



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI *Lactobacillus* spp. BAKTERİLERİNİN, MANDA SÜTÜNDEN ÜRETİLEN YOĞURTLARIN BİYOAKTİF, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN OLUŞUMUNA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

MEHMET AKİF KARAGÖL

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Mehmet Akif KARAGÖL

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

FARKLI *Lactobacillus* Spp. BAKTERİLERİNİN, MANDA SÜTÜNDEN ÜRETİLEN YOĞURTLARIN BİYOAKTİF, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN OLUŞUMUNA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

MEHMET AKİF KARAGÖL

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 155 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ZEKÂİ TARAKÇI)

(İKİNCİ TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HASAN TEMİZ)

Bu çalışmada manda yoğurdu üretiminde geleneksel kültür olarak karamaya ve ticari starter kültürün yanı sıra ticari kültüre belli oranlarda farklı *Lactobacillus* spp. katılmasıyla yoğurtların biyoaktif, tekstürel ve duyuşsal özellikleri ile uçucu organik bileşiklerin oluşumuna etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Manda yoğurdu üretiminde kullanılmak üzere seçilen suşlar, ticari kültür ve karamaya steril yağsız sütte geliştirilmiş ve ardından işletme kültürü olarak pastörize edilmiş manda sütüne %2.5 düzeyinde belli kombinasyonlarda hazırlanarak ilave edilmiştir. Kombinasyonlar şu şekildedir; KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25). Manda yoğurdu üretimi 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel, duyuşsal, uçucu bileşikler, peptit profili, γ -aminobütirik asit (GABA) ve serbest amino asit miktarları belirlenmiştir.

Farklı kültür kullanımının ve depolama süresinin, kurumadde, yağ, kül, protein değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0.05$), bununla birlikte pH, titrasyon asitliği, antioksidan aktivite, serum ayrılması, viskozite ve hidroliz derecesi değerlerini etkilediği ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Farklı kültür kullanımının ve depolama süresinin tekstürel parametreler olan katılık (firmness), kıvamlılık (work of shear) ve iç yapışkanlık (work of adhesion) değerleri üzerinde önemli etkisinin bulunduğu ($P<0.05$) fakat yapışkanlık (stickiness) değeri üzerinde etkisinin önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Farklı kültür kullanımının ve depolama süresinin mikrobiyolojik kriterler üzerinde önemli etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerde gerekli canlılığın sağlandığı ve fermente ürünler tebliğine uygun oldukları belirlenmiştir. Peptit profilleri incelendiğinde depolamanın ilk gününden itibaren örnekler arasında farkların meydana geldiği, depolama süresinin ilerlemesiyle farkların daha belirgin hale geldiği görülmüş ve PLS-DA analizi ile farklılıklar ortaya koyulmuştur. Örneklerde tüm esansiyel amino asitler tespit edilmiş olup farklı kültür kullanımının bazı aminoasit miktarlarını etkilediği belirlenmiştir. GABA konsantrasyonu açısından örnekler arasında önemli farklılıklar belirlenmiş ve proteolitik aktivite sonucu GABA konsantrasyonunun arttığı gözlenmiştir. Katı faz

mikro ekstraksiyon (SPME) tekniği ile GC-MS kullanılarak uçucu bileşenler belirlenmiş olup; asitler (4), alkoller (9), aldehitler (8), esterler (8), hidrokarbonlar (6), ketonlar (16), terpenler (8) ve diğer bileşikler (6) olmak üzere toplam 65 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. Isı haritası ve PCA analizi sonuçlarına göre probiyotik kültür içeren LC, LH ve LP örnekleri ile probiyotik kültür içermeyen KM ve YC örnekleri arasında belirgin farklar oluştuğu belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçları açısından değerlendirildiğinde, farklı kültür kullanımı renk ve görünüş ile yapı ve tekstür puanlarını önemli derecere etkilemezken, lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından önemli farklılıklar belirlenmiş ve probiyotik içeren örneklerin (özellikle de *L. plantarum* içeren örneğin) daha az beğeni puanı aldığı görülmüştür.

Sonuç olarak her ne kadar bu probiyotik suşların ilavesi ile duyusal beğeni bir miktar azalsa da ortaya çıkardığı faydalı bileşenler sayesinde bu suşların manda yoğurdu üretiminde kullanılmasının sağlık açısından faydalı olabileceği düşünölmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif, γ -aminobütirik Asit, *Lactobacillus* spp., Manda Yoğurdu, Serbest Amino Asitler, Uçucu Organik Bileşikler

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT *Lactobacillus* Spp. BACTERIA ON THE BIOACTIVE, TEXTURAL, SENSORY PROPERTIES AND VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS OF YOGURT PRODUCED FROM BUFFALO MILK

MEHMET AKİF KARAGÖL

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

FOOD ENGINEERING

PHD THESIS, 155 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. ZEKAİ TARAKÇI)

(CO-SUPERVISOR: PROF. DR. HASAN TEMİZ)

This study aimed to investigate the effects of adding different proportions of various *Lactobacillus* spp. to buffalo yogurt production, along with traditional culture as well as commercial starter culture, on the bioactive, textural, and sensory properties of yogurts, as well as the formation of volatile organic compounds.

The strains selected for use in buffalo yogurt production were developed in commercial culture and traditional culture in sterilized skimmed buffalo milk, which was then pasteurized as operational culture and added in combinations of 2.5% to pasteurized buffalo milk. The combinations were as follows: KM: Karamaya (traditional culture) (100%), YC: YC-350 (100%), LC: YC-350 (75%) + *L. paracasei* (25%), LH: YC-350 (75%) + *L. helveticus* (25%), LP: YC-350 (75%) + *L. plantarum* (25%). Buffalo yogurt production was conducted in duplicate, and on days 1, 7, 14, and 21 of storage, physicochemical, microbiological, textural, sensory, volatile compounds, peptide profile, γ -aminobutyric acid (GABA), and free amino acid levels were determined.

It has been determined that the use of different cultures and storage time did not have a significant effect on the values of dry matter, fat, ash, and protein ($P>0.05$); however, it affected pH, titratable acidity, antioxidant activity, syneresis, viscosity, and degree of hydrolysis values ($P<0.05$). Different culture usage and storage time were found to have a significant effect ($P<0.05$) on the textural parameters of firmness, work of shear, work of adhesion, but the effect on stickiness value was not significant ($P>0.05$). It has been determined that different culture usage and storage time have a significant effect on microbiological criteria. It has been determined that adequate viability was ensured in all samples, and they complied with the regulations for fermented products. When peptide profiles were examined, differences between samples were observed from the first day of storage, with differences becoming more pronounced as the storage period progressed. These differences were further highlighted through PLS-DA analysis. All essential amino acids were detected in the

samples, and it was determined that different culture usage influenced the levels of certain amino acids. Significant differences were identified among the samples in terms of GABA concentration, and an increase in GABA concentration was observed as a result of proteolytic activity. Solid phase microextraction (SPME) technique coupled with GC-MS was used to determine volatile components, resulting in the identification of a total of 65 volatile compounds, including acids (4), alcohols (9), aldehydes (8), esters (8), hydrocarbons (6), ketones (16), terpenes (8), and other compounds (6). According to the heat map and PCA analysis results, significant differences were observed between samples containing probiotic cultures (LC, LH, and LP) and those without probiotic cultures (KM and YC). From the perspective of sensory analysis results, while the use of different cultures did not significantly affect color and appearance or structure and texture scores, significant differences were noted in terms of flavor and overall acceptability, with samples containing probiotics (especially those containing *L. plantarum*) receiving lower preference scores.

In conclusion, although the addition of these probiotic strains may slightly decrease sensory preference, it is believed that their inclusion in buffalo yogurt production could be beneficial for health due to the beneficial components they introduce.

Keywords: Bioactive, γ -aminobutyric Acid, *Lactobacillus* spp., Buffalo Yogurt, Free Amino Acids, Volatile Organic Compounds

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca bilgi ve engin tecrübeleriyle beni destekleyen, yol gösteren, katkısını ve emeğini her daim hissettiğim değerli danışman hocam Prof. Dr. Zekai TARAKÇI'ya,

Tez çalışmamdaki analizlerin bir bölümünün gerçekleştirilmesi için İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında çalışma imkanı sağlayan, tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle katkısını esirgemeyen, Tez İzleme Komitesi üyesi olarak değerli görüş ve önerileriyle yol gösteren Sayın Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU'na,

Doktora eğitimim boyunca desteğimi esirgemeyen ve Tez İzleme Komitesi üyesi olarak görüş ve önerileriyle yol gösteren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ŞAHİN'e,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle katkısını hissettiğim Sayın Öğr. Gör. Ali TEKİN'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇELİK'e,

Bu zorlu süreçte beni yalnız bırakmayan, sabır ve fedakarlık gösteren sevgili eşim Meryem KARAGÖL'e ve biricik kızlarım Zeynep, Aylin ve İpek'e,

Her konuda desteklerini hissettiğim sevgili annem Gül KARAGÖL'e, ablalarım Doç. Dr. Serap KARAGÖL'e ve Dt. Neslihan Ömezli'ye, bugünlerimi göremese de desteğini her zaman kalbimde hissettiğim beni sevgiyle büyüten rahmetli babam Numan KARAGÖL'e tüm içtenliğimle teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİL LİSTESİ	X
ÇİZELGE LİSTESİ	XII
EKLER LİSTESİ	XV
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Manda Sütü ve Yoğurdu	5
2.2 <i>Lactobacillus Paracasei</i>	5
2.3 <i>Lactobacillus Helveticus</i>	6
2.4 <i>Lactobacillus Plantarum</i>	7
2.5 Yoğurtta Uçucu Bileşikler ile İlgili Çalışmalar	7
2.6 Yoğurtta Amino Asit Bileşikleri, Peptit Profili ve GABA ile İlgili Çalışmalar ..	14
2.7 Diğer Çalışmalar	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM	30
3.1 Materyal	30
3.1.1 Üretimde Kullanılan Süt	30
3.1.2 Üretimde Kullanılan Kültürler ve Probiyotikler	30
3.2 Yöntem.....	30
3.2.1 Yoğurt Üretiminde Kullanılan Kültürlerin Hazırlanması	30
3.2.2 Manda Sütüne Uygulanan Analizler	30
3.2.3 Manda Yoğurtlarının Üretimi	31
3.2.4 Manda Yoğurdu Örneklerine Uygulanan Analizler	33
3.2.4.1 Kuru Madde Tayini	33
3.2.4.2 Yağ Tayini.....	33
3.2.4.3 Protein Tayini.....	33
3.2.4.4 Titrasyon Asitliği Tayini	34
3.2.4.5 pH Değerinin Belirlenmesi	34
3.2.4.6 Kül Tayini	34
3.2.4.7 Viskozite Tayini	34
3.2.4.8 Serum Ayrılması Analizi	35
3.2.4.9 Antioksidant Aktivite Analizleri	35
3.2.4.9.1 DPPH Yöntemi.....	35
3.2.4.9.2 ABTS Yöntemi.....	36
3.2.4.10 Mikrobiyolojik Analizler	37
3.2.4.10.1 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı	37
3.2.4.10.2 <i>Streptococcus</i> Spp. Sayımı.....	37
3.2.4.10.3 <i>Lactobacillus</i> Spp. Sayımı	38
3.2.4.10.4 Toplam Maya ve Küf	38
3.2.4.10.5 Kok-Basil Oranı	38
3.2.4.11 Hidroliz Derecesinin Belirlenmesi	39
3.2.4.12 Suda Çözünen Ekstraktların Hazırlanması.....	40

3.2.4.13 Peptit Profilinin Belirlenmesi.....	40
3.2.4.14 GABA ve Serbest Aminoasit Miktarı Analizi	41
3.2.4.15 Uçucu Bileşik Analizi	42
3.2.4.16 Tekstür Analizi.....	43
3.2.4.17 Duyusal Analiz.....	44
3.2.4.18 İstatistiksel Analizler.....	45
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	47
4.1 Üretimde Kullanılan Manda Sütüne Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları.....	47
4.2 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları.....	47
4.2.1 pH Değeri.....	47
4.2.2 Titrasyon Asitliği	50
4.2.3 Kuru Madde Miktarı	52
4.2.4 Yağ Miktarı	54
4.2.5 Kül Miktarı.....	56
4.1.6 Protein Miktarı	57
4.1.7 Antioksidant Aktivite Miktarı.....	59
4.1.8 Serum Ayrılması Miktarı	61
4.1.9 Viskozite Değeri.....	63
4.1.10 Hidroliz Derecesi	65
4.3 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	67
4.3.1 Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı	67
4.3.2 <i>Streptococcus</i> Spp. Sayısı	69
4.3.3 <i>Lactobacillus</i> Spp. Sayısı.....	71
4.3.4 Maya ve Küf Sayısı.....	73
4.3.5 Kok-Basil Oranı	74
4.4 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Peptit Profili Analiz Sonuçları.....	76
4.5 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Serbest Amino Asit İçeriği	88
4.5.1 γ -Aminobütirik asit (GABA)	94
4.6 Manda Yoğurdu Örneklerinde Belirlenen Uçucu Bileşikler.....	97
4.6.1 Asitler.....	100
4.6.2 Alkoller	102
4.6.3 Aldehitler	104
4.6.4 Esterler	106
4.6.5 Hidrokarbonlar	108
4.6.6 Ketonlar.....	109
4.6.7 Terpenler	112
4.6.8 Diğer Bileşikler	114
4.7 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Tekstürel Analiz Sonuçları	117
4.7.1 Katılık (Firmness)	117
4.7.2 Kıvamlılık (Work of shear).....	119
4.7.3 Yapışkanlık (Stickiness)	120
4.7.4 İç Yapışkanlık (Work of adhesion).....	122
4.8 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Duyusal Analiz Sonuçları.....	123
4.8.1 Renk ve Görünüş.....	123
4.8.2 Yapı ve Tekstür.....	125
4.8.3 Lezzet	126
4.8.4 Genel Kabul Edilebilirlik	128
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	130

6. KAYNAKLAR	136
EKLER	148
ÖZGEÇMİŞ	155

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Manda Yoğurtlarına Ait Görsel	31
Şekil 3.2 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Üretim Akış Şeması	32
Şekil 3.3 Farklı Konsantrasyonlarda Trolox Standardına Ait Absorbans Eğrisi (515nm)	36
Şekil 3.4 Farklı Konsantrasyonlarda Trolox Standardına Ait Absorbans Eğrisi (734nm)	37
Şekil 3.5 İnkübasyon Süresince Yoğurt Bakterilerinin Popülasyonlarında Meydana Gelen Değişim	38
Şekil 3.6 Kok ve Basil Sayımı için Mikroskop Görüntü Örneği	39
Şekil 3.7 Tekstür Analizi Sırasında Belirlenen Kuvvet Deformasyon Eğrisi Örneği	44
Şekil 4.1 Manda Yoğurdu Üretimi Sırasındaki pH Değişimi	48
Şekil 4.2 Depolama Süresince Belirlenen pH Değerleri Grafiği	50
Şekil 4.3 Depolama Süresince Belirlenen Titrasyon Asitliği Değerleri Grafiği	52
Şekil 4.4 Depolama Süresince Belirlenen Kuru Madde Miktarları Grafiği	54
Şekil 4.5 Depolama Süresince Belirlenen Yağ Miktarları Grafiği	56
Şekil 4.6 Depolama Süresince Belirlenen Kül Miktarları Grafiği	57
Şekil 4.7 Depolama Süresince Belirlenen Protein Miktarları Grafiği	59
Şekil 4.8 Depolama Süresince Belirlenen DPPH ve ABTS Miktarları Grafiği	61
Şekil 4.9 Depolama Süresince Belirlenen Serum Ayrılması Değerleri Grafiği	63
Şekil 4.10 Depolama Süresince Belirlenen Viskozite Değerleri Grafiği	65
Şekil 4.11 Depolama Süresince Belirlenen Hidroliz Derecesi Değerleri Grafiği	67
Şekil 4.12 Depolama Süresince Belirlenen Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı Grafiği	69
Şekil 4.13 Depolama Süresince Belirlenen <i>Streptococcus</i> spp. Sayıları Grafiği	71
Şekil 4.14 Depolama Süresince Belirlenen <i>Lactobacillus</i> spp. Sayıları Grafiği	72
Şekil 4.15 Depolama Süresince Belirlenen Maya ve Küf Sayıları Grafiği	74
Şekil 4.16 Depolama Süresince Belirlenen Kok-Basil Oranı Grafiği	75
Şekil 4.17 Manda Yoğurdu Örneklerinde 1. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	77
Şekil 4.18 Manda Yoğurdu Örneklerinde 7. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	77
Şekil 4.19. Manda Yoğurdu Örneklerinde 14. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	78
Şekil 4.20 Manda Yoğurdu Örneklerinde 21. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	79
Şekil 4.21 KM Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	80
Şekil 4.22 YC Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	81
Şekil 4.23 LC Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	82
Şekil 4.24 LH Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	83
Şekil 4.25 LP Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı	84

Şekil 4.26 Manda Yoğurdu Örneklerinde Kültür Farklılığına Göre (a) ve Depolama Süresince (b) Belirlenen Peptit Profillerine Ait Kısmi En Küçük Kareler Diskriminant Analizi (PLS-DA)	85
Şekil 4.27 Manda Yoğurdu Örneklerinde Belirlenen Peptit Profillerine Ait Isı Haritası	86
Şekil 4.28 Depolamanın 1. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği	92
Şekil 4.29 Depolamanın 7. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği	92
Şekil 4.30 Depolamanın 14. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği	93
Şekil 4.31 Depolamanın 21. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği	93
Şekil 4.32 Depolama Süresince Belirlenen Glutamik asit ve GABA Grafiği	96
Şekil 4.33 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Uçucu Bileşikler	99
Şekil 4.34 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Uçucu Bileşiklere Ait Isı Haritası	115
Şekil 4.35 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Uçucu Bileşiklere Ait Temel Bileşen Analizi (PCA)	117
Şekil 4.36 Depolama Süresince Belirlenen Katılık (Firmness) Değerleri Grafiği...	119
Şekil 4.37 Depolama Süresince Belirlenen Kıvamlılık (Work of Shear) Değerleri Grafiği	120
Şekil 4.38 Depolama Süresince Belirlenen Yapışkanlık (Stickiness) Değerleri Grafiği	121
Şekil 4.39 Depolama Süresince Belirlenen İç Yapışkanlık (Work of Adhesion) Değerleri Grafiği	123
Şekil 4.40 Depolama Süresince Belirlenen Renk ve Görünüş Değerleri Grafiği....	124
Şekil 4.41 Depolama Süresince Belirlenen Yapı ve Tekstür Değerleri Grafiği	126
Şekil 4.42 Depolama Süresince Belirlenen Lezzet Değerleri Grafiği	127
Şekil 4.43 Depolama Süresince Belirlenen Genel Kabul Edilebilirlik Değerleri Grafiği	129

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Yoğurtta Belirlenen Bazı Uçucu Bileşikler	9
Tablo 3.1 Manda Yoğurdu Örneklerinin Üretiminde Kullanılan Starter Kültür Kombinasyonları	32
Tablo 3.2 Peptit Profili Analizinde Hareketli Faz Çözeltilerinin (A ve B) Kromatografi Süresi İçerisinde Kolondan Geçiş Oranları	41
Tablo 3.3 Amino asit Analizinde Hareketli Faz Çözeltilerinin (A ve B) Kromatografi Süresi	42
Tablo 3.4 Duyusal Analiz Formu	45
Tablo 4.1 Üretimde Kullanılan Çiğ Manda Sütüne Ait Kimyasal Özellikler	47
Tablo 4.2 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen pH Değerleri	49
Tablo 4.3 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Titrasyon Asitliği Miktarları.....	51
Tablo 4.4 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kuru Madde Miktarları.....	53
Tablo 4.5 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Yağ Miktarları.....	55
Tablo 4.6 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kül Miktarları.....	56
Tablo 4.7 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Protein Miktarları.....	58
Tablo 4.8 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Antioksidant Aktivite Değerleri (mg TE/L)	60
Tablo 4.9 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Serum Ayrılması Miktarları.....	62
Tablo 4.10 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Viskozite Değerleri (Pa.s).....	64
Tablo 4.11 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Hidroliz Derecesi Değerleri.....	66
Tablo 4.12 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayıları	68
Tablo 4.13 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen <i>Streptococcus</i> spp. Sayıları	70
Tablo 4.14 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen <i>Lactobacillus</i> spp. Sayıları	72
Tablo 4.15 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Maya ve Küf Sayıları	73
Tablo 4.16 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kok-Basil Oranı.....	75
Tablo 4.17 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri (mg/100g)	90
Tablo 4.18 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen γ -Aminobütirik asit (mg/100g).....	95

Tablo 4.19	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Asit Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	101
Tablo 4.20	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Alkol Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	103
Tablo 4.21	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Aldehit Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	105
Tablo 4.22	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Ester Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	107
Tablo 4.23	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Hidrokarbon Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶).....	108
Tablo 4.24	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Keton Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	110
Tablo 4.25	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Terpen Bileşikleri (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	113
Tablo 4.26	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Diğer Bileşikler (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	114
Tablo 4.27	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Katılık (Firmness) (g) Değerleri.....	118
Tablo 4.28	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kıvamlılık (g.s) Değerleri.....	120
Tablo 4.29	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Yapışkanlık (g) Değerleri.....	121
Tablo 4.30	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen İç Yapışkanlık (g.s) Değerleri	122
Tablo 4.31	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Renk ve Görünüş Değerleri	124
Tablo 4.32	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Yapı ve Tekstür Değerleri.....	125
Tablo 4.33	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Lezzet Değerleri.....	127
Tablo 4.34	Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Genel Kabul Edilebilirlik Değerleri.....	128

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

ABTS	: 2,2'-Azino-Bis 3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic acid
ATCC	: Amerikan Tipi Kültür Koleksiyonu
DPPH	: 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
FAA	: Serbest Amino Asit
g	: Gram
GABA	: γ -aminobütirik asit
GAD	: Glutamat dekarboksilaz
GC-MS	: Gaz kromatografisi – Kütle spektrometresi
IDF	: International Dairy Federation
kg	: Kilogram
Kob	: Koloni oluşturan birim
LAB	: Laktik asit bakterisi
Log	: Logaritma
M	: Molarite
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
MRS	: De Man Rogosa and Sharpe
MS	: Kütle spektrometresi
MSG	: Monosodyum Glutamat
N	: Newton
OPA	: o-Phthaldialdehide
PCA	: Temel bileşen analizi
PDA	: Potato Dextrose Agar
PLS-DA	: Kısmi en küçük kareler diskriminant analizi
RP-HPLC	: Ters fazlı yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
SER	: Serin
SPME	: Katı faz mikroekstraksiyon tekniği
TA	: Titrasyon asitliği
TCA	: Triklorasetik asit
TE	: Tespit edilemedi
TFA	: Trifloroasetik asit
TMAB	: Toplam mezofilik aerobic bakteri
UPLC-MS	: Ultra performanslı sıvı kromatografisi – kütle spektrometresi

EKLER LİSTESİ

Sayfa

Ek 1. Fizikokimyasal analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları.....	149
Ek 2. Mikrobiyolojik analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları.....	150
Ek 3. Tekstürel analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	151
Ek 4. Serbest amino asit değerlerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları.....	152
Ek 5. Duyusal analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	154

1. GİRİŞ

Doğanın yavruya sunduğu ilk besin olan süt, canlıların gereksinimlerini karşılayabilecek bütün besin maddelerini; yani değerli proteinleri, şekerleri, lipidleri, mineral maddeleri, vitaminleri ve yaşam için gerekli birçok besin elementini yeterli ve dengeli bir biçimde içeren bir gıdadır. Ancak mikroorganizmaların gelişimine çok uygun bir ortam olan süt, uygun şekilde işlenmediği ve muhafaza edilmediğinde bozulur (Üçüncü, 2018). Süt türleri arasında manda sütü gerek kimyasal bileşimi, gerekse teknolojik özellikleri ile diğer sütlerden ayrılmaktadır. Manda sütü besinsel özelliklerindeki üstün değerine rağmen direkt süt olarak tüketimi sınırlıdır ve nadiren tüketilmektedir (Hotel ve Cordoba, 2001). Bu nedenle daha dayanıklı ürünlere işlenerek hem bozulması önlenmekte hem de lezzet ve tekstür bakımından üstün yeni süt ürünleri elde edilmektedir. Bu ürünlerden birisi olan yoğurt ülkemizde fazlaca üretilip tüketilmektedir.

Yoğurt, sağlıklı ve besleyici bir gıda olarak geniş çapta tüketilen ve duyuşal özellikleri için tercih edilen mayalanmış bir süt ürünüdür. Kimyasal olarak, yoğurt yapısı içerisinde protein, polisakkarit ve lipidleri barındıran kompleks bir jel sistemidir. Yoğurt, sütün fermantasyonuyla üretilir ve bu, insanların sütü uzun süreli ürünlere dönüştürmek için uyguladığı en eski yöntemlerden biridir (Tamime ve Robinson, 1999).

Yoğurt, geleneksel olarak inek sütünün *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* ile fermantasyonu yoluyla üretilir; ancak diğer sağmal hayvanlardan (manda, yak, keçi, kısırak ve koyun gibi) elde edilen sütün de yoğurt üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Bunlar arasında, manda yoğurdu, üstün endüstriyel verim, yüksek yağlı ve yağsız kuru madde içeriği ve benzersiz duyuşal özellikler gibi onu diğerlerinden ayıran belirli özelliklere sahiptir (Bilgin ve Kaptan, 2016; Gu ve ark., 2021). 112 adet manda sütü örneğinin incelendiği bir çalışmada toplam kuru madde oranı %18.44, yağ oranı %7.59, kül oranı %0.85, pH değeri 6.65, ham protein oranı %4.86 olarak tespit edilmiştir (Han ve ark., 2007). Daha yüksek yağ, laktoz, protein (özellikle kazein) ve mineraller (kalsiyum, magnezyum ve inorganik fosfat) nedeniyle manda yoğurdu, inek yoğurdundan daha üstün bir yapıya ve dokuya sahiptir (Yadav ve ark., 2018).

Süt ürünleri arasında yoğurt, protein, kalsiyum, vitamin, lipid ve mineral içerikleri açısından mükemmel bir kaynak olan sağlıklı bir fermente süt ürünü olarak tüketilmektedir. Yoğurt kolay sindirimi ve yüksek besin değeriyle, ülkemizde tüketilen süt ürünleri arasında önemli bir yer edinmiştir. Bununla birlikte, yoğurt zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olarak görülmemektedir. Bu nedenle, yoğurdun yeni biyoaktif maddelerle güçlendirilmesi ve sağlık açısından yeni ve besleyici gıdaların keşfedilmesi konusu büyük ilgi görmektedir (Şireli ve Özdemir, 1998; Luo ve ark., 2023).

Yoğurt yapımı, sütün kompleks bir dönüşüm süreci olduğundan, yoğurdun tadı pek çok faktörden etkilenir; bunlar arasında başlangıç kültürleri, işleme parametreleri, süt ve sütün kaynağı ile kullanılan katkı maddeleri bulunmaktadır. Bu faktörler arasında, fermentasyon için kullanılan başlangıç kültürleri, tat bileşiklerinin oluşumuna önemli katkılarda bulunur (Chen ve ark., 2017). Yoğurt üretimi sırasında probiyotik bakteriler de kullanılabilir. Böylece probiyotiklerin sağladığı pek çok yarar yoğurdun sağlık etkisini artırabilmektedir (Sanders, 2003). Genellikle probiyotik gıda üretiminde Lactobacilli (Örneğin, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. reuteri*, *L. plantarum*) ve *Bifidobacteria* (Örneğin, *B. longum*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. infantis*) gibi laktik asit bakterileri kullanılmaktadır (Fooks ve Gibson, 2002). Süt, peynir ve yoğurt gibi süt ürünleri, zengin protein ve biyoaktif peptit kaynaklarıdır. Bu peptitler, antihipertansif ve antioksidatif potansiyel gibi farklı biyolojik özelliklere sahiptir ve proteoliz sırasında başka biyoaktif peptitler üretebilirler. Biyoaktif peptitler, belirli fizyolojik işlevlerde yer alan ve böylece sağlığı iyileştiren spesifik amino asit dizisi ve sayısına sahip küçük protein parçacıklarıdır (Korhonen ve Pihlanto, 2006). Aşağıdaki yollardan biriyle salınırlar: (1) sindirim enzimleriyle hidroliz, (2) mikroorganizmalardan veya bitkilerden türetilen proteazlar tarafından enzimatik bölünme ve (3) gıda işleme veya üretim yoluyla (örneğin asitler, alkali, ısıtma) (Atanasova ve Ivanova, 2010). Farklı laktik asit bakteri kültürleri (LAB) kullanılarak farklı biyoaktif peptitler üretilir (Chobert ve ark., 2005).

γ -aminobütirik asit (GABA), antihipertansif, antidiyabetik, stres ve anksiyeteyi yönetme gibi birçok fizyolojik etkisi olan ve son yıllarda oldukça ilgi gören bir bileşiktir (Li ve Cao, 2010). Birçok mikroorganizma bu bileşiği üretebilmektedir fakat GABA üretebilme yeteneğine sahip mikroorganizmalar arasında, laktik asit bakterileri

(LAB) insan tüketimi için güvenilir olması ve sağlık açısından faydalarının kanıtlanmış olması sebebiyle tercih edilir.

Son yıllarda biyoaktif peptitler ve γ -aminobütirik asit (GABA) ile ilgili fazlaca çalışma yapılmakta ve önemine dikkat çekilmektedir. Yapılan bir çalışmada yoğurttaki yüksek GABA seviyelerinin diyabetik farelerde glikoz toleransını iyileştirdiği, toplam kolesterol ve triaçilgliserolü azalttığı ve ayrıca yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterolünü arttığı gözlemlenmiştir (Chen ve ark., 2018). Yapılan bir başka çalışmada ise, sinir hastalıklarının önlenmesi, antikanser aktivitesi, gelişmiş bağışıklık sistemi fonksiyonu ve astım semptomlarının azalması dahil olmak üzere GABA'nın sağlık yararları vurgulanmıştır (Diez-Gutiérrez ve ark., 2020).

Yüksek kurumadde ve yağ içeriği, benzersiz aroması ve tekstürel yapısı, manda yoğurdunun beğeniyle tüketilmesini ve yüksek talep görmesini sağlayan özelliklerden birkaç tanesidir. Bu özellikler çeşitli çalışmalarda belirlenmiş ve inek yoğurdu ile karşılaştırıldığında üstünlükleri tanımlanmıştır. Yoğurta insan sağlığını etkileyen en önemli bileşenlerin biyoaktif peptitler olduğu düşünülmektedir. Bu parçalanma ürünleri yoğurta fermantasyon yoluyla salınırlar ve farklı biyolojik etkilere sahiptirler.

Karamaya, kırsal kesimlerde yoğurt üretiminde kullanılan ve bir önceki üretimden kalan yoğurt olup, aynı zamanda termofilik nitelikte geleneksel bir starter kültür tipidir (Soran ve Çelik, 2018). Karamaya'nın içeriğindeki bakteri kompozisyonu her kullanımda farklılaşabilmekte ve bulaş riski artmaktadır. Geniş mikrofloraya sahip bu kültürün kullanılması standart bir yoğurt üretimini zorlaştırmaktadır. Bu kültür küçük işletmelerde ve evlerde yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen, orta ve büyük işletmelerde kullanımı azalmış ve yerine kullanımı hem basit hem de mikrobiyolojik yönden daha güvenilir olduğu düşünülen ticari kültürler kullanılmaya başlanmıştır.

Son zamanlarda, dünya çapındaki artan sağlık sorunları, gıda ile metabolizma arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çalışmalar, toplumun gıda konusundaki farkındalığı ve sağlıklı gıdaya ulaşma arzusu, insanların probiyotik gıdalara olan ilgisini artırmakta ve bu yönde probiyotik süt ürünlerini ön plana çıkarmaktadır (Terzioğlu ve Bakirci, 2023). Probiyotik mikroorganizmaların ve karışık starter kültürlerin yoğurt üretiminde kullanıldığı çalışmalar olmasına rağmen, bu probiyotik kültürlerin ticari starter kültür

ve karamaya ile karşılaştırıldığı yeterli çalışmanın olmadığı görülmektedir. Özellikle manda sütünden üretilen yoğurtlarda peptit oluşumu, γ -Aminobütirik asit üretim potansiyeli ve uçucu bileşik oluşumu gibi hem sağlık hem de yoğurt kalitesine etki eden özelliklerin belirlendiği kapsamlı bir çalışmanın eksik olduğu görülmüştür. Literatürdeki bu eksiklikleri giderebilmek ve probiyotik manda yoğurdu üretiminde kullanılacak ideal probiyotik kültürleri belirlemek amacıyla bu çalışmada ticari yoğurt kültürü ve geleneksel yoğurt kültürü (karamaya) ile farklı *Lactobacillus* spp. bakterilerini starter kültür olarak kullanılmış ve manda sütünden üretilen bu yoğurtların biyoaktif, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri ile uçucu organik bileşiklerin oluşumuna etkileri incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Manda Sütü ve Yoğurdu

Manda sütü dünya çapında süt üretiminin %15'ini temsil etmekte olup, son yıllarda üretimi bakımından inek sütünden daha fazla büyüme oranı kaydetmiştir (Vargas-Ramella ve ark., 2021). Türkiye'de manda yetiştiriciliği yapan işletmeler geleneksel aile tipinde olup %83'ü küçük ölçeklidir. Yoğurt üretimi genellikle evlerde ve geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır (Herdem, 2006). Manda sütü, inek sütüne kıyasla daha yüksek yağ ve kazein içeriğine, dolayısıyla daha yüksek kuru madde içeriğine sahiptir. Bu özellikler manda sütünün çeşitli süt ürünlerine işlenmesi için oldukça uygun bir süt türü olmasını sağlar (Ahmad ve ark., 2008). Manda sütünün taşıdığı tüm üstün özellikler doğrudan yoğurta görülebilmektedir. Özellikle yüksek kuru maddesi içeriği sayesinde, yoğurt üretimi sırasında kıvamı iyileştirmek için evaporasyon, kaynatma, süt tozu ilavesi gibi işlemlere gerek duyulmamaktadır (Akgün, 2009). Manda sütünün A vitamini miktarı inek sütünden daha yüksektir. Bu nedenle, inek sütünden daha beyaz bir görünüme sahiptir (Khalifa ve Zakaria, 2019). Manda sütünden üretilen ürünlerde kremi yapı, daha beyaz renk, zengin aroma ve daha sıkı bir tekstürel yapı oluşumu gözlenir (Menard ve ark., 2010). Manda sütünün ve yoğurdunun esansiyel yağ, amino asit, konjuge yağ asidi, demir, kalsiyum ve D vitamini içeriği diğer sütlerden ve yoğurtlardan daha yüksek olduğu için besin değeri de daha yüksektir (Murtaza ve ark., 2012).

Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (2019)'ne göre manda sütü proteinin en az %5.5, toplam yağsız kuru maddesinin en az %8.5, titrasyon asitliği değerinin laktik asit olarak %0.14 ile 0.22 arasında ve yoğunluğunun en az 1.028 g/mL olması gerekmektedir.

2.2 *Lactobacillus Paracasei*

Lactobacillus paracasei, Gram pozitif, fakültatif heterofermentatif ve fakültatif anaerobik bir bakteridir. Hareketsizdir ve spor oluşturmaz. Hücreleri, 0.7-1.1 x 2.0-4.0 µm boyutlarında, çubuk şeklindedir. Diğer laktik asit bakterileri gibi aside dayanıklıdır ve pentozlardan 6-fosfoglukanat ve fosfoketolaz yoluyla, heksoz şekerlerinden ise Embden-Meyerhof yolunu kullanarak laktik asit üretir (Wu ve ark., 2009). *L. paracasei*'nin probiyotik özellikleri antimikrobiyal, antidiyareik ve

antimutajenik etkilerle kanıtlanmıştır. Ayrıca, yapılan bazı araştırmalar *L. paracasei*'nin kolesterol düzeylerini azalttığını, bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkiler sağladığını ve kan şekeri seviyelerini dzenleyebildiğini gstermektedir (Sömer ve ark., 2012).

L. paracasei, yoğurt starterleri ile uyumluluk gsteren bir probiyotik bakteridir, uygun canlılık ve stabilite sergiler, sindirim koşullarına iyi tolerans gsterir ve *L. paracasei* üretilen probiyotik yoğurtlar olumlu duyuşal özelliklerine sahiptir (Korbekani ve ark., 2015).

L. paracasei, bir dizi sağlık teşvik edici özelliğe sahip olan bir probiyotiktir. Yapılan bir araştırmada, *L. paracasei*'nin normal yoğurt költürüne eklenmesi, yalnızca küçük uçucu bileşiklerin üretimini değiştirdiği belirlenmiştir (Tian ve ark., 2017). Ancak, daha yeni bir çalışmada ise, *L. paracasei*'nin eklenmesinin önemli uçucu bileşiklerin seviyelerini ciddi şekilde değiştirdiği gözlemlenmiştir; örneğin, asetik ve butanoik asitler, 2-etil-1-heksanol, asetoin ve 2-bütanon gibi. Bu sonuçlar, duyuşal değerlendirmelerle birlikte, *L. paracasei*'nin yoğurt özelliklerini iyileştirmek için potansiyel bir araç olarak kullanılabileceğini gstermektedir. Bununla birlikte, *L. paracasei*'nin normal yoğurt starter költürü ile birleştirilmesi, potansiyel rekabetler nedeniyle dikkatlice değerlendirilmelidir (Dimitrellou ve ark., 2019).

2.3 *Lactobacillus Helveticus*

Lactobacillus helveticus, süt ve fermente süt ürünlerinden yaygın olarak izole edilen gram-pozitif, çubuk şeklinde bir laktik asit bakterisidir (Shi ve ark., 2018). Endüstriyel olarak homofermentatif ve termofilik olan bu bakteri, spor oluşturmaz ve optimum gelişme sıcaklığı 42°C'dir. *L. helveticus*, fermente süt ürünlerde acılığı önlemekte ve findıksı tatlar sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar, *L. helveticus* suşlarının probiyotik etkilere ve sağlık üzerinde iyileştirici özelliklere sahip olduğunu gstermektedir, bu da onların endüstriyel kullanımını önemli kılmaktadır (Chelladurai ve ark., 2023).

L. helveticus'un optimum gelişme pH aralığı 5.5 ila 5.8'dir ve bu tür, amino asitler, peptitler, nükleotid bazları, vitaminler, mineraller, yağ asitleri ve karbonhidratlar gibi karmaşık beslenme gereksinimlerine sahip olduğu için seçici kabul edilir. Diğer laktobasillerden farklı olarak, bu tür birçok amino asit için

oksotrofiktir. Örneğin, *L. plantarum* çoğu amino asit için protrofiktir (Slattery ve ark., 2010).

2.4 *Lactobacillus Plantarum*

Doğada yaygın olarak bulunan ve çeşitli ortamlara uyum sağlayabilen *L. plantarum*, fakültatif heterofermantatif bir özelliğe sahiptir. Katalaz negatif, spor oluşturmeyen, asit toleranslı olan bu bakteri, aynı zamanda fakültatif anaerobiktir. *L. plantarum* monosakkarit, disakkarit ve polisakkaritler dahil olmak üzere çok çeşitli karbonhidratları fermente etme kapasitesine sahiptir (Bringel ve ark., 2001). Ayrıca, belirli koşullar ve seçici substratlar altında asetik asit, süksinik asit ve laktik asit, etanol veya karbon dioksit gibi organik asitleri ana metabolitler olarak üretir (Di Cagno ve ark., 2010b).

Gıda fermantasyonlarında başlangıç kültürü olarak kullanılan *L. plantarum*, birçok sağlık faydasına da sahiptir. Özellikle, *L. plantarum* içeren yoğurdun tüketilmesinin bağışıklığı yükselttiği ve stres belirteçlerini azalttığı bildirilmiştir (Nishimura ve ark., 2016). Son zamanlarda yapılan çalışmalar, *L. plantarum* içeren yoğurdun tüketilmesinin HbA1c düzeyini, kronik inflamasyonu ve insulin direncini azaltarak prediyabetik durumu iyileştirebileceğini göstermektedir (Farag ve ark., 2022).

2.5 Yoğurtta Uçucu Bileşikler ile İlgili Çalışmalar

Yoğurdun belirgin tadı, laktik asit, süt fermantasyonundan üretilen özel bileşikler ve sütte zaten bulunan uçucu bileşiklerin kompleks bir karışımı ile oluşmaktadır (Ott ve ark., 1997). Yoğurtta 90'dan fazla farklı uçucu bileşik tanımlanmıştır, bunlar arasında karbonhidratlar, alkoller, aldehytler, ketonlar, asitler, esterler, laktonlar, kükürt içeren bileşikler, pirazinler ve furan türevleri bulunmaktadır (Cheng, 2010).

Yoğurt ile süt arasındaki etkin tat bileşiklerindeki farklılıklar muhtemelen asit üreten bakterilerin metabolizması tarafından üretilmektedir. Bu kültür tarafından üretilen aroma bileşikleri, sütte bulunan laktoz, lipidler, sitrik asit ve protein/amino asitlerin mikrobiyal, enzimatik veya kimyasal dönüşümlerinden kaynaklanır (McGorin, 2001; Boelrijk ve ark., 2003). Yoğurtta bulunan lezzet bileşikleri genellikle dört ana kategoriye ayrılabilir:

- (i) uçucu olmayan asitler (örneğin, laktik, pirüvik, oksalik ve süksinik);
- (ii) uçucu asitler (örneğin, asetik, propiyonik ve bütirik);
- (iii) karbonil bileşikler (örneğin, asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil);
- (iv) çeşitli bileşikler (örneğin, belirli amino asitler ve/veya protein, yağ ve laktozun termal bozunması sonucu oluşan bileşenler) (Kang ve ark., 1988; Tamime ve Robinson, 1999).

Yoğurttaki tat bileşenlerinin üretimi için önemli bir yol, süt yağında lipoliz veya yağ asitlerinin oksidasyonu yoluyla gerçekleşir. Doymamış yağ asitleri serbest radikallerin varlığında oksitlenerek hidroperoksitlere dönüşür, bu da hızla hekzanal veya doymamış aldehitler oluşturmak üzere parçalanır (McGorin, 2001). Başka bir önemli yol, asit üreten bakteriler tarafından laktozun ve sitratın mikrobiyolojik dönüşümleri yoluyla gerçekleşir ve bu da laktik asit, asetaldehit, diasetil, asetoin ve etanol gibi tat bileşiklerinin üretilmesine neden olur. Yoğurttaki alkol daha sonra serbest asitlerle birleşerek etil asetat ve butil asetat gibi esterler oluşturabilir. Ayrıca, biyojenik aminler ve azot içeren bileşikler protein ve amino asitlerden dönüşebilir ve kükürt bileşikleri organik kükürt bileşiklerinden türeyebilir (Tamime ve Robinson, 1999; McSweeney ve Sousa, 2000).

Tablo 2.1 Yoğurtta Belirlenen Bazı Uçucu Bileşikler

Bileşikler	Tanımlayıcı özellik
<u>Karbonil Bileşikleri</u>	
Asetaldehit	Eter, taze, yeşil, keskin
Aseton	Tatlı, meyvemsi
2-Bütanon	Vernik benzeri, tatlı, meyvemsi
Diasetil	Tereyağımsı, kremamsı, vanilya
Asetoin	Tereyağımsı
3-metil-2-bütenal	Metalik, aldehit benzeri, otsu
Hekzanal	Yeşil, kesilmiş çim
2-Pentanon	Tatlı, meyvemsi, peynirimsi
2,3-Pentanedion	Tereyağımsı, vanilya, hafif
2-Hekzanon	Çiçeksi, meyvemsi
2-Nonanon	Meyvemsi, küflü
2-Undekanon	Çiçeksi, gül benzeri, otsu
<u>Alkoller</u>	
Etanol	Hafif, eter
1-Pentanol	Alkolümsü, iyodoform benzeri
<u>Asitler</u>	
Asetik asit	Sirke, keskin, asidik
Hekzanoik asit	Keskin, acımsı, çiçeksi
<u>Esterler</u>	
Etil asetat	Çözücü benzeri, meyvemsi, ananas

Kaynak: Cheng, 2010

Kneifel ve ark., (1992) Gaz Kromatografisi/Statik Tepe Boşluğu tekniği ile farklı ticari starter kültürler kullanarak ürettikleri yoğurtların ve yoğurt benzeri ürünlerin aroma profili ve duyuşal niteliklerini belirlemişlerdir. Yoğurttaki uçucu bileşenlerden aroma üzerinde etkili olan başlıca bileşenler olan asetaldehit (5.5–20.7 mg/kg), diasetil (0.5–2.2 mg/kg), etanol (1.6–9.9 mg/kg), 2-butanon (0.05–0.6 mg/kg) ve aseton (1.8–3.4 mg/kg) araştırmacılarca belirlenmiştir. Uçucu keton bileşenlerinde dikkate değer bir değişim gözlemlenmemiştir.

Yapılan bir çalışmada toplamda 86 yoğurt örneği, Kastamonu, Karabük, Bartın, Zonguldak, Düzce ve Bolu şehirlerindeki üreticilerden veya satıcılardan toplanmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, ortalama kuru madde (%), yağ (%), yağsız kuru madde (%), protein (%), kül (%), laktoz (%), pH ve asitlik (%l.a.) sırasıyla 17.1, 6.98, 9.92, 4.48, 0.84, 4.59, 4.20 ve 1.22, olarak belirlenmiştir. Ortalama su tutma kapasitesi %67.48 ve viskozite 1249.67 mPa.s olarak belirlenmiştir. Ayrıca; sertlik (g), kıvam (g.s), yapışkanlık (g) ve viskozite indeksi (g.s) sırasıyla 246.43, 4910.66, 182.32

ve 334.79 olarak belirlenmiştir. Asetaldehit, etanol, diasetil, asetoin ve aseton değerleri sırasıyla 8.93, 114.93, 0.95, 24.44 ve 0.59 (mg/kg) olarak elde edilmiştir. Ortalama aerobik mezofilik bakteri sayısı 4.41 log₁₀ kob/g, koliform 2.37 log₁₀ kob/g, maya ve küf 4.16 log₁₀ kob/g ve toplam laktik asit bakteri sayısı 5.96 log₁₀ kob/g olarak belirlenmiştir. Duyusal analiz sonucuna göre 5 üzerinden bir ölçekte ortalama görünüm puanı 3.76, koku 4.03, tat 3.64, kaşıktaki kıvam 3.93 ve ağızdaki kıvam 3.71 olarak belirlenmiştir. Farklı şehirlerden toplanan örnekler arasında incelenen özelliklerde önemli varyasyonlar gözlemlenmiştir (Emirmustafaoğlu ve ark., 2020)

Erkaya ve Şengül (2011) yaptığı çalışmada, inek, manda, koyun ve keçi sütlerinden yapılan yoğurtların uçucu fraksiyonunun bileşimi, katı faz mikro ekstraksiyon tekniği (SPME) ve kütle spektrometresiyle birleştirilmiş gaz kromatografisi (GC-MS) kullanılarak 4°C’de 28 günlük saklama süresince incelemiştir. Aldehitler, ketonlar, alkoller, esterler, asitler, terpenler, hidrokarbonlar ve kükürt bileşikler dahil olmak üzere yoğurtlarda 4°C’de depolanmaları sırasında toplam 34 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Bu çalışmada yoğurdun başlıca bileşenleri olarak kabul edilen asetaldehit, diasetil ve asetoin tüm yoğurtlarda tespit edilmiştir. Keçi yoğurdu en düşük asetaldehit düzeyine sahipken, en yüksek asetaldehit düzeyi manda yoğurdunda bulunmuştur. Ayrıca, serbest yağ asitleri arasında kaproik, kaprilik ve kaprik asitler, keçi yoğurdunda en yüksek içeriği göstermiş ve depolama sırasında önemli ölçüde artmıştır.

L. plantarum’un yoğurt üretiminde yoğurt bakterilerine ek olarak kullanıldığı bir çalışmada, 4°C’de 28 gün depolama sırasında belli parametreler belirlenmiştir. pH ve asitlik değerleri depolama boyunca hafif inişli-çıkışlı bir yapı gösterirken, *L. plantarum*’un canlı sayısında fazla bir değişim gözlenmemiştir. Yoğurtta gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile on dört temel uçucu bileşik tespit edilmiş ve bazı tat bileşikler (2,3-pentanedion, asetaldehit ve asetat dahil) yalnızca *L. plantarum* takviyeli yoğurtta belirlenmiştir. *L. plantarum* ilavesi olan ve olmayan numuneler arasında duyusal değerlendirme puanlarında anlamlı bir fark görülmemiştir, ancak tüm numunelerde depolama süresi boyunca kademeli bir düşüş gözlenmiştir. *L. plantarum* içeren yoğurt örneklerinde yapışkanlık değerinde ve uçucu bileşik analizi sonucu belirlenen asetaldehit değerinde istatistiksel olarak belirgin değişimler gözlenmiştir (Li ve ark., 2017).

Barakat ve ark., (2021) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, %1 (w/w) peyniraltı suyu protein konsantresi (WPC) ve kazeinat (Ca-CN) ile zenginleştirilmiş dūřuk yağlı manda yoğurtları (LFBY) retilmiřtir. Bu yoğurtlar, mikroyapısal, mikrobiyolojik ve organoleptik özellikler açısından incelenmiş ve katı fazla mikroekstraksiyon yöntemi ile depolama suresince (21 gün) GC-MS kullanılarak uçucu bileşikler belirlenmiştir. WPC ve Ca-CN ile zenginleştirilmiş yoğurtların, daha yüksek kuru madde, toplam protein ve pH değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Üretilen tüm yoğurtlarda toplam 36 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Asetik asit, butanoik asit, asetaldehit, asetoin, 2,3-btendion, etanol ve 1-heptanol gibi bileşikler önemli miktarlarda bulunmuştur. Sonuç olarak, %1 WPC ile zenginleştirilmiş yoğurdun, en iyi organoleptik özelliklere ve uçucu bileşik konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

elik ve Temiz (2020) Ordu ve Giresun illerinin yüksek kesimlerinden topladıkları geleneksel inek ve manda yoğurtlarının fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve uçucu bileşiklerini incelemişlerdir. Tüm yoğurtlar asetaldehit, asetoin, etanol, heksanoik asit, oktanoik asit, heksanal, 2-Heptanon ve 2-Nonanon içerirken, diasetil hiçbir yoğurt örneğinde tespit edilememiştir.

Sütte starter kültürler ile probiyotiklerin kofermantasyonuna olan ilgi giderek artmaktadır. Wang ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada, tek başına *Lactobacillus casei* Zhang (Zhang) veya *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Probio-M8 (M8) probiyotiklerinin veya Zhang ve M8 kombinasyonunun başlangıç kültürlerine eklenmesinin, 4°C’de 14 gün saklamanın ardından uçucu ve uçucu olmayan metabolomik profillere etkilerini belirlemişlerdir. Temel bileşen analizi, ısısı haritası grafikleri ve Spearman korelasyon sonuçları, *L. casei*’nin tek başına M8’den daha büyük bir etkisinin olduğunu göstermiştir. *L. casei* ve M8 kombinasyonunun metabolit üretiminde olumlu etkileri belirlenmiştir. Asetaldehit, diasetil, asetoin ve asetik asit seviyeleri, kombinasyon kullanılan örneklere tek probiyotik kullanılan örneklere kıyasla daha yüksek belirlenmiştir.

Zhou ve ark., (2019) yaptığı çalışmada, ticari yoğurt kltrne ek olarak *Lactobacillus helveticus* H9 kullanarak yoğurtlar üretilmiştir. *L. helveticus* H9 takviyesinin yoğurt fermantasyonu ve depolanması üzerindeki etkilerinin

değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 4°C’de 28 gün süreyle depolama süresince pH, titre edilebilir asitlik, serbest amino grupları, ACE-i aktivitesi, fiziksel özellikler, uçucu aroma bileşikleri ve duyu kalite gibi çeşitli parametrelerin değişimi izlenmiştir. *L. helveticus* H9 takviyesi, fermente sütün asitlenmesini ve proteolizini artırmış ve bu da daha kısa bir fermentasyon süresine yol açmıştır. Tüm örneklerde on beş ana uçucu aroma belirlenmiştir. Başta asetoin ve benzaldehit olmak üzere daha fazla alkol, aldehit ve azotlu bileşik, H9 ile takviye edilmiş fermente sütlerde tespit edilmiştir. Lezzet ve dokuya ilişkin duyu puanlar, özellikle 2 haftadan sonraki soğuk depolama süresince, H9 ile takviye edilmiş fermente sütler için daha düşük olarak belirlenmiş, ancak görünüme ilişkin puanlar farklılık göstermemiştir.

Geleneksel starterlerle birlikte *Lactobacillus paracasei* IMC502'nin yoğurda etkisinin belirlendiği bir çalışmada gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi kullanılarak alkoller, esterler, organik asitler, karbonil ve kükürt bileşiklerini içeren 44 uçucu metabolit belirlenmiştir. Yoğurt aromasıyla ilişkili başlıca uçucu metabolitler olan asetaldehit, diasetil, asetoin, aseton, butanoik ve asetik asit, tüm yoğurtlarda diğer bileşiklere göre daha yüksek yoğunlukta belirlenmiştir. *L. paracasei* IMC502'nin, aseton ve butanoik asit oluşumunu teşvik ettiği fakat asetaldehit, diasetil ve asetoin miktarlarını etkilemediği belirlenmiştir. Depolamanın metabolitler üzerindeki etkisi de araştırılmış, çoğu karbonil bileşiği, organik asitler ve serbest amino asitlerin miktarı depolama sırasında artarken, asetaldehit, diasetil ve laktozun miktarının azaldığı belirlenmiştir (Gu ve ark., 2020b).

Moiseenko ve ark., (2023) yaptığı çalışmada, *L. paracasei* probiyotik suşlarının (KF1 ve MA3) çeşitli standart yoğurt başlangıç kültürlerine (*Streptococcus thermophilus* 16t veya *Lactobacillus delbrueckii* Lb100 ya da *L. delbrueckii* Lb200 içeren suşlar) eklenmesinin etkisi incelenmiştir. Proteoliz derecesi, antioksidan aktivite, ACE inhibitör aktivitesi, organik asit içeriği, yağ asitleri profili ve uçucu organik bileşikler belirlenmiş ve başlangıç kültürü kompozisyonunun bu parametreler üzerindeki etkisi açıklanmıştır. Araştırılan suşlar için *L. paracasei* içeren yoğurdun asetoin, asetik asit, bütirik asit ve konjuge linoleik asit içeriği açısından standart yoğurda göre bir avantajı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, *L. paracasei* KF1'in eklenmesi sonucu elde edilen yoğurdun hipotansif özelliklerinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür.

Papaioannou ve ark., (2021)'nin yaptığı çalışmada, üç farklı ticari kültür kullanılarak, inek ve keçi sütünden tatlı yoğurtlar üretilmiş ve probiyotik bakterilerin varlığında veya yokluğunda uçucu bileşikler, genel lezzet profili ve organoleptik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu katı faz mikro-ekstraksiyonu ile gerçekleştirilmiş, ayrılma ve analiz GC-MS ile yapılmıştır. Sonuçlar, *Bifidobacterium* BB-12 içermeyen inek sütü tatlı yoğurtlarında ana uçucuların asetaldehit, 2,3-bütandion, 2,3 pentandion, 3-OH-2-butanon, 2-propanon, heksanoik asit ve limonen olduğunu göstermiştir. *Bifidobacterium* BB-12 içeren inek sütü tatlı yoğurtlarında ise, asetaldehit, pentanal, hekzanal, aynı ketonlar, asetik asit ve limonen belirlenmiştir. *Lactobacillus acidophilus* LA-5 içermeyen keçi sütü tatlı yoğurtlarında ise, asetaldehit, aynı ketonlar, limonen, kamfen, α - ve β -pinene belirlenmiş, karboksilik asitler belirlenmemiştir. *Lactobacillus acidophilus* LA-5 içeren keçi sütü tatlı yoğurtlarında ise asetaldehit, aynı ketonlar, butanoik asit, α -pinene ve kamfenin konsantrasyonlarının diğer örneklerden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Çoğu durumda, tatlı yoğurdun organoleptik olarak belirlenen lezzeti ile uçucu bileşikler arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur (aldehitler, ketonlar ve karboksilik asitler).

Yoğurt aromasının gelişimi karmaşık ve dinamik bir biyokimyasal süreçtir. Geleneksel başlangıç kültürlerine ek olarak, yardımcı kültürler de yoğurdun aroma profillerine önemli katkılarda bulunabilir. Tian ve ark., (2019) yaptığı çalışmada, asetaldehit ve diasetil üretme yeteneklerine dayanarak iki *Lactobacillus plantarum* suşu (1-33 ve 1-34) izole edilmiştir. Geleneksel başlangıç kültürleriyle birlikte kofermantasyon yapıldığında, bu izole edilmiş suşların, yoğurdun asidifikasyon profillerini etkilemeden canlılıklarını koruyabildiği belirlenmiştir. Ayrıca, yoğurt örneklerinin aroma kalitesini olumlu yönde etkiledikleri belirlenmiştir. Özellikle asetaldehit, diasetil ve asetoin gibi karakteristik bileşikler olarak bilinen uçucu metabolitlerin oluşumunu teşvik etmişlerdir.

