1.444,9 $\pm$ 7,3	1.145,2 $\pm$ 14	1.440,6 $\pm$ 19
F	812,3 $\pm$ 7,7	142,1 $\pm$ 1,6	1.326,5 $\pm$ 18
G	1.672,8 $\pm$ 1,4	33,1 $\pm$ 0,1	566,5 $\pm$ 2,6
H	378,4 $\pm$ 3	462,9 $\pm$ 5,1	306,3 $\pm$ 3,2

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.4.6. Terpenler

Süt ürünlerinde terpen grubunda yer alan bileşenlerin miktar ve oranı hayvan türüne, beslenme şekline, ürün işleme tekniğine ve depolama süresine bağlı olarak değişebilmektedir. Özellikle inek, koyun ve keçi yetiştiriciliğinin değişik şekillerde olması beslenme tipini ve doğal olarak da sütün uçucu aroma bileşeni kompozisyonunu önemli derecede etkilemektedir. Satır ve Güzel-Seydim (2015), ekstansif ve entansif yetiştirme yöntemi ile beslenen hayvanların sütlerinden elde ettikleri kefirlerin özelliklerinin önemli derecede etkilendiğini belirtmektedir. Çalışmada terpen grubunda sadece β -Mirsen ve limonen tespit edilmiş ve Talo 4.70 ve 4.71’de elde edilen veriler sunulmuştur.

β -Mirsen

Kefir üretiminin birinci gününde elde edilen veriler incelendiğinde E örneğinin β -mirsen miktarı depolamanın 1. gününde düşük düzeyde tespit edilmiştir (P<0,05). Depolama süresince en yüksek miktar D örneğinde gözlenmiş ve diğer örnekler arasındaki farklılık önemli görülmüştür (P<0,05). Bununla birlikte β -mirsen içeriği

birinci günde B örneğinde (1.920 µg/L), 7. günde A örneğinde (3.192,7 µg/L) ve 15. günde D örneğinde (971,7 µg/L) yüksek tespit edilmiştir (P<0,05).

Tablo 4.70. Kefir örneklerinin β-mirsen miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	704,3±9,6 ^{cB}	3192,7±36 ^{aA}	797,5±8,4 ^{bB}
B	1.920±5,2 ^{aA}	369,3±2,1 ^{dC}	742,7±0,6 ^{bB}
C	864,4±6,5 ^{bA}	543,6±1,6 ^{cB}	813,1±3,3 ^{abA}
D	1.130,4±2,8 ^{aA}	1.328,9±1,6 ^{bA}	971,7±13 ^{aB}
E	185,3±1,1 ^{cC}	1.316,8±1,9 ^{bA}	310,1±2,2 ^{cB}
F	660,7±3,7 ^{dAB}	607,3±4,6 ^{cB}	752±5,1 ^{bA}
G	544,1±0,1 ^{dA}	369,6±1,8 ^{dB}	357,1±0,6 ^{cB}
H	294,6±0,1 ^{cB}	559,1±0,2 ^{cA}	140,1±1,2 ^{dC}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

Limonen

Son yıllarda anti-kanser özelliği nedeniyle önem kazanan limonen, süt ürünlerinde uçucu aroma bileşeni olarak yer almaktadır. Kefir örneklerinin limonen miktarları incelendiğinde (Tablo 4.71), en yüksek miktarın B örneğinde (2.061,7 µg/L) olduğu görülmektedir (P<0,05). Depolama süresince düzensiz bir değişim gösteren limonen miktarlarının, özellikle %0,1 β-glukan içeren C ve D örneklerinde daha az değişken olduğu görülmektedir. Farklı oranda β-glukan ve mTG enzimi içeren D ve F örneklerinin limonen miktarı ise depolama sonunda en yüksek değere ulaşmış ve diğer örneklerle arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 4.71. Kefir örneklerinin limonen miktarları ($\mu\text{g/L}$) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	567,9 $\pm$ 7,5 ^{cA}	547,4 $\pm$ 2,3 ^{cA}	658,5 $\pm$ 5,8 ^{cA}
B	2.061,7 $\pm$ 3,4 ^{aA}	363 $\pm$ 0,9 ^{dC}	877,2 $\pm$ 0,8 ^{bB}
C	653,2 $\pm$ 2,4 ^{cB}	702,6 $\pm$ 1,4 ^{bAB}	808,3 $\pm$ 5,4 ^{bA}
D	1.025,5 $\pm$ 0,7 ^{bA}	886,5 $\pm$ 0,8 ^{bB}	1.119,4 $\pm$ 13 ^{aA}
E	237,2 $\pm$ 1,0 ^{eB}	1.061,9 $\pm$ 0,3 ^{aA}	366,2 $\pm$ 2,1 ^{dB}
F	421,1 $\pm$ 2,0 ^{dB}	523,1 $\pm$ 3,9 ^{cB}	1.117,8 $\pm$ 7,0 ^{aA}
G	520,7 $\pm$ 0,9 ^{cdA}	TE	456,1 $\pm$ 0,9 ^{dA}
H	218,6 $\pm$ 0,7 ^{eB}	427,4 $\pm$ 1,3 ^{cdA}	152,9 $\pm$ 0,1 ^{eB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

TE: Tespit edilemedi

Karbondioksit Miktarı

Kefir fermentasyonun ana ürünleri laktik asit, etanol ve karbondioksittir. Bu sayede kefirin hem ferahlatıcı tadı hem de köpürme yeteneği önemli derecede etkilenmektedir. Bu çalışmada elde edilen kefirlerin karbondioksit miktarları, ürüne ilave edilen β -glukan miktarı ile ters orantılı bir şekilde etki gösterdiği söylenebilir. Yani β -glukan içeriği arttıkça, depolama sırasında ürünün karbondioksit miktarında azalma olduğu gözlenmiştir. Ayrıca enzim içeren örneklerin karbondioksit miktarının birinci günde çok az da olsa farklılık gösterse de, istatistiksel olarak D örneğinin değeri diğer örneklerin karbondioksit içeriğinden daha önemli bulunmuştur (P<0,05). Depolamanın 15. gününde örnekler arasındaki farklılık daha önemlidir. Kontrol örnekleri olan A ve B örnekleri incelendiğinde, enzim katkılı örneğin karbondioksit oranı daha yüksek bulunmuştur (P<0,05). β -glukan içeren örneklere bakıldığında ise, enzim etkisinden daha çok kullanılan β -glukan oranının karbondioksit oluşumunda etki olduğu görülmektedir (P<0,05). C, D ve E örneklerinde tespit edilen karbondioksit miktarı, yüksek oranda β -glukan içeren G ve H örneklerinden önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0,05).

Tablo 4.72. Kefir örneklerinin karbondioksit miktarları (µg/L) (n=3)

Örnek/Depolama Zamanı (gün)	1. GÜN	7. GÜN	15. GÜN
A	662,9±2,1 ^{cB}	920,2±3,2 ^{abA}	880,8±7,7 ^{bA}
B	851,6±1,2 ^{bB}	835,7±2,6 ^{bB}	1.411,2±4,2 ^{aA}
C	508,5±3,3 ^{dB}	640,6±0,5 ^{cB}	1034±4,1 ^{aA}
D	1.213,9±7,2 ^{aA}	1.390,6±9,6 ^{aA}	1.157,9±0,1 ^{aA}
E	598,7±2,2 ^{cB}	1034±4,1 ^{aA}	1.192,8±10 ^{aA}
F	629,3±8,9 ^{cA}	593,3±3,3 ^{cA}	625,9±8,9 ^{cA}
G	780±1,1 ^{bA}	324,3±1,3 ^{dB}	665,6±1,1 ^{cA}
H	801,3±3,6 ^{bA}	465,7±1,4 ^{dB}	517,2±0,7 ^{dB}

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β-glukan, D: %0,1 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi E: %0,25 β-glukan, F: %0,25 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β-glukan, H: %0,50 β-glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

^{a,b,c}: Tabloda uygulamalara ait farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

^{A,B,C}: Tabloda depolama günleri farklı harflerle simgelenmiş ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.5. Kefir Örneklerinin Duyusal Özellikleri

Kefir örneklerinin hoşça giden güzel homojen görünüm, hafif köpüklü görünüm, kremi beyaz renk, viskozite ve serum ayrılması üzerinden yapılan görünüş ve tekstür puanlamalarına ait veriler Tablo 4.73'te sunulmuştur. Örneklerin hoşça giden güzel, homojen görünüm üzerine panelistlerin verdikleri puanlara bakıldığında, β-glukan oranı arttıkça puanların azaldığı görülmektedir (P<0,05). A ve B örneklerinin birinci günde 9,5 puan alarak en çok beğenilen örnekler olmuştur. Bununla birlikte %0,1 oranında β-glukan ve mTG içeren örneklerin görünüm açısından önemli bir farklılığın olmadığı, β-glukan oranı %0,25 ve %0,50 olan örneklerde puanların düştüğü gözlenmiştir. Örnekler içersinde β-glukan oranı %0,50 olan G ve H örneklerinin ilk günden itibaren hoşça gitmeyen bir görünüme sahip olduğu görülmüş ve sırasıyla 6,33 ve 6,00 puan alarak panelistler tarafından beğeni kazanmamıştır (P<0,05). Bu durum depolama süresince benzer bir şekilde devam etmiş, en çok tercih edilen örneklerin kontrol örnekleri yanı sıra %0,1 ve %0,25 β-glukan içeren örnekler olmuştur. Görünüm üzerinden 15. günde alınan puanlar ve ürün beğenilme sıralaması şu şekilde olmuştur; C örneği 9.0 puan, A ve B örnekleri 8,83 puan, D örneği 8,67 puan, F örneği 8,17 puan, E örneği 8,0 puan, G örneği 5,83 puan, H örneği 5,67 puan. Elde edilen bulgulara göre düşük miktarda β-glukan içeren örneklerde de beğeni oranı önemlidir (P<0,05). Mikrobiyal TG enziminin ürün görünümüne hafif bir düzeyde beyazlık

kattığı da panelistler tarafından ifade edilmiştir. Ancak sadece β -glukan içeren örneklerin rengi biraz daha fazla sarımsı-krem renkte olmuş, β -glukan oranı arttıkça sarımsı renk daha fazla belirgin hale gelmiştir.

Sütün fermentasyonu sırasında kefir mikrobiotasında yer alan mayaların aktiviteleri sonucu oluşan karbondioksit kefirin köpüklü bir görünüme neden olmasını sağlar (Kök-Taş, 2010). Bu nedenle de karbondioksit içeriği düşük olan örneklerde köpük oluşumu meydana gelemeyeceği için duyuşal değerlendirme puanları da azalmaktadır. Kefir örneklerinin hafif köpüklü görünüm üzerine verilen puanlar dikkate alındığında, 1. günde en yüksek değerin 4,13 ile A örneğinde olduğu, bunu sırasıyla C (4,5 puan), B ve D örneklerinin (4,0 puan) izlediği görülmektedir. Örneklerde β -glukan oranı arttıkça köpük oluşumunun azaldığı gözlenmiştir ($p<0,05$). Daha az köpük oluşumunun gözleendiği E ve F örnekleri 3,67 puan almış, ancak 2,5 puanla değerlendirilen G ve H örneklerinde en az köpük oluşumunun olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde depolamanın diğer günlerinde de köpük oluşumunun aynı örneklerde aynı nitelikte olduğu, 4.67 puan alan C örneğinin ilk sırada yer aldığı, bunu 4.5 puanla A ve B kontrol örneklerinin takip ettiği görülmüştür. β -glukan oranı %0,25 olan E ve F örneklerine 15. günde verilen puanlar 3,67 olarak görülmüş ve köpük oluşumu gözlenen kefir grubunda kabul edilebilir sınıra yakın olduğu düşünölmüştür. Bununla birlikte β -glukan oranı en yüksek olan G ve H örneklerinin puanları 2,33 puanla değerlendirilerek, diğer örneklerden önemli derecede düşük bulunmuştur ($P<0,05$).

Kefir örneklerinin görünüm özelliklerinde de değerlendirildiği gibi, süte ilave edilen β -glukan oranı arttıkça, kefirin beyazımsı rengi giderek sarımtırak krem rengine dönüştüğü gözlenmiştir. Depolamanın 1. gününde A, B, C ve D örnekleri 4,67-4,83 puan alırken, E ve F örneklerinde hafif bir sarımsı renk görüldüğünden puanlar 4,33 olarak değerlendirilmiş, G ve H örneklerinde ise yoğun sarımsı krem renk hakim olduğundan her ikisi de 3,33 puan almıştır ($P<0,05$). Depolamanın son gününde B, C, D örnekleri 5,0 puan; A örneği 4,67 puan; F örneği 4,33 puan; E örneği 4,17 puan olarak renk üzerinden uygun bir ürün olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte %0,50 β -glukan katkılı örneklerin rengi beğenilmemiş ve H örneğinde 3,33 puan, G

örneğinde 3,17 puan alarak, diğer örneklerden belirgin bir şekilde farklılık göstermiştir ($P<0,05$).

Kefir, ayranla yoğurt arasında bir kıvama sahip olduğundan tüketim sırasında ağızda hissedilebilir bir doygunluk bırakması arzu edilmektedir. Ancak bu hissiyat kefirin kuru madde içeriğine göre, özellikle de sütün protein ve yağ içeriğine göre değişmektedir. Kefirin uygun yapısının sağlanmasında bir diğer etken faktörde de uygulanan sıcaklık derecesi ve süresidir. Serum proteini denatürasyonu ile oluşan kazein-serum proteini kompleksinin yeni yapısı, su tutma kapasitesini etkilemekte ve kıvamı artırmaktadır. Bununla birlikte mTG gibi proteinlerin çapraz bağlanmasının sağlanması da kıvam üzerinde önemli etki yarattığı bilinmektedir (Aprodu ve ark., 2011; Şanlı ve ark., 2014). Kefir örneklerinin 1. gün de yapılan duyusal değerlendirme sonucunda ağız kaplama özelliğine verilen puanlar D örneğinde 4,67; A örneğinde 4,5; B ve C örneğinde 4,33; E örneğinde 3,83; F örneğinde 3,0; G örneğinde 2,67 ve H örneğinde 2,33 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi mTG içeren örneklere verilen puanlar yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.73. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz görünüş ve tekstür sonuçları (n=3)

Örnek		TANIMLAYICI KELİME					
		Hoşa giden güzel homojen görünümlü	Hafif köpüklü görünüm	Kremsi beyaz renk	Ağız kaplama (Dolgunluk hissi)	Viskozite (Yoğun ayran kıvamı)	Serum Ayrılması Olmayan
A	1	9,50	4,13	4,67	4,50	4,83	4,80
	7	9,00	4,00	4,83	4,33	4,67	4,63
	15	8,83	4,50	4,83	4,67	4,83	4,83
B	1	9,50	4,00	4,83	4,33	5,00	5,00
	7	9,00	4,00	4,83	4,33	4,83	5,00
	15	8,83	4,33	5,00	4,67	4,83	5,00
C	1	9,83	4,50	4,83	4,33	5,00	5,00
	7	9,83	4,83	4,83	4,83	4,67	5,00
	15	9,00	4,67	5,00	4,83	4,83	5,00
D	1	9,00	4,00	4,67	4,67	4,17	4,95
	7	9,33	4,17	4,67	5,00	4,17	5,00
	15	8,67	4,33	5,00	4,83	3,83	5,00

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

Tablo 4.73. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz görünüş ve tekstür sonuçları (devam) (n=3)

Örnek		TANIMLAYICI KELİME					
		Hoşa giden güzel homojen görünümlü	Hafif köpüklü görünüm	Krem Beyaz renk	Ağız kaplama (Dolgunluk hissi)	Viskozite (Yoğun ayran kıvamı)	Serum Ayrılması Olmayan
E	1	8,50	3,67	4,33	3,83	4,17	3,67
	7	8,50	3,50	4,67	4,00	4,17	3,83
	15	8,00	3,67	4,17	3,67	3,83	4,17
F	1	8,17	3,67	4,33	3,00	4,23	3,67
	7	9,33	4,17	4,83	4,67	4,83	4,00
	15	8,17	3,67	4,33	4,17	4,17	4,50
G	1	6,33	2,50	3,33	2,67	3,00	1,83
	7	6,50	2,50	3,67	2,17	2,67	1,67
	15	5,83	2,33	3,17	1,83	2,17	1,67
H	1	6,00	2,50	3,33	2,33	3,15	1,33
	7	5,50	2,50	3,67	1,83	2,33	1,33
	15	5,67	2,33	3,33	1,67	2,20	1,67

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

Kefir örneklerinin viskozite değerleri, ağız kaplama özelliğinde verilen puanlamaya uygun bir şekilde değişim göstermiştir. Kefir üretiminde mTG kullanımının ürün viskozitesini önemli bir etki yarattığı söylenebilir. Ancak %0,50 β -glukan oranına sahip örneklerde hem serum ayrılmasının olduğu hem de viskozitenin önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama süresince en yüksek viskozite puanları B ve C örneklerinde (5,0 puan) en düşük ise yüksek oranda β -glukan içeren G (2,17 puan) ve H örneklerinde (2,20 puan) tespit edilmiş ve örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Serum ayrılması benzer şekilde en fazla β -glukan içeriği yüksek G ve H örneklerinde görülmüş ve her iki örnek de 15 günlük depolama sonrasında 1,67 puan almıştır ($P<0,05$). Serum ayrılması görülmeyen en iyi örnekler ise 5,0 puan alan B, C ve D örnekleri olmuştur ($P>0,05$). Genel olarak değerlendirildiğinde hem β -glukan ve mTG kullanımının hem de depolama süresinin viskozite üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz koku sonuçlarına göre genel bir değerlendirme yapılacak olursa, β -glukan oranındaki artış ürün kokusunu önemli derecede etkilediği görülmüştür (Tablo 4.74). Özellikle %0,5 oranında β -glukan kullanılan örneğin kefirin kendine özgü hafif ekşimsi fermente kokusunu maskeleyiği tespit edilmiş, tahıl kokusunun baskın hale geldiği saptanmıştır. Örneklerle verilen kendine özgü koku puanları değerlendirildiğinde, A, B, C ve D örneklerinin 1. günde yapılan duyuusal değerlendirmede sırasıyla 8,67; 8,50; 9,33 ve 8,67 puanla en yüksek değerleri aldığı gözlenmiştir ($P>0,05$). β -glukan oranı artan örneklerde kefir kokusunun yavaş yavaş maskelendiği ve %0,25 oranında β -glukan içeren E ve F örneklerinde koku puanlarının 7,83 ve 7,33 puana, %0,50 oranında β -glukan içeren G ve F örneklerinde ise 5,83 ve 5,50 puana düştüğü tespit edilmiş, örnekler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Depolamanın sonunda ise en beğenilen örnekler 9,33 puanla B; 9,00 puanla A örneği olmuştur. G ve H örnekleri ise 5,5 puan ve 6,5 puanla en az beğeni sağlayan örnekler olarak belirlenmiştir ($P<0,05$).

