

**İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTLERİNDEN ÜRETİLEN  
TEREYAĞLARINDA DEPOLAMA SÜRESİNCE UÇUCU  
BİLEŞİKLER, OKSİDASYON STABİLİTESİ VE DİĞER BAZI  
KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Deren TAHMAS KAHYAOĞLU**

**Doktora Tezi  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI  
2014  
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTLERİNDEN ÜRETİLEN  
TEREYAĞLARINDA DEPOLAMA SÜRESİNCE UÇUCU  
BİLEŞİKLER, OKSİDASYON STABİLİTESİ VE DİĞER BAZI  
KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Deren TAHMAS KAHYAOĞLU**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM**

**2014**

**Her Hakkı Saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTLERİNDEN ÜRETİLEN TEREYAĞLARINDA  
DEPOLAMA SÜRESİNCE UÇUCU BİLEŞİKLER, OKSİDASYON STABİLİTESİ VE  
DİĞER BAZI KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI danışmanlığında, Deren TAHMAS KAHYAOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma .....14../...11../2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI

İmza :

Üye : Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL

İmza :

Üye : Prof. Dr. İhsan BAKIRCI

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu .18../12../2014. tarih ve .50../1677. nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU  
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.  
Proje No: 2012/419

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

## ÖZET

Doktora Tezi

### İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTLERİNDEN ÜRETİLEN TEREYAĞLARINDA DEPOLAMA SÜRESİNCE UÇUCU BİLEŞİKLER, OKSİDASYON STABİLİTESİ VE DİĞER BAZI KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Deren TAHMAS KAHYAOĞLU

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI

Bu araştırmada, farklı hayvan sütlerinden üretilen tereyağlarında depolama süresince uçucu bileşikler, yağ sabitleri, oksidasyon stabilitesi, A vitamini ve  $\beta$  karoten miktarları, renk ve duyuşal özellikler ile diğer bazı özellikler incelenmiştir. Bu amaçla 3 tereyağı çeşidi (inek, koyun, keçi sütünden) x 7 depolama periyodu (1, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. günler) x 2 tekrür olmak üzere üretilen 42 örnekte analizler yapılmıştır. A vitamini,  $\beta$ -karoten ve uçucu bileşikler depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde tespit edilmiştir. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin; örneklerin kimyasal özellikleri (pH, titrasyon asitliği ve asit değeri), yağ sabitleri (Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı, refraktometre indisi, sabunlaşma sayısı ve iyot sayısı), oksidasyon stabilitesi (tiyobarbitirik asit ve peroksit değeri) ve A vitamini ile  $\beta$ -karoten miktarları üzerine etkisi istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bütün tereyağı çeşitlerinde depolama süresince pH'nın azaldığı, titrasyon asitliği ve asit değerinin arttığı; iyot sayısının azaldığı, Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı ve sabunlaşma sayısının arttığı; oksidasyonun arttığı, renk özelliklerinden *b* değeri ile A vitamini miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir.  $\beta$ -karoten sadece inek tereyağında tespit edilmiş ve depolama süresince azalmıştır. Tereyağlarında uçucu bileşikler depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde SPME/GC-MS tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Tereyağı örneklerinde 12 aldehit, 10 keton, 23 ester, 24 alkol, 11 asit, 5 sülfürlü bileşik, 13 terpen, 20 hidrokarbon ve 8 diğer bileşikler olmak üzere toplam 126 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu bileşiklerden heptanal, oktanal, 2,3-butanedion, butanoik asit 2-metilpropil ester, karbonik asit dietil ester, azulen, butan 2-3,dimetil sadece inek tereyağında; 2-dekanal, 5-metil-2-hekzanol, 1-heptanol-6-metil, 2-butanol-3-metil, alfa-terpinen, gamma-terpinen, 1,3-oktadien sadece koyun tereyağında; 2,4-hekzadienal, 2-oktanon, formik asit pentil ester, 6-okten-1-ol 3,7-dimetil, heptanol, 1-nonanol ise sadece keçi tereyağında tespit edilmiştir. Aldehit ve keton bileşiklerinin en çok inek tereyağında; asit, terpen ve hidrokarbon bileşiklerinin en çok koyun tereyağında; ester, alkol, sülfür ve diğer bileşiklerin ise en çok keçi tereyağında bulunduğu belirlenmiştir. Duyusal analizler ile diğer bazı analizler arasında önemli korelasyonlar tespit edilmiştir. Depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde duyuşal analiz puanlarında düşme görülmüş, en yüksek puanları ise inek tereyağı almıştır.

2014, 191 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Tereyağı, oksidasyon stabilitesi, A vitamini,  $\beta$ -karoten, uçucu bileşik, yağ sabitleri, renk, duyuşal analiz, depolama süresi, gıda analizleri

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### THE DETERMINATION OF VOLATILE COMPOUNDS, OXIDATION STABILITY AND SOME QUALITY CHARACTERISTICS OF BUTTERS PRODUCED FROM COW, SHEEP AND GOAT MILK DURING STORAGE PERIOD

Deren TAHMAS KAHYAOĞLU

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI

In this study, volatile compounds, fat constants, oxidation stability, vitamin A and  $\beta$ -carotene contents, color and sensory properties and some properties of butters produced from different animal milk during storage were analyzed. For this aim, analyses were made in total 42 samples produced from 3 types of butter (cow, sheep, goat milk) x 7 storage periods (1<sup>st</sup>, 15<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup>, 45<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup>, 75<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> days of storage) x 2 replications. At the days of 1<sup>st</sup>, 30<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> of storage, vitamin A,  $\beta$ -carotene and volatile compounds were identified. It was found that butter type and storage period had very significant effect ( $p < 0,01$ ) on chemical properties of the samples (pH, titratable acidity and acid value), fat constants (Reichert-Meissl number, Polenske number, refractometer index, saponification number and iodine number), oxidation stability (peroxide value and thiobarbituric acid)  $\beta$ -carotene and vitamin A amounts of samples. pH value, iodine number, *b* value and vitamin A amounts were decreased during the storage period in all kinds of butters, whereas titratable acidity, acid value, Reichert-Meissl number, Polenske number, saponification number and oxidation were increased.  $\beta$ -carotene was detected only in butter produced from cow milk and was decreased during the storage. The volatile compounds of the butters were identified by using the SPME/GC-MS techniques at 1<sup>st</sup>, 30<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> days of the storage period. Totally 126 volatile compounds including aldehydes (12), ketones (10), esters (23), alcohols (24), acids (11), sulfur compounds (5), terpenes (13), hydrocarbons (20) and other compounds (8) were identified in butter samples. Of these compounds, heptanal, octanal, 2,3-butanedione, butanoic acid 2-methylpropyl ester, carbonic acid diethyl ester, azulene, butane, 2-3 dimethyl were identified only in butter produced from cow milk, while 2-decanal, 5-methyl-2-hexanol, 1-heptanol-6-methyl, 2-butanol-3-methyl, alpha-terpinene, gamma-terpinene, 1,3-octadiene were identified only in butter produced from sheep milk. On the other hand, 2,4-hexadienal, 2-octanone, formic acid pentyl ester, 6-octen-1-ol, 3,7-dimethyl, heptanol, 1-nonanol were identified only in butter produced from goat milk. Aldehyde and ketone compounds; acid, terpene and hydrocarbon compounds; and ester, alcohol, sulfur and other compounds were detected mostly in butter produced from cow, sheep and goat milk, respectively. Some significant correlations between sensory data and some other analysis results were found. Sensory analysis points were decreased in all kinds of butters during the storage period and the highest points were belonged to the butter produced from cow milk.

2014, 191 pages

**Keywords:** Butter, oxidation stability, vitamin A,  $\beta$ -carotene, volatile compounds, fat constants, color, sensory analysis, storage period, food analysis.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, araştırmamın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında büyük emeği geçen, beni her konuda motive edip cesaretlendiren, engin bilgi ve tecrübesiyle hayata bakış açımı değiştiren saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI'ya,

Bu araştırmayı maddi olarak destekleyen Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP-2012/419),

Tavsiyeleriyle araştırmama katkı sağlayan tez izleme komitesi üyeleri değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR ve Sayın Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL'e,

Uçucu bileşik analizleri ile A vitamini ve  $\beta$ -karoten analizlerinin yapılmasında laboratuvar imkanını sağlayan ve sonuçlarının değerlendirilmesinde bilgi ve desteğini esirgemeyen İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU'na,

A vitamini ve  $\beta$ -karoten analizleri için ekstraktların hazırlanmasında laboratuvar imkanı sağlayan Atatürk Üniversitesi Kimya Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Ümit DEMİR'e,

Refraktometre indisi analizinin yapılmasında yardımcı olan Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Engin GÜNDOĞDU'ya,

İlgilerini gördüğüm Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Mükerrrem KAYA'ya,

Duyusal analizlere katılarak zamanlarını ayıran Gıda Mühendisliği Bölümü'ndeki değerli hocalarım ve arkadaşlarıma,

Pilot Süt Fabrikası çalışanları ve emeği geçen herkese,

Ayrıca manevi desteklerinden dolayı aileme, eşim İbrahim KAHYAOĞLU'na ve oğlum Yaşar Burak'a,

tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

**Deren TAHMAS KAHYAOĞLU**

**Kasım 2014**

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖZET .....                                                                                             | i         |
| ABSTRACT .....                                                                                         | ii        |
| TEŞEKKÜR .....                                                                                         | iii       |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                                   | vii       |
| SEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                  | viii      |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                                | ix        |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                                                  | <b>1</b>  |
| <b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>                                                                        | <b>13</b> |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>                                                                     | <b>23</b> |
| 3.1. Materyal .....                                                                                    | 23        |
| 3.1.1. Tereyağı örneklerinin üretiminde kullanılan sütler, starter kültür ve ambalaj malzemeleri ..... | 23        |
| 3.1.2. Tereyağı üretiminde kullanılan kremaların özellikleri.....                                      | 23        |
| 3.2. Yöntem .....                                                                                      | 24        |
| 3.2.1. Deneme tereyağlarının üretimi .....                                                             | 24        |
| 3.2.2. Tereyağı örneklerinde kimyasal analizler .....                                                  | 25        |
| 3.2.3. Tereyağı örneklerinde yağ sabitleri analizleri .....                                            | 26        |
| 3.2.3.a. Reichert-Meissl (R-M) sayısı .....                                                            | 26        |
| 3.2.3.b. Polenske sayısı .....                                                                         | 27        |
| 3.2.3.c. Refraktometre indisi .....                                                                    | 27        |
| 3.2.3.ç. Sabunlaşma sayısı .....                                                                       | 27        |
| 3.2.3.d. İyot sayısı .....                                                                             | 28        |
| 3.2.4. Tereyağı örneklerinde oksidasyon testleri .....                                                 | 28        |
| 3.2.4.a. Peroksit değeri.....                                                                          | 28        |
| 3.2.4.b.Tiyobarbütirik asit değeri (TBA değeri) .....                                                  | 29        |
| 3.2.5. Tereyağı örneklerinde renk analizleri .....                                                     | 30        |
| 3.2.6. Tereyağı örneklerinde A vitamini ve $\beta$ -karoten tayini .....                               | 30        |
| 3.2.7. Tereyağı örneklerinde uçucu bileşik analizleri .....                                            | 30        |

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.8. Tereyağı örneklerinde duyuusal analizler .....                      | 31        |
| 3.2.9. İstatistiksel analizler .....                                       | 32        |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....</b>                            | <b>33</b> |
| 4.1. Tereyağı Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları .....                 | 33        |
| 4.1.1. Kurumadde miktarları .....                                          | 34        |
| 4.1.2. Yağ miktarları .....                                                | 35        |
| 4.1.3. pH değerleri .....                                                  | 37        |
| 4.1.4. Titrasyon asitliği .....                                            | 40        |
| 4.1.5. Asit değeri .....                                                   | 44        |
| 4.2. Tereyağı Örneklerinin Yağ Sabitleri Analiz Sonuçları .....            | 47        |
| 4.2.1. Reichert-Meissl sayısı .....                                        | 48        |
| 4.2.2. Polenske sayısı .....                                               | 50        |
| 4.2.3. Refraktometre indisi .....                                          | 52        |
| 4.2.4. Sabunlaşma sayısı .....                                             | 54        |
| 4.2.5. İyot sayısı .....                                                   | 56        |
| 4.3. Tereyağı Örneklerinin Oksidasyon Testleri Analiz Sonuçları .....      | 59        |
| 4.3.1. Peroksit değeri .....                                               | 59        |
| 4.3.2. Tiyobarbütirik asit (TBA) değeri .....                              | 64        |
| 4.4. Tereyağı Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları .....                     | 68        |
| 4.4.1. <i>L</i> değeri .....                                               | 69        |
| 4.4.2. <i>a</i> değeri .....                                               | 70        |
| 4.4.3. <i>b</i> değeri .....                                               | 72        |
| 4.5. Tereyağı Örneklerinin A Vitamini ve $\beta$ -Karoten Miktarları ..... | 75        |
| 4.5.1. A vitamini miktarı .....                                            | 76        |
| 4.5.2. $\beta$ -karoten miktarı .....                                      | 78        |
| 4.6. Tereyağı Örneklerinin Uçucu Bileşik Analiz Sonuçları .....            | 80        |
| 4.6.1. Aldehitler .....                                                    | 81        |
| 4.6.2. Ketonlar .....                                                      | 89        |
| 4.6.3. Esterler .....                                                      | 97        |
| 4.6.4. Alkoller .....                                                      | 109       |
| 4.6.5. Asitler .....                                                       | 121       |
| 4.6.6. Sülfürlü bileşikler .....                                           | 132       |



|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.6.7. Terpenler .....                                                                            | 136        |
| 4.6.8. Hidrokarbonlar .....                                                                       | 143        |
| 4.6.9. Diğer bileşikler .....                                                                     | 152        |
| 4.7. Tereyağı Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları.....                                          | 158        |
| 4.7.1. Renk puanı .....                                                                           | 159        |
| 4.7.2. Tekstür puanı .....                                                                        | 162        |
| 4.7.3. Koku puanı .....                                                                           | 165        |
| 4.7.4. Lezzet puanı .....                                                                         | 167        |
| 4.7.5. Acı tat puanı .....                                                                        | 170        |
| 4.7.6. Genel kabuledilebilirlik puanı.....                                                        | 171        |
| 4.7.7. Duyusal analiz sonuçları ile diğer bazı analiz sonuçları arasındaki<br>korelasyonlar ..... | 173        |
| <b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>                                                                 | <b>175</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                            | <b>184</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                                             | <b>192</b> |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|          |           |
|----------|-----------|
| $\alpha$ | Alfa      |
| $\beta$  | Beta      |
| °        | Derece    |
| mg       | Miligram  |
| g        | Gram      |
| kg       | Kilogram  |
| ml       | Mililitre |
| $\mu$    | Mikro     |
| N        | Normalite |

### Kısaltmalar

|       |                                        |
|-------|----------------------------------------|
| SPME  | Solid phase microextraction            |
| GC-MS | Gas chromatography–mass spectrometry   |
| HPLC  | High performance liquid chromatography |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 1.1. Sitrat metabolizması .....                                                    | 7   |
| Şekil 1.2. Aroma oluşumunun biyokimyasal yolları .....                                   | 8   |
| Şekil 3.1. Deneme tereyağı örneklerinin üretimi .....                                    | 25  |
| Şekil 4.1. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin pH değerine etkisi.....                 | 40  |
| Şekil 4.2. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin titrasyon asitliğine etkisi.....        | 43  |
| Şekil 4.3. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin asit değerine etkisi .....              | 46  |
| Şekil 4.4. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin Reichert-Meissl sayısına etkisi.....    | 50  |
| Şekil 4.5. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin sabunlaşma sayısına etkisi.....         | 56  |
| Şekil 4.6. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin iyot sayısına etkisi .....              | 58  |
| Şekil 4.7. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin peroksit değerine etkisi.....           | 64  |
| Şekil 4.8. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin TBA değerine etkisi.....                | 67  |
| Şekil 4.9. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin <i>a</i> değerine etkisi.....           | 71  |
| Şekil 4.10. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin <i>b</i> değerine etkisi.....          | 74  |
| Şekil 4.11. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin $\beta$ -karoten miktarına etkisi..... | 79  |
| Şekil 4.12. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin renk puanına etkisi.....               | 162 |
| Şekil 4.13. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin tekstür puanına etkisi.....            | 165 |
| Şekil 4.14. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin koku puanına etkisi.....               | 167 |
| Şekil 4.15. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin lezzet puanına etkisi .....            | 169 |
| Şekil 4.16. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin acı tat puanına etkisi .....           | 171 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 3.1.</b> Tereyağı üretiminde kullanılan kremaların özellikleri .....                                                        | 24 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Deneme tereyağlarının duyuşal değerlendirmesinde kullanılan<br>skala örneği .....                                  | 32 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> Tereyağı örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ortalamaları.....                                                  | 33 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> Tereyağı örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına ait<br>varyans analiz sonuçları.....                     | 34 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> Tereyağı çeşidine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....                 | 39 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> Depolama süresine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....                 | 39 |
| <b>Çizelge 4.5.</b> Tereyağı çeşidine ait titrasyon asitliği değeri ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları ..... | 42 |
| <b>Çizelge 4.6.</b> Depolama süresine ait titrasyon asitliği değeri ortalamalarının Duncan<br>çoklu karşılaştırma test sonuçları.....  | 43 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> Tereyağı çeşidine ait asit değeri ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....               | 45 |
| <b>Çizelge 4.8.</b> Depolama süresine ait asit değeri ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....               | 46 |
| <b>Çizelge 4.9.</b> Tereyağı örneklerinin yağ sabitleri analiz sonuçları ortalamaları .....                                            | 47 |
| <b>Çizelge 4.10.</b> Tereyağı örneklerinde yapılan yağ sabitleri analiz sonuçlarına ait<br>varyans analiz sonuçları.....               | 47 |
| <b>Çizelge 4.11.</b> Tereyağı çeşidine ait Reichert-Meissl sayısı ortalamalarının Duncan<br>çoklu karşılaştırma test sonuçları.....    | 49 |
| <b>Çizelge 4.12.</b> Depolama süresine ait Reichert-Meissl sayısı ortalamalarının Duncan<br>çoklu karşılaştırma test sonuçları.....    | 49 |
| <b>Çizelge 4.13.</b> Tereyağı çeşidine ait Polenske sayısı ortalamalarının Duncan<br>çoklu karşılaştırma test sonuçları.....           | 51 |
| <b>Çizelge 4.14.</b> Depolama süresine ait Polenske sayısı ortalamalarının Duncan<br>çoklu karşılaştırma test sonuçları.....           | 52 |