Tian ve ark., (2017) yaptığı çalışmada, yoğurdun aroma profiline probiyotiklerin etkisini incelemek için, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* ve *Lactobacillus casei* gibi 4 probiyotik, geleneksel starter kültür ile kofermente edilerek yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Yoğurtlarda depolama sırasındaki bakteriyel gelişim, asit içeriği ve uçucu bileşiklerinin

değişiklikleri araştırılmıştır. Toplamda 45 uçucu bileşik, çoğu örnekte tespit edilmiş olup, bu bileşikler arasında ketonlar ve aldehitler en fazla belirlenenlerdir. *L. rhamnosus* veya *L. plantarum*'un varlığı, temel uçucu bileşikleri önemli ölçüde etkilememiş, ancak *L. casei* ve *L. acidophilus*'un varlığı, küçük uçucu metabolitlerin oluşumunda etkili bulunmuştur.

2.6 Yoğurтта Amino Asit Bileşikleri, Peptit Profili ve GABA ile İlgili Çalışmalar

γ -aminobütirik asit (GABA), antihipertansif, antidiyabetik, stres ve anksiyeteyi yönetme gibi birçok fizyolojik etkisi olan, son yıllarda oldukça ilgi gören, protein olmayan bir amino asittir (Li ve Cao, 2010). Diğer birçok biyoaktif bileşik gibi saf GABA da çeşitli ilaç formlarında pazarlanmaktadır (Sokovic Bajic ve ark., 2019). Ancak birçok insanın sentetik bileşenleri tüketme konusunda endişeleri vardır ve doğal biyoaktif bileşikleri içeren ürünleri kullanmayı daha çok tercih etmektedirler (Xu ve ark., 2017). Bu bağlamda birçok araştırmacı, bu biyoaktif molekülü üretme yeteneğine sahip güvenli mikroorganizmaları kullanarak gıdaları doğal GABA ile zenginleştirme yaklaşımlarını araştırmıştır (Karimian ve ark., 2020).

Birçok mikroorganizma GABA üretebilir, bunlar arasında bakteriler, mantarlar ve mayalar bulunur. GABA üreten bakteriler arasında laktik asit bakterileri (LAB), birçok fermente gıdada yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, birkaç LAB türü geleneksel fermente gıdalardan izole edilmiş ve GABA sentezleme kapasiteleri araştırılmıştır; bunlar arasında *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus helveticus* ve *Lactobacillus brevis* bulunmaktadır (Lu ve ark., 2009; Shan ve ark., 2015).

GABA üretebilme yeteneğine sahip mikroorganizmalar arasında, laktik asit bakterileri (LAB) insan sağlığıyla kanıtlanmış ilişkileri ve güvenliği nedeniyle tercih edilir. Süt ürünleri, ekmeke, peynir, kimchi, soya sütü ve soya yoğurdu gibi ürünler, LAB türlerinin başlangıç kültürü veya ko-kültür olarak kullanılmasıyla GABA ile zenginleştirilmiştir (Kook ve Cho, 2013).

Farklı fermantasyon faktörleri LAB tarafından GABA üretimini etkiler. Bu faktörler arasında pH, sıcaklık, fermantasyon süresi ve ortamdaki besin katkıları bulunur (Shan ve ark., 2015). Battaglioli ve ark., (2003) ile Di Cagno ve ark., (2010a)

glutamat dekarboksilaz (GAD)'ın l-glutamati (veya tuzlarını) GABA'ya tek bir α -dekarboksilasyon adımıyla dönüştürdüğünü bildirmişlerdir. LAB tarafından yüksek GABA üretimi, sadece GAD aktivitesiyle değil, aynı zamanda gıda matrisinde yeterli glutamik asit konsantrasyonuyla da ilişkilidir. Bu nedenle, GABA üreten LAB fermente sağlık odaklı gıdalar geliştirmek için kullanılabilir. Birçok gıdanın doğal bir GABA kaynağı olduğu ve laktik asit fermantasyonunun bu içeriği kat kat artırabileceği bildirilmiştir (Gan ve ark., 2017).

Sun ve ark., (2009)'nın yaptığı çalışmada Çin'deki kımızlardan 81 *Lactobacillus* suşu izole edilmiştir. Suşlar, yağsız süt ortamında yetiştirilmiş, kültür süpernatantlarında ACE-i aktivite ve GABA ölçülmüştür. Tarama sonuçları, 16 suşun ACE-i aktivitesinin %50'den yüksek olduğunu ve iki suşun GABA ürettiğini ortaya koymuştur. *L. helveticus* ND01 suşunun, hem yüksek ACE-i aktivitesine hem de GABA üretmekte potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. *L. helveticus* ND01'in 16S rDNA dizisi, *L. helveticus* 'a %99 homoloji göstermiştir. Hem yüksek ACE-i aktivitesi hem de GABA üreten yeni izole edilmiş *L. helveticus* ND01 suşunun ilk tanımlaması, çalışmada bildirilen diğer türlerden farklılıklar ortaya koymuştur. *L. helveticus* ND01'in asidik koşullara dirençli olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, *L. helveticus* ND01'in hipertansiyon yönetiminde iyi bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Gu ve ark., (2020a) çeşitli starter kültürlerin kullanımının yoğurtların peptit profilleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Üç ayrı yoğurt çeşidi üretilmiş olup: İlk olarak (Y1), geleneksel yoğurt starterleri olan *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* LB4 ve *Streptococcus thermophilus* ST447 kullanılmıştır. İkinci yoğurt (Y2), aynı starterlere *Lactobacillus paracasei* IMC502'nin eklenmesiyle üretilmiştir. Üçüncü yoğurt (Y3) ise *S. thermophilus* ST447, *Lactobacillus acidophilus* NCFM, *Lactobacillus rhamnosus* GG ve *Bifidobacterium lactis* HN019 kombinasyonu ile fermente edilmiştir. Yoğurtların peptit profilleri UPLC-MS/MS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çoklu türde starter kullanımı, yoğurtlarda peptit oluşumunu artırmış, peptit türleri ve hidrolize duyarlı bölgeler, tümünde Y3 > Y2 > Y1 sıralamasını göstermiştir. 44 farklı biyoaktif peptit incelenmiş ve Y2 ve Y3'te bulunan biyoaktif peptit içeriği, Y1'e göre daha fazla bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada, yoğurt üretiminde *Lactobacillus helveticus* LH-B02 kullanılması ve protein oranının depolama süresi boyunca peptid profilindeki farklılıklara ve biyoaktif potansiyeline etkisini değerlendirmek amacıyla yüksek proteinli yoğurt geliştirilmiştir. Protein içeriğinin yoğurtlardaki peptid profilini etkilemediği, *L. helveticus* LH-B02 eklenmesinin ise peptidlerin oluşumunu desteklediği gözlemlenmiştir. Her iki faktörün kombinasyonunun yoğurdun biyoaktif potansiyeli üzerinde ek bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir (Cavalheiro ve ark., 2020).

Mohsin ve ark., (2022) manda sütünden yüksek GABA içeriğine ve düşük yağ içeriğine sahip yoğurt hazırlamak amacıyla yürüttükleri çalışmada örneklerin fizikokimyasal özellikleri, antimikrobiyal etkileri ve antioksidan kapasitelerini analiz etmişlerdir. Yoğurt örnekleri, yağ içeriği %0.2, %3.5 ve %6 olarak ayarlanmış manda sütü kullanılarak hazırlanmıştır. Sonuçlar, yağ içeriğinin pH, titrasyon asitliği, su aktivitesi ve hücre canlılığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Ancak, yağ içeriğinin yoğurdun viskozite, partikül boyutu ve tekstürü üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. GABA içeriği, %0.2 yağlı yoğurta 61.57 ± 3.22 mmol/L, %3.5 yağlı yoğurta 43.64 ± 1.99 mmol/L ve %6.5 yağlı yoğurta 27.84 ± 2.64 mmol/L olarak belirlenmiştir. Glutamik asit ve prolin, yoğurta en fazla bulunan amino asitleri olarak belirlenmiştir. Sonuçlara dayanarak, yağ içeriğinin yoğurdun reolojik özellikleri ve antioksidan kapasitesini önemli ölçüde etkilediği, yağ oranı arttıkça GABA içeriğinin yükseldiği belirlenmiştir.

Serbest amino asit (FAA) ve serbest yağ asidi (FFA) profilleri, yoğurdun besinsel ve biyolojik değerini ve istenen lezzetini etkiler. Farklı ve yaygın laktik asit bakterisi (LAB) kombinasyonları ile fermente edilen üç tip yoğurdun FAA ve FFA profillerindeki farklılıklar ve bunların depolama sırasındaki değişimleri belirlenmiştir. Yoğurtların FAA ve FFA profillerinin önemli ölçüde farklı olduğu belirlenmiş ve çeşitli LAB kombinasyonlarının, yoğurdun depolanması sırasında FAA ve FFA'lar üzerinde meydana gelen değişikliklerde farklılıklara yol açtığı görülmüştür. Probiyotik yoğurtlardaki doymamış yağ asitleri içeriği, sıradan yoğurtlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olarak belirlenmiştir; bu da probiyotik yoğurdun daha büyük sağlık potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Yoğurtların depolanmasının, toplam serbest amino asitlerin ve kısa zincirli yağ asitlerinin içeriğinin artmasına, doymuş yağ

asitlerinin ve orta zincirli yağ asitlerinin içeriğinin azalmasına sebep olduğu belirlenmiştir (Gu ve ark., 2021).

Wu ve ark., (2022)'nin yaptığı bir araştırmada, soya sütü, *Lactobacillus paracasei* L9 ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ile *Streptococcus thermophilus* içeren bir ticari starter kullanılarak fermantasyona tabi tutulmuştur. Soya sütünün fermantasyonu ve ardından depolanması sırasında (37°C, 24 saat fermantasyon ve ardından 4°C, 1-21 gün depolama) proteinlerin moleküler ağırlık dağılımı, toplam ve serbest amino asitler ve diğer kalite özelliklerini belirlemiştir. Hem *L. paracasei* L9 hem de ticari starter iyi bir fermantasyon performansı göstermişlerdir. Aynı zamanda, L9SM (Soya sütü ve *L. Paracasei* L9 ile) ve CSSM (Soya sütü ve ticari kültür ile) örneklerinin toplam serbest amino asitleri sırasıyla %68 ve %134 artış göstermiştir. *L. paracasei* L9, soya proteinlerinin fermantasyonu ve ardından fermente soya sütünün depolanması sırasında daha yüksek seviyede protein parçalama yeteneği göstermiştir.

Garavand ve ark., (2022) yaptığı çalışmada, probiyotik olarak *Lacticaseibacillus paracasei* ve prebiyotik olarak ise galaktofruktoz, inülin, soya protein izolatu ve spirulina kullanarak sinbiyotik yoğurt üretmişler ve bazı biyo-fonksiyonel ve yapısal özelliklerini incelemiştir. En yüksek GABA üretimi (99.63 mg/mL) ve glutamik asit tüketimi (98.39 mg/mL), spirulina takviyeli probiyotik yoğurtlarda (YSP) belirlenmiş, bunu galaktofruktoz ile takviyeli probiyotik yoğurtlar (YGF) takip etmiştir. Ancak, YSP örneğinin en düşük probiyotik canlılığa ve en yüksek pH düşüşüne sahip olduğu belirlenmiştir. YSP örneğine ait toplam fenolik, antioksidant aktivite, antihipertansif aktivite ve hidroliz derecesi diğer örneklerle kıyasla belirgin şekilde daha yüksek belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, YSP örneğinin görünüm ve ağız hissi bakımından yüksek puan aldığı belirlenmişken, diğer örneklerin ise lezzet, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından yüksek puan aldıkları belirlenmiştir.

Irigoyen ve ark., (2012)'nin yaptığı çalışmada, Ticari yoğurt ve Actimel içeceği ve laboratuarda yapılan kefirde serbest amino asitler ve uçucu bileşenler analiz edilmiştir. Lizin ve sistein, tüm örneklerde başlıca aminoasitler olarak belirlenmiş ve toplam serbest amino asitlerin yaklaşık %70'ini oluşturmuştur. Ancak, farklı

fermantasyonlu süt ürünlerinde amino asit profilleri farklı olarak belirlenmiş ve genel olarak, çoğu amino asit için değerlerin Actimel örneklerinde önemli lde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toplamda 50 uçucu bileşen belirlenmiş ve en fazla uçucu bileşen kefirde bulunmuştur. Etanol, 2,3-büten dion ve 3-hidroksibten-2-on en yaygın uçucu bileşenler olarak belirlenmiş, etanol kefir örneklerinde önemli lde daha yüksek saptanmıştır.

Linares ve ark., (2016)'nın yaptığı çalışmada, balıkların sindirim sisteminden izole edilen *S. thermophilus* APC151 suşu yoğurt üretiminde kullanılmıştır. Bu suş ile üretilen yoğurtlarda 100 ml standart yoğurt hacminde 200 mg gamma-aminobütirik asit belirlenmiştir. Bu suşun endüstriyel yoğurt üretimi için biyoteknolojik uygunluğu, süt endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ticari CH1 starteri (Chr. Hansen) ile karşılaştırılarak gösterilmiştir. Her iki yoğurt da benzer pH eğrileri, viskozite, su tutma kapasitesi, protein (%5.05–5.65), yağ (%0.12–0.15), şeker (%4.8–5.8) ve kl (%0.74–1.2) belirlenmiştir. Kontrol yoğurtta gamma-aminobütirik asit tespit edilmemiştir. Sonuç olarak, *S. thermophilus* APC151 suşunun, gamma-aminobütirik asit üretimi için yoğurt üretiminde kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

Ko ve ark., (2005)'nin yaptığı çalışmada, *Lactobacillus casei* 911LC ile fermente edilmiş yoğurtlarda 37°C'de 72 saatlik fermentasyon süresi boyunca analizler yapılmıştır. pH değeri, 32. saate kadar azaldıktan sonra sabitlenmiş fakat titre edilebilir asitlikte 40. saate kadar artış devam etmiştir. Laktik asit bakterilerinin çoğalması, fermentasyonun 40. saate kadar olan kısmında 3.5×10^7 kob/mL'ye kadar hızla artmış ve sonrasında azalmıştır. Fermentasyon sırasında üretilen serbest amino asitler, 44 saatte maksimum değere ulaşmış ve sonrasında kademeli olarak azalmıştır.

Terzioğlu ve Bakirci (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, 5 farklı inek sütü ve keçi sütü kombinasyonu ile 2 farklı başlangıç kültürü (klasik yoğurt kültürü ve ticari probiyotik kültür) kullanılarak yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. ABT-2 probiyotik kültür kullanılarak üretilen yoğurtlarda serum ayrılması, pH değerleri ile fenilalanin ve lösin seviyelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Klasik yoğurt kültürü kullanılarak üretilen yoğurtlarda ise asparagin, aspartik asit, prolin ve serin seviyelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, farklı oranlarda keçi sütü ve inek sütünün kombinasyonu ve probiyotik kültürün birlikte kullanılmasıyla yapılan

yoğurtun, organik bileşikler ve esansiyel amino asitler açısından daha fonksiyonel ve zengin olduğu sonucuna varılmıştır.

Çoğu γ -aminobütirik asit üreten mikroorganizmalar laktik asit bakterileri (LAB) olsa da, bu GABA üreten suşların bir kısmında GABA verimi sınırlıdır. Shan ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada, Çin'deki geleneksel fermente süt ürünlerinden elde edilen bir suş olan *Lactobacillus plantarum* NDC75017 kullanılarak GABA üretimi gerçekleştirmişler ve GABA verimi üzerinde glutamat dekarboksilaz (GAD) ve fermantasyon sıcaklığının etkilerini değerlendirmek amacıyla substrat (l-monosodyum glutamat, L-MSG) ve koenzim (piridoksal-5-fosfat, PLP) konsantrasyonları incelenmiştir. Sonuçlar, GABA üretiminin *L. plantarum* NDC75017'nin GAD aktivitesi ve biyoması ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Yanıt yüzey metodolojisi, GABA üretiminin koşullarını optimize etmek için kullanılmıştır. GABA üretimi için en uygun faktörler, 80 mM L-MSG, 18 μ M PLP ve 36°C fermantasyon sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda, GABA üretimi 314.56 mg/100 g ile maksimum düzeye çıkarılmıştır. *L. plantarum* NDC75017'nin ticari bir başlangıç kültürüne eklenmesi, fermente yoğurtta daha yüksek GABA üretimine yol açmıştır. Hazırlanan yoğurdun lezzeti ve dokusu ile kontrol yoğurdununki arasında önemli bir farkın olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, *L. plantarum* NDC75017'un, GABA ile zenginleştirilmiş fermente süt ürünlerinin üretimi için iyi bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.

Laktik asit bakterileri, özellikle de laktobasiller, birçok potansiyel sağlık faydasına sahip olan GABA'nın başlıca üreticileridir. Ramos ve Poveda (2022) tarafından yapılan çalışmada, farklı gıda ekosistemlerinden izole edilen 38 yerel laktobasil suşunun sütteki GABA üretim kapasitesi değerlendirilmiş ve bunlardan üçü, monosodyum glutamat ilavesi olmadan GABA ile zenginleştirilmiş fermente koyun sütü üretimi için seçilmiştir. 4°C'de 28 gün süreyle depolanan fermente süt örneklerine ait fiziko-kimyasal analizler (pH, titre edilebilir asitlik, kuru madde), su tutma kapasitesi, viskozite, GABA ve glutamik asit üretimi gibi tanımlayıcı özellikler ile duyuşal özellikleri belirlenmiştir. *Lacticaseibacillus paracasei* Lb41 ve *Lactiplantibacillus plantarum* Lb56 suşlarıyla yapılan fermente sütlerde yaklaşık 200 mg/L civarında GABA konsantrasyonları bulunmuştur. Ayrıca, bu fermente sütler

kontrol örneklerine göre daha yüksek viskozite değerleri sergilemiş ve iyi ve tipik duyuşal özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.

Laktik asit bakterileri, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan γ -aminobütirik asit gibi biyoaktif bileşikleri fermantasyon sırasında salabilirler. Galli ve ark., (2022) yaptıkları çalışmada, spontan çiğ süt fermantasyonlarından 6 farklı türe ait 14 LAB suşu izole etmişler. Teknolojik ve besinsel karakterizasyonları sonucunda, sütte yüksek GABA üretme yeteneğine sahip iki *Lactococcus lactis* suşu seçilmiştir. Monosodyum glutamatın (5 mmol) eklenmesi ve *Lacticaseibacillus rhamnonus* veya *Lacticaseibacillus paracasei* ile kombine kültür uygulanmasıyla bu yeteneğin arttığı tespit edilmiştir (249.31 mg/L'ye kadar). İki karışık starter ile (*Lc. lactis* ve *L. rhamnonus* veya *L. paracasei*) elde edilen fermente sütlerin son GABA içeriği sırasıyla 185.81±24.0 ve 319.72±27.15 mg/L olarak belirlenmiştir. GABA içeriği depolama süresince artmış ve 395.84±12.55 ve 377.49±46.62 mg/L'ye ulaşmıştır. Sonuç olarak, seçilen starterlerin yüksek GABA konsantrasyonları içeren fermente sütlerin üretimi için uygun olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak gıda ürünlerindeki GABA konsantrasyonu oldukça düşüktür. Chen ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada *Streptococcus thermophilus* fmb5 kullanılarak GABA açısından zenginleştirilmiş fonksiyonel bir yoğurt geliştirmişlerdir. Tek faktör ve yanıt yüzeyi yöntemleri kullanılarak kültür koşullarının optimizasyonu ile yoğurdun GABA verimi artırılmıştır. Sonuçlar, fermantasyon sıcaklığı, monosodyum glutamat konsantrasyonu ve fermantasyon süresinin GABA verimini etkileyen 3 ana faktör olduğunu göstermiştir. Optimal kültür koşulları şu şekilde belirlenmiştir: fermantasyon sıcaklığı için 38.8°C, monosodyum glutamat için 20 g/L ve fermantasyon süresi için 120 saattir. Bu optimal koşullar altında, GABA üretimi maksimize edilmiştir ve 9,66 g/L olarak ölçülmüştür. GABA açısından zengin yoğurdun GABA konsantrasyonu, canlı bakteri sayısı ve su tutma kapasitesi tüm depolama süresi boyunca stabil kalmıştır. Sonuçlar, *Streptococcus thermophilus* fmb5 ve optimize edilmiş fermantasyon koşulları ile üretilen yoğurtların yüksek GABA konsantrasyonları içerdiğini göstermiştir.

Yılmaz-Ersan ve ark., (2022) yaptığı çalışmada yağsız süt, kestane sütü ve probiyotik kültür (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus*

thermophilus, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus acidophilus*) kullanılarak yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen örneklerde probiyotik bakterilerin canlılık oranı, antioksidant kapasite, toplam fenolik içerik ve GABA içeriği belirlenmiştir. Sonuçlar, %100 kestane sütü içeren örneğin daha yüksek kuru madde, yağ, karbonhidrat değerine ve daha düşük C ve E vitamini içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Örneklerin kestane sütü oranı arttıkça, antioksidan kapasite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Örneklerin GABA değerleri 0,31 ile 2,43 mg/100 g arasında belirlenmiştir.

2.7 Diğer Çalışmalar

Beş farklı oranda Keçi sütü–manda sütü karışımı kullanılarak yoğurt üretimi yapılan bir çalışmada, yoğurtlar asitleşme kinetiği, bileşimi, reolojisi ve duyuşal özellikleri bakımında incelenmiştir. Farklı oranlarda keçi sütü ve manda sütünün kullanılması, yoğurtların fizikokimyasal, reolojik ve duyuşal özellikleri bakımından, özellikle toplam kurumadde içeriği, yağ, serum ayrılması ve duyuşal kabul açısından önemli farklılıklara yol açmıştır. Manda sütünün eklenmesi, tüketicinin kabulünde serum ayrılması ve ilgili tüm parametreleri azaltmanın yanı sıra toplam katıları, yağı ve yoğurdun genel kabulünü artırdığı tespit edilmiştir. Keçi-manda süt karışımlarından yapılan yoğurtlar iyi duyuşal skorlara ulaşmıştır. Sadece keçi sütünden yapılan yoğurt, daha düşük kayma gerilimi göstermiş olup, bu da keçi yoğurdundaki tipik yumuşak pıhtılaşma ile açıklanmıştır (Bezerra ve ark., 2012).

Fermantasyon, sütün çok çeşitli sağlık yararları olan bir süt ürünü olan yoğurda dönüştürülmesinde yer alan kritik bir gıda sürecidir. Sütün fermantasyonu, ortaya çıkan ürünlere sadece lezzet vermekle kalmaz, aynı zamanda dikkate değer terapötik potansiyele sahip birkaç biyoaktif peptit sağlar. Sultan ve ark., (2017)'nin yaptığı bir çalışmada, farklı yoğurt türlerinden ekstrakte edilen biyoaktif peptitlerin hipertansiyon ve oksidasyona karşı potansiyeli araştırılmıştır. Keçi, koyun, inek ve manda sütlerinden dört farklı yoğurt hazırlanan bu çalışmada, yoğurtlardan suda çözünür peptit fraksiyonu ekstrakte edilmiş ve konsantrasyonları farklı zaman aralıklarında ölçülmüştür. Ayrıca, bu suda çözünür fraksiyonlar, farklı günlerde antihipertansif ve antioksidan potansiyeli açısından analiz edilmiştir. Tüm yoğurtlar depolama sırasında biyoaktivitelerde artış gösterirken, keçi sütünden yapılan yoğurt diğer kaynaklardan

hazırlanan yoğurtlara kıyasla, en yüksek antihipertansif ve antioksidatif aktiviteyi göstermiştir.

Taha ve ark., (2017)'nin yaptığı çalışmada *Lactobacillus acidophilus* 20552 ATCC (T2) ve *Lactobacillus helveticus* CH 5 (T3) yoğurt starter kültürü (1:1) ile kombinasyon halinde manda yoğurdu üretiminde kullanılmış ve bu yoğurtlarda bulunan biyoaktif peptitlerin antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tüm starter kültürlerin, çoğu β -kazeinden ve daha azı α_{s1} kazeinden kaynaklanan düşük molekül ağırlıklı biyoaktif peptitler üretme kabiliyetine sahip oldukları belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinden elde edilen suda çözünür peptit ekstraktının antioksidan aktivitesi (%) depolama sırasında tüm örneklerde artmış ve *L. helveticus* CH 5 içeren numuneler en yüksek değerleri göstermiştir. Tüm yoğurt örnekleri *Escherichia coli*'ye karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir. Kontrol yoğurdu ve T3 (*L. helveticus* ilaveli), T2 (*L. acidophilus* ilaveli)'ye kıyasla *E. coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* üzerinde daha yüksek antibakteriyel aktivite göstermiştir.

Manda yoğurdu ve süt tozu ilave edilmiş inek yoğurdunun karşılaştırıldığı bir çalışmada manda yoğurdunun reolojik özellikleri ve mikro yapısı incelenmiş ve inek yoğurdu ile karşılaştırılmıştır. Manda yoğurdu daha yüksek derecede tiksotropi ve daha yüksek seviyede serum ayrılması sergilemiştir. Bu farklılıkların, manda yoğurdunun daha gözenekli olmasından ve daha büyük yağ globülleri içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Nguyen ve ark., 2013).

Farklı yağ oranlarına sahip manda sütlerinden (1.5-6 g/100g) üretilen yoğurtların incelendiği bir çalışmada, 4°C'de depolanmış 4 adet örneğe depolamanın 1. 10. ve 20. günlerinde kimyasal, mikrobiyolojik ve tekstürel analizler uygulanmıştır. Yoğurdun yağ içeriğinin arttırılması L* değerini, viskoziteyi ve kohezyonu artırırken, a* değerini, serum ayrılmasını, sertliği ve esnekliği azaltmıştır. Yağın azaltılması manda yoğurdu örneklerinin yapışkanlık, sakızimsılık, titre edilebilir asitlik, b* değeri ve *Streptococcus thermophilus* popülasyonunda önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Depolama süresinin manda yoğurtlarının yapışkanlığı, esnekliği ve L* değeri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. *S. thermophilus* ve *Lactobacillus*

delbrueckii subsp. *bulgaricus* popülasyonlarında depolama sırasında azalma tespit edilmiştir (Akgün ve ark., 2016).

Han ve ark., (2007) tarafından yürütülen bir çalışmada 112 manda sütü örneği toplanmış ve bu örneklerin mikrobiyolojik ve kimyasal bileşimi analiz etmişler. Ana bileşenlerin ortalama seviyeleri şu şekilde belirlenmiştir: yağ %7.59, ham protein %4.86, laktoz %4.74, kuru madde %18.44, kül %0.85 ve pH değeri 6.65 olarak tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizler, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının $5.59 \log_{10}$ kob/mL, bakteriyel sporların $2.31 \log_{10}$ kob/mL, laktik asit bakterilerinin $4.62 \log_{10}$ kob/mL, mantarların $1.79 \log_{10}$ kob/mL olduğunu ortaya koymuştur.

Sheik ve ark., (2023)'nin yaptığı çalışmada manda sütünden üretilen yoğurtlara belli oranlarda güneşte kurutulmuş beyaz dut tozu ilavesinin yoğurtlara etkisi incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek antioksidan aktivite ($\%54.53 \pm 0.15$) ve asitlik değeri ($\%1.12 \pm 0.02$) %6 dut tozu ilave edilen yoğurt örneklerinde belirlenmiş olup, en yüksek pH değeri ise (4.53 ± 0.08) kontrol örneğinde belirlenmiştir. Panelistler tarafından genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek duyuşsal puanı (8.00 ± 0.00) %2 dut tozu ilave edilmiş yoğurt örneği almıştır. Bu nedenle, beyaz dut meyvesi tozunun, yoğurdun fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerini iyileştirmek için kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Dut tozu ilavesi, yoğurdun antioksidan potansiyelini ve fizikokimyasal kalitesini artırmıştır.

Varghese ve Mishra (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, manda sütünden üretilen dahi yoğurdunun (Hindistan yoğurdu) asidifikasyon kinetiği üzerine fermantasyon sıcaklığı ($20.8-29.2^{\circ}\text{C}$), kuru madde içeriği ($\%13-16$) ve inokülasyon oranının ($\%1-4$) etkisi araştırılmıştır. Çalışmada fermantasyon sıcaklığının artmasıyla birlikte serum ayrılmasının da arttığını belirlemişlerdir. Daha sert bir jel yapısına sahip yoğurtlar, fermantasyon sıcaklığının $27-29.2^{\circ}\text{C}$, kuru maddenin $\%14.5-15$ ve inokülasyon oranının ise $\%2.5$ olduğu şartlarda araştırmacılar tarafından elde edilmiştir.

Güzel-Seydim ve ark., (2005) sade set tipi yoğurt üretiminde farklı yoğurt kültürleri ve farklı inkübasyon sıcaklıklarının yoğurt kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla %2 oranında CH-1 ve B-3 kültürleri ile inoküle edilen süt örnekleri 35°C ve 45°C 'de inkübasyona tabi tutulmuş ve örneklerin 1. ve 14. günlerde toplam kuru madde, yağ, pH, viskozite, konsistens, serum ayrılması, laktik asit

içerikleri ve organoleptik özelliklerini saptamışlardır. Farklı starter kültür kullanımının yoğurdun asetaldehit ve tirozin içeriğini önemli düzeyde etkilediğini ve CH-1 kültürü ilave edilen ve 35°C’de inkübe edilerek üretilen yoğurt örneklerinin en yüksek asetaldehit içeriğine sahip olduğunu tespit edilmişlerdir. Ekzopolisakkarit üreten B-3 kültürü inoküle edilen ve 35°C’de inkübe edilerek üretilen yoğurt örneklerinde viskozite ve konsistens değerlerinin arttığını, serum ayrılmasının ise azaldığını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda; 14 günlük muhafaza süresince tüm yoğurt örneklerinin uçucu yağ asitleri, tirozin ve laktik asit içeriklerinin arttığını, asetaldehit miktarı ve pH değerlerinin ise azaldığını ortaya koymuşlardır.

Keskin (2001) probiyotik ve diğer kültür karışımları kullanarak elde ettiği manda yoğurtlarının duyu ve fizikokimyasal özelliklerini incelemiştir. Bu yoğurtlar buzdolabında depolanmış ve 1, 3, 7 ve 14. günlerinde analiz edilmiştir. Buna göre, bu ürünlerin tat ve görünüm bakımından klasik yoğurda göre daha fazla beğenildiği ve depolama sırasında asitliğin daha yavaş ilerlediği; kuru madde ve protein oranlarının klasik yoğurda göre daha yüksek, serum ayrılmasının ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Depolama sırasında yağ değeri, kıvam ve toplam özellikler dışında, görünüm, koku, kuru madde, pH ve serum ayrılması değerlerinin değiştiği tespit edilmiş ve farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Ayrıca duyu analizler sırasında yoğurt kültürü + *Lactobacillus acidophilus* ile hazırlanan örneğin en beğenilen çeşit olduğu bildirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada ticari olarak temin edilen manda yoğurtlarının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, altmış ev yapımı örnek ve kırk küçük ölçekli süt işletmesinden manda yoğurdu örneği toplanmış ve üç tekerrür halinde analiz edilmiştir. Yoğurt örneklerinin bileşimi sırasıyla küçük ölçekli süt fabrikaları ve ev yapımı örnekler için kuru madde: %16.93-18.43, %17.57-18.78, yağ: %6.76-7.20, %6.42, protein: %4.71-5.29, %5.21-5.45, laktoz: %3.08-3.25, %3.11-3.21, kül: %0.91-0.93, %0.91-0.94, titre edilebilir asit (TA): %0.91-0.93, %1.07-1.12, pH: 4.15-4.17, 3.78-4.15 arasında değişmektedir. Ev yapımı ve küçük ölçekli süt işletmelerinin yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik içeriği, toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., Maya ve küf, koliform bakteri, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. ve *E. coli* varlığı açısından incelenmiştir. Ev yapımı manda yoğurtlarında genel olarak maya, küf ve koliformlar

daha yüksek tespit edilmiştir. Manda yoğurdu örneklerinin hiçbirinde *S. aureus*, *Salmonella* spp. ve *E. coli*'ye rastlanmamıştır. Bulunan sonuçlar koliform ve maya ve küf bakımından fermente süt ürünleri için Türk Gıda Kodeksi Tebliği'nin mikrobiyolojik kriterlerini karşılamamaktadır (Bilgin ve Kaptan, 2016).

Manda sütündeki yağ içeriğinin ve manda sütü, soya sütü ve mango küspesi oranlarının mango soya takviyeli yoğurdun (MSFY) dokusal özellikleri üzerindeki etkisi rapor edilmiştir. TA-XT2 Tekstürel Analiz Cihazı, değişen oranlarda manda sütü (değişken yağ içeriği), soya sütü (%8.2 toplam katı) ve mango posası (%18 toplam katı) içeren karışımlardan hazırlanan MSFY'nin tekstürel özelliklerini ölçmek için kullanılmıştır. % 6 yağ içeren yoğurdunkilere benzer tekstürel özelliklere sahip MSFY elde etmek için karışımda %2.95 yağ içeriği, %14.7 soya sütü ve %7.2 mango posası ile karışım optimize edilmiştir. Optimize edilmiş karışım kullanılarak hazırlanan MSFY'ye ait tekstür profili değerleri; sertlik (108 - 112 g), kohezyon (0.41 - 0.421), yapışkanlık (-70.3 ila -72.9 g.s), esneklik (0.93 - 0.96) ve sakızimsılık (45.05 - 46.38 g) olarak belirlenmiştir (Kumar ve Mishra, 2003).

Sütün fermantasyonu, besin maddelerinin iyileştirilmiş biyoyararlılığını ve biyolojik işlevleri olan biyoaktif maddelerin üretimi yoluyla besin değerini artırır. Yapılan bir araştırmada, manda, keçi ve inek sütleri ile yoğurtlarda fermantasyon ve depolamanın antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteler üzerindeki etkisini incelenmiştir. Sonuçlar, manda, inek ve keçi yoğurtlarının tüm analizlerde antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve fermantasyon sırasında aktivitelerinin önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Tüm yoğurtların aktiviteleri, 4°C'de 21 günlük bir depolama süresinden sonra değişmeden kalmıştır (Rahmawati ve Suntornsuk, 2016).

Ehsani ve ark., (2016)'nın yaptığı çalışmada probiyotik olarak, *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidium* ve prebiyotik olarak laktolus, oligofruktoz ve inülin içeren manda sütünden set tipi yoğurt örnekleri hazırlanmıştır. Duyusal özelliklerin yanı sıra pH değeri, serum ayrılması ve probiyotik sayılarındaki değişiklikler 4°C'de 21 güne kadar hazırlandıktan sonra tüm yoğurt numunelerinde test edilmiştir. Asitleştirme sonrası pH değerleri 4.53–3.93 aralığında gözlemlenmiştir. Prebiyotiklerin aynı anda kullanılması, depolama sırasında önemli ölçüde daha düşük serum ayrılması oranına yol açmıştır. Bu çalışmada kullanılan probiyotik bakterilerin,

çalışma süresi boyunca $7 \log_{10}$ kob/mL'nin üzerinde hayatta kaldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, probiyotiklerin fizikokimyasal özellikleri iyileştirdiğini ve yoğurt örneklerinde probiyotik bakteri canlılığını artırdığını göstermiştir. Duyusal panelde ise kontrol ve probiyotik yoğurt simbiyotik yoğurda göre daha fazla tercih edilmiştir.

Basilicata ve ark., (2018)'nin yaptığı çalışmada, manda sütü ve ürünlerinden elde edilen biyolojik olarak erişilebilir peptitleri ayrıntılı olarak karakterize etmek amaçlanmıştır. Altı ürün in vitro şekilde simüle edilerek gastrointestinal sindirime tabi tutulmuş ve ardından LC-HRMS ile analiz edilmiştir. Hem manda kazeinine hem de serum proteinlerine (α -LA, β -LG) ait olmak üzere yoğurtta 165, scamorza'da 152, mozzarella'da 146, grana ve ricotta'da 136, dondurma örneklerinde 120 peptit tanımlanmıştır. Sonuçlar, antihipertansif, immünomodülatör, antimikrobiyal, antidiyabetik, antikanser ve antioksidan aktivite dahil olmak üzere geniş bir potansiyel biyoaktif peptit yelpazesini belirlemiştir. Bu veriler, manda sütü ve ürünlerinden salınan sağlıklı peptitlerin içeriğini kanıtlamış ve belirli teknolojik sürecin biyolojik erişilebilirliklerini etkilediğini göstermiştir.

Junaid ve ark., (2023)'nin yaptığı çalışmada laban yoğurdu, sırasıyla manda sütünden, inek sütünden ve %50:50 karışım (inek+manda sütleri) olarak hazırlanmıştır. Daha sonra örnekler 21 gün boyunca buzdolabında depolanmış ve fiziksel, mikrobiyal ve duyusal parametrelerin belirlenmesi için 7, 14 ve 21 günlerde analizler yapılmıştır. Manda sütünden hazırlanan yoğurdun, daha yüksek yağ ve protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiş ve inek sütünden veya karışık süttten hazırlanan labanla karşılaştırıldığında daha iyi tat, aroma ve genel tüketici kabul edilebilirliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca, protein ve toplam kuru madde değişmeden kalırken, asitliği depolama süresi ile birlikte artmıştır. Sonuç olarak, manda sütünden hazırlanan labanın genel kabul edilebilirliği, inek sütünden veya karışık süttten yapılan labaninkinden daha yüksek olarak belirlenmiş, ancak depolama süresinin artması ile birlikte tüm örneklerde beğenin azaldığı belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada, çeşitli probiyotik suşlar kullanılarak antioksidan aktiviteye sahip fonksiyonel bir yoğurt geliştirmek amaçlanmıştır. Kontrol grubu olarak sadece ticari starter kültür içeren yoğurt (C) ve *Lactocaseibacillus rhamnosus*

GG KCTC 12202 BP (T1), Lactiplantibacillus plantarum KU15003 (T2), Lactiplantibacillus plantarum KU15031 (T3), Lactiplantibacillus plantarum NK181 (T4) ve Lactobacillus delbrueckii KU200171 (T5) ile takviye edilmiş probiyotik yoğurtlar üretilmiştir. T5 numunesinin yüksek antioksidan aktivite (sırasıyla DPPH ve ABTS testlerinde 86.5 ± 0.3 ve 39.3 ± 1.0) gösterdiği belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme açısından, T4 ve T5 numuneleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı bir fark göstermemiştir (Kim ve ark., 2021).

Hamed ve ark., (2021) tarafından yapılan çalışmada, manda yoğurdu üretiminde belli oranlarda yer fıstığı kabuğu ekstraktı tozu (PSEP) ilavesinin depolama ile birlikte antioksidan aktivite ve bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Yoğurda PSEP ilavesi, kontrol örneğine kıyasla belirgin viskozite, antioksidan aktivite ve toplam fenolik, asetaldehit ve diasetil içeriklerini artırmış, bununla birlikte yoğurda PSEP ilavesi serum ayrılmasını azaltmıştır. Mikrobiyolojik analizler, taze kontrol yoğurdunda *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* sayılarının en yüksek olduğunu ve tüm örneklerde depolama süresince azaldığını göstermiştir. Hem kontrol hem de T1 (düşük PSEP konsantrasyonu) örneğinde en yüksek kabul edilebilirlik puanı belirlenmiştir.

Nguyen ve ark., (2014b)'nin yaptığı çalışmada standardize ve homojenize edilmemiş manda sütünden yapılan yoğurdun fizikokimyasal ve reolojik özellikleri fermantasyon ve 28 günlük saklama süresi boyunca incelenmiş ve homojenize edilmiş güçlendirilmiş inek sütünden yapılan yoğurdun özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Jel ağındaki bir dizi farkın, süt bileşimindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu mikroyapısal farklılıkların, manda yoğurdunun depolama süresinin 1. ve 28. günlerinde 17.4 'ten 19.7 'ye çıkan daha yüksek serum ayrılmasına neden olduğu belirlenmiştir. Titrasyon asitliği, laktoz tüketimi ve organik asit konsantrasyonlarındaki değişimler benzer olsa da, probiyotik bakterilerin viyabilitesinde farklar kaydedilmiş ve depolamanın 28. gününde manda yoğurdunda belirlenen *Lactobacillus acidophilus* canlılığının daha düşük ($5.17 \log_{10}$ kob/g) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, sütün toplam kuru madde ve protein konsantrasyonu dışındaki faktörlerin, yoğurdun yapısal özelliklerini etkilediğini göstermiştir.

Korbekandi ve ark., (2015)'nin yaptığı bir çalışmada *L. paracasei* ssp. *tolerans* kullanarak probiyotik yoğurt üretilmiş ve üretilen yoğurdun pH değişiklikleri, canlı hücre sayıları ve duyuşal özelliklerini değerlendirilmiştir. *L. paracasei* ssp. *tolerans* ile ticari yoğurt starter kültür karışımı inoküle edilen sütte fermentasyon süresince pH düşüşünün daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Her iki fermante sütte de ilk 120 dakika boyunca pH'da kademeli bir azalma görülmüş, ardından 180-210 dakika arasında keskin bir düşüş yaşanmış ve istenen pH'ya ulaşıncaya kadar sabit bir azalma olduğu belirlenmiştir. Probiyotik bakterinin (*L. paracasei*) canlı hücre sayısı depolama süresi boyunca doğrusal olarak azalmış, ancak probiyotik ürünler için standart sınırların üzerinde kaldığı belirlenmiştir. *L. paracasei* ssp. *tolerans*'ın yoğurda katılmasının, 21 günlük soğuk depolama süresince ticari starter kültürlerin canlılığını veya yoğurdun duyuşal özelliklerini etkilemediği belirlenmiştir. Kontrol ve probiyotik yoğurdun duyuşal özellikleri arasında anlamlı bir fark belirlenmemiştir.

Yapılan bir çalışma, manda yoğurdunun işlenmesinde optimum sıcaklığı belirlemek için kriyo-taramalı elektron mikroskobu ve konfokal lazer taramalı mikroskop kullanılmıştır. Süt, üç farklı sıcaklıkta (37, 40 ve 43°C) fermente edilmiş, 28 gün süreyle saklanmıştır ve yoğurdun mikro yapısı, fizikokimyasal ve reolojik özellikleri değerlendirilmiştir. 37°C'de fermente edilen yoğurdun, kompakt bir mikro yapıya sahip olduğu görülmüş ve probiyotik *Lactobacillus acidophilus* La-5, depolamada daha canlı bulunmuştur. Buna karşılık, 43°C'de daha hızlı bir fermentasyondan üretilen yoğurt, daha yüksek derecede serum ayrılması sergileyen daha gözenekli bir mikro yapıya sahip olduğu gözlenmiş ve daha sert olduğu belirlenmiştir. Tikotropi, tutarlılık katsayısı ve akış davranış indeksi dahil olmak üzere depolama sırasındaki reolojik özellikler, sıcaklıktan önemli ölçüde etkilenmemiş ve laktoz, iyonik kalsiyum veya titre edilebilir asitlik konsantrasyonu da etkilenmemiştir (Nguyen ve ark., 2014b).

Son zamanlarda, özellikle bitkisel gıda veya onun biyoaktif bileşenlerinin katılmasıyla üretilen fonksiyonel yoğurtlara olan tüketici talebinde artış yaşanmaktadır. Dhawi ve ark., (2020) yaptığı çalışma, 0.1 ve 0.2% kadifeotu (*Trigonella foenum-graecum*) tohumunu (F1 ve F2) ile *Moringa oleifera* tohumununun (M1 ve M2) eklenmesiyle fonksiyonel manda yoğurdu üretmişler. Güçlendirme etkileri soğuk depolama sırasında yoğurtların fizikokimyasal, toplam

fenolik içerik (TPC), antioksidan aktivite (AOA), yoğurt starterinin canlılığı ve duyusal kabul edilebilirliği üzerinde değerlendirilmiştir. Güçlendirilmiş yoğurtlarda TPC ve AOA değerleri belirgin şekilde artmıştır ve M2 örneğinin depolamanın 1, 7 ve 14 gününde sırasıyla en yüksek TPC (31.61, 27.29 ve 25.69 mg GAE/g) ve AOA (89.32, 83.5 ve 80.35%) değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Üretimde Kullanılan Süt

Çalışma kapsamında kullanılan manda sütü, Samsun iline bağlı Bafra ilçesi içerisinde yer alan ve manda yetiştiriciliğine elverişli olan Kızılırmak Deltası'nda yetiştiricilik yapan manda sütü üreticilerinden temin edilmiştir.

3.1.2 Üretimde Kullanılan Kültürler ve Probiyotikler

Çalışmada kullanılan yoğurt kültürü (YC-350), Chr Hansen Gıda San. Tic. A.Ş. 'den temin edilmiştir. Kullanılan probiyotik *Lactobacillus* spp. bakterileri (*L. paracasei* ATCC 334, *L. plantarum* ATCC 14917 ve *L. helveticus* ATCC 15009) İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden temin edilmiştir. Kullanılan karamaya, Bafra ilçesi içerisinde yer alan ve manda sütlerinin de temin edildiği Kızılırmak Deltası'ndaki üreticilerden temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Yoğurt Üretiminde Kullanılan Kültürlerin Hazırlanması

Manda yoğurdu üretiminde kullanılmak üzere seçilen, *L. plantarum* ATCC 14917, *L. paracasei* ATCC 334 ve *L. helveticus* ATCC 15009 suşları MRS broth besiyerlerine inoküle edilmiş, mezofilik suşlar 32°C'de, termofilik suşlar ise 42°C'de 24 veya 48 saat süre ile inkübe edilmiştir. Aktifleştirilen suşlar 2. kez MRS brotha inoküle edilerek inkübasyona bırakılmıştır.

Aktifleştirilen suşlar, yoğurt kültürü ve karamaya %1 oranında, %10'luk steril yağsız süte (110°C'de 10dk) inoküle edilmiş ve 37°C 16-18 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Yağsız sütte geliştirilen kültürler, işletme kültürü olarak ağırlıkça %2.5 düzeyinde süte ilave edilmiştir.

3.2.2 Manda Sütüne Uygulanan Analizler

Manda sütünde kuru madde miktarı, uygun kaplara tartılan örneklerin 105±2°C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile gravimetrik olarak, yağ miktarı Gerber yöntemiyle, kül miktarı örneklerin uygun krozelerde 550°C'de yakılması sonucu gravimetrik olarak hesaplanmasıyla (Kurt ve ark., 2007), protein miktarı Kjeldahl yöntemi ile azot miktarının tespiti ve 6.38 faktörüyle çarpılmasıyla (IDF, 1993), asitlik değeri titrasyon yöntemi kullanılarak (Anonim, 2006), pH değeri

ise Mettler Toledo (Seven Compact TM S220, Schwerzenbach, İsviçre) marka pH metre kullanılarak doğrudan okuma ile belirlenmiştir.

3.2.3 Manda Yoğurtlarının Üretimi

Manda yoğurdu örneklerine ait üretim akış şeması Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Temin edilen çiğ manda sütleri ön işlemlerden geçirildikten sonra 90°C’de 10 dakika pastörize edilmiş ve 40-45°C’ye soğutulmuştur. Soğutulmuş sütler 5 gruba ayrılmış ve her bir gruba Tablo 3.1’de belirtilen oranlardaki kültürlerden ağırlıkça %2.5 oranında ilave edilmiştir. Daha önceden steril edilen cam kavanozlara dolmaları yapılmış ve 43±1°C’de pH 4.6’ya ulaşincaya kadar inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon boyunca pH değerleri kontrol edilerek inkübasyonu tamamlanan örnekler 21 gün boyunca depolanmak üzere 4±1°C’deki buzdolabı koşullarına alınmıştır.

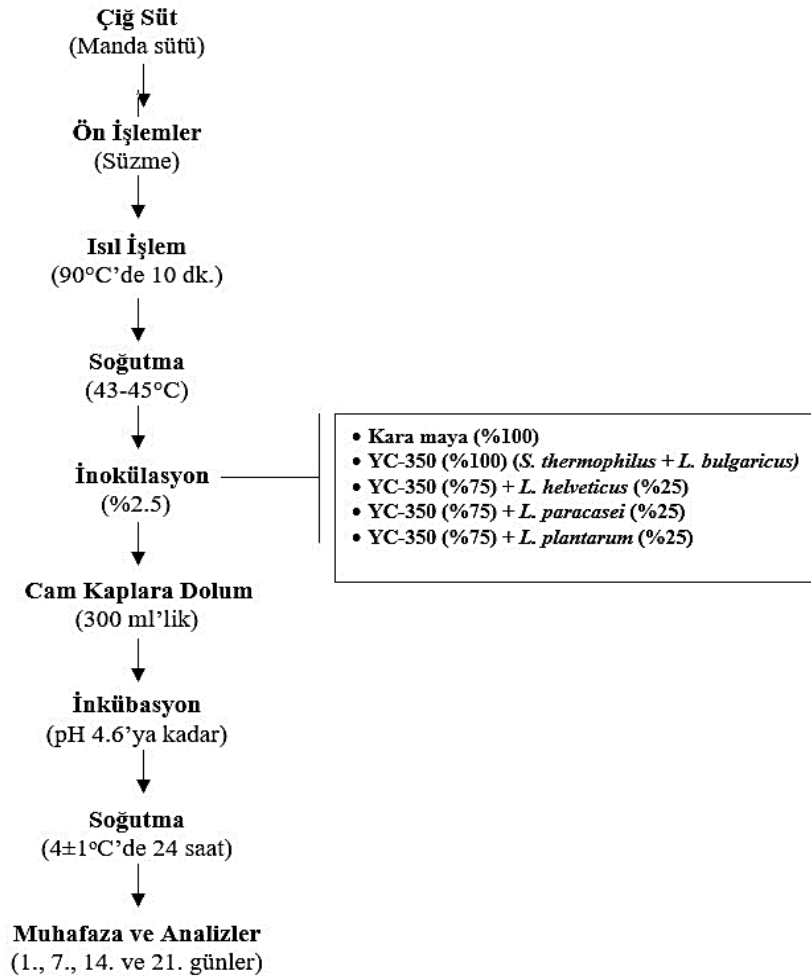


Şekil 3.1 Manda Yoğurtlarına Ait Görsel

Tablo 3.1 Manda Yoğurdu Örneklerinin Üretiminde Kullanılan Starter Kültür Kombinasyonları

Örnek Kodu	
KM	Geleneksel Kültür (%100)
YC	YC-350- <i>S. thermophilus</i> + <i>L. bulgaricus</i> (%100)
LC	YC-350 (%75) + <i>L. paracasei</i> (%25)
LH	YC-350 (%75) + <i>L. helveticus</i> (%25)
LP	YC-350 (%75) + <i>L. plantarum</i> (%25)

Manda yoğurdu üretimi 2 tekerrür olarak gerçekleştirilmiş ve depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerini belirlemek için analizler uygulanmış aynı zamanda uçucu bileşen analizi, peptit profilinin belirlenmesi, GABA ve serbest amino asit miktarlarının tayini depolama boyunca ileri analiz yöntemleriyle belirlenmiştir.



Şekil 3.2 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Üretim Akış Şeması

3.2.4 Manda Yoğurdu Örneklerine Uygulanan Analizler

3.2.4.1 Kuru Madde Tayini

Yaklaşık 5 g yoğurt örneği sabit ağırlığa getirilmiş kuru madde kabına tartıldıktan ve net ağırlığı kaydedildikten sonra 105°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuru madde değeri (%) denklem 3.1 ile hesaplanmıştır (Anonim, 2006)

$$Kuru\ madde\ (\%) = 100 \times \frac{(m_2 - m_1)}{m} \quad (3.1)$$

m: kurutma öncesi numune ağırlığı (g)

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

m₁: sabit tartıma getirilen kabın darası (g)

3.2.4.2 Yağ Tayini

Yoğurt örnekleri yaklaşık 20°C’ye getirilmiştir. Örnekler 1:1 oranında saf su ile sulandırılıp karıştırılmıştır. Süt bütirometresi içerisine önce 10 mL yoğunluğu 1.82 g/mL olan sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi, sonra 20°C’ye ayarlanmış 11 mL sulandırılmış yoğurt ve 1 mL amil alkol ilave edilmiştir. Bütirometrenin tıpası kapatılarak bütirometreler alt üst edilerek yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bütirometreler dengeli bir şekilde Gerber santrifüjüne yerleştirilmiş ve 65°C’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Bütirometre skalasından okunan sonuç 2 ile çarpılarak yoğurdun % yağ miktarı belirlenmiştir (Metin ve Öztürk, 2016).

3.2.4.3 Protein Tayini

Protein miktarı Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Yakma işleminde 1 g örnek için 10 mL sülfürik asit (d=1.84 g/mL, %95 saflıkta) ve katalizör eşliğinde aşamalı olarak (150°C 15 dk, 250°C 20 dk, 270°C 30 dk ve 420°C 40 dk) yakma işlemi (DK-20, Velp Scientifica, İtalya) berrak yeşil renk elde edilene kadar uygulanmıştır. Distilasyon işlemi için ise UDK-149 (VELP Scientifica, İtalya) otomatik distilasyon cihazı kullanılmış (50 mL %35’lik NaOH, 50 mL saf su ve 30 mL %4’lük borik asit) ve elde edilen distilat ayarlı 0.1 N HCl çözeltisi ile titre edilerek sarfiyat hacmi kaydedilmiştir. Yüzde azot miktarı denklem 3.2’deki formülden hesaplanmış olup elde edilen değer, süt ve süt ürünleri için geçerli faktör olan 6.38 ile çarpılarak protein miktarı belirlenmiştir (Kurt ve ark., 2007).

$$Azot\ (\%) = 100 \times \left[\frac{V \times N \times 0,014}{m} \right] \quad (3.2)$$

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

N: Titrasyonda kullanılan ayarlı HCl çözeltilisinin normalitesi

m: Analiz edilen numunenin ağırlığı (g)

3.2.4.4 Titrasyon Asitliği Tayini

10 g yoğurt örneğine oda sıcaklığındaki 10 mL saf su eklenerek homojenize edilip birkaç damla fenolftalein eklenerek 0.1 N NaOH çözeltilisi ile 30 saniye kaybolmayan pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. Toplam asitlik, yüzde olarak laktik asit cinsinden aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 2006).

$$\text{Asitlik (\% laktik asit)} = 100 \times \frac{(V \times N \times 0,090)}{m} \quad (3.3)$$

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

N: Titrasyonda kullanılan ayarlı NaOH çözeltilisinin normalitesi

m: Analiz edilen numunenin ağırlığı (g)

3.2.4.5 pH Değerinin Belirlenmesi

10 g yoğurt örneği 10 mL saf su ile iyice ezilerek su içerisinde homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Daha sonra bu homojen karışımın pH değeri pH metre (Ohaus, Starter 3100) ile doğrudan belirlenmiştir.

3.2.4.6 Kül Tayini

Kurutma fırınında kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra darası alınan porselen krozelere yaklaşık 5 g kadar tartılan yoğurt örneklerine 550°C’de yakma işlemi uygulanmasından sonra desikatörde soğutulup tartılarak kül oranı (%) hesaplanmıştır (Kurt ve ark., 2007).

$$\text{Kül (\%)} = 100 \times \frac{(m_2 - m_1)}{m} \quad (3.4)$$

m: yakma öncesi numune ağırlığı (g)

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

m₁: sabit tartıma getirilen kabın darası (g)

3.2.4.7 Viskozite Tayini

Manda yoğurtlarının viskozite tayini Brookfield marka viskozimetre (Model DV-1+; Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA, USA) kullanılarak

belirlenmiştir. Ölçümler 10°C'ye getirilmiş örneklerde, 3 numaralı spindle kullanılarak, 10 rpm dönüş hızında 20 saniye sonunda 2 paralelli olarak yapılmıştır.

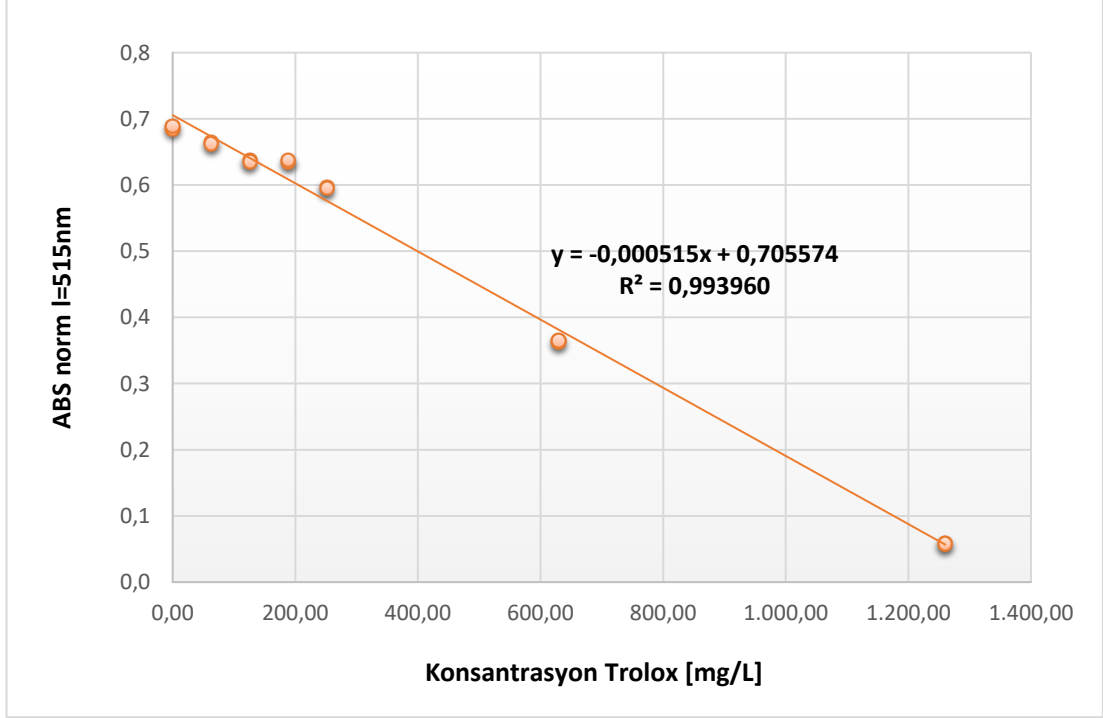
3.2.4.8 Serum Ayrılması Analizi

Yoğurtların serum ayrılması (sinerezis) miktarını belirlemek için, santrifüj tüplerine 5 g yoğurt örneği tartılmış ve yüksek devirli, soğutmalı santrifüjde (NF-400R, Nüve AŞ, Ankara) 5000 rpm dönüş hızında 4°C'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Katı kısımdan ayrılan serum miktarı gram olarak tespit edilerek, sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir (Celik ve Bakırcı, 2003).