Fermente ürünlerin en önemli özelliklerinden biri olan fermente koku ve hafif ekşimsi koku, üretimde kullanılan sütün bileşiminden, ürün işleme

teknikinden, ürün florasından, ürüne ilave edilen çeşitli stabilizer-emülgatör maddelerden, meyve parçaları veya aroma bileşenlerinden, depolama koşullarından etkilenebilmektedir. Kefir gibi birçok mikroorganizma grubunu bir arada bulunduran ürünlerde ise ürün kalitesi farklı düzeylerde etkilenebilmektedir. Fermente koku özelliğine göre örnekler verilen puanlar irdelendiğinde, kontrol ve düşük düzeyde β -glukan içeren örneklerin fermente koku puanlarının A örneğinde 8,0-9,17; B örneğinde 7,0-9,17; C örneğinde 8,5-9,67; D örneğinde 7,67-8,67; E örneğinde 7,67-7,83; F örneğinde 7,17-7,67 arasında değiştiği ve kabul edilebilir değerlerde olduğu söylenebilir. Depolama süresince en çok beğenilen örneklerin A, B, C ve D örneklerinin olduğu görülmüştür. G ve H örnekleri ise daha az beğenilen grupta yer almış, örnekler verilen puanların istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). Örneklerin ekşimsi koku puanları açısından depolama süresince en yüksek puanı A, B ve C örnekleri almış, diğer örneklerden kefirin hafif ekşimsi kokusu daha çok hissedilmiştir. Bununla birlikte E ve F örneklerinin puanları da G ve H örneklerine göre kabul edilebilir değerlere yakın bulunmuştur ($P<0,05$). G ve H örnekleri üretimin ilk gününden depolamanın son gününe kadar düşük puan alarak, kefirin ekşimsi kokusunu yansıtmadığı, özellikle tahıl kokusunun baskın olduğu panelistler tarafından hissedilmiştir. G örneği depolama süresince 3,17-3,33 puan, H örneği ise 3,50-3,67 puan alarak diğer örneklerden daha az tercih edilmiştir ($P<0,05$). Üretilen kefirlerde hayvansal, metalik veya herhangi bir kötü koku hissedilmemekle birlikte, tahıl kokusunun baskın olduğu G ve H örneklerinde daha az puanla değerlendirildiği görülmektedir ($P<0,05$).

Tat üzerinden yapılan değerlendirmede, kefir örneklerinin birinci gün analiz sonuçlarına göre en uygun örnekler A (9,0 puan), B (8,33 puan), C (8,50 puan) ve D örneği (8,67 puan) olmuştur (Tablo 4.75). E ve F örnekleri de kabul edilebilir değerlerde puan aldığı söylenebilir. Ancak β -glukan oranı en yüksek G ve H örneklerinde önemli derecede puan azalması görülmüş ve örnekler arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Birinci günde G örneği 6,17 puan, H örneği ise 5,33 puan almıştır.

Tablo 4.74 . Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz koku sonuçları (n=3)

Örnek		Hissedilebilir yoğunlukta kendine özgü koku	Tanımlayıcı Kelime		
			Fermente koku	Ekşimsi koku	Hayvansal olmayan koku
A	1	8,67	8,83	4,50	4,83
	7	8,50	8,00	4,50	4,33
	15	9,00	9,17	4,67	4,67
B	1	8,50	8,67	4,17	4,33
	7	7,17	7,00	3,33	4,17
	15	8,00	9,17	4,33	4,67
C	1	9,33	9,67	4,83	4,83
	7	8,33	8,50	4,17	4,67
	15	8,83	9,00	4,33	4,50
D	1	8,67	8,67	4,67	4,33
	7	7,83	7,67	4,83	4,00
	15	8,50	8,67	3,83	4,50

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

Tablo 4.74. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz koku sonuçları (devam) (n=3)

Örnek		Hissedilebilir yoğunlukta kendine özgü koku	Tanımlayıcı Kelime		
			Fermente koku	Ekşimsi koku	Hayvansal olmayan koku
E	1	7,83	7,83	3,83	4,17
	7	7,83	7,83	4,50	4,17
	15	8,00	7,67	4,00	4,17
F	1	7,33	7,17	4,00	3,83
	7	8,17	7,50	4,50	4,50
	15	7,50	7,67	4,17	4,50
G	1	5,83	6,00	3,33	3,33
	7	6,50	6,17	3,17	4,17
	15	7,17	7,17	3,17	4,00
H	1	5,50	5,83	3,50	2,83
	7	6,33	6,83	3,67	3,50
	15	6,50	6,00	3,50	3,33

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

Kefir üretimi sırasında fermentasyonun en önemli son ürünleri laktik asit, asetaldehit, asetoin, diasetil, etanol ve karbondioksittir. Karbondioksit kefirin eşsiz ferahlatıcı özelliğine katkıda bulunmaktadır. Kefir örneklerinin ferahlatıcı tat üzerinden panelistlerin vermiş olduğu puan ortalamaları Tablo 4.75’de verilmiştir. Ferahlatıcı tat puanları üzerinden bir değerlendirme yapıldığında, A, B, C ve D örneklerinin E, F, G ve H örneklerinden daha yüksek puan aldığı görülmektedir. Depolama süresince ferahlatıcı tat puanlarında artış ve azalış gözükse de, özellikle G ve H örneklerinin diğer örneklerden farklı olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir ($P<0,05$). Kefir örneklerinin fermente tat ve ekşimsi tat üzerinden verilen duyuşsal puanları da benzer şekilde bir eğilim göstermiş, depolama süresince en çok beğenilen örnekler A, B, C, D örneği en az beğenilenler ise G ve H örnekleri olmuştur ($P<0,05$). Fermente ve ekşimsi tat üzerinden yapılan değerlendirmelerde en yüksek puanı C örneği (5,00 puan), en düşük puanı H örneği (2,00 ve 2,17 puan) almıştır. Kefir örneklerinde yabancı keskin tat üzerinden yapılan puanlamada, depolama süresince en düşük puan 1,30 puan ile 15. günde B örneği sahip olurken, en yüksek puan 15. günde 4,70 puan ile H örneği almıştır ($P<0,05$). Genel olarak değerlendirildiğinde, Depolama sırasında G ve H örneklerinde β -glukan oranı arttıkça, keskin ve acı tadın daha fazla hissedildiği, düşük miktarlarda β -glukan içeren örneklerde ise keskin tadın oluşmadığı görülmüştür ($P<0,05$). Benzer şekilde β -glukan ilavesinin fazla olduğu G ve H örneklerinde yulaf tadı baskın hale geldiği ve farklı bir lezzet kazandırdığı için kefir örneklerinin yabancı kötü tat gelişiminin olduğu tespit edilmiş ve örnekler arasındaki puan farkının istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 4.75. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz tat sonuçları (n=3)

Örnek		Tanımlayıcı Kelime					
		Ağızda hissedilebilir yoğunlukta kendine özgü tat	Ferahlatıcı tat	Fermente tat	Ekşimsi tat	Yabancı keskin tat	Yabancı kötü tat
A	1	9,00	4,50	4,67	4,67	1,50	5,00
	7	8,50	4,17	4,33	4,50	1,83	4,50
	15	9,00	4,50	4,67	4,33	2,33	4,67
B	1	8,83	4,33	4,33	4,33	1,83	4,83
	7	7,33	4,35	3,50	3,50	1,50	4,50
	15	8,50	4,33	4,17	4,00	1,30	4,33
C	1	9,67	5,00	5,00	5,00	2,67	5,00
	7	8,50	4,50	4,33	4,33	2,17	4,50
	15	9,33	4,67	4,50	4,17	2,00	4,17
D	1	8,67	3,67	3,67	4,33	2,33	4,67
	7	8,33	4,17	3,83	4,33	1,50	4,07
	15	8,17	4,00	4,33	4,50	2,33	4,50

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

Tablo 4.75. Kefir örneklerinin tanımlayıcı analiz tat sonuçları (devam) (n=3)

Örnek		Ağızda hissedilebilir yoğunlukta kendine özgü tat	Tanımlayıcı Kelime				Yabancı keskin tat	Yabancı kötü tat
			Ferahlatıcı tat	Fermente tat	Ekşimsi tat			
E	1	7,67	3,67	3,67	4,00	2,67	4,00	
	7	7,00	3,50	3,83	3,67	2,17	3,83	
	15	7,67	3,67	3,67	3,67	2,83	3,83	
F	1	7,33	3,50	3,67	3,67	3,33	3,83	
	7	7,67	3,83	3,83	3,17	3,67	4,17	
	15	7,67	3,50	3,83	3,67	3,83	3,83	
G	1	6,17	2,67	2,67	2,83	3,67	3,50	
	7	5,83	2,50	2,67	2,83	4,00	3,10	
	15	6,33	2,33	2,50	2,50	4,50	3,17	
H	1	5,33	2,67	2,33	2,83	3,50	3,00	
	7	5,83	2,50	2,83	3,17	4,67	3,05	
	15	5,33	2,67	2,00	2,17	4,70	2,83	

A: Kontrol, B: Kontrol + %0,2 Transglutaminaz enzimi, C: %0,1 β -glukan, D: %0,1 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

E: %0,25 β -glukan, F: %0,25 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi, G: %0,50 β -glukan, H: %0,50 β -glukan + %0,2 Transglutaminaz enzimi

5. TARTIŞMA

5.1. Çiğ Sütün Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'ne göre, çiğ inek sütünün laktik asit cinsinden asitliği %0,135 ile %0,20 arasında değişmektedir (Anonim, 2006). Üretimde kullanılan çiğ süte ait asitlik değeri %0,17 laktik asit olarak belirlenmiş ve tebliğde belirtilen değerlere uygun olduğu görülmüştür. İlgili tebliğe göre, çiğ inek sütünün protein oranı en az %2,8 olması gerekmektedir. Araştırmada kullanılan sütlerin toplam azot oranı %0,53 olarak bulunmuş, protein oranının ise %3,38 olduğu hesaplanmıştır. Bu değerlere göre kefir üretiminde kullanılan sütlerin protein değerleri tebliğe uygun bulunmuştur. Üretimde yağı alınmış süt kullanıldığı için yağ oranının %0,58 düzeyinde olması normal karşılanmaktadır. TGK'de çiğ inek sütünün yoğunluğu en az 1,028 g/cm³ olması gerekmektedir. Ancak araştırmada yağsız süt kullanıldığı için sütün yoğunluğu 1,030 g/mL olarak belirlenmiştir. Çiğ sütlerde belirlenen protein, yağ, asitlik ve yoğunluk değerleri TGK'da belirtilen değerlere göre uygun bulunmuştur. Şanlıurfa'da satışa sunulan sokak sütlerinde yapılan bir çalışmada, kış aylarında çiğ sütlerin pH değeri 6,47-6,62; titrasyon asitliği %0,148-0,234; kuru madde %10,07-12,39; yağ %2,1-3,7; protein 2,42-3,33; yoğunluk 1,0283-1,0324 g/mL olarak belirlemişlerdir. Yaz aylarında ise çiğ sütlerin pH değeri 6,37-6,60; titrasyon asitliği %0,142-0,258; kuru madde %9,35-12,21; yağ %1,1-3,5; protein 2,25-3,41; yoğunluk 1,0266-1,0323 g/mL olarak belirlemişlerdir (Göncü ve ark., 2017).

5.2. Titrasyon Asitliği (% Laktik Asit)

Kefir danesi aşılınmış sütün fermentasyonu sırasında kefirde bulunan mikroorganizmalar süt şekerinden glikoliz yoluyla laktik asit oluştururlar. Kefirin bileşiminde yer alan laktik asit ve uçucu yağ asitleri gibi son ürünün kalitesini etkileyen unsurların oluşumu ve birikimi kefir mikrobiotasına bağlı olduğu kadar üretim ve depolama koşullarına göre de değişebilmektedir. Yapmış olduğumuz çalışmada kefir örneklerinin depolama süresince % laktik asit miktarında genel

anlamda bir artış olduğu gözlenmiştir. Örneklerde görülen artışın nedeni süte uygulanan işlemlerden ziyade, kefir mikrobiotasında yer alan mikroorganizmaların depolama sırasında fermentasyona devam etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca kefir mikrobiotası aktivitesinin yüksek olması, mikrobiotadaki çeşitliliğin farklı olması, inkübasyon sıcaklık ve süresi, inkübasyondan sonra soğutmada geçen süredeki farklılıklar da asitlik gelişimi üzerine etkili olabilmektedir. Kefirin fermentasyonu süresince pH değerinde değişimlerin incelendiği bir çalışmada, pH'sı 6,39 olan sütün kefir fermentasyonu süresince laktik asit bakterilerinin de gelişmesine bağlı olarak 5. saatte 6,05 pH'ya; 10. saatte 5,75 pH'ya; 15. saatte 5,31 pH'ya ve 22. Saatte 4,55 pH'ya düştüğü tespit edilmiştir (Güzel-Seydim ve ark., 2005).

Dinç (2008), kefirin bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerini belirlediği çalışmasında sade kefirde %0,78, meyveli kefirde %0,82 ve light kefirde %0,85 laktik asit olduğunu belirlemiştir.

Yıldız (2009) ise %0,5, %1,5 ve %3 yağlı sütlerden elde ettiği kefirlerin titrasyon asitliği değerlerini %0,731 ile %1,056 arasında değişiklik gösterdiğini belirlemiştir.

Ertekin (2008), yağ ikame maddeleri ile yaptığı çalışmasında kefir örneklerinde laktik asit değerini 1. gün %0,77 ile %0,82 arasında tespit etmiş ve 14. güne kadar titrasyon asitliği değerinin arttığını saptamıştır. Bu çalışmada en yüksek değer Dairy Lo katkılı örnekte (%1,01 laktik asit), en düşük değer ise tam yağlı kefir örneğinde (%0,79 laktik asit) bulunmuştur. Araştırmada depolamanın 21. gününde laktik asit değerleri yağsız süttten yapılan kefir örneğinde %0,77, tam yağlı süttten üretilen kefirde %0,66, inulin içeren kefir örneğinde %0,83 ve Dairy Lo katkılı örnekte %0,81 olarak bulunmuştur.

Esmek (2014), kefir kültürü kullanarak peynir altı sulu içecek ile yaptığı çalışmada titrasyon asitliğinin çok fazla değişmediğini, en düşük laktik asit değerinin %0,7 ile 1. günde olduğunu belirlemiştir. Inkübasyon süresinin uzamasından dolayı 1.günde artış görülmüş diğer günlerde önemli bir değişikliğe

rastlanmamıştır. Araştırmada depolama süresince en yüksek titrasyon asitliği değeri %0,8 olarak belirlenmiştir.

Başıyigit-Kılıç ve Kankaya (2016) ise β -glukan içeren yoğurt örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerinin üretimin birinci gününde %0,55-0,83 arasında değişim gösterdiğini, 21 gün depolama sonrasında titrasyon asitliği değerlerinin %0,69-0,91 düzeyine ulaştığını belirlemişlerdir.