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.15.</b> Tereyağı çeşidine ait refraktometre indisi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....     | 53 |
| <b>Çizelge 4.16.</b> Depolama süresine ait refraktometre indisi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....     | 53 |
| <b>Çizelge 4.17.</b> Tereyağı çeşidine ait sabunlaşma sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....        | 55 |
| <b>Çizelge 4.18.</b> Depolama süresine ait sabunlaşma sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....        | 55 |
| <b>Çizelge 4.19.</b> Tereyağı çeşidine ait iyot sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....             | 57 |
| <b>Çizelge 4.20.</b> Depolama süresine ait iyot sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....             | 58 |
| <b>Çizelge 4.21.</b> Tereyağı örneklerinin peroksit ve TBA değerleri analiz sonuçları ortalamaları .....                           | 60 |
| <b>Çizelge 4.22.</b> Tereyağı örneklerinde yapılan peroksit ve TBA değerleri analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları ..... | 60 |
| <b>Çizelge 4.23.</b> Tereyağı çeşidine ait peroksit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....         | 63 |
| <b>Çizelge 4.24.</b> Depolama süresine ait peroksit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....         | 63 |
| <b>Çizelge 4.25.</b> Tereyağı çeşidine ait TBA değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....              | 66 |
| <b>Çizelge 4.26.</b> Depolama süresine ait TBA değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....              | 67 |
| <b>Çizelge 4.27.</b> Tereyağı örneklerinin renk değeri analiz sonuçları ortalamaları.....                                          | 68 |
| <b>Çizelge 4.28.</b> Tereyağı örneklerinin renk analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....                               | 69 |
| <b>Çizelge 4.29</b> Tereyağı çeşidine ait <i>L</i> değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....          | 70 |
| <b>Çizelge 4.30.</b> Tereyağı çeşidine ait <i>b</i> değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....         | 73 |
| <b>Çizelge 4.31.</b> Depolama süresine ait <i>b</i> değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....          | 74 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.32.</b> Tereyağı örneklerinin A vitamini ve $\beta$ -karoten analiz sonuçları<br>ortalamaları .....                     | 75  |
| <b>Çizelge 4.33.</b> Tereyağı örneklerinin A vitamini ve $\beta$ -karoten analiz sonuçlarına ait<br>varyans analiz sonuçları .....   | 75  |
| <b>Çizelge 4.34.</b> Tereyağı çeşidine ait A vitamini ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....             | 77  |
| <b>Çizelge 4.35.</b> Depolama süresine ait A vitamini ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....             | 77  |
| <b>Çizelge 4.36.</b> Tereyağı çeşidine ait $\beta$ -karoten ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....       | 78  |
| <b>Çizelge 4.37.</b> Depolama süresine ait $\beta$ -karoten ortalamalarının Duncan çoklu<br>karşılaştırma test sonuçları .....       | 79  |
| <b>Çizelge 4.38.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen aldehit bileşikleri .....                                                      | 87  |
| <b>Çizelge 4.39.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen keton bileşikleri .....                                                        | 95  |
| <b>Çizelge 4.40.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen ester bileşikleri .....                                                        | 105 |
| <b>Çizelge 4.41.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen alkol bileşikleri .....                                                        | 117 |
| <b>Çizelge 4.42.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen asit bileşikleri .....                                                         | 130 |
| <b>Çizelge 4.43.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen sülfür bileşikleri .....                                                       | 135 |
| <b>Çizelge 4.44.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen terpen bileşikleri .....                                                       | 141 |
| <b>Çizelge 4.45.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen hidrokarbon bileşikleri .....                                                  | 149 |
| <b>Çizelge 4.46.</b> Tereyağı örneklerinde belirlenen diğer bileşikler .....                                                         | 156 |
| <b>Çizelge 4.47.</b> Tereyağı örneklerinin duyu analizi sonuçları ortalamaları .....                                                 | 158 |
| <b>Çizelge 4.48.</b> Tereyağı örneklerinde yapılan duyu analizi sonuçlarına ait varyans<br>analiz sonuçları .....                    | 159 |
| <b>Çizelge 4.49.</b> Tereyağı örneklerinin duyu analizi sonuçları ortalamalarının Duncan<br>çoklu karşılaştırma test sonuçları ..... | 159 |
| <b>Çizelge 4.50.</b> Tereyağı örneklerinde duyu analizi sonuçları ile diğer bazı analiz<br>sonuçları arasındaki korelasyonlar .....  | 173 |

## 1. GİRİŞ

Tereyağı, en fazla süt yağı içeren ve başka hiçbir gıdada olmayan kendine özgü hoş lezzeti ile insan beslenmesinde önemli rolü olan bir süt ürünüdür. Tereyağı Standardı'nda (TS-1331) “tereyağı, krema (kaymak) ve yoğurdun tekniğine uygun metot ve aletlerle işlenmesi sonucunda elde edilen, gerektiğinde Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde izin verilen katkı maddeleri de katılabilen kendine has tat, koku ve kıvamdaki bir süt mamulüdür” şeklinde tanımlanmakta olup kahvaltılık ve yemeklik tipleri mevcuttur (Anonim 1995). Yine aynı standartta “kahvaltılık tereyağı, pastörize edilmiş kremadan tekniğine uygun olarak elde edilmiş, tereyağı kültürü katılarak özel koku ve tat kazandırılmış ve en az %82 süt yağı bulunan tereyağıdır” şeklinde tanımlanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'nde ise tereyağı; ağırlıkça en az %80, en fazla %90 oranında süt yağı, en fazla %2 oranında yağsız süt kuru maddesi ve en fazla %16 oranında su içeriğine sahip ürünü ifade etmektedir (Anonim 2005).

Tereyağı, hoş bir lezzete sahip olmasının yanı sıra vücut sıcaklığında eriyebilmesi ve kolay sindirilebilmesi (Demirci ve Şimşek 1997; Metin 2008), A vitamini ve/veya  $\beta$ -karoten ve esansiyel yağ asitleri içermesi (Güzel Seydim 2002; Metin 2008) ve enerji kaynağı olması nedeniyle insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahip (Metin 2008), biyolojik değeri çok yüksek bir yağ çeşididir (Güzel Seydim 2002).

Tereyağında aroma kompozisyonunun hayvan beslemede kullanılan yem, tereyağının üretildiği mevsim, üretim yöntemi ve muhafaza şartları gibi faktörlere bağlı olarak değişebildiği belirtilmekte ve tereyağı lezzeti diğer tüm yağlardan üstün olarak değerlendirilmektedir (Mallia *et al.* 2008a; Çakmakçı ve Gündoğdu 2009). Bugüne kadar tereyağında 230'dan fazla uçucu bileşik tespit edildiği ancak bunlardan çok az sayıda bileşiğin tereyağı aromasında anahtar rol oynadığı ifade edilmektedir (Mallia *et al.* 2008a).

Süt yağı doğada bulunan en karmaşık yağlardan biridir. Bu karmaşıklık bünyesinde bulunan çok fazla çeşitteki yağ asitlerinden (zincir uzunluğu -kısa, orta, uzun-, doymamışlık derecesi ve dallanma gibi) kaynaklanmaktadır (Fatouh *et al.* 2005; Metin 2008).

Tereyağı insan organizmasının sentezleyemediği ve eksik alınmaları halinde vücutta bazı aksaklıkların meydana gelmesine neden olan, fizyolojik değeri yüksek esansiyel yağ asitlerini içermektedir (Kinsella 1988; Metin 2008). Esansiyel yağ asitlerinin beyin gelişimi, bağışıklık sisteminin güçlenmesi, koroner kalp hastalıklarının önlenmesi gibi fonksiyonları bulunmaktadır (Eseceli vd 2006).

İçme sütü olarak kullanılmasının yanısıra, birçok süt mamülünün işlenmesine uygun olan ve bu nedenle süt teknolojisi açısından önem taşıyan inek sütünün bileşimi ortalama olarak %10,5-14,5 kurumadde, %2,5-6 süt yağı, %3,6-5,5 laktoz, 2,9-5,0 protein ve %0,6-0,9 arasında mineral madde şeklindedir. İnek sütünün bileşimi öncelikle ırk olmak üzere çeşitli faktörlerle değişiklik gösterir. Bileşimine bağlı olarak asitliği 6,2-8,9 SH ve özgül ağırlığı 1,028-1,039 arasında değişir. Yüzey gerilimi 42,30-52,10 dyne/cm; iletkenlik ise 0,0040-0,0055  $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  arasında değişir (Jandal 1996; Park *et al.* 2007; Metin 2008).

Koyun sütü protein, yağ ve mineral maddeler açısından zengin bir süt türüdür. Koyun sütünün bileşimi ortalama olarak %19 kurumadde, %6-8 süt yağı, %4,5-5,0 laktoz, %4-5 kazein ve %0,9-1,0 arasında mineral madde şeklindedir. Koyun sütünün titrasyon asitliği 8-12 °SH ve yoğunluğu 1,030-1,045 g/ml arasında değişir. Yüzey gerilimi 44,94-48,70 dyne/cm; iletkenlik ise 0,0038  $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 'dir (Jandal 1996; Park *et al.* 2007; Metin 2008). İçme sütü olarak kullanılma zorluğu olduğunda sulandırılarak içilmesi önerilir. Bileşimindeki proteinlerin yaklaşık %80'i kazeinden oluştuğu için kazeinli sütler grubuna dahildir. Kazein oranının yüksek olması nedeniyle peynir ve yoğurt üretiminde, yağ oranı yüksek olduğu için de tereyağı üretiminde tercih edilir. İnek sütüne oranla yağ globüllerinin çapı daha büyük, süt yağındaki lesitin miktarı daha



fazla, riboflavin açısından zengin, buna karşılık C vitamini ve nikotinik asit bakımından fakirdir (Metin 2008).

Keçi sütü bileşim açısından inek sütüne yakın değerlere sahip olup bileşimindeki proteinin yaklaşık %75'i kazeinden oluşuğu için kazeinli sütler grubuna dahildir. Keçi sütünün bileşimi ortalama olarak %13,2 kurumadde, %4,5 süt yağı, %4,1 laktoz, %3,2 protein ve %0,8 mineral madde şeklindedir. Yüzey gerilimi 52,00 dyne/cm; iletkenlik ise 0,0043-0,0139  $\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 'dur (Jandal 1996; Park *et al.* 2007; Metin 2008). Keçi sütü yağında kaproik, kaprilik, kaprik yağ asitlerinin oranı fazladır. Yağ globüllerinin çapı küçük olduğundan yağının ayrılmazı zordur. Ülkemizde genellikle inek ve koyun sütüne karıştırılarak peynir ve yoğurt üretiminde kullanılmaktadır (Metin 2008).

Dünya genelinde keçi sütü ve ürünlerine talep artmaktadır. Süt yağının rengi daha beyaz olduğundan tüketiciler tarafından bazı yanılgılar olmaktadır. Bu durum, keçi sütünde A vitamini yüksekliğinden ve bu vitaminin de renksiz olmasından kaynaklanabilir. Son yıllarda keçi sütü eşsiz özelliklerinden dolayı inek sütüne göre daha değerli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Keçi sütü ve ürünleri yüksek sindirilebilirlikleri (küçük yağ globülleri), düşük alerjen özellikleri (düşük  $\alpha_s$ -kazein içeriği) ve biyo-fonksiyonel bileşikleri (çoklu doymamış yağ asitleri ve bazı serum proteinleri) içermesi açısından insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır (Haenlein 2004; Rampilli and Cortellino 2004).

Keçi sütü ayrıca, tamponlama kapasitesi ve tıp alanındaki bazı terapötik değerleri açısından inek ve insan sütünden farklıdır. Koyun sütü ise, inek sütünden daha yüksek özgül ağırlık, vizkozite, refraktometre indisi, titrasyon asitliği; daha düşük donma noktasına sahiptir. Koyun ve keçi sütündeki lipitler inek sütündekilerden daha iyi fiziksel özelliklere sahiptir ancak farklı çalışmalarda değişik görüşler vardır. Ayrıca keçi ve koyun sütü inek sütünden daha yüksek miktarda A vitamini içerir. Çünkü keçiler sütteki  $\beta$ -karoteni A vitaminine dönüştürür. Bu nedenle keçi sütü inek sütünden daha beyazdır (Park *et al.* 2007).

Koyun ve keçi sütü ürünleri spesifik tatları, tekstürleri, tipik özellikleri, doğal ve sağlıklı görünmeleri nedeniyle inek süt ürünlerine göre faydalı seçenekler sağlayabilir. Bütün bu karakteristikler birkaç faktörden (ırk, genetik, fizyoloji, yem, çevre ve teknoloji) etkilenebilir (Ljutovac *et al.* 2008). Keçi ve koyun sütünün biyokimyasal kompozisyonu ve çeşitliliği hakkında bazı önemli değerlendirmeler vardır (Jenness 1980; Remeuf *et al.* 1991; Chandan *et al.* 1992; Alichanidis and Polychroniadou 1996), ancak veriler besleyici özellikleri ile ilgilidir, yağ asitleri ve yağ asidi çeşitlilikleri, kolesterol, oligosakkaritler için yetersizdir (Ljutovac *et al.* 2008).

Sütçülüğü gelişmiş ülkelerde genel olarak koyun ve keçi sütü üretimi inek sütü üretiminden oldukça düşüktür. Ancak, özellikle topografik yapısı, iklim koşulları ve bitki örtüsü koyun yetiştiriciliğine uygun olan ülke ve bölgeler için, koyun sütü ekonomik açıdan önemli bir rol oynamaktadır (Boyazoglu and Morand-Fehr 2001). Özellikle Akdeniz ve Ortadoğu Bölgesi olmak üzere birçok ülkede koyun ve keçi sütü ürünleri ulusal ekonominin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Park *et al.* 2007).

Türkiye’de koyun veya keçi sütünden tereyağı üretiminin yerel olarak yapıldığı, keçi yetiştiriciliğinin ülkemizin daha çok Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde olduğu ve keçi sütü tereyağının da bu yörelerde üretildiği ancak sadece keçi sütü veya koyun ya da inek sütüyle karıştırılmış keçi sütü tereyağlarının Karadeniz Bölgesi’nde de üretildiği belirtilmektedir (Hayaloglu and Karagul-Yuceer 2011).

Tereyağının işleme veya depolama süresince kalitesi, fonksiyonerliği ve ekonomik değeri çok önemlidir. Ayrıca karakteristik analizlerde; iyot sayısı (doymamışlık derecesi), sabunlaşma sayısı (moleküler ağırlık ortalaması), su içeriği, *cis-trans* yağ asitleri oranı, peroksit değeri, anisidine değeri (hidroperoksit düzeyi ve karbonil içeriği), asit değeri (serbest yağ asidi düzeyi) ve tiyobarbutirik asit değeri önemlidir (Ismail *et al.* 1993).

$\beta$ -karoten; palm, zeytinyağı ve tereyağı gibi birçok yağın doğal pigmentidir. Ayrıca gıda renklendiricisi olarak kullanılabildiği gibi güçlü bir antioksidan aktivitesine de sahiptir.

$\beta$ -karoten serbest radikalleri yakalayarak potansiyel zararlı oksidatif reaksiyonları geciktirir (Karabulut 2010).

Ollilainen *et al.* (1989), süt ürünlerinde karotenoidlerin kış ve sonbaharda biriktiğini ve  $\beta$ -karoten dışındaki karotenoidlerin sadece iz miktarda bulunduğunu; süt ürünlerindeki düşük karotenoid içeriğinin analitik yöntemlerden etkilendiğini de vurgulamışlardır. Sütteki retinol ve karotenoid analizlerinin; bileşiklerin değişik doğası, düşük konsantrasyon, yağı uzaklaştırmak için gerekli sabunlaşma, retinil esterlerinin hidrolizi ve muhtemel karotenoid esterleri nedeniyle zor olduğu belirtilmektedir (Patton *et al.* 1990; Giuliano *et al.* 1992; Liu *et al.* 1998).