3.2.4.9 Antioksidant Aktivite Analizleri

3.2.4.9.1 DPPH Yöntemi

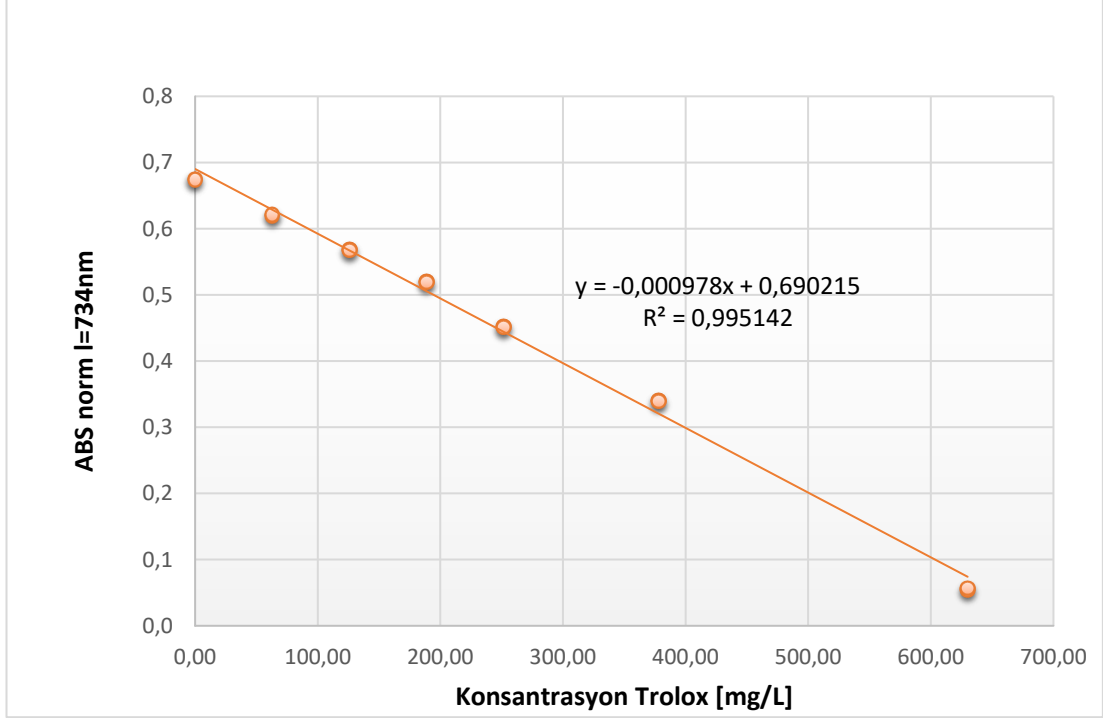
DPPH* çözeltisini hazırlamak için 2.5 mg DPPH* reaktifi 100 mL metanol içerisinde çözdürülmüştür. Manda yoğurdu örnekleri metanol ile 1:4 oranında seyreltilerek homojen hale getirilmiş ve 13500 rpm'de (4°C) 10 dk boyunca santrifüj (NF-400R, Nüve AŞ, Ankara) edildikten sonra filtre edilmiştir. Ardından 3.9 mL DPPH* çözeltisine 0.1 mL metanolik supernatant eklenerek 45dk boyunca karanlıkta bekletilmiş ve süre sonunda karışımın absorbansı spektrofotometrede (Shimadzu UV mini-1240 UV-VIS Spektrofotometre) 515nm'de methanole karşı ölçülmüştür (Gurkan ve ark., 2019). Farklı konsantrasyonlarda Trolox çözeltileri hazırlanarak Şekil 3.3'de gösterilen kalibrasyon eğrisi çizilerek sonuçlar mg Trolox Eşdeğeri/L örnek (mg TE/L) cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.3 Farklı Konsantrasyonlarda Trolox Standardına Ait Absorbans Eğrisi (515nm)

3.2.4.9.2 ABTS Yöntemi

ABTS+* [(2,2-azino-di-(3-etilbenzotialozin-sülfonik asit)], 2,45 mM potasyum persülfat kullanılarak 10 mL hacimde ve 7 mM olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 16 saat bekletilmiştir. Daha sonra çözeltiye etil alkol eklenerek 734 nm'deki absorbansı 0.700 ± 0.02 'ye ayarlanmıştır. Manda yoğurdu örnekleri, 1:9 oranında etanol ile seyreltilerek Ultra Turrax ile (IKA, model T18, Staufen, Almanya) homojen hale getirilmiş ve daha sonra 13500 rpm'de, 4°C'de 10 dakika boyunca santrifüjlenmiştir (NF-400R, Nüve AŞ, Ankara). 0.1 mL etanolik ekstrakt üzerine 2.4 mL ABTS+* çözeltisi eklenmiş ve karanlıkta 10 dk süreyle bekletildikten sonra 734 nm'de absorbans değerleri belirlenmiştir (Shimadzu UV mini-1240 UV-VIS Spektrofotometre). Farklı konsantrasyonlarda Trolox çözeltileri hazırlanarak Şekil 3.4'te gösterilen kalibrasyon eğrisi çizilerek sonuçlar mg Trolox Eşdeğeri/L örnek (mg TE/L) cinsinden ifade edilmiştir (Gurkan ve ark., 2019).



Şekil 3.4 Farklı Konsantrasyonlarda Trolox Standardına Ait Absorbans Eğrisi (734nm)

3.2.4.10 Mikrobiyolojik Analizler

Aseptik koşullara uyularak, steril bir kaşık yardımıyla homojen hale getirilen yoğurtlardan 10 g örnek steril stomacher poşetlerine alınmış ve 90 mL tamponlanmış peptonlu su ilave edildikten sonra 30 saniye stomacher cihazında (BagMixer 400P, Interscience Co., Fransa) karıştırılarak homojen hale getirilmek suretiyle 10⁻¹'lik dilüsyon hazırlanmıştır. Daha sonra steril pipetler yardımıyla elde edilen homojenatlardan 1 mL alınarak 9 mL steril tamponlanmış peptonlu su içeren tüplere aktarılmıştır. Bu şekilde seri dilüsyonlar gerçekleştirilerek uygun dilüsyonlardan besiyerlerine dökme yöntemiyle ekimler gerçekleştirilmiştir (IDF, 1992).

3.2.4.10.1 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB), Plate Count Agar (PCA, Merck) besi yerine uygun dilüsyonlarda ekim yapılarak 30°C'de 48 saat inkübasyonun ardından besiyerindeki kolonilerin sayılması ve dilüsyon faktörü ile çarpılması sonucu belirlenmiştir. Sonuçlar log₁₀ kob/g olarak ifade edilmiştir (Richardson, 1985).

3.2.4.10.2 *Streptococcus* Spp. Sayımı

Streptococcus spp. sayımı için uygun dilüsyonlardan M17 agar (Merck, pH 7.1) besi yerine ekim yapılmış ve aerobik koşullarda 37°C'de 48 saat inkübe edilmiştir.

Besi yerlerindeki koloniler sayılarak dilisyon faktörü ile çarpılmış ve sonuçlar \log_{10} kob/g olarak ifade edilmiştir (IDF, 1997)

3.2.4.10.3 *Lactobacillus* Spp. Sayımı

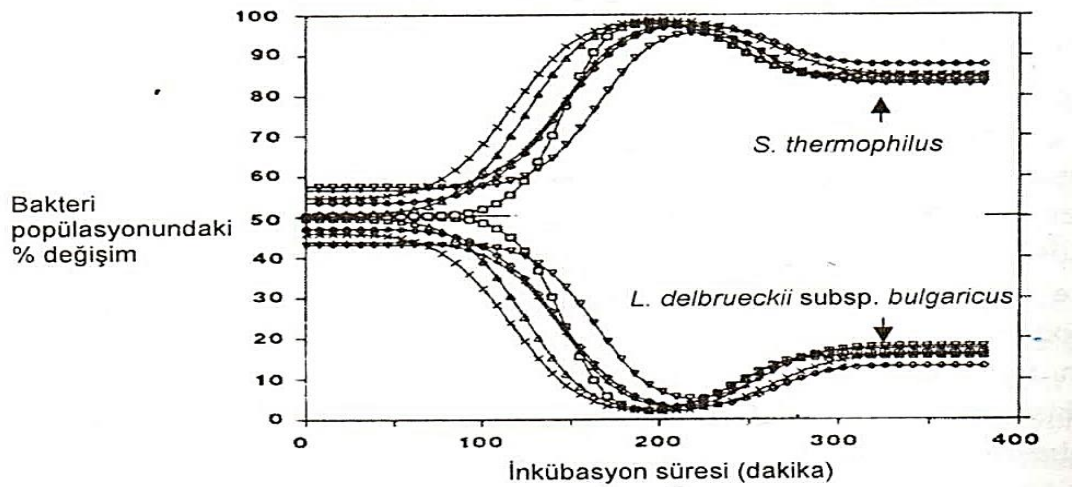
Lactobacillus spp. sayımı için uygun dilisyonlardan MRS agar (Merck, pH 5.4) besi yerine ekim yapılmış ve anaerobik koşullarda 37°C'de 72 saat inkübe edilmiştir. Anaerobik koşul, Anaerocult A sochets (Merck) kullanılarak sağlanmıştır. Besi yerlerindeki koloniler sayılarak dilisyon faktörü ile çarpılmış ve sonuçlar \log_{10} kob/g olarak ifade edilmiştir (IDF, 1997)

3.2.4.10.4 Toplam Maya ve Küf

Maya ve küf sayısı, pH'sı 3.5 olacak şekilde %10'luk laktik asit ile asitlendirilmiş PDA (Potato Dextrose Agar, Merck) besi yerine uygun dilisyonlarda ekim yapılarak 25°C'de 4 gün inkübasyona bırakılmış ve ardından koloniler sayılarak sonuçlar \log_{10} kob/g olarak ifade edilmiştir (Richardson, 1985).

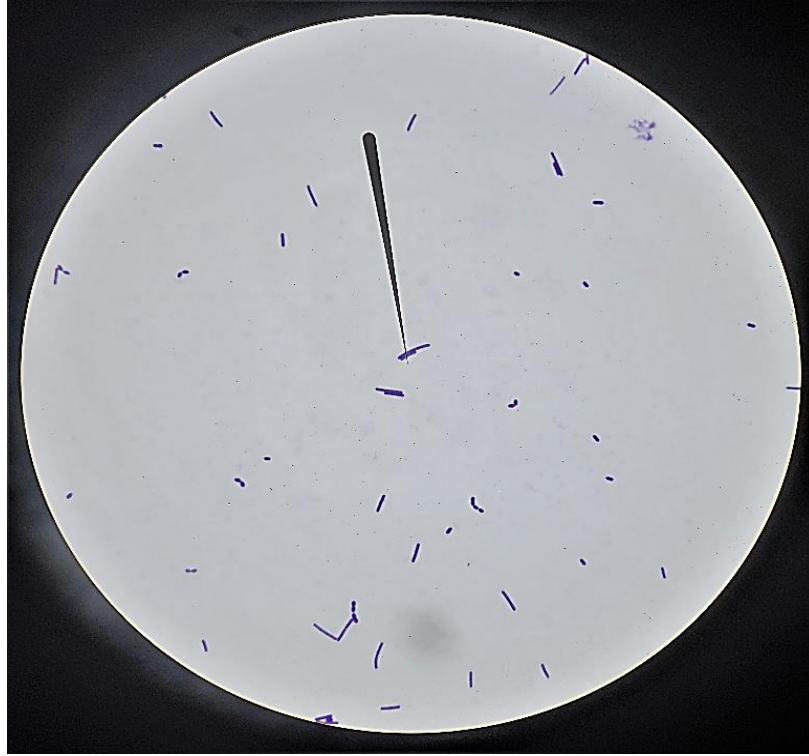
3.2.4.10.5 Kok-Basil Oranı

Ticari yoğurt kültürlerinde genellikle laktobasiller ve streptokoklar arasında 1:1 oranı bulunmaktadır ve bu oran fermentasyon sırasında hızla değişmektedir (Şekil 3.5). Burada belirtilen 1:1 oranının gerçekte 1 laktobasil hücrene karşılık 4-5 streptokok hücrenin varlığının ifade edilmesidir (Tamime ve Deeth, 1980). Bunun gerekçesi olarak *S. thermophilus*'un zincir formunda bulunması ve her bir zincirin ortalama 4-5 streptokok hücresi içermesidir (Özer, 2006).



Şekil 3.5 İnkübasyon Süresince Yoğurt Bakterilerinin Popülasyonlarında Meydana Gelen Değişim (Beal ve Corrieu, 1991)

Manda yoğurdu örneklerinde kok-basil oranını belirlemek üzere her yoğurt örneğinden lam üzerine örneklerden bir kaç damla alınmış ve metilen mavisi ile boyanarak ateşle sabitlenmiştir. Alan başına kok ve basil sayıları optik mikroskop (Zeiss Primostar) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.6). Her bir lam üzerinde en az 3 farklı alandan sayım gerçekleştirilmiştir (Zare ve ark., 2012).



Şekil 3.6 Kok ve Basil Sayımı için Mikroskop Görüntü Örneği

3.2.4.11 Hidroliz Derecesinin Belirlenmesi

Hidroliz derecesi (DH), Sah ve ark., (2014) tarafından açıklanan OPA yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. OPA reaktifi, 25 mL sodyum tetraborat tamponu (100 mM; pH 9.3), 2.5 mL sodyum dodecyl sülfat (20%, w/w), 40 mg OPA (1 mL metanol içinde çözülmüş), ve 100 µL b-merkaptolanol'ün bir araya getirilmesiyle hazırlanmış, ardından su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Serin standartı (0.9516 mEq/L), 50 mg serin (Sigma Chemical Company) 500 mL deiyonize su içinde çözüldürülerek hazırlanmıştır. Her 3 gr yoğurt örneğine 0.75 M TCA'dan 3 mL eklenmiş ve oda sıcaklığında 10 dk inkübe edilmiştir. Daha sonra karışım, 4°C'de 4000xg'de 30 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Süpernatant, 0.45 µm şırınga filtresinden geçirilerek -20°C'de analiz yapılana kadar saklanmıştır.

Alınan örnekler (400 µl), içinde 3 mL OPA reaktörü bulunan bir deneme tüpüne eklenmiş ve 5 saniye boyunca karıştırılmıştır. İnkübasyon işlemi tam olarak iki dakika boyunca oda sıcaklığında gerçekleştirildikten sonra, absorbans (A_{sample}) UV spektrofotometre (Shimadzu UV mini-1240 UV-VIS Spektrofotometre) kullanılarak 340 nm'de ölçülmüştür. Deneysel adımlar, kör deneme için Milli-Q su ile (A_{blank}) ve standart olarak kullanılan serin çözeltisi ile (A_{standard}) tekrarlanmıştır. Hidroliz derecesi, denklem 3.5 kullanılarak belirlenmiştir.

$$DH (\%) = \frac{h}{h_{tot}} \times 100 \quad (3.5)$$

Burada, h_{tot}, protein eşdeğerindeki toplam peptit bağ sayısıdır. Kazein için h_{tot} değeri 8.2 mEq/g protein olarak belirlenmiş ve h, hidrolize edilen bağ sayısıdır, ki bu denklem 3.6 eşitliği kullanılarak belirlenmiştir.

$$h = \frac{(SerineNH_2 - \beta)}{\alpha} \quad (3.6)$$

Kazein için $\alpha = 1.039$; $\beta = 0.383$ mEq/g protein ve Serin-NH₂ değeri denklem 3.7 kullanılarak belirlendi.

$$SerineNH_{2(mEq/g\ protein)} = \left[\frac{A_{sample} - A_{blank}}{A_{standard} - A_{blank}} \right] \times Conc\ of\ Serine\ Std\ (mEq/l) \times V \times \frac{100}{X} \times P \quad (3.7)$$

burada, V: numunenin son hacim içeriği, litre; X: yoğurt örneğinin ağırlığı, g; P: yoğurt numunesindeki protein yüzdesi (w/w)'dir.

3.2.4.12 Suda Çözünen Ekstraktların Hazırlanması

Suda çözünen ekstraktların hazırlanmasında, Sah ve ark., (2014) tarafından belirtilen metot modifiye edilerek uygulanmıştır. Bu kapsamda, fermente süt örneklerinden 20 gr tartılarak 10,000×g'de 4°C'de 30 dk boyunca Allegra X-30R santrifüj cihazı (Almanya) kullanılarak santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant, 0.45 µm'lik şırınga filtresi (Millex®) kullanılarak süzölmüş ve filtrat liyofilize edilerek kurutulmuştur. Toz haline getirilen ekstraktlar, peptit profili belirlenmesi için -20°C'de saklanmıştır.

3.2.4.13 Peptit Profilinin Belirlenmesi

Fermente süt örneklerinin peptit profili, ters fazlı yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (RP-HPLC) kullanılarak belirlenmiştir (Hayaloğlu ve ark., 2011). Analiz için Shimadzu LC 20 AD Prominence HPLC cihazı (Shimadzu Corporation,

Kyoto, Japonya) tercih edilmiştir. Kromatografik ayırım için Amerika menşeli Zorbax 300SB C18 kolon (4.6 mm x 250 mm x 5 µm) kullanılmış ve elüsyon işlemi, 214 nm dalga boyundaki Diod Array Dedektör (DAD, model SPD-M20A prominence) tarafından gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak, akış hızı 0.75 mL/dakika olan solvent A [%0.1 TFA (Trifloroasetikasit; v/v) içeren HPLC-grade deiyonize saf su (Milli-Q system; Waters Corp., Molsheim, Fransa)] ve solvent B [%0.1 TFA içeren asetonitril (v/v) (Sigma-Aldrich, UHPLC plus, Amerika)] kullanılmıştır.

Liyofilize edilmiş suda çözünen ekstraktlardan 100 mg alınarak, 1 mL solvent A ile çözündürülmüştür. Daha sonra, 0.45 µm selüloz asetat filtre ile filtrasyondan geçirilen çözeltiden 80 µL alınarak HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Elüsyon gradiyentli olarak gerçekleştirilmiş ve akış programı Tablo 3.2’de belirtilmiştir.

Tablo 3.2 Peptit Profili Analizinde Hareketli Faz Çözeltilerinin (A ve B) Kromatografi Süresi İçerisinde Kolondan Geçiş Oranları

Süre (dk)	Hareketli Faz A (%)	Hareketli Faz B (%)
0	0	0
5	100	0
60	70	30
75	50	50
80	40	60
85	5	95
90	5	95
95	100	0
105	100	0

3.2.4.14 GABA ve Serbest Aminoasit Miktarı Analizi

Falcon tüpüne tartılmış olan 10 g manda yoğurdu örneği üzerine 0.1 N HCl çözeltisi içerisinde hazırlanmış 0.4 mM methionine sülfon çözeltisinden 10 mL ilave edilmiştir ve elde edilen karışım 20 dakika süre boyunca ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra 4°C 3000 x g’de 10 dakika santrifuj edilerek süpernatanttan 1 mL alınıp üzerine 1 mL %40’lık TCA ilave edilmiş ve 10 dakika boyunca 0-4°C’deki buzlu suda bekletilmiştir. Ardından 20000 x g’de 10 dakika santrifuj edilerek elde edilen depoteinize süpernatanttan 25 µL alınarak liyofilize edilmiştir. Kurutulmuş örnek üzerine 20 µL eşleme tamponu (metanol:1M sodium asetat: trietilenamin) (2:2:1) eklenerek tekrar liyofilize edilmiştir. Ardından üzerine 20 µL türevlendirme tamponu (metanol: trietilenamin: deiyonize su: fenilizotiyosiyonat) (7:1:1:1) ilave

edilerek çalkalanmış ve sonra oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin ardından tekrar liyofilize edilmiş ve 1 mL seyreltme tamponu ilave edilerek 0.20 µm çapındaki filtreden geçirilmiştir. Son aşama olarak filtre edilmiş örnekten 40 µL alınarak HPLC kolonuna enjekte edilmiştir (Hayaloğlu ve ark., 2011). Sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

Amino asitlerin ve GABA'nın ayırımında Kromasil 100-5C18 (150 x 4,6 mm) kolonu kullanılmıştır. %2.5 asetonitril içeren 75 mM sodyum asetat (pH'sı asetik asitle 6.55'e ayarlanmış) çözeltisi solvent A olarak kullanılmıştır. Solvent B ise asetonitril: deiyonize su: metanol 9:8:3 (v/v/v) oranında karıştırılarak hazırlanmış ve her iki solvente 10 mg/L olacak şekilde disodyum etilendiamintetra asetik asit (Na₂EDTA) ilave edilmiştir. Daha sonra 40°C'de 254 nm'de 1 mL/dk akış oranı ile kolona enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Solventlere ait akış oranı Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Amino asit Analizinde Hareketli Faz Çözeltilerinin (A ve B) Kromatografi Süresi

Süre (dk)	Hareketli Faz A (%)	Hareketli Faz B (%)
0	95	5
11	65	35
16	50	50
20	30	70
25	30	70
30	95	5
35	95	5

Amino asit standartları, 0.1 N HCl içeren 0.4 mM metionin sülfon çözeltisi kullanılarak hazırlanmış ve alıkonma süreleri, örnek enjeksiyonu öncesi her biri tek tek cihaza enjekte edilerek belirlenmiştir. Daha sonra, serbest amino asit standartları, en yüksek konsantrasyondan en düşük konsantrasyona doğru karışım halinde kolona enjekte edilmiştir. Gerçekleştirilen ayırımın ardından, tüm serbest amino asitler için HPLC sisteminin yazılım programında standart eğriler oluşturularak hesaplamalar yapılmıştır.

3.2.4.15 Uçucu Bileşik Analizi

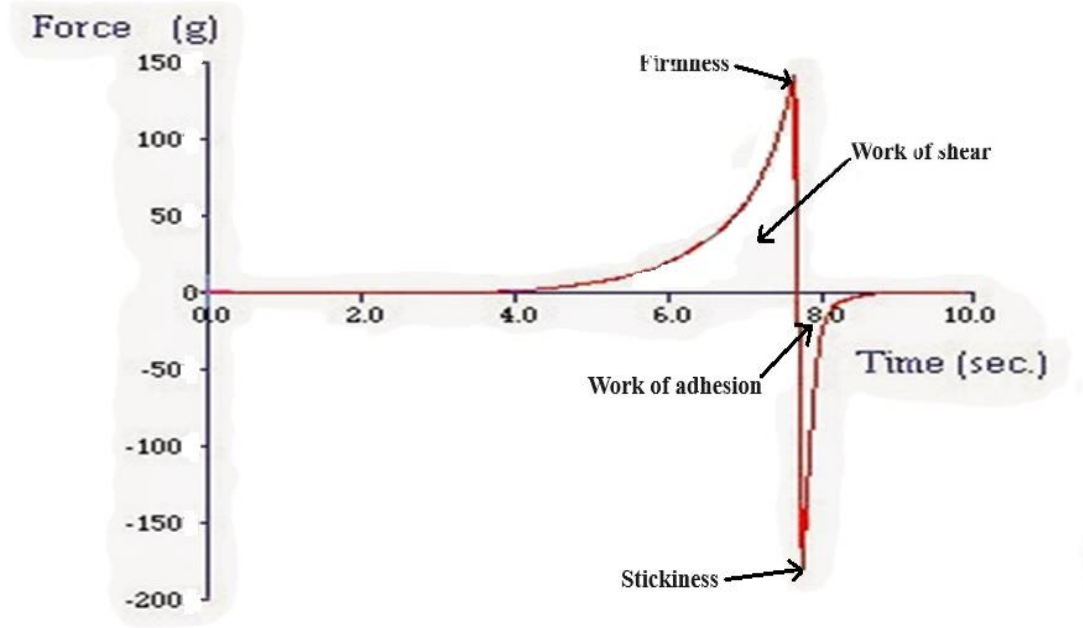
Uçucu aroma bileşenlerinin tespitinde, Shimadzu GC gaz kromatografisi ve bağlı Shimadzu QP-2010 kütle spektrometresi (MS) sistemi kullanılmıştır. Cam viallere 3 gr örnek konularak, üzerine 10 µL metanolde çözülmüş ve 100 ppm'lik 2-

metil-3-heptanone içeren iç standart eklenmiştir. Örnekler, ısıtma ünitesinde 40°C’de 30 dk bekletilmiş ve ekstraksiyon işlemi 75 µm carboxen-polydimethylsiloxane fiber (Supelco SPME Fiber, 75 µm Carboxen-PDMS, Bellefonte, Amerika) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bekleme süresinin ardından fiber açık konuma getirilerek vialin tepe boşluğunda 40°C’de 30 dk boyunca tutulmuş, ekstrakte edilen uçucu bileşiklerin desorpsiyonu için fiber 2 dk süreyle GC-MS enjeksiyon portunda bırakılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum tercih edilmiş ve akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Uçucu bileşiklerin ayrılması için DB-Wax kolon (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı, desorpsiyon periyodu olarak 40°C’de 2 dk süreyle tutulmuş, ardından dakikada 5°C artırılarak sıcaklık 70°C’ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 1 dk süreyle sabit tutulmuştur. Daha sonra sıcaklık, dakikada 10°C artışla 240°C’ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 47 dk süreyle tutulmuştur (Hayaloğlu ve ark., 2013). Manda yoğurdu örneklerindeki uçucu bileşen miktarları, iç standartın pik alanı ile karşılaştırılarak µg/100 g olarak belirlenmiştir.

3.2.4.16 Tekstür Analizi

Manda yoğurdu örneklerinin Katılık (firmness), Kıvamlılık (work of shear), Yapışkanlık (stickiness) ve İç yapışkanlık (work of adhesion) gibi tekstürel özelliklerini belirlemek amacıyla 10 kg’lık bir yük hücreesine sahip tekstürel analiz cihazı (Stable Micro Systems, model TA-XT plusC, Godalming, Surrey, UK) kullanılmıştır. Analizin uygulanmasında dişi ve erkek koniden oluşan TTC spreadibility rig kullanılmış olup, örnekler dişi konik içerisine bir spatül yardımı ile doldurularak yüzeyi düzlenmiştir. Numuneler 3 mm/s test hızı ile 23mm derinliğe kadar sıkıştırılmıştır. Örnekler erkek ve dişi konik problar arasında sıkışıp dışarıya taşarken katılık (firmness) ve kıvamlılık (work of shear) değerleri ölçülürken, probun numuneden geri çekilmesi esnasında ise Yapışkanlık (stickiness) ve İç yapışkanlık (work of adhesion) değerleri belirlenmiştir. Ölçüme ait kuvvet deformasyon eğrisi şekil 3.7’de gösterilmiştir. Burada Katılık (Firmness), probun örnek içine nüfuzu sonrasında oluşan tepe noktasında hesaplanan kuvvet, yapışkanlık ise probun örnekten geri çekilmesine gösterdiği direnç kuvvetini gösteren negatif tepe noktasında hesaplanan kuvveti tanımlamaktadır. Kıvamlılık (work of shear) pozitif tepe eğrisinin altındaki alan olarak tanımlanırken, İç yapışkanlık (work of adhesion) negative tepe eğrisinin üzerindeki alan olarak tanımlanmaktadır. Analizi uygulamak ve belirlenen

verileri kaydetmek için Texture Exponent yazılımı (versiyon 8.0.6.0, Stable Micro Systems, Surrey, UK) kullanılmıştır. Analiz en az dört ölçüm şeklinde gerçekleştirilmiş ve ortalaması alınmıştır. Katılık (firmness) değeri g, kıvamlılık (work of shear) değeri g.s, yapışkanlık (stickiness) değeri g ve iç yapışkanlık (work of adhesion) değeri g.s olarak ifade edilmiştir (Schädle ve ark., 2022).



Şekil 3.7 Tekstür Analizi Sırasında Belirlenen Kuvvet Deformasyon Eğrisi Örneği

3.2.4.17 Duyusal Analiz

Manda yoğurdu örneklerinin duyusal değerlendirilmesinde Clark ve ark., (2009) tarafından belirtilen kriterler dikkate alınarak hazırlanan duyusal analiz formu kullanılmıştır (Tablo 3.4). Duyusal analiz, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 10 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır. Duyusal değerlendirmede örnekler 150-200 gramlık porsiyonlar halinde bir süre oda sıcaklığında bekletildikten sonra panelistlere sunulmuştur. Örnekler üç basamaklı rastgele sayılarla kodlanmıştır. Örnekler arasındaki tadım farklılıklarının daha net anlaşılması amacıyla örnekler panelistlere su ve kraker eşliğinde sunulmuştur. Renk ve görünüş, yapı ve tekstür, aroma ve genel kabul edilebilirlik değerlendirmeleri 10 puan üzerinden yapılmıştır.

Tablo 3.4 Duyusal Analiz Formu

Panelist Ad-Soyad:					
Tarih:					
Manda Yoğurdu Duyusal Değerlendirme Formu					
Örnek No:					
Renk ve Görünüş Puanı (1-10)					
Renk ve Görünüş Kusurları					
Doğal olmayan renk					
Koyu renk					
Topaklı Yapı					
Büzülme					
Serum ayrılması					
Yapı ve Tekstür Puanı (1-10)					
Yapı ve Tekstür Kusurları					
Jölemsi yapı					
Çok sert yapı					
Zayıf yapı					
Pütürlü yapı					
Lezzet Puanı (1-10)					
Lezzet Kusurları					
Yüksek asitlik					
Yetersiz asitlik					
Yabancı tat					
Ransid tat					
Pismiş tat					
Doğal olmayan tat					
Genel Kabul Edilebilirlik (1-10)					

3.2.4.18 İstatistiksel Analizler

Araştırmada 5 farklı starter kültür kombinasyonu (Tablo 3.1) kullanılmış olup analizler 4 farklı depolama süresinde (1., 7. 14. ve 21. günler) 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler Spss version 25 (Armonk, NY, IBM Corp., Amerika) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Sonuçlar ortalama değerler \pm standart sapma olarak ifade edilmiş ve $P < 0.05$ istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir. Her bir dönem ve her bir örnek çeşidi kendi arasında Tek yönlü varyans analizine (One way Anova) tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar

Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenerek farklı harflerle ifade edilmiştir. Ayrıca verilere iki yönlü varyans analizi (Two way Anova) uygulanarak ortalama değerler arasındaki farklılıklar ve faktörlerin interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak belirlenmiştir. Farklı starter kültür kullanımının ve depolama süresinin manda yoğurtlarında belirlenen uçucu bileşikler ve peptit profili üzerine etkisinin belirlenmesi için yapılan ısı haritası ve Temel Bileşen Analizi (PCA) ile Kısmi En Küçük Kareler Diskriminant Analizi (PLS-DA), çevrimiçi bir yazılım olan MetaboAnalyst kullanılarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Üretimde Kullanılan Manda Sütüne Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Manda yoğurdu örneklerinin üretiminde kullanılan çiğ manda sütüne ait fizikokimyasal özellikler Tablo 4.1’de verilmiştir. Değerlerin, Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (2019)’nde belirtilen manda sütü özelliklerine uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1 Üretimde Kullanılan Çiğ Manda Sütüne Ait Kimyasal Özellikler

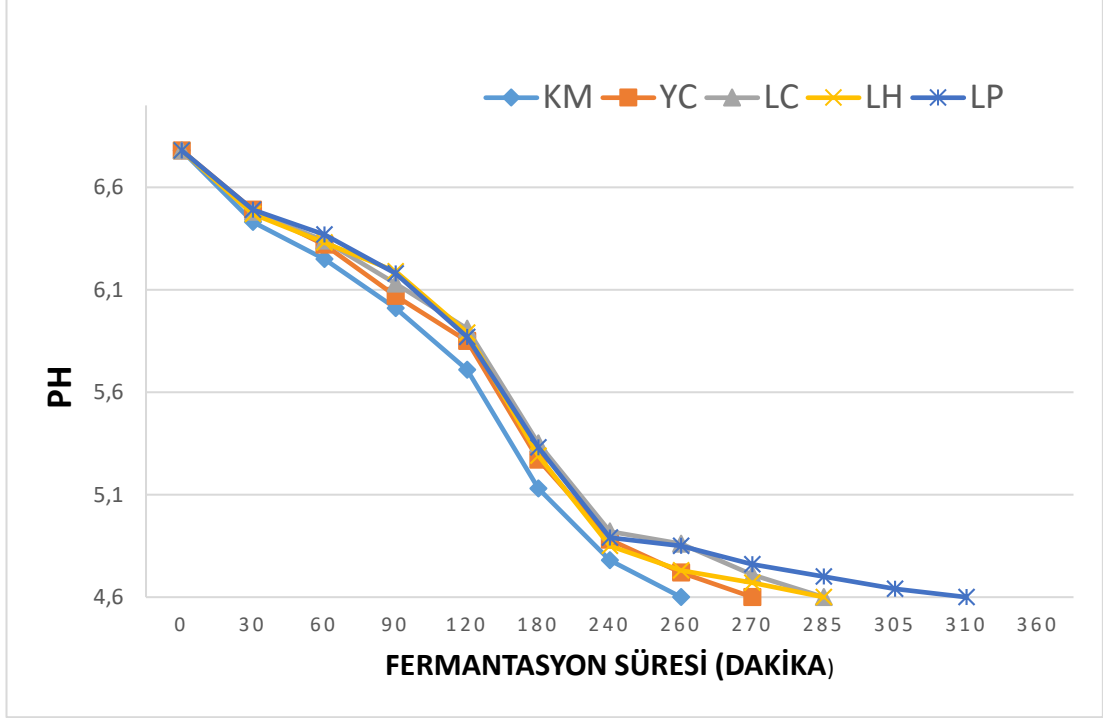
Kimyasal Özellikler	Değerler
Kuru madde (%)	15.43±0.04
Yağ (%)	6.7±0.20
Kül (%)	0.828±0.01
Protein (%)	4.27±0.02
pH	6.78±0.02
Laktik asit (%)	0.146±0.002

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

4.2 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.2.1 pH Değeri

Manda yoğurdu örneklerinin üretimi sırasındaki pH değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Tüm örnekler aynı süttten üretilmiş ve üretilen sütün başlangıç pH değeri 6.78 olarak belirlenmiştir. Örnekler için pH değerleri sık sık kontrol edilerek değer 4.6’ya ulaşıncaya kadar fermantasyon sonlandırılmıştır. Fermantasyon sırasında zamana bağlı pH değişiminde en hızlı düşüş KM örneğinde, en yavaş düşüş ise LP örneğinde belirlenmiştir. Fermantasyonun ilk 4 saatlik diliminde örneklerin pH değerleri yakın seyrederken, daha sonrasında farklar açılmıştır. Diğer kültürlerle kıyasla daha çeşitli mikrofloraya sahip olduğu düşünülen karamaya ile üretilmiş KM örneğinin fermantasyonu tamamlama süresi probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerinden daha kısa olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Manda Yoğurdu Üretimi Sırasındaki pH Değişimi

Bezerre ve ark., (2012) manda yoğurdunda fermantasyon sırasında pH'nın 4.6'ya ulaşma süresini 263 dk olarak belirlemiştir. Bu değer bizim çalışmamızdaki probiyotik içermeyen örneklerle benzer olduğu görülmektedir.

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen pH değerleri Tablo 4.2'de ve Şekil 4.2'de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1'de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde depolama ile birlikte tüm örnek çeşitlerinde pH değerleri düşüş göstermektedir ve bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). En düşük pH değeri depolamanın 21. gününde KM örneğinde (3.95) belirlenirken, en yüksek pH değeri ise depolamanın 1. gününde LH örneğinde (4.44) belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde depolama ile pH değeri diğer örneklere göre daha fazla düşen KM örneğinde titrasyon asitliği daha fazla yükselmiştir.

Tablo 4.2 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen pH Değerleri

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	4.19±0.03 ^{a,C}	4.09±0.00 ^{a,B}	4.01±0.00 ^{a,AB}	3.95±0.01 ^{a,A}
YC	4.30±0.03 ^{b,C}	4.24±0.01 ^{b,C}	4.12±0.01 ^{b,B}	4.02±0.01 ^{b,A}
pH LC	4.26±0.01 ^{ab,C}	4.14±0.01 ^{a,B}	4.03±0.00 ^{a,A}	3.99±0.00 ^{b,A}
LH	4.44±0.00 ^{c,D}	4.34±0.01 ^{c,C}	4.21±0.00 ^{c,B}	4.09±0.00 ^{c,A}
LP	4.41±0.02 ^{c,D}	4.28±0.01 ^{b,C}	4.14±0.02 ^{b,B}	4.07±0.00 ^{c,A}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

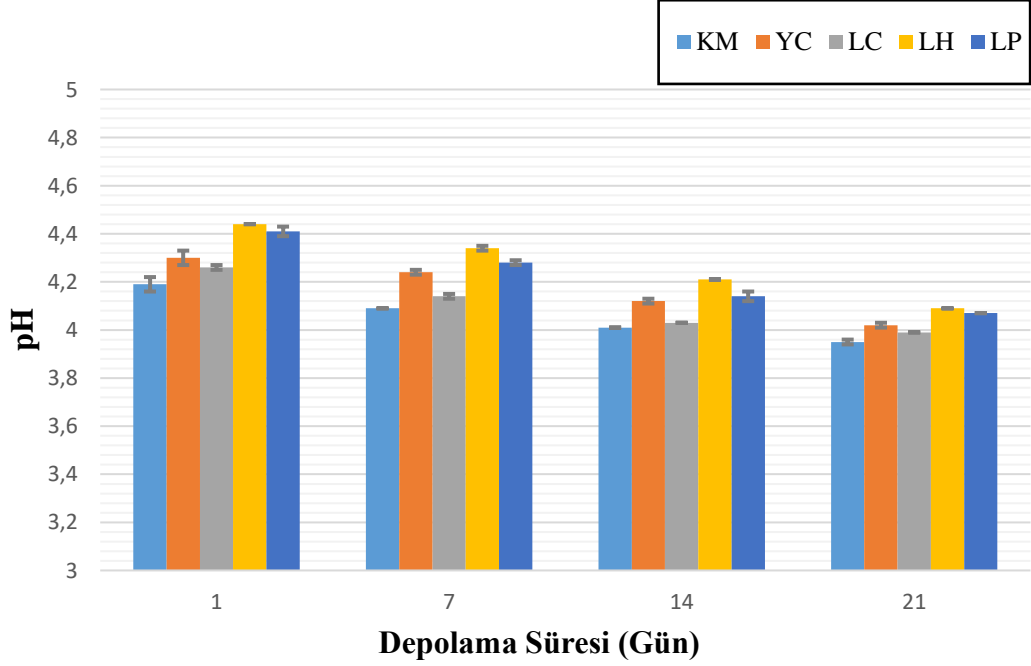
a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Tüm örnek çeşitlerinde yogurt inkübasyonu pH 4.6'da sonlandırılmış olup, depolama süresince örnek çeşitleri arasında farklar meydana gelmiştir. Karamaya ile üretilen manda yoğurdunda (KM) pH değerleri tüm depolama dönemlerinde diğer örnek çeşitlerine kıyasla daha fazla düşüş sergilemiştir ($P<0.05$). Buna karamayanın diğer kültürlerle kıyasla daha çeşitli mikrofloraya sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir. KM örneğinden sonra pH değerindeki en fazla düşüş *L. paracasei* ile üretilmiş LC örneğinde meydana gelmiştir.

Hamed ve ark., (2021) manda yoğurdunda depolamanın 1. 7. ve 14. günlerinde pH değerini sırasıyla 4.67, 4.35, ve 4.21 olarak, Dhawi ve ark., (2020) 4.59, 4.40 ve 4.10 olarak belirlemiştir. Bilgin ve Kaptan (2016) piyasadan temin ettikleri ev yapımı manda yoğurtlarında pH değerlerini 3.78-4.15 aralığında belirlemiştir. Akgün ve ark., (2016) %6.5 yağ içeren manda yoğurdunda 1., 10 ve 20. günlerde pH değerini sırasıyla 4.60, 4.41 ve 4.35 olarak belirlemiştir. Sheikh ve ark., (2023) manda yoğurdunda pH değerini depolamanın 1. 7. 14. ve 21. günlerinde sırasıyla 4.69, 4.58, 4.53 ve 4.44 olarak, Ehsani ve ark., (2016) 4.53, 4.40, 4.26 ve 4.13 olarak, Junaid ve ark., (2023) 4.59, 4.41, 4.41 ve 4.34 olarak, Abdullah ve ark., (2012) 4.68, 4.62, 4.53 ve 4.48 olarak belirlemiştir. Emirmustafaoğlu ve ark., (2020) piyasadan temin ettikleri manda yoğurtlarında pH değerini ortalama 4.20 olarak belirlemiştir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun pH değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.2 Depolama Süresince Belirlenen pH Değerleri Grafiği

4.2.2 Titrasyon Asitliği

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen titrasyon asitliği değerleri Tablo 4.3 ve Şekil 4.3’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde en düşük asitlik değeri %0.858 ile depolamanın 1. gününde LP örneğinde, en yüksek asitlik değeri ise %1.055 ile depolamanın 21. gününde KM örneğinde belirlenmiştir. Depolama ile birlikte tüm örneklerde asitlik değeri yükselmiş, KM örneğinde belirlenen değer tüm depolama dönemlerinde diğer örneklerden fazla olarak belirlenmiştir ($P<0.05$).

Örneklere ait asitlik değerlerinin, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022)’ne uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Titrasyon Asitliği Miktarları

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
Titrasyon Asitliği (%)	KM	0.878±0.006 ^A	0.958±0.007 ^{b,B}	0.988±0.013 ^{b,B}	1.055±0.011 ^{b,C}
	YC	0.865±0.004 ^A	0.915±0.004 ^{a,B}	0.938±0.005 ^{a,C}	0.986±0.006 ^{a,D}
	LC	0.861±0.008 ^A	0.903±0.003 ^{a,B}	0.941±0.006 ^{a,C}	0.990±0.004 ^{a,D}
	LH	0.868±0.000 ^A	0.902±0.001 ^{a,B}	0.949±0.000 ^{a,C}	0.971±0.005 ^{a,D}
	LP	0.858±0.006 ^A	0.903±0.003 ^{a,B}	0.937±0.001 ^{a,C}	0.983±0.000 ^{a,D}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

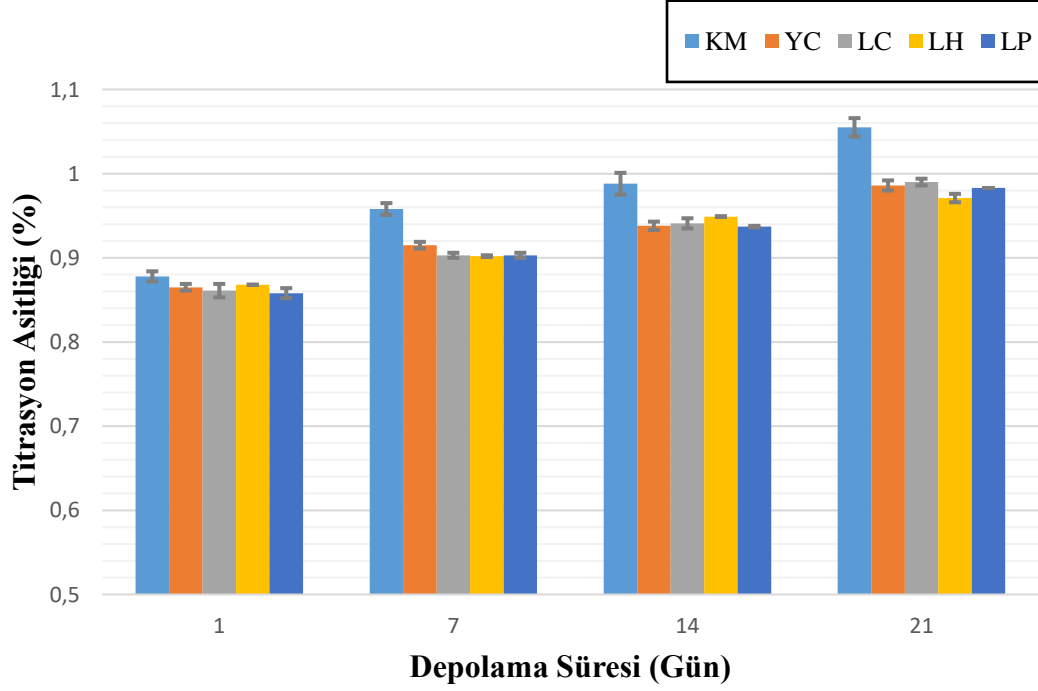
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Taha ve ark., (2017)'nin yaptığı çalışmada sadece yoğurt kültürü kullanılarak üretilen yoğurdun asitlik değerleri depolamanın 0. günde %0.65, 7. günde %0.90, 15. günde ise %1.02 olarak belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada yogurt kültürüne ek olarak *L. helveticus* kullanılan örnekte ise 0. gün %0.70, 7. gün %1.02 ve 15. gün %1.31 olarak belirlenmiştir. Akgün ve ark., (2016)'nin yaptığı çalışmada ise tam yağlı manda yoğurdunda titrasyon asitliği değerleri 1. günde %0.85, 10. günde %0.94 ve 20. günde %1.00 olarak belirlenmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında Taha ve ark., (2017) çalışmasındaki 0. gün hariç diğer değerlerin, bu çalışmadaki YC örneğindeki titrasyon asitliği değerleri ile benzer olduğu görülmektedir. Yine aynı çalışmadaki *L. helveticus* içeren örnek ile bu çalışmadaki LH örneği karşılaştırıldığında ise bu çalışmada elde edilen titrasyon asitliği değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.3 Depolama Süresince Belirlenen Titrasyon Asitliği Değerleri Grafiği

4.2.3 Kuru Madde Miktarı

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresi boyunca belirlenen kuru madde miktarları Tablo 4.4 ve Şekil 4.4’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de verilmiştir. Tablo 4.4 incelendiğinde, örneklere ait kuru madde oranlarının %15.13 ile %15.76 arasında değiştiği görülmektedir. En düşük kuru madde oranı %15.13 ile depolamanın 7. gününde LP örneğinde, en yüksek kuru madde oranı ise %15.76 ile depolamanın 14. gününde KM ve LC örneğinde belirlenmiştir. Depolama süresince kuru madde oranlarında önemli bir değişim olmadığı görülmektedir. Gu ve ark., (2021) üretimde aynı sütün kullanılmasının ve benzer üretim koşullarının sağlanmasının kuru madde oranlarının stabil kalmasında etkili olduğunu belirtmişler. Yine ilgili tablo incelendiğinde farklı starter kültür kullanımının kuru madde değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Nitekim Işık ve ark., (2023) fermente süt üretiminde kullanılan farklı kültür kombinasyonlarının kimyasal bileşim üzerinde etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 4.4 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kuru Madde Miktarları

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	
Kuru madde (%)	KM	15.72±0.16	15.70±0.09	15.76±0.06 ^b	15.65±0.17
	YC	15.37±0.16	15.45±0.01	15.28±0.02 ^a	15.31±0.21
	LC	15.37±0.10	15.23±0.08	15.76±0.19 ^b	15.56±0.22
	LH	15.24±0.16	15.17±0.27	15.14±0.04 ^a	15.16±0.03
	LP	15.54±0.26	15.13±0.22	15.17±0.15 ^a	15.30±0.15

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

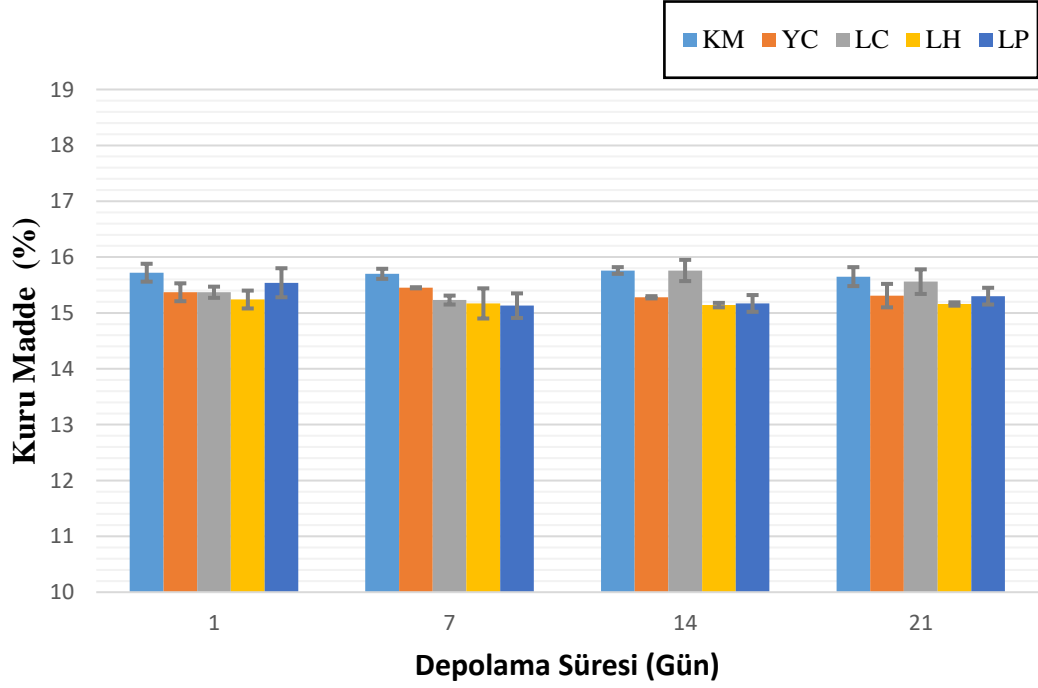
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Elde edilen veriler yapılmış olan benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Sheikh ve ark., (2023)'nin kontrol manda yoğurdu örneğinde belirlediği (%14.81-15.29) ve Khan ve ark., (2020)'nin manda yoğurdu örneklerinde belirlediği kuru madde (%15.57-15.68) değerleriyle benzer; Taha ve ark., (2017)'nin farklı kültürler kullanarak ürettiği probiyotik manda yoğurdu örneklerinde belirlediği (%11.71-12.94) ve Tami ve ark., (2022)'nin kontrol manda yoğurdu örneğinde belirlediği (%12.74) kuru madde değerlerinden yüksek; Gu ve ark., (2021)'nin farklı kültürler kullanarak ürettiği probiyotik manda yoğurdu örneklerinde belirlediği (%18.62-18.85) ve Nguyen ve ark., (2014)'nin probiyotik manda yoğurdu örneklerinde belirlediği (%17.10) kuru madde değerlerinden düşük olarak belirlenmiştir. Literatürdeki bu farklılıkların, manda sütlerinin elde edildiği hayvanın cinsine, beslenmesine, iklim ve çevre şartlarının farklı oluşuna ve laktasyon dönemlerinin farklılığına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidinin kuru madde miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), depolama süresinin etkisi ve depolama süresi x örnek çeşidi interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.4 Depolama Süresince Belirlenen Kuru Madde Miktarları Grafiği

4.2.4 Yağ Miktarı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen yağ oranları Tablo 4.5 ve Şekil 4.5’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde yağ oranlarının %6.67 ile %6.80 arasında değiştiği ve depolama süresi boyunca önemli bir değişim olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar farklı kültür kullanımının ve depolama süresinin manda yoğurtlarının yağ değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığını göstermektedir ve istatistiksel olarak da önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Örnekler, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022)’ne göre tam yağlı yogurt kategorisine girmektedir.

Tablo 4.5 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Yağ Miktarları

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
Yağ (%)	KM	6.79±0.05	6.80±0.02	6.77 ±0.06	6.75±0.02
	YC	6.77±0.06	6.76±0.01	6.72±0.09	6.79±0.03
	LC	6.74±0.01	6.78±0.04	6.72±0.03	6.71±0.00
	LH	6.67±0.03	6.73±0.02	6.74±0.01	6.75±0.05
	LP	6.73±0.01	6.78±0.04	6.77±0.03	6.76±0.04

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

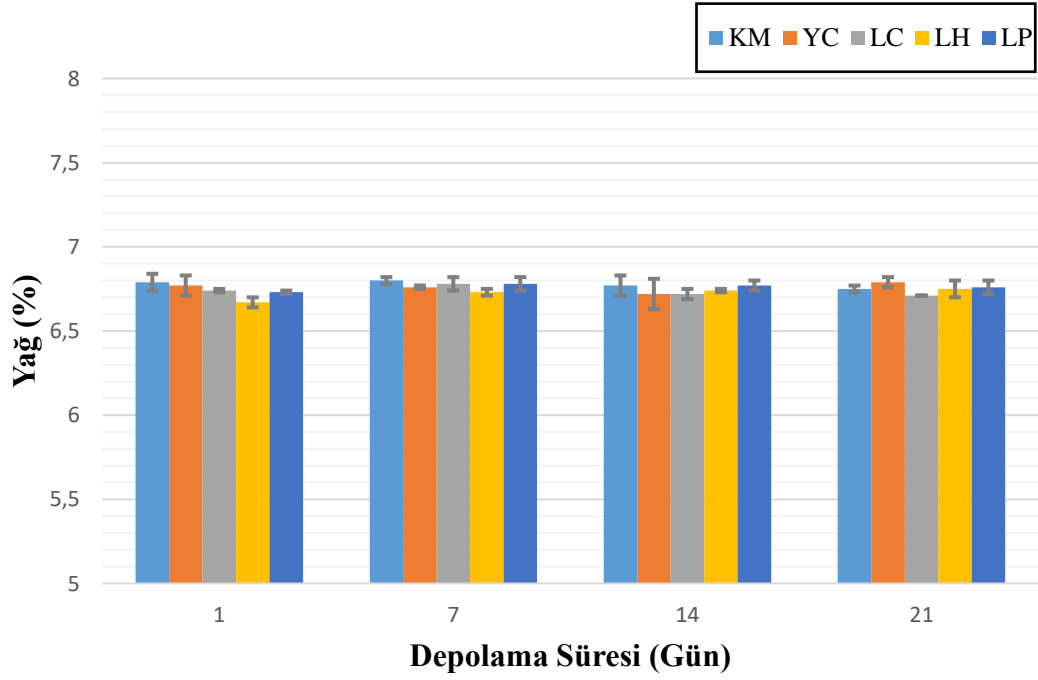
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Khan ve ark., (2020) farklı soğutma normlarının manda yoğurduna etkisini araştırdıkları çalışmada yağ değerini %6.21–6.27 aralığında, Ivanova ve ark., (2010) manda yoğurdu kontrol örneğinde yağ değerini %7.00 olarak belirlemişler. Bu değerler yapılan bu çalışmadaki yağ değerleri ile yakınlık göstermektedir. Nguyen ve ark., (2014) probiyotik manda yoğurdunda yağ oranını %7.9 olarak, Erkaya ve Şengül (2011) yaptıkları çalışmada manda yoğurdunun yağ oranını %8.40 olarak belirlemişler. Bu değerlerin yapılan bu çalışmadaki yağ oranlarından yüksek olduğu görülmektedir. Yadav ve ark., (2018) yaptığı çalışmada ise manda yoğurdu örneğinde yağ oranı %3.25 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin yapılan bu çalışmada belirlenen yağ oranından düşük olduğu görülmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun yağ oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.5 Depolama Süresince Belirlenen Yağ Miktarları Grafiği

4.2.5 Kül Miktarı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen kül oranları Tablo 4.6 ve Şekil 4.6’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de gösterilmiştir. Kül oranlarının %0.826 ile %0.919 arasında değiştiği ve depolama boyunca sadece depolamanın 7. gününde örnekler arasında fark görülmektedir.