Mikrobiyal TG enzimi kullanılarak üretilen yoğurt ve kefirin depolama süresince asitlik gelişiminin görüldüğü birçok araştırma tarafından tespit edilmiştir (Kırmacı, 2005; Dağyıldız, 2015). Bazı araştırmalarda mTG kullanımının asitlik gelişimini yavaşlattığı yönünde sonuçlar elde edilmiştir (Yüksel ve Erdem, 2010). Kefirin mevcut mikrobiotasında yer alan mikkroorganizmalar sayesinde ürün bileşiminde bulunan laktozun parçalanması sonucu asitlik değerinde görülen artış, diğer çalışmalarda elde edilen bulgulardan biraz yüksek bulunmuştur.

5.3. pH

Fermente süt ürünlerinde inkübasyon çıkış pH değeri önemlidir ve genellikle 4.5-4.6 pH optimum değer olarak kabul edilmektedir (Özer, 2006). Çalışmada kefir üretim fermentasyonu her bir örnek için 4.6 pH olarak uygulanmış ve inkübasyon işlemi sonlandırılmıştır. Ancak kefir üretiminde, inkübasyon sonrası ürünün bir gece +4°C de dinlendirilmesi ve daha sonra danenin süzülerek üründen alınması işlemi uygulandığı için, ürün pH değerinin de dane ve üründe yer alan laktik asit bakterilerinin aktivitesine göre değiştiğini söylemek mümkündür. Kırmacı (2005) tarafından da yoğurt üretiminde inkübasyon aşamasında 4,5 pH'da soğutmaya alınan örneklerin, 12 saatlik dinlendirme sonucunda çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer şekilde, pH değerinde azalma meydana geldiğini bildirmektedir. Bu nedenle de çalışmada elde edilen kefir örneklerinin 1. gündeki pH değerlerinin inkübasyondan çıkış pH'sının oldukça altında olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin pH değeri 4,24-4,37 arasında değişim gösterdiği ve depolama sırasında son güne kadar pH değerlerinde artış ve azalış görüldüğü tespit edilmiştir. Ancak diğer çalışmalardan farklı olarak β -glukan ve mTG içeren

örneklerin pH değeri depolamanın 15. gününde önemli derecede azalma göstermiştir. Üretim sırasında mTG içeren örneklerin pH değeri daha yavaş azalma göstermiştir. İnkübasyon çıkış pH'sı olan 4.5 pH değerine mTG içeren örneklerin diğer kefir örneklerinden yaklaşık 1-1.5 saat daha geç ulaştığı ve fermantasyon süresinin uzadığı gözlenmiştir. Ayrıca β -glukan içermeyen ancak enzim katkılı B örneğinin pH değeri kontrol örneğinden daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle sadece mTG içeren örneğin, üretimin birinci gününden depolamanın son gününe kadar geçen sürede asitlik gelişiminin daha yavaş değişim gösterdiği söylenebilir.

Dinç (2008), kefir üzerine yapmış olduğu çalışmada piyasadan aldığı 120 adet kefir örneğinin ortalama pH değerini 4,21 olarak belirlemiştir. Sade kefir, meyveli kefir ve light kefir olarak toplanan örneklerin pH değeri sade kefirde 4,26 pH, meyveli kefirde 4,13 pH, light kefirde ise 4,17 pH olarak belirlemiştir.

Güngör (2007), meyve suyu ilaveli kefir çalışmasında, 21 günlük depolama sonunda en yüksek pH değerini kontrol kefir örneğinde (4,64 pH) tespit ederken, diğer örneklerden glukozlu kefirde 4,55 pH, portakallı kefirde 4,50 pH ve greyfurtlu kefir örneğinde 4,45 pH olarak tespit etmiştir.

Kefir üretiminde mTG katkılı örneğin pH değeri inkübasyon sırasında kontrol örneğine göre daha yavaş geliştiği Wroblewska ve ark (2009) tarafından ifade edilmektedir. Araştırmacılar inkübasyon sonu 4,6 olan pH değerine Kontrol örneğinde 20,5 saatte ulaşırken, mTG içeren örnekte 23 saatte ulaştığını belirlemişlerdir. Depolamanın 14. gününde ise pH değerlerinin Kontrol örneğinde 4,19, mTG içeren örnekte ise 4,25 pH olduğu saptanmıştır.

Farklı oranda mTG enzimi kullanımının keçi yoğurdunun bazı özellikleri üzerine etkisini inceleyen Farnsworth ve ark. (2006), kontrol örneğinde pH değerini 4,45 olarak bulurken, 1 U/g protein enzim katkılı örnekte 4,54 pH, 2 U/g protein enzim içeren örnekte 4,56 pH, 3 U/g protein enzim katkılı örnekte ise 4,59 pH olduğunu ve istatistiksel olarak pH değerleri arasında farklılığın olmadığını belirlemiştir.

Bahrami ve ark. (2013)'nın farklı kolloidlerin probiyotik yoğurt üretiminde kullanım olanakları üzerine yaptıkları çalışmada, kontrol, %0,05, %0,1, %0,2 ve %0,3 oranında β -glukan ilave edilen örneklerin pH değerinin 4,41-4,44 arasında değişim gösterdiğini ve β -glukan ilavesinin örneklerin pH değerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalar kefir üretiminde üretim parametrelerinin ve kullanılan ilave maddelerin ürün pH'sı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan kefir örneklerinde elde edilen veriler, diğer araştırma bulgularından biraz daha düşük düzeyde pH değerine sahip olduğunu gösterse de, özellikle dane mikrobiotasının ve devam eden fermentasyonun bu değişimde etkili olduğu düşünülmektedir.

5.4. Kuru madde

Üretilen örneklerin kuru madde miktarı depolama süresince %10,38 ile %10,69 arasında değişmiştir. Üretimde süte ilave edilen β -glukan miktarına paralel olarak görülen artışın, ürün kuru madde içeriğinde önemli bir farklılık yarattığı gözlenmiştir. Ancak kuru madde artışıdaki değişimin yanısıra, β -glukanın molekül ağırlığı ve jelleşme özelliğinden dolayı ürünün karakteristik özelliğinde önemli farklılıklar da yarattığı gözlenmiştir.

Dinç (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, piyasada satışa sunulan 120 kefir örneğinin kimyasal analizleri sonucunda ortalama % kuru madde miktarı sade kefirde %11,20, meyveli kefirde %17,63 ve light kefirde %10,50 olarak tespit edilmiştir. Araştırmada en yüksek kuru madde miktarının meyveli kefirde olduğu belirlenmiş ve bunun sebebinin kefire ilave edilen meyve pulplarından kaynaklandığını belirtmiştir.

Ersoy ve Uysal (2002), üretimde kullandıkları süt (kontrol), süt tozu, peynir altı suyu tozu, yayık altı tozu ve bunların karışımlarından oluşan toplam 8 adet kefir örneğinin kuru madde miktarını ortalama %8,5 olarak standardize edip üretimde kullanmışlardır. Dane ve kefir kültürü kullanarak yapılan üretim sonucunda elde

edilen kefirlerin kuru madde miktarı %7,705 ile %8,563 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Kefir kültürü ile yapılan üretimde kuru madde miktarının %8,813 ile %8,853 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Dane ile üretilen kefir örneklerinin kültür ile üretilen örneklerle oranla kuru madde miktarının düşük olmasının nedeni, danenin süzülme işlemi sırasında kayıplara neden olması şeklinde ifade edilmiştir.

Farklı bitkisel lif kullanımının kefir üzerine etkini inceleyen Demir (2011), sade kefirin içerisine %1 ve %2 oranlarında elma ve limon lifi ilave etmiş ve 20 günlük depolama süresince ürettiği kefirlerde kuru madde miktarının %9,22 ile %12,40 arasında değiştiğini saptamıştır.

Dağyıldız (2015), soya sütü ve inek sütü karışımı kullanılarak yapılan kefirlerde mTG'nin etkisini belirlemeye yönelik yaptığı çalışmasında, kuru madde miktarlarının %7,73 ile %8,20 arasında değişiklik gösterdiğini belirlemiştir.

Yaptığımız çalışmada ve yapılan diğer çalışmalarda kuru madde miktarlarında meydana gelen farklılığın temel nedeni, ilave edilen β -glukandan kaynaklandığını söylemem mümkündür. Mikrobiyal TG ilavesinin kuru madde artışında önemli olmadığı gözlenmiştir.

5.5. Yağ

Süt yağı, fiziksel özelliği nedeniyle süt ürünlerinin yapısını önemli derecede etkilemekle birlikte, bileşiminde yer alan esansiyel yağ asitleri, orta zincirli yağ asitleri, yağda çözünen vitaminler, sindiriminin kolay olması ve sağladığı enerji nedeniyle beslenme fizyolojisi açısından önemlidir. Ancak diyet süt ürünleri üretiminde süt yağ oranını azaltmak sadece beslenme açısından değil ürün yapısı ve lezzeti açısından da önemli olmaktadır. Düşük kalori içeriğine sahip bir ürün geliştirmenin en önemli yolu, ürün yapısını bozmadan ve ağızda yağlımsı bir his verecek şekilde süt yağının uygun değere çekilmesini sağlamaktır. Bununla birlikte yağ içeriği azaltılmış süt ürünlerinde β -glukan, inülin, Dairy Lo gibi yağ ikame maddelerinin kullanımı da son yıllarda araştırmacıların çalışma konusunu

oluşturmaktadır (Zalazar ve ark., 2002; Meyer ve ark., 2011). Bu çalışmada β -glukan ve mTG enzimi ilave ederek yapılan yağ içeriği azaltılmış kefir üretiminde 15 günlük depolama süresince örneklerdeki yağ miktarı %0,58 ile %0,80 arasında değişiklik göstermiştir. Üretimde kullanılan süt, kullanılmadan önce yaklaşık %0,5 oranında standardize edildiğinden depolama süresince örnekler arasında farkın görülmemesi doğal bir sonuçtur.

Farklı tür sütlerden elde edilen kefirlerin özelliklerini inceleyen Wszolek ve ark. (2001), inek sütü kefirinde %3,08, keçi sütü kefirinde %3,07 ve koyun sütü kefirinde %2,99 olarak belirlemiştir.

Dinç (2008) piyasadan topladığı 120 adet kefir örneğinde yaptığı çalışmada, sade kefirde %2,83, meyveli kefirde %2,94 ve light kefirde %1,04 yağ bulunduğunu tespit etmiştir.

Demir (2011), elma ve limon lifi ilave ederek kefir üretimindeki çalışmada meyve lifli kefir örneklerinin yağ değerinde azalmaya neden olduğunu belirlemiştir. Kefir örneklerindeki yağ miktarının %1,20 ile %1,62 arasında değiştiğini belirlemiştir.

Dağyıldız (2015), soya sütü ve inek sütü karışımlarından elde edilen kefirin transglutaminaz enzimi etkisi çalışmada yağ miktarının %1,8 ile %2,4 arasında değiştiğini saptamıştır.

Ertekin (2008), yağ ikame maddeleri kullanımının kefir kalite kriterleri üzerine etkisi çalışmada, tam yağlı süttten üretilen kefir örneği için ortalama %3,1 yağlı olduğunu, yağsız süttten üretilen kefirin, inulin içeren kefir ve Dairy Lo içeren kefir örnekleri için ortalama %0,1 olarak belirlemiştir.

Kefir üretimde farklı yağ içeriğine sahip sütler kullanılmakla birlikte, çalışmamızdan daha yüksek ve daha düşük yağ oranına standardize edilmiş sütlerin kefir üretiminde kullanıldığı görülmektedir (Dinç, 2008; Ertekin, 2008). Yapılan

alışmalar göstermektedir ki, özellikle kalori içeriği azaltılmış diyet ürünler için kefir üretiminde %0,1-1,5 yağlı sütler tercih edilmektedir.

5.6. Kül Miktarı

Farklı depolama sürelerinde kefir örneklerinde en yüksek kül miktarını %0,92 belirlerken, en düşük kül miktarını %0,85 olarak belirlenmiştir. Kefir retiminde kullanılan süte farklı oranda β -glukan ilavesi, kuru madde de olduğu gibi kl içeriğinde de artışa neden olmuştur. Ancak enzim ilavesinin etkisi bulunmamaktadır. Dağyıldız (2015) farklı oranlarda mTG içeren ve %75 inek sütü ile %25 soya sütü karışımından ürettikleri kefir örneklerinde kül oranının %0,59-0,63 arasında değiştiğini ve örnekler arasında farkın olmadığını belirtmektedir. Farnworth ve ark. (2006) ise enzim içermeyen kontrol rneği ile 2 U/g protein oranında mTG katkılı keçi sütlerinden ürettikleri yoğurt örneklerinin kontrol grubunda %0,70, enzim katkılı örneklerde %0,71 kl içerdiği belirlenmiştir.

Farklı tip sütlerden elde edilen kefir örneklerinin kl içerikleri inek sütü kefirinde %0,77, keçi sütü kefirinde %0,79 ve koyun sütü kefirinde ise %1,08 olarak belirlenmiştir.

Güngör (2007) ise farklı besinsel lif kaynakları kullanılarak üretilen kefirlerde kül miktarı kontrol grubunda %1,03, glikozlu kefir örneğinde %0,95, portakallı kefir örneğinde %0,97 ve greyfurtlu kefir örneklerinde %0,94 olarak tespit edilmiş, farklı besinsel lif kaynaklarının kl içeriğine etkisi önemsiz bulunmuştur.

5.7. Toplam Azot

Örneklerin depolama süresince toplam azot miktarı %0,56-0,62 arasında değişim göstermiş ve β -glukan miktarı arttıķa, örneklerin toplam azot içeriğinde artış gözlenmiştir. Bunun sebebi, üretimde kullanılan β -glukanın bileşiminde azotlu maddenin bulunması ve kullanım oranı arttıķa kefire geçiş miktarının da artması

olabilir. Çünkü β -glukan içermeyen kontrol örneğinde %0,56 olan toplam azot oranı %0,5 β -glukan içeren örnekte %0,62 düzeyine kadar artış göstermiştir.

Yıldız (2009) farklı yağ içeriğine sahip kefir örneklerinin depolama süresince toplam azot miktarlarının %0,5'den daha düşük yağ içeren örnekte %0,472-0,489, %1,5 yağlı kefir örneklerinde %0,490-0,513, %3,0 yağ içeren kefir örneğinde ise %0,474-0,481 arasında belirlemiştir.

5.8. Protein

Depolama süresince protein değerinin %3,57 ile %3,96 arasında değiştiği saptanmıştır. Kefir sütüne ilave edilen β -glukan miktarına bağlı olarak protein içeriğinde artış olduğu düşünülmektedir. Üretimde kullanılan yulaf kaynaklı β -glukan %4 oranında protein içermektedir. Bu nedenle kullanım oranı arttıkça kefir örneklerinin protein içeriklerinin de arttığı düşünülmektedir.

Marketten toplanan 120 adet kefir örneğinin ortalama protein içeriği sade kefirde %3,71, meyveli kefirde %3,18 ve az yağlı kefirde ise %3,56 olarak belirlemiştir (Dinç, 2008).

Esmek (2014), kefir kültürü kullanarak peynir altı sulu içecek üzerine yaptığı çalışmada, 21 günlük depolama süresi boyunca en yüksek protein miktarını %2,30 ve en düşük protein miktarını %2,07 olarak saptamıştır.

Ersoy ve Uysal (2002) süt tozu kullanarak dane ve kefir kültüründen ürettikleri kefirin özelliklerini incelemişlerdir. Dane kullanılarak süt tozu ile üretilen örnekte protein miktarı depolamanın 1. gününde %2,670 olarak tespit edilirken, en düşük protein değeri peynir altı suyu tozu kullanılarak üretilen örnekte depolamanın 9. gününde %0,927 olarak belirlenmiştir. Kefir kültürü ile üretilen örneklerde ise en yüksek protein değeri yine depolamanın 1. gününde süt tozu kullanılan örnekte (%2,717 protein) belirlenmiştir.

Dağyıldız (2015) soya sütü ve inek sütü karışımlarına mTG enziminin ilavesiyle üretilen kefir örneklerinin protein değerlerini %3,45 ile %3,70 arasında

saptamıştır. Yapılan çalışmada kontrol örneğine göre mTG enziminin kullanıldığı kefir örneklerinde protein miktarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Başığit-Kılıç ve Kankaya (2016) kontrol ve farklı oranlarda β -glukan içeren yoğurt örneklerinde protein oranlarını şu şekilde bulmuşlardır; kontrol örneğinde %2,94-3,30; %0,25 β -glukan katkılı örnekte %3,03-3,10; %0,5 β -glukan katkılı örnekte %2,99-3,23; %1 β -glukan içeren örnekte %2,49-3,40 ve %1,5 β -glukan içeren örnekte %2,92-3,25.

Kefir örneklerinde belirlenen protein içeriklerinde farklılıklar bulunmaktadır. Burada üretimde kullanılan sütün protein içeriğinin hayvan türü, beslenme tipi ve mevsimsel değişimlerden etkilenmesinin yanı sıra, çalışmada kullanılan β -glukanın da değişime neden olduğu düşünülmektedir.