İnsan beslenmesinde A vitamininin ana kaynağı margarinler gibi yenilebilir yağlar, et ve et ürünleri, meyve ve sebzeler (provitamin A karotenoidini içeren), süt ve süt ürünleridir. Süt ve süt ürünleri yaş grubuna da bağlı olarak toplam A vitamini ihtiyacının %15-20'sini sağlayabilir (Goldbohm *et al.* 1998). Sütte hem A vitamini hem de karotenoidler yağ globülünde depo edilir ve bundan dolayı büyük ölçüde biyoyararlanım formundadırlar (Castenmiller and West 1998). Ancak sıcaklık, ışık, pH ve depolama şartları gibi birçok faktör vitamin konsantrasyonunu etkilemektedir (Herrero-Barbudo *et al.* 2005).

Sütteki karotenoid çeşitleri süt türüne bağlıdır. İnsan sütünde farklı karotenoidlerin toplam karotenoid içeriğine katkısı inek sütüne göre beş çeşit ana karotenoid (lutein, kriptoksantin,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, likopen) arasında daha eşit bir şekilde dağılmıştır (Kim *et al.* 1990; Giuliano *et al.* 1994; Khachik *et al.* 1997). Koyun ve keçi sütleri  $\beta$ -karotence fakir veya tamamen retinole dönüşmüş durumdadır (Ljutovac *et al.* 2008).

### 1.1. Süt ve Ürünlerinde Aroma Oluşumu

Gıdaların tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini belirlemede diğer duyuşal karakteristiklerle birlikte lezzetin önemi oldukça fazladır. Lezzet, genel olarak tat ve kokudan oluşan kompleks bir algıdır. Lezzet algısı, genellikle tat ve kokunun bileşimi

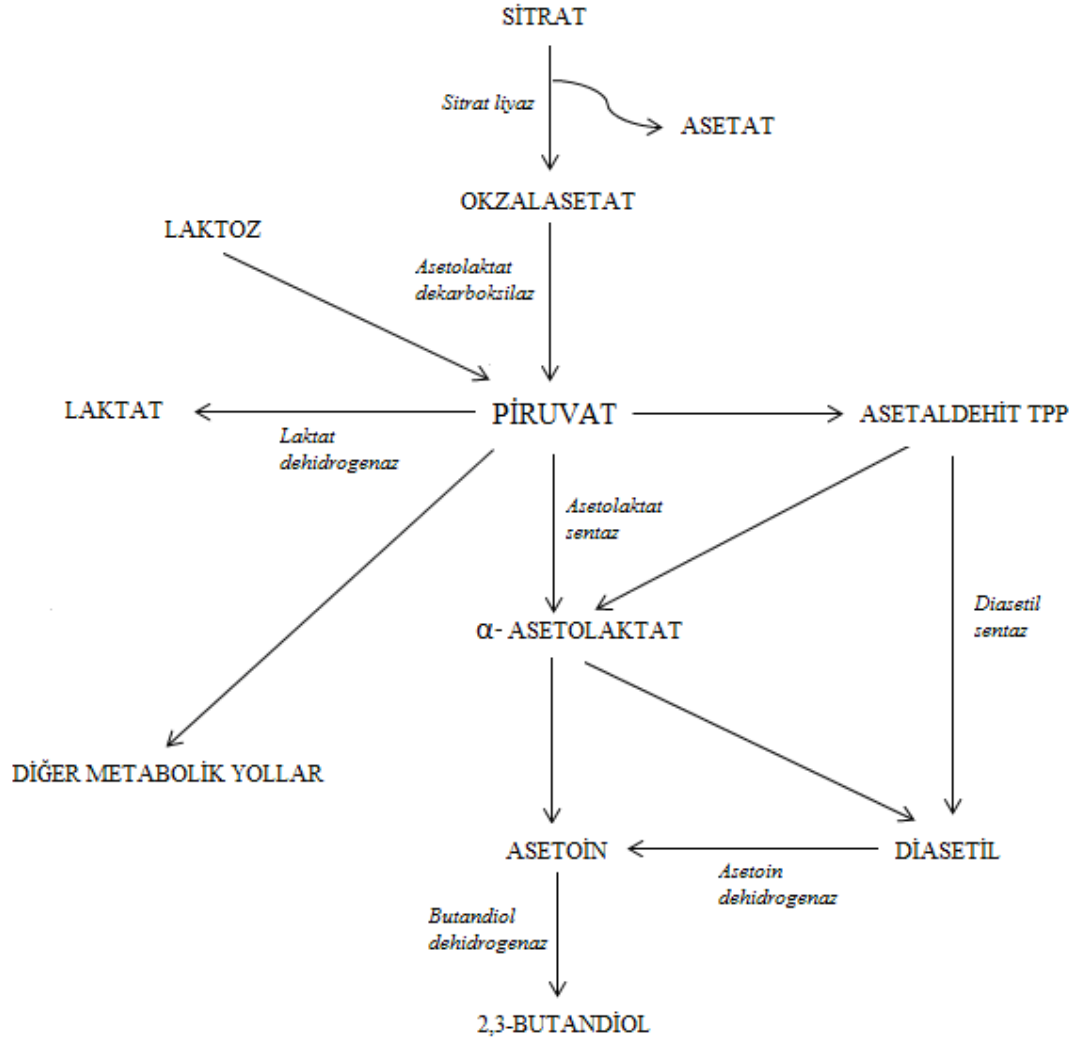
olarak ifade edilmesine rağmen, gıdanın görünüş ve doku özellikleri de bu algının değerlendirilmesinde büyük önem taşımaktadır (Altuğ ve Elmacı 1998; Bayrak 2006; Çakmakçı 2007). Lezzet daha detaylı olarak şöyle tanımlanmıştır: ürün ağızdayken burun, dil, tüm ağız ve boğazla alınan duyuların bütünüdür; bunda aroma ve tadın yanısıra dokunmayla ilgili serinletici, ısıtıcı, yakıcı, acı verici, büzücü gibi duyular ile tekstür de dahil olup lezzette aromanın payı tada göre genellikle daha önemli ve belirgindir (Çakmakçı 2007).

Lezzet maddeleri gıdalara katkı amacıyla katılabildiği gibi, gıdaların doğal yapısında da bulunabilmektedir. Fermantasyon sırasında mikroorganizmaların temel metabolizmaları ve bakteriyel hücrelerin parçalanması ile açığa çıkan hücre içi enzimlerin aktivitesi sonucu birçok lezzet maddesi oluşmaktadır (Ertekin ve Seydim 2009).

Sitrat metabolizması sonucunda başta tereyağı olmak üzere, fermente süt ürünlerinde ana aroma bileşiklerinden diasetil ve asetoin oluşmaktadır (Boumerdassi *et al.* 1996). Sitrat metabolizmasında üretilen temel aroma bileşikleri; asetat, diasetil, asetoin ve 2,3-bütandiol'dür. Pirüvat ve asetaldehit-tiamin-pirofosfat reaksiyonundan oluşan  $\alpha$ -asetolaktat stabil değildir ve asetoini oluşturmak için oksidatif olmayan yolla veya diasetili oluşturmak için oksidatif yolla dekarboksile olabilmektedir (Şekil 1.1). Diasetil; asetoin, 2,3-bütandiol ve 2-bütanona çevrilebilmektedir. Asetoin, asetolaktat dekarboksilazın etkisiyle  $\alpha$ -asetolaktattan üretilmektedir (Law 1984).

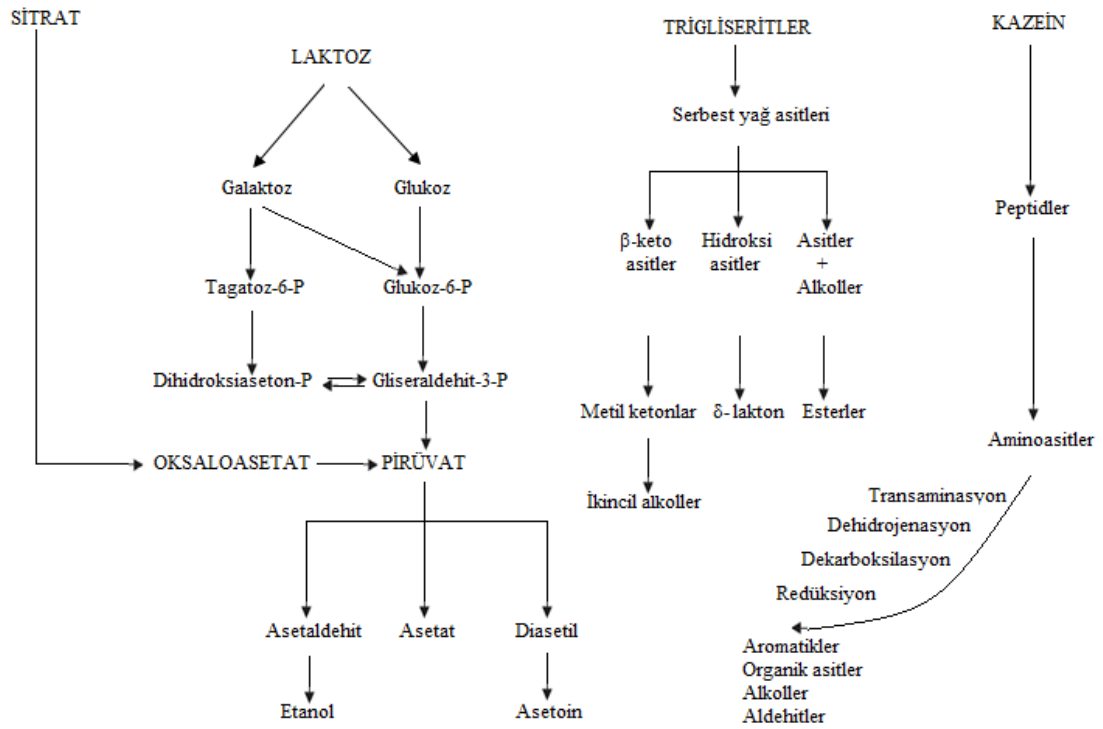
Uçucu bileşikler düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir ve oda sıcaklığında kolayca buharlaşırlar. Bazı uçucu bileşikler koku epitellerine ulaşır, mukusta çözülür ve koku hissi vermek için koku reseptörlerine bağlanabilir (Kalua *et al.* 2007). Uçucu ve uçucu olmayan bileşikler süt ürünlerinde lezzetten sorumludurlar. Süt ürünlerinde uçucu olmayan bileşikler tat oluştururken, uçucu bileşikler ise hem tat hem aroma oluşturmaktadırlar. Süt ürünlerinde aroma; alkoller, aldehitler, esterler, dikarboniller, kısa ve orta zincirli serbest yağ asitleri, metil ketonlar, laktonlar, fenolik bileşikler ve sülfürlü bileşikler gibi bir dizi uçucu bileşikten meydana gelmektedir. Bu uçucu bileşik gruplarından esterler düşük konsantrasyonlarda genel lezzet dengesine olumlu katkı

sağlarken, yüksek konsantrasyonlarda meyvemsi lezzet kusurlarına neden olabilirler (Liu *et al.* 2004).



**Şekil 1.1.** Sitrata metabolizması (McSweeney and Sousa 2000)

Laktik asit bakterileri (LAB), anaerobik şartlarda pirüvatı laktat dehidrojenaz enzimi ile laktik aside dönüştürür. Pirüvatın bir kısmı, diasetil, asetoin, asetaldehit, asetik asit, etanol gibi kısa zincirli lezzet bileşiklerine dönüştürülebilir (Marilley and Casey 2004; Smit *et al.* 2005) (Şekil 1.2). LAB'nin pirüvat katabolizması ile ürettiği başlıca aroma bileşikleri; asetat, format, etanol, asetaldehit, diasetil, asetoin ve 2,3 bütandioldür (Liu 2003; Smit *et al.* 2005).



**Şekil 1.2.** Aroma oluşumunun biyokimyasal yolları (Marilley and Casey 2004)

Hidrokarbonlar, alkoller, asitler, aldehitler ve ketonlar gibi uçucu ve uçucu olmayan bileşikler ürünün genel kalitesini etkilemektedirler. Aldehitler özellikle lezzet değişiklikleri ile ilişkilidir ve raf ömrünün azalmasına, istenmeyen kokulara, tekstür bozukluklarına ve besin değerinin azalmasına yol açarlar (Panseri *et al.* 2011).

Serbest yağ asitleri, lezzet üzerine direkt etki etmekle beraber, metilketonlar, ikincil alkoller, esterler ve laktonlar gibi lezzet bileşiklerinin öncül maddeleri olarak da lezzete önemli katkı sağlarlar (Smit *et al.* 2005). Serbest yağ asitleri, esterleri oluşturmak için alkollerle, tiyoesterleri oluşturmak için serbest sülfidril grupları ile reaksiyona girebilmektedir (McSweeney and Sousa 2000).

## 1.2. Tereyağında Aroma Kusurları

Yağların bozulması kimyasal (hidrolitik) ve biyokimyasal (oksidatif) reaksiyonlarla açıklanabilir. Her iki reaksiyon genellikle birlikte meydana gelmektedir (Demirci 2014).

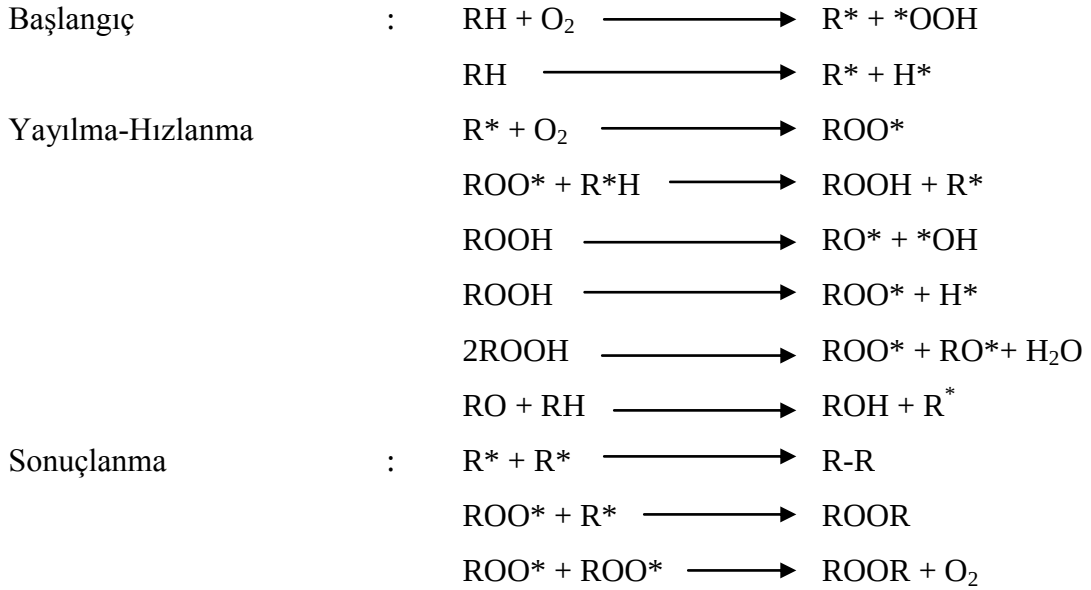
Lipid oksidasyonu, gıdalarda oluşan temel kimyasal reaksiyonlardan biridir ve genellikle kalitenin bozulmasına neden olur. Süt ve süt ürünleri gibi yağ içeren gıdalarda kalitenin korunmasında ve raf ömrünün uzatılmasında lipid oksidasyonunun önlenmesi önemli bir faktördür. Oksidasyona etkili birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin en önemlileri sıcaklık, aktif oksijen varlığı, ortamın sıcaklığı ve pH'sı, bakır içeriği ve doymamış yağ asitlerinin varlığıdır (Şenel *et al.* 2011a). Bu faktörler ortadan kalkarsa oksidasyon da ortadan kalkmaktadır. Ancak pratikte bu mümkün olamamaktadır. Bu nedenle otoksidasyonu, dışardan herhangi bir madde katmadan önlemek çok zordur (Çakmakçı 2007). Ayrıca depolama sıcaklığı korunamazsa tereyağı aroması lipoliz ve oksidasyonun sonucunda depolama süresince önemli değişikliklere uğramaktadır (Povolo and Contarini 2003).

Doymamış yağ asitlerinin birincil oksidasyon ürünleri hidroperoksitlerdir. Bunlar hızlı bir şekilde ayrılan reaktif bileşiklerdir. Ürünlerin genel kalitesini etkileyen hidrokarbonlar; alkoller, asitler, aldehytler ve ketonlar olmak üzere uçucu ve uçucu olmayan bileşikler meydana getirirler. Uçucu lipid oksidasyon ürünleri (ikincil oksidasyon ürünleri) gıdalardaki tat ve lezzet bozukluklarından sorumludurlar. Lipit oksidasyonu yağlı gıdalardaki kalite bozukluklarının nedenlerinden biridir ve genellikle depolama ömrünü saptamada belirleyici bir faktördür (Panseri *et al.* 2011)

Otoksidasyon üç aşamada gerçekleşen zincirleme bir reaksiyondur. Reaksiyon; sıcaklık, ışık, metal iyonları ve oksijene maruz kalan yağ asidinden (RH) hidrojen atomunun ayrılması ile başlar. Yağ asidinden bir hidrojen atomunun ayrılması ile aktif radikal ( $R^*$ ) oluşur. Daha sonra oluşan bu aktif radikallerin oksijen ile bağlanması sonucu aktif peroksi radikalleri ( $ROO^*$ ) oluşur. Oluşan aktif peroksi radikalleri nötr yapıya geçebilmeleri için ortamda bulunan hidrojenlerden veya yağ asidi üzerindeki hidrojenlerden birini kendine çekerek bağlar ve ilk oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitler ( $ROOH$ ) oluşur. Oluşan hidroperoksitler kararlı yapıda olmadıkları için, ikinci derecedeki oksidasyon ürünlerine ve karbonilli bileşiklere (aldehit, keton, epoksiasit, hidrokarbon vb) parçalanırlar. Parçalanma sonucu oluşan doymamış aldehit

ve ketonlar en düşük duyum eşiğine sahiptir ve uçucu aromalardan sorumludurlar (Bayrak 2006; Demirci 2014).