Tablo 4.6 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kül Miktarları

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	
KM	0.874±0.062	0.914±0.005 ^{bc}	0.896 ±0.006	0.901±0.024	
YC	0.901±0.018	0.948±0.023 ^c	0.919±0.007	0.910±0.005	
Kül (%)	LC	0.859±0.013	0.893±0.020 ^{bc}	0.877±0.015	0.876±0.028
	LH	0.873±0.008	0.865±0.005 ^{ab}	0.871±0.037	0.856±0.008
	LP	0.829±0.035	0.826±0.003 ^a	0.844±0.030	0.887±0.024

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

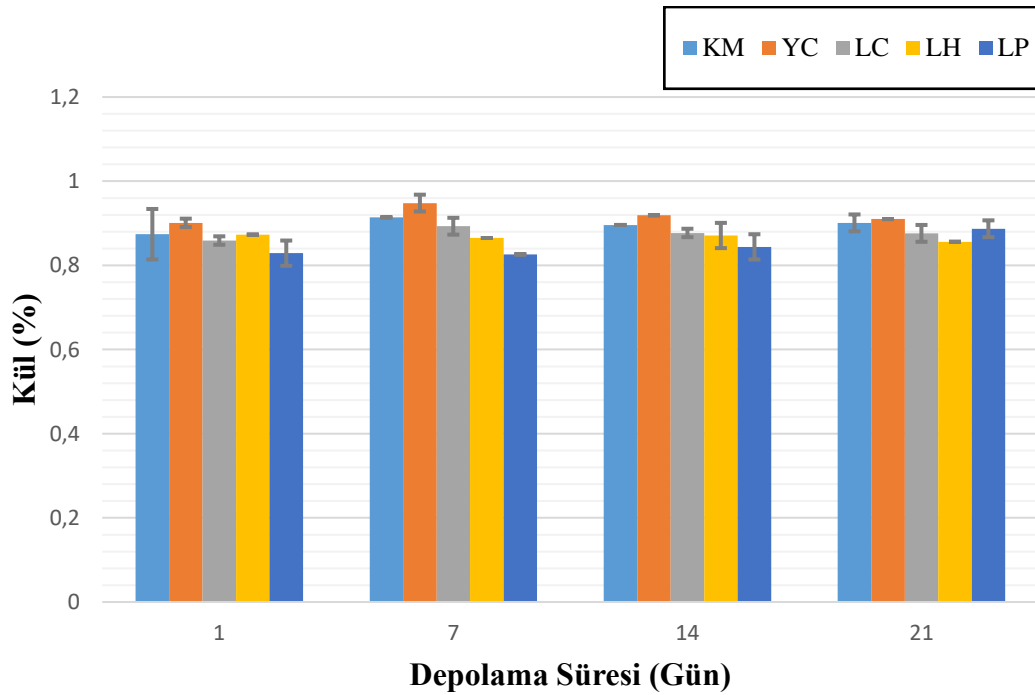
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Bu çalışmada bulunan kül değerleri, Erkaya ve Şengül (2011)'ün (%0.87), Emirmustafaoğlu ve ark., (2020)'nın (%0.84), Han ve ark., (2007)'nin (%0.85) manda yoğurdunda belirlediği kül değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidinin kül oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun kül oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.6 Depolama Süresince Belirlenen Kül Miktarları Grafiği

4.1.6 Protein Miktarı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen protein değerleri Tablo 4.7 ve Şekil 4.7'de, varyans analiz sonuçları ise Ek 1'de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde depolama süresince ve örnekler arasında önemli bir değişim yaşanmadığı görülmektedir. Protein oranları %4.22 ile %4.45 arasında değişmiştir.

Örneklere ait protein değerlerinin, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022)'ne uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Protein Miktarları

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
Protein (%)				
KM	4.40±0.02	4.29±0.00	4.28±0.01	4.29±0.05
YC	4.32±0.03	4.40±0.05	4.26±0.08	4.30±0.07
LC	4.36±0.18	4.32±0.08	4.26±0.04	4.22±0.06
LH	4.39±0.05	4.33±0.01	4.35±0.00	4.25±0.04
LP	4.45±0.15	4.34±0.07	4.37±0.03	4.24±0.01

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

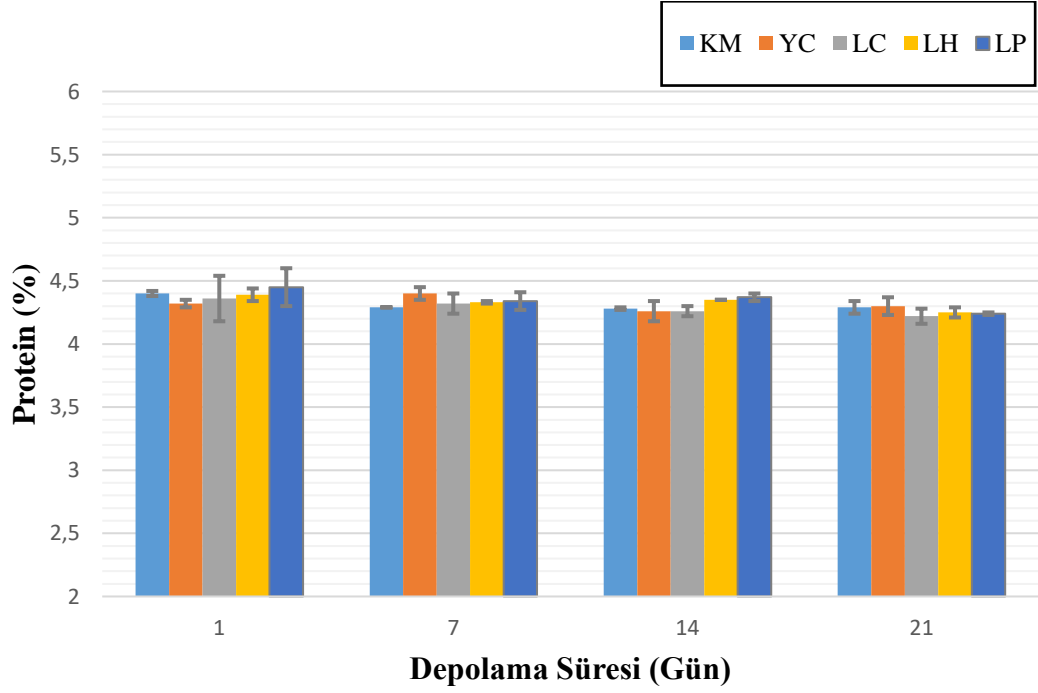
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Abdullah ve ark., (2012)'nin yaptığı çalışmada kontrol manda yoğurdu örneğinde depolama boyunca protein değeri %4.23 – 4.26 arasında, Rahmawati ve Suntornsuk (2016)'un çalışmasında manda yoğurdu protein oranı %4.7, Erkaya ve Şengül (2010)'ün yaptığı çalışmada ise manda yoğurdu protein oranı %4.67 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalardaki protein değerleri, bu çalışmada belirlenen protein değerleriyle benzerlik göstermektedir. Yapılan bu çalışmada belirlenen protein değerlerinden daha düşük olarak, Juniad ve ark., (2023) manda yoğurdundan üretilen ayranın protein oranını depolama süresince %3.56-3.59 arasında, Khan ve ark., (2020) depolama süresince manda yoğurdu örneklerinde protein oranını %3.37–3.42 arasında, Bezerra ve ark., (2012) ise manda yoğurdunda protein oranını %3.1 olarak belirlemiştir. Bu çalışmanın protein değerinden yüksek olarak, Bilgin ve Kaptan (2016) yaptıkları piyasa çalışmasında ev yapımı manda yoğurdunun protein değerini %5.24 – 5.45 olarak belirlemiştir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre depolama süresinin protein oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), örnek çeşidinin ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun protein oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.7 Depolama Süresince Belirlenen Protein Miktarları Grafiği

4.1.7 Antioksidant Aktivite Miktarı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen antioksidant aktivite değerleri Tablo 4.8 ve Şekil 4.8’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de gösterilmiştir. Manda yoğurdu örneklerinde depolama boyunca DPPH değerleri 49.33 mg TE/L ile 99.94 mg TE/L arasında belirlenmiş ve en düşük değer depolamanın 14. gününde LH örneğinde belirlenirken en yüksek değer ise depolamanın 21. gününde KM örneğinde belirlenmiştir. Probiyotik içermeyen KM ve YC örneklerinde belirlenen DPPH miktarları depolama ile birlikte artarken, probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerinde belirlenen miktar depolama ile azalmıştır. Hamed ve ark., (2021) depolama sırasında antioksidant aktivitenin düşmesine mikrobiyal aktivitenin neden olabileceğini belirtmişler. Bu çalışmada belirlenen *Lactobacillus* spp. ve *Streptococcus* spp. değerleri incelendiğinde DPPH değerleriyle ters orantılı şekilde hareket ettiği görülmektedir.

Tablo 4.8 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Antioksidant Aktivite Değerleri (mg TE/L)

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
DPPH (mg TE/L)	KM	70.96±5.52 ^{a,A}	92.51±2.83 ^{b,B}	92.22±7.27 ^{c,B}	99.94±2.56 ^{d,B}
	YC	63.91±5.25 ^a	71.92±3.90 ^a	76.68±3.36 ^{bc}	76.97±2.96 ^c
	LC	77.45±3.63 ^{ab,B}	72.77±3.23 ^{a,AB}	60.86±3.63 ^{ab,A}	65.15±2.15 ^{bc,AB}
	LH	71.63±0.26 ^{a,B}	64.86±4.17 ^{a,B}	49.33±4.04 ^{a,A}	56.95±4.31 ^{ab,AB}
	LP	87.83±1.88 ^{b,C}	69.25±3.63 ^{a,B}	51.61±2.42 ^{a,A}	50.95±3.90 ^{a,A}
ABTS (mg TE/L)	KM	102.27±1.64 ^{b,C}	78.30±1.64 ^{c,B}	69.21±1.91 ^{b,A}	117.16±0.54 ^{c,D}
	YC	96.86±2.18 ^{ab,D}	63.31±1.23 ^{a,A}	73.75±1.23 ^{bc,B}	84.00±0.13 ^{a,C}
	LC	113.39±0.68 ^{c,C}	71.43±1.23 ^{b,A}	80.42±0.54 ^{d,B}	119.29±0.54 ^{d,D}
	LH	95.02±2.05 ^{a,C}	76.94±2.46 ^{bc,B}	62.44±1.36 ^{a,A}	122.67±0.41 ^{e,D}
	LP	94.05±0.95 ^{a,D}	57.51±0.95 ^{a,A}	76.94±1.09 ^{cd,B}	88.25±0.41 ^{b,C}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

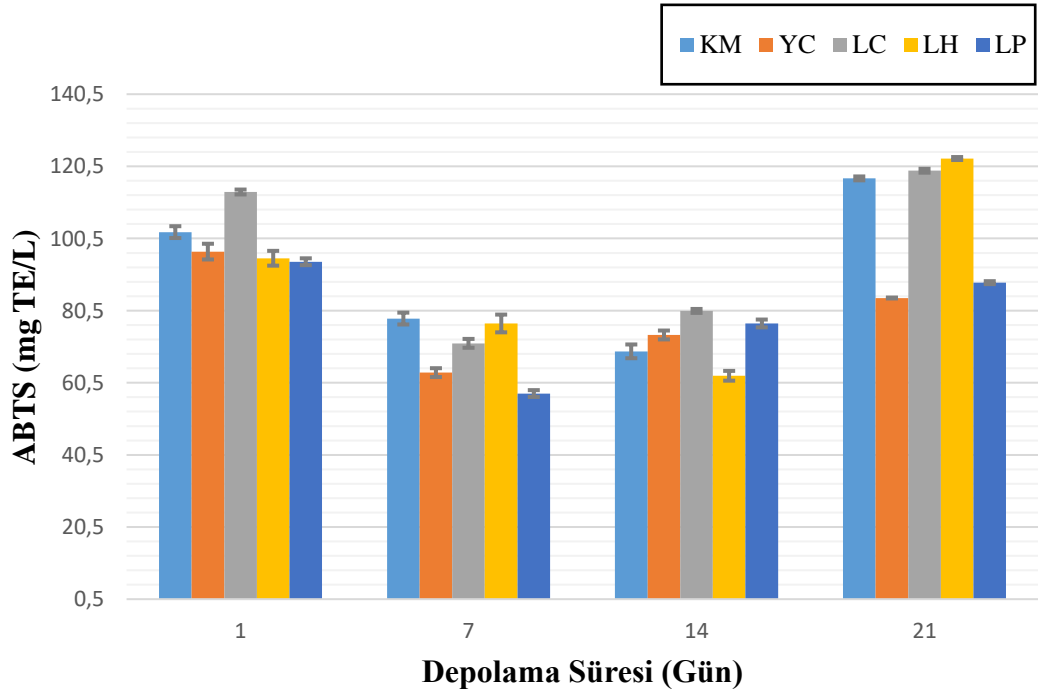
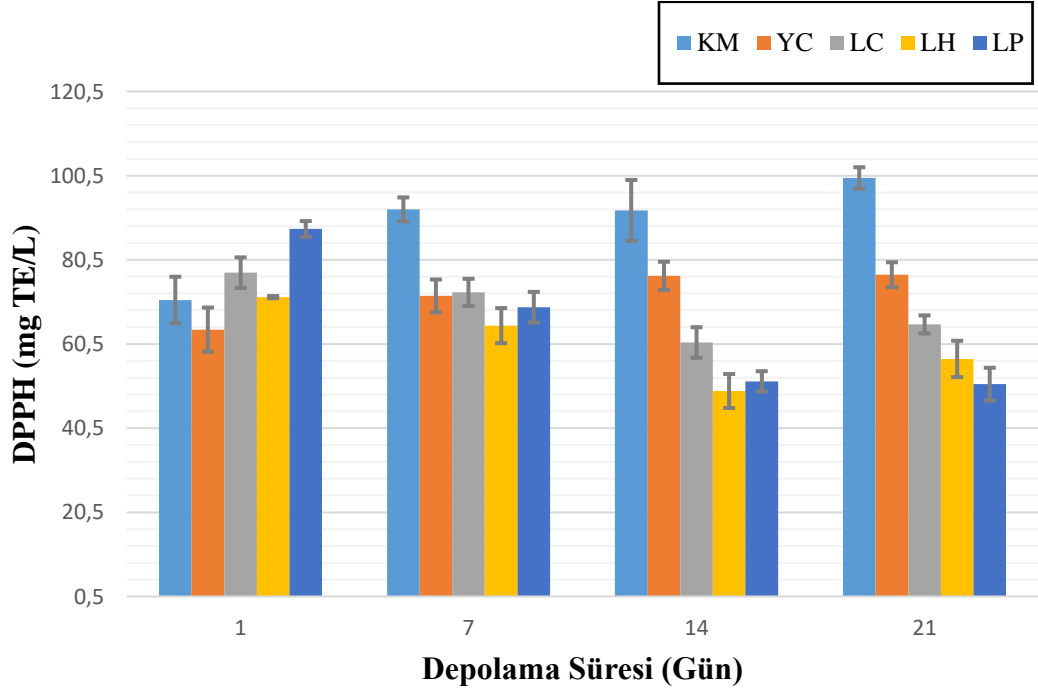
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Manda yoğurdu örneklerinde depolama boyunca ABTS değerleri 57.51 mg TE/L ile 122.67 mg TE/L arasında belirlenmiş ve en düşük değer depolamanın 7. gününde LP örneğinde belirlenirken en yüksek değer depolamanın 21. gününde LH örneğinde belirlenmiştir. ABTS değerlerinin depolamanın 7. gününe kadar YC, LC ve LP örneklerinde, 14. gününe kadar ise KM ve LH örneklerinde azaldığı daha sonra 21. gününe kadar yükseldiği görülmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun DPPH ve ABTS değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.8 Depolama Süresince Belirlenen DPPH ve ABTS Miktarları Grafiği

4.1.8 Serum Ayrılması Miktarı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen serum ayrılması değerleri Tablo 4.9 ve Şekil 4.9’da, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de gösterilmiştir. En düşük serum ayrılması değeri depolamanın 1. gününde LC örneğinde (25.45 ± 0.47), en yüksek serum ayrılması değeri ise depolamanın 21. Gününde KM (42.44 ± 0.75) örneğinde

belirlenmiştir. Bilgin ve Kaptan (2016) ev yapımı yoğurt örneklerindeki asitlenme oranının daha yüksek olmasının sonucu olarak daha az gelişmiş protein ağına sahip olunmasının serum ayrılmasına daha duyarlı bir jel yapısının oluşabileceğini belirtmişler. Karamaya ile üretilen örnekte (KM) daha yüksek asitlik tespit edilmesi (Tablo 4.6) ve daha fazla serum ayrılmasının görülmesi bu görüşü desteklemektedir. Depolama ile birlikte tüm örneklerde serum ayrılması değeri yükselmiştir. Depolamanın 7. günü ile 14. günü arasındaki dönemde serum ayrılması oranındaki artışın diğer dönemlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Depolama ile meydana gelen bu artışın yine titrasyon asitliğindeki artışla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.9 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Serum Ayrılması Miktarları

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
Serum Ayrılması (%)	KM	29.99±1.47 ^{bc,A}	33.49±0.18 ^{b,A}	41.21 ±0.53 ^{b,B}	42.44±0.75 ^{b,B}
	YC	31.64±0.65 ^{bc,A}	35.61±0.04 ^{c,B}	40.82±0.54 ^{b,C}	42.37±0.75 ^{b,C}
	LC	25.45±0.47 ^{a,A}	31.62±0.46 ^{a,B}	38.01±0.23 ^{a,C}	38.55±0.31 ^{a,C}
	LH	28.39±0.27 ^{ab,A}	30.30±0.55 ^{a,A}	37.60±1.07 ^{a,B}	38.48±0.52 ^{a,B}
	LP	32.08±0.87 ^{c,A}	36.75±0.35 ^{c,B}	38.95±0.25 ^{ab,C}	39.80±0.30 ^{a,C}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

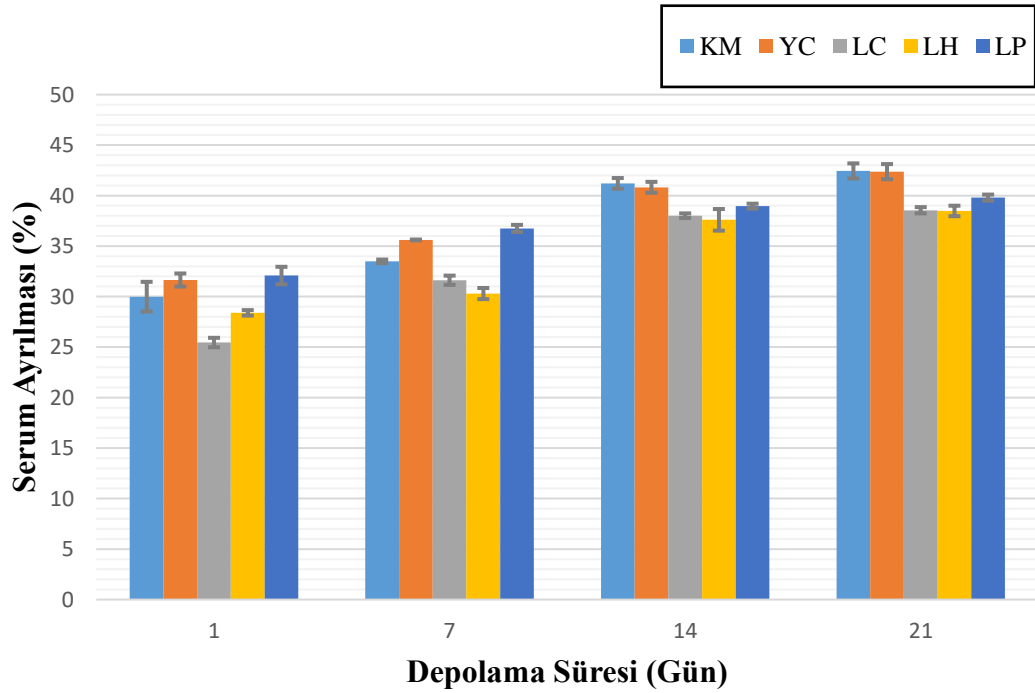
A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Hamed ve ark., (2021) yaptıkları çalışmanın kontrol manda yoğurdunda serum ayrılması değerlerini depolamanın 1. 7. ve 14. günlerinde sırasıyla %13.37, %15.00 ve %16.93 olarak belirlemişler. Bilgin ve Kaptan (2016) 60 adet ev manda yoğurdunda serum ayrılması değerlerini %19.27–21.22 arasında belirlemiştir. Sheikh ve ark., (2023) yaptıkları çalışmanın kontrol manda yoğurdu örneğinde serum ayrılması değerini depolama boyunca %25.63–31.27 arasında belirlemişler. Yukarıda belirtilen çalışmalardaki serum ayrılması değerleri, bu çalışmada belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında daha düşük bulunduğu görülmektedir.

Akgün ve ark., (2016) farklı yağ içeriklerine sahip manda yoğurtlarında yaptıkları çalışmada, bu çalışmadaki yağ oranına en yakın olan örnekte serum

ayrılması değerini depolama boyunca %28.50–36.33 aralığında belirlemiştir. Bu değerlerin, bu çalışmada belirlenen değerlere yakın olduğu görülmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun serum ayrılması değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.9 Depolama Süresince Belirlenen Serum Ayrılması Değerleri Grafiği

4.1.9 Viskozite Değeri

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen viskozite değerleri Tablo 4.10 ve Şekil 4.10'da, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1'de gösterilmiştir. Viskozite değerleri LP örneğinin 7. ve 14. günleri hariç tüm örneklerde depolama süresince artış göstermiştir. En düşük viskozite değeri depolamanın 1. gününde LP örneğinde (5.90 Pa.s), en yüksek viskozite değeri ise depolamanın 21. Gününde KM örneğinde (13.17 Pa.s) belirlenmiştir.

Tablo 4.10 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Viskozite Değerleri (Pa.s)

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	10.28±0.10 ^{e,A}	11.71±0.10 ^{d,B}	12.70±0.39 ^{d,C}	13.17±0.09 ^{e,C}
YC	9.16±0.16 ^{c,A}	10.76±0.20 ^{c,B}	11.09±0.21 ^{c,B}	11.89±0.10 ^{d,C}
LC	9.79±0.10 ^{d,A}	10.70±0.01 ^{c,B}	10.87±0.09 ^{c,BC}	11.07±0.06 ^{c,C}
LH	7.84±0.11 ^{b,A}	8.46±0.07 ^{b,B}	8.78±0.09 ^{b,BC}	8.90±0.02 ^{b,C}
LP	5.90±0.02 ^{a,A}	6.26±0.07 ^{a,B}	6.15±0.04 ^{a,B}	6.27±0.07 ^{a,B}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

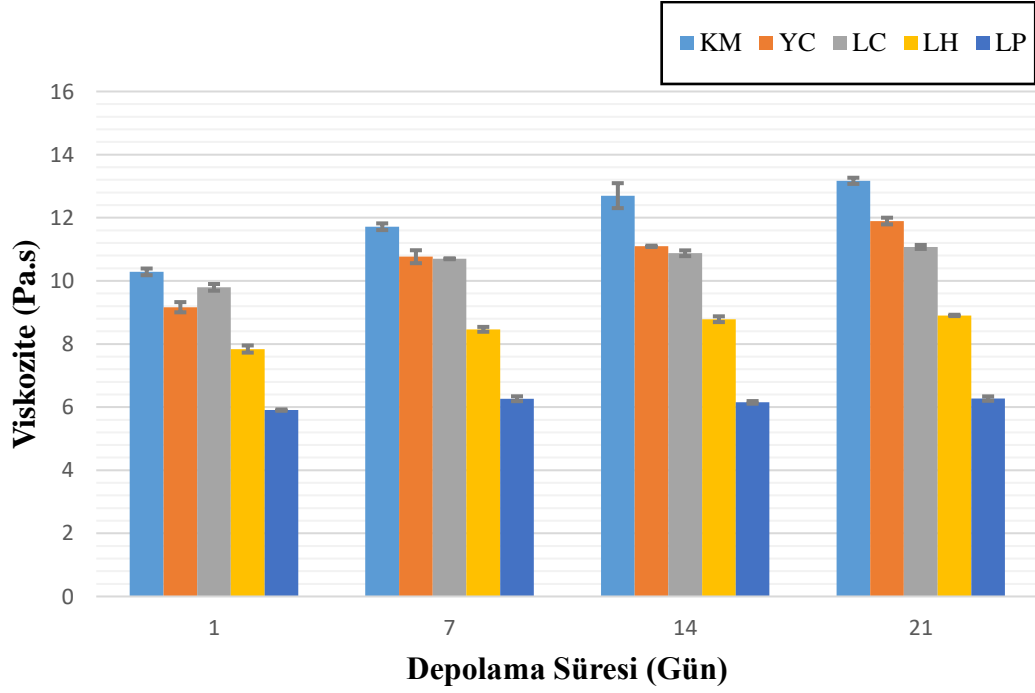
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Akgün ve ark., (2016) farklı yağ içeriklerine sahip manda yoğurtlarında yaptıkları çalışmada, %6 yağ içeren örneğin 1. 10. ve 20. Günlerinde viskozite değerlerini sırasıyla 5.400 Pa.s, 8.429 Pa.s ve 9.354 Pa.s olarak belirlenmiştir ve bu çalışmada belirlenen değerlerle benzer olduğu görülmektedir. Soomro ve ark., (2012), kontrol manda yoğurdunda viskozite değerini 14.766 Pa.s olarak, Bilgin ve Kaptan (2016) 60 adet evde üretilmiş manda yoğurduunu inceledikleri çalışmada viskozite değerini 12.484–14.786 Pa.s arasında belirlemiştir. Bu değerlerin bu çalışmada belirlenen viskozite değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Hamed ve ark., (2020) yer fıstığı kabuğunun manda yoğurdu üretiminde kullanıldığı çalışmasında kontrol manda yoğurdu örneğinde viskozite değerlerini depolamanın 1. 7. ve 14. günlerinde sırasıyla 1.453 Pa.s, 2.366 Pa.s ve 2.593 Pa.s olarak belirlemişler. Bu değerlerin bu çalışmada belirlenen değerlerden düşük olduğu görülmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun viskozite değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.10 Depolama Süresince Belirlenen Viskozite Değerleri Grafiği

4.1.10 Hidroliz Derecesi

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen hidroliz dereceleri değerleri Tablo 4.11 ve Şekil 4.11’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 1’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde hidroliz dereceleri tüm örneklerde depolamanın ilk haftasında yükselmiş, daha sonraki dönemlerde fazla değişim göstermemiştir ($P<0.05$). Depolama sonunda en yüksek hidroliz derecesi LP örneğinde belirlenirken (8.12 ± 0.08), en düşük değer KM örneğinde (7.30 ± 0.02) belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler peptit profili değerleri ve uçucu bileşenlerin oluşumu ile karşılaştırıldığında paralellik göstermektedir.

Taha ve ark., (2017) farklı starter kültür kullanarak ürettikleri manda yoğurtlarında depolama ile birlikte tüm örneklerde DH değerinin yükseldiğini belirtmişler. Yine aynı çalışmada *L. helveticus* içeren örnekte belirlenen DH değerinin *L. acidophilus* içeren ve hiç probiyotik içermeyen örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sah ve ark., (2014) farklı starter kültürlerin kullanıldığı çalışmada, probiyotik suşları içeren örneğin, sadece yoğurt starter kültürlerini içeren yoğurt örneğine göre yaklaşık iki katı kadar bir fark olduğunu ve probiyotiklerin protein kaynağının hidroliz için substrat olarak kullanımını artırdığını belirlemişler.

Tablo 4.11 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Hidroliz Derecesi Değerleri

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
Hidroliz Derecesi (%)	KM	5.37±0.01 ^{ab,A}	7.03±0.07 ^{a,B}	7.47±0.51 ^B	7.30±0.02 ^B
	YC	5.13±0.04 ^{a,A}	7.51±0.21 ^{ab,B}	7.63±0.10 ^B	7.97±0.02 ^B
	LC	6.30±0.37 ^{bc,A}	7.67±0.07 ^{b,B}	7.56±0.04 ^B	7.46±0.40 ^B
	LH	6.22±0.25 ^{abc,A}	6.98±0.16 ^{a,AB}	7.68±0.08 ^B	7.49±0.26 ^B
	LP	7.05±0.44 ^{c,A}	7.94±0.08 ^{b,AB}	7.99±0.09 ^{AB}	8.12±0.08 ^B

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

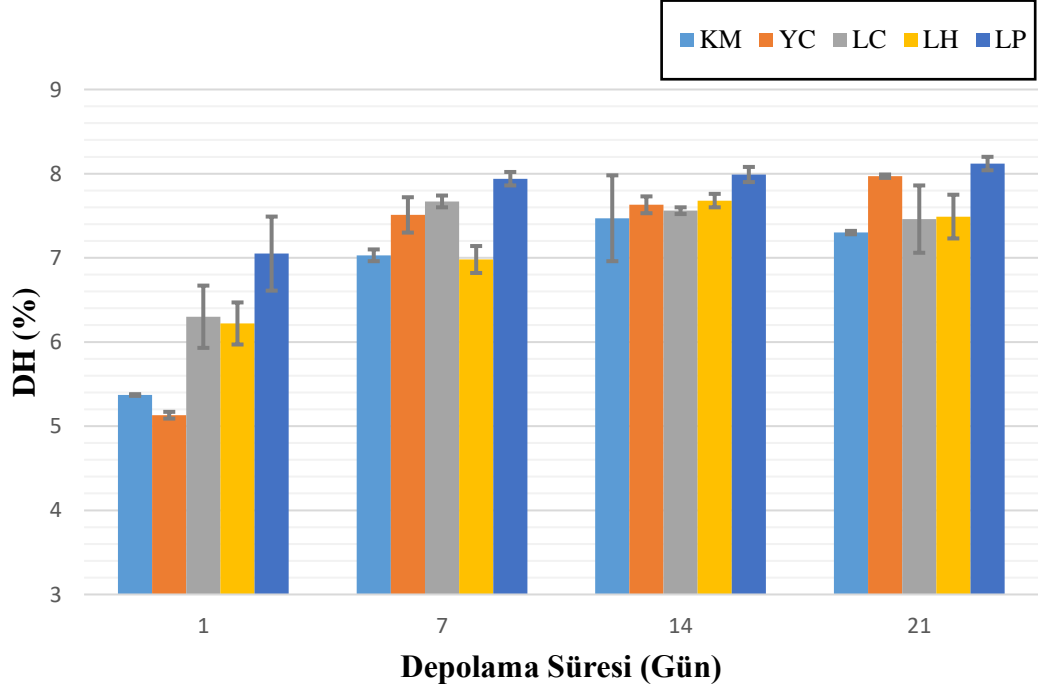
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Sah ve ark., (2014) ve Gu ve ark., (2020a) yoğurt kültürü ve probiyotiklerle fermente ettikleri yoğurt örneklerinde hidroliz derecesini belirlemişlerdir. Sah ve ark (2014), yoğurt kültürü ile üretilen örnekte %5.38, yoğurt kültürü + *L. paracasei* ile üretilen örnekte %10.19 olarak belirlemişlerdir. Gu ve ark., (2020a) yoğurt kültürü ile üretilen örnekte %8.8, yoğurt kültürü + *L. paracasei* ile üretilen örnekte ise %9.6 olarak belirlemişlerdir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun hidroliz dereceleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.11 Depolama Süresince Belirlenen Hidroliz Derecesi Değerleri Grafiği

4.3 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.3.1 Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen toplam mezofilik aerob bakteri sayısı değerleri Tablo 4.12 ve Şekil 4.12’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 2’de gösterilmiştir. Manda yoğurdu örneklerinde en düşük TMAB değeri depolamanın 7. gününde LP örneğinde ($8.04 \pm 0.03 \log_{10} \text{ kob/g}$), en yüksek değer ise depolamanın 21. gününde yine LP örneğinde ($9.17 \pm 0.01 \log_{10} \text{ kob/g}$) belirlenmiştir. Tüm örnek çeşitlerinde belirlenen TMAB değerlerinin depolamanın ilk haftasında bir miktar düştüğü görülmektedir.

Tablo 4.12 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayıları

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	8.87±0.03 ^{c,B}	8.61±0.10 ^{c,A}	9.07±0.04 ^{c,B}	8.86±0.02 ^{bc,B}
TMAB (log ₁₀ kob/g)	YC 8.63±0.02 ^{b,C}	8.31±0.11 ^{ab,AB}	8.59±0.03 ^{a,BC}	8.06±0.08 ^{a,A}
LC 8.59±0.03 ^{ab,B}	8.32±0.03 ^{abc,A}	8.88±0.04 ^{bc,C}	8.86±0.09 ^{bc,C}	
LH 8.68±0.02 ^{b,A}	8.45±0.03 ^{bc,A}	9.03±0.04 ^{c,B}	8.69±0.15 ^{b,A}	
LP 8.49±0.01 ^{a,B}	8.04±0.03 ^{a,A}	8.69±0.11 ^{ab,B}	9.17±0.01 ^{c,C}	

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

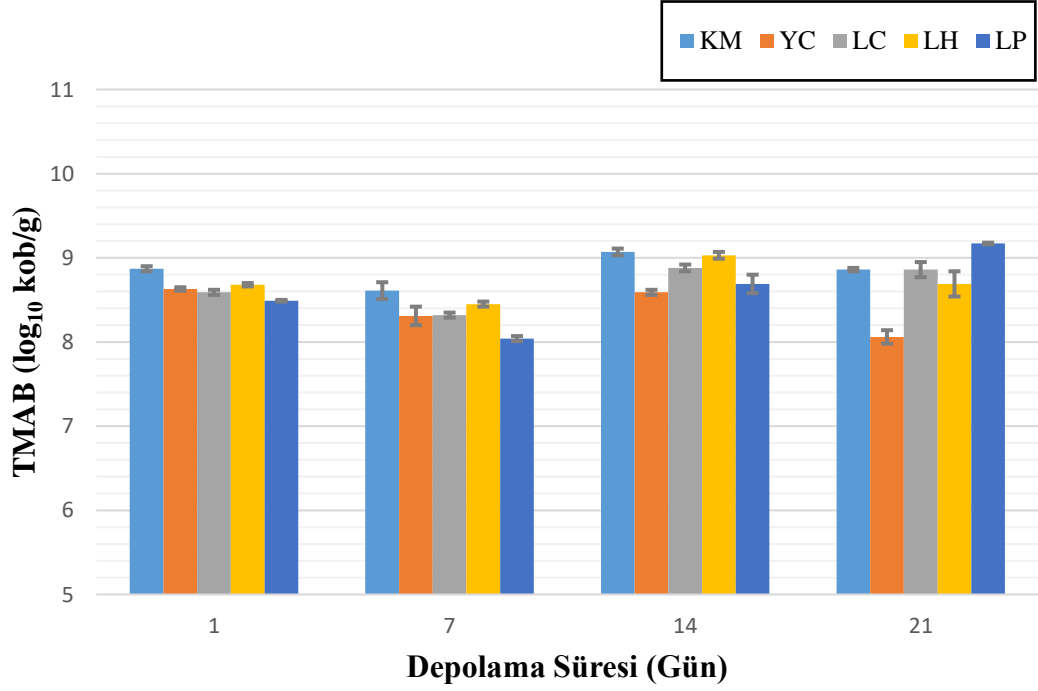
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Ev yapımı manda yoğurtları üzerine yapılan bir çalışmada, TMAB değerleri 8.24 – 8.57 log₁₀ kob/mL olarak belirlenmiştir (Bilgin ve Kaptan, 2016). Çelik ve Temiz (2020) manda yoğurdunda TMAB değerlerini 7.39–8.85 log₁₀ kob/g aralığında, Junaid ve ark., (2023) manda sütünden üretilen içilebilir yoğurtta TMAB değerini 7.86–7.94 log₁₀ kob/mL aralığında, Işık ve ark., (2023) farklı probiyotik kültürlerin kullanıldığı fermente süt çalışmasında TMAB değerini 8.59–8.92 log₁₀ kob/g aralığında belirlemişler.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun toplam mezofilik aerob bakteri sayıları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.12 Depolama Süresince Belirlenen Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı Grafiği

4.3.2 *Streptococcus* Spp. Sayısı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen *Streptococcus* spp. sayısı değerleri Tablo 4.13 ve Şekil 4.13’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 2’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük *Streptococcus* spp. değeri depolamanın 7. gününde YC örneğinde ($7.36 \pm 0.22 \log_{10}$ kob/g), en yüksek *Streptococcus* spp. değeri ise depolamanın 14. gününde LP örneğinde ($8.64 \pm 0.08 \log_{10}$ kob/g) belirlenmiştir. Depolama sonunda probiyotik içermeyen KM ve YC örneklerinde ilk güne göre düşüş görülürken, probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerinde artış görülmektedir. *S. thermophilus* genellikle *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. rhamnosus* veya *Bifidobacterium* spp. gibi çeşitli kültürlerle karıştırıldığında üstün büyüme ve daha yüksek canlılık sergilediği bildirilmiştir (Nguyen ve ark., 2014). Bu çalışmada da probiyotik kültür katılmış örneklerde *Streptococcus* spp. sayısının daha yüksek tespit edilmiş olması bunu destekler niteliktedir.

Tablo 4.13 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen *Streptococcus* spp. Sayıları

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	
<i>Streptococcus</i> spp. (\log_{10} kob/g)	KM	7.54±0.07 ^a	7.38±0.08 ^a	7.61±0.02 ^a	7.36±0.11 ^a
	YC	7.50±0.06 ^a	7.36±0.22 ^a	7.71±0.03 ^a	7.39±0.16 ^a
	LC	7.74±0.25 ^{ab}	8.14±0.15 ^c	7.75±0.11 ^a	8.18±0.15 ^b
	LH	7.65±0.04 ^{ab,AB}	7.51±0.10 ^{ab,A}	8.35±0.10 ^{b,C}	8.25±0.29 ^{b,BC}
	LP	8.05±0.03 ^{b,A}	7.96±0.04 ^{bc,A}	8.64±0.08 ^{b,B}	8.52±0.07 ^{b,B}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

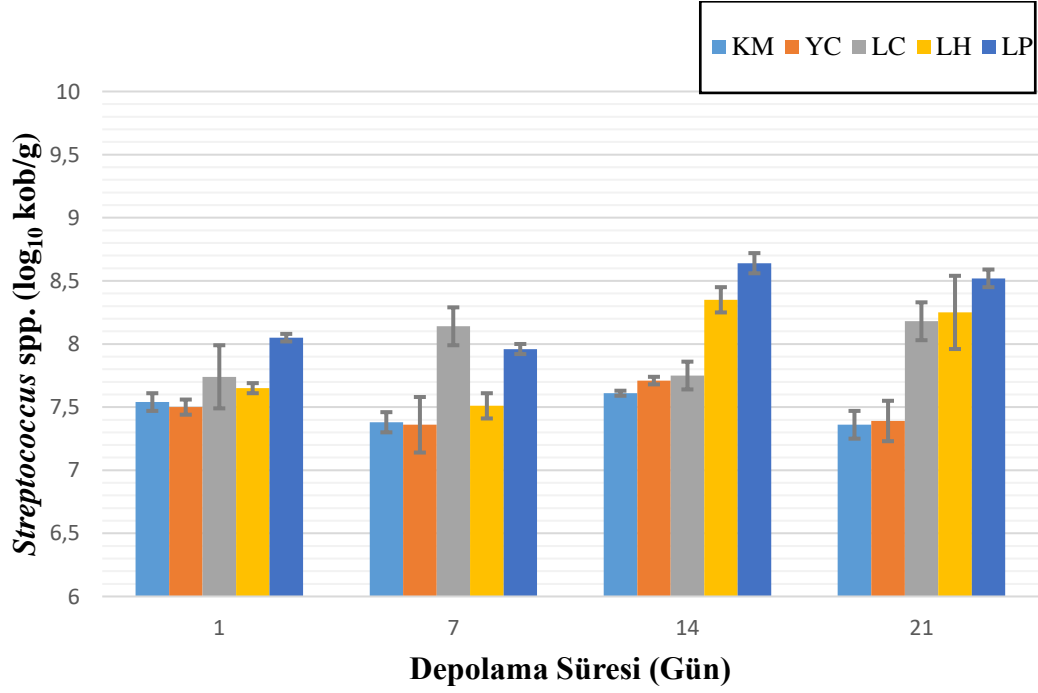
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Hamed ve ark., (2021) yerfıstığı kabuğu tozu katkılı manda yoğurdu ürettikleri çalışmada kontrol örneğinde Streptokok sayısını 8.55-8.41 \log_{10} kob/mL, Sheikh ve ark., (2023) beyaz dut tozu katkılı manda yoğurdu ürettikleri çalışmada streptokok sayısını 8.10-10.29 \log_{10} kob/mL, Nguyen ve ark., (2014) farklı probiyotik kullanarak ürettikleri manda yoğurdunda streptokok sayısını 9.30–9.48 \log_{10} kob/g, Akgün ve ark., (2016) farklı yağ oranlarına sahip manda yoğurtlarının üretildiği çalışmada streptokok sayısını %6.5 yağ içeren örnekte 8.69–9.17 \log_{10} kob/g, Bilgin ve Kaptan (2016) 60 ev yapımı manda yoğurdunda yaptıkları çalışmada streptokok sayısını 7.40–7.53 \log_{10} kob/mL olarak belirlemişler.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun *Streptococcus* spp. sayıları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.13 Depolama Süresince Belirlenen *Streptococcus* spp. Sayıları Grafîği

4.3.3 *Lactobacillus* Spp. Sayısı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen *Lactobacillus* spp. sayısı değerleri Tablo 4.14 ve Şekil 4.14’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 2’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük *Lactobacillus* spp. değeri depolamanın 7. gününde LP örneğinde ($8.39 \pm 0.16 \log_{10}$ kob/g), en yüksek *Lactobacillus* spp. değeri ise depolamanın 14. gününde LC örneğinde ($9.06 \pm 0.09 \log_{10}$ kob/g) belirlenmiştir. Depolamanın 1. ve 7. günlerinde KM örneği ile diğer örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Depo başlangıcı ve sonu göz önüne alındığında probiyotik ilaveli LC, LH ve LP örneklerinde *Lactobacillus* spp. değeri yükselirken, probiyotik ilave edilmemiş KM ve YC örneklerinde azalma görülmektedir.

Hamed ve ark., (2021) yerfıstığı kabuğu tozu katkılı manda yoğurdu ürettikleri çalışmada kontrol örneğinde *Lactobacillus* spp. değerini $8.15-8.37 \log_{10}$ kob/mL, Sheikh ve ark., (2023) beyaz dut tozu katkılı manda yoğurdu ürettikleri çalışmada *Lactobacillus* spp. değerini $8.01-8.61 \log_{10}$ kob/mL, Akgün ve ark., (2016) farklı yağ oranlarına sahip manda yoğurtlarının üretildiği çalışmada *Lactobacillus* spp. değerini $5.33-6.00 \log_{10}$ kob/g, Bilgin ve Kaptan (2016) 60 ev yapımı

manda yoğurdunda yaptıkları çalışmada *Lactobacillus* spp. değerini 7.31–7.49 log₁₀ kob/mL aralığında belirlemişler.

Tablo 4.14 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen *Lactobacillus* spp. Sayıları

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	8.98±0.03 ^{b,B}	8.87±0.05 ^{b,AB}	8.92±0.04 ^{ab,B}	8.60±0.12 ^{ab,A}
YC	8.61±0.01 ^{a,AB}	8.41±0.08 ^{a,A}	8.83±0.06 ^{a,B}	8.38±0.06 ^{a,A}
LC	8.64±0.05 ^{a,AB}	8.43±0.02 ^{a,A}	9.06±0.09 ^{b,C}	8.88±0.06 ^{bc,BC}
LH	8.63±0.04 ^{a,B}	8.44±0.02 ^{a,A}	8.99±0.05 ^{ab,C}	8.91±0.04 ^{c,C}
LP	8.53±0.02 ^{a,A}	8.39±0.16 ^{a,A}	8.89±0.01 ^{ab,B}	8.96±0.03 ^{c,B}

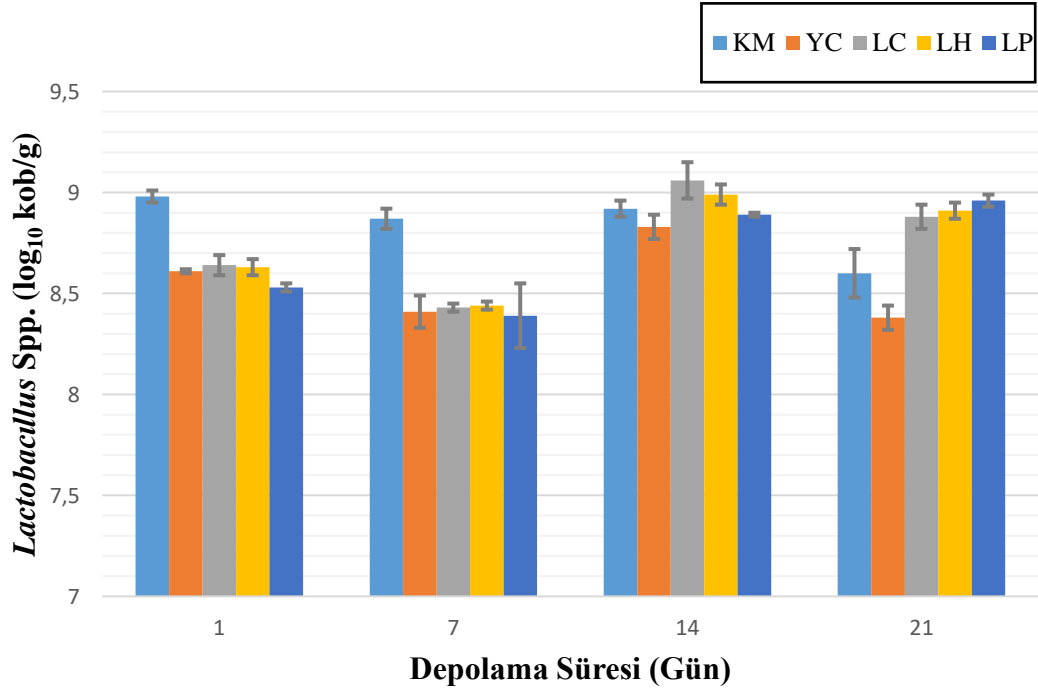
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun *Lactobacillus* spp. sayıları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.14 Depolama Süresince Belirlenen *Lactobacillus* spp. Sayıları Grafiği

4.3.4 Maya ve Küf Sayısı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen maya ve küf sayısı Tablo 4.15 ve Şekil 4.15’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 2’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük maya ve küf değeri depolamanın 1. gününde LH örneğinde ($0.65 \pm 0.06 \log_{10}$ kob/g), en yüksek maya ve küf değeri ise depolamanın 21. gününde KM örneğinde ($4.38 \pm 0.01 \log_{10}$ kob/g) belirlenmiştir. KM örneğine ait değerler diğer örnek çeşitlerinden belirgin derecede ayrılmaktadır ve bu istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Karamayanın starter olarak kullanıldığı örnekte böyle bir sonucun çıkmasına, ticari kültürlerle nazaran karamayanın daha geniş mikrofloraya ve bulaşıya sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bilgin ve Kaptan (2016) ev yapımı manda yoğurtlarında, küçük ölçekli işletmeden temin ettikleri manda yoğurdunun yaklaşık iki katı kadar maya ve küf tespit etmişler ve geleneksel starter kültürün buna neden olabileceğini belirtmiştir.

Tablo 4.15 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Maya ve Küf Sayıları

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
Maya ve Küf (\log_{10} kob/g)	KM	$0.81 \pm 0.04^{ab,A}$	$2.23 \pm 0.02^{b,B}$	$2.97 \pm 0.02^{b,C}$	$4.38 \pm 0.01^{c,D}$
	YC	$0.73 \pm 0.05^{ab,A}$	$1.52 \pm 0.09^{a,B}$	$2.06 \pm 0.06^{a,C}$	$2.53 \pm 0.09^{a,D}$
	LC	$0.90 \pm 0.00^{b,A}$	$1.44 \pm 0.02^{a,B}$	$1.92 \pm 0.04^{a,C}$	$2.81 \pm 0.03^{b,D}$
	LH	$0.65 \pm 0.06^{a,A}$	$1.33 \pm 0.08^{a,B}$	$1.91 \pm 0.08^{a,C}$	$2.55 \pm 0.05^{a,D}$
	LP	$0.87 \pm 0.04^{b,A}$	$1.39 \pm 0.09^{a,B}$	$1.85 \pm 0.09^{a,C}$	$2.46 \pm 0.01^{a,D}$

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

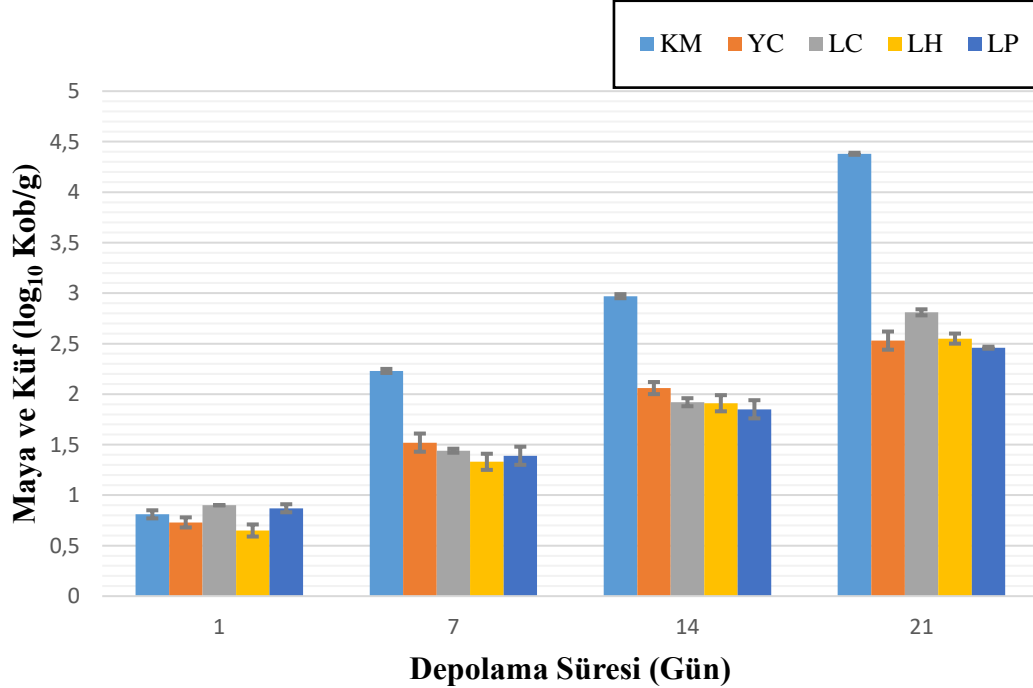
Değerler ortalama \pm standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P < 0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P < 0.05$) ifade etmektedir.

Akgün ve ark., (2016)’nın farklı yağ oranlarına sahip manda yoğurtlarının üretildiği çalışmada maya ve küf değeri %6.5 yağ içeren örnekte 20 günlük depolamada $0.10 \log_{10}$ kob/g’den $3.91 \log_{10}$ kob/g’a kadar yükselmiştir. Emirmustafaoğlu ve ark., (2020) ve Bilgin ve Kaptan (2016), yaptıkları piyasa çalışmasında manda yoğurdunda maya ve küf değerini ortalama olarak sırasıyla $4.16 \log_{10}$ kob/g ve $5.38-6.31 \log_{10}$ kob/g olarak belirlemişler. Çelik ve Temiz (2020) 4 farklı yerden temin ettiği ev yapımı manda yoğurdunda maya ve küf değerini ortalama $6.08 \log_{10}$ kob/g olarak belirlemişler.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun maya ve küf sayıları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.15 Depolama Süresince Belirlenen Maya ve Küf Sayıları Grafiği

4.3.5 Kok-Basil Oranı

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen Kok-Basil oranı Tablo 4.16 ve Şekil 4.16'da, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 2'de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük kok-basil oranı 7. gününde LC örneğinde (2.65), en yüksek kok-basil oranı ise depolamanın 1. gününde YC örneğinde (4.72) belirlenmiştir. Ticari yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurtlarda genellikle 1 basil hücrene karşılık 4-5 kok hücrenin varlığı beklenmektedir (Tamime ve Deeth, 1980). Veriler incelendiğinde karamaya ile üretilen KM örneğinde ve ticari kültür ile üretilen YC örneğinde belirlenen kok-basil oranının bu tanıma uygun olduğu görülmektedir. LC, LH ve LP örneklerinde kok-basil oranının diğer örneklere kıyasla düşük olmasının nedeni bu örneklerde ticari kültürün belli oranda azaltılarak laktobasillerin ilave edilmesi olarak gösterilebilir. Tablo 4.14'de belirtilen laktobasil sayıları bu sonuçlar ile uyum göstermektedir.

Tablo 4.16 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kok-Basil Oranı

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	4.51±0.39 ^b	4.50±0.22 ^b	4.26±0.15 ^c	4.30±0.15 ^b
YC	4.72±0.54 ^b	4.60±0.05 ^b	4.54±0.02 ^c	4.51±0.10 ^b
LC	2.89±0.07 ^a	2.65±0.06 ^a	2.68±0.17 ^a	2.71±0.06 ^a
LH	3.31±0.06 ^a	3.07±0.10 ^a	3.01±0.11 ^{ab}	3.01±0.15 ^a
LP	3.66±0.13 ^{a,B}	3.12±0.04 ^{a,A}	3.16±0.02 ^{b,A}	3.09±0.13 ^{a,A}

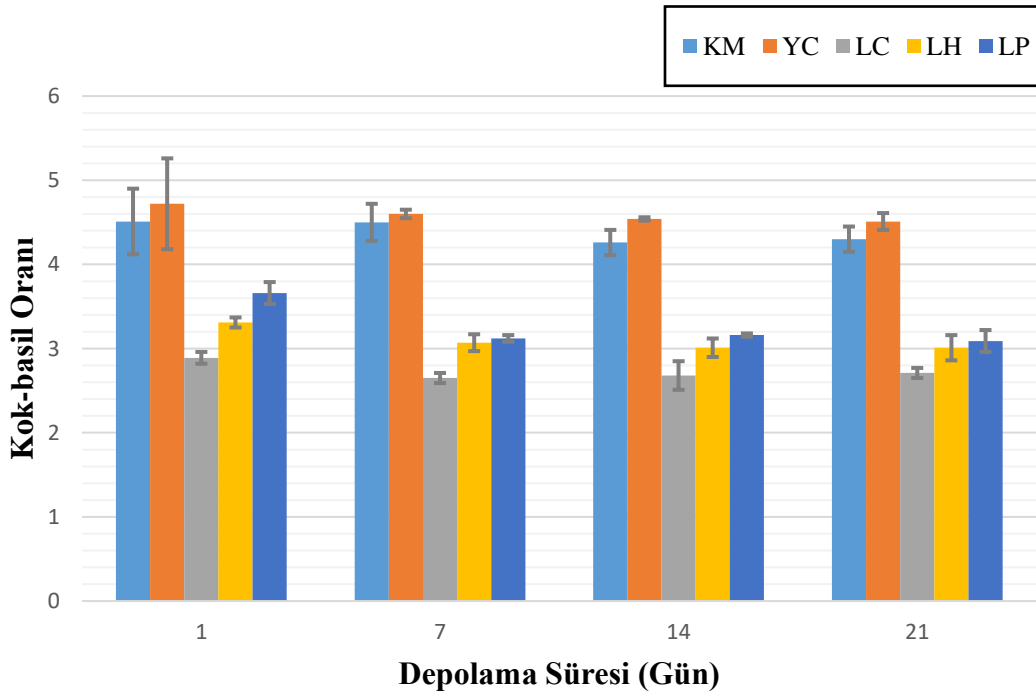
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre depolama süresinin ve örnek çeşidinin kok-basil oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun kok-basil oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.16 Depolama Süresince Belirlenen Kok-Basil Oranı Grafiği

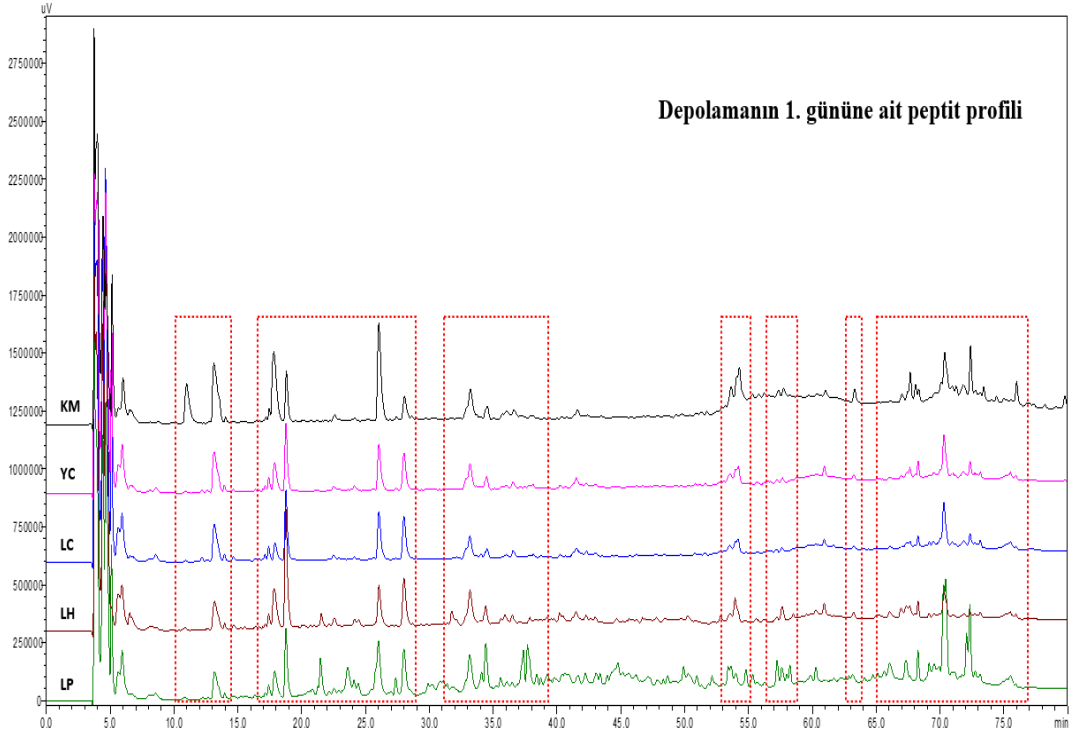
4.4 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Peptit Profili Analiz Sonuçları

Süt ve süt ürünlerindeki peptitlerin salınımı fermantasyon ve/veya depolama süreçleri sırasında proteolitik enzimlerin etkisi yoluyla meydana gelir. Bu enzimler sütte doğal olarak bulunabileceği gibi, laktik asit bakterileri kaynaklı da olabilmektedir (Cavalheiro ve ark. 2020).