5.9. Viskozite

Bir akışkanın iç sürtünmesi ya da akışa karşı direnç gösterme eğilimi olarak tanımlanan viskozite (Daubert ve Foegeding, 1998), sütün yağının çekilmesi veya süte süttozu, peyniraltı suyu tozu veya stabilizer-emülgatör gibi çeşitli maddelerin etkisiyle değişiklik gösterebilmektedir. Araştırmada β -glukan oranına bağlı olarak ürün viskozite değerinin önemli derecede değiştiği görülmektedir. Kontrol örnekleri ve %0,1 oranında β -glukan içeren örneklerin viskozite değerleri hemen hemen aynı düzeyde bulunmuştur. Bunun nedenlerinden biri, süte ilave edilen mTG enziminin proteinler arası çapraz bağlantıyı güçlendirmesi ve ürün viskozitesini iyileştirmesidir. Ancak β -glukan oranı arttıkça moleküller arası bağlanma özelliği değiştiğinden ters etki yaratarak ürünün aşırı derecede su salmayı hızlandırdığı ve viskoziteyi azalttığı düşünülmektedir.

Kurtuldu (2012) tarafından yapılan bir araştırmada, %0,1 oranında arpa ve yulaf β -glukan ilave edilerek üretilen probiyotik yoğurtların 28 gündeki viskozite değerlerinin önemli derecede farklılık gösterdiği saptanmıştır. Kontrol örneğinde 3.042-3.590 cP olarak belirlenen viskozite değeri, arpa β -glukan katkılı örnekte

3.940-5.160 cP arasında, yulaf β -glukan içeren örnekte ise 4.620-6.218 cP olarak tespit edilmiştir.

Dağyıldız (2015) ise %75 inek sütü %25 soya sütü içeren kefir örneğinin kontrol grubunda 180,55 cP olan viskozite değeri, %0,5 mTG içeren örnekte 298,50 cP, %1 enzim içeren örnekte 374,5 cP ve %1,5 enzim katkılı örnekte 390,5 cP viskozite değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Polimerik yapıda olan β -glukan jel oluşturma özelliğinde olmakla birlikte, molekül yapısında yer alan hidroksil grupları sayesinde polariteyi artırarak proteinlerin etrafındaki su moleküllerini çekme özelliğine de sahiptir (Sharafbati ve ark., 2014). Bu nedenle β -glukan yapısında bulunan OH^- gruplarının sayısı arttıkça, moleküllerin polar özelliği artmaktadır. Kazein etrafındaki su molekülleri de polar özellik gösterdiğinden, β -glukan ile iletişimi daha da artmaktadır. Bundan dolayı da iki faz ayrımı gerçekleşmektedir. Sharafbati ve ark., (2014), makroskopik faz ayrımı için β -glukan ve kazein için deneysel olarak belirlenen kritik faz ayrılma noktasının <0.2 olduğunu belirlemiş ve bu nokta geçtiği zaman β -glukan ve kazein moleküllerinin daha ağır bir kompleks oluşturarak çöktüğünü ve serum ayrılmasının hızlı bir şekilde arttığını tespit etmişlerdir. Eğrinin üstündeki herhangi bir karışım makroskopik faz ayrımı gösterirken, eğrinin altındaki konsantrasyonlara sahip herhangi bir karışım kararlı görünmektedir. Bu çalışmada tespit edilen veriler, araştırma bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

5.10. Karbondioksit Miktarı

Fermente süt ürünleri, sütün başta laktik asit bakterileri olmak üzere belirli mikroorganizmalar tarafından fermente edilmesi sonucu elde edilen farklı kıvam ve aromaya sahip süt ürünleri olarak tanımlanmaktadır. Ancak kefir diğerlerinden ayıran en önemli özellik kefir danesinde yer alan bakteri ve maya türlerinin simbiyotik aktivitesi sonucu laktik asit ve alkol fermentasyonunun bir arada oluşması ve ürünün kendisine özgü tat ve yapısını sağlayan laktik asit, etanol ve karbondioksittir.

Kefirde karbondioksit varlığı sadece aroma için değil aynı zamanda ürünün karakteristik köpüklü görünüm almasında da önemli bir kriterdir. Yapılan çalışmada kefirlerin karbondioksit oranı %61,52 ile %92,00 arasında değişim göstermiştir. Genel olarak örneklerinin depolanması esnasında karbondioksit değerinin arttığı gözlenmiştir. Ancak çalışmada artan β -glukan miktarına bağlı olarak, karbondioksit oranı azalmış ve bu nedenle de köpüklü görünüm göstermeyen bir ürün elde edilmiştir. Bu nedenle besinsel lif içeriğini ve ürün karakteristik özelliklerinin dengede tutabilmek için %0,25 oranından yüksek β -glukan katkısının yapılmaması gerektiği düşünülmektedir.

Beshkova ve ark. (2002) kefir danesinden üretilen kefirlerde karbondioksit içeriğini 105 mg/100 mL, starter kültür kullanılarak üretilen kefirlerde ise 175 -198 mg/100 mL arasında değiştiğini belirlemiştir. Araştırmada üretimde kullanılan süte 4,5 g/L sukroz ilave edildiğinde karbondioksit içeriği 16 saat sonra 183 mg/100 mL düzeyine ulaştığı belirlenmiştir.

Yıldız (2009) farklı yağ oranlarının ve farklı starter kültürlerin kefirin nitelikleri üzerine etkisini incelediği çalışmasında, %5 kefir danesi ve %1 termofilik kültür karışımı ile üretilen kefirde 70.20 -150.20 mg/100 mL, %5 kefir danesi ve %5 probiyotik kültür karışımı ile üretilen kefirde 97.67-153.30 mg/100 mL, %5 kefir danesi ve %5 maya kültürü karışımı ile üretilen kefirde ise 122.73-183.60 mg/100 mL karbondioksit üretiminin olduğunu tespit etmiştir.

Esmek (2014), kefir kültürü kullanarak ürettiği peynir altı sulu içecek çalışmasında, %25 peynir altı suyu ve %75 süt kullanarak kefir kültürü ilavesi ile yaptığı üretimde örneklerini 20 C'de 24 saat, 48 saat ve 72 saat inkübasyona bırakarak 21 gün boyunca depolamıştır. Araştırmada en yüksek karbondioksit değerine depolamanın 1. gününde 72 saat inkübasyona bıraktığı C örneğinde (%4,37) tespit etmiştir. En düşük karbondioksit değerine ise depolamanın 21. gününde 24 saat inkübasyona bıraktığı A örneğinde (%3,23) belirlemiştir. Yapılan çalışmada inkübasyon süresi uzadıkça depolama süresince karbondioksit değerinin arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda depolama süresince kefir örneklerinin karbondioksit miktarları, çalışmamızda olduğu gibi artış göstermiştir. Ancak elde edilen bulguların farklı olmasının en önemli nedeni, uygulanan analiz yöntemindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

5.11. Tirozin

Fermente süt ürünlerinde proteoliz sonucu açığa çıkan aminoasit miktarı tirozin eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Proteoliz sonucu oluşan tirozin, metionin, valin vb. bazı amino asitler tat ve aromayı etkilemektedir. Tirozin, fermente süt ürünlerinde kazein ve serum proteinlerinin hidrolizasyonu sonucu meydana gelen bir aminoasittir. Ayrıca treonin, valin gibi aminoasitler temel aroma maddesi olan asetaldehit oluşumunda başlıca kaynaklardır (Tamime ve Robinson, 1999).

Depolama süresince mTG enzimi ve farklı oranlarda β -glukan içeren kefir örneklerinin tirozin miktarında değişiklik görülmemiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada tüm kefir örneklerinin tirozin içeriği 0.639-0,641 mg/kg olarak saptanmıştır.

Farklı yağ oranlarının depolanma süresince kefir örneklerinde tirozin içeriğinin arttığını belirten Yıldız (2009), tirozin miktarlarını %0,5 yağlı süttten ürettikleri kefirde 0,392-0,590 mg/5g, %1,5 yağlı süttten üretilen kefirde 0,315-0,433 mg/5g ve %3,0 yağlı süttten ürettiklerinde 0,439-0,583 mg/5g olarak tespit etmiştir.

Geleneksel yöntemle ayran üretiminde mTG enzimi kullanımının etkisini araştıran Şanlı ve ark. (2011), kontrol örneğinin 0,349-0,378 mg/5 g tirozin içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Enzimle birlikte starter kültür katımını aynı anda gerçekleştirdiği örnekte 0,315-0,345 mg/5 g olan tirozin düzeyini, mTG ilavesinden 1 saat sonra kültür katımını yaptığı örnekte 0,309-0,315 mg/5 g olarak saptamıştır.

Araştırmada bulunan değerlerin diğer çalışma verilerden yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni yüksek proteolitik aktiviteye sahip laktik asit bakterilerinin kefir danesi mikrobiyotasında bulunduğunu düşündürmektedir.

5.12. Su Aktivitesi

Normal koşullar altında, gıdanın buhar basıncının, aynı sıcaklıktaki suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanan su aktivitesi, suyun gıdaya ‘bağlanma derecesi’ olarak da tanımlanmaktadır (Lutterodt ve ark., 2010). Su aktivitesi gıdaların mikrobiyal gelişimi, kimyasal ve biyokimyasal bozulmasına etki etmesi nedeniyle, gıdanın raf ömrünü değiştirebilmektedir. Gıdalar nem içerikleri yüksek (a_w 0,90-1,00), orta (a_w 0,60-0,90) ve düşük ($a_w < 0,60$) olarak gruplandırılabilir. Bazı gıdaların su aktivitesini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, su aktivitesi değerlerinin yoğurt için 0,981-0,990 a_w , ayran için 0,990-0,996 a_w arasında değiştiği belirtilmektedir (Özey ve ark., 1993).

Farklı depolama sürelerinde mTG ve β -glukan içeren kefir örneklerinin su aktiviteleri arasında büyük farklılıklar görülmemiştir. Setyawardani ve Sumarmono (2015) keçi sütünden ürettikleri kefirlerin su aktivitesi değerini 0,863-0,889 olarak belirlemiştir. Goncu ve ark. (2017) ise elma ve limon lifi kullanarak ürettikleri kefir örneklerinde lif içermeyen kontrol örneğinin a_w değerini 0,99, elma lifli örneklerin 0,93-0,96, limon lifli örneklerde ise 0,94-0,98 arasında belirlemiştir.

5.13. Mikrobiyolojik Analizler

5.13.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı

Araştırmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde yüksek oranda β -glukan içeren örnekler (G ve H örnekleri) dışında diğer örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı depolama süresince genel olarak artış göstermiştir. Bakteri seviyesinin korunması veya bazı örneklerde artış göstermesi prebiyotik özelliği olan β -glukandan kaynaklanabilir. Dinç (2008), piyasadan 120 kefir örneği alarak yaptığı çalışmada toplam bakteri içeriğini kefir örneklerinde 8,80 log kob/mL,

meyveli kefir örneklerinde 8,51 log kob/mL ve ligh kefir örneklerinde 8,53 log kob/mL olarak belirlemiştir. Bir başka çalışmada ise kefir örneklerinin toplam bakteri sayısı 5,50 log kob/mL ile 8,14 log kob/mL arasında değiştiği ve depolama süresince toplam bakteri sayısının azaldığı belirlenmiştir (Dağyıldız, 2015).

5.13.2. Kefir Örneklerinin *Lactobacillus* spp. İçeriği

Farklı depolama süresinde kefir örneklerimizin *Lactobacillus* spp. içeriği farklılıklar görülmüştür. Kefir örneklerinin genel olarak *Lactobacillus* spp. içeriğinin 7. günde azaldığı ve 15. günde tekrar arttığı görülmektedir. *Lactobacillus* spp. içeriği en yüksek depolamanın 15. gününde 10,82 log kob/mL olarak bulunmuştur.

Kök-Taş (2010), farklı atmosfer koşullarında ürettikleri kefir örneklerinin 21 gün süren depolama süresince *Lactobacillus* spp. içeriklerinin KG örneğinde 9,21 log kob/mL den 8,03 log kob/mL'ye, KG-C örneğinde 9,28 log kob/mL'den 8,29 log kob/mL'ye, K örneğinde ise 9,27 log kob/mL'den 8,89 log kob/mL'ye azaldığı belirlenmiştir.

Başıyigit-Kılıç ve Kankaya (2016) ise üretmiş oldukları yoğurt örneğinin kontrol grubunda laktobasil içeriğini 7,84-6,27 log kob/mL arasında, %0,25 β -glukan katkılı örnekte 7,44-6,64 log kob/mL, %0,5 β -glukan içeren örnekte 7,50-7,09 log kob/mL, %1 β -glukan içeren örnekte 7,20-6,57 log kob/mL ve %1,5 β -glukan katkılıda 7,33-6,59 log kob/mL olarak belirlemiştir. Çalışmada elde edilen bulgular Kök-Taş (2010) tarafından belirlenen sonuçlara benzer, Başıyigit-Kılıç ve Kankaya (2016)'nın verilerinden yüksek bulunmuştur. Bu değişimde kefir danesinin mikrobiotasının ve prebiyotik özelliği olan β -glukanın etkisi olabilir.

5.13.3. Kefir Örneklerinin *Lactococcus* spp. İçeriği

Kefir örneklerinin depolanma süresince *Lactococcus* spp. içeriği genel olarak artmıştır. Kefir örneklerinin depolama süresince *Lactococcus* spp. içeriği 10,17 log kob/mL ile 7,67 log kob/mL arasında değişmektedir.

Yıldız (2009), yapmış olduğu çalışmada farklı yağ oranlarının farklı depolanma süresince Laktokok cinsi bakterilerin örnekler arasında göstermiş olduğu farklılığın önemli olduğunu belirlemiştir. Yapılan çalışmada %0,5 yağlı kefir örneklerinin Laktokok cinsi bakteri sayısının 5. günde aynı kalırken 10. günde arttığı, daha sonra değişiklik göstermediği tespit edilmiştir. Bu durumun aksine %1,5 yağlı örneklerde Laktokok cinsi bakteri sayısının 5. günde arttığı diğer günlerde azaldığı saptanmıştır. Diğer %3,0 yağlı kefir örneklerinde ise depolamanın 10. gününe kadar bakteri sayısının arttığı daha sonra ise azaldığı belirlenmiştir.

Farklı atmosfer koşullarında üretilen kefir örneklerinin *Lactococcus* spp. içeriklerinin ise depolama süresince 9,23-9,27 log kob/mL aralığında değiştiğini tespit etmiştir. Araştırmada 21 gün süren depolama sonunda *Lactococcus* spp. içeriğinin 8,04-9,02 log kob/mL olduğu belirlenmiştir.

Farklı oranda β -glukan içeren yoğurtların depolama süresince laktokok içeriği incelenen bir çalışmada, kontrol grubunda laktokok içeriği 8,43-8,16 log kob/mL, %0,25 β -glukan katkılı örnekte 8,45-8,28 log kob/mL, %0,5 β -glukan içeren örnekte 8,41-8,42 log kob/mL, %1 β -glukan içeren örnekte 8,24-8,23 log kob/mL ve %1,5 β -glukan katkılıda 8,42-8,32 log kob/mL olarak belirlemiştir (Başyigit-Kılıç ve Kankaya, 2016). Araştırma verileri daha önce yapılmış çalışmalara benzerlik göstermektedir.

5.13.4. Kefir Örneklerinin *L. acidophilus* İçeriği

Yapmış olduğumuz çalışmada farklı depolama süresince kefir örneklerinin *L. acidophilus* içeriğinde artış ve azalışlar görülmektedir. Kefir örneklerinin *L. acidophilus* içeriğinin genel anlamda depolamanın 7. gününde azaldığı görülmektedir. Kefir örneklerinin *L. acidophilus* içeriğinde depolama süresi boyunca görülen artış 1. güne oranla 15. günde fazla olduğu görülmektedir.

Kök-Taş (2010), farklı atmosfer koşullarında ürettiği kefir örneklerinin *L. acidophilus* içerikleri 5,78-6,43 log kob/mL arasında olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyal TG ve ksantan içeren sütlerden elde edilen kefir örneklerinin *L.*

acidophilus içeriklerinin 14 gün süren depolama süresince 7,12-6,78 log kob/mL olduğu Sabooni ve ark. (2018) tarafından tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, elde ettiğimiz bulgulara benzer şekilde probiyotik bakteriler üzerine mTG'nin önemli bir etkisi olmadığı, β -glukan gibi prebiyotik özellikte maddelerin ilavesi ile kefir mikrobiotasının istenilen seviyede muhafaza edilebildiği ifade edilmektedir.