Bu mekanizmanın temel basamakları aşağıda gösterilmiştir (Demirci 2014):



Oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde kullanılan analitik metotlar; oksijen tüketimini/oksitleyici maddeyi ölçecek veya birincil peroksit ürünlerini tespit edecek şekilde ve uçucu olan ve uçucu olmayan aldehytler ve polimerler gibi ikincil ürünleri ölçecek şekilde iki gruba ayrılabilir (Lampi *et al.* 1997).

Oksidasyonla bozulma sonucu meydana gelen spesifik bazı etkiler Çakmakçı (2007) tarafından şöyle sıralanmıştır; katı ve sıvı yağlar ile yağ içeren gıdalarda ransit tat ve aroma oluşumu, pigmentlerde renk açılması, toksik oksidasyon ürünleri oluşumu, üründe lezzet kaybı ve bozuklukları, tekstürde değişimler ve vitaminler (A, D ve E) ve esansiyel yağ asitlerinin zarar görmesi ve besin değerinin azalması.

Krema ve tereyağlarında lipid oksidasyonunun derecesini belirlemede peroksit değeri ve tiyobarbutirik asit (TBA) testi kullanılmaktadır. Daha yaygın olarak peroksit değerinden yararlanılmaktadır (Varnam and Sutherland 2001; Bakırcı *et al.* 2002). Tereyağının



depolama stabilitesinin ve kalitesinin değerlendirilmesinde lipoliz derecesinin bir ölçüsü olan serbest yağ asitlerinin miktarı ve yağ asitlerinin oksidatif olarak parçalanmasının bir göstergesi olan peroksit değerinin tespit edilmesi önem taşımaktadır (Bakırcı vd 2004).

Peroksit değeri oksidatif bozulmanın başlangıç aşamasında oluşan hidroperoksitlerin miktarını verir. TBA testi ise oksidasyonun ileri aşamalarında oluşan malonaldehitlerin miktarını vermektedir. Depolama süresince oksidasyonun ilerlemesiyle hidroperoksitler malonaldehitlere parçalandığı için peroksit testi ile malonaldehitleri tespit etmek mümkün değildir. Özellikle uzun süre depolanmış tereyağlarının oksidatif bozulmalarının TBA testi ile belirlenmesi önerilmektedir (Atamer ve Sezgin 1984).

Süt yağının enzimatik hidrolizine lipoliz denir. Bu reaksiyonda lipaz enzimi trigliseritleri hidrolize etmektedir. Lipoliz sonucunda meydana gelen kısa ve orta zincirli yağ asitleri ransit tada sebep olmaktadır. Bu durum süt ve süt ürünlerinin aromasını olumsuz yönde etkilemektedir. Lipoliz süt sağıldıktan sonra hemen meydana gelebildiği gibi, çalkalama, homojenizasyon gibi işlemlerin etkisiyle de oluşabilir. Sütte doğal olarak bulunan lipolitik enzim lipoprotein lipaz (LPL)'dır ve optimum çalışma koşulları 37°C ve pH 9'dur. LPL, ısıl işleme duyarlı olduğu için pastörize süt veya pastörize süttten elde edilen ürünlerde sınırlı bir lipolitik aktiviteye sahiptir. Lipoliz düzeyini belirlemede en çok kullanılan kriter asit değeridir (Deeth 2006). Asit değeri, yağlarda meydana gelen lipolizin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılır. Asit içeriği triağılglicerollerin parçalanmasıyla açığa çıkan serbest yağ asitlerinin miktarıdır. Bu parçalanma olayı, yağların uygun olmayan muhafaza ve muamele şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Asit değeri; hayvan ırkı ve türü, tereyağının bileşimi, üretim yöntemi, depolama koşulları ve süresine göre değişkenlik göstermektedir (Gündoğdu 2012). Krema tereyağlarında asit değerinin 1 mg KOH/g yağ'dan fazla olduğunda ransit tadın belirgin hale geldiği belirtilmiştir (Atamer vd 2007).

Sıcaklığın uygun olmadığı durumlarda lipoliz ve oksidasyon reaksiyonları sonucunda depolama süresince tereyağı aromasında önemli değişiklikler olur. Hem asit değeri hem

de peroksit içeriği bu bozulmanın şiddetini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerdir ve bu durum tereyağının raf ömrünü belirler. Yağlardaki bozulma özellikle metil ketonlar, alkoller, aldehitler, serbest yağ asitleri olmak üzere uçucu bileşiklerde genel bir artışa neden olmaktadır (Povolo and Contarini 2003).

Starter bakterilerin enzimatik etkileri sonucunda proteinlerde meydana gelen parçalama olayına proteoliz denilmektedir (Kılıç 1991). Parçalanma sonucu açığa çıkan ürünler bazı süt ürünlerinde tat ve aromanın oluşumunda etkilidir. Ancak bu ürünlerin birikimi belirli bir sınır değere ulaştığında acılık denen tat bozukluğu oluşmaktadır (Üçüncü 2004). Tereyağı yağca yoğun bir süt ürünü olduğu için protein içeriğinin düşüklüğu nedeniyle proteoliz bir kalite parametresi değildir (Şenel 2006).

Bu araştırmada, aynı yörede beslenen farklı hayvan sütlerinden (inek, koyun, keçi) üretilen tereyağlarının, depolama süresince hem kalite özelliklerini ortaya koymak hem de besin değeriini belirlemek amaçlanmıştır. Böylece bu tereyağı çeşitlerinin birbirlerinden farklarını, A vitamini ve  $\beta$ -karoten içeriklerini, renk değeriini, uçucu bileşiklerini, depolama stabilitelerini ve duysal özelliklerini belirleyerek depolama süresince bu değeriilerdeki değerişimi toplu olarak ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Belirtilen kriterlerin, uzun depolama süresince inek, koyun ve keçi tereyağlarında topluca belirlendiği bir araştırmaya literatürde rastlanmamıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hewavitharana *et al.* (1996), süt ürünlerinde A ve E vitaminleri ve  $\beta$ -karoten miktarını eşzamanlı sıvı kromatografisi ile belirledikleri çalışmada, A vitamini miktarını 11,2  $\mu\text{g/g}$ , E vitamini miktarını 21,7  $\mu\text{g/g}$ ,  $\beta$ -karoten miktarını 5-9  $\mu\text{g/g}$  olarak belirlemişlerdir.

Lampi *et al.* (1997), kolza yağı, 1:1 oranında kolza yağı ile tereyağı karışımı ve sade tereyağlarında, peroksit ile anisidine değeri ve aldehit bileşiklerini incelemişlerdir.

Şengül vd (1998), Trabzon tereyağlarının su, yağ ve tuz içerikleri ile asitlik, erime noktası, refraktometre indisi, Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı ve peroksit sayılarını tespit etmişlerdir.

Adahchour *et al.* (1999), tereyağdaki polar aroma maddelerini tespit etmek amacıyla SPE ve GC-MS tekniklerini kullanmış ve 1-metoksi-2-propanol, 3-hidroksi-2-butanon, 1-etoksi-2-propanol, 2-etoksi propan, butanoik asit, 2,3-butandiol, dimetilsulfon, 2-metil-2,4-pentandiol, hekzanoik asit, 2-(2-etoksietoksi) etanol, 6-metil-2H-piran-tetrahidro-2-one, benzoik asit, oktanoik asit, triglikol, nonanoik asit, dekanok asit, dodekanoik asit, tetradekanoik asit, 1,2-benzendikarboksilik asit ve hekzadekanoik asit bileşiklerini tespit etmişlerdir.

Hayaloğlu (1999), Malatya yöresinde kremadan ve yoğurttan elde edilen tereyağlarının fizikokimyasal (yağ, su, yağsız kurumadde, tuz, titrasyon asitliği, asit değeri, kırılma katsayısı, peroksit değeri, iyot sayısı, Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı, sabunlaşma sayısı, Kreiss acılık testleri), mikrobiyolojik ve duyuşal niteliklerini araştırmıştır.

Kaya (2000), sütten ve yoğurttan elde edilen tereyağı örneklerinin özelliklerini incelediği çalışmada, peroksit değeri, iyot sayısı, erime noktası, sabunlaşma sayısı, asit değeri, refraktometre indisi ve nem içeriğini belirlemiştir.

Bakırcı *et al.* (2002),  $4\pm1^{\circ}\text{C}$  ve  $-18\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 4 ay depoladıkları tereyağında, oksidasyon stabilitesi ve diasetil üretimi üzerine ticari starter kültürlerin (CHN11, CHN22, BT001, MM100) ve depolama sıcaklığının titrasyon asitliği, peroksit değeri, serbest yağ asitleri ve diasetil miktarları üzerine etkilerini tespit etmişlerdir.

Sağdıç *et al.* (2002), değişik yörelerden (Afyon, Antalya, Isparta ve Konya) sağlanan 20 adet Yayık tereyağı örneğinin laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve identifikasyonunu yapmışlardır. Aynı araştırmada, krema tereyağlarının kurumadde ve yağ miktarları, pH, titrasyon asitliği, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, peroksit değeri, refraktometre indisi, erime noktası, Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı, asit değeri gibi bazı özellikleri ve duyuusal özellikleri de saptanmıştır.

Povolo and Contarini (2003), iki farklı ekstraksiyon tekniğini birleştirip (dinamik headspace ve statik headspace), üç farklı sıcaklıkta depolanan tereyağlarının uçucu fraksiyonlarını raf ömrü boyunca (90 gün) araştırmışlardır. Ketonlar, aldehitler, alkoller, esterler, asitler, sülfürlü bileşikler, hidrokarbonlar ve terpenler olmak üzere 8 uçucu bileşik çeşidini incelemişlerdir. Dinamik ekstraksiyonla daha yüksek miktarda uçucu bileşik tespit edildiği belirtilmiştir.

Rodriguez *et al.* (2003), kültür ilavesiyle üretilen keçi tereyağlarının geliştirilmesini ve optimizasyonunu sağlamak amacıyla yaptıkları çalışmada, keçi sütünün, keçi kremasının ve kültür ilaveli keçi tereyağının asitlik, pH, özgül ağırlık, yağsız kurumadde, yağ, protein, laktoz, kül, nem ve refraktometre indisi değerlerini ve kültür ilaveli keçi tereyağının duyuusal özelliklerini incelemişlerdir.

Özcan and Ayar (2003), balmumu ekstraktlarının tereyağı stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, tereyağı örneklerini 12 hafta boyunca 5°C ve 25°C’de depolamışlar, peroksit, TBA ve serbest yağ asiti değerlerini tespit etmişlerdir.

Peterson and Reineccius (2003a), taze tatlı kremadan üretilen tereyağlarında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada, 20 adet koku-aktif bileşik (hidrojen sülfid, asetaldehit, dimetil sülfid, 2,3-butandion, hekzanal, 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, 1-hekzen-3-on, butanoik asit, dimetil trisülfid, 1-okten-3-on, hekzanoik asit,  $\delta$ -hekzanolakton, nonanal, (Z)-2-nonenal, (E)-2-nonenal,  $\delta$ -oktanolakton, skatol,  $\delta$ -dekanolakton ve  $\gamma$ -dodekanolakton) tespit etmişlerdir.

Peterson and Reineccius (2003b), ısıtılmış işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada hidrojen sülfid, metanetiol, asetaldehit, 2,3-butandion, 1-hekzen-3-on, butanoik asit, 3-metilbutanoik asit, 2-heptanon, metional, dimetil trisülfid, 1-okten-3-on, hekzanoik asit, furaneol,  $\delta$ -hekzanolakton, nonanal, (E)-2-nonenal,  $\delta$ -oktanolakton, skatol ve  $\delta$ -dekanolakton bileşiklerini tespit etmişlerdir.

Şengül vd (2003), Trabzon tereyağlarının yağ asidi kompozisyonunu tespit ettikleri çalışmada, doymuş yağ asidi olarak en fazla palmitik asit olduğunu, doymamış yağ asitlerinden linoleik ve linolenik asitlerin ise iz miktarda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Bakırcı vd (2004), mezofilik liyofilize strater kültür kullanılarak üretilen tereyağlarını  $4\pm1^\circ\text{C}$ ’de 120 gün depolamışlardır. Depolamanın 1, 30, 60, 90 ve 120. günlerinde tereyağı örneklerinde titrasyon asitliği, serbest yağ asitleri miktarı ve peroksit sayısı analizleri yapılmıştır. Depolama periyodu boyunca yapılan tüm analizlerdeki artış çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Uzun süreli depolamalarda tereyağı kalitesinin korunması ve raf ömrünün uzatılması için buzdolabı koşullarının yeterli olmadığını, derin dondurucuların kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sağdıç *et al.* (2004) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, farklı tür sütlerden (keçi, inek, koyun) üretilen Yayık tereyağlarının bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve organoleptik özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonu incelenmiştir.

Atamer vd (2005), 60 gün depoladıkları Yayık tereyağları ve krema tereyağlarını bazı fiziksel ve kimyasal özellikler, serbest yağ asitleri, bazı karbonil bileşikler, etanol içerikleri ve duyuşal açıdan karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağlarında fiziksel, kimyasal ve stabilite özelliklerini araştırdıkları çalışmada iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı, refraktometre indisi ve A vitamini miktarlarını tespit etmişlerdir.

Herrero-Barbudo *et al.* (2005), İspanya’da doğal retinol,  $\alpha$  ve  $\gamma$ -tokoferol ve karotenoidleri içeren süt ürünleri ile A ve E vitaminleriyle güçlendirilmiş süt ürünlerini karşılaştırmış, %83 yağ içeren tereyağında retinol miktarını 30,06  $\mu\text{mol/kg}$ ,  $\beta$ -karoten miktarını 8,85  $\mu\text{mol/kg}$ ,  $\alpha$ -tokoferol miktarını 30,59  $\mu\text{mol/kg}$  olarak tespit etmişlerdir.  $\gamma$ -tokoferol miktarı ise tereyağı örneğinde belirlenememiştir.

Kim *et al.* (2005), kanola yağı ve kaprilik asit içeren tereyağı-bitkisel yağ karışımı ile hazırlanmış lipidlerin duyuşal değerlendirilmesini araştırmak üzere yağ asitleri, uçucu bileşikler ve duyuşal analizler yapılmış, saf tereyağı ve tereyağı-kanola yağı karışımı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Atamer vd (2006), Yayık tereyağlarında asit, peroksit, tirozin değerleri ile titrasyon asitliğine ilişkin sınır değerlerin saptandığı çalışmada 4°C ve 15°C’de 180 gün depolanan tereyağlarında titrasyon asitliğini, serum pH’sını, asit değerini, peroksit değerini ve tirozin değerini tespit etmişlerdir.

Ayar vd (2006), Yayık tereyağının raf ömrünün uzatılmasına bazı baharat, uçucu yağ ve ekstraktlarının katkısını inceledikleri çalışmada su miktarı, su aktivitesi, pH, serbest yağ

asitleri (asit değeri), peroksit sayısı, TBA sayısı, süt yağı miktarı, serum miktarı, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.

Gürsel vd (2006), üç farklı sıcaklıkta (+5°C, -18°C ve -25°C) 90 gün muhafaza ettikleri krema ve bu kremadan yapılan tereyağlarında bazı kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri araştırdıkları çalışmada, -18°C ve -25°C'deki örneklerle +5°C'de depoladıkları örnekleri birbiriyle karşılaştırmışlardır.

Öztürk and Çakmakçı (2006), farklı depolama zamanları (2, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180. günlerde) ve farklı sıcaklık şartlarında (4±2°C ve -20±2°C) depolanan tereyağlarında oksidasyon stabilitesi üzerine BHA, BHT ve α-tokoferol'ün 50 ve 100 ppm'lik iki konsantrasyonda antioksidan etkisini incelemişlerdir. Depolama süresince her iki sıcaklık derecesinde de antioksidan içeren örneklerdeki peroksit ve TBA değerleri kontrol örneğe göre daha düşük bulunmuştur.

Hulshof *et al.* (2006), Hollanda'da süt ve süt ürünlerinin retinol ve karotenoid içeriklerinin belirlendiği çalışmada, tereyağı örneklerinde ortalama olarak retinol miktarını 10,0 µg/g ve β-karoten miktarını 4,6 µg/g olarak tespit etmişlerdir.

Şenel (2006), bazı üretim parametrelerinin yoğurttan üretilen Yayık tereyağının nitelikleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmada, iki farklı yayıklama pH'sı (4 ve 4,6) ve iki farklı yağ oranının (%7 ve %14) 60 günlük depolama periyodunda tereyağlarındaki değişimlerini incelemiştir. Karşılaştırma yapabilmek amacıyla kremadan da tereyağı üretilmiştir. Depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde, pH, titrasyon asitliği, laktik asit, asit değeri, peroksit değeri, tirozin, karbonil bileşikler (asetaldehit, aseton, butanon-2, diasetil) ve serbest yağ asitleri (C4-C18:3) belirlenmiştir.

Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden (inek, koyun, keçi) üretilen Yayık tereyağlarının bazı niteliklerini araştırdıkları çalışmada 1, 30 ve 60 gün depoladıkları tereyağlarında kimyasal özellikler (yağ ve su oranı, serum pH'sı, laktik asit, asit değeri, peroksit

sayısı), serbest yağ asitleri kompozisyonu (C4-C18:3), karbonil bileşikleri (asetaldehit, aseton, butanon-2, diasetil) ve duyuşal özellikler incelenmiştir.

Lozano *et al.* (2007), tatlı kremadan üretilen tereyağlarında başlıca aroma bileşikleri üzerine soğukta depolama ve paketlenme materyalinin etkilerini araştırmak üzere 4°C ve -20°C'de 0, 6, 12 ay parşömen ve folyoyla depoladıkları tereyağ örneklerinde aroma bileşikleri analizi ve duyuşal analizler yapılmış ve 4°C'de depolanan örneklerdeki lezzet bozulmasının -20°C'de depolanan örneklerinkinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Ozkan *et al.* (2007)'ın tereyağında *Satureja cilicica*'nın antioksidan aktivitesini araştırdıkları bir çalışmada, tereyağını 60 gün süreyle +4 ve +20°C'de depolamışlardır. Peroksit değeri, pH, titrasyon asitliği ve laktik asit bakterisi sayılarını da incelemişlerdir. +20°C'de depolanan örneklerde diğer örneklerle göre titrasyon asitliği ve toplam laktik asit bakterisi sayısı daha yüksek bulunmuştur.

Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında peroksit değeri, TBA değeri, renk değerleri, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı ve refraktometre indisi değerlerini belirlemişlerdir.

Pandya and Ghodke (2007), peynir ve yoğurt dışında keçi ve koyun sütlerinden üretilen ürünleri inceledikleri çalışmada, farklı hayvan sütlerinden (manda, inek, koyun, keçi) üretilen tereyağlarında lakton profillerinin kalitatif olarak benzer, kantitatif olarak farklı olduğunu saptamışlardır.

Park *et al.* (2007), koyun ve keçi sütünün fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada; keçi, koyun, inek ve insan sütünün sırasıyla yağ (%3,8, %7,9, %3,6 ve %4,0), yağsız kurumadde (%8,9, %12,0, %9,0 ve %8,9), laktoz (%4,1, %4,9, %4,7 ve %6,9), protein (%3,4, %6,2, %3,2 ve %1,2), kazein (%2,4, %4,2, %2,6 ve %0,4), albumin ve globülin (%0,6, %1,0, %0,6 ve %0,7), protein tabiatında olmayan azotlu maddeler (%0,4, %0,8, %0,2 ve %0,5), kül (%0,8, %0,9, %0,7 ve %0,3) ve 100 ml'deki kalori değerini (70, 105, 69 ve 68) belirlemişlerdir. Ayrıca keçi, koyun ve inek sütünde



sırasıyla süt yağında sabunlaşmayan madde (%0,41, belirlenmedi, %0,41), asit değerini (0,47; 0,22; 0,48), iyot sayısı (19-20; 20-35; 27,09), sabunlaşma sayısı (228,6; 230-245; 232,3), Reichert-Meissl sayısı (19-20; 25-31; 25,33) ve Polenske sayısı (1,8; 1,6-1,5; 1,4-1,3) tespit edilmiştir.

Krause *et al.* (2008), tereyağı örneklerini yığın ve çubuk şeklinde -20°C'de 0, 6, 12, 15 ve 24 ay, 5°C'de 0, 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 ay depolamışlar ve her 3 ayda bir oksidatif stabilite indeksi ve duyusal analizler (tekstür, aroma ve renk analizleri), her 6 ayda bir peroksit ve serbest yağ asidi değerlerini tespit etmişlerdir.

Ljutovac *et al.* (2008), farklı ülke ve cinslerdeki keçi sütlerinin bazı bileşim unsurlarının miktarlarını belirlemişlerdir. Araştırmada kurumadde miktarı Birleşik Krallıklar İngiliz Saanen cinsinde %11,6; Yunanistan yerel cinsinde %14,8 ve Kıbrıs Damascus cinsinde %13,2 olarak; yağ miktarı Birleşik Krallıklar İngiliz Saanen cinsinde %3,48; Nubian cinsinde %4,94; Fransa Alpine cinsinde %3,6; İtalya Sardinian cinsinde %5,1; Yunanistan yerel cinsinde %5,63 ve Kıbrıs Damascus cinsinde %4,33 olarak tespit edilmiştir. Koyun sütünün de ortalama kurumaddesi %18,1 ve yağ miktarı %6,82 olarak belirlenmiştir.

Macciola *et al.* (2008), çiğ inek, koyun ve keçi sütü ile UHT süt, yoğurt ve tereyağlarında diasetil miktarını alev iyonizasyon detektör başlıklı gaz kromatografisi kullanarak tespit etmişlerdir. Diasetil miktarı çiğ sütlerde ortalama 91±37 µg/g, UHT sütlerde 68±50 µg/g, tereyağında 21±8 µg/g ve yoğurtta 43±17 µg/g olarak bulunmuştur.

Mallia *et al.* (2008a), tereyağındaki aroma-aktif bileşikleri inceledikleri çalışmada, tatlı kremadan üretilen tereyağları ve ekşi kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma bileşiklerini tespit etmişlerdir. Tatlı kremadan üretilen tereyağlarında anahtar koku bileşiklerinin laktonlar ve sülfür bileşikleri, ekşi kremadan üretilen tereyağlarında ise diasetil, butanoik asit ve δ-dekalakton olduğu belirtilmiştir.

Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde enstrümental ve duyuşal özellikleri kullanarak depolama stabilitesini belirlemiş, 6°C’de 8 hafta depoladıkları tereyağı örneklerinde kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik analizleri geleneksel tereyağları ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Koku-aktif bileşikleri ise GC-MS ile belirlemişlerdir.

Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, tereyağına iki farklı oranda (% ağırlık olarak 0,1 ve 0,2) uçucu yağ ilave etmişlerdir. *Thymus haussknechtii* uçucu yağı, *Origanum acutidens* uçucu yağından daha güçlü bir antioksidan etki göstermiştir.

Samet-Balı *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağlarının, yağ asidi kompozisyonunu fizikokimyasal ve mikrobiyal karakteristiklerini, termal stabilitelerini ve depolama stabilitelerini incelemişlerdir. +4°C ve +10°C’de depolanan tereyağlarında depolama süresince pH’nın düştüğü ve titrasyon asitliğinin arttığı belirtilmiştir. Tereyağı örneklerinde en önemli yağ asitleri miristik, palmitik, stearik ve oleik asit olarak tespit edilmiştir. Depolama sırasında (+4 ve +10°C’de) laktik asit bakterilerinin sayısının nispeten değişiklik gösterdiği, maya ve küf sayılarının her iki sıcaklık derecesinde de arttığı belirtilmiştir. Renk analizleri (*L*, *a*, *b* değerleri) yapılmış, *L* ve *b* değerlerinin depolama süresinin büyük bir bölümünde değişikliğe uğramadığı saptanmıştır. Bu sonucun oksidasyonun etkisiyle açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Ayar *et al.* (2010), farklı bitki özleri ilave ederek (%0,2 ve %0,5 oranında) ürettikleri Yoğurt tereyağlarını 5°C ve 25°C’de depolamış ve oksidasyon stabilitelerini %0,01 BHA ilave edilmiş tereyağı örnekleriyle karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir.

Şenel vd (2010), yoğurttan üretilen Yayık tereyağlarının bazı nitelikleri üzerine yayıklama pH’sı ve hammadde yoğurdun yağ oranının etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kremadan üretilen tereyağlarının miktarını %87,08 kurumadde, %84,00 yağ ve titrasyon asitliğini %2,65 olarak tespit etmişlerdir.

Hilali *et al.* (2011), koyun ve keçi sütlerinin karakteristik özelliklerini inceledikleri çalışmada, koyun sütünün titrasyon asitliğini ve pH'sını sırasıyla %0,19 ve 6,62 olarak, keçi sütünün ise %0,17 ve 6,64 olarak bulmuşlardır.

Panseri *et al.* (2011), farklı mevsimlerde ürettikleri ve 4°C'de depoladıkları tereyağı örneklerinin hekzanal içeriğini HS-SPME–GC/MS tekniği ile belirlemiş ve en yüksek miktarı Ağustos ayında ürettikleri tereyağlarında tespit etmişlerdir.

Şenel *et al.* (2011a)'ın yaptıkları çalışmada, 30 gün boyunca 4-5°C'de depolanan inek, koyun ve keçi yoğurtlarından üretilen Yayık tereyağlarında bazı kimyasal özellikler, peroksit değeri, serbest yağ asitleri tespit edilmiş ve duyusal analizler yapılmıştır.

Şenel *et al.* (2011b)'ın süzme keçi yoğurtlarının depolama süresince özelliklerinin değişimlerini inceledikleri araştırmada; keçi sütünün, yapılan ilk yoğurdun ve süzme yoğurdun sırasıyla pH'sını 6,62, 4,39 ve 3,89; yağsız kurumaddesini %9,27, 12,27 ve 22,15 ve yağ miktarını %3,62, 3,83 ve 8,13 olarak tespit etmişlerdir. Depolanan süzme yoğurdun titrasyon asitliğini (SH) muhafazanın 1, 15, 30 ve 45. günlerinde sırasıyla 108,91, 119,06, 117,12, 116,81 olarak; asetaldehit miktarını (mg kg<sup>-1</sup>) sırasıyla 8,36, 8,54, 10,09, 8,51 olarak, aseton miktarını (mg kg<sup>-1</sup>) 3,01, 10,11, 10,41, 11,51 olarak; butanon-2 miktarını (mg kg<sup>-1</sup>) 1,62, 2,69, 2,75, 3,28 olarak ve diasetil miktarını iz miktarda belirlemişlerdir.

Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada, gün ışığında ve karanlık ortamda 4°C ve 20°C'de olmak üzere toplam 4 çeşit tereyağı üretilip 60 gün depolanmışlardır. Depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde pH, titrasyon asitliği, serbest yağ asidi, peroksit ve TBA değerleri tespit edilmiştir.

Gündoğdu (2012), yoğurt ve kremadan üretilen tereyağlarının aroma profili ve bazı kalite özellikleri üzerine kültür kullanımının ve muhafaza süresinin etkilerini araştırmış, depolama süresince mikrobiyolojik, kimyasal ve duyusal özellikler ile aroma bileşikleri arasındaki farklılıkları belirlemiştir.

Karatepe ve Patır (2012), eugenol ve thymol'ün pastörize tereyağının kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada 180 gün, +4°C ve -20°C'de depoladıkları tereyağı örneklerinde pH, serbest yağ asitleri (asit değeri), peroksit sayısı, TBA değeri ve diasetil miktarı tespit edilmiştir.

Demirkaya (2013), tereyağında TBA testi ile lipid oksidasyonunun değerlendirildiği çalışmada, Bilecik ilinde tüketime sunulan 50 adet tereyağı örneğinde TBA değerini (ortalama olarak 0,145 µgMA/g) belirlemiştir.

Queiroga *et al.* (2013), keçi, inek ve keçi-inek karışımı sütlerden yapılan Coalho peynirlerinin besinsel, tekstürel ve duyusal özelliklerini inceledikleri çalışmada, fizikokimyasal özellikler, yağ asitleri kompozisyonu, enstrümantal tekstür parametreleri, renk değerleri ve duyusal özellikler belirlenmiştir.

Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağının etkisini araştırdıkları çalışmada, tereyağına üç farklı oranda (% ağırlık olarak 0,05; 0,1 ve 0,2) çörekotu uçucu yağı ilave etmişlerdir. Uçucu yağ içeren tüm örneklerde TBA ve peroksit değerleri konsantrasyona bağlı olarak azalmıştır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Tereyağı örneklerinin üretiminde kullanılan sütler, starter kültür ve ambalaj malzemeleri

Tereyağlarının üretiminde kullanılan kremalar, Erzurum ilinin Çat ilçesine bağlı yaylalardan aynı bitki örtüsü ile beslenen inek, koyun ve keçi sütlerinden tarafımızca elde edilmiştir.

Tereyağı üretiminde *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* ve *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* içeren mezofilik aromatik starter kültür kullanılmıştır. Kullanılan starter kültür, DVS(50) CH Normal 22(LD) koduyla Peyma-Hansen'in Peynir Mayası San. ve Tic. A.Ş (İstanbul)' den sağlanmıştır.

Üretilen tereyağlarından her bir depolama periyodu (1, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. günler) için ayrı olacak şekilde 250 g'lık 2'şer tereyağı örneği önce streç filmle sarılmış sonra alüminyum folyo ile sarılarak ambalajlanmış ve  $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmıştır.

##### 3.1.2. Tereyağı üretiminde kullanılan kremaların özellikleri

Tereyağı üretiminde kullanılan kremaların bazı özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

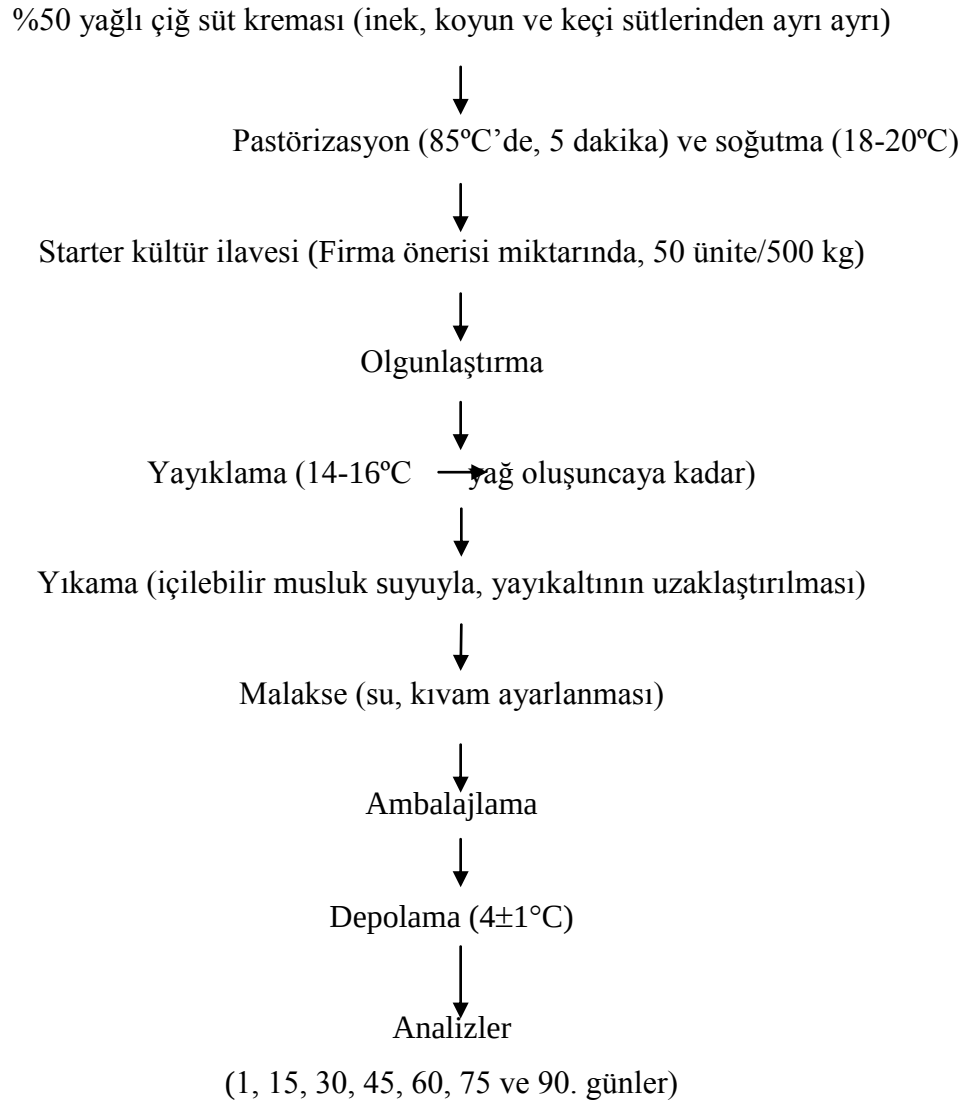
**Çizelge 3.1.** Tereyağı üretiminde kullanılan kremlerin özellikleri

| <b>Özellikler</b>        | <b>Krema</b> |              |             |
|--------------------------|--------------|--------------|-------------|
|                          | <b>İnek</b>  | <b>Koyun</b> | <b>Keçi</b> |
| Kurumadde (%)            | 53,69        | 54,46        | 52,65       |
| Yağ (%)                  | 50           | 50           | 50          |
| pH                       | 4,68         | 4,43         | 4,59        |
| Asitlik (laktik asit, %) | 0,232        | 0,254        | 0,243       |

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Deneme tereyağlarının üretimi

Deneme tereyağlarının üretim akış şeması Şekil 3.1’de toplu olarak gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Deneme tereyağı örneklerinin üretimi

### 3.2.2. Tereyağı örneklerinde kimyasal analizler

Kurumadde ve yağ miktarı Kurt vd (2007), pH, titrasyon asitliği ve asit değeri Atamer (1993)'in belirttiği yöntemlerle tespit edilmiştir.