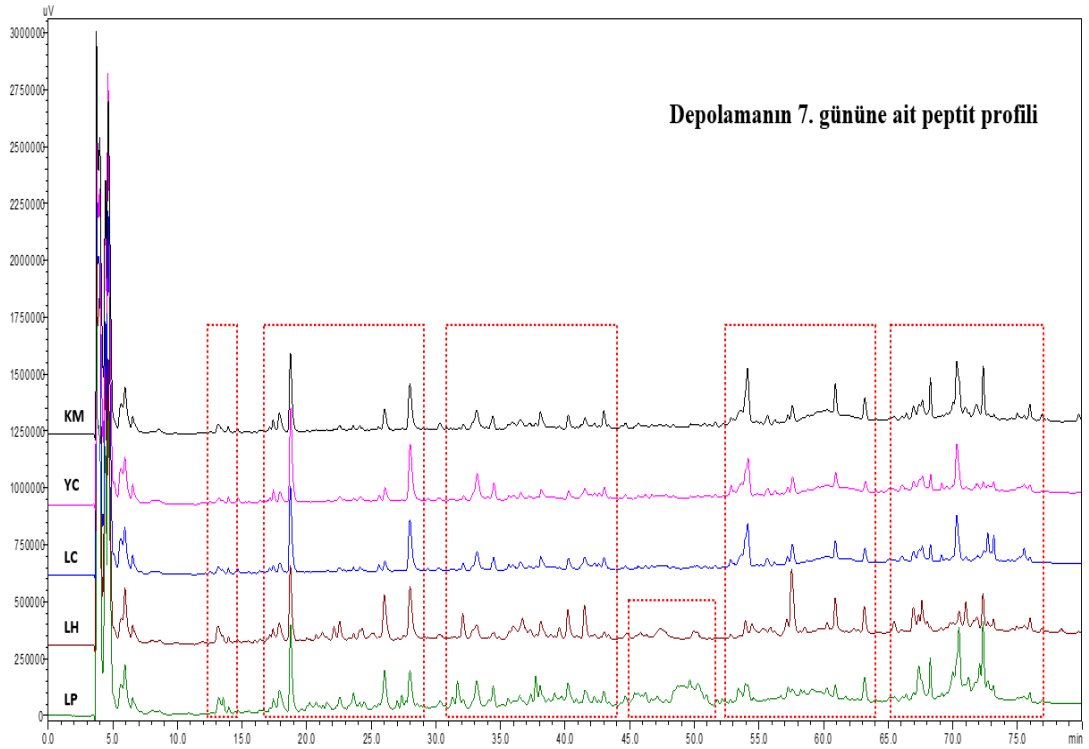
Endüstriyel olarak kullanılan starter kültürlerin çoğu oldukça proteolitikdir. Bu nedenle, fermante süt ürünlerinin üretiminde kullanılan starter bakteriler tarafından peptitler üretilir. Laktik asit bakterilerinin (LAB) proteolitik sistemi, örneğin *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus helveticus* ve *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* zaten iyi karakterize edilmiştir. Bu sistem, bir hücre duvarına bağlı proteinaz ve endopeptitazlar, aminopeptitazlar, tripeptitazlar ve dipeptidazlar da dahil olmak üzere bir dizi farklı hücresel peptidazdan oluşur. Bu enzimlerin biyokimyasal ve genetik karakterizasyonu konusunda son yıllarda hızlı ilerleme kaydedilmiştir (Korhonen ve Pihlanto, 2006).

Manda yoğurdu örneklerinin peptit profili analizi RP-HPLC kullanılarak belirlenmiş ve depolama süresince elde edilen verilerin karşılaştırmalı kromatogramları Şekil 4.17-4.20'de verilmiştir.

Şekil 4.17 incelendiğinde depolamanın 1. gününde özellikle şekilde işaretli zaman dilimlerinde belirlenen piklerin hem sayıları açısından hem de yükseklikleri açısından farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Alıkonma süresinin 11. dakikasında gelen pik sadece karamaya (KM örneği) ile üretilen manda yoğurdunda tespit edilmiştir. 17. dakikada tespit edilen pikin ise yine karamaya ile üretilen yoğurda diğer örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Alıkonma süresinin 19. dakikasında belirlenen pik LH örneğinde diğer örneklerle kıyasla daha yüksek belirlenmiştir. Alıkonma süresinin 26. dakikasında belirlenen pik KM örneğinde belirgin derecede diğer örneklerden yüksek belirlenmiştir. 35. Dakikadan 60. Dakikaya kadar belirlenen pikler incelendiğinde *L. plantarum* içeren yoğurt örneğinde (LP örneği) pik yoğunluğunun diğer örneklerle göre daha fazla olduğu görülmektedir. Alıkonma süresinin 70. Dakikasında belirlenen pik incelendiğinde LP örneğinde belirlenen pikin diğer örneklerde belirlenen piklere kıyasla bariz yüksek olduğu görülmektedir.

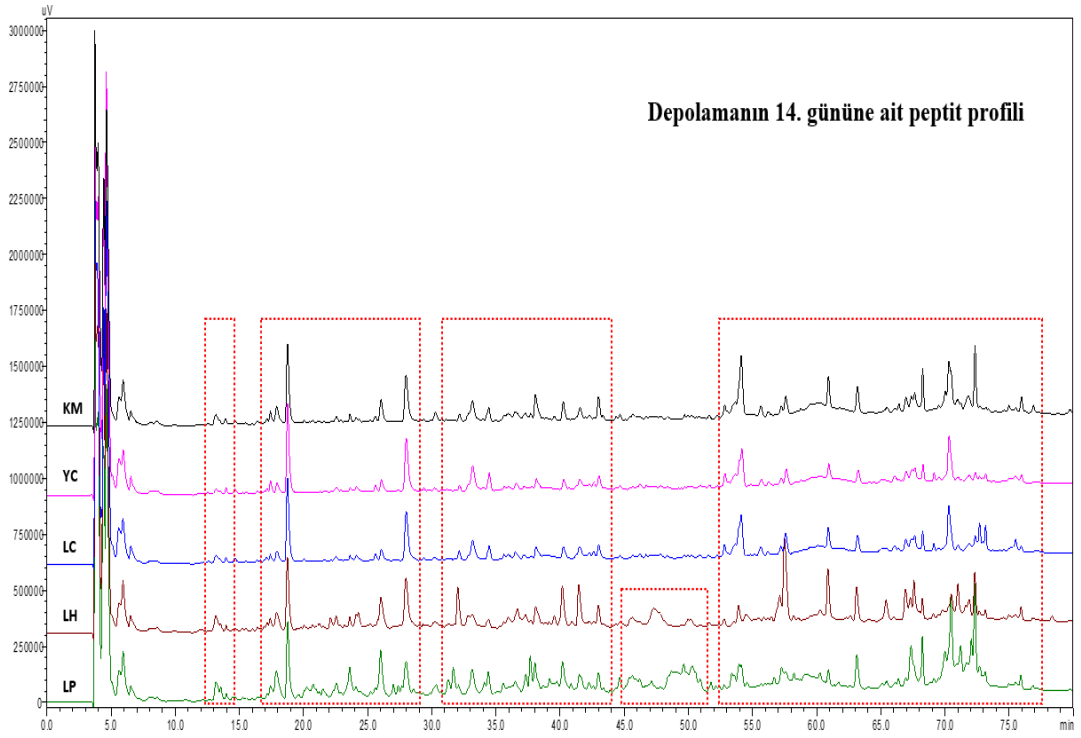


Şekil 4.17 Manda Yoğurdu Örneklerinde 1. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı



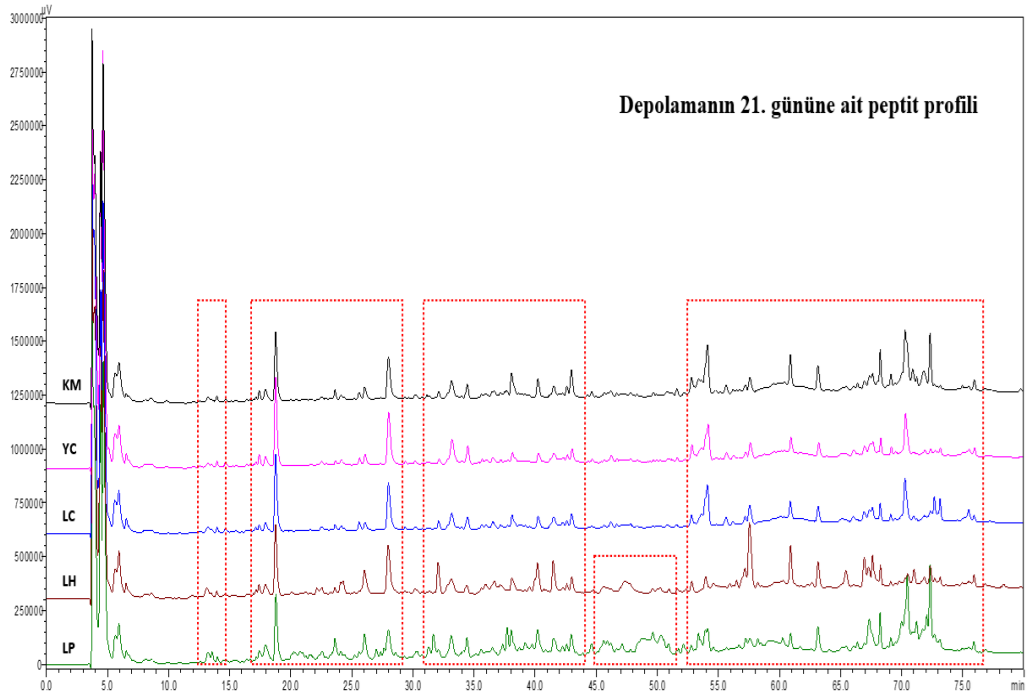
Şekil 4.18 Manda Yoğurdu Örneklerinde 7. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

Şekil 4.18 incelendiğinde depolamanın 7. Gününde örnekler arasında belirgin farklar olduğu görülmektedir. Alıkonma süresinin 13. Dakikasında LH ve LP örneklerinde belirlenen pikler diğer örneklerden farklılık göstermektedir. Şekilde işaretlenmiş olan alıkonmanın 21. dakika ile 27. dakika arasındaki piklerin sayıları ve yükseklikleri açısından incelendiğinde LH ve LP örneklerinde diğer örneklere kıyasla daha fazla pik ve daha yüksek piklerin varlığı görülmektedir. 54. dakikada belirlenen pik LH ve LP örneklerinde diğer örneklere kıyasla daha düşük, 57. dakikada belirlenen pik ise LH örneğinde diğer örneklerden daha yüksek olarak belirlenmiştir.



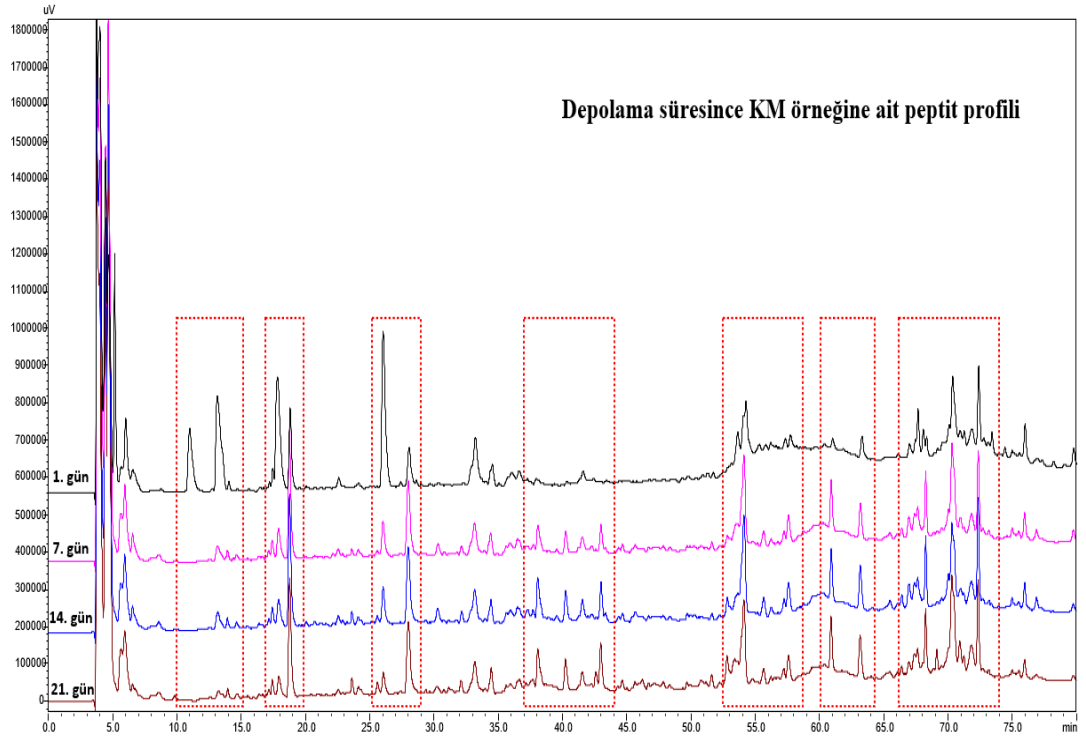
Şekil 4.19. Manda Yoğurdu Örneklerinde 14. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

Şekil 4.19 incelendiğinde depolamanın 14. gününde belirlenen pikler depolamanın 7. gününde belirlenen piklerle karşılaştırıldığında yeni pikler belirlenmiş ve geçen süre zarfında belirlenen piklerde ise birtakım değişimler gözlemlenmiştir. 32., 47. ve 66. dakikalarda LH örneğinde belirlenen pikler bariz şekilde yükseliş göstermiştir ve diğer örneklerden ayrılmıştır.



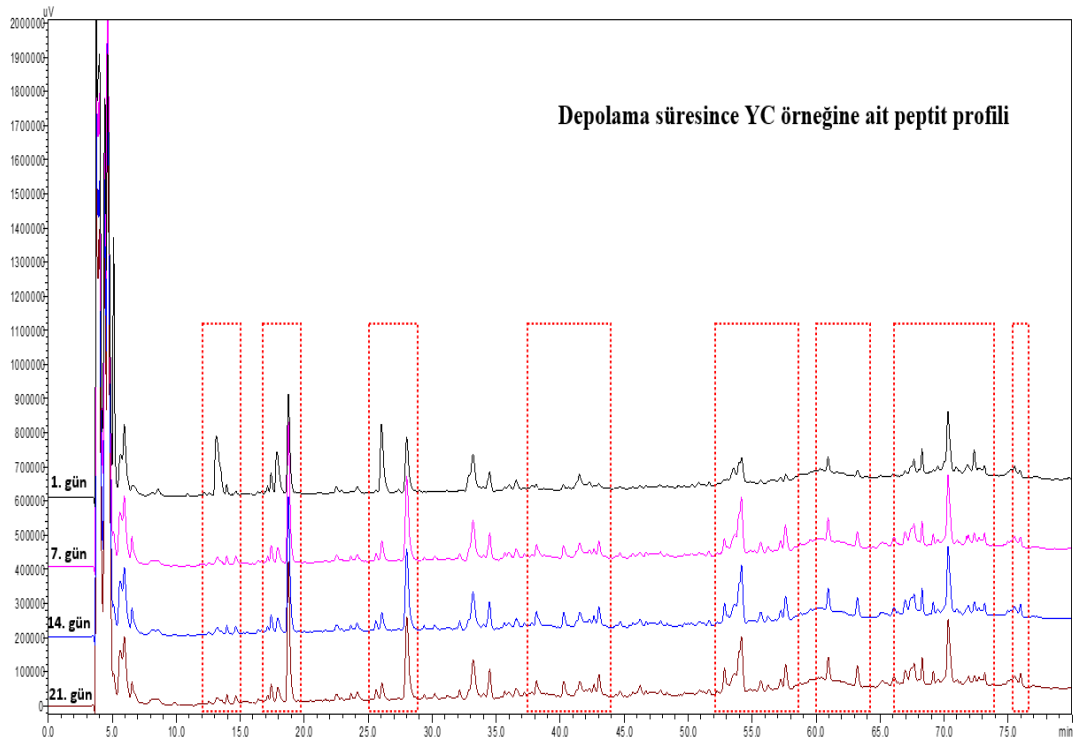
Şekil 4.20 Manda Yoğurdu Örneklerinde 21. Günde Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

Depolamanın 21. Gününde belirlenen pikler şekil 4.20’de gösterilmektedir. Depolama periyodunun son haftasında belirlenen piklerde kaydadeğer bir değişim olmadığı görülmektedir. Depolamanın ilk gününden son gününe kadar pik yoğunluğu açısından incelendiğinde LP örneğinin pik yoğunluğunun diğer örneklerden daha fazla olduğu görülmektedir. Nitekim hidroliz derecesi değerleri açısından bakıldığında depolamanın tüm dönemlerinde LP örneğine ait hidroliz derecesi diğer örneklerden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu sonuçla *L. plantarum*’un diğer kültürlerle kıyasla daha yüksek proteolitik aktiviteye sahip olduğu düşünülebilir.



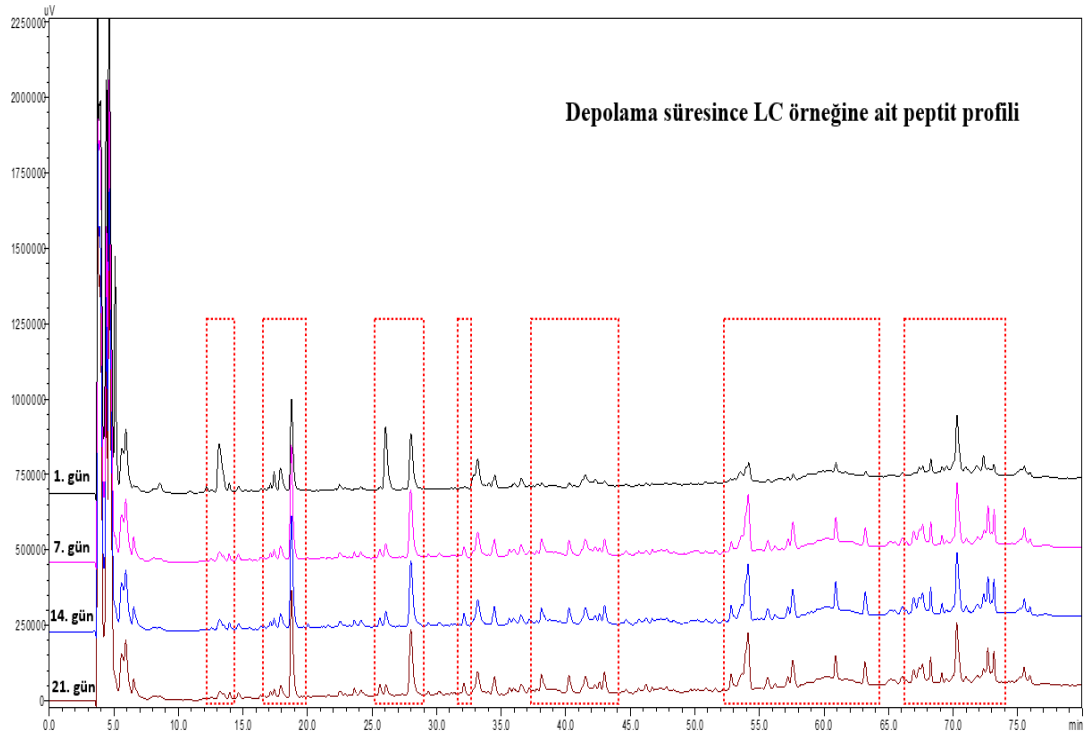
Şekil 4.21 KM Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

Karamaya ile üretilen manda yoğurdu örneklerinde (KM) belirlenen peptit profilinin depolama süresine bağlı değişimi şekil 4.21’de gösterilmiştir. Özellikle depolamanın 1. gününde yüksek belirlenen bazı piklerin depolamanın diğer dönemlerinde yüksekliğinin azaldığı, yüksekliği az olan piklerin ise yüksekliğinin arttığı görülmektedir. Depolama süresiyle birlikte yeni piklerin oluştuğu, bazı piklerin ise kaybolduğu görülmektedir. Depolamanın 1. gününde alıkonmanın 11. dakikasında belirlenen pik ilerleyen depolama dönemlerinde tamamen kaybolmuş, alıkonmanın 13, 18 ve 26. dakikasında belirlenen piklerin yükseklikleri ise önemli düzeyde azalmıştır. Depolamanın 1. gününde alıkonmanın 28. dakikasında belirlenmiş olan pikin yüksekliği ilerleyen depolama dönemlerinde artmıştır. Alıkonmanın 36 ile 45. dakikaları arasında ve 56 ile 65. dakikaları arasında depolamanın 1. gününde belirlenemeyen pikler depolamanın 7. gününden itibaren belirlenmiş ve depolama süresiyle beraber bazısı artış göstermiştir. Sonuç olarak KM örneğinde özellikle depolamanın ilk haftasında peptit oluşumunun fazla olduğu, depolamanın diğer haftalarında ise değişimin minimal düzeyde seyrettiği görülmektedir.



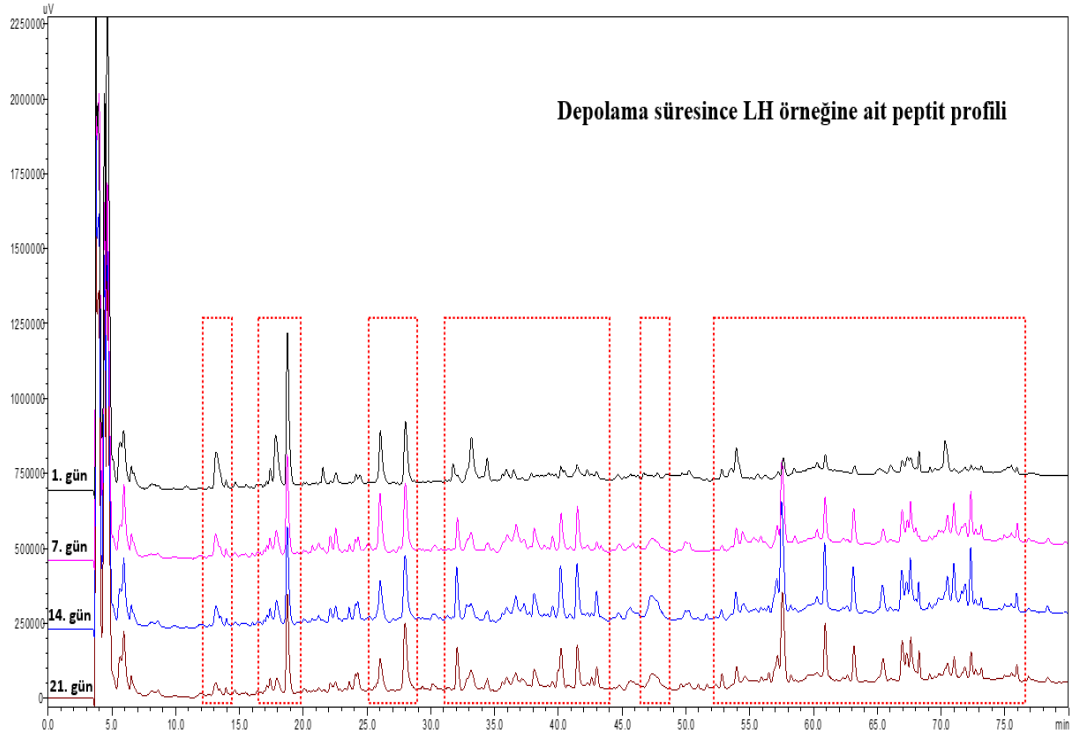
Şekil 4.22 YC Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

YC-350 ticari yogurt mayası ile üretilen manda yoğurdu örneklerinde (YC) belirlenen peptit profilinin depolama süresine bağlı değişimi şekil 4.22’de gösterilmiştir. Depolamanın 1. gününde alıkonmanın 13. ve 26. dakikalarında belirlenen pik, depolamanın ilerleyen dönemlerinde önemli derecede azalmış, alıkonmanın 51. dakikası ile 65. dakikası arasındaki pikler ise yükseliş göstermiştir. Depolamanın 1. gününde 72. dakikada belirlenen pik depolama ile birlikte kaybolmuştur. Depolamanın ilk haftasında, diğer haftalara nazaran daha yüksek peptit oluşumu gözlenmiş, sonraki haftalarda ise fazla bir değişim gözlenmemiştir. Nitekim YC örneğine ait hidroliz derecesi değerleri incelendiğinde bu sonuçlara paralel olarak depolamanın ilk haftasında yükseliş ardından stabil bir değişimin meydana geldiği görülmektedir.



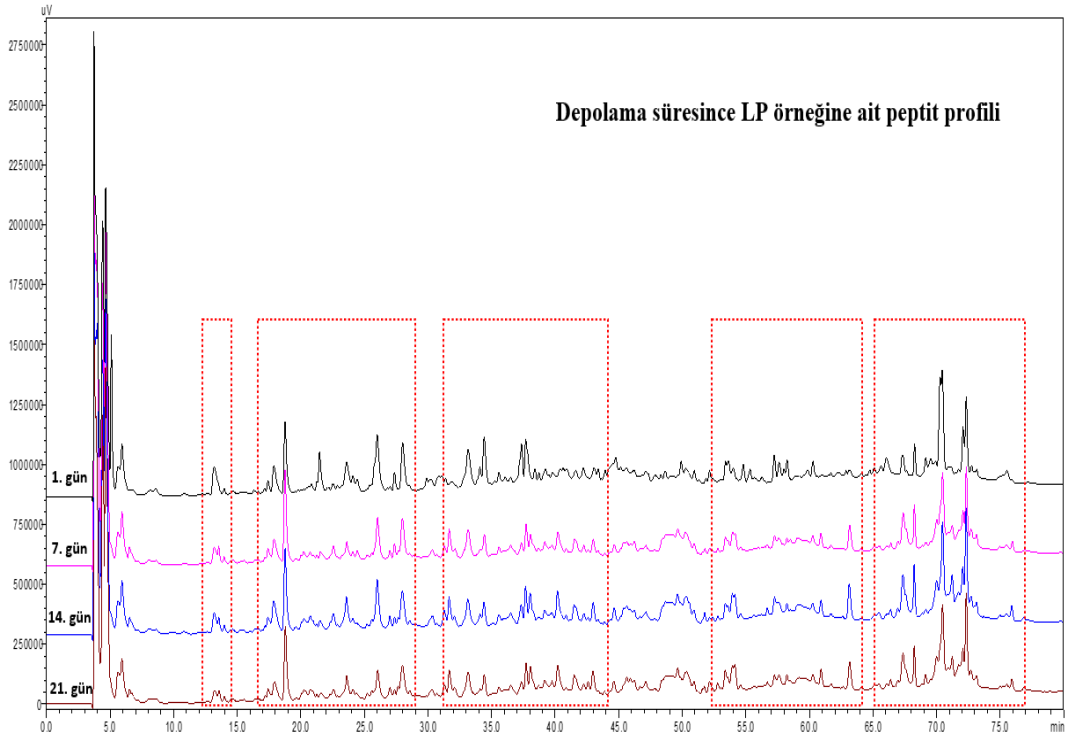
Şekil 4.23 LC Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

L. paracasei ile üretilen manda yoğurdu örneklerinde (LC) belirlenen peptit profilinin depolama süresine bağlı değişimi şekil 4.23'te gösterilmiştir. Depolamanın 1. gününde alıkonmanın 13. ve 26. dakikasında belirlenen pikler, depolamanın ilerleyen dönemlerinde önemli derecede azalmıştır. Depolamanın 7. gününden itibaren alıkonmanın 32. ile 44. dakikaları arasında ve 52. ile 77. dakikaları arasında belirlenen piklerin yükseldiği görülmektedir. Depolamanın ilk haftasında, diğer haftalara nazaran daha yüksek peptit oluşumu gözlenmiştir. Yine bu değerler, LC örneğine ait hidroliz derecesi değerleri ile karşılaştırıldığında benzer bir değişimin gerçekleştiği görülmektedir.



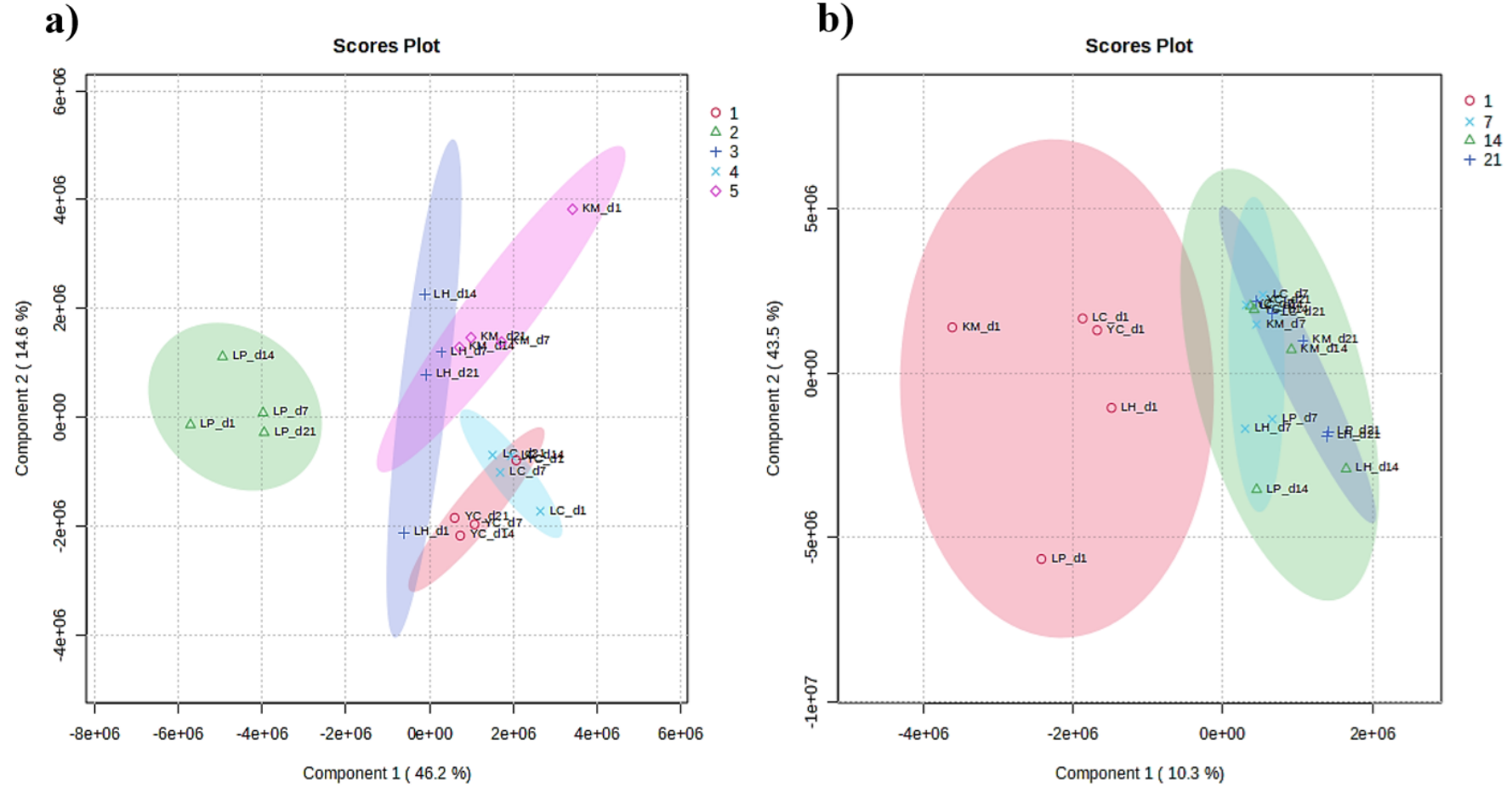
Şekil 4.24 LH Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

L. helveticus ile üretilen manda yoğurdu örneklerinde (LH) belirlenen peptit profilinin depolama süresine bağlı değişimi şekil 4.24'te gösterilmiştir. Depolamanın 1. gününde alıkonmanın 13. 18. 19. 33. 54. ve 71. dakikalarında belirlenen piklerin yüksekliği depolamanın ilk haftasında düşüş göstermiş ve ilerleyen dönemlerde aynı seyretmiştir. Depolamanın 7. gününden itibaren alıkonmanın 35. ile 45. dakikaları arasında ve 56. ile 76. dakikaları arasında yeni pik oluşumları ve pik yüksekliklerinde artışlar olduğu görülmektedir. Depolamanın ilk haftasında, diğer haftalara nazaran daha yüksek peptit oluşumu gözlenmiştir. Nitekim bu sonuçlar, LH örneğine ait hidroliz derecesi değerleri ile paralellik göstermektedir.

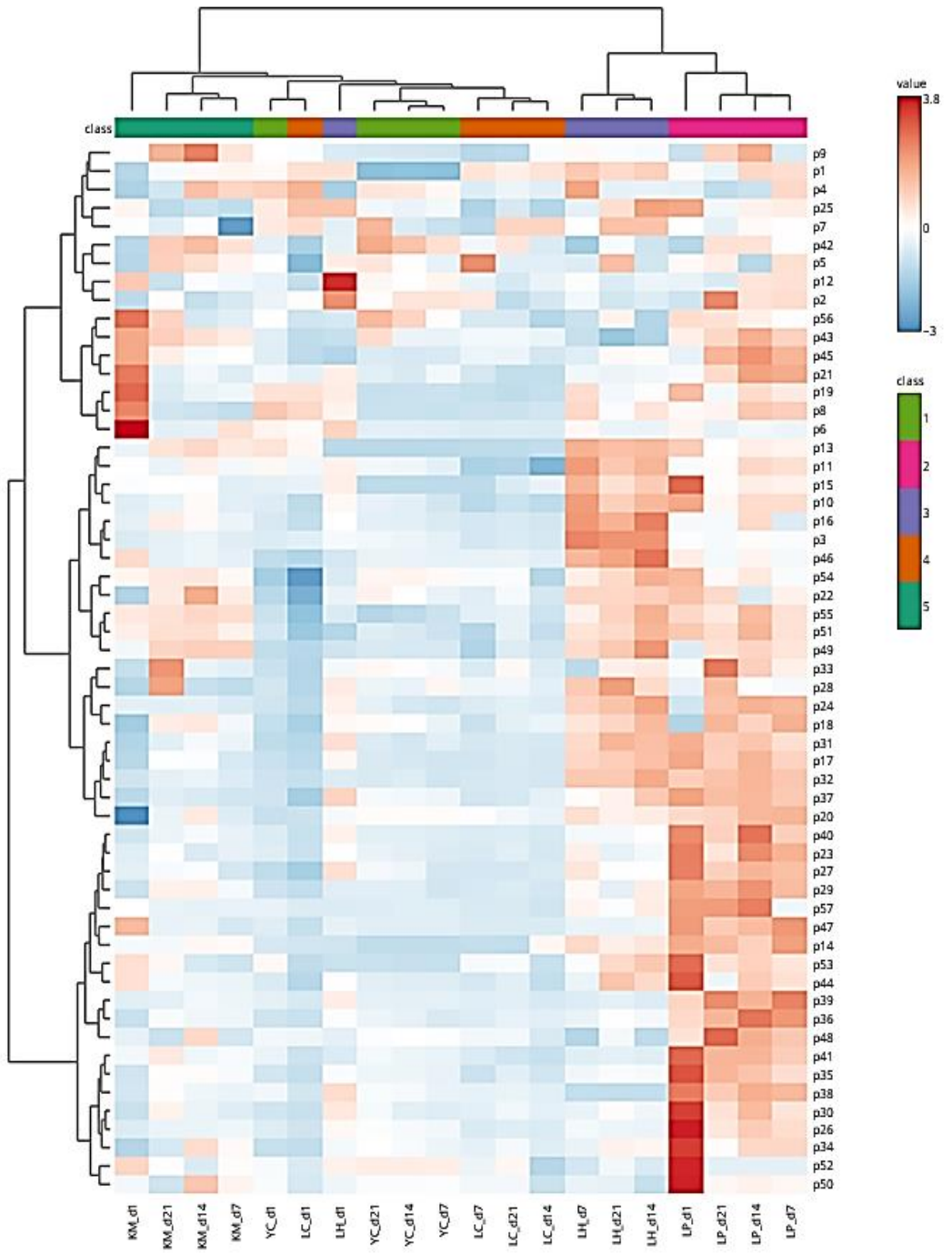


Şekil 4.25 LP Örneğinde Depolama Süresince Belirlenen Peptit Profiline Ait RP-HPLC Kromatogramı

L. plantarum ile üretilen manda yoğurdu örneklerinde (LP) belirlenen peptit profilinin depolama süresine bağlı değişimi şekil 4.25'te gösterilmiştir. Depolamanın 1. gününde alıkonmanın 21. ile 30. dakikaları arasındaki, 33. ile 38. dakikaları arasındaki ve 70. ile 74. dakikaları arasındaki piklerde depolamanın ilk haftasından itibaren azalma görülmüştür. Buna paralel olarak depolamanın diğer dönemleri arasında fazla bir değişim olmamasına rağmen 1. günden farklı olarak 32. dakika, 48. ile 55. dakikalar arasında ve 61., 63., 68., 76. dakikada belirlenen piklerin belirgin bir düzeyde arttığı görülmektedir. Bu sonuçlar, LP örneğine ait hidroliz derecesi değerleri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 4.26 Manda Yoğurdu Örneklerinde Kültür Farklılığına Göre (a) ve Depolama Süresince (b) Belirlenen Peptit Profillerine Ait Kısmi En Küçük Kareler Diskriminant Analizi (PLS-DA)



Şekil 4.27 Manda Yoğurdu Örneklerinde Belirlenen Peptit Profillerine Ait Isı Haritası

Manda yoğurdu örneklerinde kültür farklılığına göre belirlenen peptit profillerine ait PLS-DA grafiği Şekil 4.26'da (a) gösterilmiştir. Model, toplam varyansın %60.6'sını açıklayan Component 1 ve Component 2 bileşenlerinden oluşmaktadır. *L. plantarum* ile üretilen örnek (LP) Component 1'e göre negatif bölgede kümelenmiş ve diğer örneklerden ayrılmıştır. Karamaya ile üretilen örnek (KM) ve *L. helveticus* ile üretilen örneğin (LH) 1. gün değerleri hariç diğer dönemlerinde belirlenen değerlerin Component 2'ye göre pozitif bölgede ve yakın kümelenildiği görülmektedir. YC-350 ticari kültürü ile üretilen örnek (YC) ve *L. paracasei* ilaveli örneğin (LC) Component 1'e göre pozitif, Component 2'ye göre negatif bölgede (grafiğin +/- bölgesi) birbirine yakın kümelenildiği görülmektedir. LP örneği diğer örneklerden tamamen ayrılmış, KM ile LH örneği ve YC ile LC örneğinin nispeten birbirlerine yakın şekilde kümelenildiği görülmektedir.

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen peptit profillerine ait PLS-DA grafiği Şekil 4.26'da (b) gösterilmiştir. Model, toplam varyansın %53.8'ini açıklayan Component 1 ve Component 2 bileşenlerinden oluşmaktadır. Depolamanın 1. gününde elde edilen piklerin Component 1'e göre negatif bölgede kümelenildiği ve diğer depolama dönemlerinden ayrıştığı görülmektedir. Depolamanın ilk haftasında sonra LP ve LH örnekleri Component 1'e göre grafiğin +/- bölgesinde, KM, YC ve LC örnekleri ise grafiğin ++ bölgesinde kümelenmiştir. Depolamanın 1. gününde belirlenen peptit profilleri diğer depolama dönemlerine kıyasla net bir şekilde ayrılmıştır. Karamaya ile üretilen örnekte (KM) 1. günde belirlenen peptit profili diğer dönemlerden net bir şekilde ayrılmış, 14. ve 21. günlerdeki peptit profilleri ise yakın kümelenmiştir. Ticari kültür ile üretilen örnek (YC) ile *L. paracasei* ilaveli örnek (LC) tüm dönemlerde yakın konumlanmış ve 1. günde belirlenen peptit profili diğer dönemlerden ayrı şekilde konumlanmıştır. *L. helveticus* ilaveli örnek (LH) ile *L. plantarum* ilaveli örneğin (LP) 7. ve 21. günlerdeki peptit profilleri grafikte yakın konumlanmasına rağmen 1. ve 14. günlerdeki profiller ayrı şekilde konumlanmıştır.

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen peptit profillerine ait ısı haritası Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Analizde 57 pik kullanılmıştır. Isı haritasından görüleceği üzere PLS-DA grafiği ile benzer şekilde LP örneği diğer örneklerden ayrılmış ve haritanın sağ tarafında kümelenmiş, KM örneği ise haritanın sol tarafında kümelenmiştir. LP örneğine ait değerlerin yoğun renklere sahip olduğu, LP örneğinden sonra ise LH ve

KM örneklerinin yoğun renklere sahip olduğu görülmektedir. Farklı kültür kullanımının etkisiyle örnekler iki ana gruba ayrılmış ve gruplardan birini LH örneğinin 1. günü hariç LP ve LH örnekleri oluşturmuştur. Bu sonuçlara göre manda yoğurdu üretiminde *L. plantarum* ve *L. helveticus* kullanımının peptit oluşumunu artırdığı düşünülmektedir.

4.5 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Serbest Amino Asit İçeriği

Serbest amino asitler genellikle süt fermantasyonu sırasında proteolizin bir sonucu olarak üretilirler. Serbest amino asitler sağlığı teşvik edici fonksiyonlarının yanı sıra özellikle aromatik amino asitler olarak tarif edilen Phe, Tyr, Trp ve zincirli amino asitler olan Val, Leu, Ileu amino asitleri yoğurtta aldehitler, aminler, alkoller gibi aromaya katkı veren maddelere metabolize edilirler (Garavand ve ark., 2023).

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen serbest amino asit değerleri Tablo 4.17’de ve Şekil 4.28-4.31’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 4’de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre tüm amino asitlere örnek çeşidinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Cys amino asidi dışındaki tüm amino asitlerde depolama süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun tüm amino asit değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Esansiyel olarak kabul edilen amino asitlerin (His, Arg, Thr, Val, Met, Ileu, Leu, Phe, Trp, Lys) tamamı örneklerde tespit edilmiştir. Depolamanın 1. gününde örneklerde tüm aminoasitler belirlenmiş olup sırasıyla Glu, Pro ve Val amino asitleri, diğer amino asitlere oranla daha yüksek konsantrasyonda belirlenmiştir. Toplam amino asit değerleri açısından incelendiğinde depolamanın 1. gününde LH örneğinde en yüksek, YC örneğinde ise en düşük miktar belirlenmiştir.

Değerler genel olarak incelendiğinde, Asp, Glu, Ser, Gly, Arg, Tyr, Val, Met, Ileu, Leu, Phe, Trp amino asitleri tüm örneklerde azalırken, Ala amino asitleri yükselmiştir. Diğer amino asitlerde ise inişli çıkışlı bir değişim gözlenmiş veya değişim düzeyinin minimal olduğu görülmektedir.

Met ve Asp amino asitlerinin, starter kültür bakterileri ve *L. paracasei*’nin süt fermantasyonu sırasında diğer metabolitleri üretmesi için uygun besin maddeleri olduğunu belirtilmiştir (Garavand ve ark., 2023). Manda yoğurdu örneklerinde

belirlenen Met amino asidi depolama süresince tüm örneklerde azalırken, Asp amino asidi ise özellikle KM, YC ve LH örneklerinde depolamanın ilk haftasında hızla düşmüş, sonraki haftalarda ise nispeten stabil bir değer göstermiştir.

Toplam amino asit miktarları değerlendirildiğinde depolama süresince düşüş olduğu görülmektedir. Benzer olarak Wu ve ark., (2022)'nın, soya sütünü yoğurt bakterileri ve *L. paracasei* ile fermente ettikleri çalışmada, bu çalışmaya paralel olarak toplam amino asit miktarları depolama boyunca düşmüştür. *L. paracasei*'nin sadece proteolitik yeteneğe sahip olmakla kalmadığı, aynı zamanda yüksek yoğunluklu amino asit metabolizma fonksiyonuna sahip olduğu belirtilmiştir.

Simova ve ark., (2006)'nın, dört farklı starter kültür kullanarak ürettikleri kefir örneklerinde belirledikleri ve Ko ve ark., (2005)'nin *L. casei* ile fermente edilen yoğurt örneklerinde belirledikleri toplam amino asit miktarlarının bu çalışmayla paralel olarak depolamanın ilk haftasında düştüğü belirlenmiştir. Simova ve ark., (2006)'nın çalışmasında belirlenen ortalama serbest amino asit miktarları dikkate alındığında *L. helveticus* içeren örneklerin amino asit üretimi diğer örneklere göre yüksek belirlenmiştir. Glu, Pro, His, Ser ve Ala amino asitleri bu çalışma ile benzer şekilde *L. helveticus* içeren örneklerde daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.17 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri (mg/100g)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
ASP	1	21.81±2.14 ^{b,B}	10.07±0.80 ^{a,B}	10.05±0.73 ^{a,A}	19.40±0.43 ^{b,B}	13.41±0.93 ^a
	7	5.18±0.68 ^{a,A}	7.33±0.92 ^{ab,AB}	15.66±1.37 ^{d,B}	10.01±0.99 ^{bc,A}	11.85±0.92 ^{cd}
	14	3.53±0.30 ^{a,A}	5.66±0.46 ^{a,A}	14.69±1.59 ^{b,AB}	12.46±0.85 ^{b,A}	12.23±1.12 ^b
	21	4.07±0.23 ^{a,A}	5.93±0.34 ^{a,A}	12.17±0.86 ^{b,AB}	12.36±0.57 ^{b,A}	12.99±0.69 ^b
GLU	1	65.56±6.55 ^{b,B}	47.32±3.77 ^{a,B}	38.70±3.46 ^{a,B}	102.05±0.05 ^{c,D}	38.19±2.98 ^{a,C}
	7	4.74±0.95 ^A	6.47±1.09 ^A	20.57±2.20 ^A	23.39±0.01 ^C	14.37±0.99 ^B
	14	2.81±0.24 ^A	5.07±0.44 ^A	17.31±1.94 ^A	14.57±0.00 ^B	5.89±0.46 ^A
	21	2.51±0.17 ^A	4.48±0.38 ^A	11.37±0.86 ^A	4.88±0.04 ^A	5.34±0.02 ^A
ASN	1	4.02±0.02 ^b	3.25±0.03 ^{a,A}	3.40±0.18 ^{ab,A}	5.39±0.05 ^{c,B}	3.41±0.15 ^{ab,A}
	7	5.36±0.00	6.26±0.05 ^B	4.77±0.08 ^B	3.95±0.01 ^A	3.96±0.07 ^{AB}
	14	4.08±0.01	4.64±0.08 ^{AB}	5.15±0.04 ^B	4.24±0.00 ^A	4.97±0.03 ^{AB}
	21	4.36±0.05 ^{ab}	5.83±0.07 ^{b,B}	5.29±0.06 ^{ab,B}	3.88±0.04 ^{a,A}	4.69±0.01 ^{ab,A}
SER	1	14.42±1.35 ^{b,B}	11.69±0.89 ^{ab}	11.26±0.97 ^{ab,AB}	23.83±0.18 ^{c,C}	10.91±0.28 ^a
	7	9.17±1.31 ^{ab,A}	11.77±1.61 ^{bc}	8.72±0.71 ^{ab,A}	5.85±0.28 ^{a,A}	13.54±0.74 ^c
	14	7.26±0.47 ^{a,A}	8.49±0.38 ^a	13.39±1.59 ^{b,B}	7.46±0.47 ^{a,B}	12.83±1.26 ^b
	21	7.48±0.86 ^{ab,A}	10.45±0.72 ^{bc}	8.94±0.21 ^{ab,A}	5.86±0.32 ^{a,A}	13.66±1.56 ^c
GLN	1	8.96±0.84 ^{b,C}	1.90±0.39 ^{a,A}	1.22±0.07 ^{a,A}	2.99±0.23 ^{a,A}	2.03±0.23 ^{a,A}
	7	5.11±0.59 ^{a,B}	10.12±1.34 ^{b,B}	10.34±0.88 ^{b,B}	6.82±0.61 ^{a,B}	6.75±0.24 ^{a,B}
	14	2.21±0.15 ^{a,A}	7.26±0.53 ^{b,B}	11.04±0.38 ^{c,B}	7.09±0.84 ^{b,B}	5.48±0.19 ^{b,B}
	21	3.59±0.53 ^{a,AB}	9.60±0.56 ^{c,B}	12.89±0.86 ^{d,B}	6.83±0.42 ^{b,B}	6.32±0.62 ^{b,B}
GLY	1	8.90±0.85 ^{b,B}	7.40±0.15 ^{ab,C}	6.27±0.41 ^{a,C}	7.95±0.14 ^{ab,C}	9.11±0.05 ^b
	7	2.66±0.41 ^{a,A}	3.28±0.39 ^{a,B}	2.04±0.15 ^{a,A}	2.79±0.15 ^{a,AB}	7.54±0.42 ^b
	14	2.00±0.09 ^{a,A}	2.24±0.21 ^{ab,A}	3.61±0.03 ^{c,B}	3.58±0.33 ^{bc,B}	7.21±0.64 ^d
	21	2.19±0.39 ^{a,A}	2.35±0.02 ^{a,AB}	2.28±0.00 ^{a,A}	2.45±0.15 ^{a,A}	7.30±0.83 ^b
HIS	1	11.55±1.24 ^a	13.08±0.05 ^{ab,B}	12.17±0.94 ^{a,B}	16.80±0.18 ^{b,B}	11.56±1.55 ^a
	7	10.32±2.03	10.93±1.62 ^{AB}	9.38±0.77 ^A	12.82±1.15 ^A	11.43±0.58
	14	7.87±0.54 ^a	7.38±0.43 ^{a,A}	11.39±0.19 ^{bc,AB}	12.95±0.81 ^{c,A}	8.96±0.88 ^{ab}
	21	8.75±1.69	8.64±0.55 ^A	12.03±0.55 ^{AB}	10.96±0.52 ^A	10.38±1.12
ARG	1	11.98±1.07	12.55±1.13 ^B	13.51±1.05 ^B	12.13±0.34	12.53±1.03 ^B
	7	9.51±1.10 ^{ab}	11.15±1.59 ^{ab,AB}	7.53±0.61 ^{a,A}	12.13±1.25 ^b	7.36±0.61 ^{a,A}
	14	8.93±0.72 ^{ab}	7.35±0.66 ^{a,A}	10.33±1.41 ^{ab,AB}	12.04±0.93 ^b	9.03±0.98 ^{ab,AB}
	21	8.82±1.00	11.03±0.80 ^{AB}	9.87±0.62 ^{AB}	9.39±0.55	8.49±1.03 ^A
THR	1	3.35±0.33 ^{a,B}	5.35±0.41 ^{b,B}	5.19±0.49 ^{b,B}	11.16±0.15 ^{c,B}	6.75±0.47 ^b
	7	1.97±0.26 ^{a,A}	3.46±0.48 ^{b,A}	2.82±0.22 ^{ab,A}	1.63±0.14 ^{a,A}	5.62±0.40 ^c
	14	1.37±0.13 ^{a,A}	2.65±0.12 ^{ab,A}	3.92±0.43 ^{bc,AB}	1.64±0.17 ^{a,A}	5.14±0.52 ^c
	21	1.66±0.08 ^{a,A}	3.27±0.24 ^{b,A}	2.69±0.23 ^{ab,A}	1.57±0.10 ^{a,A}	6.32±0.74 ^c
ALA	1	5.92±0.56 ^{b,A}	2.46±0.23 ^{a,A}	11.81±1.09 ^c	11.98±0.20 ^c	6.07±0.26 ^{b,A}
	7	12.69±1.61 ^B	18.66±2.50 ^{BC}	13.35±1.21	13.24±1.27	14.23±0.94 ^B
	14	10.21±0.60 ^B	12.81±0.90 ^B	14.64±1.68	14.02±0.82	12.62±1.26 ^B
	21	12.25±0.76 ^{a,B}	19.32±1.54 ^{b,C}	14.91±1.08 ^{ab}	12.80±0.56 ^a	14.25±1.69 ^{a,B}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Tablo 4.17 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri (mg/100g) (devamı)

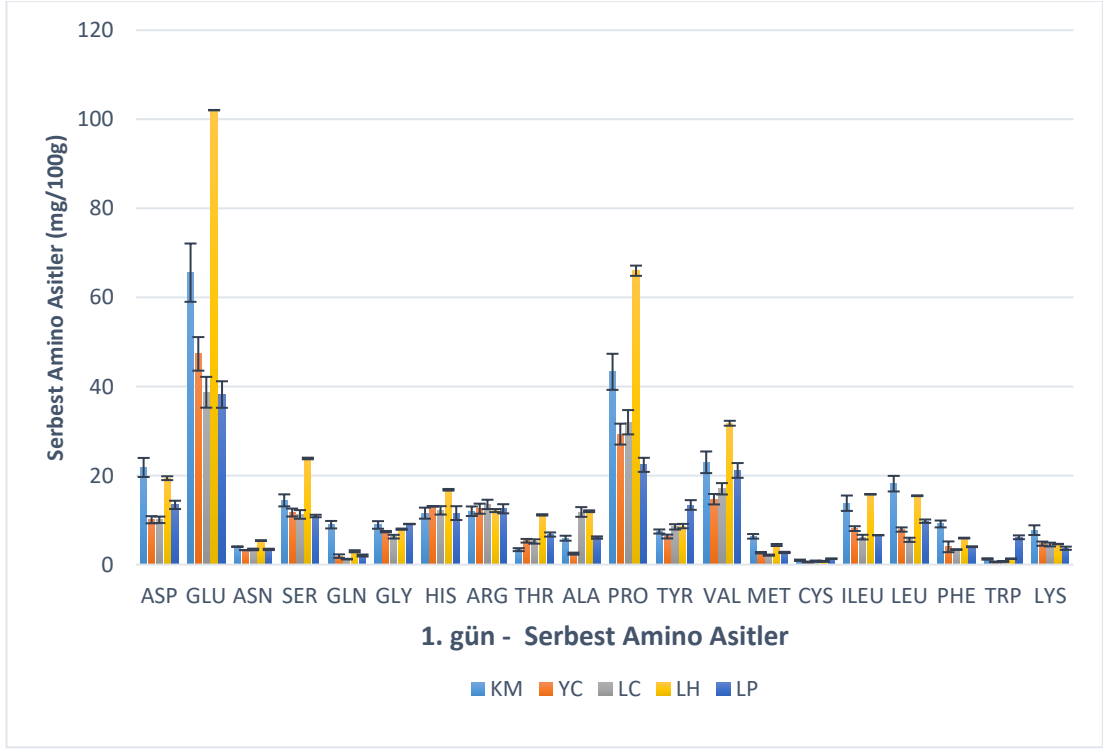
PRO	1	43.29±4.05 ^{b,B}	29.30±2.35 ^a	31.97±2.73 ^a	65.99±1.15 ^{c,B}	22.40±1.58 ^a
	7	34.55±4.32 ^{ab,AB}	43.74±5.96 ^b	30.04±2.74 ^{ab}	33.90±3.39 ^{ab,A}	26.80±1.64 ^a
	14	28.17±2.21 ^A	30.22±2.47	32.71±3.87	33.94±2.81 ^A	26.53±2.50
	21	29.18±2.67 ^{a,A}	42.41±3.26 ^b	31.74±2.21 ^{ab}	31.84±1.82 ^{ab,A}	30.20±3.43 ^a
TYR	1	7.43±0.46 ^a	6.30±0.43 ^a	8.47±0.60 ^{a,B}	8.65±0.49 ^{a,C}	13.38±1.09 ^{b,C}
	7	4.86±2.82	7.16±2.11	5.25±1.06 ^{AB}	4.96±0.18 ^{AB}	4.62±0.26 ^A
	14	4.43±1.02	4.89±1.08	5.88±1.58 ^{AB}	5.61±0.07 ^B	8.97±1.32 ^B
	21	5.62±1.73	5.69±0.49	4.06±0.23 ^A	4.00±0.13 ^A	6.88±0.65 ^{AB}
VAL	1	22.97±2.43 ^{b,B}	14.68±1.17 ^{a,B}	17.02±1.28 ^{ab,B}	31.74±0.55 ^{c,C}	21.14±1.66 ^{b,B}
	7	10.86±1.48 ^A	12.03±2.15 ^{AB}	8.65±1.07 ^A	6.86±0.67 ^B	11.45±0.76 ^A
	14	6.00±0.54 ^{a,A}	7.94±0.59 ^{ab,A}	8.24±1.29 ^{ab,A}	6.66±0.58 ^{a,AB}	10.54±1.08 ^{b,A}
	21	7.11±0.84 ^{ab,A}	11.17±0.80 ^{c,AB}	8.99±0.53 ^{bc,A}	4.64±0.17 ^{a,A}	11.45±1.27 ^{c,A}
MET	1	6.34±0.52 ^{c,C}	2.67±0.16 ^{a,B}	2.12±0.13 ^a	4.40±0.23 ^{b,B}	2.72±0.15 ^a
	7	2.79±0.26 ^B	1.95±0.40 ^{AB}	2.34±0.17	2.95±0.19 ^A	2.07±0.11
	14	1.45±0.16 ^{a,A}	1.43±0.07 ^{a,A}	2.22±0.19 ^b	3.11±0.24 ^{c,A}	2.69±0.22 ^{bc}
	21	1.61±0.03 ^{a,AB}	1.71±0.06 ^{a,A}	1.86±0.18 ^{ab}	2.35±0.13 ^{bc,A}	2.53±0.22 ^c
CYS	1	0.97±0.15 ^{ab}	0.55±0.13 ^a	0.77±0.14 ^a	0.72±0.11 ^{a,A}	1.32±0.08 ^b
	7	0.99±0.11 ^{ab}	0.64±0.08 ^a	0.86±0.17 ^{ab}	1.19±0.16 ^{b,B}	0.86±0.12 ^{ab}
	14	0.83±0.09 ^a	0.72±0.00 ^a	0.97±0.08 ^a	1.05±0.04 ^{ab,AB}	1.43±0.20 ^b
	21	1.00±0.12 ^{ab}	0.66±0.03 ^a	0.65±0.07 ^a	1.04±0.06 ^{ab,AB}	1.17±0.14 ^b
ILEU	1	13.78±1.73 ^{b,B}	8.08±0.54 ^{a,C}	6.17±0.52 ^{a,B}	15.78±0.04 ^{b,C}	6.60±0.03 ^{a,B}
	7	3.87±0.50 ^{b,A}	5.67±0.48 ^{c,B}	3.13±0.43 ^{ab,A}	1.78±0.24 ^{a,AB}	3.67±0.01 ^{b,A}
	14	1.70±0.40 ^{a,A}	3.01±0.12 ^{ab,A}	3.81±0.47 ^{b,A}	2.46±0.31 ^{ab,B}	3.41±0.49 ^{b,A}
	21	2.70±0.28 ^{b,A}	5.02±0.33 ^{c,B}	3.43±0.16 ^{b,A}	1.19±0.09 ^{a,A}	3.56±0.41 ^{b,A}
LEU	1	18.17±1.75 ^{c,B}	7.87±0.48 ^{ab,C}	5.56±0.47 ^{a,B}	15.46±0.09 ^{c,C}	9.74±0.38 ^{b,B}
	7	5.51±0.48 ^{c,A}	3.87±0.19 ^{b,B}	2.18±0.10 ^{a,A}	4.54±0.53 ^{bc,B}	4.31±0.25 ^{bc,A}
	14	2.77±0.54 ^{a,A}	2.40±0.13 ^{a,A}	2.77±0.37 ^{a,A}	5.71±0.48 ^{b,B}	5.31±0.68 ^{b,A}
	21	3.54±0.10 ^{ab,A}	3.38±0.35 ^{a,AB}	2.38±0.42 ^{a,A}	2.89±0.18 ^{a,A}	4.97±0.57 ^{b,A}
PHE	1	9.12±0.77 ^{b,B}	3.99±1.21 ^a	3.37±0.05 ^a	5.95±0.09 ^{a,B}	4.01±0.10 ^{a,B}
	7	3.31±0.30 ^A	2.20±0.05	2.08±0.79	2.10±0.12 ^A	2.82±0.08 ^A
	14	1.69±0.18 ^A	1.69±0.07	2.26±0.43	2.37±0.92 ^A	2.64±0.37 ^A
	21	2.01±0.13 ^{ab,A}	2.41±0.17 ^b	1.53±0.11 ^a	1.52±0.06 ^{a,A}	2.21±0.22 ^{b,A}
TRP	1	1.26±0.16 ^{a,B}	0.58±0.11 ^{a,AB}	0.70±0.00 ^{a,A}	1.32±0.01 ^{a,B}	6.13±0.43 ^{b,C}
	7	0.47±0.04 ^{a,A}	0.76±0.04 ^{a,B}	0.63±0.03 ^{a,A}	0.59±0.04 ^{a,A}	1.74±0.14 ^{b,B}
	14	0.41±0.05 ^{a,A}	0.41±0.04 ^{a,A}	1.77±0.24 ^{b,B}	1.29±0.06 ^{b,B}	0.78±0.11 ^{a,A}
	21	0.54±0.02 ^A	0.49±0.02 ^{AB}	0.55±0.08 ^A	0.48±0.01 ^A	0.65±0.02 ^A
LYS	1	7.73±1.09 ^{b,B}	4.70±0.47 ^{a,AB}	4.50±0.42 ^a	4.61±0.05 ^a	3.67±0.36 ^{a,B}
	7	3.10±0.06 ^{b,A}	5.87±0.29 ^{c,B}	3.39±0.38 ^{bc}	4.33±0.29 ^c	1.60±0.13 ^{a,A}
	14	2.28±0.17 ^{a,A}	3.84±0.40 ^{ab,A}	4.94±0.60 ^b	4.71±0.38 ^b	2.20±0.52 ^{a,A}
	21	2.87±0.35 ^{b,A}	4.78±0.22 ^{c,AB}	4.28±0.27 ^c	4.17±0.28 ^c	1.62±0.21 ^{a,A}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