5.13.5. Kefir Örneklerinin *Bifidobacterium* spp. İçeriği

Depolama süresince transglutaminaz enzimi ve farklı oranlarda β -glukan içeren kefir örneklerinin *Bifidobacterium* spp. içeriği incelenmiştir. Yapmış olduğumuz incelemeler sonucunda depolama süresi boyunca *Bifidobacterium* spp. içeriği tüm kefir örneklerinde belirli bir seviyede canlılığını koruduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte depolamanın 15. gününde azalma görülmüştür. Fermente ürünlerde pH değerinin azalması ile ortamdaki laktik asit ve asetik asit gibi metabolitlerin konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak *B. bifidum* gelişimini olumsuz yönde etkilendiği belirtilmektedir (Kurtuldu, 2012). Çalışmamıza benzer şekilde Kurtuldu (2012) yulaf ve arpa kaynaklı β -glukan'ın prebiyotik etki göstermesi sonucunda yoğurtlardaki *B. bifidum* sayısının biyoterapötik seviyede (> 7 log kob/g) kalabildiğini, kontrol örneğinde 8,18-7,53 log kob/g olan sayının, arpa kaynaklı β -glukan içeren örnekte 8,41-7,76 log kob/g, yulaf kaynaklı β -glukan katkılı örnekte ise 8,09-7,47 log kob/g düzeyinde olduğunu belirtmektedir.

Kök-Taş (2010), farklı atmosfer koşullarında ürettiği kefir örneklerinin *Bifidobacterium* spp. içeriklerini 3,19-6,14 log kob/mL aralığında tespit etmiş, %10 CO₂ ortamda üretilen kefir örneklerinin *Bifidobacterium* spp. içeriklerinin önemli düzeyde arttığını belirlemiştir. Araştırmada kefir örneklerinin *Bifidobacterium* spp. içeriklerinin 14. günde 4,86-5,70; 21. günde 3,37-4,19 log kob/mL arasında değiştiği saptanmıştır.

5.13.6. Kefir Örneklerinin Maya İçeriği

Mayalar, kefirin karakteristik özelliklerini sağlayan önemli bir gruptur ve farklı maya türlerinin metabolik aktiviteleri sonucu kefirin lezzet ve görünümü değişmektedir. Çalışmamızda tüm uygulama gruplarında maya sayısı 15 günlük depolama sürecinde önemli bir şekilde artış göstermiştir. Gronnevik ve ark. (2011) da depolama süresince maya sayısında artmış meydana geldiğini ifade etmektedir.

Ankara piyasasında satılan kefirleri alarak değerlendiren Dinç (2008), çalışmasında kefir örneklerinin maya içeriğini sade kefirde 4,05 log kob/mL, meyveli kefirde 3,23 ve light kefirde 2,60 log kob/mL olarak belirlemiştir.

Dane ve kefir kültürü kullanılarak üretilen kefir örneklerinin maya içeriğini belirleyen Beshkova ve ark. (2002), daneden üretilen kefirlerde maya sayısının 1. günde $5,0 \times 10^5$ kob/mL iken, depolamanın sonunda $4,9 \times 10^5$ kob/mL'ye azaldığını belirlemiştir. Çalışmada diğer grup olan kefir kültürü ile üretilen üründe ise başlangıçta maya sayısı $7,5 \times 10^6$ kob/mL iken, depolamanın sonunda $7,4 \times 10^6$ kob/mL düzeyinde saptanmıştır.

Dağyıldız (2015) inek sütü ve %75-25 oranında inek sütü-soya sütü ve %0,5, 1 ve 1,5 oranında mTG ilave edilerek ürettikleri örneklerin maya içeriğinde meydana gelen artış düzeyinin birbirine benzer olduğunu ifade etmektedir. Örneklerin maya içeriğinde 30 gün süren depolama boyunca artış gözlenmiştir. Araştırmada kontrol örneği 2,95-4,38 log kob/mL, %0,5 enzim içeren örnekte 2,90-4,47 log kob/mL, %1 enzim içeren örnekte 2,95-4,77 log kob/mL ve %1,5 enzim içerende 2,78-4,29 log kob/mL arasında maya içeriğinin olduğu belirlenmiştir.

5.14. Uçucu Aroma Bileşeni Kompozisyonu

Kefir fermentasyonu süresince homofermentatif laktik streptokokların hızlı bir şekilde gelişmesi ürün pH'sının laktobasillerin gelişebileceği düzeye indirir. Ayrıca doğal kültürde mayaların bulunması ve inkübasyon sıcaklığının 21-25°C'de olması ürün aroma gelişimini destekler. Heterofermantatif streptokoklarla birlikte,

fermantasyon boyunca laktik asit bakterilerinin gelişimi, maya ve asetik asit bakterilere oranla daha önemlidir (Koroleva ve ark., 1982).

Çalışmada 12 alkol, 8 aldehit, 9 keton, 13 karboksilik asit, 9 ester, 2 terpen, 1 karbondioksit grubundan olmak üzere toplam 54 adet uçucu aroma bileşeni tespit edilmiştir. Bu gruplar içerisinde etanol, 3-metil 1-butanol, dekanol, 1-dodekanol, asetaldehit, diasetil, aseton, 2-heptanon, asetoin, asetik asit, kaprilik asit, kaprik asit, 1-butanol, etil asetat, β -mirsen, limonen ve karbondioksit diğer bileşenlere göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir.

Farklı kültür (CHN-22, ABT-2, LAF4 ve Sacco) ve inkübasyon sıcaklığında (30, 33 ve 35°C) üretilen kefirlerin aroma profilinin araştırıldığı bir çalışmada, tüm örneklerde sıcaklık yükseldikçe asetaldehit konsantrasyonu önemli ölçüde arttığı, ancak soğukta muhafaza sırasında azaldığı belirlenmiştir (Bakhshandeh ve ark., 2011). En yüksek asetaldehit konsantrasyonu birinci gün 35°C'de Sacco starter kültürü tarafından üretilen örnekte 0.933 $\mu\text{g/g}$ düzeyinde, en düşük miktar ise 14. günde, 30°C'de Christian Hansen starter kültürü ile üretilen örnekte 0.186 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Depolama sırasında, asetaldehit alkol dehidrojenaz ile etanole dönüştürülebilir ve bu oluşumdan öncelikle maya grubu sorumludur (Güzel-Seydim ve ark., 2000). Mayaların yaygın olarak etanol üretme kabiliyeti ile tanınmasına rağmen, *L. kefir* de %0,25'e kadar etanol ve CO₂ üretebilmektedir (Marshall ve ark., 1984).

Kefir üretiminde elma ve limon lifinin ürün kalitesine etkisini inceleyen Demir (2011), sade kefir örneğinde diasetil miktarını 0,39 -1,15 ppm, %1 elma lifi örneğinde 0,54-1,53 ppm, %1 limon lifli örnekte 1,53-1,66 ppm, %2 elma lifi içeren örnekte 0,46-1,34 ppm, %2 limon lifi içeren örnekte 1,96-2,52 ppm olarak belirlemiştir. Aynı çalışmada kontrol örneğinin asetaldehit miktarı 8,13-12,73 ppm arasında değişirken farklı oranlarda lif içeren örneklerden elma lifi örneklerinde 7,75-11,17 ppm, limon lifi içeren örneklerde ise 7,68-12,43 ppm arasında değişim gösterdiğini saptamıştır.

Ayranda mTG kullanımının etkisini araştıran Şanlı (2011), kontrol örneğinde (A) asetaldehit miktarının 41,20 ppm'den 15,51 ppm'e; enzim katılan ve kültürle aynı anda inkübasyona bırakılan örnekte (B) 50,75 ppm'den 9,44 ppm'e düştüğünü belirlemiştir. Örneklerin aseton içerikleri de A örneğinde 3,98 ppm'den 4,31 ppm'e; B örneğinde ise 4,35 ppm'den 5,02 ppm düzeyine değiştiği görülmüştür. Diasetil içerikleri ise A örneğinde 18,85 ppm'den 17,74 ppm'e; B örneğinde ise 19,93 ppm'den 15,98 ppm'e düştüğü saptanmıştır. Araştırmada ayran üretiminde mTG ilavesinin, enzimle farklı inkübasyon sürelerinin ve farklı katım aşamalarının örneklerin aseton miktarlarında önemli bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. Özer ve ark. (2007) mTG ilave edilen yoğurtlarda aseton miktarının önemli bir şekilde değişmediğini bildirmektedir.

Leite ve ark. (2013) Brezilya kefirinin özelliklerini incelediği çalışmada, üretilen kefirin 28 günlük depolama sırasında etanol içeriğinin 0,45-1,36 mg/mL, asetik asit içeriğini ise 1,02-1,16 mg/mL arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise kefirdeki etanol miktarının %0,01 ile %0,1, CO₂ miktarının ise 0,85–1,05 g/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Simova ve ark. 2002).

Başığit Kılıç ve Kankaya (2016) ise %0,25, %0,5 ve %1 oranında β -glukan içeren örneklerde ise aseton miktarı sırasıyla 2,43-3,06 mg/g, 0,87-1,45 mg/g ve 1,90-3,43 mg/g arasında belirlenmiştir. Bir diğer aroma bileşeni olan diasetil miktarı ise üretimin 1. gününde 0,95-8,49 mg/kg arasında inulin ve β -glukan içeren örneklerde tespit edilmiş, 21. günde 6,12 mg/g olarak sadece kontrol örneğinde belirlenmiştir. Süt ve ürünlerinde önemli bir aroma bileşeni olan asetoin ise 1. günde en yüksek 12,37 mg/g ile %1,5 oranında β -glukan içeren örnekte en düşük 2,38 mg/g ile kontrol örneğinde saptanmıştır. Depolamanın son gününde 8,84 mg/g olarak %0,5 β -glukan, 8,46 mg/g düzeyinde inulin içeren örnekte belirlenmiştir.

Temel olarak karbonhidrat ve lipid metabolizmalarının ürünlerinden olan karboksilik asitlerin kefir örneklerinde önemli bir uçucu bileşen olduğu, ancak farklı danelerden üretilen kefirlerde önemli derecede miktarlarının değiştiği belirtilmektedir (Dertli ve Çon, 2017). Geleneksel kefir üretiminde mikrobiyal

çeşitliliğinin önemini inceleyen bu çalışmada, kefir A'da karboksilik asitlerin seviyesi %34,95 iken, kefir D'de bu seviyenin %56,60 olduğu tespit edilmiştir. Kefir aromasında 2-bütanonun önemli bir uçucu bileşen olduğu ve bunun oluşumunda *L. kefiranofaciens*'un sorumlu olabileceği vurgulanmaktadır (Beshkova ve ark., 2003). Kefirin bir diğer önemli uçucu aroma bileşeni alkol bileşikleridir ve kefir örneklerinden A, B, C ve D'de sırasıyla %23,19; %27,9; %9,27 ve %16,13 olarak tespit edilmiştir (Dertli ve Çon, 2017). Kefir numunelerindeki esterler ve ketonlar diğer önemli aromatik bileşiklerdir ve sırasıyla %1,63; %17,14; %12,3 ve %17,7 oranında tespit edilmişlerdir. Aldehitler ise diğer önemli aroma gruplarına kıyasla daha düşük düzeylerde belirlenmiş ve örneklerde %2,34 ile %5,61 arasında değiştiği saptanmıştır.

Görüldüğü gibi kefirin aroması birçok faktörden etkilenmekte, özellikle üretimde kullanılan danenin mikrobiotası ve üretim koşulları önemli olmaktadır.

5.15. Duyusal Değerlendirme Sonuçları

Kefir örneklerinin duyusal değerlendirmeleri, görünüş ve tekstür, koku ve tat olmak üzere 3 ayrı değerlendirme formu ve 16 farklı değerlendirme kriteri üzerinden yapılmıştır. Görünüş ve tekstür özellikleri değerlendirildiğinde, kontrol, %0,1 ve %0,25 β -glukan içeren örneklerin panelistler tarafından daha fazla beğenildiği görülmüştür. Besinsel lif katım oranının ürün üzerinde etkisinin önemli olduğu, β -glukan içeriği en yüksek olan G ve H örneklerinde ciddi sayılacak derecede görünüm ve yapı bozukluklarının olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan %0,2 oranında mTG enziminin yapı ve ürün parlaklığının sağlanmasında olumlu yönde etkisinin olduğu gözlenmiştir. Ancak β -glukan oranı arttıkça ürün rengi daha sarımsı kremi olarak değişim göstermiştir. Çalışmamıza benzer şekilde arpa kaynaklı β -glukan kullanımının ürün renginde sarımsı renk kazandırdığı belirtilmektedir (Kurtuldu, 2012). Bununla birlikte, β -glukan oranı arttıkça protein molekül ağırlığının arttığı ve mTG enziminin proteinleri çapraz bağlama yeteneğinin yeterli düzeyde etki etmediği ve sonuçta üründe serum ayrılmasını engelleyemediği de gözlenmiştir. Ancak sadece mTG enzimi kullanılarak üretilen yoğurt ve ayran gibi diğer fermente süt ürünlerinde serum ayrılmasının

engellendiği ve yapının iyileştirildiğini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Lorenzen ve ark., 2002; Aprodu ve ark., 2011; Domagala ve ark., 2013; Şanlı ve ark., 2014; Darnay ve ark., 2016). Süt formülasyonlarına β -glukanın eklenmesi, ortaya çıkan pıhtının yapısını değiştirmektedir. Artan β -glukan seviyesi, gözenek boyutlarının artmasına ve daha açık bir ağ oluşmasına neden olmaktadır. Böyle bir matris oluşumu ile β -glukan miktarı arttıkça daha fazla miktarda suyun tutulduğu ve serum ayrılmasının engellendiği ifade edilmektedir (Tudorica ve ark., 2004). Ancak polimerik yapıda olan β -glukanın molekül yapısında yer alan hidroksil grupları sayesinde polariteyi artırarak proteinlerin etrafındaki su moleküllerini çekme özelliğine göstermektedir. Bu nedenle β -glukan yapısında bulunan OH⁻ gruplarının sayısı arttıkça, başka bir ifade ile ürüne ilave edilen β -glukan miktarı arttıkça moleküllerin polar özelliği de artmakta, kazein etrafındaki su molekülleri de polar özellik gösterdiğinden, iki faz ayrımının olduğu ve serum ayrılmasının görüldüğü belirtilmektedir (Sharabafi ve ark., 2014). Bununla birlikte, mikroludizasyonun β -glukan içeren süt sistemlerinde, polisakkarit–protein interaksiyonuna bağlı faz ayrılması problemlerinin giderilmesinde etkili bir uygulama olabileceği ifade edilmektedir (Anlı, 2017).

Örneklerin koku ve tat üzerine yapılan duyuusal değerlendirmelerine göre, β -glukan oranı arttıkça kefirin kendisine özgü, ekşimsi ve fermente tat ve kokusundan uzaklaştığı ve aşırı tahıl kokusu ve tadının baskın olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yüksek oranda β -glukan içeren örneklerin depolamanın 15. günde genzi yakan bir acılığa neden olduğu da tespit edilmiştir. Sonuç olarak ürün kalitesi açısından yüksek oranda β -glukan kullanımının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Farklı düzeyde β -glukan kullanımının yağsız yoğurt üretiminde kullanımı araştıran Sahan ve ark. (2008), çalışmamıza benzer bir şekilde %0,5 ve %1 gibi yüksek oranda β -glukan kullanımının ürün kokusunu değiştirdiğini ve tahıl kokusunun baskın olarak hissedildiğini ifade etmektedir. Keçi sütüne β -glukan ilavesi ile üretilmiş olan yoğurtlarda, kontrol örneklerinde belirgin keçi tat ve kokusu algılandığı, %0,50 yulaf β -glukanı ürünü ilaveli örneklerde ise belirgin hububat tadı algılandığını belirtmiştir (Anlı, 2017).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada kefir üretiminde β -Glukan ve mTG enziminin ürün kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda genel değerlendirmeler şu şekilde özetlenebilir;

- Kefir üretiminde yulaf kaynaklı β -glukanın %0,1 ve %0,25 oranlarında kullanımı, ürün kalitesi üzerinde önemli bir değişiklik yaratmamıştır.
- β -glukanın uygun oranlarda kullanımı besinsel lif miktarı artırılmış kefir içeceği üretiminde uygun bir şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir.
- %0,25 oranında β -glukan ilavesi ile üretilen kefirle alınan besinsel lif içeriğinin, FDA'nın sağlık için günlük alınması gereken 0,75 g β -glukan miktarını karşılamak için iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir. Çünkü yoğurt gibi fermente süt ürününe %0,3 β -glukan ilavesinin bu ihtiyacı karşıladığı ifade edilmektedir.
- Probiyotik özellikteki kefirin fonksiyonel özelliği geliştirilerek, lif katkılı kefir üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.
- Kefir üretiminde %0,50 oranından daha yüksek β -Glukan kullanımı üründe serum ayrılmasına ve duysal kusurlara sebep olduğu için kullanımı önerilmemektedir.
- Süte mTG ilavesi serum ayrılması ve ürün viskozitesi üzerinde olumlu etkisi olmuştur. Bununla birlikte β -glukan ile birlikte kullanımda, ürün bileşiminde proteinlerle β -glukanın da çapraz bağlanması, moleküler ağırlığını artırmış ve serum ayrılmasını hızlandırmıştır.
- Mikrobiyal TG ilavesinin üründe olumsuz bir etki yarattığı düşünülmemektedir. Bununla birlikte, %0,25 oranına kadar β -Glukan içeren örneklerde yapı üzerinde olumlu etkisinin olduğu gözlenmiştir.
- Duysal değerlendirme sonuçları %0,5 oranında β -glukan içeren örneklerde yulaf aromasının baskın olması nedeniyle kefir kalitesini olumsuz etkilediği ve panelistlerin üründe yapı ve lezzet kusuru yarattığını gözlemlemiştir.
- Çalışmadan elde edilen bulgular, kefir üretiminde mTG ve düşük oranda β -glukan kullanımının sağlık üzerine etkili tamamlayıcı gıda çeşidi olarak üretilebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Aaltonen T, Huumonen I, Myllärinen P (2014). Controlled transglutaminase treatment in Edam cheese-making. *Intern. Dairy J*, **38**, 179-182.