### 3.2.3. Tereyağı örneklerinde yağ sabitleri analizleri

#### 3.2.3.a. Reichert-Meissl (R-M) sayısı

Tortusundan ve suyundan ayrılmış tereyağı örneğinden 300 ml'lik damıtma balonuna 5 g tartılmış, üzerine 20 g (16 ml) derişik gliserin ve 2 ml %44'lük NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. Balon hafif alev üzerinde gezdirilip çalkalanarak yağ sabunlaştırılmış, köpüklenme sona erdiğinde ve sıvı tümüyle berraklaşıp limon sarısı bir renk aldığında ısıtma işlemine son verilmiştir. Sonra balon bir asbest üzerine konulup ağzı bir saat camı ile kapatılmış ve 80°C'ye kadar soğuması için beklenerek, belirtilen sıcaklığa ulaşıldığında en az 15 dk kaynatılmış, hemen hemen aynı sıcaklıkta olan saf sudan 90 ml ilave edilerek karıştırılmıştır. Berrak sabun çözeltisine kaynamanın düzenli olması için 0,6-0,7 g sünger taşı ve ayrıca 50 ml 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinden ilave edildikten sonra damıtma düzenine takılmış, düzenin çıkışına 100 ve 110 ml'lik hacimleri işaretlenmiş toplama balonu yerleştirilmiştir. Damıtma sona erdiğinde yani 110 ml destilat toplandığında ağzı bir mantarla kapatılmış 110 ml işaretli yerine kadar 20 °C'deki suya daldırılarak burada 10-15 dk tutulmuştur. Balonda toplanan destilatta su buharıyla uçan, suda çözünen ve çözünmeyen yağ asitlerini ayırmak için destilat, Whatman 4 filtre kağıdından 100 ml işaretli bir balona süzölmüştür. Daha sonra berrak süzöntüden bir erlenmayere 100 ml alınmış ve üzerine %1'lik fenolftalein indikatöründen 0,5 ml katıldıktan sonra 0,1 N NaOH çözeltisi ile 30 saniye sabit kalabilen açık pembe renge kadar titre edilmiştir (Atamer 1993; Metin ve Öztürk 2002). Tanık deney de yapıldıktan sonra aşağıdaki formöl kullanılarak Reichert-Meissl sayısı hesaplanmıştır.

$$\text{R-M sayısı} = 11 \times N \times (V_1 - V_0)$$

N: Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin kesin normalitesi

11: 100 ml destilat için belli normalitedeki NaOH miktarının 110 ml destilat ve tam 0,1

N NaOH'a karşılık gelen miktarı bulmakta kullanılan faktör

V<sub>1</sub>: Tereyağı örneğinin titrasyonunda harcanan NaOH miktarı, ml

V<sub>0</sub>: Tanık deney için harcanan NaOH miktarı, ml



### 3.2.3.b. Polenske sayısı

Reichert-Meissl sayısı bulunduğundan sonra 15'er ml saf su harcanmak üzere üç defa soğutucu düzen, balon ve filtre kâğıdı yıkanmış ve su atılmıştır. Daha sonra önceden nötrale edilmiş %90'lık alkolden 45 ml alınıp soğutucu düzen, balon ve filtre kâğıdı su ile olduğu gibi yıkanmıştır. Bütün alkol erlenmayerde biriktirilerek üzerine %1'lik fenolftalein indikatöründen damlatılmış N/10 NaOH çözeltisi ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyonda kullanılan N/10 NaOH'ın ml cinsinden miktarı Polenske sayısı olarak kaydedilmiştir (Kurt vd 2007).

### 3.2.3.c. Refraktometre indisi

Öncelikle standart kırılma indisli bir sıvı (saf su) ile refraktometre standardize edilmiştir. Daha sonra, prizmaya erimiş ve süzölmüş tereyağı örneğinden damlatılıp kapatılmış ve prizmanın çevresindeki kanaldan 40,5°C su geçirilmiştir. Termometre tam 40°C'yi gösterince refraktometreye bakılarak, refraktometrenin içinde görülen ikiye bölünmüş dairenin çapı refraktometre görüş alanındaki birbirine dik çizgilerin kesiştikleri noktaya getirildiğinde refraktometre indisi okunmuştur (Atamer 1993).

### 3.2.3.ç. Sabunlaşma sayısı

Şilifli erlenmayerlere kenarlarına bulaştırmadan 1,5-2,0 g kadar tereyağı örneği tartılarak, üzerine 25 ml alkollü KOH çözeltisi ilave edilmiş ve karışım geri soğutucuda yaklaşık 30-45 dk kaynatılarak yağın sabunlaşması sağlanmıştır. Belirtilen sürenin sonunda erlenmayer soğutulup, 4-5 damla %1'lik fenolftalein eklenerek alkalinin fazlası 0,5 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir (Atamer 1993; Nas vd 2001). Tanık deney de yapıldıktan sonra aşağıdaki formül kullanılarak sabunlaşma sayısı hesaplanmıştır.

$$\text{Sabunlaşma sayısı} = \frac{(V_0 - V_1) \times N \times 0,0561}{m}$$

m

$V_0$ : Tanık denemede harcanan HCl miktarı, ml

$V_1$ : Yağ örneği için harcanan HCl miktarı, ml

m: Tartılan yağ miktarı, g

### 3.2.3.d. İyot sayısı

Tereyağı örneğinden erlenmayer içerisine 0,001 g duyarlılıkla 0,2-0,5 g kadar tartılmıştır. Yağın çözünmesi için erlenmayer içerisine 15 ml karbontetraklorür konulup iyice çalkalanmış, 25 ml Wijs çözeltisi ilave edilip erlenmayerlerin kapağı kapatılarak yavaşça çalkalanmıştır. Uygun süre karanlıkta bekletildikten sonra 20 ml potasyum iyodür çözeltisi ve 150 ml saf su konulmuştur. 1 ml nişasta çözeltisi ilave edildikten sonra 0,1 N sodyumtiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. (Nas vd 2001; Kurt vd 2007). Tanık deney de yapıldıktan sonra aşağıdaki formül kullanılarak iyot sayısı hesaplanmıştır.

$$\text{İyot sayısı} = \frac{(V_2 - V_1) \times 1.269}{m}$$

$V_2$ : Şahit için harcanan 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

$V_1$ : Örnek için harcanan 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

m: Örnek ağırlığı, g

### 3.2.4. Tereyağı örneklerinde oksidasyon testleri

#### 3.2.4.a. Peroksit değeri

5 g tereyağı örneği, çözünmesi için 10 ml kloroform eklenip erlenlerin ağzı sıkıca kapatıldıktan sonra hızlı bir şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra 15 ml glacial asetik asit, 1 ml doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisi katılıp erlenin kapağı kapatılmış ve 1 dakika karıştırılmıştır. 5-10 dakika sıcaklığı 15-25°C olan karanlık bir ortamda

bekletilmiştir. Ardından kaynatılmış ve soğutulmuş saf sudan 75 ml eklenip kuvvetlice karıştırıldıktan sonra birkaç damla nişasta çözeltisi damlatılarak 0,002 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ile renk açılıncaya kadar titre edilmiştir. Tanık deney de yapıldıktan sonra tereyağı örneğinin peroksit sayısı aşağıda verilen formülden yararlanılarak hesaplanmıştır (Atamer 1993).

$$\text{Peroksit değeri} = ((V_1 - V_2) \times N) / m$$

$V_1$ : Örnek için harcanan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  miktarı, ml

$V_2$ : Tanık deney için harcanan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  miktarı, ml

N:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  'ün normalitesi

m: Örnek miktarı, g

### 3.2.4.b. Tiyoarbütirik asit değeri (TBA değeri)

Bir behere 10 g tereyağı örneği tartılarak 50 ml ılık saf su ilave edilip 2 dakika karıştırılmıştır. Bu sürenin sonunda 500 ml'lik Kjeldahl balonuna aktarılarak balona 47,5 ml daha saf su ilave edildikten sonra ortam pH'sını 1,5'e ayarlamak için 4 N HCl asit çözeltisinden 2,5 ml, kaynama sırasında köpük oluşumunu önlemek amacıyla parafin, kaynamayı kolaylaştırmak için de sünger taşı eklenerek destilasyon düzenine takılmıştır. 10 dakika içinde 50 ml destilat toplanacak şekilde destile edilmiştir. Toplanan destilattan şilifli tüplere 5 ml alınmış ve üzerine 5 ml TBA çözeltisi eklenmiştir. Tüpler kapatıldıktan sonra iyice karıştırılıp kaynayan su banyosunda 35 dakika bekletilmiştir. 10 dakika soğuk su içinde tutularak soğutulmuş ve spektrofotometre tüplerine aktarılarak 538 nm'de okuma yapılmıştır (UV-VIS spektrofotometre Shimadzu, UV-1208). Okunan absorbans (optik dansite) değerinden yararlanılarak aşağıda belirtilen formülle tereyağı örneğinin TBA değeri tespit edilmiştir (Allen and Hamilton 1994).

$$\text{TBA değeri (mg malonaldehit/kg yağ)} = 7,8 \times D$$

D = 538 nm'de okunan absorbans değeri

### 3.2.5. Tereyağı örneklerinde renk analizleri

Tereyağı örneklerinin muhafaza süresince renk değerleri ( $L$ ,  $a$ ,  $b$  değerleri) Minolta kolorimetre (Chroma Meter, CR-200, Osaka, Japan) ile Anonymous (1979)'da belirtildiği şekilde ölçülmüştür. Örneklerde ölçümler, üç farklı noktadan okunan renk değerlerinin ortalaması alınarak yapılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce cihaz beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş ve bütün ölçümler beyaz bir zemin üzerinde krom kurutma kapları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.6. Tereyağı örneklerinde A vitamini ve $\beta$ -karoten tayini

Tüpe 1 g çözünmüş ve homojenize edilmiş tereyağı örneği, 0,25 ml amonyak çözeltisi (%25'lik) ve 1 ml etanol (%96'lık) ilave edilip karıştırılmıştır. İçerisine 2 ml dietil eter (%0,0025 BHT içeren) ve 2 ml petrol eteri ilave edilerek, çalkalamalı su banyosunda 5 dakika çalkalanarak (250 devir/dakika) yağ ekstrakte edilmiştir.  $3000 \times g$ 'de 2 dakika santrifüj edildikten sonra üst faz toplanmış ve azot gazı altında bir ısıtıcıda  $35^{\circ}\text{C}$ 'de evapore edilmiştir. Kuru kalıntı 1,5 ml pyrogallol (0,2%, w/v) içeren potasyum hidroksit (96%, v/v etanol'de 5%w/v) ilave edilerek sabunlaştırılmıştır. Tüpler azotla inertleştirilip kapakları sıkıca kapatılarak, karanlıkta tutulup ve 200 dev/dk çalkalama yapan bir su banyosunda içerik 3 saat çalkalanmıştır. 1,5 ml su eklendikten sonra karışım iki kez 3 ml hekzanla ekstrakte edilmiştir. Hekzan tabakası kombine edilip yukarıda açıklandığı gibi bir ısıtıcıyla uçurulmuştur. Kalıntı 250 ml metanol-THF (3:1 v/v)'de çözündürülmüş ve 25  $\mu\text{l}$  alınarak HPLC sistemine (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) enjekte edilmiştir (Hulshof *et al.* 2006).

### 3.2.7. Tereyağı örneklerinde uçucu bileşik analizleri

Dondurulmuş ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) tereyağı örnekleri cam tüplere (15 ml silikon septalı vial) 3,0 g alınarak SPME analizine hazırlanmıştır. Ekstraksiyon için, örnekler ilk önce  $40^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dk bekletilmiştir. Ekstraksiyon işlemi, 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS fiber (Supelco, Bellefonte, PA, USA) kullanılarak vial enjeksiyonu ile gerçekleştirilmiştir ve  $40^{\circ}\text{C}$ 'de

30 dakika tepe boşluğuna (headspace) tutulmuştur. Her bir işlemde fiber 3 pozisyonunda tutulmuştur. Ekstrakte edilecek uçucu bileşiklerin desorbsiyonu GC-MS sisteminde yapılmıştır. Desorbsiyon sırasında fiber 3 pozisyonunda tutulmuş, enjektör 250°C’de 2 dk tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılmış ve akış hızı 1 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Bileşikler DB-Wax (60 m; 0,25 mm; 0,25 µm, J&W Scientific, Folsom, CA, USA) kolondan ayrıştırılmıştır. Fırın sıcaklığı 40°C’de 2 dakika tutulmuş (desorpsiyon periyodu) ve dakikada 5°C olmak üzere sıcaklık 240°C’ye yükseltilerek bu sıcaklıkta 5 dk tutulmuştur. Analiz süresi toplam olarak 47 dk olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrometresi 33-450 amu arası set edilmiş (eşik değeri 1000) ve sampling hızı dakikada 1.11 scan olarak ayarlanmıştır. Tereyağı örneklerindeki uçucu aroma bileşiklerinin belirlenmesinde Shimadzu GC-2010 gaz kromatografisi sistemi ve buna bağlı Shimadzu QP-2010 kütle spektrometresi sistemi (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) kullanılmıştır. Aroma maddelerinin belirlenmesinde, tereyağı örneklerinin analiz edildiği çalışma koşullarda sisteme alkan serisi verilerek RI değerleri saptanmıştır. Daha sonra tereyağı örneklerindeki her bir uçucu bileşiğin RI değerleri aynı koşullardaki literatür verileriyle (<http://webbook.nist.gov/chemistry>) karşılaştırılmıştır. Örneklerde saptanan uçucu bileşikler; Wiley 7 ve NIST/EPA/NIH 02 kütüphaneleri ve RI değerleri ile doğrulanarak verilmiştir. Ayrıca 33 farklı standart madde (Sigma-Aldrich, USA) aynı koşullarda sisteme enjekte edilerek konfirmasyon sağlanmıştır. Tereyağı örneklerindeki uçucu bileşiklerin her birinin miktarı, sisteme örnekle birlikte verilen internal standardın [2-methyl 3-heptanone (Sigma-Aldrich, USA)] pik alanına göre (relative abundance) hesaplanarak µg/100g olarak verilmiştir (Hayaloglu *et al.* 2012).

### 3.2.8. Tereyağı örneklerinde duyuusal analizler

Tereyağı örneklerinin duyuusal değerlendirmesinde, TS 1331 Tereyağı Standardı’ndaki kriterler ile Bernotene *et al.* (1980), Anonymous (1981), Bodyfelt *et al.* (1988) ile Allen and Hamilton (1994) tarafından verilen kriterler dikkate alınarak tarafımızca hazırlanan skala kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2.** Deneme tereyağlarının duyuşal değerdendirmesinde kullanılan skala örneği (9: En yüksek olumlu puan, 1: En düşük olumsuz puan)

| Panelist ismi             | Değerler       |            |               |            |                  | Örnekler |  |  |  |
|---------------------------|----------------|------------|---------------|------------|------------------|----------|--|--|--|
|                           |                |            |               |            |                  |          |  |  |  |
| Renk                      | 9-8            | 7-6        | 5-4           | 3-2        | 1                |          |  |  |  |
| Tekstür                   | 9-8            | 7-6        | 5-4           | 3-2        | 1                |          |  |  |  |
| Koku                      | 9-8            | 7-6        | 5-4           | 3-2        | 1                |          |  |  |  |
| Lezzet                    | 9-8            | 7-6        | 5-4           | 3-2        | 1                |          |  |  |  |
| Acı tat                   | Hiç yok<br>9-8 | Yok<br>7-6 | Çok az<br>5-4 | Çok<br>3-2 | Tüketilemez<br>1 |          |  |  |  |
| Genel kabul edilebilirlik | 9-8            | 7-6        | 5-4           | 3-2        | 1                |          |  |  |  |

Not: Belirtmek istenilen bir husus varsa belirtiniz

### 3.2.9. İstatistiksel analizler

Araştırma deneme deseni; 3 (farklı hayvan sütü; inek, koyun, keçi) x 7 (depolama periyodu; 1, 15, 30, 45, 60, 75, 90. günler) x 2 (tekerrür) şeklinde olup tam şansa bağlı faktöriyel deneme desenine göre yürütölmüştür. Böylece toplam 42 örneğin paralelli olarak yapılan laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen veriler tablolar halinde verilmiştir. A vitamini ve β-karoten analizleri ile uçucu bileşik analizleri depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde yapılmıştır. İstatistiki analizler sonucunda önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Duyusal analiz sonuçları ile diğer bazı analiz sonuçları arasında korelasyon analizleri de yapılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde inek, koyun ve keçi sütlerinden üretilen ve 4°C’de muhafaza edilen tereyağı örneklerinde depolamanın 1, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. günlerinde yapılan 5 grup analiz sonuçları (kimyasal analizler, yağ sabitleri, oksidasyon testleri, renk ve duyu analizi) ile depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde yapılan 2 grup analiz sonuçları (A vitamini ve  $\beta$ -karoten ile uçucu bileşikler) bulunmaktadır.