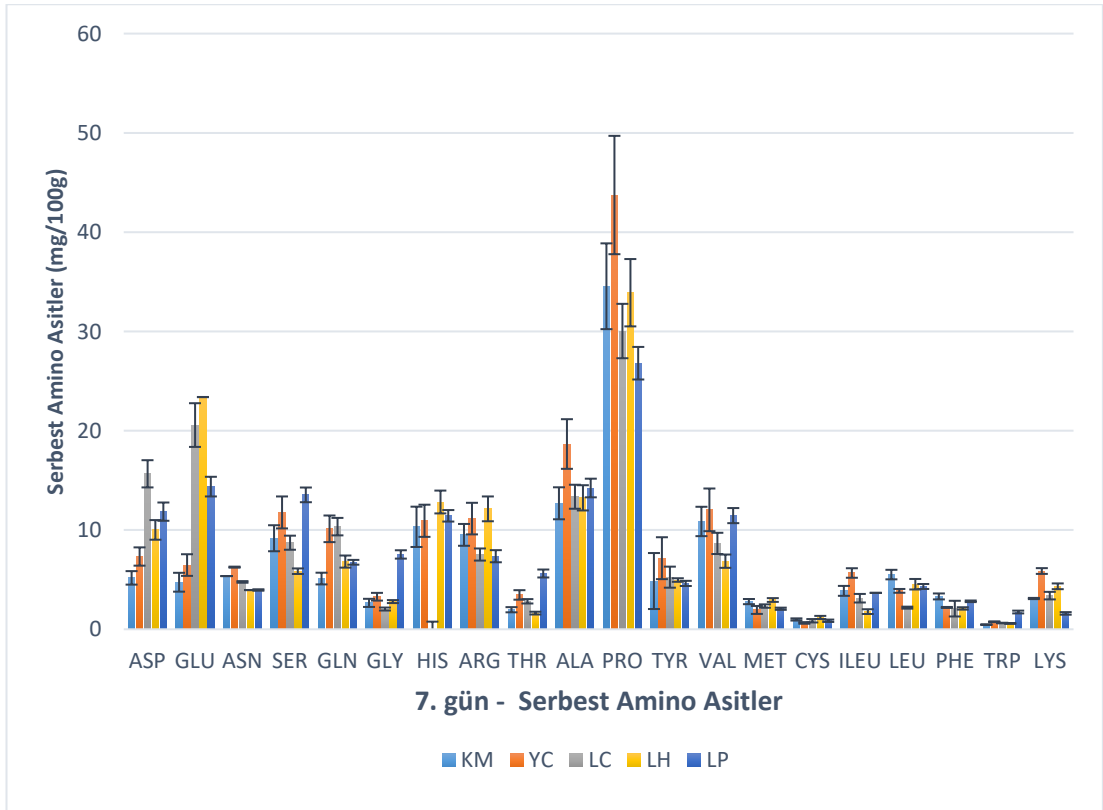
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

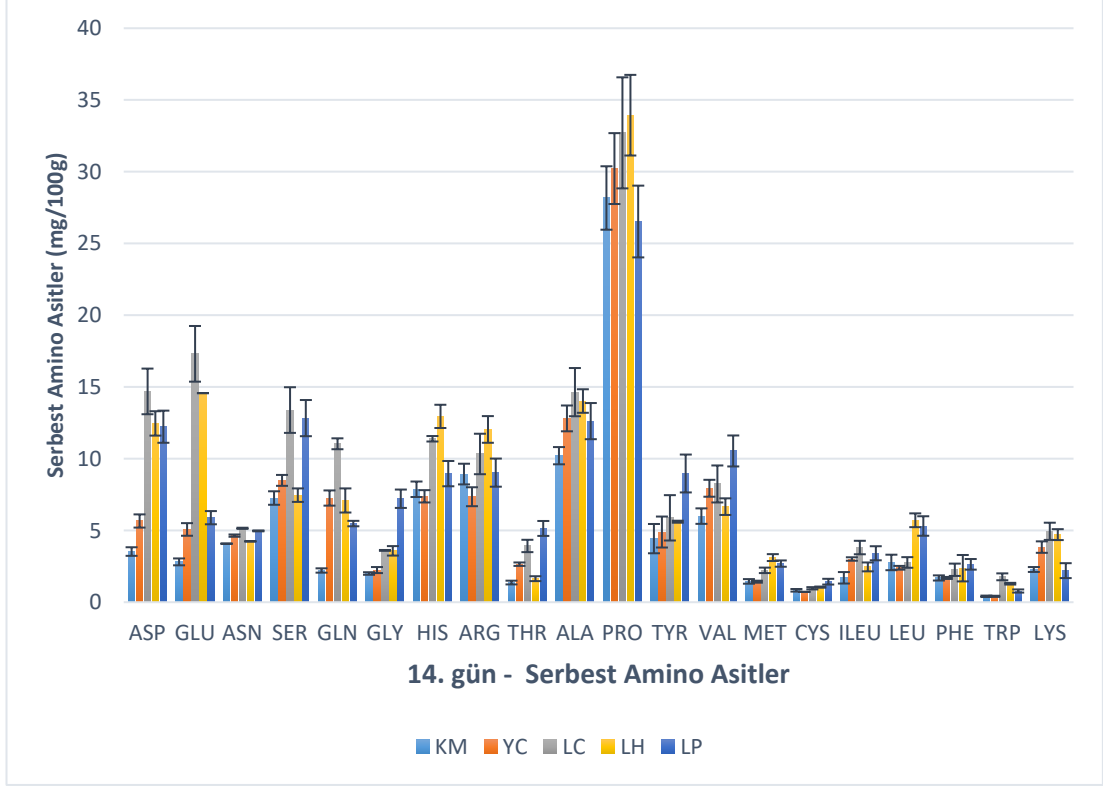
A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.



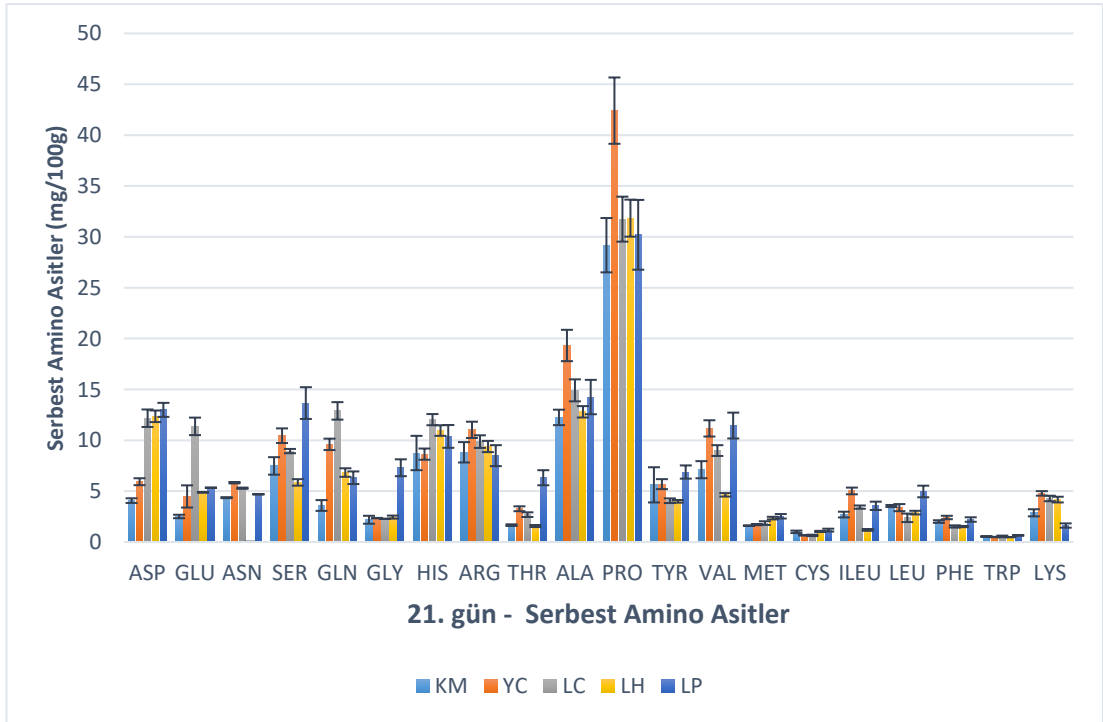
Şekil 4.28 Depolamanın 1. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği



Şekil 4.29 Depolamanın 7. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği



Şekil 4.30 Depolamanın 14. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği



Şekil 4.31 Depolamanın 21. Gününde Belirlenen Serbest Amino Asit Değerleri Grafiği

4.5.1 γ -Aminobütirik asit (GABA)

γ -Aminobütirik asit (GABA), memelilerin merkezi sinir sisteminde önemli bir inhibisyon sağlayan nörotransmitterdir. γ -Aminobütirik asit açısından zengin besinler insanlarda hipertansiyon ve depresyonu hafifletebilir (Wu ve Shah, 2017). Önceki çalışmalar ayrıca GABA'nın uyku kalitesini iyileştirebileceğini ve epilepsi tedavisi olarak kullanılabilirliğini göstermiştir (Yamatsu ve ark., 2016). Ek olarak, GABA kan glukoz seviyelerini kontrol etmek için antidiyabetik ajan olarak kullanılabilir. Bu sağlık faydaları, tıp, kimya ve gıda endüstrilerinin daha fonksiyonel GABA takviyeleri geliştirmek için ilgisini çekmiştir. Bu nedenle, yüksek seviyelerde GABA içeren yeni bir fonksiyonel gıda geliştirmenin büyük bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir (Chen ve ark., 2018).

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen γ -Aminobütirik asit değerleri Tablo 4.18 ve Şekil 4.32'de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 4'de gösterilmiştir. GABA miktarı tüm örnek çeşitlerinde depolama ile birlikte yükselmiştir. En yüksek GABA miktarı depolamanın 7. gününde KM örneğinde (20.19 ± 2.63), en düşük değer ise depolamanın 1. gününde YC örneğinde (1.05 ± 0.00) belirlenmiştir. Depolama sonunda elde edilen GABA miktarları dikkate alındığında LC örneğinde diğer örneklerle kıyasla düşük miktar belirlenmiş ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Probiyotik içermeyen KM ve YC örneklerinde belirlenen GABA miktarlarıdaki artış probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerine kıyasla daha fazla olmuş ve istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Depolamanın ilk haftası GABA oluşumu ile Glu, Gln, Ser ve Met amino asitleri arasında pozitif bir korelasyon Ayag ve ark., (2022) tarafından bildirilmiştir. Bu çalışmada bu bilgiye paralel olarak Glu, Gln, Ser ve Met amino asitlerinin miktarlarının depolama ile birlikte azaldığı ve buna paralel olarak GABA miktarlarının arttığı görülmektedir.

Tablo 4.18 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen γ -Aminobütirik asit (mg/100g)

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
γ -Aminobütirik asit	KM	2.86±0.30 ^{b,A}	20.19±2.63 ^{b,B}	18.60±1.59 ^{c,B}	19.60±1.69 ^{b,B}
	YC	1.05±0.00 ^{a,A}	17.60±2.35 ^{b,B}	15.09±1.17 ^{bc,B}	17.84±1.38 ^{b,B}
	LC	1.06±0.13 ^{a,A}	4.25±0.40 ^{a,B}	8.18±1.01 ^{a,C}	10.29±0.71 ^{a,C}
	LH	3.60±0.03 ^{c,A}	5.87±0.46 ^{a,A}	10.82±0.93 ^{ab,B}	16.75±0.92 ^{b,C}
	LP	1.33±0.16 ^{a,A}	8.19±0.53 ^{a,B}	15.47±1.50 ^{bc,C}	19.75±2.19 ^{b,C}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

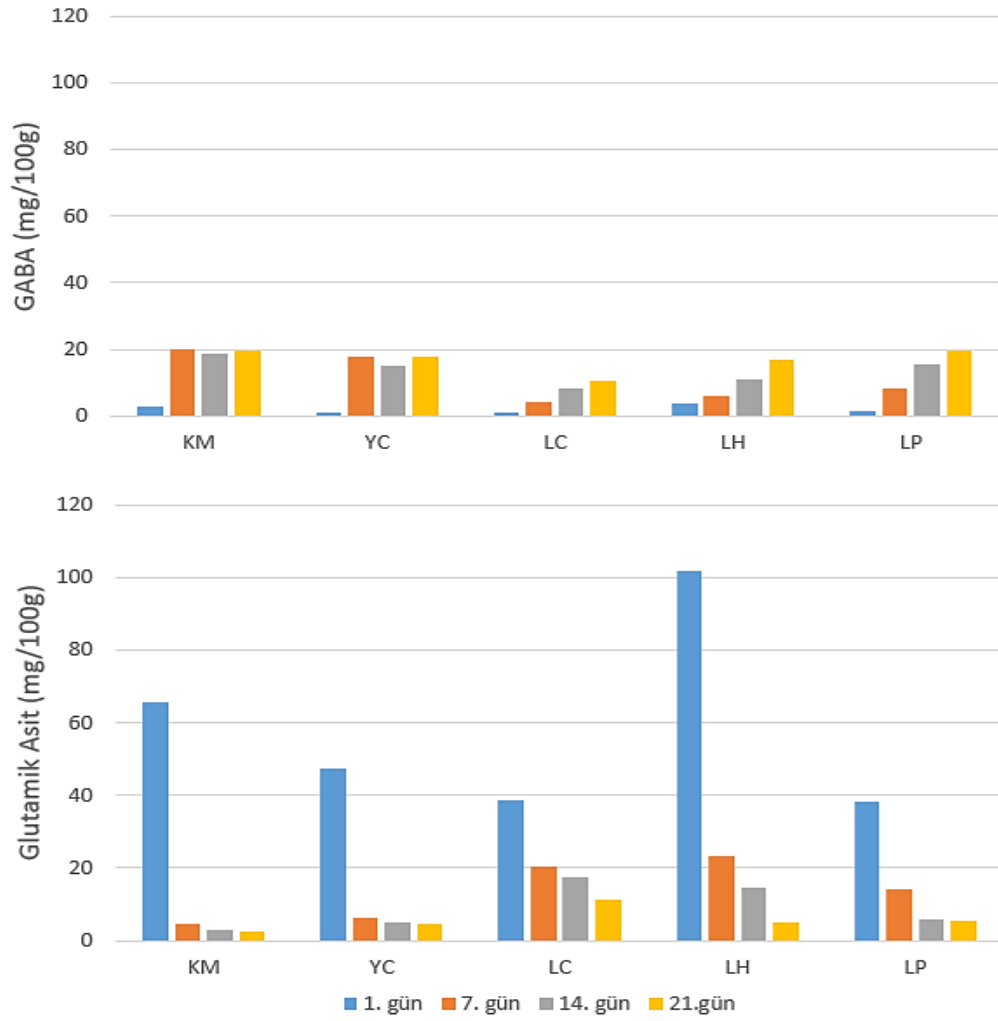
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Glutamik asit içeriğindeki azalma çoğunlukla, yüksek glutamat dekarboksilaz aktivitesi nedeniyle LAB tarafından GABA sentezinin ana öncüsü olarak tüketilmesine atfedilmiştir (Chen ve ark., 2018). Şekil 4.30 incelendiğinde Glutamik asit ile γ -Aminobütirik asit arasındaki ters orantılı ilişki görülmektedir.

Depolamanın ilk haftasında tüm örnek çeşitlerinde GABA miktarında artış gözlenirken, en yüksek artış KM ve YC örneklerinde belirlenmiş, probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerine ait GABA miktarlarındaki artış oranı daha düşük kalmıştır. Depolamanın ilk haftasında belirlenen Glu amino asidi değerleri incelendiğinde GABA artışıyla orantılı olarak bir düşüş sergilediği görülmektedir. Depolamanın sonraki dönemlerinde ise KM ve YC örneklerine ait GABA miktarlarındaki değişim oranı azalmış ve istatistiksel olarak da önemli bulunmamışken ($P>0.05$), probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerine ait Gaba miktarları yükselmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.32 Depolama Süresince Belirlenen Glutamik asit ve GABA Grafiği

L. plantarum ve *L. brevis*'in GABA üretimi için anahtar türler olduğu bildirilmiştir (Li ve Cao, 2010). Nitekim depolama sonunda en yüksek GABA miktarı LP örneğinde (19.75 mg/100g) belirlenirken bunu sırasıyla KM (19.60 mg/100g), YC (17.84 mg/100g) ve LH (16.75 mg/100g) örnekleri takip etmiştir. En düşük GABA miktarı ise LC örneğinde (10.29 mg/100g) belirlenmiştir.

Sun ve ark., (2009) *L. helveticus* ile fermente ettikleri sütlerde GABA miktarını 165.11 mg/L olarak belirlemişler. Shan ve ark., (2015) 80mM L-MSG ve 18uM PLP içeren sütlerin, ticari yoğurt kültürü (YC-X100), *L. plantarum* ve ikisinin karışımı kullanılarak fermente edilmesiyle elde edilen yoğurtlarda GABA miktarlarını belirlemişler. Ticari kültür ile üretilen yoğurtta GABA belirlenemezken, karışık kültür ile üretilen yoğurtta 231.23 mg/100g, *L. plantarum* ile üretilen yoğurtta ise 289.23

mg/100g olarak belirlenmiştir. Ramos ve ark., (2022) ticari yoğurt kültürü, *L. paracasei* ve *L. plantarum* kullanarak ürettikleri yoğurtlarda GABA miktarını incelemiş ve 28 günlük depolama sonunda *L. paracasei* içeren örnekte 191.9 mg/L, *L. plantarum* içeren örnekte ise 197.9 mg/L olarak belirlenmiştir. Pyo ve ark., (2009) soya sütüne 1:1 oranında karıştırılmış *L. lactis* ve *L. plantarum* karışık kültüründen ilave ederek ürettikleri yoğurt örneklerinde GABA miktarını 30 günlük depolama süresi sonunda 50.3 mg/100g olarak belirlemişler. Mohsin ve ark., (2022) %6.5 yağ içeren manda sütüne %1.2 şeker ve starter kültür ilave ederek ürettikleri manda yoğurdunda GABA miktarını 278.4 mg/100g olarak belirlemişler.

Inoue ve ark., (2003) 10-12 mg GABA içeren 100 mL fermente sütün günlük alımının, hafif hipertansif insan hastalarda kan basıncının kontrolüne yardımcı olabileceğini bildirmiştir. Bu miktar göz önüne alındığında manda yoğurdu örneklerinin günlük beslenmede yeterli düzeyde tüketilmesinin hipertasyonun azaltılmasının yanı sıra sağlık açısından bir çok fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

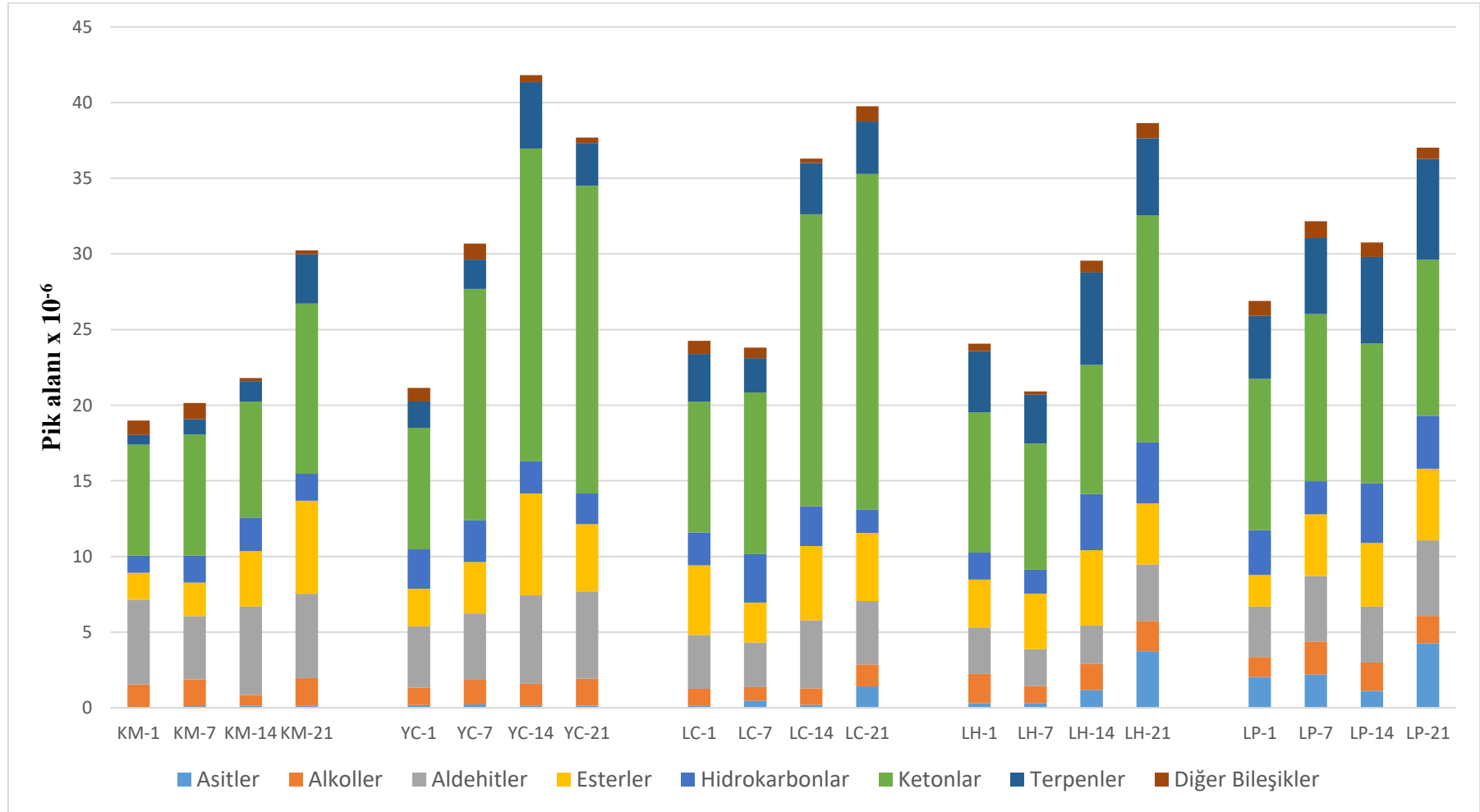
4.6 Manda Yoğurdu Örneklerinde Belirlenen Uçucu Bileşikler

Süt fermantasyonu sırasında laktik asit bakterileri, sütün çeşitli kimyasal bileşiminden türetilen 400'den fazla uçucu bileşik üretebilirler (Law ve Haandrikman, 1997). Bu uçucu bileşikler tüketiciler tarafından tercih edilen yoğurdun kendine özgü lezzetini verir. Dolayısıyla, yoğurt lezzetiyle ilişkilendirilen uçucu organik bileşikler, tüketici kabul edilebilirliği ve satın alma niyeti için kaçınılmaz bir belirleyici faktördür (Soukoulis ve ark., 2010). Depolama süresince bu uçucu bileşenlerin oluşumu, sütün türü ve bileşimi, starter kültürdeki laktik asit bakterilerinin türü ve oranı, inkübasyon süresi ve işleme koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır (Faray ve ark., 2022).

Yoğurdun karakteristik lezzeti, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp *bulgaricus* tarafından sentezlenen laktik asit başta olmak üzere pürivik, oksalik ve süksinik asit gibi uçucu olmayan asitler ile asetaldehit, aseton ve diasetil gibi uçucu bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Tamime ve Robinson, 1999). Ayrıca, fermantasyon sırasında süt yağlarını, proteinlerini ve şekerlerini hedef alan birçok kimyasal reaksiyon, enzimatik parçalanma ve oksidasyon gerçekleşir, bu da yoğurdun anahtar uçucu bileşenlerinin üretimini sağlar (Faray ve ark., 2022).

Gıdalarda bulunan uçucu bileşenlerin tümü duyuşal öneme sahip değildir. Asetaldehit, etanol, aseton, diasetil ve 2-bütenon istenilen yoğurt lezzeti üzerinde yüksek etkiye sahiptir, ayrıca yaygın laboratuvar teknikleriyle tespit edilebilir miktarda bulunurlar. Friedrich ve Acree (1998) diasetil ve asetaldehidin yoğurtta en güçlü lezzet vericiler olduğunu göstermişlerdir ki bu diğer fermantasyonlu süt ürünlerinden ve süttten farklılık gösterir. Yoğurda istenilen lezzeti vermekle sorumlu olduğu bildirilen başlıca uçucu bileşikler; karbonil bileşikler, asetaldehit, diasetil, aseton, asetoin ve 2-bütenon'dur. Yoğurtta sadece küçük miktarlarda üretilmelerine rağmen, bu bileşikler organoleptik olarak önemlidir (Cheng, 2010).

Manda yoğurdu örneklerinin uçucu bileşikleri depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) tekniği ile GC-MS kullanılarak belirlenmiş olup; asitler (4), alkoller (9), aldehitler (8), esterler (8), hidrokarbonlar (6), ketonlar (16), terpenler (8) ve diğer bileşikler (6) olmak üzere toplam 65 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir.



Şekil 4.33 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Uçucu Bileşikler

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşiklerin dağılımı Şekil 4.33'de gösterilmiştir. Şekil 4.33 incelendiğinde KM örneğinde belirlenen uçucu bileşik miktarının diğer örneklerden daha az olduğu tespit edilmiş ve bu sonucun hidroliz derecesi analizinde belirlenen değerlerle (Tablo 4.11) paralellik gösterdiği görülmüştür. Asit miktarlarının probiyotik içermeyen KM ve YC örneklerinde çok az tespit edildiği, probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerinde ise daha fazla belirlendiği görülmektedir. Tian ve ark., (2017) ve Wang ve ark. (2010), *L. casei* içeren örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha fazla asit ürettiğini bildirmişler. Keton grubu uçucu bileşiklerin tüm örneklerde baskın bileşik grubu olduğu görülmektedir. Nitekim Tian ve ark., (2017) farklı starter kültürlerin kullanıldığı çalışmada baskın bileşik grubunun ketonlar ve aldehitler olduğunu bildirmişler. Genel itibariyle tüm örneklerde depolama ile birlikte uçucu bileşik miktarlarının arttığı görülmektedir (Şekil 4.33).

4.6.1 Asitler

Laktik asit ve diğer asitler, yoğurdun aroma ve tat özelliklerinde önemli rol oynar. Laktik asidin düşük uçuculuğa sahip olmasına rağmen, yoğurdun lezzetinde önemli yeri vardır. Asidite, yoğurt lezzetinin algılanmasında önemli bir faktördür (Panagiotidis ve Tzia, 2001). Laktik aside ek olarak, diğer asitler de yoğurt fermantasyonu sırasında hem lipolitik süreçler hem de bakteriyel fermantasyon ile üretilirler. Asetik asit, laktik starter kültürleri tarafından üretilen önemli bir bileşiktir. Yüksek düzeyde asetik asit, tüketiciler tarafından kabul edilmeyecek "sirkeli" bir tat verebilir (Güler, 2007; Cheng, 2010).

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen asit bileşikleri Tablo 4.19'de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 4 adet asit bileşiği belirlenmiştir. Asetik asit ve 3-metil-bütanoik asit sadece LH ve LP örneğinde belirlenirken, asetik asitte en yüksek konsantrasyon LH örneğinde depolamanın sonunda, 3-metil-bütanoik asitte ise LP örneğinde depolamanın 7. gününde belirlenmiştir. Bütanoik asit ve hekzanoik asit tüm örneklerde belirlenmiş, bütanoik asitte en yüksek konsantrasyon LH örneğinde depolamanın sonunda, hekzanoik asitte en yüksek konsantrasyon LP örneğinde depolama sonunda belirlenmiştir.

Tablo 4.19 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Asit Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
Asetik asit	1	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0.51±0.25
	7	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0.79±0.13
	14	T.E.	T.E.	T.E.	0.89±0.36	0.38±0.02
	21	T.E.	T.E.	T.E.	2.69±1.25	0.99±0.21
Bütanoik asit	1	T.E.	0.18±0.02	0.15±0.05	0.09±0.00	0.75±0.07
	7	0.05±0.02	0.11±0.01	0.27±0.10	0.17±0.11	0.27±0.00
	14	0.08±0.01	T.E.	T.E.	0.28±0.13	T.E.
	21	0.12±0.04	T.E.	0.81±0.00	0.95±0.25	0.54±0.11
3-Metilbütanoik asit	1	T.E.	T.E.	T.E.	0.12±0.00	0.10±0.01
	7	T.E.	T.E.	T.E.	0.08±0.01	0.88±0.00
	14	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0.59±0.27
	21	T.E.	T.E.	T.E.	0.06±0.01	0.83±0.33
Hekzanoik asit	1	T.E.	T.E.	T.E.	0.10±0.00	0.69±0.25
	7	0.06±0.03	0.11±0.01	0.20±0.06	0.05±0.01	0.26±0.00
	14	0.06±0.01	0.15±0.04	0.20±0.02	T.E.	0.17±0.05
	21	T.E.	0.14±0.03	0.60±0.00	T.E.	1.90±0.40

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Tian ve ark., (2017) depolama sonunda kontrol yoğurt örneğinde asetik asit miktarını 0.52 mg/kg, *L. plantarum* içeren örnekte 0.46 mg/kg, *L. casei* içeren örnekte 0.58 mg/kg, yine Tian ve ark., (2019) başka bir çalışmada kontrol örneğinde 15.15 mg/kg, *L. plantarum* içeren örnekte ise 16.24 mg/kg olarak belirlemişler.

Tablo 4.19 incelendiğinde asetik asit üretme kabiliyeti yüksek olan ve genellikle turşu üretimi ile özdeşleşmiş bir mikroorganizma olan *L. plantarum* 'u içeren örnekte depolamanın ilk gününden itibaren asetik asit belirlenmiş olması ve diğer örneklerin hiçbirinde ilk 2 haftalık depolamada tespit edilememiş olması beklenen bir durumdur.

Tian ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada yoğurt örneklerinde depolama sonunda Hekzanoik asit miktarını kontrol örneğinde 0.26 mg/kg, *L. plantarum* içeren örnekte 0.65 mg/kg, *L. casei* içeren örnekte 0.82 mg/kg olarak, Bütanoik asit miktarını

ise kontrol örneğinde 0.13 mg/kg, *L. plantarum* içeren örnekte 0.14 mg/kg, *L. casei* içeren örnekte 0.43 mg/kg olarak belirlemiştir.

4.6.2 Alkoller

Yoğurtta bulunan uçucu bileşiklerden bir diğer grup alkollerdir ve yoğurttaki başlıca alkol etanol olup, glukozun parçalanması ve amino asitlerin katabolizması sürecinde ortak bir terminal üründür. Etanol yoğurtta ana uçucu bileşiklerden biri olarak sıkça rapor edilmesine rağmen, genel aroma ve tat üzerindeki katkısı net değildir. Vedamuthu (2013) etanolün muhtemelen tamamlayıcı bir lezzet sağladığını bildirmesine rağmen, diğer birçok araştırmacı laktik asit fermantasyonu sırasında üretilen küçük miktarlardaki etanolün yoğurdun lezzetine pratikte önemli etki etmediğini düşünmektedirler (Cheng, 2010).

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen alkol bileşikleri Tablo 4.20’de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 9 adet alkol bileşiği belirlenmiş olup, etanol miktarı diğer alkol bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir. Etanol bileşiğinden sonra sırasıyla 2-etil hekzanol ve siklopentanol bileşikleri diğer alkol bileşiklerinden daha yüksek miktarda belirlenmiştir. 3-metil-3-büten-1-ol, 1-pentanol, 3-metil-2-büten-1-ol, 1-heptanol, 2-nonanol ve 2-bütil-1-oktanol bileşikleri çok düşük konsantrasyonlarda belirlenmiştir. Bu 6 alkol bileşiğinde depolama boyunca ve örnek çeşitleri arasında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Belirlenen alkol bileşiklerinin ortalama değerleri dikkate alındığında en yüksek alkol miktarı LP örneğinde, en düşük alkol miktarı ise LC örneğinde belirlenmiştir. Siklopentanol değerleri tüm örneklerde depolama süresinde yükselmiş ve bu yükseliş ilk hafta diğer dönemlere nazaran daha fazla olmuştur. 2-etil hekzanol değeri YC örneğinde diğer örneklere kıyasla daha yüksek, LC örneğinde ise daha düşük olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.20 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Alkol Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
Etanol	1	1.06±0.36	0.45±0.22	0.37±0.10	0.95±0.39	0.48±0.00
	7	0.92±0.03	0.53±0.04	0.36±0.12	0.25±0.05	0.92±0.36
	14	0.01±0.00	0.03±0.02	0.47±0.04	0.43±0.24	0.91±0.22
	21	0.64±0.06	0.62±0.02	0.50±0.07	0.63±0.07	0.83±0.42
Siklopan tanol	1	0.20±0.06	0.18±0.00	0.24±0.05	0.19±0.03	0.13±0.03
	7	0.28±0.05	0.31±0.01	0.15±0.06	0.43±0.10	0.32±0.13
	14	0.23±0.05	0.38±0.08	0.21±0.01	0.45±0.20	0.31±0.08
	21	0.38±0.03	0.37±0.10	0.36±0.03	0.40±0.06	0.32±0.08
3-Metil-3-büten-1-ol	1	0.02±0.00	0.04±0.00	0.12±0.02	0.14±0.03	0.15±0.04
	7	0.06±0.03	0.03±0.00	0.02±0.01	0.06±0.02	0.19±0.00
	14	0.05±0.04	0.30±0.14	T.E.	0.13±0.00	0.03±0.01
	21	0.07±0.03	0.11±0.02	0.11±0.00	0.14±0.01	0.03±0.01
1-Pentanol	1	0.03±0.01	T.E.	0.03±0.00	0.16±0.00	0.03±0.00
	7	0.03±0.02	0.04±0.00	0.03±0.02	0.03±0.01	0.10±0.00
	14	0.03±0.01	0.03±0.01	0.03±0.00	0.06±0.02	0.04±0.01
	21	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.00	0.06±0.00	0.04±0.01
3-Metil-2-büten-1-ol	1	T.E.	0.08±0.01	0.03±0.01	0.14±0.02	0.11±0.02
	7	0.06±0.03	0.10±0.01	0.07±0.02	0.04±0.00	0.14±0.12
	14	0.07±0.01	0.07±0.03	0.06±0.00	0.06±0.01	0.05±0.01
	21	0.08±0.01	0.07±0.01	0.07±0.00	0.08±0.00	0.04±0.01
1-Heptanol	1	T.E.	0.04±0.01	T.E.	0.05±0.00	T.E.
	7	0.03±0.01	0.05±0.00	T.E.	T.E.	0.07±0.00
	14	T.E.	0.05±0.02	0.04±0.00	0.05±0.01	0.05±0.01
	21	0.05±0.01	0.06±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01	0.05±0.01
2-Etil hekzanol	1	0.13±0.02	0.20±0.01	0.22±0.03	0.18±0.01	0.24±0.05
	7	0.30±0.04	0.48±0.06	0.25±0.02	0.29±0.01	0.36±0.04
	14	0.24±0.08	0.50±0.19	0.21±0.01	0.41±0.10	0.35±0.07
	21	0.49±0.17	0.42±0.14	0.25±0.00	0.38±0.07	0.35±0.03
2-Nonanol	1	0.06±0.02	0.12±0.01	0.05±0.02	0.10±0.02	0.07±0.01
	7	0.05±0.02	0.05±0.01	T.E.	T.E.	0.00±0.00
	14	0.05±0.01	0.06±0.02	0.03±0.00	0.03±0.01	0.05±0.02
	21	0.06±0.01	0.06±0.01	0.04±0.02	0.06±0.02	0.07±0.01
2-Bütil-1-oktanol	1	0.03±0.01	0.05±0.03	0.04±0.01	0.04±0.01	0.10±0.02
	7	0.03±0.01	0.04±0.01	0.03±0.00	0.02±0.00	0.07±0.00
	14	0.03±0.01	0.03±0.00	0.03±0.00	0.10±0.03	0.06±0.01
	21	0.03±0.01	0.04±0.01	0.02±0.00	0.24±0.11	0.09±0.04

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Asetaldehit, yoğurt kültürlerinde alkol dehidrojenaz adı verilen bir enzim aracılığıyla etanole metabolize edilir (Tamime ve Deeth, 1980). Etanol miktarı depolama ile birlikte YC, LC ve LP örneklerinde bir miktar artarken, KM ve LH örneklerinde azalmıştır. Tian ve ark., (2017) etanol miktarını depolama sonunda kontrol yoğurt örneğinde 0.39 mg/kg, *L. plantarum* içeren örnekte 0.32 mg/kg, *L. casei* içeren örnekte ise 0.31 mg/kg olarak belirlemişler.

4.6.3 Aldehitler

Aldehitler genellikle amino asitlerin transaminasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonları sonucu meydana gelirler ve aynı zamanda doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile oluşan hidroperoksitlerden türeyebilirler (Mayo ve ark., 2010). Asetaldehit, yoğurdun tipik lezzetine en çok katkıda bulunan bileşiklerden birisidir. Saf asetaldehit keskin ve tahriş edici bir koku içerir ancak seyreltik konsantrasyonlarda hoş bir meyvemsi aroma verir (Cheng, 2010). Asetaldehit, yoğurda karakteristik yeşil elma veya cevizimsi kokuyu verir ve hem *Lactobacillus bulgaricus* hem de *Streptococcus thermophilus* bunu kolaylıkla üretebilir (Bodyfelt ve ark., 1988).

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen aldehit bileşikleri Tablo 4.21’de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 8 adet aldehit bileşiği belirlenmiş olup, asetaldehit miktarı diğer aldehit bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir. Asetaldehit bileşiğinden sonra 3-metil-2-bütenal ve hekzanal bileşikler diğer aldehit bileşiklerine oranla yüksek olarak belirlenmiştir. 2-Metil-propanal, 3-metil-bütanal, benzaldehit, octanal ve nonanal bileşikler düşük konsantrasyonlarda belirlenmiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek asetaldehit değeri KM örneğinde, en düşük değer ise LH örneğinde belirlenmiştir.

Tablo 4.21 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Aldehit Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
Asetaldehit	1	5.28±1.70	3.36±0.32	2.35±0.08	2.03±0.00	2.27±0.36
	7	3.73±0.51	3.56±0.73	2.31±0.88	1.93±0.19	2.96±0.00
	14	5.32±0.55	4.88±2.22	3.27±0.18	1.40±0.32	2.79±0.37
	21	4.85±0.16	4.80±0.73	3.06±0.22	1.88±0.06	3.69±0.43
2-Metilpropanal	1	0.10±0.00	0.03±0.02	0.04±0.01	0.07±0.01	0.08±0.00
	7	0.06±0.03	0.03±0.02	0.04±0.01	T.E.	0.04±0.03
	14	0.06±0.01	0.06±0.05	0.04±0.00	0.04±0.01	0.05±0.02
	21	0.07±0.02	0.10±0.04	0.04±0.02	0.07±0.01	0.05±0.01
3-Metilbütanal	1	0.06±0.01	0.05±0.02	0.08±0.00	0.05±0.00	0.07±0.01
	7	0.02±0.01	0.02±0.00	0.01±0.01	0.01±0.00	0.15±0.00
	14	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.00	0.02±0.01	0.03±0.01
	21	0.08±0.02	0.04±0.02	0.02±0.01	0.13±0.02	T.E.
3-Metil-2-bütanal	1	0.02±0.00	0.27±0.03	0.56±0.02	0.40±0.10	0.52±0.07
	7	0.17±0.04	0.28±0.02	0.23±0.12	0.14±0.05	0.38±0.04
	14	0.15±0.04	0.26±0.11	0.26±0.02	0.24±0.09	0.18±0.01
	21	0.20±0.04	0.28±0.08	0.32±0.04	0.44±0.05	0.22±0.09
Hekzanal	1	0.07±0.03	0.11±0.01	0.22±0.12	0.23±0.03	0.13±0.11
	7	0.03±0.01	0.20±0.08	0.15±0.04	0.13±0.07	0.45±0.36
	14	0.11±0.04	0.27±0.04	0.66±0.32	0.29±0.11	0.30±0.10
	21	0.14±0.00	0.23±0.13	0.42±0.19	0.78±0.35	0.65±0.28
Benzaldehit	1	T.E.	0.08±0.00	0.08±0.02	0.11±0.00	0.11±0.03
	7	0.05±0.02	0.08±0.00	0.06±0.03	0.08±0.00	0.10±0.00
	14	0.07±0.01	0.09±0.03	0.08±0.01	0.20±0.05	0.14±0.06
	21	0.06±0.03	0.07±0.04	0.09±0.01	0.14±0.05	0.15±0.00
Oktanal	1	T.E.	0.03±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00	0.04±0.00
	7	T.E.	0.04±0.02	0.03±0.02	0.03±0.00	0.06±0.00
	14	0.03±0.02	0.07±0.04	0.05±0.01	0.08±0.02	0.05±0.01
	21	0.05±0.01	0.05±0.03	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01
Nonanal	1	0.06±0.02	0.12±0.00	0.18±0.02	0.14±0.04	0.12±0.04
	7	0.08±0.03	0.17±0.03	0.10±0.02	0.10±0.00	0.19±0.01
	14	0.09±0.04	0.19±0.10	0.13±0.03	0.26±0.05	0.16±0.08
	21	0.13±0.04	0.20±0.08	0.18±0.01	0.23±0.03	0.16±0.01

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Asetaldehit değerleri incelendiğinde depolama boyunca değerlerin dzensiz şekilde değiştiği görülmektedir. Benzer şekilde Erkaya ve şengül (2011) ve Tian ve ark., (2017) yoğurtlardaki asetaldehit miktarının depolama süresince dalgalandığını belirtmişlerdir. Veriler incelendiğinde probiyotik içeren manda yoğurdu örneklerinde asetaldehit değerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Aldehitlerin nispeten aktif kimyasal özelliklerinden dolayı, kolaylıkla asit veya alkollere dnşebildikleri ve bu nedenle fermente süt ürünlerinde geğici bileşikler olduğu rapor edilmiştir (Dan ve ark., 2019). Toplam değerler dikkate alındığında probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerinde asit ve alkol miktarları KM ve YC örneklerine nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Probiyotik içeren örneklerde asetaldehit değerlerinin az olmasının sebebinin asit ve alkol bileşiklerine dönüşmesi olabileceği dşnlmektedir.

4.6.4 Esterler

Yoğurtta, mevcut olan asitlerin ve alkollerin esterlerine de rastlanır. Asitlerin etanol ile enzimatik veya kimyasal esterleşmesinden kaynaklanan etil esterler, hoş kokulu ve meyvemsi lezzetlere sahiptir. Çoğu esterin meyvemsi ve iğeksi bir lezzeti vardır ve yağ asitleri ve aminler tarafından verilen keskinlik ve acılığı azaltarak aroma ve tat katkısı yapabilirler (Guler, 2007; Cheng, 2010).

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen ester bileşikleri Tablo 4.22'de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 8 adet ester bileşiği belirlenmiş olup, etil asetat miktarı diğer ester bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir. Etil asetat bileşiğini sırasıyla 3-metil-2-büten-1-ol asetat, metil-trikloroasetat ve 4-metil pentil- trikloroasetat bileşikleri takip etmiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek etil asetat miktarı YC rneğinde, en düşük etil asetat miktarı ise KM rneğinde belirlenmiştir.

Etil asetat miktarı depolama ile birlikte inişli çıkışlı bir görünüm sergilemiş, depolama sonunda en yüksek değer KM rneğinde, en düşük değer ise LH rneğinde belirlenmiştir.

Tablo 4.22 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Ester Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
3-Metil-2-büten-1-ol asetat	1	0.42±0.07	0.43±0.08	0.51±0.14	T.E.	0.41±0.04
	7	0.42±0.21	0.46±0.04	0.33±0.11	T.E.	0.00±0.00
	14	0.38±0.06	0.55±0.26	T.E.	0.31±0.08	0.41±0.12
	21	0.79±0.14	T.E.	T.E.	T.E.	0.35±0.07
Etil asetat	1	1.28±0.29	1.78±0.23	3.54±1.27	2.56±0.00	1.14±0.25
	7	1.35±0.35	2.25±0.19	1.84±0.68	3.10±0.63	3.21±0.10
	14	2.94±0.12	5.04±0.38	3.71±0.57	3.45±0.91	2.90±1.00
	21	4.76±1.26	3.86±0.59	3.75±0.26	1.92±0.34	3.37±1.04
Metil bütanoat	1	0.03±0.01	0.03±0.00	0.03±0.00	0.02±0.01	0.18±0.01
	7	0.23±0.12	0.20±0.02	0.06±0.03	0.05±0.01	0.37±0.11
	14	0.06±0.03	0.33±0.14	0.46±0.04	0.10±0.01	0.09±0.03
	21	0.06±0.01	0.05±0.03	0.09±0.03	0.04±0.00	0.06±0.01
Isobütil isobütirat	1	0.01±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.04±0.02
	7	0.02±0.01	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.00±0.00
	14	0.06±0.02	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.01	0.03±0.01
	21	0.02±0.00	T.E.	0.02±0.00	0.03±0.00	0.05±0.03
Metil-trikloroasetat	1	0.05±0.01	0.11±0.00	0.24±0.14	0.31±0.18	0.21±0.02
	7	0.05±0.02	0.11±0.01	0.13±0.04	0.26±0.05	0.27±0.00
	14	0.09±0.01	0.38±0.10	0.26±0.10	0.31±0.01	0.36±0.12
	21	0.30±0.13	0.19±0.01	0.22±0.10	0.44±0.05	0.41±0.07
2-Metil-bütil-propanoat	1	T.E.	0.05±0.01	0.05±0.01	0.03±0.03	0.06±0.01
	7	0.04±0.01	0.07±0.01	0.05±0.01	0.05±0.00	0.04±0.00
	14	0.03±0.02	0.06±0.01	0.06±0.01	0.07±0.02	0.06±0.01
	21	0.04±0.02	0.03±0.01	0.06±0.01	0.07±0.02	0.06±0.01
4-Metil-pentil-trikloroasetat	1	T.E.	0.07±0.03	0.21±0.01	0.14±0.05	T.E.
	7	0.04±0.02	0.11±0.01	0.12±0.04	0.14±0.00	0.00±0.00
	14	0.05±0.00	0.19±0.05	0.17±0.01	0.61±0.20	0.27±0.04
	21	0.13±0.01	0.13±0.02	0.21±0.00	1.33±0.16	0.30±0.06
Oct-1-en-3-yl asetat	1	T.E.	T.E.	T.E.	0.09±0.03	0.02±0.00
	7	0.05±0.03	0.19±0.03	0.09±0.02	0.05±0.00	0.17±0.02
	14	0.04±0.02	0.16±0.04	0.21±0.07	0.11±0.02	0.08±0.04
	21	0.04±0.02	0.18±0.09	0.15±0.01	0.22±0.03	0.11±0.02

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

4.6.5 Hidrokarbonlar

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen hidrokarbon bileşikleri Tablo 4.23’de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 6 adet hidrokarbon bileşiği belirlenmiş olup, dekan ve dodekan miktarı diğer hidrokarbon bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir. Bu bileşikleri sırasıyla 2-metil-3-(metiltio)-bütan ve tetradekan bileşikleri takip etmiştir.

Tablo 4.23 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Hidrokarbon Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
2-Metil-3-(metiltio)-bütan	1	0.13±0.01	0.11±0.01	0.18±0.01	0.11±0.03	0.11±0.00
	7	0.12±0.07	0.10±0.01	0.07±0.03	0.10±0.02	0.09±0.01
	14	0.13±0.01	0.17±0.04	0.21±0.08	0.11±0.06	0.10±0.03
	21	0.14±0.04	0.23±0.03	0.15±0.04	0.08±0.03	0.10±0.05
3-Metilpentan	1	0.03±0.01	0.02±0.00	0.03±0.01	0.02±0.00	0.05±0.00
	7	0.02±0.01	0.02±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.02±0.01
	14	0.02±0.01	0.02±0.02	0.02±0.00	T.E.	0.02±0.02
	21	0.01±0.01	0.02±0.00	0.02±0.00	0.04±0.00	T.E.
3-Metilnonan	1	T.E.	0.02±0.01	0.07±0.00	0.03±0.03	0.07±0.01
	7	0.02±0.01	0.04±0.03	0.06±0.02	0.04±0.01	0.07±0.00
	14	0.06±0.01	0.02±0.01	0.04±0.02	0.03±0.01	0.08±0.02
	21	0.02±0.00	0.11±0.02	0.02±0.00	0.03±0.00	0.05±0.02
Dekan	1	0.48±0.22	1.24±0.37	1.07±0.34	0.96±0.56	1.18±0.31
	7	0.89±0.33	1.34±0.32	1.28±0.04	0.75±0.16	1.03±0.50
	14	0.90±0.05	1.05±0.12	1.25±0.02	1.31±0.35	1.48±0.18
	21	0.88±0.22	0.95±0.40	0.85±0.28	1.79±0.22	1.43±0.24
Dodekan	1	0.44±0.19	1.11±0.58	0.74±0.05	0.56±0.00	1.33±0.66
	7	0.69±0.04	1.15±0.49	1.62±0.03	0.60±0.20	0.90±0.46
	14	0.98±0.26	0.82±0.24	0.96±0.47	2.02±0.63	2.03±0.63
	21	0.64±0.14	0.66±0.06	0.45±0.09	1.87±0.05	1.72±0.21
Tetradekan	1	0.03±0.01	0.10±0.03	0.07±0.01	0.10±0.05	0.24±0.07
	7	0.06±0.03	0.10±0.02	0.17±0.02	0.08±0.01	0.09±0.04
	14	0.12±0.02	0.07±0.02	0.17±0.02	0.25±0.08	0.23±0.08
	21	0.09±0.01	0.06±0.04	0.06±0.00	0.22±0.02	0.20±0.01

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek dekan ve dodekan miktarları LP örneğinde, en düşük değerleri ise KM örneğinde belirlenmiştir. En yüksek dekan konsantrasyonu depolamanın 21. gününde LH örneğinde belirlenirken, en yüksek dodekan konsantrasyonu ise depolamanın 14. gününde LP örneğinde belirlenmiştir.

4.6.6 Ketonlar

Diasetil, yoğurda tereyağlı bir lezzet veren önemli bir aroma bileşimidir ve yüksek konsantrasyonlarda yoğurtta lezzet kalitesini artırabilir (Cheng, 2010). Süt ve süt karışımlarında bulunan sitratın fermantasyonuyla elde edilen diasetil bir diketon bileşimidir (Vedamuthu, 2013). Karakteristik bir yoğurt aroması için diasetil miktarının en az 4 mg/kg olması gerektiği ve optimum miktarının ise 10-25 mg/kg olduğu bildirilmiştir (Özer, 2006).

Asetoin, birçok kültürlü süt ürününde yaygın bir tat maddesidir. Asetoin, diasetil'in indirgenmiş formudur ve tadı diasetilinkinden önemli ölçüde daha zayıftır (Chen ve ark., 2017). Asetoinin hafif kremamsı, hafif tatlı, tereyağına benzeyen bir lezzeti vardır. Asetoin, enzim diasetil redüktaz tarafından diasetilden kolayca dönüştürülür (Collins, 1972).

Aseton ve 2-bütanon, süt ürünlerinde lezzet katkısı açısından çok az öneme sahip iki uçucu bileşik olarak tanımlanmaktadır. Süt yağı ve laktozun termal bozunmasından kaynaklanırlar (Carcoba ve ark., 2000). Asetonun tat ve aroma kalitelerini etkilediği bilinir ve tatlı, meyvemsi bir kokusu vardır. Asetonun küçük miktarları genellikle süttten kaynaklanır, ancak belirli miktarlar yoğurt bakterileri tarafından üretilir (Georgala ve ark., 1995). 2-Bütenonun lezzet özelliği asetona benzer. Gallardo-Escamilla ve ark., (2005) 2-bütenonun yoğurt kokusunu tetiklemede önemli olduğunu ve meyvemsi lezzete katkıda bulunduğunu bildirmiştir.

Her biri tek başına tanınabilir bir aroma oluştursa da yoğurdun lezzeti önemli uçucu bileşiklerin dengeli bir karışımıyla belirlenir. Örneğin, 1:1 oranında asetaldehit ve diasetilin, tercih edilen tipik bir yoğurt lezzeti verdiği bildirilirken diasetile kıyasla fazla asetaldehitin yeşilimsi bir lezzet oluşturabileceği bildirilmiştir (Cheng, 2010). Ayrıca, asetaldehitin asetona oranının da yoğurt lezzetinde önemli bir rol oynadığı ve 2.8:1 oranının istenen lezzeti sağladığı belirtilmektedir (Panagiotidis ve Tzia, 2001).