Abou-Soliman NHI, Sakr SS, Awad S (2017). Physico-chemical, microstructural and rheological properties of camel-milk yogurt as enhanced by microbial transglutaminase. *J Food Sci Technol*, **54** (6) 1616–1627.

Adlercreutz H, Hamalainen E, Gorbach SL, Goldin BR, Woods MN, Brunson LS, Dwyer JT (1987). Association of diet and sex-hormones in relation to breast-cancer. *Eur. J. Cancer Clin. Oncol.* **23**, 1725-1726.

Ahmed Z, Wang Y, Ahmad A, Khan S, Nisa M, Ahmad H, Afreen A (2013). Kefir and health: a contemporary perspective. *Critical Reviews in Food Sci and Nutr.* **53**, 422-434.

Aidaroos HI, Du G, Chen J (2011). Microbial fed-batch production of transglutaminase using ammonium sulphate and calcium chloride by *Streptomyces hygroscopicus*. *Biotechnol Bioinf Bioeng* **1** (2) 173–178.

Akal C. (2017). Ayran üretiminde peyniraltı suyu tozu ve transglutaminaz enzimi kullanım olanaklarının araştırılması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi ABD. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 162 s.

Akoh CC (1998). Fat Replacers. *Food Tech.*, **53** (2) s:47–53.

Alaşalvar C, Pelvan E (2009). Günümüzün ve Geleceğin Gıdaları Fonksiyonel Gıdalar, *Bilim ve Teknik*, 26-29.

Amaral L, Morgan D, Stephen AM, Whiting S (1992). Effect of propionate on lipid-metabolism in healthy-human subjects. *FASEB J.* **6**, 1655.

Angelov A, Gotcheva V, Kuncheva R, Hristozova T (2006). Development of a new oat-based probiotic drink. *Intern J Food Microb.*, **112**, 75–80

Angelov A, Gotcheva V, Kuncheva R, Hristozova T (2006). Development of a new oat based probiotic drink. *Intern J Food Micro.*, **112** (1): 75-80.

Angulo L, Lopez E, Lema C (1993). Microflora present in kefir grains of the Galician region (North-West of Spain). *J Dairy Res.*, **60**, 263-267.

Anlı EA (2017). Mikrofludizasyon uygulamasının ve β -glukan ile zenginleştirmenin yağı azaltılmış keçi yoğurdunun bazı kalite özellikleri üzerine etkisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Süt Teknolojisi ABD, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 136 s.

Anonim (1976). Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri. T.C. Tarım Orman ve Köyisleri Bakanlığı, Gıda Asleri Genel Müdürlüğü, No: 65, 796, Ankara.

Anonim (1983). Gıda maddeleri muayene ve analiz metotları, TC Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim (2006). Türk Gıda Kodeksi. Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği'nde değişiklik yapılması hakkında tebliğ, Resmi Gazete Tarih 22 Ağustos 2006 ve 26267 sayı, (Erişim Tarihi: 15.02.2019).

Anonim (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2009/25 Resmi Gazete 16.02.2009 tarih 27143 sayı, Ankara.

Anonim (2010). Veteriner hizmetleri, bitki sağlığı, gıda ve yem kanunu, Resmi Gazete 13 Haziran 2010 sayılı kanun, Kabul Tarihi: 11.06.2010, Kanun No:5996. (Erişim Tarihi : 05.01.2019)

Anonim (2018). Pubchem web site, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3-Methyl-1-butanol#section=Top>, (Erişim Tarihi: 25.12.2018).

Anonim (2019a). Oat beta glucans, Swedish Oat Fiber, <https://static1.squarespace.com/static/52a872fbc4b07c0cc2e85bdc/t/560aa5d5e4b0a427e3b761a8/1443538389287/Oat+beta+glucans+2015-09-29+jb.pdf>, (Erişim Tarihi; 12.02.2019).

Anonim (2019b). β -glukan, <http://enacademic.com/dic.nsf/enwiki/4539355>, (Erişim Tarihi: 05.01.2019).

Anonim (2019c). Regulatory Strategies - Enzymes and Hemoglobin, http://oregonstate.edu/instruct/bb450/450material/stryer7/10/unnumbered_10_p309.jpg, (Erişim Tarihi: 10.02.2019).

Anonim (2019d). Reaction pathway of transglutaminase, <https://zedira.com/Assays-and-substrates>, (Erişim Tarihi: 10.02.2019).

Anonymous (1993). Milk determination of nitrogen content, IDF Standart 20B, ABD.

Aprodu I, Gurau G, Lonescu A, Banu I (2011). The effect of transglutaminase on the rheological properties of yogurt. *St. Cerc. St. Cicia*, **12** (2),185-196.

Arı E (2018). Farklı kültür çeşitleri kullanılarak üretilen katı tip kefirin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye, 82 s.

Atamer M, Gürsel A, Tamuçay B, Genç N, Yıldırım G, Odabaşı S, Karademir E, Şenel E, Kırdar S (1999). Dayanıklı ayran üretiminde pektin kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Gıda* **24** (2) 119-126.

Atılğan S (2018). Kefir danesi ve kefir starter kültürü ile üretilen kefirlerin in vivo olarak probiyotik potansiyellerinin qPCR ile belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye, 84 s.

Bach Knudsen KE (2001). The Nutritional Significance of “Dietary Fibre” Analysis. *Animal Feed Sci. and Tech.*, **90**, 3-20.

Bahrami M, Ahmadi D, Alizadeh M, Hosseini F (2013). Physicochemical and sensorial properties of probiotic yoghurt as affected by additions of different types of hydrocolloid. *Korean J Food Sci Ann*, **33**, 363–368

Bakhshandeh T, Pourahmad R, Sharifan A, Moghimi A (2011). Evaluation of flavor and aroma compounds content in kefir, *J Food Biosci Techn.*, **1**, 11-18.

Başığit Kılıç G, Akpınar D (2013). The effects of different levels of β -glucan on yoghurt manufactured with *Lactobacillus plantarum* strains as adjunct culture. *J Food Agric Environ* **11** (1) 281–287.

Başığit-Kılıç G, Kankaya D (2016). Assessment of technological characteristics of non-fat yoghurt manufactured with prebiotics and probiotic strains, *J Food Sci Technol*, **53** (1) 864–871.

Bekers M, Marauska M, Laukevics J, Grube M, Vigants A, Karklina D, Skudra L, Viesturs U (2001). Oats and fat-free milk based functional food product. *Food Biotechnology*, **15**(1), 1-12.

Beshkova D, Simova E, Frengova G and Simov Z (1998). Production of flavour compounds by yoghurt starter cultures. *J Industrial Microb. Biotechn*, **20**, 180-186.

Beshkova DM, Simova ED, Simov ZI, Frengova GI, Spasov ZN (2002). Pure cultures for making kefir. *Food Microb.*, **19**, 537–544.

Beshkova DM, Simovaa ED, Frengovaa GI, Simovb ZI, Dimitrov Zh P (2003). Production of volatile aroma compounds by kefir starter cultures. *Inter. Dairy J.*, **13**, 529–535.

Bhaskar D, Kumar Khatkar S, Chawla R, Panwar H, Kapoor S (2017). Effect of β -glucan fortification on physico-chemical, rheological, textural, colour and organoleptic characteristics of low fat Dahi, *J Food Sci Technol.*, **54** (9) 2684–2693.

Biorklund M, Van Rees A, Mensink RP, Onning G (2005). Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with beta-glucans from oats or barley: A randomised dose-controlled trial. *Eur. J. Clin. Nutr.* **59**, 1272-1281.

Bohn JA, BeMiller JN (1995). (1→3)-β-D-glucans as biological response modifiers: A review of structure–functional activity relationships. *Carbohydrate Polymers*. **28** (1) 3–14.

Bottazzi MS, Bianchi F (1980). A note on scanning electron microscopy of microorganisms associated with the kefir granule. *J Appl. Bacteriology* **48**, 265-268.

Bönisch MP, Tolkach A, Kulozik U (2006). Inactivation of an indigenous transglutaminase inhibitor in milk serum by means of UHT-treatment and membrane separation techniques. *Inter.Dairy J*, **16**, 669–678.

Brennan CS, Cleary LJ (2005). The potential use of cereal (1→3,1→4)-Beta-D-glucans as functional food ingredients. *J Cereal Sci.*, **42**, 1–13.

Chang CF, Su MS, Chen HY, Liao IC (2003). Dietary β-1,3-glucan effectively improves immunity and survival of *Penaeus monodon* challenged with white spot syndrome virus. *Fish and Shellfish Immun.* **15**, 297-310.

Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS, Webb C (2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: A review. *Int. J. Food Microbiol.*, **79**, 131-141.

Chifiriuc MC, Cioaca AB, Lazar V (2011). In vitro assay of the antimicrobial activity of kefir against bacterial and fungal strains. *Anaerobe*, **17**, s: 433-435.

Comba A, Çaltepe G (2013). Tamamlayıcı beslenme ve fonksiyonel besinler, In: Baysoy G (Ed.) Fonksiyonel Besinler, Akademi Yayınevi, İstanbul, s: 69-79.

Çerçi B, Koçyiğit A, Karaboz İ (2011). Gıdaların İşlenmesinde Kullanılan Enzimlerin Rekombinant DNA Teknolojisi ile Üretimi, *Elektr. Mikrob.Derg.*, **09**, 3, 1-7.

Çevikbaş A, Yemni E, Ezzedenn FW, Yardimiçi T, Çevikbaş U, Stohs SJ (1994). Antitumoural antibacterial ve antifungal activities of kefir ve kefir grain. *Phytotherapy Res.*, **8**, 78-82.

Dağyıldız K (2015). Soya sütü ve inek sütü karışımı kullanılarak yapılan kefirlerin fizikokimyasal mikrobiyal ve duyu özellikleri üzerine transglutaminaz enziminin etkisi, Ondokuz Mayıs Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, Türkiye, 1-75.

Darnay L, Koncz A, Gelencsér E, Pásztor-Huszár K, Friedrich L (2016). Textural properties of low-fat set-type yoghurt depending on mTG addition. *Mljekarstvo*, **66** (3) 225-230.

Daubert CR, Foegeding EA (1998). Rheological Principles for Food Analysis. In: Food Analysis. (Nielsen, S.S.,-ed.), Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland. p: 551-570.

Davras F (2018). Doğal kefir danesinden ve starter kefir kültüründen üretilen kefirlerin in vivo bazı immünolojik etkilerinin karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye, 95 s.

De Angelis-Pereira MC, Barcelos MFP, Sousa MSB, Pereira JAR (2013). Effects of the kefir and banana pulp and skin flours on hypercholesterolemic rats. *Acta Cirurgica Brasileira*, **28** (7) 481-486.

De Angelis-Pereira MC, Barcelos MFP, Sousa MSB, Pereira JAR (2013). Effects of the kefir and banana pulp and skin flours on hypercholesterolemic rats. *Acta Cirurgica Brasileira*, **28** (7) 481-486.

Dejong, GAH, Koppelman SJ (2002). Transglutaminase catalyzed reactions: Impact on food applications. *J Food Sci.*, **67** (8) 2798-2806.

Demir C (2011). Kefir üretiminde bitkisel lif kullanımı, Ege Üni, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 1-118.

Demir G, Aktaş N (2018). Üniversite öğrencilerinin fonksiyonel besin bilgi, tercih ve tüketimleri üzerine bir araştırma, *Inter. J Human Sci.*, **15** (4), 2387-2397.

Demirkaya AK (2004). Yoğurt üretiminde transglutaminaz kullanımının kaliteye etkisi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, Türkiye, 78 s.

Dertli E, Çon AH (2017). Microbial diversity of traditional kefir grains and their role on kefir aroma, *Food Sci. Techn.*, **85**, 151-157.

DeVries JW (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, **46** (3) 112-126.

Dimitreli G, Antoniou KD (2011). Effect of incubation temperature and caseinates on the rheological behavior of kefir. *Procedia Food Sci.*, **1**, 583-588.

Dinç A (2008). Kefirin bazı mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi ABD., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 69 s.

Domagala J, Wszolek M, Tamime AY, Kupiec-Teahan B (2013). The effect of transglutaminase concentration on the texture, syneresis and microstructure of set-type goat's milk yoghurt during the storage period, *Small Ruminant Res.* **112**, 154– 161.

Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing. Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review, *Food Chem.*, **124**, 411–421.

Elsanhoty R, Zaghlol A, Hassanein AH (2009). The manufacture of low fat Labneh containing barley β -glucan 1- Chemical composition, microbiological evaluation and sensory properties, *Current Res.Dairy Sci.*, **1** (1), 1-12.

Ersoy M, Uysal H (2002). Süttozu, peyniraltı suyu tozu ve yayıkaltı karışımları ile üretilen kefirlerin özellikleri üzerine bir araştırma. I Bazı fiziksel ve duyuşal özellikler. *Ege Üni. Ziraat Fak. Derg.* **39** (3), 64-71.

Ertekin B (2008). Yağ ikame maddeleri kullanımının kefir kalite kriterleri üzerine etkisi, Süleyman Demirel Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye, **102 s.**

Ertekin B, Okur ÖD, Güzel-Seydim Z (2009). Peynirde aminoasit katabolizması ile lezzet bileşenlerinin oluşumu. *Gıda* **34** (1): 43-50.

Ertekin B, Guzel-Seydim ZB (2010). Effect of fat replacers on kefir quality, *J Sci Food Agric*, **90**, 543–548

Esmek EM (2014). Kefir kültürü kullanılarak üretilen peynir altı sulu içeceğin bazı özellikleri ve depolama süresinin etkisi, Çukurova Üni, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye, **78 s.**

Esposito K, Nappo F, Giugliano F, Di Palo C, Ciotola M, Barbieri M, Paolisso G, Giugliano D (2003). Meal modulation of circulating interleukin 18 and adiponectin concentrations in healthy subjects and in patients with type 2 diabetes mellitus. *Am. J. Clin. Nutr.* **78**, 1135-1140.

Færgemand M, Qvist KB (1997). Transglutaminase: effect on rheological properties, microstructure and permeability of set style acid skim milk gel. *Food Hydrocoll*, **11**, 287–292.

Farnsworth JP, Li J, Guo MR (2003). Improved structure and consistency of probiotic's milk yogurt. *The Austr J Dairy Techn.*, **58**, 2, 187.

Farnsworth JP, Lia J, Hendricks GM, Guo MR (2006). Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Res.*, **65**, 113-121.

Fernandez-Garcia E, McGregor JU (1997). Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. *Eur Food Res Tech.*, **204**, 433–437.

Gao X, Li B (2016). Chemical and microbiological characteristics of kefir grains and their fermented dairy products: A review, *Food Agricul.*, **2**, 127-152.

Garrote GL, Abraham AG, DE Antoni GL (2001). Chemical and microbiological characterisation of kefir grains, *J Dairy Res.*, **68**, 639–652.

Gauche C, Tomazi T, Barreto PLM, Ogliara PJ, Bordignon-Luiz MT (2009). Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase, *Food Sci. Tech.* **42** (1) 239-243.

Gemici R (2017). Transglutaminaz enziminin yarım yağlı Kaşar peynirinde tekstür ve peptid oluşumuna etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, Türkiye, 125 s.

Gorski D (1994). Kefir: 21st century yogurt? *Dairy Foods*, **95** (2) 49.

Gökgünneç L (2016). Probiyotikler ve kanser: Kanserden korunmada gıdalar ve beslenme, Editörler Ötleş, S. ve Akçiçek, E, Sidas Yayıncılık, ISBN Numarası: 978-605-5267-30-8., İzmir, 117-135 s.

Göncü B, Çelikel A, Akın MB, Akın S (2017). Şanlıurfa’da satışa sunulan sokak sütlerinin bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *HU Muh. Der.* **02**, 15-23.

Grishina A, Kulikova I, Alieva L (2011). Antigenotoxic Effect of Kefir and Ayran Supernatants on Fecal Water-Induced DNA Damage in Human Colon Cells, *Nutrition and Cancer*, **63** (1) 73–79.

Gronnevik H, Falstad M, Narvhus JA (2011). Microbiological and chemical properties of Norwegian kefir during storage. *Int. Dairy J.* **21**, 601–606.