##### 4.1. Tereyağı Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

İnek, koyun ve keçi sütünden yapılan tereyağı örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.2’de toplu olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Tereyağı örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ortalamaları

| Tereyağı çeşidi | Depolama süresi (gün) | Kurumadde (%)     | Yağ (%)           | pH               | Titirasyon asitliği (%) | Asit değeri (mg KOH/g yağ) |
|-----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|
| İnek tereyağı   | 1                     | 82,90±0,14        | 81,65±0,21        | 5,67±0,00        | 0,13±0,01               | 0,56±0,00                  |
|                 | 15                    | 82,88±0,04        | 81,65±0,21        | 5,66±0,00        | 0,17±0,02               | 0,58±0,00                  |
|                 | 30                    | 82,92±0,09        | 81,80±0,00        | 5,64±0,02        | 0,21±0,00               | 0,60±0,00                  |
|                 | 45                    | 82,90±0,15        | 81,90±0,14        | 5,53±0,01        | 0,23±0,00               | 0,82±0,00                  |
|                 | 60                    | 82,93±0,07        | 81,90±0,14        | 5,48±0,02        | 0,26±0,00               | 0,97±0,00                  |
|                 | 75                    | 82,79±0,08        | 81,50±0,00        | 5,44±0,01        | 0,28±0,00               | 1,10±0,00                  |
|                 | 90                    | 82,82±0,03        | 81,50±0,00        | 5,35±0,00        | 0,31±0,00               | 1,27±0,00                  |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>82,88±0,09</b> | <b>81,70±0,19</b> | <b>5,54±0,11</b> | <b>0,23±0,06</b>        | <b>0,84±0,26</b>           |
| Koyun tereyağı  | 1                     | 82,94±0,06        | 81,65±0,21        | 4,97±0,00        | 0,31±0,00               | 0,45±0,00                  |
|                 | 15                    | 82,88±0,02        | 81,90±0,14        | 4,94±0,00        | 0,32±0,00               | 0,47±0,00                  |
|                 | 30                    | 82,84±0,06        | 81,65±0,21        | 4,92±0,00        | 0,34±0,01               | 0,58±0,00                  |
|                 | 45                    | 82,94±0,10        | 81,80±0,00        | 4,89±0,00        | 0,36±0,00               | 0,81±0,00                  |
|                 | 60                    | 82,88±0,13        | 81,90±0,14        | 4,87±0,01        | 0,39±0,00               | 0,97±0,00                  |
|                 | 75                    | 82,96±0,01        | 81,80±0,00        | 4,85±0,01        | 0,44±0,00               | 1,18±0,00                  |
|                 | 90                    | 82,77±0,03        | 81,80±0,00        | 4,83±0,03        | 0,51±0,00               | 1,38±0,00                  |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>82,89±0,08</b> | <b>81,78±0,14</b> | <b>4,89±0,05</b> | <b>0,38±0,06</b>        | <b>0,83±0,34</b>           |
| Keçi tereyağı   | 1                     | 82,76±0,00        | 81,50±0,00        | 4,96±0,00        | 0,22±0,01               | 0,45±0,00                  |
|                 | 15                    | 82,88±0,07        | 81,65±0,21        | 4,91±0,00        | 0,25±0,01               | 0,47±0,00                  |
|                 | 30                    | 83,00±0,01        | 81,75±0,35        | 4,88±0,00        | 0,29±0,01               | 0,58±0,00                  |
|                 | 45                    | 82,82±0,00        | 81,65±0,21        | 4,83±0,02        | 0,33±0,00               | 0,74±0,00                  |
|                 | 60                    | 82,82±0,06        | 81,80±0,00        | 4,80±0,00        | 0,36±0,00               | 0,89±0,00                  |
|                 | 75                    | 82,84±0,04        | 81,50±0,00        | 4,77±0,00        | 0,40±0,00               | 1,02±0,00                  |
|                 | 90                    | 82,88±0,06        | 81,65±0,21        | 4,76±0,00        | 0,43±0,01               | 1,19±0,00                  |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>82,85±0,07</b> | <b>81,64±0,17</b> | <b>4,84±0,07</b> | <b>0,32±0,07</b>        | <b>0,76±0,27</b>           |

**Çizelge 4.2.** Tereyağı örneklerinde yapılan kimyasal analizler sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynakları | SD | Kurumadde | Yağ  | pH         | Titrasyon asitliği | Asit değeri |
|----------------------|----|-----------|------|------------|--------------------|-------------|
| Tereyağı çeşidi (A)  | 2  | 0,60      | 1,07 | 10443,89** | 1024,47**          | 1947,08**   |
| Depolama süresi (B)  | 6  | 0,82      | 0,87 | 201,44**   | 347,92**           | 41352,40**  |
| AxB                  | 12 | 1,74      | 0,34 | 14,89**    | 6,11**             | 347,07**    |
| Hata                 | 21 |           |      |            |                    |             |
| Genel                | 42 |           |      |            |                    |             |

\* p<0,05 düzeyinde önemli \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.1.1. Kurumadde miktarları

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen kurumadde miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir. İnek tereyağlarında en yüksek kurumadde miktarı 60. günde (%82,93), en düşük kurumadde miktarı ise 75. günde (%82,79); koyun tereyağlarında en yüksek kurumadde miktarı 75. günde (%82,96), en düşük kurumadde miktarı ise 90. günde (%82,77); keçi tereyağlarında ise en yüksek kurumadde miktarı 30. günde (%83,00), en düşük kurumadde miktarı ise 1. günde (%82,76) tespit edilmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen kurumadde miktarında tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.2). Tereyağı örneklerindeki kurumadde miktarları arasındaki farkların önemsiz oluşu yağ miktarlarının üretim esnasında aynı seviyede tutulmuş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında önem arz etmektedir.

Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında kurumadde miktarını kontrol örnekte %84,51 olarak tespit etmişler, Sağdıç *et al.* (2004) yaptıkları diğer bir çalışmada kurumadde miktarını inek tereyağında %84,35; koyun tereyağında %85,60 ve keçi tereyağında %84,80 olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular Sağdıç *et al.* (2004)’ın elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir. Şenel vd (2010) ise kremadan üretilen tereyağlarının kurumadde miktarını %87,08 olarak tespit etmişlerdir.



Gürsel vd (2006) de ürettikleri ve +5°C, -18°C ve -25°C’de depoladıkları tereyağlarında, kurumadde miktarlarını sırasıyla %85,63; %88,02 ve %89,08 olarak tespit etmişlerdir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağının kurumadde miktarını %70,60 olarak saptamışlardır. Hilali *et al.* (2011), ghee isimli koyun sütünden yapılan tereyağında kurumadde miktarını %83,1-85,3 olarak tespit etmişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan elde edilen tereyağı örneklerinin özelliklerini incelediği çalışmada, kurumadde miktarını süttten elde edilen tereyağında %83, yoğurttan elde edilen tereyağında ise %86 olarak tespit etmiştir. Rodriguez *et al.* (2003), kültürle üretilen keçi tereyağının kurumadde miktarını %86,1 olarak tespit etmişlerdir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak kurumadde miktarını %80,70 olarak tespit etmiştir. Ayar vd (2006), yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C’de depoladıkları kontrol örnekte kurumadde miktarını sırasıyla %86,15 ve %86,14 olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında kurumadde miktarını %90,85, Yayıık tereyağlarında kurumadde miktarını %87,13 olarak belirlemişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında kurumadde miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla %85,82; %85,57; %86,16; %85,87 ve %86,08 olarak tespit etmiştir. Şengül vd (1998), 15 adet Trabzon tereyağı örneğinde ortalama olarak kurumadde miktarını %87,13 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular yukarıda bahsedilen araştırma bulgularından biraz düşük bulunmuştur. Bu sonuç üzerine, kullanılan hammadde özellikleri, üretim teknolojisi vb. faktörlerdeki değişiklikler etkili olmuş denilebilir.

#### 4.1.2. Yağ miktarları

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen yağ miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek yağ miktarı 45. ve 60. günde (%81,90), en düşük yağ miktarı ise 75. ve 90. günde (%81,50); koyun tereyağlarında en yüksek yağ miktarı 15. ve 60. günde (%81,90), en düşük yağ miktarı ise 1. ve 30. günde (%81,65); keçi tereyağlarında ise en yüksek yağ miktarı 60. günde (%81,80), en düşük miktar ise 1. ve 75. günde (%81,50) tespit edilmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen yağ miktarında tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.2). Tereyağı örneklerinde yağ miktarları arasındaki farkların önemsiz oluşu, üretim yapılırken bütün tereyağı çeşitlerinde yağ miktarlarından gelebilecek farklılıkları engellemek için yağ miktarlarının aynı seviyede tutulmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmada tespit edilen yağ miktarları Türk Gıda Kodeksi'ne uygunluk göstermektedir.

Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında yağ miktarını kontrol örnekte %82,5; Sağdıç *et al.* (2004), yaptıkları diğer bir çalışmada inek tereyağında %82,15, koyun tereyağında %83,80 ve keçi tereyağında %82,90 olarak belirlemişlerdir. Rodriguez *et al.* (2003), kültürle üretilen keçi tereyağının yağ miktarını %82 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular Sağdıç *et al.* (2004) ve Rodriguez *et al.* (2003)'ün elde ettiği bulgulardan çok az düşük bulunmuştur. Şenel (2006), Yayık tereyağlarında yağ miktarını %83,75-85,75 arasında, Krema tereyağlarında ise %83,75-85,25 arasında tespit etmiştir. Şenel vd (2010), kremadan üretilen tereyağlarının yağ miktarını %84,00 olarak saptamışlardır. Gürsel vd (2006), +5°C, -18°C ve -25°C'de depoladıkları tereyağlarında yağ miktarını sırasıyla %83,25; %84,75 ve %85,13 olarak belirlemişlerdir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağının yağ miktarını %65,70 olarak tespit etmişlerdir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak yağ miktarını %77,25 olarak tespit etmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında yağ miktarını %87, Yayık tereyağlarında yağ miktarını %85,5 olarak belirlemişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında yağ miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla %82,13; %82,50; %83,19; %82,75 ve %83,00 olarak tespit etmiştir. Şengül vd (1998), Trabzon ilinden alınan 15 adet Trabzon tereyağı örneğinde ortalama olarak yağ miktarını %82,63 olarak tespit etmişlerdir.

#### 4.1.3. pH değerleri

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen pH değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek pH değeri ilk günde (5,67), en düşük pH ise 90. günde (5,35), koyun tereyağlarında en yüksek pH 1. günde (4,97), en düşük pH ise 90. günde (4,83), keçi tereyağlarında ise en yüksek pH 1. günde (4,96), en düşük pH ise 90. günde (4,76) tespit edilmiştir.

Sağdıç *et al.* (2004), yaptıkları çalışmada pH’yı inek tereyağında 4,66; koyun tereyağında 4,83 ve keçi tereyağında 4,64 olarak tespit etmişlerdir. Şenel *et al.* (2011a), inek, koyun ve keçi sütlerinden ürettikleri ve 30 gün boyunca depoladıkları Yayık tereyağlarında depolamanın 1 ve 30. günlerinde pH’yı inek tereyağında sırasıyla 4,10 ve 4,00; koyun tereyağında 3,99 ve 4,00; keçi tereyağında 4,04 ve 4,02 olarak saptamışlardır. Bu araştırmada elde edilen bulgular Sağdıç *et al.* (2004) ve Şenel *et al.* (2011a)’ın elde ettiği bulgulardan çok az düşük bulunmuştur. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında pH’yı depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 5,65; 5,55; 5,18; 5,32 ve 5,33 olarak tespit etmiştir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde pH’yı sırasıyla 5,25; 5,11; 4,95; 4,88; 4,81 olarak belirlemiştir. Sağdıç *et al.* (2002), Konya, Isparta, Antalya, Afyon yörelerindeki yoğurttan yapılan Yayık tereyağlarında pH sırasıyla 4,58; 5,11; 4,66; 4,65 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada kremadan üretilen tereyağlarında pH kontrol örnekte 6,87 olarak belirlemiştir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağının pH’sını 4,70 olarak tespit etmişlerdir. Ozkan *et al.* (2007), *Satureja cilicia* uçucucu yağlarını üç farklı oranda (%0,5, %1,0 ve %2,0) ilave ederek ürettikleri tereyağlarını 4°C’de 60 gün depolamışlardır. Uçucu yağ ilave edilmeyen örnekte pH depolamanın 20, 40 ve 60. günlerinde sırasıyla 4,99; 4,62 ve 4,91 olarak belirlenmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında pH’yı depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 5,16; 4,42; 4,38; 4,68 ve 4,37 olarak belirlemiştir. Atamer vd (2006), 4°C ve 15°C’de 180 gün depolanan Yayık tereyağlarıyla yaptıkları çalışmada serum pH’sını 4°C’de 3,98-3,75, 15°C’de ise 3,97-

3,67 olarak tespit etmişlerdir. Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden üretilen yayık tereyağı örneklerinde depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde pH değerlerini sırasıyla inek tereyağında 4,10; 4,00 ve 4,00; koyun tereyağında 3,99; 4,00 ve 4,02; keçi tereyağında 4,04; 4,02 ve 4,00 olarak tespit etmişlerdir. Karatepe ve Patır (2012), yaptıkları çalışmada taze kontrol örnekte pH'yı 6,44 olarak saptamışlardır. Ayar vd (2006), 5°C ve 25°C'de depoladıkları kontrol örnekte pH'yı sırasıyla 5,865 ve 5,866 olarak belirlemişlerdir. Ayar *et al.* (2010), farklı bitki özleri ile ürettikleri Yoğurt tereyağlarını 5°C ve 25°C'de depolamışlar ve bitki özü katılmamış örneklerde pH değerlerini sırasıyla 5,865 ve 5,866 olarak belirlemişlerdir. Bu değerlerin farklı oluşlarının nedenleri olarak hammadde farklılıkları, üretim yöntemleri söylenebilir.

pH üzerine etki eden faktörlerden biri de dissosiyeye olabilen grupların varlığıdır. Fermente ürünlerde olgunlaşmanın ardından meydana gelen asitlerin dissosiyeye olma derecelerine göre pH üzerine etkileri vardır (Şenel 2006). Dissosiyeye olan kısım hakkında en doğru sonuç pH ölçümü ile belirlenir. Bu şekilde ortamdaki serbest hidrojen iyonlarının miktarı ve aktivitesi hakkında bilgi elde edinilebilir (Metin 2008). Bunun yanı sıra asitlerin suda çözünebilme oranları da ortam pH'sını etkilemektedir (Şenel 2006). Yapılan pH analizi sonucunda en yüksek pH inek tereyağında tespit edilmiştir. Bunu koyun ve keçi tereyağı takip etmiştir.

Yapılan varyans analiz sonucuna göre tereyağı örneklerinde belirlenen pH değerleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Tereyağı çeşidine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, en yüksek pH değeri inek tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağları takip etmiştir.

**Çizelge 4.3.** Tereyağı çeşidine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | pH                     |
|-----------------|----|------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 5,54±0,11 <sup>c</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 4,89±0,05 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 4,84±0,07 <sup>a</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

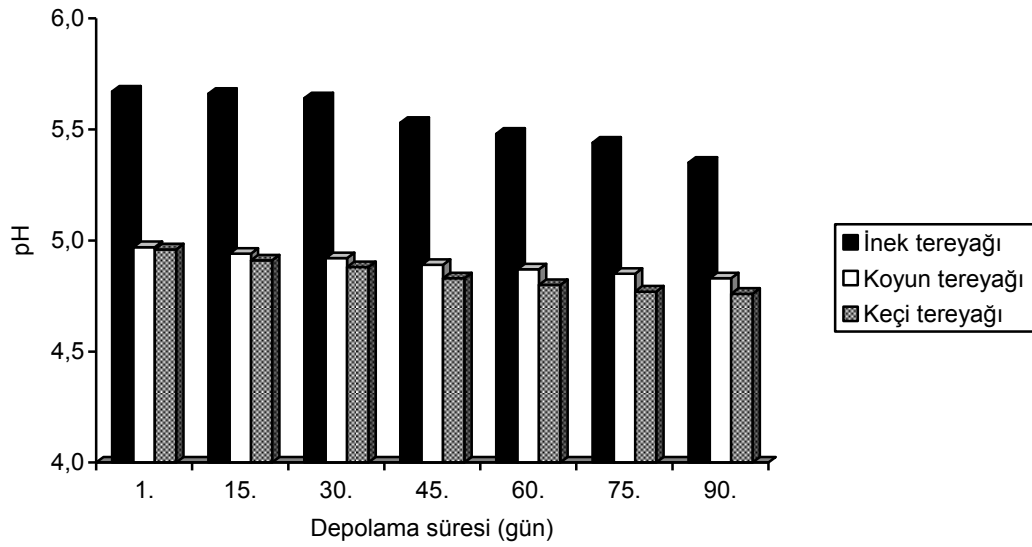
Depolama süresi değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Depolama süresi ilerledikçe pH değerleri düşmüş ve pH değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.4.** Depolama süresi değişkenine ait pH değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | pH                     |
|-----------------------|---|------------------------|
| 1                     | 6 | 5,20±0,36 <sup>g</sup> |
| 15                    | 6 | 5,17±0,37 <sup>f</sup> |
| 30                    | 6 | 5,15±0,38 <sup>e</sup> |
| 45                    | 6 | 5,08±0,34 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 5,05±0,33 <sup>c</sup> |
| 75                    | 6 | 5,02±0,32 <sup>b</sup> |
| 90                    | 6 | 4,98±0,29 <sup>a</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin pH değerine etkisi Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi bütün tereyağı örneklerinde pH değerleri depolama süresince azalış göstermiştir.



**Şekil 4.1.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin pH değerine etkisi

#### 4.1.4. Titrasyon asitliği

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen titrasyon asitliği Çizelge 4.1’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek titrasyon asitliği 90. günde (%0,31), en düşük titrasyon asitliği değeri ise 1. günde (%0,13); koyun tereyağlarında en yüksek titrasyon asitliği değeri 90. günde (%0,51), en düşük titrasyon asitliği değeri ise 1. günde (%0,31); keçi tereyağlarında ise en yüksek titrasyon asitliği değeri 90. günde (%0,43), en düşük titrasyon asitliği değeri ise 1. günde (%0,22) tespit edilmiştir.