Tablo 4.24 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Keton Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
Aseton	1	3.71±1.57	2.05±0.04	2.47±0.03	2.14±0.06	2.61±0.40
	7	1.66±0.40	1.95±0.26	1.75±0.33	1.94±0.44	2.53±0.11
	14	2.07±0.10	2.57±0.83	2.50±0.34	2.07±1.15	1.73±0.11
	21	3.03±0.70	4.04±1.75	3.36±0.42	2.23±0.17	2.12±1.01
2.3-Bütandi on (Diasetil)	1	T.E.	0.01±0.00	0.03±0.01	0.07±0.01	0.22±0.01
	7	0.60±0.33	0.60±0.02	2.10±1.01	0.49±0.07	0.25±0.01
	14	0.39±0.05	0.70±0.33	1.12±0.08	0.35±0.05	0.29±0.01
	21	0.64±0.02	0.84±0.30	3.44±0.22	0.47±0.01	0.18±0.09
3-Metil-2-pentano n	1	0.74±0.31	0.59±0.01	0.86±0.10	0.67±0.03	0.60±0.00
	7	0.58±0.17	0.68±0.00	0.68±0.24	0.54±0.17	0.71±0.08
	14	0.71±0.01	0.91±0.16	0.76±0.07	0.49±0.19	0.63±0.12
	21	0.92±0.02	0.87±0.23	1.12±0.02	0.72±0.05	0.59±0.22
3-Metil-2-bütanon	1	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.03	0.02±0.00
	7	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00
	14	0.01±0.00	0.01±0.01	0.02±0.00	T.E.	0.02±0.01
	21	0.01±0.00	0.02±0.02	0.02±0.00	0.03±0.00	T.E.
2-Pentano n	1	0.74±0.29	0.89±0.07	0.80±0.02	0.83±0.04	1.07±0.10
	7	0.62±0.41	1.02±0.04	0.73±0.34	0.39±0.09	0.73±0.05
	14	0.68±0.06	1.24±0.59	1.20±0.07	0.53±0.18	0.52±0.07
	21	0.83±0.15	1.37±0.43	1.22±0.08	1.11±0.16	0.76±0.00
2.3-Pentandi on	1	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	7	0.54±0.18	0.42±0.02	0.12±0.05	0.70±0.10	0.54±0.04
	14	0.31±0.02	0.47±0.22	0.07±0.01	0.61±0.25	0.40±0.05
	21	0.53±0.09	0.51±0.17	0.22±0.01	0.69±0.01	0.29±0.11
3-Hidroksi-2-bütanon (Asetoin)	1	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0.62±0.22
	7	1.15±0.25	1.35±0.51	0.48±0.08	0.68±0.15	0.98±0.00
	14	1.38±0.51	1.79±0.81	2.21±0.03	0.23±0.15	1.04±0.43
	21	1.77±0.34	0.91±0.18	1.31±0.35	0.77±0.15	1.00±1.06
2-Hekzano n	1	T.E.	0.04±0.00	0.07±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01
	7	0.03±0.01	0.03±0.01	0.02±0.01	0.31±0.04	0.08±0.05
	14	0.02±0.00	0.05±0.03	0.04±0.01	0.02±0.01	0.48±0.14
	21	0.03±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.03±0.00	0.21±0.12

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Tablo 4.24 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Keton Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶) (devamı)

3-Hidroksi-3-metil-2-bütanon	1	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0.05±0.01
	7	0.08±0.04	0.11±0.03	0.18±0.06	0.10±0.01	0.08±0.00
	14	0.13±0.02	0.18±0.09	0.51±0.04	0.28±0.10	0.21±0.07
	21	0.13±0.02	0.19±0.04	0.37±0.03	0.36±0.04	0.34±0.16
5-Metil-2-hekzanon	1	0.02±0.00	0.06±0.02	0.19±0.11	0.33±0.03	0.10±0.01
	7	0.02±0.01	0.06±0.01	0.13±0.03	0.15±0.02	0.42±0.07
	14	0.06±0.01	0.40±0.19	0.16±0.08	0.33±0.16	0.49±0.08
	21	0.12±0.02	0.12±0.01	0.16±0.11	0.18±0.07	0.46±0.00
3-Heptanon	1	T.E.	T.E.	T.E.	0.06±0.00	0.12±0.01
	7	T.E.	0.08±0.01	0.04±0.02	0.07±0.02	0.12±0.03
	14	0.03±0.00	0.06±0.00	0.10±0.04	0.08±0.03	0.12±0.03
	21	T.E.	0.06±0.04	0.10±0.00	0.16±0.02	0.12±0.08
2-Heptanon	1	1.53±0.30	3.12±0.07	2.99±0.10	3.38±0.30	3.23±0.14
	7	1.86±0.54	5.71±1.31	3.20±0.81	2.10±0.17	3.34±0.12
	14	1.27±0.33	8.32±3.83	6.80±1.48	2.28±0.68	2.04±0.81
	21	2.23±1.25	7.42±3.39	7.17±1.03	5.54±1.10	2.60±0.57
4-Oktanon	1	0.02±0.00	0.04±0.00	0.03±0.00	0.03±0.01	0.04±0.01
	7	0.03±0.00	0.13±0.02	0.14±0.03	0.04±0.00	0.00±0.00
	14	0.03±0.01	0.14±0.04	0.25±0.04	0.05±0.01	0.04±0.01
	21	0.03±0.00	0.16±0.03	0.21±0.03	0.05±0.01	0.04±0.00
2-Nonanon	1	0.43±0.05	1.06±0.11	1.05±0.09	1.53±0.45	1.04±0.02
	7	0.73±0.19	2.97±0.85	1.04±0.18	0.76±0.17	1.08±0.00
	14	0.49±0.18	3.67±1.52	3.38±1.49	1.04±0.10	1.10±0.63
	21	0.86±0.22	3.56±0.75	3.28±0.26	2.43±0.20	1.40±0.21
2-Undekanon	1	0.10±0.05	0.13±0.01	0.13±0.01	0.14±0.04	0.16±0.00
	7	0.07±0.02	0.15±0.00	0.07±0.02	0.06±0.00	0.14±0.01
	14	0.06±0.03	0.14±0.02	0.12±0.02	0.12±0.02	0.13±0.06
	21	0.08±0.03	0.17±0.07	0.13±0.00	0.16±0.03	0.15±0.04
6-Dodekanon	1	0.03±0.00	0.03±0.01	0.03±0.00	0.04±0.00	0.05±0.00
	7	0.02±0.01	0.03±0.00	T.E.	T.E.	0.04±0.00
	14	0.03±0.00	T.E.	0.05±0.00	0.04±0.01	0.03±0.02
	21	0.02±0.00	0.05±0.01	0.03±0.00	0.05±0.01	0.04±0.01

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen keton bileşikleri Tablo 4.24'de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 16 adet keton bileşiği belirlenmiş olup, 2-heptanon miktarı diğer keton bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir. 2-Heptanon bileşiğini sırasıyla aseton, 2-nonanone, 3-hidroksi-2-bütanon (asetoin), 2-pentanone, 3-metil-2-pentanon ve 2,3-bütandion (diasetil) bileşikleri takip etmiştir ve adı geçen bileşikler diğer keton bileşiklerine nazaran daha yüksek miktarlarda belirlenmiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında YC ve LC örnekleri diğer örneklere göre keton bileşiklerince daha zengin olarak belirlenmiştir.

Keton bileşikleri arasında en yüksek konsantrasyonda belirlenen bileşik olan 2-Heptanon, LP örneği hariç diğer örneklerde depolama ile birlikte artmıştır. En yüksek değer depolamanın 14. gününde YC örneğinde belirlenmiştir. Aseton miktarı KM, YC, LC ve LH örneklerinde depolamanın ilk haftasında azalmış sonrasında yükselmiş, LP örneğinde ise depolamanın ilk iki haftasında azalmış sonrasında yükselmiştir. En yüksek aseton konsantrasyonu depolamanın 21. gününde YC örneğinde belirlenmiştir. Örneklerde depolama başlangıcı ile sonu dikkate alındığında belirlenen diasetil değerleri LP örneği hariç diğer tüm örneklerde artış göstermiştir. Diasetil miktarı ilk gün hariç diğer tüm depolama dönemlerinde LC örneğinde diğer örneklerden fazla tespit edilmiştir. Asetoin miktarı depolamanın ilk günü sadece LP örneğinde belirlenebilmişken, depolamanın ilerleyen haftalarında tüm örneklerde belirlenmiştir. YC, LC ve LP örneklerinde belirlenen asetoin miktarı depolamanın 14. gününe kadar yükselmiş sonrasında bir miktar azalmıştır. En yüksek asetoin konsantrasyonu ise depolamanın 14. gününde LC örneğinde belirlenmiştir.

4.6.7 Terpenler

Terpenler doğada, özellikle bitkilerin uçucu yağlarının temel bileşenleri olarak bilinir (Dastager, 2009). Süt ürünlerinde bulunan terpenlerin, hayvanların yediği otlardan süte ve sütten de süt mamullerine geçtiği belirtilmiştir (Bezerra ve ark., 2017). Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen terpen bileşikleri Tablo 4.25'de gösterilmiştir. Örneklerde toplam 8 adet terpen bileşiği belirlenmiş olup, 1-Limonen miktarı diğer terpen bileşiklerine oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir. 1-Limonen bileşiğini sırasıyla mirisen ve β -pinen bileşikler takip etmiştir. Ortalama değerler dikkate alındığında LP ve LH örneklerinin diğer örneklere göre terpen bakımından zengin olduğu görülmektedir.

Tablo 4.25 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Terpen Bileşikleri (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
Oksime metoksi fenil	1	0.12±0.02	0.04±0.01	0.08±0.04	0.14±0.03	0.41±0.04
	7	0.03±0.01	0.07±0.04	T.E.	0.14±0.01	0.46±0.06
	14	0.05±0.02	0.16±0.08	0.17±0.08	0.33±0.06	0.33±0.14
	21	0.03±0.01	0.15±0.07	0.15±0.02	0.36±0.14	0.53±0.04
α-Fellandren	1	T.E.	T.E.	0.04±0.00	0.03±0.00	T.E.
	7	T.E.	T.E.	T.E.	0.01±0.01	0.03±0.00
	14	T.E.	T.E.	0.02±0.00	0.02±0.01	0.02±0.02
	21	T.E.	T.E.	0.02±0.00	0.03±0.00	0.03±0.01
Sabinen	1	0.05±0.01	0.06±0.02	0.07±0.03	0.20±0.05	0.17±0.02
	7	0.04±0.02	0.11±0.05	0.12±0.03	0.15±0.04	0.22±0.01
	14	T.E.	0.19±0.09	0.17±0.00	0.19±0.03	0.22±0.06
	21	0.11±0.03	0.15±0.02	0.15±0.02	0.47±0.05	0.27±0.08
β-Pinen	1	0.03±0.01	0.32±0.15	0.41±0.20	0.26±0.11	0.98±0.10
	7	0.07±0.02	0.29±0.04	0.49±0.15	0.20±0.02	0.89±0.18
	14	0.06±0.01	0.35±0.15	0.66±0.03	0.78±0.27	1.28±0.00
	21	0.27±0.04	0.37±0.08	0.73±0.03	1.01±0.36	1.12±0.24
Mirisen	1	0.14±0.07	0.35±0.09	0.48±0.27	0.47±0.16	0.54±0.14
	7	0.46±0.06	0.62±0.08	0.40±0.10	0.45±0.05	0.79±0.22
	14	0.53±0.16	0.75±0.07	0.53±0.01	0.72±0.29	0.63±0.34
	21	0.69±0.11	0.63±0.10	0.54±0.06	0.71±0.34	0.78±0.18
l-Limonen	1	0.22±0.03	0.70±0.02	1.61±0.41	2.13±0.83	1.79±0.00
	7	0.29±0.13	0.59±0.19	1.06±0.25	1.93±0.22	2.03±0.00
	14	0.56±0.21	2.30±0.88	1.35±0.61	3.49±1.35	2.51±0.41
	21	1.72±0.54	1.11±0.34	1.30±0.55	2.03±1.07	3.33±0.27
1.8-Sineol	1	T.E.	T.E.	0.07±0.00	0.03±0.00	0.09±0.01
	7	T.E.	0.03±0.00	0.04±0.01	0.04±0.03	0.12±0.04
	14	T.E.	0.07±0.03	0.04±0.00	0.11±0.03	0.23±0.14
	21	0.03±0.01	0.04±0.01	0.04±0.00	0.17±0.02	0.18±0.00
Linalool	1	T.E.	T.E.	0.04±0.00	T.E.	0.04±0.00
	7	T.E.	T.E.	0.02±0.01	0.01±0.00	0.09±0.02
	14	T.E.	T.E.	0.04±0.00	0.05±0.02	0.08±0.03
	21	0.03±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00	0.08±0.01	0.11±0.06

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

T.E.: Tespit edilemedi.

Ortalama değerler dikkate alındığında l-Limonen bileşiği probiyotik içeren LC, LH ve LP örneklerinde daha yüksek konsantrasyonlarda belirlenmiştir. En yüksek l-Limonen konsantrasyonu depolamanın 14. gününde LH örneğinde belirlenmiştir.

4.6.8 Diğer Bileşikler

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen diğer bileşikler Tablo 4.26’da gösterilmiştir. Örneklerde toplam 6 adet diğer bileşik belirlenmiş olup, metantiol miktarı diğer bileşiklere oranla daha yüksek miktarda belirlenmiştir.

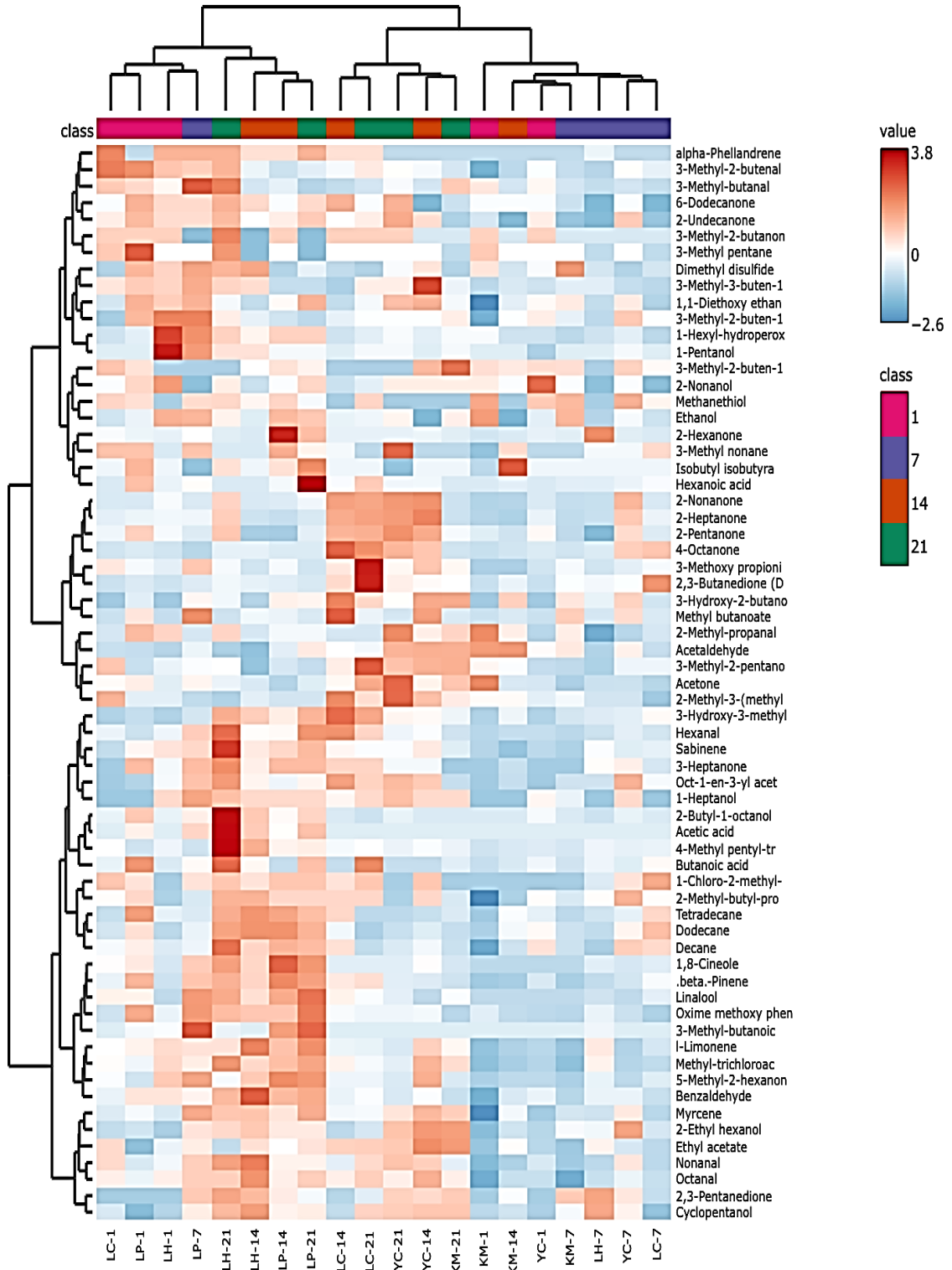
Tablo 4.26 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Diğer Bileşikler (Pik alanı x 10⁻⁶)

	Depolama süresi (gün)	Manda Yoğurdu Örnekleri				
		KM	YC	LC	LH	LP
Metantiol	1	0.81±0.14	0.64±0.20	0.58±0.12	0.01±0.00	0.53±0.03
	7	0.72±0.36	0.76±0.06	0.43±0.20	T.E.	0.55±0.00
	14	T.E.	T.E.	T.E.	0.42±0.07	0.58±0.17
	21	T.E.	T.E.	0.58±0.09	0.57±0.08	0.34±0.07
3-Metoksipropionitril	1	0.04±0.01	0.06±0.00	0.10±0.02	0.07±0.00	0.08±0.02
	7	0.08±0.04	0.07±0.01	0.08±0.03	0.06±0.03	0.12±0.01
	14	0.04±0.01	0.12±0.06	0.10±0.01	0.06±0.03	0.08±0.02
	21	0.09±0.02	0.09±0.03	0.22±0.00	0.08±0.01	0.06±0.01
1-Hekzilhidroperoksit	1	0.06±0.03	0.04±0.01	0.04±0.00	0.17±0.02	0.05±0.01
	7	0.03±0.02	0.05±0.00	0.03±0.01	0.04±0.00	0.13±0.06
	14	0.04±0.01	0.05±0.02	0.04±0.01	0.07±0.02	0.09±0.00
	21	0.06±0.01	0.06±0.02	0.05±0.00	0.09±0.01	0.09±0.04
Dimetil disülfid	1	0.06±0.02	0.04±0.00	T.E.	0.07±0.05	0.09±0.05
	7	0.11±0.05	T.E.	0.02±0.01	0.02±0.00	0.10±0.00
	14	0.02±0.00	0.06±0.03	0.01±0.00	0.10±0.03	T.E.
	21	T.E.	0.04±0.01	T.E.	0.09±0.01	0.03±0.01
1.1-Dietoksi etan	1	T.E.	0.13±0.03	0.10±0.01	0.16±0.00	0.18±0.01
	7	0.14±0.07	0.14±0.05	0.08±0.03	0.09±0.02	0.18±0.06
	14	0.11±0.03	0.18±0.06	0.09±0.00	0.09±0.02	0.13±0.03
	21	0.12±0.03	0.17±0.05	0.12±0.03	0.12±0.00	0.18±0.04
1-Kloro-2-metilbenzen	1	T.E.	T.E.	0.05±0.00	T.E.	0.04±0.01
	7	T.E.	0.04±0.00	0.06±0.02	0.02±0.00	0.04±0.00
	14	T.E.	0.05±0.02	0.04±0.00	0.04±0.00	0.05±0.00
	21	T.E.	T.E.	0.05±0.00	0.05±0.02	0.05±0.01

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

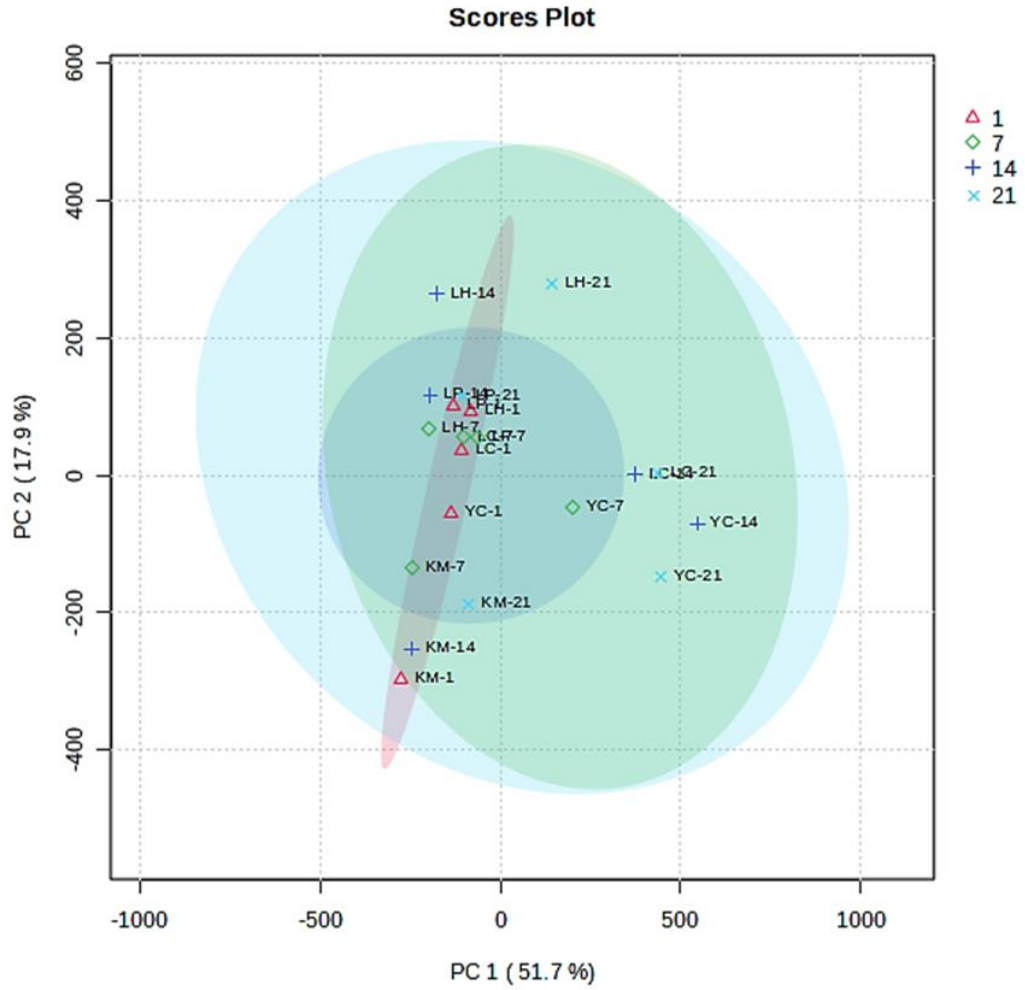
T.E.: Tespit edilemedi.



Şekil 4.34 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Uçucu Bileşiklere Ait Isı Haritası

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşiklere ait ısı haritası Şekil 4.34’de gösterilmiştir. Isı haritasından da görüleceği üzere probiyotik kültür içeren örnekler (LC, LP, LH) genel itibariyle ısı haritasının sol tarafında, probiyotik kültür içermeyen örnekler ise (KM, YC) genel itibariyle ısı haritasının sağ tarafında kümelenmiştir. Buradan hareketle *L. paracasei*, *L. helveticus* ve *L. plantarum*’un uçucu bileşik oluşumuna etki ettiği sonucu çıkarılabilir. Yine ısı haritası incelendiğinde depolama günlerine göre de bir ayrımın olduğu görülmektedir. Buna göre depolama başlangıcının (1. ve 7. günler) kendi içinde kümelenildiği, depolama sonlarının (14. ve 21. günler) da kendi içinde küme oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.32). Sonuç olarak ısı haritası dağılımı hem kullanılan kültürün hem de depolamanın uçucu bileşik oluşumuna etki ettiğini göstermektedir.

Manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince belirlenen uçucu bileşiklere ait temel bileşen analizi (PCA) Şekil 4.35’de gösterilmiştir. Model, toplam varyansın %69.6’sını açıklayan PC1 ve PC2 bileşenlerinden oluşmaktadır. PCA analiz sonuçları incelendiğinde probiyotik kültür içermeyen KM ve YC örneklerinin PC2’ye göre negatif kısımda kümelenildiği, probiyotik kültür içeren LC, LH ve LP örneklerinin ise PC2’ye göre pozitif kısımda kümelenildiği ve bu sonuçların ısı haritası ile de benzer olduğu görülmektedir. Karamaya ile üretilen KM örneğinin diğer örneklerden ayrılarak grafiğin -/- bölgesinde kümelenildiği görülmektedir. Grafik depolama süresince incelendiğinde depolamanın 1. gününde daha dar bir alanda kümelenen örnekler depolama süresi ilerledikçe birbirlerinden ayrışmakta ve küme alanları büyümektedir. Bu sonuçlara göre yoğurt üretiminde kullanılan kültürlerin yoğurdun uçucu bileşen kompozisyonu üzerinde önemli etki ettiği söylenebilir.



Şekil 4.35 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Uçucu Bileşiklere Ait Temel Bileşen Analizi (PCA)

4.7 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Tekstürel Analiz Sonuçları

4.7.1 Katılık (Firmness)

Akışı başlatmak için gereken minimum kayma gerilimi olarak tanımlanan reolojik bir özellik olan akma gerilimi, yoğurdun Katılık (Firmness) özelliğini karakterize etmek için kullanılabilir (Ares ve ark., 2006).

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen katılık (firmness) değerleri Tablo 4.27’de ve Şekil 4.36’da, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 3’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde, en düşük katılık değeri depolamanın 7. gününde LH örneğinde (165.22 ± 1.6 g), en büyük katılık değeri ise depolamanın 21. gününde LC örneğinde (639.34 ± 10.1 g) belirlenmiştir. Depolama ile birlikte tüm örneklerde katılık değerinin yükseldiği görülmektedir. Depolamanın tüm dönemlerinde ürün çeşitleri arasında farkların meydana geldiği görülmekte olup depolama sonunda *L. paracasei* içeren

örnek (LC) diğer örneklerden belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Li ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada depolama sonunda mikroenkapsüle *L. paracasei* içeren örneğin kontrol örneğinden daha yüksek katılık değerine sahip olduğunu belirtmiştir.

Tablo 4.27 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Katılık (Firmness) (g) Değerleri

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	244.21±12.1 ^{b,A}	281.83±0.8 ^{bc,A}	288.17±19.1 ^{ab,A}	353.08±1.9 ^{b,B}
YC	237.10±11.8 ^{b,A}	301.78±11.3 ^{c,B}	354.06±12.7 ^{b,C}	416.33±9.8 ^{c,D}
LC	332.89±14.2 ^{c,A}	426.68±8.3 ^{d,B}	453.01±26.8 ^{c,B}	639.34±10.1 ^{d,C}
LH	166.31±8.5 ^{a,A}	165.22±1.6 ^{a,A}	260.42±4.9 ^{a,B}	256.52±4.2 ^{a,B}
LP	243.99±10.1 ^{b,A}	271.16±0.6 ^{b,AB}	320.86±23.2 ^{ab,B}	297.83±22.7 ^{a,AB}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

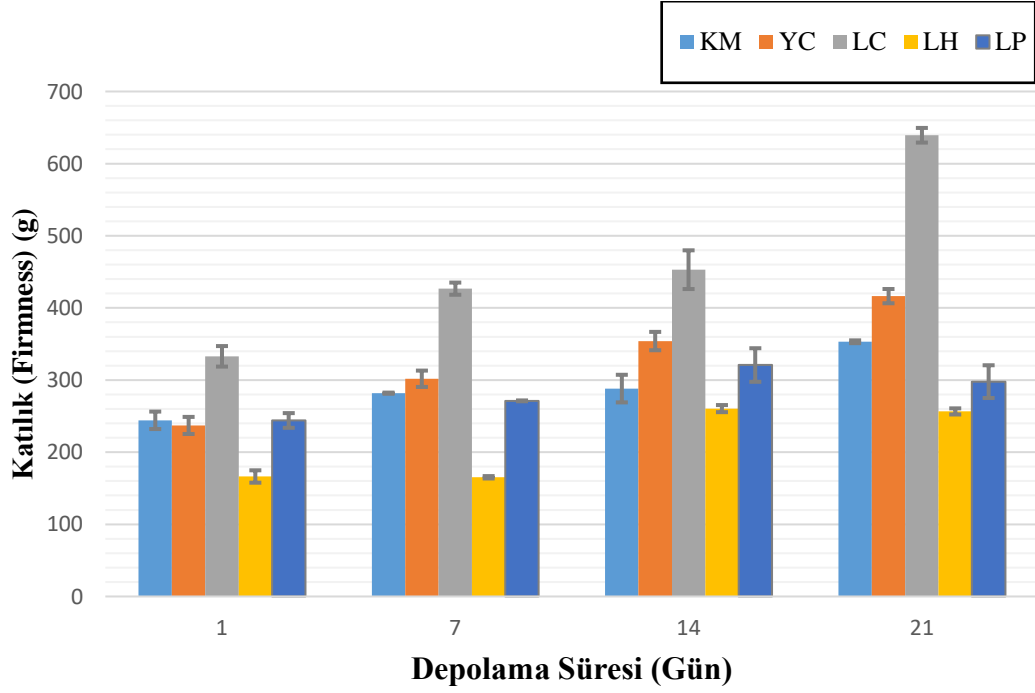
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun katılık değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Akgün ve ark., (2016) farklı yağ oranlarına sahip manda sütlerinden ürettikleri yoğurtlarda depolama ile sertlik değerinin yükseldiğini, Sah ve ark., (2016) probiyotik yoğurtlarda depolama ile katılık değerinin yükseldiğini belirtmişler. Emirmustafaoğlu ve ark., (2020) piyasadan temin ettikleri 86 manda yoğurdu örneğinde katılık değerini ortalama 246.43 g olarak belirlemiştir. Nguyen ve ark., (2014) manda sütünün probiyotik bir kültür olan ABT-5 ile fermente edildiği bir çalışmada katılık değerini 28 günlük depolama süresi sonunda yaklaşık olarak 65 g olarak belirlemiştir. Kumar ve Mishra (2003) soya sütü ve mango pulpu katılarak zenginleştirilen manda sütlerinden üretilen yoğurtlarda katılık değerini ortalama 110.64 g olarak belirlemişler.



Şekil 4.36 Depolama Süresince Belirlenen Katılık (Firmness) Değerleri Grafiği

4.7.2 Kıvamlılık (Work of shear)

Kıvamlılık (Work of shear), yoğurt ve benzeri örnekleri bir sandviç veya hamburger ekmeği benzeri ürünlerin üzerine yaymak için gereken fiziksel çalışma olarak tanımlanır ve ağızdaki yayılabilirlik hissi ile de ilişkilendirilebilir. Daha küçük değerler daha kolay sürülebilirlik anlamına gelir, çünkü daha kolay sürülebilir ürün erkek koni tarafından kabın dışına itilmek için daha küçük bir kuvvet gerektirmesi anlamına gelmektedir (Schädle ve ark., 2022).

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen kıvamlılık (work of shear) değerleri Tablo 4.28’de ve Şekil 4.37’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 3’de gösterilmiştir. En düşük kıvamlılık değeri depolamanın 7. gününde LH örneğinde (162.06 ± 4.0) belirlenirken, en büyük değer ise depolamanın 21. gününde LC örneğinde (458.67 ± 50.2) belirlenmiştir. İlgili tablo incelendiğinde depolama ile birlikte tüm örneklere ait kıvamlılık değerlerinde yükseliş görülmektedir. Kıvamlılık sonuçlarının katılık sonuçları ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlara paralel olarak Yadav ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada manda yoğurdunda depolama ile birlikte kıvamlılık değerlerinin yükseldiğini belirlemişler.

Tablo 4.28 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Kıvamlılık (g.s) Değerleri

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
Kıvamlılık (Work of shear) (g.s)	KM	256.76±11.2 ^{c,A}	264.06±7.5 ^{bc,A}	269.39±12.4 ^{ab,A}	308.37±1.4 ^{ab,B}
	YC	250.99±1.0 ^{c,A}	264.15±25.1 ^{bc,A}	326.85±7.3 ^{b,B}	357.51±2.6 ^{b,B}
	LC	329.77±14.3 ^d	323.46±40.5 ^c	445.47±30.9 ^c	458.67±50.2 ^c
	LH	167.34±0.1 ^{a,A}	162.06±4.0 ^{a,A}	250.76±9.0 ^{a,B}	242.53±0.6 ^{a,B}
	LP	215.92±4.5 ^{b,A}	233.29±1.4 ^{ab,AB}	305.98±22.8 ^{ab,C}	263.86±2.0 ^{a,BC}

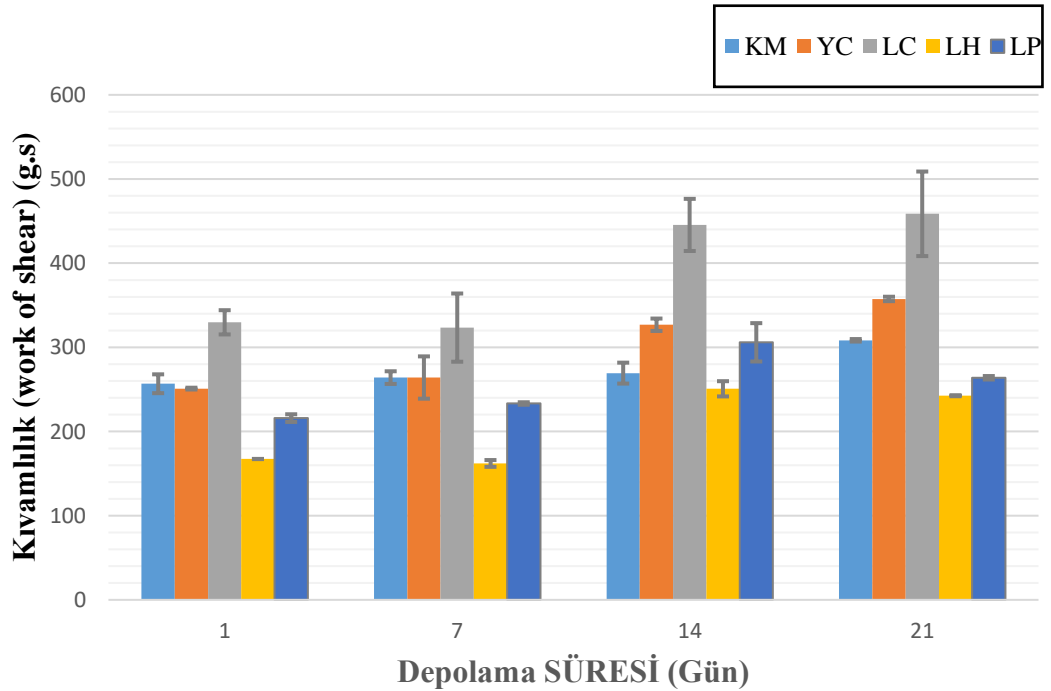
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunun kıvamlılık değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.37 Depolama Süresince Belirlenen Kıvamlılık (Work of Shear) Değerleri Grafiği

4.7.3 Yapışkanlık (Stickiness)

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen yapışkanlık (stickiness) değerleri Tablo 4.29'da ve Şekil 4.38'de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 3'de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde, yapışkanlık değerlerinin -105.04 ile -136.46 g

arasında değiştiği görülmektedir. Depolama süresinin ve farklı kültür kullanımının yapışkanlık değerlerini önemli derecede etkilemediği görülmektedir.

Tablo 4.29 Manda Yoğurdu rneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Yapışkanlık (g) Değerleri

Manda Yoğurdu rnekleri	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	
KM	-121.13±6.01 ^b	-134.09±4.46	-112.04±15.20	-123.13±3.40	
Yapışkanlık (stickiness) (g)	YC	-117.80±1.08 ^b	-116.11±8.30	-117.05±4.37	-123.28±1.45
	LC	-136.46±1.43 ^a	-110.77±1.80	-136.56±7.87	-106.03±23.78
	LH	-107.96±5.55 ^b	-110.13±3.27	-105.04±19.53	-112.90±9.74
	LP	-115.50±0.79 ^b	-119.10±9.63	-121.15±5.06	-108.47±0.87

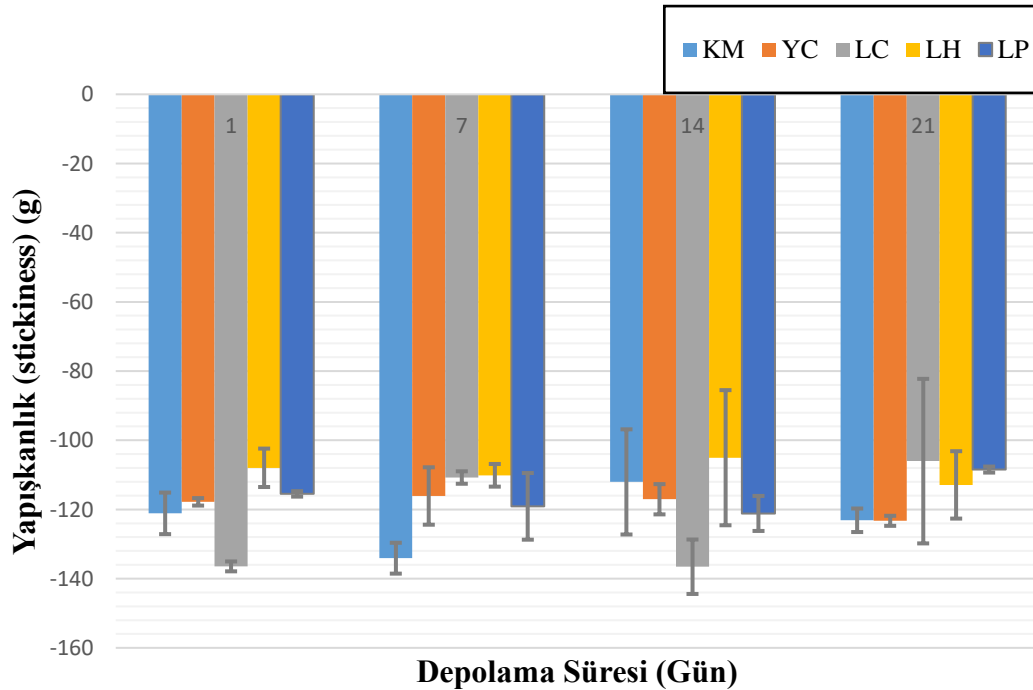
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklinindedir.

a-e harfleri örnek eşitleri arasındaki farklılı (P<0.05) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farklılı (P<0.05) ifade etmektedir.

Benzer şekilde Yadav ve ark., (2018) manda yoğurdunda yapışkanlık değerlerinin depolama ile birlikte düzenli bir şekilde artıp azalmadığını, inişli çıkışlı bir değerşim gösterdiğini belirlemişler.



şekil 4.38 Depolama Süresince Belirlenen Yapışkanlık (Stickiness) Değerleri Grafiği

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) göre örnek çeşidinin stickiness üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($p<0.05$), depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun yapışkanlık üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

4.7.4 İç Yapışkanlık (Work of adhesion)

İç yapışkanlık güçlü bağ oluşumunun göstergesidir. Yüksek iç yapışkanlık değeri daha güçlü bir jel yapısını ifade etmektedir (Delikanlı, 2012).

Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen iç yapışkanlık (work of adhesion) değerleri Tablo 4.30 ve Şekil 4.39’da, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 3’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde iç yapışkanlık değerlerinin, -29.02 ile -173.29 arasında değiştiği görülmektedir. İç yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek değer depolamanın 1. gününde LH örneğinde, en düşük değer ise depolamanın 14. gününde YC örneğinde belirlenmiştir. Depolama ile birlikte iç yapışkanlık değerleri KM ve LP örneklerinde yükselirken, YC, LC ve LH örneklerinde azalmıştır.

Tablo 4.30 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen İç Yapışkanlık (g.s) Değerleri

	Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
		1	7	14	21
İç Yapışkanlık (work of adhesion) (g.s)	KM	-134.45±12.57 ^{a,A}	-78.98±17.44 ^{b,AB}	-95.26±0.60 ^{b,AB}	-77.25±16.82 ^{b,B}
	YC	-89.28±12.56 ^{b,B}	-171.22±1.53 ^{a,A}	-173.29±0.02 ^{a,A}	-172.63±0.76 ^{a,A}
	LC	-152.09±4.83 ^{a,B}	-145.10±5.67 ^{a,B}	-173.00±0.07 ^{a,A}	-171.36±0.24 ^{a,A}
	LH	-29.02±1.26 ^{c,B}	-29.41±1.06 ^{c,B}	-50.55±0.27 ^{c,A}	-35.31±3.50 ^{c,B}
	LP	-89.00±4.17 ^{b,A}	-41.03±10.08 ^{c,B}	-48.61±2.73 ^{d,B}	-43.33±5.30 ^{c,B}

KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

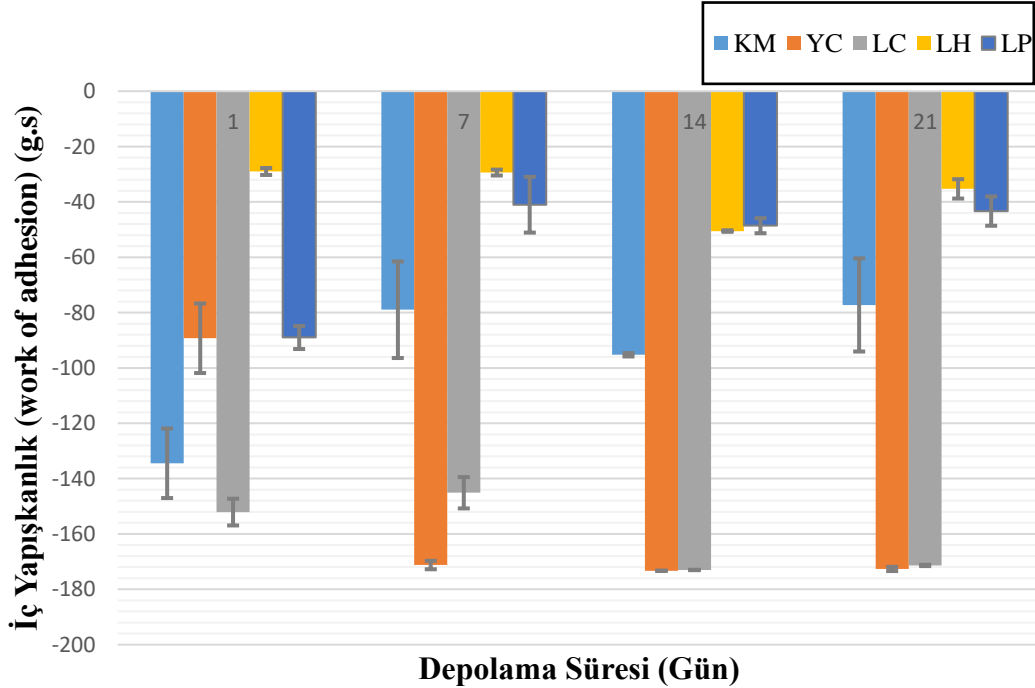
Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Li ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada yoğurt örneklerinde depolama ile birlikte iç yapışkanlık değerlerinin düştüğünü fakat *L. plantarum* içeren örneklerde düşüşün daha az olduğunu belirlemişler. Akgün ve ark., (2016) depolamanın iç yapışkanlık değerleri üzerinde etkili olmadığını belirtmişler. Yadav ve ark., (2018) depolama ile birlikte iç yapışkanlık değerlerinin azaldığını belirlemişler.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun Work of Adhesion değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.39 Depolama Süresince Belirlenen İç Yapışkanlık (Work of Adhesion) Değerleri Grafiği

4.8 Manda Yoğurdu Örneklerine Ait Duyusal Analiz Sonuçları

4.8.1 Renk ve Görünüş

Manda yoğurdu örneklerinin panelistler tarafından belirlenen Renk ve Görünüş değerleri Tablo 4.31’de ve Şekil 4.40’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 5’te gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en yüksek renk ve görünüş değeri (9.50) depolamanın 14. gününde LC örneğinde, en düşük değer (8.00) ise depolamanın 1. gününde LH örneğinde tespit edilmiştir. İlgili tablo incelendiğinde depolama süresinin ve farklı kültür kullanımının etkisinin çok az olduğu görülmektedir. Tropcheva ve ark., (2014) dört farklı probiyotik suş kullandıkları çalışmada probiyotiklerin görünüşe etki etmediklerini belirtmişlerdir. Modzelewska-Kapitula ve ark., (2008) *L. fermentum* ve *L. plantarum* ilave ederek ürettikleri yoğurtlarda tüm örneklerde renk değerlerinin benzer olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4.31 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Renk ve Görünüş Değerleri

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	8.50±0.97	9.30±0.67	8.80±0.42 ^a	8.70±0.71
YC	8.40±1.17	9.20±0.78	9.00±0.00 ^{ab}	8.70±0.48
LC	8.70±1.15	9.30±0.82	9.50±0.70 ^b	9.00±0.66
LH	8.00±1.56	8.90±0.99	9.20±0.63 ^{ab}	8.80±0.63
LP	8.10±1.44	8.60±0.69	8.90±0.31 ^{ab}	8.70±0.48

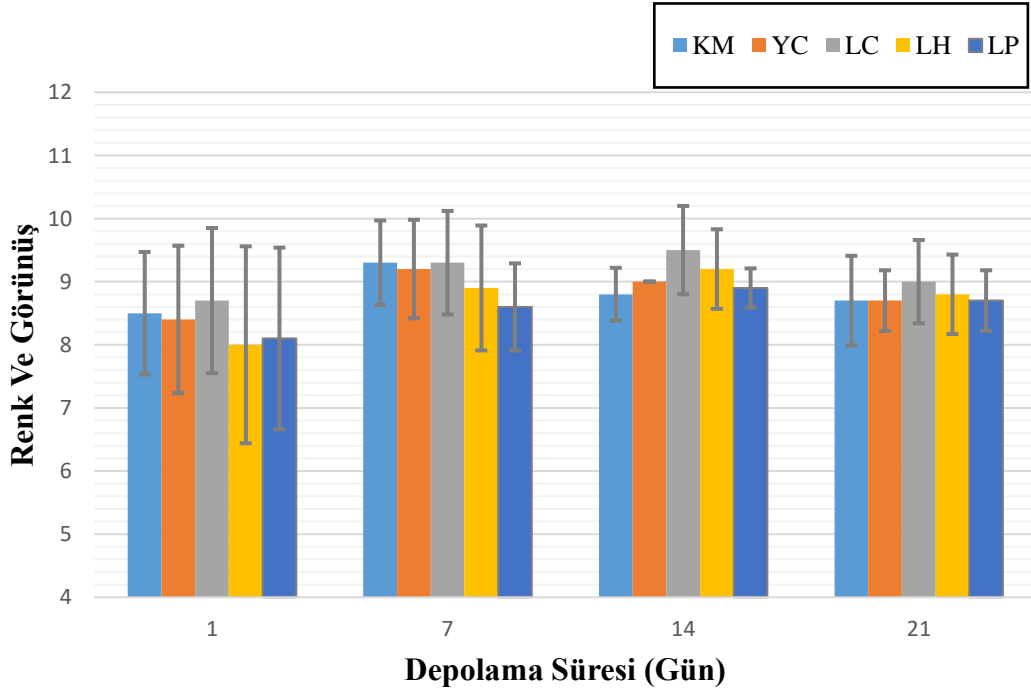
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A-D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre depolama süresinin Renk ve Görünüş değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), örnek çeşidi ve örnek çeşidi x depolama süresi interaksyonunun Renk ve Görünüş değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.40 Depolama Süresince Belirlenen Renk ve Görünüş Değerleri Grafiği

4.8.2 Yapı ve Tekstür

Manda yoğurdu örneklerinin panelistler tarafından belirlenen Yapı ve Tekstür değerleri Tablo 4.32 ve Şekil 4.41’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 5’te gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en yüksek yapı ve tekstür değeri (9.30) depolamanın 7. gününde YC örneğinde, en düşük değer (8.10) ise depolamanın 1. gününde LH örneğinde ve depolamanın 21. gününde YC ve LC örneklerinde tespit edilmiştir. İlgili tablo incelendiğinde depolama süresince kayda değer bir değişimin oluşmadığı, farklı kültür içeriğinin etkisinin ise çok az olduğu görülmektedir. Tropcheva ve ark., (2014) dört farklı probiyotik suş kullandıkları çalışmada probiyotiklerin yapı ve tekstüre etki etmediklerini belirtmişler. Modzelewska-Kapitula ve ark., (2008), *L. fermentum* ve *L. plantarum* ilave ederek ürettikleri yoğurtlarda tümünde tekstür değerlerinin benzer olduğunu belirtmişler.

Tablo 4.32 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Yapı ve Tekstür Değerleri

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	9.20±0.78	9.30±0.82	9.30±1.05 ^b	8.90±0.99
YC	8.50±0.97 ^{AB}	9.40±0.51 ^C	9.00±0.66 ^{b,BC}	8.10±0.31 ^A
LC	8.80±1.13	8.90±0.87	8.00±0.47 ^a	8.10±0.56
LH	8.10±1.44	8.80±1.13	8.70±0.67 ^{ab}	8.50±1.08
LP	8.20±1.22	8.50±1.17	8.60±0.69 ^{ab}	8.20±0.78

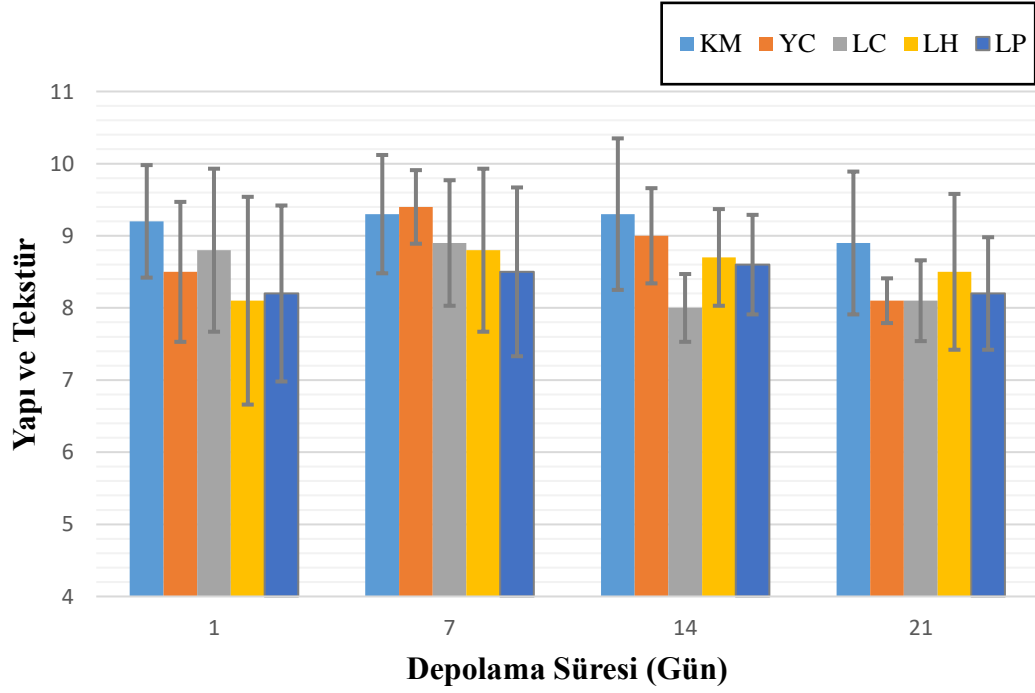
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi ve depolama süresinin Yapı ve Tekstür değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun Yapı ve Tekstür değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.41 Depolama Süresince Belirlenen Yapı ve Tekstür Değerleri Grafiği

4.8.3 Lezzet

Manda yoğurdu örneklerinin panelistler tarafından belirlenen Lezzet değerleri Tablo 4.33 ve Şekil 4.42’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 5’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde en yüksek lezzet değeri (9.10) depolamanın 7. gününde YC örneğinde, en düşük değer (5.70) ise depolamanın 21. gününde LP örneğinde belirlenmiştir. İlgili tablo incelendiğinde farklı kültür kullanımının aroma değerlerini önemli derecede etkilediği görülmekte, probiyotik içeren örneklerin karamaya ve ticari yoğurt kültürüne oranla daha az beğenildiği görülmektedir. Nitekim uçucu bileşiklere ait veriler, ısı haritası ve PCA grafiği probiyotik içeren örneklerde farklı bir aromanın oluştuğunu destekler niteliktedir. Depolama süresinin ilerlemesi ile birlikte KM, YC, LC ve LP örneklerinde belirlenen lezzet değerinde azalma meydana gelirken, LH örneğinde ise ilk haftadaki bir miktar yükselişin ardından daha sonraki haftalarda azalma meydana gelmiştir. *L. plantarum* içeren örneğin diğer örneklere göre daha az beğenilmesinde içeriğindeki asetik asit miktarının fazla olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ticari yoğurt mayası içeren YC örneğinin daha fazla beğenilmesinin nedeninin ise insanların alışkın olduğu tatlara en yakın lezzete sahip olması olarak düşünülmektedir. Nitekim Ehsani ve ark., (2016) probiyotik yoğurtların tipik yoğurt lezzetine sahip olmadığını, tipik yoğurt lezzetinin tüketicilere tanıdık

geldiğini ve bunu tercih sebebi olabileceğini belirtmişler. Zhou ve ark., (2019) *L. helveticus* ilaveli yoğurt örneğinin lezzet ve tekstür puanlarının kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında daha düşük olduğunu belirtmişler.

Tablo 4.33 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Lezzet Değerleri

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)			
	1	7	14	21
KM	8.50±0.97 ^{bc}	8.60±0.96 ^{bc}	7.90±0.56 ^c	7.90±0.56 ^c
YC	9.00±0.48 ^{c,B}	9.10±0.56 ^{c,B}	8.50±0.52 ^{d,AB}	8.10±0.31 ^{c,A}
Lezzet				
LC	7.40±0.96 ^{ab,AB}	7.70±0.94 ^{abc,B}	6.90±0.31 ^{b,AB}	6.70±0.48 ^{b,A}
LH	6.70±1.05 ^a	7.10±1.85 ^{ab}	6.80±0.42 ^b	6.60±0.51 ^b
LP	6.70±1.15 ^a	6.60±1.50 ^a	5.90±0.31 ^a	5.70±0.48 ^a

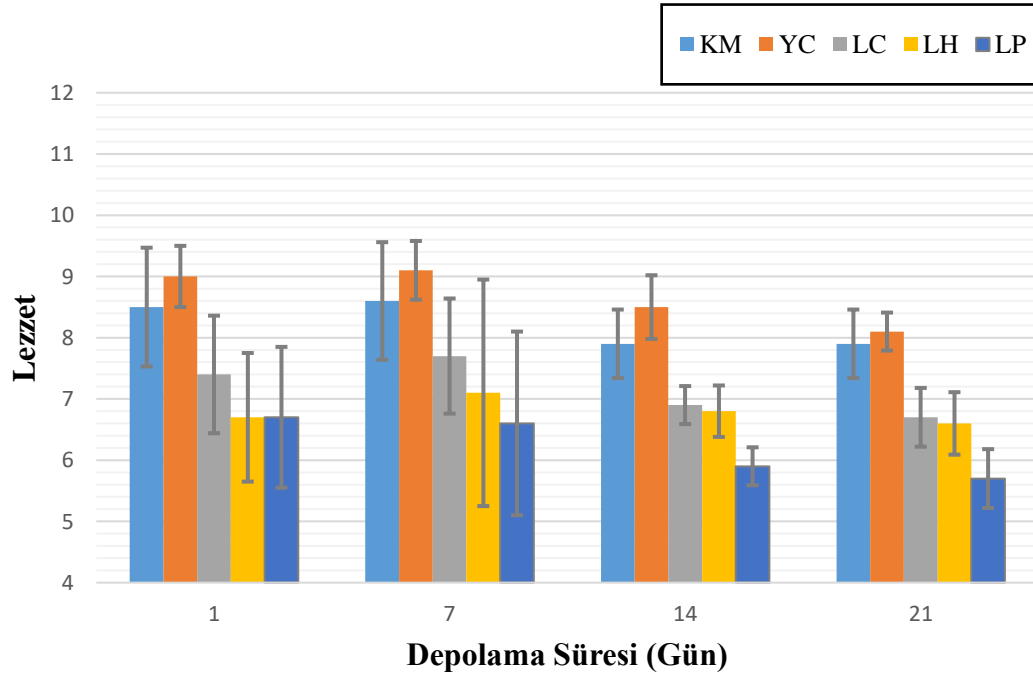
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi ve depolama süresinin lezzet değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun lezzet değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.42 Depolama Süresince Belirlenen Lezzet Değerleri Grafiği

4.8.4 Genel Kabul Edilebilirlik

Manda yoğurdu örneklerinin panelistler tarafından belirlenen Genel Kabul Edilebilirlik değerleri Tablo 4.34 ve Şekil 4.43’de, iki yönlü varyans analiz sonuçları ise Ek 5’de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde Genel Kabul Edilebilirlik değerlerinin, 6.60 ile 9.00 arasında değiştiği görülmektedir. İlgili tablo incelendiğinde aroma değerlerine paralel değerlerin belirlendiği görülmektedir. Karamaya (KM) ve ticari kültür (YC) içeren örneklerin, probiyotik içeren örneklere (LC, LH, LP) kıyasla genel kabul edilebilirlik açısından daha fazla beğenildiği görülmektedir. Probiyotik kültür içeren örnekler arasında ise en az beğeni puanını *L. plantarum* içeren örnek almıştır. Depolama ile birlikte tüm örneklerde Genel Kabul Edilebilirlik değerleri azalmıştır.