Güven A, Güven A, Gulmez M (2003). The Effect of Kefir on the Activities of GSH-Px, GST, CAT, GSH and LPO Levels in Carbon Tetrachloride-Induced Mice Tissues, *J. Vet. Med. B*, **50**, 412–416.

Guzel-Seydim ZB, Kok-Tas T, Grene AK, Seydim AC (2011). ‘Review: Functional properties of kefir’ *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.*, **51**, 261–268.

Gün İ (2013). Farklı tür sütlerden üretilen kefirlerin bazı özelliklerinin belirlenmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü, NAP Projesi Sonuç Raporu (Basılmamıştır), Burdur.

Güner Şener L (2012). Beyaz peynir üretiminde transglutaminaz enzimi kullanım olanakları, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Bolu, Türkiye, 104 s.

Güngör Ö (2007). Meyvesuyu ilaveli kefirin depolanma süresince özelliklerinin belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üni, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, Türkiye, 73 s.

Güzel-Seydim ZB, Seydim AC, Greene AK, Bodine A (2000). Determination of organic acids and volatile flavor substances in kefir during fermentation, *J Food Comp. Analysis*, **13**, 35-43.

Güzel-Seydim ZB, Seydim AC, Greene AK (2003). Comparison of amino acid profiles of milk, yogurt and Turkish Kefir. *Milchwissenschaft*, **58** (3-4) 158- 160.

Güzel-Seydim ZB, Wyffels JT, Seydim AC, Greene AK (2005). Turkish kefir and kefir grains: microbial enumeration and electron microscobic observation. *Int. J. Dairy Tech.*, **58** (1) 25-29.

Güzel-Seydim ZB, Kök-Tas T, Greene AK (2011). Review: Functional properties of kefir. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.* **51**, 261–268

Goncu B, Celikel A, Guler Akin MB, Akin S (2017). Some properties of kefir enriched with apple and lemon fiber, *Mljekarstvo* 67 (3), 208-216.

Hacıoğlu G, Kurt G (2012). Tüketicilerin Fonksiyonel gıdalara yönelik farkındalığı, kabulü ve tutumları: İzmir ili örneği. *Business and Economics Res. J.* 161-171.

Helland MH, Wicklund T, Narvhus JA (2004). Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk- and water- based cereal puddings. *Int. Dairy J.*, **12**, 579- 589.

Hosono A, Tanako T (1995). Binding of cholesterol with lactic acid bacterial cells. *Milchwiss* **50**, 556–560.

Hull ME (1947). Studies on milk proteins. II. Colorimetric determination of the partial hydrolysis of the proteins in milk. *J. Dairy Sci.*, **30**, p:881-884.

Jain S, Yadav H, Sinha PR, Marotta F (2009). Modulation of cytokine gene expression in spleen and Peyer's patches by feeding dahi containing probiotic *Lactobacillus casei* in mice. *J Dig Dis.*, **10** (1): 49–54.

Jaros D, Schwarzenbolz U, Raak N, Löbner J, Henle T, Rohm H (2014). Cross-linking with microbial transglutaminase: Relationship between polymerisation degree and stiffness of acid casein gels, *Inter. Dairy J.* **38** (2) 174-178.

Jaskari J, Kontula P, Siitonen A (1998) Oat beta-glucan and xylan hydrolysates as selective substrates for *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains. *Appl Microb. Biotechn.*, **49** (2) 175-181.

Jeong D, Kim DH, Kang II B, Kim H, Song KY, Kim HS, Seo KH (2017). Characterization and antibacterial activity of a novel exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefirianofaciens* DN1 isolated from kefir, *Food Cont.*, **78**, 436-442.

Jooyandeh H, Mortazavi SA, Farhang P, Samavati V (2015). Physicochemical Properties of Set-Style Yoghurt as Effect by Microbial Transglutaminase and Milk Solids Contents, *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, **4** (11S) 59-67,

Karaçalı R, Özdemir N, Çon AH (2018). Aromatic and functional aspects of kefir produced using soya milk and *Bifidobacterium* species. *Int J Dairy Technol.*, **71**, (4) 921-933.

Karagözlü C (1990). Farklı ısıtım işlem uygulanmış inek sütlerinden kefir kültürü ve tanesi ile üretilen kefirlerin dayanıklılığı ve nitelikleri üzerine araştırmalar, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi ABD, Doktora Tezi, İzmir, Türkiye, 187 s.

Karagözlü C (2005). Yeniden hatırladığımız kefir. *Gıda*, **21**, 30-34.

Karahan LE (2015). Mikrobiyal transglutaminaz enzimi ve süt ürünlerinde kullanımı, *Yaşam Bilim. Derg.*, **5** (2) 200-2016.

Karahan LE (2016). Farklı oran ve üretim aşamalarında mikrobiyal transglutaminaz ilavesinin yarım yağlı beyaz peynirin özellikleri üzerine etkileri, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Urfa, Türkiye, 152 s.

Karatepe P, Yalçın H (2014). Kefirli Sağlık. *Iğdır Üni. Fen Bil.Enst. Derg.* **4** (2) 23-30.

Khanna R, Kumar A, Khanna R (2014). Diet-Nutrition and Cancer Prevention (Review), *Inter. J Dental and Med. Spec.*, **1** (2) 33-37.

Kırımhan E.Ü (2011). Mikrobiyel transglutaminaz enziminin yoğurt dondurması üretiminde kullanımı, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi ABD, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 82 s.

Kırmacı HA (2005). Yağsız yoğurtlarda transglutaminaz enzimi kullanımının yoğurdun tekstürel özellikleri üzerine etkileri, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, Urfa, Türkiye, 108 s.

Kieliszek M, Misiewicz A (2014). Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review, *Folia Microbiol.*, **59**, 241–250.

Kim DH, Jeong D, Kim H, Kang II B, Chon JW, Song KY, Seo KH (2016). Antimicrobial Activity of Kefir against Various Food Pathogens and Spoilage Bacteria, *Korean J. Food Sci. An.*, **36** (6) 787-790.

Koroleva NS (1982). Special products (kefir, koumyss, etc). *Proceeding XXI Int Dairy Congress*, Moscow, p: 146-151.

Koroleva NS, Rozhkova IV, Bavina NA (1978). Basic factors affecting the microflora and quality of kefir. *Proceedings Intern Dairy Congress*, Paris, p: 843.

Kök-Taş T (2010). Kontrollü atmosfer uygulamasının kefir danesi ve kefir üzerine etkilerinin belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Doktora Tezi, Isparta, Türkiye, 138 s.

Kök-Taş T, Ekinci Y, Güzel-Seydim ZB (2012). Identification of microbial flora in kefir grains produced in Turkey using PCR. *Int. J Dairy Techn.*, **65** (1): 126-131.

Köroğlu Ö, Bakır E, Uludağ G, Köroğlu S (2015). Kefir ve Sağlık, *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, **18** (1) 26-30.

Köse Ş, Ocak E (2014). Yoğurtta lezzet bileşenlerinin oluşumu ve bu oluşum üzerine etki eden faktörler, *Akademik Gıda* **12**, (2) 101-107.

Kubo M, Chung-ning T, Matsude H (1992). **Influence of the 70% Methanolic Extract from Red Ginseng on the Lysosome of Tumor Cells and on the Cytocidal Effect of Mitomycin C**, *Planta Med*, **58**, (5) 424-428.

Kurmann, JA, Rasic JL (1991). The health potential of products containing bifidobacteria. In: Robinson RK (Eds) Therapeutic properties of fermented milks. London: Elsevier Science Publishers, Ltd. p: 117–158.

Kurtuldu O (2012). Probiyotik yoğurt üretiminde β -glukan kullanımı, Uludağ Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Böl. Yüksek lisans Tezi, Bursa, Türkiye, 116 s.

Lambo AM, Öste R, Nyman MEGL (2005). Dietary fibre in fermented oat and barley β -glucan rich concentrates. *Food Chem.*, **89** (2) 283-293.

Lattimer J.M, Haub MD (2010). Effects of dietary fiber and Its components on metabolic health, *Nutrients*, **2**, 1266-1289.

Lawless HT, Heymann H (1999). Sensory evaluation of food: Principles and practises, Chapman&Hall, New York, ABD, ISBN: 978-1-4419-6487-8 p: 587.

Lee MK, Ahn KS, Kwon OK, Kim MJ, Kim MK, Lee IN, Oh SR, Lee HK (2007). Anti-inflammatory and anti-allergic effects of kefir in a mouse asthma model. *Immunobiology* **212**, 647–654.

Leite AMO, Leite DCA, Del Aguila EM, Alvares TS, Peixoto RS, Miguel MAL, Silva JT, Paschoalin MVF (2013). Microbiological and chemical characteristics of Brazilian kefir during fermentation and storage processes, *J. Dairy Sci.* **96**, 4149–4159.

Libudzisz Z, Piatkiewicz A (1990). Kefir production in Poland. *Dairy Industry Int.*, **55**, 31-33.

Lin, C, Chen H, Lin J. (1999): Identification and characterization of lactic acid bacteria and yeast isolated from kefir grains in Taiwan. *Australian J. Dairy Tech.* **54**, 14-18.

Liu JR, Chen MJ, Lin CW. (2005). Antimutagenic and antioxidant properties of milk-kefir and soymilk-kefir. *J Agric Food Chem.* **53** (7) 2467-74.

Liu JR, Wang SY, Chen MJ, Chen HL, Yueh PY, Lin CW (2006). Hypocholesterolaemic effects of milk-kefir and soymilk-kefir in cholesterol-fed hamsters, *British J Nutr*, **95**, 939–946.

Liu JR, Wang SY, Lin YY, Lin CW (2002). Antitumor activity of milk kefir and soy milk kefir in tumor-bearing mice. *Nutrition and Cancer*, **44**, (2) 183-187.

Liu SQ, Holland R, Crow VL (2004). Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review, *Int. Dairy J.*, **14** (11) 923-945.

Liutkevicius A, Speicine V, Alencikiene G, Mieželienė A, Kaminskas A, Abaravičius JA, Vitkus D, Jablonskienė V (2015). Oat β -glucan in milk products: Impact on human health, *Agri.Food*, **3**, 74-81.

López N, Cuzon G, Gaxiola G, Taboada G, Valenzuela M, Pascual C, Sánchez A, Rosas C (2003). Physiological, nutritional, and immunological role of dietary β -1,3- glucan and ascorbic acid 2-monophosphate in *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*, **224**, 223–243.

Lorenzen PC, Neve H, Mautner A, Schlimme E (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt, *Inter J. Dairy Tech.*, **55** (3) 152-157.

Lorenzen PC, Schlimme E (1998). Properties and potential fields of application of transglutaminase preparations in dairying. In: Bulletin 332, International Dairy Federation, Brussels, Belgium. P: 47–53.

Lutterodt H, Luther M, Slavin M, Yin JJ, Parry J, Gao JM, Yu LL (2010). Fatty acid profile, thymoquinone content, oxidative stability, and antioxidant properties of coldpressed black cumin seed oils. *Food Sci. Technol*, **43**, 1409–1413.

Lyly M, Salmenkallio-Marttila M, Suortti T, Autio K, Poutanen K, Lähteenmäki L (2003). Influence of oat β -glucan preparations on the perception of mouthfeel and on rheological properties in beverage prototypes, *Cereal Chem.* **80** (5):536–541.

Ma YS, Griffith JA, Chasan-Taber L, Olendzki B.C, Jackson E, Stanek EJ, Li WJ, Pagoto SL, Hafner AR, Ockene IS (2006). Association between dietary fiber and serum C-reactive protein. *Am. J. Clin. Nutr.*, **83**, 760-766.

Maalouf K, Baydoun E, Rizk S (2011). Kefir induces cell-cycle arrest and apoptosis in HTLV-1-negative malignant T-lymphocytes. *Cancer Manag Res.*,**3**, 39.

Maeda H, Zhu X, Omura K, Suzuki S, Kitamura S (2004). Effects of an exopolysaccharide (kefiran) on lipids, blood pressure, blood glucose, and constipation. *Biofactors*, **22**, 197–200.

Magalhaes KT, de Melo Pereira GV, Campos CR, Dragone G, Schwan RF (2011). Brazilian kefir: Structure, microbial communities and chemical composition. *Brazilian J. Microb.*, **42**, 693–702.

Marshall VM, Cole WM, Brooker BE (1984). Observation on the structure of kefir grains and the distribution of the microflora. *J Appl. Bacteriology*, **57**, 491-497.

Marshall VM, Cole WM (1985). Methods for making kefir and fermented milks based on kefir. *J. Dairy Res.*, **52** (3): 451-456.

Metwally AMM (2007). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on properties of ice cream with different composition. *Inter J. Food Sci and Tech.*, **42**, 939–947.

Metwally AMM, Badran SM, Emara EA, Ali HEH (2014). The use of transglutaminase enzyme in processing ras cheese, *J. Food and Dairy Sci.*, **5** (10) 717-723.

Meyer D, Bayarri S, Tarrega A, Costell E (2001). Inulin as texture modifier in dairy products, *Food Hydrocolloids*, **25** (8) 1881-1890.

Moon JH, Hong YH, Huppertz T, Fox PF, Kelly AL (2009). Properties of casein micelles cross-linked by transglutaminase. *Int. J Dairy Tech*, **62**, 27-32.

Morin LA, Temelli F, McMullen L (2004). Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum* spp.) β -glucan within a reducedfat breakfast sausage system. *Meat Sci.*, **68**, 419–430.

Motoki M, Seguro K (1998). Transglutaminase ve its use for food processing. *Trends in Food Sci and Tech*, **9**, 204-210.

Myriam M, Fardet A, Tosh, SM, Rich GT, Wilde RJ (2018). Processing of oat: the impact on oat's cholesterol lowering effect, *Food Funct.*, **9**, 1328-1343.

Nagira T, Narisawa J, Teruya K, Katakura Y, Shim SY, Kusumoto K, Tokumaru S, Tokumaru K, Barnes DW, Shirahata S (2002). Suppression of UVC-induced cell damage and enhancement of DNA repair by the fermented milk. *Kefir Cytotechnol.*, **40**, (1): 125–37.

Narender Raju N, Pal D (2014). Effect of dietary fibers on physico-chemical, sensory and textural properties of Misti Dahi, *Food Sci Technol*, **51** (11) 3124–3133.

O’Connell JE, De Kruif CG (2003). β -Casein micelles; cross-linking with transglutaminase, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, **216**, 75-81.

O’Sullivan MM, Lorenzen PC, O’Connell JE, Kelly AL, Schlimme E, Fox PF (2001). Short Communication: Influence of transglutaminase on the heat stability of milk, *J Dairy Sci*, **84**, 1331-1334.

Osama AI, Maher MN, Khorshid MA, El-Hofi MA, El-Tanboly EE, Abd-Rabou NS (2017). UF-white Soft Cheese Cross-linked by Rosemary Transglutaminase. *Inter. J Dairy Sci.*, **12**, 64-72.

Ozcan T, Kurtuldu O (2014). Influence of dietary fiber addition on the properties of probiotic yoğurt, *IJCEA*, **5** (5): 397-401,

Öner Z (2004). Mikrobiyal Transglutaminazın Özellikleri ve Gıda Sanayiinde Kullanılma olanakları. *Gıda*, **29** (4) 269-272.

Öner Z, Karahan AG, Çakmakcı ML (2010). Effects of different milk types and starter cultures on kefir. *Gıda*, **35**, 177–182.

Özçiçek Dölekoğlu C, Şahin A, Giray FH (2015). Kadınlarda Fonksiyonel Gıda Tüketimini Etkileyen Faktörler: Akdeniz İlleri Örneği, *Tarım Bilim. Derg.*, **21**, 572-584.

Özdemir N, Yazıcı G, Şimşek Ö, Özkal SG, Çon AH (2018). The effect of lactic acid bacteria and yeast usage on aroma development during tarhana fermentation. *Food Biosci*, **26**, 30-37.

Özdeştan Ö, Üren A (2010). Biogenic amine content of kefir: a fermented dairy product. *Eur Food Res Technol*, **231**, 101–107.

Özer B (2006): Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi, Sidas Yayıncılık, İzmir, s: 488.

Özer B (2015). Fonksiyonel süt bazlı içecekler, *Süt Dünyası Derg.*, <https://www.sutdunyasi.com/kose-yazilari/fonksiyonel-sut-bazli-icecekler/>, (Erişim Tarihi: 23.01.2019)

Özer B, Kırmacı HA, Öztekin Ş, Hayaloğlu A, Atamer M (2007). Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *Intern. Dairy J.*, **17** (2) 199-207.

Özer BH, Uzun YS, Kırmacı HA (2008). Effect of cell immobilization on viability of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB- 12 in Kasar cheese. *Int J Dairy Techn*, **61** (3) 237- 244.

Özey G, Pala M, Saygı B (1993). Bazı gıdaların su aktivitesi (a_w) yönünden incelenmesi, *Gıda*, **18** (6) 377-383.

Özkan N (2008). Sıçanlarda trinitrobenzene sulphonic acid (TNBS) ile uyarılan kolit modelinde kefirin koruyucu etkinliğinin araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Isparta, Türkiye, 77 s.