Tablo 4.34 Manda Yoğurdu Örneklerinde Depolama Süresince Belirlenen Genel Kabul Edilebilirlik Değerleri

Manda Yoğurdu Örnekleri	Depolama süresi (gün)				
	1	7	14	21	
KM	8.70±0.67 ^b	9.00±0.81 ^b	9.00±0.47 ^d	8.50±0.84 ^c	
Genel Kabul Edilebilirlik	YC	8.60±0.69 ^{b,AB}	9.00±0.47 ^{b,B}	8.30±0.67 ^{c,AB}	8.10±0.56 ^{bc,A}
	LC	8.00±0.81 ^{ab}	8.20±0.78 ^{ab}	7.90±0.31 ^{bc}	7.50±0.52 ^b
	LH	7.40±0.96 ^a	7.70±0.94 ^a	7.50±0.70 ^{ab}	7.50±0.70 ^b
	LP	7.20±0.91 ^{a,AB}	7.50±0.84 ^{a,B}	6.90±0.31 ^{a,AB}	6.60±0.51 ^{a,A}

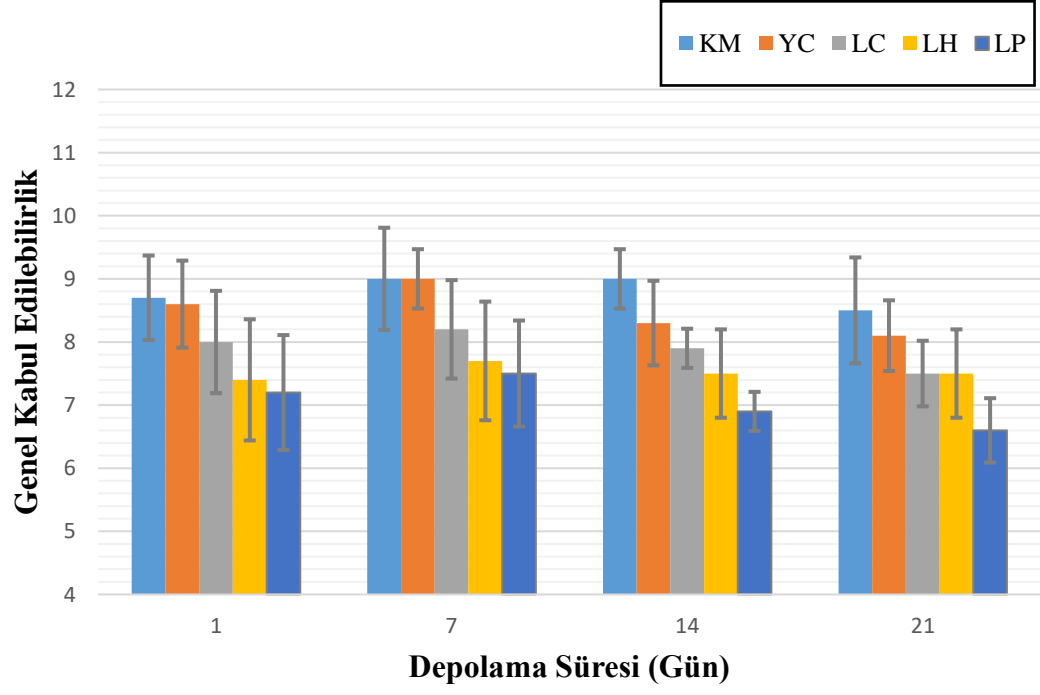
KM: Karamaya (%100), YC: YC-350 (%100), LC: YC-350 (%75) + *L. paracasei* (%25), LH: YC-350 (%75) + *L. helveticus* (%25), LP: YC-350 (%75) + *L. plantarum* (%25).

Değerler ortalama ± standart sapma şeklindedir.

a-e harfleri örnek çeşitleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

A–D harfleri depolama süreleri arasındaki farkları ($P<0.05$) ifade etmektedir.

Yapılan iki yönlü varyans analizi (Two-way anova) sonuçlarına göre örnek çeşidi ve depolama süresinin Genel Kabul Edilebilirlik değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuşken ($P<0.05$), örnek çeşidi x depolama süresi interaksiyonunun Genel Kabul Edilebilirlik değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.43 Depolama Süresince Belirlenen Genel Kabul Edilebilirlik Değerleri Grafiği

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Manda yoğurdu, diğer süt türlerinden üretilen yoğurtlar ile karşılaştırıldığında gerek yüksek besin değeri gerekse kendine has aromasıyla yüksek talep gören bir süt ürünüdür. Bu çalışmada, farklı *Lactobacillus* spp. bakterilerinin kullanılmasıyla manda yoğurdunun biyoaktif, tekstürel, mikrobiyolojik, duyuşsal ve uçucu aroma bileşikleri açısından iyileştirilmesi ve özellikle GABA gibi sağlık yönünden önemli bileşiklerin oluşumunun artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla üretimde geleneksel kültür olan karamaya, ticari kültür olan YC-350, *L. paracasei* ATCC 334, *L. helveticus* ATCC 15009 ve *L. plantarum* ATCC 14917 suşları Tablo 2’de belirtilen kombinasyonlarda kullanılmıştır. Üretimler 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve tüm örnekler $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ’deki buzdolabı koşullarında 21 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Depolamanın 1., 7., 14. ve 21. günlerinde fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerinin yanı sıra serbest amino asit miktarları, peptit profili ve uçucu bileşenler analiz edilmiştir. Bu analizlerin sonucu olarak aşağıdaki bulgular belirlenmiş ve öneriler yapılmıştır.

1. Üretimde kullanılan çiğ manda sütünün kimyasal özellikleri şu şekilde belirlenmiştir; Kuru madde %15.43, yağ %6.7, kül %0.828, protein %4.27, pH 6.78 ve asitlik %0.146. Değerlerin, Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (2019)’nde belirtilen manda sütü özelliklerine uygun olduğu görülmüştür.
2. Kuru madde, yağ, kül, protein değerleri açısından incelendiğinde farklı kültür kullanımının ve depolama süresinin bu değerleri önemli derecede etkilemediği belirlenmiştir. Bununla birlikte manda yoğurdu örneklerinin üretimi sırasında pH kontrolü yapılarak pH değişim eğrisi çizilmiş ve fermentasyon sonu olan pH 4.6 ya erişim süreleri belirlenmiştir. Fermentasyon hızı en yüksekten en düşüğe doğru şu şekilde sıralanmıştır; KM >YC >LC >LH >LP. Karamaya ile üretilen örnekte belirlenen pH değeri tüm depolama dönemlerinde diğer örneklerden daha düşük belirlenmiştir. Depolama ile birlikte tüm örneklerde asitlik değeri yükselmiş, KM örneğinde belirlenen değer tüm depolama dönemlerinde diğer örneklerden daha yüksek belirlenmiştir. Örneklere ait asitlik değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt ürünleri Tebliği (2022)’ne uygun olduğu belirlenmiştir.

3. Manda yoğurdu örneklerinde depolama boyunca DPPH değerleri 49.33 mg TE/L ile 99.94 mg TE/L arasında, ABTS değerleri ise 57.51 mg TE/L ile 122.67 mg TE/L arasında belirlenmiştir. KM ve YC örneklerinde belirlenen Dpph miktarları depolama ile birlikte artarken, LC, LH ve LP örneklerinde belirlenen miktar depolama ile azalmıştır. Abts değerleri depolamanın 7. gününe kadar YC, LC ve LP örneklerinde, 14. gününe kadar ise KM ve LH örneklerinde azalmış daha sonra 21. gününe kadar yükselmiştir.
4. Serum ayrılması ve viskozite değerleri depolama ile birlikte tüm örneklerde yükselmiş, depolanma süresinin ilerleyen dönemlerinde örnekler arasındaki farklar daha belirgin hale gelmiştir. Depolama sonunda KM ve YC örneklerinde belirlenen serum ayrılması ve viskozite değerleri diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur.
5. Hidroliz dereceleri tüm örneklerde depolamanın ilk haftasında yükselmiş, daha sonraki dönemlerde fazla değişim göstermemiştir. Depolama sonunda en yüksek hidroliz derecesi *L. plantarum* ilaveli örnekte belirlenirken, en düşük Karamaya ile üretilen örnekte belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler peptit profili değerleri ve uçucu bileşenlerin oluşumu ile karşılaştırıldığında paralellik göstermektedir.
6. Mikrobiyolojik analiz sonuçları değerlendirildiğinde; Manda yoğurdu örneklerinde en düşük TMAB değeri depolamanın 7. gününde *L. plantarum* ilaveli örnekte (8.04 log₁₀ kob/g), en yüksek değer ise depolamanın 21. gününde yine *L. plantarum* ilaveli örnekte (9.17 log₁₀ kob/g) belirlenmiştir. Örneklere ait TMAB değerlerinin, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022)'ne uygun olduğu görülmektedir. En düşük *Streptococcus* spp. değeri depolamanın 7. gününde YC örneğinde (7.36 log₁₀ kob/g), en yüksek *Streptococcus* spp. değeri ise depolamanın 14. gününde LP örneğinde (8.64 log₁₀ kob/g) belirlenmiştir. Depolama sonunda probiyotik içermeyen Karamaya ile üretilmiş örnekte ve ticari kültür ile üretilen örnekte ilk güne göre düşüş görülürken, probiyotik içeren *L. paracasei*, *L. helveticus* ve *L. plantarum* ilaveli örneklerde yükseliş görülmektedir. Bunda *S. thermophilus*'un çeşitli *Lactobacilli* spp. kültürlerle karıştırıldığında büyümesinin teşvik edilmesinin

neden olduğu düşünülmektedir. En düşük *Lactobacilli* spp. değeri depolamanın 7. gününde LP örneğinde (8.39 log₁₀ kob/g), en yüksek *Lactobacilli* spp. değeri ise depolamanın 14. gününde LC örneğinde (9.06 log₁₀ kob/g) belirlenmiştir. En düşük maya ve küf değeri depolamanın 1. gününde LH örneğinde (0.65 log₁₀ kob/g), en yüksek maya ve küf değeri ise depolamanın 21. gününde KM örneğinde (4.38 log₁₀ kob/g) belirlenmiştir. Karamayanın starter olarak kullanıldığı örnekte böyle bir sonucun çıkmasına, ticari kültürlerle nazaran karamayanın daha geniş mikrofloraya ve bulaşıya sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Belirlenen bu sonuçlardan tüm manda yoğurdu örneklerinde gerekli canlılığın sağlandığı ve diğer bileşenlerin oluşumuna katkı sağladığı sonucu çıkarılabilir.

7. Manda yoğurdu örneklerine ait RP-HPLC kromatogramları incelendiğinde; depolamanın ilk gününden itibaren örnekler arasında farkların meydana geldiği, depolama süresinin ilerlemesiyle farkların daha belirgin hale geldiği görülmüştür. Özellikle *L. plantarum* ve *L. helveticus* ilaveli örneklerde pik yoğunluğunun diğer örneklere kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Depolamanın ilk gününde belirlenen birçok pikin depolamanın 7. gününden itibaren azaldığı veya tamamen yok olduğu ve yeni piklerin meydana geldiği belirlenmiştir. Hidroliz derecesinde ilk haftada meydana gelen yükseliş bu sonucu desteklemektedir.
8. Manda yoğurdu örnekleri serbest amino asit içeriği açısından incelendiğinde; depolamanın 1. gününden itibaren örneklerde tüm aminoasitler belirlenmiş olup sırasıyla Glu, Pro ve Val amino asitleri, diğer amino asitlere oranla daha yüksek konsantrasyonda belirlenmiştir. Toplam amino asit değerleri açısından incelendiğinde depolamanın 1. gününde LH örneğinde en yüksek, YC örneğinde ise en düşük miktar belirlenmiştir. Değerler genel olarak incelendiğinde, Asp, Glu, Ser, Gly, Arg, Tyr, Val, Met, Ileu, Leu, Phe, Trp amino asitleri tüm örneklerde azalırken, GABA ve Ala amino asitleri yükselmiştir. Diğer amino asitlerde ise inişli çıkışlı bir değişim gözlenmiş veya değişim düzeyinin minimal olduğu görülmektedir. Esansiyel olarak kabul edilen amino asitlerin (His, Arg, Thr, Val, Met, Ileu, Leu, Phe, Trp, Lys) tamamı örneklerde tespit edilmiştir.

9. GABA miktarı tüm örnek çeşitlerinde depolama ile birlikte yükselmiştir. Glu, Gln, Ser ve Met amino asitlerinin miktarlarının depolama ile birlikte azaldığı ve buna paralel olarak GABA miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek GABA miktarı LP örneğinde (19.75 mg/100g) belirlenirken bunu sırasıyla KM (19.60 mg/100g), YC (17.84 mg/100g) ve LH (16.75 mg/100g) örnekleri takip etmiştir. En düşük GABA miktarı ise LC örneğinde (10.29 mg/100g) belirlenmiştir. Sağlık açısından birçok faydası kanıtlanmış olan bu bileşiğin manda yoğurdu örneklerinde yeterince bulunduğu ve kültür farklılıklarıyla üretiminin daha da artırılabilceği belirlenmiştir.
10. Manda yoğurdu örneklerinde belirlenen uçucu bileşikler incelendiğinde; katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) tekniği ile GC-MS kullanılarak belirlenmiş olup; asitler (4), alkoller (9), aldehytler (8), esterler (8), hidrokarbonlar (6), ketonlar (16), terpenler (8) ve diğer bileşikler (6) olmak üzere toplam 65 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. Keton grubu uçucu bileşiklerin tüm örneklerde baskın bileşik grubu olduğu belirlenmiştir. Genel itibariyle tüm örneklerde depolama ile birlikte uçucu bileşik miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Asetaldehit, aseton, diasetil, asetoin ve etanol yoğurtlarda arzu edilen aromanın oluşmasında etkili olduğu düşünülen bileşikler olup tüm manda yoğurdu örneklerinde belirlenmişlerdir. Ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek asetaldehit değeri KM örneğinde, en düşük değer ise LH örneğinde belirlenmiştir. Aseton miktarı KM, YC, LC ve LH örneklerinde depolamanın ilk haftasında azalmış sonrasında yükselmiş, LP örneğinde ise depolamanın ilk iki haftasında azalmış sonrasında yükselmiştir. Diasetil miktarı ilk gün hariç diğer tüm depolama dönemlerinde LC örneğinde diğer örneklerden fazla tespit edilmiştir. Asetoin miktarı depolamanın ilk günü sadece LP örneğinde belirlenebilmişken, depolamanın ilerleyen haftalarında tüm örneklerde belirlenmiştir. En yüksek asetoin konsantrasyonu ise depolamanın 14. gününde LC örneğinde belirlenmiştir. Etanol miktarı depolama ile birlikte YC, LC ve LP örneklerinde bir miktar artarken, KM ve LH örneklerinde azalmıştır. Isı haritasının incelendiğinde probiyotik kültür içeren örnekler (LC, LP, LH) genel itibariyle ısı haritasının sol tarafında, probiyotik kültür içermeyen örnekler ise

(KM, YC) genel itibariyle ısı haritasının sağ tarafında kümelenmiştir. Buradan hareketle *L. paracasei*, *L. helveticus* ve *L. plantarum*'un uçucu bileşik oluşumuna etki ettiği sonucu çıkarılabilir. PCA analiz sonuçları incelendiğinde probiyotik kültür içermeyen KM ve YC örneklerinin PC 2 ye göre grafiğin alt kısmında kümelendiği, probiyotik kültür içeren LC, LH ve LP örneklerinin ise PC 2'ye göre grafiğin üstü kısmında kümelendiği ve bu sonuçların ısı haritası ile de benzer olduğu tespit edilmiştir.

11. Manda yoğurdu örneklerine ait tekstürel analiz sonuçları incelendiğinde; katılık değeri kültür çeşidine ve depolamaya bağlı olarak önemli değişimler belirlenmiştir. Tüm örneklerde depolama ile birlikte katılık değeri yükselmiş, depolamanın 1. gününden itibaren depolamanın sonuna kadar en yüksek katılık değeri LC örneğinde, en düşük değer ise LH örneğinde belirlenmiştir. Kıvamlilik değerleri katılık değerleri ile paralellik göstermiştir. Yapışkanlık değerleri inişli çıkışlı bir değişim göstermiş olup depolama ile birlikte önemli bir değişim göstermemiştir. İç yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek değer depolamanın 1. gününde LH örneğinde, en düşük değer ise depolamanın 14. gününde YC örneğinde belirlenmiştir. Depolama ile birlikte iç yapışkanlık değerleri KM ve LP örneklerinde yükselirken, YC, LC ve LH örneklerinde azalmıştır.

12. Manda yoğurdu örneklerine ait duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; Renk ve görünüş ile yapı ve tekstür değerlerinde depolama süresince kayda değer bir değişimin oluşmadığı, farklı kültür içeriğinin etkisinin ise çok az olduğu belirlenmiştir. Lezzet değerleri incelendiğinde farklı kültür kullanımının lezzet değerlerini önemli derecede etkilediği belirlenmiş, probiyotik içeren örneklerin karamaya ve ticari yoğurt kültürüne oranla daha az beğenildiği belirlenmiştir. Nitekim uçucu bileşiklere ait veriler, ısı haritası ve PCA grafiği probiyotik içeren örneklerde farklı bir lezzetin oluştuğunu destekler niteliktedir. *L. plantarum* içeren örneğin diğer örneklere göre daha az beğenilmesinde içeriğindeki asetik asit miktarının fazla olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ticari yoğurt mayası içeren YC örneğinin daha fazla beğenilmesinin nedeninin ise insanların alışkın olduğu tatlara en yakın lezzete

sahip olması olarak düşünölmektedir. Genel kabul edilebilirlik değeri lezzet değeri ile paralellik göstermektedir.

Sonuçlar genel olarak değeriendirildiğinde; *L. paracasei* ATCC 334, *L. helveticus* ATCC 15009 ve *L. plantarum* ATCC 14917 suşlarının manda yoğurdu üretiminde kullanılmasının örneklerin kimyasal bileşimine etkisinin az olmasına rağmen biyoaktif özellikleri, uçucu bileşik oluşumu, GABA oluşumu, tekstürel ve duyuşal özelliklerini fazlaca etkilediği belirlenmiştir. Her ne kadar bu probiyotik suşların ilavesi ile duyuşal beğeni bir miktar azalsa da ortaya çıkardığı faydalı bileşenler bu suşların manda yoğurdu üretiminde kullanılmasının olumlu olduğunu göstermektedir. GABA'ca zengin ürünlerin üretilmesinde monosodyum glutamat (MSG) ilavesi son yıllarda fazlaca çalışılan bir konudur. MSG'nin zararsız olduğunun tam olarak kanıtlanamaması, kullanımında çekincelere neden olmaktadır. Sentetik bir katkı maddesinin ilavesi yerine doğal yollarla GABA miktarının artırılması istenilen bir durumdur ve buna yönelik çalışmalar önem kazanmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abdullah, M., Nadeem, M., Pasha, TN., Hussain, I., Inayat, S., Ilyas, M. & Rashid, A. (2012). Preparation and evaluation of yoghurt like fermented dairy product containing transesterified palm olein. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 5(1), 39-44.
- Ahmad, S., Gaucher, I., Rousseau, F., Beaucher, E., Piot, M., Grongnet, JF. & Gaucheron, F. (2008). Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cow's milk. *Food chemistry*, 106(1), 11-17.
- Akgün, A. (2009). Geleneksel Bafra manda (kömüş) yoğurdunun teknolojik standardizasyonu. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Akgun, A., Yazici, F. & Gulec, HA. (2016). Effect of reduced fat content on the physicochemical and microbiological properties of buffalo milk yoghurt. *LWT*, 74, 521-527.
- Anonim (2006). Yoğurt Standardı, TS-1330: Türk Standartları Enstitüsü
- Anonim (2019). Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği (2019/12). Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara: Resmi Gazete (Sayı: 30699).
- Anonim (2022). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022/44). Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara: Resmi Gazete (Sayı: 32029).
- Ares, G., Paroli, C. & Harte, F. (2006). Measurement of firmness of stirred yogurt in routine quality control. *Journal of food quality*, 29(6), 628-642.
- Atanasova, J. & Ivanova, I. (2010). Antibacterial peptides from goat and sheep milk proteins. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(2), 1799-1803.
- Ayag, N., Dagdemir, E. & Hayaloglu, AA. (2022). Comparison of γ -aminobutyric acid and free amino acid contents of some common varieties of Turkish cheeses. *International Dairy Journal*, 128, 105285.
- Barakat, H., Mohamed, A., Gemiel, DG. & Atallah, AA. (2021). Microstructural, volatile compounds, microbiological and organoleptical characteristics of low-fat buffalo milk yogurt enriched with whey protein concentrate and Ca-caseinate during cold storage. *Fermentation*, 7(4), 250.
- Basilicata, MG., Pepe, G., Sommella, E., Ostacolo, C., Manfra, M., Sosto, G., Pagano, G., Novellino, E. & Campiglia, P. (2018). Peptidome profiles and bioactivity elucidation of buffalo-milk dairy products after gastrointestinal digestion. *Food Research International*, 105, 1003-1010.
- Battaglioli, G., Liu, H. & Martin, DL. (2003). Kinetic differences between the isoforms of glutamate decarboxylase: implications for the regulation of GABA synthesis. *Journal of neurochemistry*, 86(4), 879-887.
- Beal, C. & Corrieu, G. (1991). Influence of pH, temperature, and inoculum composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Biotechnology and Bioengineering*, 38(1), 90-98.

- Bezerra, MF., Souza, DF. & Correia, RTP. (2012). Acidification kinetics, physicochemical properties and sensory attributes of yoghurts prepared from mixtures of goat and buffalo milks. *International Journal of Dairy Technology*, 65(3), 437-443.
- Bezerra, TKA., Oliveira Arcanjo, NM., Araújo, ARR., Queiroz, ALM., Oliveira, M. EG., Gomes, AMP. & Madruga, MS. (2017). Volatile profile in goat coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 209-215.
- Bilgin, B. & Kaptan, B. (2016). A study on microbiological and physicochemical properties of homemade and small scale dairy plant buffalo milk yoghurts. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 5(3).
- Bodyfelt, FW., Tobias, J. & Trout, GM. (1988). Sensory Evaluation of Dairy Products. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 598pp.
- Boelrijk, A. E. M., Jong, C. D. & Smit, G. (2003). Flavour generation in dairy products. *Dairy processing: improving quality*, 130-154.
- Bringel F., Quénéé P. & Tailliez P. (2001). Polyphasic investigation of the diversity within *Lactobacillus plantarum* related strains revealed two *L. plantarum* subgroups. *Systematic and applied microbiology*, 24(4),561-571, 2001.
- Cárcoba, R., Delgado, T. & Rodríguez, A. (2000). Comparative performance of a mixed strain starter in cow's milk, ewe's milk and mixtures of these milks. *European Food Research and Technology*, 211, 141-146.
- Cavalheiro, FG., Baptista, DP., Galli, BD., Negrão, F., Eberlin, MN. & Gigante, ML. (2020). High protein yogurt with addition of *Lactobacillus helveticus*: Peptide profile and angiotensin-converting enzyme ACE-inhibitory activity. *Food Chemistry*, 333, 127482.
- Celik, S. & Bakirci, I. (2003). Some properties of yoghurt produced by adding mulberry pekmez (concentrated juice). *International Journal of Dairy Technology*, 56(1), 26-29.
- Celik, OF. & Temiz, H. (2020). Traditional yogurt dilemma; rich flavor vs. microbial safety: An investigation on Volatile Aroma Profiles, Chemical, and Microbiological Qualities of Traditional Yogurts. *Journal of Central European Agriculture*, 21(3), 461-475.
- Chelladurai, K., Ayyash, M., Turner, MS. & Kamal-Eldin, A. (2023). *Lactobacillus helveticus*: Health effects, current applications, and future trends in dairy fermentation. *Trends in Food Science & Technology*, 136, 159-168.
- Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H. & Zhao, G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International journal of food properties*, 20(1), S316-S330.
- Chen, L., Alcazar, J., Yang, T., Lu, Z. & Lu, Y. (2018). Optimized cultural conditions of functional yogurt for γ -aminobutyric acid augmentation using response surface methodology. *Journal of dairy science*, 101(12), 10685-10693.

- Cheng, H. (2010). Volatile flavor compounds in yogurt: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(10), 938-950.
- Chobert, JM., El-Zahar, K., Sitohy, M., Dalgalarondo, M., Métro, F., Choiset, Y. & Haertlé, T. (2005). Angiotensin I-converting-enzyme (ACE)-inhibitory activity of tryptic peptides of ovine β -lactoglobulin and of milk yoghurts obtained by using different starters. *Le Lait*, 85(3), 141-152.
- Clark, S., Costello, M., Drake, M. & Bodyfelt, F. (2009). The sensory evaluation of dairy products. Springer, New York, USA, 576pp.
- Collins, EB. (1972). Biosynthesis of flavor compounds by microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 55(7), 1022-1028.
- Dan, T., Chen, H., Li, T., Tian, J., Ren, W., Zhang, H. and Sun, T. (2019). Influence of *Lactobacillus plantarum* P-8 on fermented milk flavor and storage stability. *Frontiers in Microbiology*, 3133.
- Dastager, SG. (2009). Aroma compounds. *In Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. 105-127.
- Delikanlı, B. (2012). Süt proteini katkıları ile zenginleştirilen yağsız yoğurtların tekstürel özelliklerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Di Cagno, R., Mazzacane, F., Rizzello, CG., De Angelis, M., Giuliani, G., Meloni, M., De Servi, B. & Gobbetti, M. (2010a). Synthesis of γ -aminobutyric acid (GABA) by *Lactobacillus plantarum* DSM19463: functional grape must beverage and dermatological applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 86, 731-741.
- Di Cagno, R., Minervini, G., Sgarbi, E., Lazzi, C., Bernini, V., Neviani, E. & Gobbetti, M. (2010b). Comparison of phenotypic (Biolog System) and genotypic (random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction, RAPD-PCR, and amplified fragment length polymorphism, AFLP) methods for typing *Lactobacillus plantarum* isolates from raw vegetables and fruits. *International journal of food microbiology*, 143(3), 246-253.
- Diez-Gutiérrez, L., San Vicente, L., Barrón, LJR., del Carmen Villarán, M. & Chávarri, M. (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of Functional Foods*, 64, 103669.
- Dimitrellou, D., Kandylis, P. & Kourkoutas, Y. (2019). Assessment of freeze-dried immobilized *Lactobacillus casei* as probiotic adjunct culture in yogurts. *Foods*, 8(9), 374.
- Dhawi, F., El-Beltagi, HS., Aly, E. & Hamed, AM. (2020). Antioxidant, antibacterial activities and mineral content of buffalo yoghurt fortified with fenugreek and *Moringa oleifera* seed flours. *Foods*, 9(9), 1157.
- Ehsani, A., Banihabib, EK., Hashemi, M., Saravani, M. & Yarahmadi, E. (2016). Evaluation of various properties of symbiotic yoghurt of buffalo milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1466-1473.

- Emirmustafaoğlu, A., Coşkun, H. & Güler, G. (2019). Some chemical, physical, microbiological and sensorial properties of traditional water buffalo yogurts produced in Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 19(1), 83-91.
- Erkaya, T. & Şengül, M. (2011). Comparison of volatile compounds in yoghurts made from cows', buffaloes', ewes' and goats'milks. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2): 240-246.
- Farag, MA., Saleh, HA., El Ahmady, S. & Elmassry, MM. (2022). Dissecting yogurt: The impact of milk types, probiotics, and selected additives on yogurt quality. *Food Reviews International*, 38(1), 634-650.
- Fooks, L. & Gibson, GR. (2002). Probiotics as modulators of the gut flora. *British Journal of Nutrition*, 88(1), 39-49.
- Friedrich, JE. & Acree, TE. (1998). Gas chromatography olfactometry (GC/O) of dairy products. *International Dairy Journal*, 8(3), 235-241.
- Gallardo-Escamilla, FJ., Kelly, AL. & Delahunty, CM. (2005). Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk. *Journal of dairy Science*, 88(11), 3745-3753.
- Galli, V., Venturi, M., Mari, E., Guerrini, S. & Granchi, L. (2022). Gamma-aminobutyric acid (GABA) production in fermented milk by lactic acid bacteria isolated from spontaneous raw milk fermentation. *International Dairy Journal*, 127, 105284.
- Gan, RY., Li, HB., Gunaratne, A., Sui, ZQ. & Corke, H. (2017). Effects of fermented edible seeds and their products on human health: Bioactive components and bioactivities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 489-531.
- Garavand, F., Daly, DF. & Gomez-Mascaraque, LG. (2022). Biofunctional, structural, and tribological attributes of GABA-enriched probiotic yoghurts containing *Lactocaseibacillus paracasei* alone or in combination with prebiotics. *International Dairy Journal*, 129, 105348.
- Garavand, F., Daly, DF. & Gómez-Mascaraque, LG. (2023). The consequence of supplementing with synbiotic systems on free amino acids, free fatty acids, organic acids, and some stability indexes of fermented milk. *International Dairy Journal*, 137, 105477.
- Georgala, AIK., Tsakalidou, E., Kandarakis, I. & Kalantzopoulos, G. (1995). Flavour production in ewe's milk and ewe's milk yoghurt, by single strains and combinations of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, isolated from traditional Greek yoghurt. *Lait* **75**: 271–283.
- Gu, Y., Li, X., Liu, H., Li, Q., Xiao, R., Dudu, OE., Yang, L. & Ma, Y. (2020a). The impact of multiple-species starters on the peptide profiles of yoghurts. *International Dairy Journal*, 106, 104684.
- Gu, Y., Li, X., Xiao, R., Dudu, OE., Yang, L. & Ma, Y. (2020b). Impact of *Lactobacillus paracasei* IMC502 in coculture with traditional starters on

- volatile and non-volatile metabolite profiles in yogurt. *Process Biochemistry*, 99, 61-69.
- Gu, Y., Li X, Chen, H., Guan, K., Qi, X., Yang, L. & Ma, Y. (2021). Evaluation of FAAs and FFAs in yogurts fermented with different starter cultures during storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103666.
- Gurkan, H., Boran, OS. & Hayaloglu, AA. (2019). Influence of purple basil extract (*Ocimum basilicum* L.) on chemical composition, rheology and antioxidant activity of set-type yoghurt. *Mljekarstvo/Dairy*, 69(1), 42–52.
- Güler, Z. (2007). Changes in salted yoghurt during storage. *International journal of food science & technology*, 42(2), 235-245.
- Güzel-Seydim, ZB., Sezgin, E. & Seydim, AC., (2005). Influences of exopolysaccharide producing cultures on the quality of plain set type yogurt. *Food Control*, 16, 205–209.
- Hamed, AM., Taha, SH., Darwish, AA. & Aly, E. (2021). Antioxidant activity and some quality characteristics of buffalo yoghurt fortified with peanut skin extract powder. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 2431-2440.
- Han, BZ., Meng, Y., Li, M., Yang, YX., Ren, FZ., Zeng, QK. & Nout, MR. (2007). A survey on the microbiological and chemical composition of buffalo milk in China. *Food Control*, 18(6), 742-746.
- Hayaloğlu, AA., Topcu, A. & Koca, N. (2011). Peynir Analizleri. Peynir Biliminin Temelleri. Ed: Özer, B., Hayaloğlu, AA. Sidas Yayıncılık, İzmir, 489-558.
- Hayaloğlu, AA., Yasar, K., Tolu, C. & Sahingil, D. (2013). Characterizing volatile compounds and proteolysis in Gokceada artisanal goat cheese. *Small Ruminant Research*, 113(1), 187-194.
- Herdem, A. (2006). Farklı yörelerden toplanan geleneksel yöntemle üretilen yoğurt örneklerinin bazı niteliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hotel, ACP. & Cordoba, A. (2001). Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. *Prevention*, 5(1), 1-10.
- Junaid, M., Inayat, S., Gulzar, N., Khalique, A., Shahzad, F., Irshad, I. & Imran, M. (2023). Physical, chemical, microbial, and sensory evaluation and fatty acid profiling of value-added drinking yogurt (laban) under various storage conditions. *Journal of Dairy Science*, 106(1), 39-46.
- IDF. (1992). General standard of identity for fermented milks. *International Dairy Federation Standard*, 163.
- IDF. (1993). Milk. Determination of the nitrogen (Kjeldahl method) and calculation of the crude protein content. IDF Standard 20B. Brussels. Belgium: International Dairy Federation.
- IDF. (1997). Yoghurt: Enumeration of characteristic microorganisms-colony count technique at 37C (Vol. FIL-IDF standard, 117B). Brussels, Belgium: International Dairy Federation.

- Inoue, K., Shirai, T., Ochiai, H., Kasao, M., Hayakawa, K., Kimura, M. & Sansawa, H. (2003). Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing γ -aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. *European journal of clinical nutrition*, 57(3), 490-495.
- Irigoyen, A., Ortigosa, M., Garcia, S., Ibanez, FC. & Torre, P. (2012). Comparison of free amino acids and volatile components in three fermented milks. *International journal of dairy technology*, 65(4), 578-584.
- Isik, S., Dagdemir, E., Tekin, A. & Hayaloglu, AA. (2023). Metabolite profiling of fermented milks as affected by adjunct cultures during long-term storage. *Food Bioscience*, 56, 103344.
- Ivanova, S., Nachevai, MD., Dimov, K. & Tsv, T. (2010). Physicochemical composition, atherogenic index and preventive lipid score of buffalo yoghurt after technological treatment and preservation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(4), 407-411.
- Kang, Y., Frank, JF. & Lillard, DA. (1988). Gas chromatographic detection of yogurt flavor compounds and changes during refrigerated storage. *Cultured Dairy Products Journal*, 23, 6–9.
- Khan, IT., Nadeem, M., Imran, M. & Khalique, A. (2020). Impact of post fermentation cooling patterns on fatty acid profile, lipid oxidation and antioxidant features of cow and buffalo milk set yoghurt. *Lipids in Health and Disease*, 19, 1-12.
- Karimian, E., Moayedi, A., Khomeiri, M., Aalami, M. & Mahoonak, AS. (2020). Application of high-GABA producing *Lactobacillus plantarum* isolated from traditional cabbage pickle in the production of functional fermented whey-based formulate. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 3408-3416.
- Keskin, E. (2001). Probiyotik ve diger kültür karisimlarinin manda yogurtlarinin bazi özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Khalifa, MI & Zakaria, AM. (2019). Physicochemical, sensory characteristics and acceptability of a new set yogurt developed from camel and goat milk mixed with buffalo milk. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 7(3), 172-177.
- Kim, ED., Lee, HS., Kim, KT. & Paik, HD. (2021). Antioxidant and Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) Inhibitory activities of yogurt supplemented with *Lactiplantibacillus plantarum* NK181 and *Lactobacillus delbrueckii* KU200171 and sensory evaluation. *Foods*, 10(10), 2324.
- Kneifel, W., Ulbert, F., Erhard, F. & Jaros, D. (1992). Aroma profiles and sensory properties of yoghurt and yoghurt related products. I. Screening of commercially available starter cultures. *Milchwissenschaft*, 47, 362-365.
- Ko, I.H., Wang, MK., Jeon, BJ. & Kwak, HS. (2005). Fermentation for liquid-type yogurt with *Lactobacillus casei* 911LC. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 18(1), 102-106.
- Kook, MC. & Cho, SC. (2013). Production of GABA (gamma amino butyric acid) by lactic acid bacteria. *Food Science of Animal Resources*, 33(3), 377-389.

- Korbekandi, H., Abedi, D., Maracy, M., Jalali, M., Azarman, N. & Irvani, S. (2015). Evaluation of probiotic yoghurt produced by *Lactobacillus paracasei* ssp. *tolerans*. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 5(1), 37-44.
- Korhonen, H. & Pihlanto, A. (2006). Bioactive peptides: production and functionality. *International Dairy Journal*. 16(9), 945-960
- Kumar, P. & Mishra, HN. (2003). Effect of mango pulp and soymilk fortification on the texture profile of set yoghurt made from buffalo milk. *Journal of Texture Studies*, 34(3), 249-269.
- Kurt, A., Çakmakçı S. & Çağlar A. (2007). Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yay. No.18*.
- Law, J. & Haandrikman, A. (1997). Proteolytic enzymes of lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 7(1), 1-11.
- Li, C., Song, J., Kwok, LY., Wang, J., Dong, Y., Yu, H., Hou, Q., Zhang, H. & Chen, Y. (2017). Influence of *Lactobacillus plantarum* on yogurt fermentation properties and subsequent changes during postfermentation storage. *Journal of dairy science*, 100(4), 2512-2525.
- Li, H. & Cao, Y. (2010). Lactic acid bacterial cell factories for gamma-aminobutyric acid. *Amino acids*, 39, 1107-1116.
- Li, H., Liu, T., Yang, J., Wang, R., Li, Y., Feng, Y., Liu, D., Li, H. & Yu, J. (2021). Effect of a microencapsulated synbiotic product on microbiology, microstructure, textural and rheological properties of stirred yogurt. *Lwt*, 152, 112302.
- Linares, DM., O'Callaghan, TF., O'Connor, PM., Ross, RP. & Stanton, C. (2016). *Streptococcus thermophilus* APC151 strain is suitable for the manufacture of naturally GABA-enriched bioactive yogurt. *Frontiers in Microbiology*, 7, 233829.
- Lu, X., Xie, CH. & Gu, Z. (2009). Optimisation of fermentative parameters for GABA enrichment by *Lactococcus lactis*. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(6), 433-442.
- Luo, H., Bao, Y. & Zhu, P. (2023). Development of a novel functional yogurt rich in lycopene by *Bacillus subtilis*. *Food Chemistry*, 407, 135142.
- Mayo, B., Aleksandrak-Piekarczyk, T., Fernández, M., Kowalczyk, M., Álvarez-Martín, P. & Bardowski, J. (2010). Updates in the metabolism of lactic acid bacteria. *Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel applications*, 3-33.
- McGorrin, RJ. (2001). Advances in dairy flavor chemistry. *Special Publication-Royal Society of Chemistry*, 274, 67-84.
- McSweeney, PLH. & Sousa, MJ. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait* 80: 293–324
- Ménard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F. & Lopez, C. (2010). Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry*, 120(2), 544-551.

- Metin, M. & Öztürk, GF. (2016). Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri, Onuncu Baskı. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 439s.
- Modzelewska-Kapituła, M., Kłębukowska, L. & Kornacki, K. (2008). Evaluation of the possible use of potentially probiotic *Lactobacillus* strains in dairy products. *International journal of dairy technology*, 61(2), 165-169.
- Mohsin, AZ., Marzlan, AA., Muhialdin, BJ., Wai, LK., Mohammed, NK. & Hussin, ASM. (2022). Physicochemical characteristics, GABA content, antimicrobial and antioxidant capacities of yogurt from Murrah buffalo milk with different fat contents. *Food Bioscience*, 49, 101949.
- Moiseenko, KV., Glazunova, OA., Savinova, OS., Shabaev, AV. & Fedorova, TV. (2023). Changes in Composition of Some Bioactive Molecules upon Inclusion of *Lacticaseibacillus paracasei* Probiotic Strains into a Standard Yogurt Starter Culture. *Foods*, 12(23), 4238.
- Murtaza, MA., Rehman, SU., Anjum, FM., Huma, N., Tarar, OM. & Din, GMU. (2012). Organic Acid Contents of Buffalo Milk Cheddar Cheese as Influenced by Accelerated Ripening and Sodium Salt. *Journal of Food Biochemistry*, 36, 99-106.
- Nguyen, HTH., Ong, L., Lefèvre, C., Kentish, SE. & Gras, SL. (2013). Rheological Properties and Microstructure of Buffalo Yoghurt. *Annual Transactions of the Nordic Rheology Society*, 21, 205-212.
- Nguyen, HTH., Ong, L., Kentish, SE. & Gras, SL. (2014a). The effect of fermentation temperature on the microstructure, physicochemical and rheological properties of probiotic buffalo yoghurt. *Food and bioprocess technology*, 7(9), 2538-2548.
- Nguyen, HTH., Ong, L., Lefèvre, C., Kentish, SE. & Gras, SL. (2014b). The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: a comparison with bovine yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 937-953.
- Nishimura, M., Ohkawara, T., Tetsuka, K., Kawasaki, Y., Nakagawa, R., Satoh, H., Sato, Y. & Nishihira, J. (2016). Effects of yogurt containing *Lactobacillus plantarum* HOKKAIDO on immune function and stress markers. *Journal of traditional and complementary medicine*, 6(3), 275-280.
- Ott, A., Fay, LB. & Chaintreau, A. (1997). Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(3), 850-858.
- Özer, HB. (2006). Yoğurt bilimi ve teknolojisi. Sidas, İzmir, 486s.
- Panagiotidis, P., Tzia, C., Spanier, AM., Shahidi, F., Parliment, TH. & Mussinan, C. (2001). Effect of milk composition and heating on flavor and aroma of yogurt. *Special Publication-Royal Society of Chemistry*, 274, 160-170.
- Papaioannou, G., Kosma, I., Badeka, AV. & Kontominas, MG. (2021). Profile of volatile compounds in dessert yogurts prepared from cow and goat milk, using different starter cultures and probiotics. *Foods*, 10(12), 3153.

- Pyo, YH. & Song, SM. (2009). Physicochemical and sensory characteristics of a medicinal soy yogurt containing health-benefit ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(1), 170-175.
- Rahmawati, IS. & Suntornsuk, W. (2016). Effects of fermentation and storage on bioactive activities in milks and yoghurts. *Procedia Chem*, 18, 53-62.
- Ramos, IM. & Poveda, JM. (2022). Fermented sheep's milk enriched in gamma-amino butyric acid (GABA) by the addition of lactobacilli strains isolated from different food environments. *Lwt*, 163, 113581.
- Richardson, GH. (1985). Standard methods for the examination of dairy products (15th ed.). American Public Health Association, Washington, USA, 412pp.
- Sah, BNP., Vasiljevic, T., McKechnie, S. & Donkor, ON. (2014). Effect of probiotics on antioxidant and antimutagenic activities of crude peptide extract from yogurt. *Food Chemistry*, 156, 264-270.
- Sah, BNP., Vasiljevic, T., McKechnie, S. & Donkor, ON. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and technology*, 65, 978-986.
- Sanders, ME. (2003) Probiotics: considerations for human health. *Nutrition reviews* 61(3), 91-99.
- Schädle, CN., Bader-Mittermaier, S. & Sanahuja, S. (2022). Characterization of reduced-fat mayonnaise and comparison of sensory perception, rheological, tribological, and textural analyses. *Foods*, 11(6), 806.
- Shan, Y., Man, CX., Han, X., Li, L., Guo, Y., Deng, Y., Li, T., Zhang, LW. & Jiang, YJ. (2015). Evaluation of improved γ -aminobutyric acid production in yogurt using *Lactobacillus plantarum* NDC75017. *Journal of dairy science*, 98(4), 2138-2149.
- Sheikh, S., Siddique, F., Ameer, K., Ahmad, RS., Hameed, A., Ebad, A., Ahmed, I. & Shibli, S. (2023). Effects of white mulberry powder fortification on antioxidant activity, physicochemical, microbial and sensorial properties of yogurt produced from buffalo milk. *Food Science & Nutrition*, 11(1), 204-215.
- Shi, Y., Cui, X., Gu, S., Yan, X., Li, R., Xia, S., Chen, H. & Ge, J. (2018). Antioxidative and probiotic activities of lactic acid bacteria isolated from traditional artisanal milk cheese from northeast China. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 11(4), 1086–1099.
- Simova, E., Simov, Z., Beshkova, D., Frengova, G., Dimitrov, Z. & Spasov, Z. (2006). Amino acid profiles of lactic acid bacteria, isolated from kefir grains and kefir starter made from them. *International Journal of Food Microbiology*, 107(2), 112-123.
- Slattery, L., O'callaghan, J., Fitzgerald, GF., Beresford, T. & Ross, RP. (2010). Invited review: *Lactobacillus helveticus*—a thermophilic dairy starter related to gut bacteria. *Journal of dairy science*, 93(10), 4435-4454.
- Sokovic Bajic, S., Djokic, J., Dinic, M., Veljovic, K., Golic, N., Mihajlovic, S. & Tolinacki, M. (2019). GABA-producing natural dairy isolate from artisanal

zlatar cheese attenuates gut inflammation and strengthens gut epithelial barrier in vitro. *Frontiers in microbiology*, 10, 415392.

- Soomro, AH., Brohi, SA., Khaskheli, M. & Nizamani, AH. (2012). Fermentability and rheological properties of lactoperoxidase activated buffalo milk yoghurt. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 2(3), 983-997.
- Soran, GŞ. & Çelik, Ş. (2018). Telemesi Haşlanan Geleneksel Peynirlerimizin Üretimine Uygun Doğal Starter Kültür Geliştirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(1), 15-19.
- Soukoulis, C., Aprea, E., Biasioli, F., Cappellin, L., Schuhfried, E., Märk, TD. & Gasperi, F. (2010). Proton transfer reaction time-of-flight mass spectrometry monitoring of the evolution of volatile compounds during lactic acid fermentation of milk. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24(14), 2127-2134.
- Sömer, VF., Akpınar, D. & Kiliç, GB. (2012). *Lactobacillus casei*'nin Sağlık Üzerine Etkileri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Gıda*, 37(3), 165-172.
- Sultan, S., Huma, N., Butt, MS. & Shahid, M. (2017). Antihypertensive and antioxidative potential of water-soluble peptide fraction from different yoghurts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12979.
- Sun, T., Zhao, S., Wang, H., Cai, C., Chen, Y. & Zhang, H. (2009). ACE-inhibitory activity and gamma-aminobutyric acid content of fermented skim milk by *Lactobacillus helveticus* isolated from Xinjiang koumiss in China. *European Food Research and Technology*, 228, 607-612.
- Şireli, T., Özdemir, H., 1998. Ankara'da tüketime sunulan meyveli yoğurtların mikrobiyolojik kalitesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 45, 287-293.
- Taha, S., El Abd, M., De Gobba, C., Abdel-Hamid, M., Khalil, E. & Hassan, D. (2017). Antioxidant and antibacterial activities of bioactive peptides in buffalo's yoghurt fermented with different starter cultures. *Food science and biotechnology*, 26(5), 1325-1332
- Tami, SH., Aly, E., Darwish, AA. & Mohamed, ES. (2022). Buffalo stirred yoghurt fortified with grape seed extract: new insights into its functional properties. *Food Bioscience*, 47, 101752.
- Tamime, AY. & Deeth, HC. (1980). Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of food protection*, 43(12), 939-977.
- Tamime, AY. & Robinson, RK. (1999). Yoghurt: science and technology. Woodhead Publishing Ltd., United Kingdom, 619s.
- Terzioğlu, ME. & Bakirci, İ. (2023). Comparison of Amino Acid Profile, ACE Inhibitory Activity, and Organic Acid Profile of Cow and Goat Yogurts Produced with *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12, and Classical Yogurt Culture. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-17.

- Tian, H., Shen, Y., Yu, H., He, Y. & Chen, C. (2017). Effects of 4 probiotic strains in coculture with traditional starters on the flavor profile of yogurt. *Journal of Food Science*, 82(7), 1693-1701.
- Tian, H., Shi, Y., Zhang, Y., Yu, H., Mu, H. & Chen, C. (2019). Screening of aroma-producing lactic acid bacteria and their application in improving the aromatic profile of yogurt. *Journal of Food Biochemistry*, 43(10), e12837.
- Tropcheva, R., Georgieva, R., Paskov, V., Karsheva, M. & Danova, S. (2014). Sensory Properties of Bulgarian Yogurts, Supplemented with *Lactobacilli* as Probiotic Adjuncts. *Journal of texture studies*, 45(3), 187-194.
- Üçüncü, M. (2018). Süt ve mamulleri teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Sidas, İzmir, 571s.
- Xu, N., Wei, L. & Liu, J. (2017). Biotechnological advances and perspectives of gamma-aminobutyric acid production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33, 1-11.
- Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Maggiolino, A., Faccia, M., Franco, D., De Palo, P. & Lorenzo, JM. (2021). Buffalo milk as a source of probiotic functional products. *Microorganisms*, 9(11): 2303.
- Varghese, KS. & Mishra, HN. (2008). Modelling of acidification kinetics and textural properties in *dahi* (Indian yogurt) made from buffalo milk using response surface methodology. *Society of Dairy Technology*, 61(3), 284-289.
- Vedamuthu, ER. (2013). Starter cultures for yogurt and fermented milks. *Manufacturing yogurt and fermented milks*, 115-148.
- Wang, J., Guo, Z., Zhang, Q., Yan, L., Chen, Y., Chen, XIA., Liu, X., Chen, W. & Zhang, HP. (2010). Effect of probiotic *Lactobacillus casei* Zhang on fermentation characteristics of set yogurt. *International journal of dairy technology*, 63(1), 105-112.
- Wang, J., Sun, H., Guo, S., Sun, Y., Kwok, LY., Zhang, H. & Peng, C. (2021). Comparison of the effects of single probiotic strains *Lactobacillus casei* Zhang and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Probio-M8 and their combination on volatile and nonvolatile metabolomic profiles of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7509-7521.
- Wu, Q. & Shah, NP. (2017). High γ -aminobutyric acid production from lactic acid bacteria: Emphasis on *Lactobacillus brevis* as a functional dairy starter. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57, 3661–3672.
- Wu, R., Wang, W., Yu, D., Zhang, W., Li, Y., Sun, Z., Wu, J., Meng, H. & Zhang, H. (2009). Proteomics analysis of *Lactobacillus casei* Zhang, a new probiotic bacterium isolated from traditional home-made koumiss in Inner Mongolia of China. *Molecular & Cellular Proteomics*, 8(10), 2321-2338.
- Wu, Y., Huang, Y., Yu, J., Wang, F., Li, X., Liu, Y. & Ma, X. (2022). Changes of proteins and amino acids in soymilk during lactic acid fermentation and subsequent storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(6), 4728-4737.

- Yadav, V., Gupta, VK., & Meena, GS. (2018). Effect of culture levels, ultrafiltered retentate addition, total solid levels and heat treatments on quality improvement of buffalo milk plain set yoghurt. *Journal of food science and technology*, 55, 1648-1655.
- Yamatsu, A., Yamashita, Y., Pandharipande, T., Maru, I. & Kim, M. (2016). Effect of oral γ -aminobutyric acid (GABA) administration on sleep and its absorption in humans. *Food science and biotechnology*, 25(2), 547-551.
- Yilmaz-Ersan, L., Sahin, S., Ozcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Usta-Gorgun, B., Ciniviz, M. & Keser, G. (2022). Interaction of probiotic activity, antioxidative capacity, and gamma-amino butyric acid (GABA) in chestnut milk-fortified yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12), e17266.
- Zare, F., Champagne, CP., Simpson, BK., Orsat, V. & Boye, JI. (2012). Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. *LWT-Food Science and Technology*, 45(2), 155-160.
- Zhou, T., Huo, R., Kwok, LY., Li, C., Ma, Y., Mi, Z. & Chen, Y. (2019). Effects of applying *Lactobacillus helveticus* H9 as adjunct starter culture in yogurt fermentation and storage. *Journal of dairy science*, 102(1), 223-235.

EKLER

Ek 1. Fizikokimyasal analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	SD	F	P
Kuru Madde	Örnek Çeşidi (A)	4	12,497	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	0,864	0,476
	AxB	12	1,609	0,168
Yağ	Örnek Çeşidi (A)	4	1,744	0,180
	Depolama Süresi (B)	3	0,662	0,585
	AxB	12	0,896	0,566
Kül	Örnek Çeşidi (A)	4	12,497	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	0,864	0,476
	AxB	12	1,609	0,168
pH	Örnek Çeşidi (A)	4	217,833	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	625,407	0,000
	AxB	12	4,728	0,001
Titrasyon Asitliği	Örnek Çeşidi (A)	4	89,824	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	785,478	0,000
	AxB	12	7,386	0,000
Protein	Örnek Çeşidi (A)	4	0,679	0,614
	Depolama Süresi (B)	3	5,544	0,006
	AxB	12	0,762	0,680
Dpph	Örnek Çeşidi (A)	4	64,032	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	10,548	0,000
	AxB	12	19,438	0,000
Abts	Örnek Çeşidi (A)	4	259,116	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	2011,647	0,000
	AxB	12	116,545	0,000
Serum Ayrılması	Örnek Çeşidi (A)	4	79,134	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	656,821	0,000
	AxB	12	9,263	0,000
Viskozite	Örnek Çeşidi (A)	4	2517,103	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	308,428	0,000
	AxB	12	28,053	0,000
Hidroliz Derecesi	Örnek Çeşidi (A)	4	20,638	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	123,197	0,000
	AxB	12	5,305	0,001

Ek 2. Mikrobiyolojik analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	SD	F	P
Tmab (log₁₀ kob/g)	Örnek Çeşidi (A)	4	49,885	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	103,904	0,000
	AxB	12	24,702	0,000
<i>Streptococcus spp.</i> (log₁₀ kob/g)	Örnek Çeşidi (A)	4	53,029	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	16,250	0,000
	AxB	12	6,595	0,000
<i>Lactobacilli spp.</i> (log₁₀ kob/g)	Örnek Çeşidi (A)	4	19,821	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	71,057	0,000
	AxB	12	14,589	0,000
Maya ve Küf (log₁₀ kob/g)	Örnek Çeşidi (A)	4	364,127	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	2209,089	0,000
	AxB	12	60,664	0,000
Kok-Basil Oranı	Örnek Çeşidi (A)	4	262,798	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	8,787	0,001
	AxB	12	0,788	0,658

Ek 3. Tekstürel analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	SD	F	P
Katılık	Örnek Çeşidi (A)	4	399,482	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	234,028	0,000
	AxB	12	24,242	0,000
Kıvamlılık	Örnek Çeşidi (A)	4	105,055	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	55,455	0,000
	AxB	12	3,527	0,006
Yapışkanlık	Örnek Çeşidi (A)	4	3,025	0,042
	Depolama Süresi (B)	3	0,542	0,659
	AxB	12	2,283	0,050
İç yapışkanlık	Örnek Çeşidi (A)	4	274,298	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	31,732	0,000
	AxB	12	26,017	0,000

Ek 4. Serbest amino asit değerlerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	SD	F	P
ASP	rnek eşidi (A)	4	72,155	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	73,701	0,000
	AxB	12	38,277	0,000
GLU	rnek eşidi (A)	4	112,808	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	1194,400	0,000
	AxB	12	72,652	0,000
ASN	rnek eşidi (A)	4	4,249	0,012
	Depolama Süresi (B)	3	12,533	0,000
	AxB	12	9,336	0,000
SER	rnek eşidi (A)	4	11,938	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	64,514	0,000
	AxB	12	38,044	0,000
GLN	rnek eşidi (A)	4	56,700	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	116,353	0,000
	AxB	12	48,708	0,000
GLY	rnek eşidi (A)	4	167,668	0,000
	Depolama Sresi (B)	3	321,244	0,000
	AxB	12	13,789	0,000
HIS	rnek eşidi (A)	4	16,797	0,000
	Depolama Sresi (B)	3	20,717	0,000
	AxB	12	3,493	0,007
ARG	rnek eşidi (A)	4	5,132	0,005
	Depolama Sresi (B)	3	23,743	0,000
	AxB	12	4,547	0,001
GABA	rnek eşidi (A)	4	62,721	0,000
	Depolama Sresi (B)	3	252,284	0,000
	AxB	12	14,201	0,000
THR	rnek eşidi (A)	4	119,785	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	215,785	0,000
	AxB	12	51,163	0,000
ALA	rnek eşidi (A)	4	11,012	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	76,269	0,000
	AxB	12	12,274	0,000
PRO	rnek eşidi (A)	4	26,263	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	12,637	0,000
	AxB	12	17,551	0,000

Ek 4. Serbest amino asit değerlerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları (devamı)

TRY	rnek eşidi (A)	4	8,619	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	21,794	0,000
	AxB	12	3,756	0,004
VAL	rnek eşidi (A)	4	6,981	0,001
	Depolama Süresi (B)	3	289,629	0,000
	AxB	12	25,682	0,000
MET	rnek eşidi (A)	4	48,321	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	108,963	0,000
	AxB	12	35,541	0,000
CYS	rnek eşidi (A)	4	23,868	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	2,352	0,103
	AxB	12	3,942	0,003
ILEU	rnek eşidi (A)	4	12,834	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	432,651	0,000
	AxB	12	12,834	0,000
LEU	rnek eşidi (A)	4	86,548	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	469,116	0,000
	AxB	12	42,111	0,000
PHE	rnek eşidi (A)	4	16,536	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	117,418	0,000
	AxB	12	14,157	0,000
TRP	rnek eşidi (A)	4	238,822	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	236,529	0,000
	AxB	12	157,154	0,000
LYS	rnek eşidi (A)	4	45,221	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	30,380	0,000
	AxB	12	16,912	0,000

Ek 5. Duyusal analizlere ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

	Varyasyon Kaynağı	SD	F	P
Renk ve Görünüş	Örnek Çeşidi (A)	4	2,287	0,062
	Depolama Süresi (B)	3	8,402	0,000
	AxB	12	0,508	0,908
Yapı ve Tekstür	Örnek Çeşidi (A)	4	4,965	0,001
	Depolama Süresi (B)	3	4,088	0,008
	AxB	12	1,105	0,359
Aroma	Örnek Çeşidi (A)	4	53,035	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	9,548	0,000
	AxB	12	0,408	0,959
Genel Kabul Edilebilirlik	Örnek Çeşidi (A)	4	40,405	0,000
	Depolama Süresi (B)	3	6,898	0,000
	AxB	12	0,607	0,834

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mehmet Akif KARAGÖL
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Gıda Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	30.06.2013
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	01.02.2017
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	-
Yayımlar	
KARAGOL, M. A., & TARAKCI, Z. (2024). Turkish artisanal Tulum cheese ripened in tripe: The importance of the milk type and changes with ripening. <i>Journal of Central European Agriculture</i> , 25(1), 81-93.	