Özsoy B, Küçükgül A, Yurdagül Özsoy Ş, Yumuşak N (2017). Investigation The Protective Effects of Kefir in Experimental Diabetes Mellitus and Nonalcoholic Liver Fattened Rats, *Harran Üniv Vet Fak Derg*, **6**, (2) 142-146.

Pehlivan Türk M, Özen H (2013). Biyoaktif karbonhidratlar ve prebiyotikler, Baysoy G (Eds). Fonksiyonel Besinler, Akademi yayınevi, İstanbul, ISBN no: 978-605-64357-3-7, s: 98- 117.

Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K, Fraser GE, Goldbourt U, Heitmann BL, Hallmans G, Knekt P, Liu S, Pietinen P, Spiegelman D, Stevens J, Virtamo J, Willett WC, Ascherio A (2004). Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies, *Arch Intern Med*. **164**, (4) 370-376.

Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K, Fraser GE, Goldbourt U, Heitmann BL, Hallmans G, Knekt P, Liu SM, Pietinen P, Spiegelman D, Pogačić T, Šinko S, Zamberlin S, Samaržija D (2013). Microbiota of kefir grains. *Mljekarstvo*, **63** (1), 3-14.

Pogačić CT, Sinko S, Zamberlin S, Samaržija D (2013). Microbiota of kefir grains. *Mljekarstvo* **63**, 3–14.

Prado MR, Garcia L, Vandenberghe LP, Rodrigues C, Castro G, Socol VT, Socol CR (2015). Milk kefir: Composition, microbial cultures, biological activities and related products, *Frontiers in Microb.*, **6**, 1117-1142.

Quiros A, Hernandez-Ledesma B, Ramos M, Amigo L, Recio I (2005). Angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of peptides derived from caprine kefir. *J. Dairy Sci.*, **88**, 3480–3487.

Rahmani F, Fadaei V, Tabari M (2014). The effect of enzyme transglutaminase on some physicochemical properties of prebiotic low-fat traditional ice cream, *Int. J. Biol. Biotech.*, **11** (4) 555-561.

Rasic JL, Kurman JA. (1978). Yogurt, Scientific Grounds, Technology, manufacture and preparations, Fermented fresh milk products Vol. 1. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, Denmark, p: 466.

Rasmussen LK, Johnsen LB, Tsiora A, Sorensen ES, Thomsen JK, Nielsen NC (1999). Disulphide-linked caseins and casein micelles. *Int. Dairy Journ*, **9**, 215–218.

Rodrigues KL, Caputo LR, Carvalho JC, Evangelista J, Schneedorf JM (2005). Antimicrobial and healing activity of kefir and kefir extract. *Int J Antimicrob Agents* **25**, 404-408.

Rosa DD, Dias MMS, Grzes'kowiak LM, Reis SA, Conceição LL, Peluzio MG (2017). Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits, *Nutr Res. Reviews*, **30**, 82–96

Rosburg V, Boylston T, White P (2010). Viability of Bifidobacteria strains in yogurt with added Oat Beta-Glucan and corn starch during cold storage. *J Food Sci*, **75** (5) 439- 444.

Rossa NR, Sá EMF, Burin VM, Bordignon-Luiz MT (2011). Optimization of Microbial Transglutaminase Activity in Ice Cream Using Response Surface Methodology. *Food Sci. and Techn.*, **44**, 29-34.

Rossa PN, Burin VM, Bordignon-Luiz MT (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents, *Food Sci. and Techn.* **48**, 224-230.

Ryhänen EL, Mantere-Alhonen S, Salovaara H (1996). Effects of oat bran and rye bran diet on intestinal Lactobacillus and Bifidobacterium flora on Wistar rats: Dietary Fiber and Fermentation in the Colon. Y. Mälkki, J.H. (Eds) Cummings. *Office for Official Publications of European Communities*, Luxembourg. p: 55-57

Sabooni P, Pourahmad R, Mahdavi Adeli HR (2018). Improvement of viability of probiotic bacteria, organoleptic qualities and physical characteristics in kefir using transglutaminase and xanthan, *Acta Sci.Pol. Technol. Aliment.* **17** (2) 141-148.

Sabuncu N (2016). β -Glukan içeriğinin artırılması için *S. cerevisiae* üretilen bir biyoreaktörde çoğalma koşullarının incelenmesi ve pH kontrolü, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 140 s.,

Sahan N, Yaşar K, Hayaloglu, AA (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage, *Food Hydrocolloids*, **22**, 1291-1297.

Samadi Jirdehi Z, Qajarbeygi P, Khaksar R (2013). Effect of prebiotic beta-glucan composite on physical, chemical, rheological and sensory properties of set-type low-fat Iranian yogurt, *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, **3** (1s) 205-210.

Sarkar S (2008). Biotechnological innovations in kefir production: A review. *Br Food J*, **110**, 283–295.

Satır G, Güzel-Seydim ZB (2015). Influence of Kefir fermentation on the bioactive substances of different breed goat milks, *Food Sci. and Techn.* **63**, 852-858.

Savcıl Ü (2003). Fonksiyonel besinler. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, 22-23 Mayıs, İzmir. s: 11-18.

Saygılı D, Karagözlü C (2017). Deve Sütü ve Diyabet Tedavisindeki Önemi, *Akademik Gıda* **15**, (2): 204-210.

Serafini F, Turrone F, Ruas-Madiedo P, Lugli GA, Milani C, Duranti S, Zamboni N, Bottacini F, Sinderen D, Margolles A, Ventura M (2014). Kefir fermented milk and kefir promote growth of *Bifidobacterium bifidum* PRL2010 and modulate its gene expression. *Int. J. Food Microb.*, **178**, 50–59.

Setyawardani T, Sumarmono J (2015). Chemical and microbiological characteristics of goat milk kefir during storage under different temperatures, *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* **40** (3) 183-188.

Setyowati H, Setyani W (2016). Kefir: a new role as nutraceuticals. *Indonesian J. Med. and Health*, **7**, (5) 200-209.

Sevilmiş G (2013). Yükselen Trend: Fonksiyonel Gıdalar, *AR-GE Bülten*, s: 39-46.

Sezen F, Koçak C (2006). Fonksiyonel Süt Ürünleri Teknolojisindeki Gelişmeler, 9. *Gıda Kongresi*, Bolu. s: 89-92.

Sharafbafi N, Tosh SM, Alexander M, Corredig M (2014). Phase behaviour, rheological properties, and microstructure of oat β -glucan-milk mixtures, *Food Hydrocolloids*, **41**, 274-280, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.030>

Sharifi M, Moridnia A, Mortazavi D, Salehi M, Bagheri M, Sheikhi A (2017). Kefir: a powerful probiotics with anticancer properties, *Med Oncol*, **34**, 183-190.

Sharma R, Lorenzen PC, and Qvist KB (2001). Influence of transglutaminase treatment of skim milk on the formation of ϵ -(γ -glutamyl)lysine and the susceptibility of individual proteins towards crosslinking. *Inter. Dairy J*, **11**, 785-793.

Shen Y, Kim DH, Chon JW, Kim H, Song KY, Seo KH (2018). Nutritional Effects and Antimicrobial Activity of Kefir (Grains), *J Milk Sci. Biotechnol.* **36** (1) 1-13.

Silva KR, Rodrigues SA, Filho LX, Lima, AS (2009). Antimicrobial activity of broth fermented with kefir grains. *Appl Biochem Biotechnol*, **152**, s: 316-325.

Skendi A, Biliaderis CG, Lazaridou A, Izydorczyk MS (2003). Structure and rheological properties of water soluble b-glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena bysantina*. *J Cereal Sci.*, **38** (1) 15-31.

Smiddy MA, Martin JE, Kelly AL, de Kruif, CG, Huppertz T (2006). Stability of casein micelles crosslinked by transglutaminase. *J Dairy Sci.*, **89**, 1906–1914.

SPSS (2019). SPSS statistical software (version 23:0 for Windows, SPSS, Chicago), ABD.

Stevens J, Virtamo J, Willett W.C, Ascherio A (2004). Dietary fiber and risk of coronary heart disease-A pooled analysis of cohort studies. *Arch. Intern. Med.* **164**, 370-376.

Story JA, Furumoto EJ, Buhman KK (1997). Dietary fiber and bile acid metabolism—an update. *Adv. Exp. Med. Biol.*, **427**, 259-266.

Streppel MT, Ocke MC, Boshuizen HC, Kok FJ, Kromhout D (2008). Dietary fiber intake in relation to coronary heart disease and all-cause mortality over 40 y: The Zutphen Study. *Am. J. Clin. Nutr.*, **88**, 1119-1125.

Şahin T (2015). Kefir üretiminde B-glukan kullanımının etkisi, Tübitak Lisans Öğrencisi Destekleme Programı, Sonuç Raporu (Basılmamıştır), 33 s. Burdur.

Şanlı T (2009). Transglutaminaz enzimiyle proteini modifiye edilmiş süttten yapılan ayranların bazı niteliklerinin araştırılması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Süt Teknolojisi ABD, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 126 s.

Şanlı T, Sezgin E, Şenel E, Benli M (2011). Geleneksel yöntemle ayran üretiminde transglutaminaz kullanımının ayranın özellikleri üzerine etkileri, *Gıda*, **36** (4) 217-224.

Şanlı T, Şenel E, Sezgin E, Benli M (2014). The effects of using transglutaminase, exopolysaccharide-producing starter culture and milk powder

on the physicochemical, sensory and texture properties of low-fat set yoghurt, *Society of Dairy Techn.*, **67** (2) 237-245.

Şenel E (2006). Bazı üretim parametrelerinin yoğurttan üretilen yayık tereyağının nitelikleri üzerine etkisi, Ankara Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Bölümü, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, s:178.

Şimşekli N, Doğan İS (2015). Tahıl esaslı beta-glukan ilavesinin gıdaların teknolojik ve fonksiyonel özelliklerine etkisi, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Tekn. Derg.*, **3** (4) 190-195.

Tamime AY, Robinson RK (1999). Yoghurt Science and Technology. Second Edition. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England.

Tellez A, Corredig M, Brovko LY, Griffiths MW (2010). Characterization of immune-active peptides obtained from milk fermented by *Lactobacillus helveticus*. *J Dairy Res.*, **77** (2) 129–36.

Tharmaraj N, Shah NP (2003). Selective enumeration of *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, Bifidobacteria, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus* and Propionibacteria. *J Dairy Sci.*, **86** (7) 2288–2296.

Tomar O, Çağlar A, Akarca G (2017). Kefir ve sağlık açısından önemi, *Afyon Kocatepe Üni. Fen Bil. Müh. Bil. Derg.* **17**, 834-853.

Tudorica CM, Jones TER, Kuri V, Brennan CS (2004). The effects of refined barley β -glucan on the physico-structural properties of low-fat dairy products: curd yield, microstructure, texture and rheology. *J Sci Food Agri.*, **84** (10) 1159-1169.

Vasanthan T, Temelli F (2008). Grain fractionation technologies for cereal beta-glucan concentration. *Food Research Int.*, **41**, (9) 876-881.

Vasiljevic T, Kealy T, Mishra V.K (2007). Effects of β -glucan addition to a probiotic containing yogurt. *J Food Sci*, **72** (7) 405-411.

Vinderola CG, Duarte J, Thangavel D, Perdigo G, Farnworth E, Matar C (2005). Immunomodulating capacity of kefir, *J Dairy Res.*, **72** 195–202.

Vinderola G, Perdigon G, Duarte J, Thangavel D, Farnworth E, Matar C (2006). Effects of kefir fractions on innate immunity. *Immunobiology*, **211**, 149-56.

Vujcic LF, Vulic M, Komyves T (1992). Assimilation of cholesterol in milk by kefir cultures. *Biotechnol. Lett.* **14**, 847–850.

Wojtowski J, Dankow R, Skrzypek R, Fahr RD (2003). The fatty acid profiles in Kefirs from sheep, goat and cow milk. *Milchwiss*, **58**, 633–636.

Wood PJ (1997). Functional foods for health: Opportunities for novel cereal processes and products: Cereals novel uses and processes. In: Campbell GM, Webb C, McKee LS (Eds). *Plenum Publishing Corporation*, New York, USA, p: 223-239.

Wood PJ (2004). Relationships between solution properties of cereal beta-glucans and physiological effects-A review. *Trends Food Sci and Techn*, **15** (6) 313-320.

Wroblewska B, Kolakowski P, Pawlikowska K, Troszynska A, Kaliszewska A (2009). Influence of the addition of transglutaminase on the immunoreactivity of milk proteins and sensory quality of kefir, *Food Hydrocolloids* **23**, 2434–2445.

Wszolek M, Tamime AY, Muir DD, Barclay MNI (2001). Properties of kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine and ovine milk with different starter cultures. *Food Sci and Tech*, **34**, 251–261.

Xie N, Zhou T & Li B (2012). Kefir yeasts enhance probiotic potentials of *Lactobacillus paracasei* H9: the positive effects of coaggregat between two strains, *Food Res. Int.*, **45** (1) 394-401.

Xu J, Chang T, Inglett GE, Kim S, Tseng Y, Wirtz D (2007). Micro heterogeneity and micro-rheological properties of high-viscosity oat β -glucan solutions. *Food Chem.*, **103**, (4) s: 1192-1198.

Yıldız F (2009). Farklı yağ oranlarının ve farklı starter kültürlerin kefirin nitelikleri üzerine etkisi, Ankara Üni, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Bölümü, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 213 s.

Yokoyama K, Nio N, Kikuchi Y (2004). Properties and applications of microbial transglutaminase. *Appl. Mic. and Bio.*, **64**, s: 447–454.

Young GP, Hu Y, Le Leu RK, Nyskohus L (2005). Dietary fibre and colorectal cancer: A model for environment-gene interactions. *Mol. Nutr. Food Res.*, **49**, s: 571-584.

Yüksel Z, Erdem Y (2010). The influence of transglutaminase treatment on functional properties of set yoghurt, *Soc. Dairy Tech.*, **63** (1) 86-97.

Zalazar CA, Zalazar CS, Bernal S, Brtola N, Bevilacqua A, Zaritzky N (2002). Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. *Inter Dairy J*, 12:45-50.

Zhang D, Zhu Y, Chen J (2009). Microbial transglutaminase production: understanding the mechanism, *Biotech and Genetic Eng. Reviews*, **26**, s: 205-222.

Zhou J, Liu X, Huang K, Dong M, Jing H (2007). Application of the Mixture Design to Design Formulation of Pure Cultures in Tibetan Kefir. *Agri. Sci. in China*, **11**, s: 1383-1389.



ÖZGEÇMİŞ



Adı ve Soyadı: Ayten Seçil ARSLAN
Doğum Yeri ve Yılı: Burdur 06.09.1987
Medeni Hali: Bekar
Yabancı Dili: İngilizce
Uyruğu: T.C
Telefon Numarası: 0544 645 51 88
Elektronik Posta: ayten.secil@hotmail.com
İletişim Adresi: Şirinevler Mah. Boyacıoğlu Cad. No: 16 Burdur / Merkez

Eğitim Durumu:

Önlisans: Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Meslek Yüksekokulu, Deri Teknolojisi Bölümü, Isparta.

Önlisans: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Süt ve Ürünleri Teknolojisi Bölümü, Burdur

Lisans: Yakın Doğu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Lefkoşa/KKTC

Erasmus+ Öğrenci Staj Hareketliliği Programı ile Yurt Dışı Öğrenci Değişim Programı

Exchange Student:

University of SGGW Food Department - Varşova / Polonya (01.04.2017-31.05.2017)

Çalıştığı Kurum:

1. Çavuşoğulları Süt Fabrikası
2. Çavuşoğulları Sofram Yemek Fabrikası

Yayınları (SCI ve diğer makaleler ve Kongreler):

Uluslararası Kongre Bildirileri

1. İlhan Gün, Aslı Albayrak, **Ayten Seçil Arslan**, Mehmet Aydın. 2017. The Use Of Cloves In Akçakatik Cheese, I. International Congress on Medical and Aromatic Plants "Natural and Healthy Life", 10-11 Mayıs 2017, Konya, (2017)
2. İlhan Gün, **Ayten Seçil Arslan**, Mehmet Aydın, Aslı Albayrak. 2017. Using Aromatic Plants In Traditional Dairy Products, I. International Congress on Medical and Aromatic Plants "Natural and Healthy Life", 10-11 Mayıs 2017, Konya. (2017)

Ulusal Kongre Bildirileri

1. **Arslan, AS.**, Gün, İ., Albayrak, A. 2017. Diyet Liflerin Süt Teknolojisinde Kullanım Olanakları, 1. Ulusal Sütçülük Kongresi, 25-26 Mayıs, Ankara, 56 s. (2017)
2. **Arslan, AS.**, Gün, İ. 2017. Helal Gıda Üretiminde Katkı Maddelerin Önemi, 1. Ulusal Sütçülük Kongresi, 25-26 Mayıs, Ankara, 57 s.

Üyesi Olduğu Mesleki Kuruluşlar: -Gıda Mühendisleri Odası