Sağdıç *et al.* (2004) ise inek tereyağında %0,24; koyun tereyağında %0,23 ve keçi tereyağında %0,25 asitlik tespit etmişlerdir. Bakırcı vd (2004), farklı kültürlerle üretilmiş tereyağı örneklerinde titrasyon asitliğini %0,12-0,13 olarak saptamışlardır. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde titrasyon asitliğini sırasıyla %0,10; %0,11; %0,11; %0,12 ve %0,12 olarak belirlemiştir. Sağdıç *et al.* (2002), Konya, Isparta, Antalya, Afyon yörelerindeki yoğurttan yapılan Yayık tereyağlarında titrasyon asitliğini sırasıyla %0,30; %0,22;

%0,23; %0,18 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada kremadan üretilen tereyağlarında titrasyon asitliğini kontrol örnekte %0,14 olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular Sağdıç *et al.* (2002; 2004) ve Bakırcı vd (2004)'nin elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir. Şenel (2006), Yayık tereyağı örneklerinde depolama süresince (4°C'de 60 gün) titrasyon asitliğindeki artışların 0.42 ile 0.80 °SH arasında değişim gösterdiğini ve belirtilen dönem sonunda titrasyon asitliğinin maksimum düzeyinin 4.65 °SH olduğunu saptamışlardır. Şenel vd (2010), kremadan üretilen tereyağlarının titrasyon asitliğini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 2,65; 2,55; 2,77; 2,79 ve 3,17 °SH olarak tespit etmişlerdir. Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, kontrol örnekte titrasyon asitliğini depolamanın 30, 60 ve 90. günlerinde sırasıyla %0,44, %0,52 ve %0,82 olarak tespit etmişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kontrol örnekte titrasyon asitliğini depolamanın 30, 60 ve 90. günlerinde sırasıyla %0,44, %0,52 ve %0,82 olarak belirlemişlerdir. Gürsel vd (2006), +5°C, -18°C ve -25°C'de depoladıkları tereyağlarında titrasyon asitliğini sırasıyla %0,03, %0,03 ve %0,02 olarak belirlemişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında titrasyon asitliğini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla %0,13; %0,19; %0,24; %0,26 ve %0,26 olarak tespit etmiştir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak titrasyon asitliğini %0,225 olarak tespit etmiştir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağının titrasyon asitliğini (°D) 22,5 olarak tespit etmişlerdir. Ozkan *et al.* (2007) ise, uçucu yağ ilave edilmeyen örnekte titrasyon asitliğini depolamanın 20, 40 ve 60. günlerinde sırasıyla %0,095, %0,098 ve %0,103 olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında titrasyon asitliğini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 1,67; 1,47; 2,06; 2,21 ve 2,36 °SH olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2006), 4°C ve 15°C'de 180 gün depolanan yayık tereyağlarında titrasyon asitliğini 4°C'de 3,41-5,41 °SH ve 15°C'de 3,65-6,40 °SH olarak tespit etmişlerdir. Şengül vd (1998), Trabzon ilinden alınan 15 adet tereyağı örneğinde ortalama titrasyon asitliğini %0,57 olarak tespit etmişlerdir.

Sütün doğal asitliği birinci derecede bileşimindeki kazein, fosfat ve sitratlardan, ikinci derecede albümin, globülin ve karbondioksitten ileri gelir. Sütün doğal asitliği bileşimindeki maddelerle ilgili olduğu için farklı bileşimdeki sütlerin asitlik dereceleri de birbirinden farklıdır. Örneğin; protein miktarı fazla olan koyun ve manda sütünün asitlik derecesi inek sütünün asitlik derecesinden daha yüksektir. Başta laktik asit bakterileri olmak üzere bazı asit üreten bakteriler laktozu laktik asite parçalayarak asitliğin artmasına neden olurlar (Metin 2008). Ayrıca pH bölümünde açıklandığı gibi suda çözünebilen asitlerin oranı da bu değeri değiştirmektedir. Yapılan titrasyon asitliği analizi sonucunda en yüksek asitlik koyun tereyağında bulunmuş ve bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen titrasyon asitliği üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.2). Tereyağı çeşidine ait titrasyon asitliği ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Buna göre, en yüksek asitlik koyun tereyağında bulunmuş ve bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiştir.

Depolama süresine ait titrasyon asitliği ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları da Çizelge 4.6'da verilmiştir. Depolama süresince titrasyon asitliği yükselmiş ve değerler arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.5.** Tereyağı çeşidine ait titrasyon asitliği ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | Titrasyon asitliği     |
|-----------------|----|------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 0,23±0,06 <sup>a</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 0,38±0,06 <sup>c</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 0,32±0,07 <sup>b</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

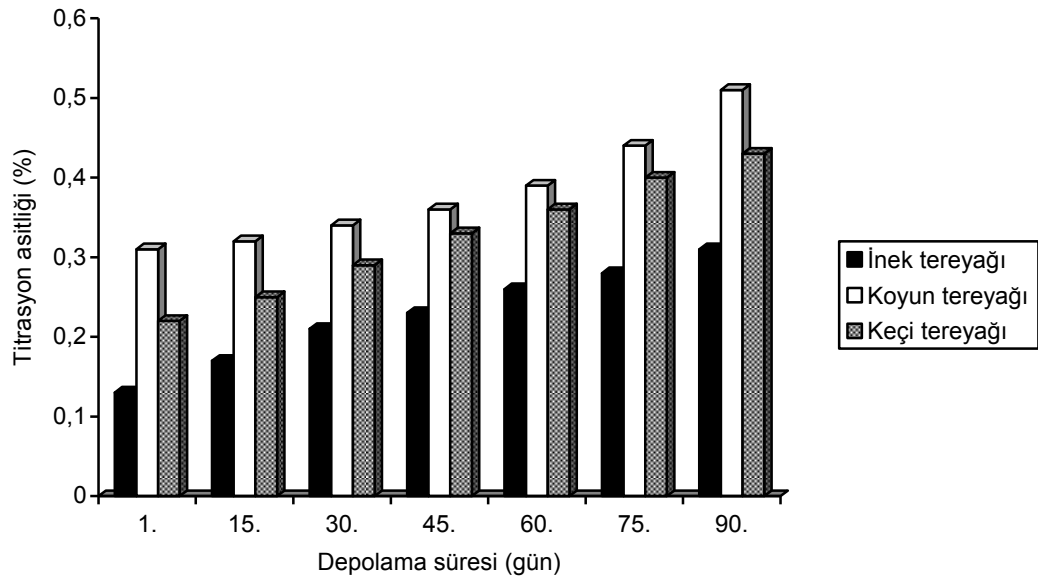


**Çizelge 4.6.** Depolama süresine ait titrasyon asitliği ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | Titrasyon asitliği     |
|-----------------------|---|------------------------|
| 1                     | 6 | 0,22±0,08 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 0,25±0,07 <sup>b</sup> |
| 30                    | 6 | 0,28±0,05 <sup>c</sup> |
| 45                    | 6 | 0,31±0,05 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 0,34±0,06 <sup>e</sup> |
| 75                    | 6 | 0,37±0,07 <sup>f</sup> |
| 90                    | 6 | 0,41±0,09 <sup>g</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresi değişkenlerinin titrasyon asitliğine etkisi Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi bütün tereyağı örneklerinde titrasyon asitliği depolama süresince artış göstermiştir.



**Şekil 4.2.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin titrasyon asitliğine etkisi

#### 4.1.5. Asit değeri

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen asit değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek asit değeri 90. günde (1,27), en düşük değer ise 1. günde (0,56); koyun tereyağlarında en yüksek asit değeri 90. günde (1,38), en düşük değer ise 1. günde (0,45); keçi tereyağlarında ise en yüksek asit değeri 90. günde (1,19), en düşük değer ise 1. günde (0,45) tespit edilmiştir.

Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında asit değerini kontrol örnekte 0,71 mg KOH/g yağ olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada asit değeri inek tereyağında 0,67; koyun tereyağında 0,72 ve keçi tereyağında 0,65 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir (Sağdıç *et al.* 2004). Bu araştırmada elde edilen bulgular Sağdıç *et al.* (2002) ve Sağdıç *et al.* (2004)’ın bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Diğer bir çalışmada 60 günlük depolama süresince asit değeri Yayık tereyağlarında 1,07 mg KOH/g yağ, krema tereyağlarında ise 1,44 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir (Şenel 2006). Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde asit değerini sırasıyla 0,72; 0,84; 1,31; 1,44; 1,58 olarak belirlemiştir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında asit değerini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 0,87; 1,36; 1,84; 2,01 ve 2,42 mg KOH/g yağ olarak tespit etmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında asit değerini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 1,00; 0,74; 1,13; 1,14 ve 1,54 mg KOH/g yağ olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden üretilen Yayık tereyağı örneklerinde asit değerini depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde sırasıyla inek tereyağında 0,63; 0,64; 0,50 mg KOH/g yağ; koyun tereyağında 0,21, 0,22, 0,16 mg KOH/g yağ; keçi tereyağında 0,31; 0,33; 0,16 mg KOH/g yağ olarak tespit etmişlerdir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak asit değerini 3,259 mg KOH/g yağ olarak tespit etmiştir. Gürsel vd (2006) de +5°C, -18°C ve -25°C’de depoladıkları tereyağlarında asit değerini sırasıyla 2,01; 1,01 ve 0,89 mg KOH/g yağ olarak belirlemişlerdir. Ayar vd (2006), yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C’de depoladıkları kontrol örnekte asit değerini

sırasıyla 1,821 ve 2,514 mg KOH/100g yağ olarak belirlemişlerdir. Ayar *et al.* (2010), farklı bitki özleri ile ürettikleri Yoğurt tereyağlarını 5°C ve 25°C’de depolamış, bitki özü katılmamış örnekte asit değerini sırasıyla 1,931 ile 3,716 mg KOH/g yağ olarak tespit etmişlerdir. Karatepe ve Patır (2012), yaptıkları çalışmada taze kontrol örnekte asit değerini 1,37 mg KOH/g yağ olarak saptamışlardır. Bakırcı vd (2004) ise farklı kültürlerle üretilmiş tereyağı örneklerinde asit değerini 2,16-2,56 mg KOH/g yağ olarak tespit etmişlerdir. Povolito and Contarini (2003), tereyağındaki aroma bileşiklerini tespit etmek amacıyla PT ve SPME tekniklerini kıyasladıkları çalışmada asit değerini 1,5 mmol/100 g olarak belirlemişlerdir. Rodriguez *et al.* (2003) da kültür ilaveli keçi tereyağının asit değerini 0,85 mg KOH/g yağ olarak tespit etmişlerdir.

Asit içeriği triaçilgliserollerin parçalanmasıyla açığa çıkan serbest yağ asitlerinin miktarıdır. Bu parçalanma olayı, yağların uygun olmayan muhafaza ve muamele şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Asit değeri; hayvan ırkı ve türü, tereyağının bileşimi, üretim yöntemi, depolama koşulları ve süresine göre değişkenlik göstermektedir (Gündoğdu 2012). Depolama süresince serbest yağ asitleri miktarı arttığı için her üç tereyağında da asit değeri artmıştır.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen asit değerinde tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.2). Tereyağı çeşidine ait asit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Bu sonuçlara göre (Çizelge 4.7), en yüksek asit değeri inek tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağları takip etmiştir.

**Çizelge 4.7.** Tereyağı çeşidine ait asit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları (mg KOH/g yağ)\*

| Tereyağı çeşidi | n  | Asit değeri            |
|-----------------|----|------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 0,84±0,26 <sup>c</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 0,83±0,34 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 0,76±0,27 <sup>a</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

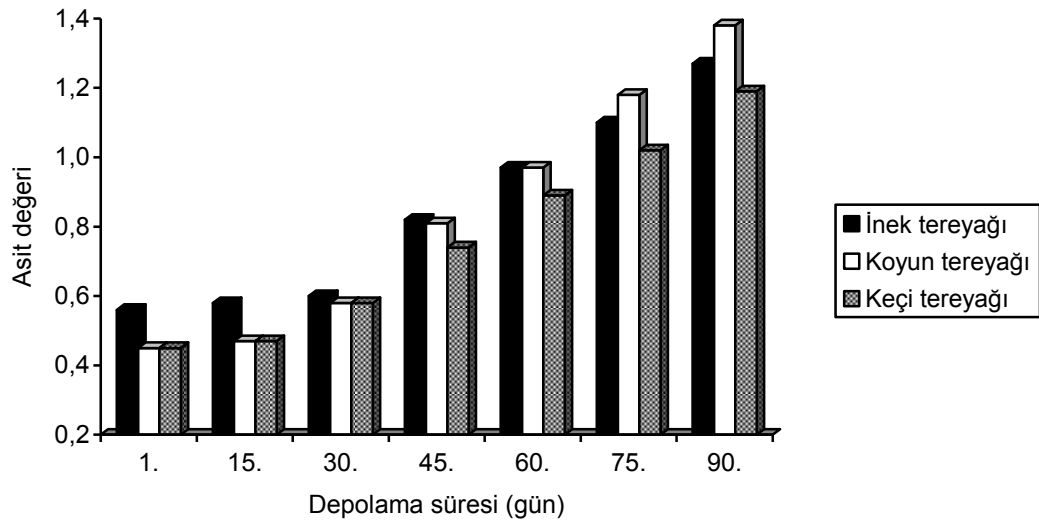
Depolama süresi değişkenine ait asit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de görülmektedir. Depolama süresince asit değerleri artmış ve değerler arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.8.** Depolama süresine ait asit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları (mg KOH/g yağ)\*

| Depolama süresi (gün) | n | Asit değeri            |
|-----------------------|---|------------------------|
| 1                     | 6 | 0,49±0,05 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 0,51±0,05 <sup>b</sup> |
| 30                    | 6 | 0,59±0,00 <sup>c</sup> |
| 45                    | 6 | 0,79±0,03 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 0,94±0,04 <sup>e</sup> |
| 75                    | 6 | 1,10±0,07 <sup>f</sup> |
| 90                    | 6 | 1,28±0,08 <sup>g</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tereyağı çeşidi ve depolama süresi değişkenlerinin asit değerlerine etkisi Şekil 4.3’te gösterilmiş olup tereyağı örneklerinin tamamında asit değerleri depolama süresince artış göstermiştir.



**Şekil 4.3.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin asit değerine etkisi

#### 4.2. Tereyağı Örneklerinin Yağ Sabitleri Analiz Sonuçları

İnek, koyun ve keçi tereyağlarına ait yağ sabitleri analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Tereyağı örneklerinin yağ sabitleri analiz sonuçları ortalamaları

| Tereyağı çeşidi | Depolama süresi (gün) | Reichert-Meissl sayısı | Polenske sayısı  | Refraktometre indisi | Sabunlaşma sayısı  | İyot sayısı       |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| İnek tereyağı   | 1                     | 25,21±0,02             | 0,80±0,00        | 1,4585±0,00          | 226,25±0,39        | 35,10±0,47        |
|                 | 15                    | 25,33±0,02             | 0,85±0,07        | 1,4586±0,00          | 226,96±0,04        | 34,55±0,05        |
|                 | 30                    | 25,55±0,04             | 0,95±0,07        | 1,4586±0,00          | 227,38±0,12        | 34,50±0,15        |
|                 | 45                    | 25,64±0,05             | 1,00±0,00        | 1,4586±0,00          | 229,23±0,09        | 33,96±0,18        |
|                 | 60                    | 25,72±0,02             | 1,05±0,07        | 1,4588±0,00          | 230,77±0,80        | 33,05±0,07        |
|                 | 75                    | 25,77±0,04             | 1,20±0,00        | 1,4588±0,00          | 232,75±0,26        | 32,25±0,22        |
|                 | 90                    | 25,83±0,04             | 1,25±0,07        | 1,4590±0,00          | 233,97±0,40        | 31,62±0,04        |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>25,57±0,22</b>      | <b>1,01±0,16</b> | <b>1,4587±0,00</b>   | <b>229,61±2,88</b> | <b>33,57±1,25</b> |
| Koyun tereyağı  | 1                     | 26,50±0,00             | 1,30±0,00        | 1,4573±0,00          | 232,25±0,03        | 36,79±0,28        |
|                 | 15                    | 26,57±0,08             | 1,40±0,00        | 1,4575±0,00          | 232,69±0,43        | 36,25±0,04        |
|                 | 30                    | 26,62±0,02             | 1,45±0,07        | 1,4577±0,00          | 234,43±0,28        | 35,79±0,21        |
|                 | 45                    | 26,68±0,00             | 1,50±0,00        | 1,4577±0,00          | 235,16±0,24        | 35,28±0,02        |
|                 | 60                    | 26,73±0,02             | 1,60±0,00        | 1,4577±0,00          | 236,57±0,07        | 34,04±0,12        |
|                 | 75                    | 26,79±0,00             | 1,70±0,00        | 1,4577±0,00          | 237,70±0,44        | 33,08±0,04        |
|                 | 90                    | 26,87±0,04             | 1,80±0,00        | 1,4580±0,00          | 238,85±0,04        | 32,31±0,07        |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>26,68±0,12</b>      | <b>1,53±0,16</b> | <b>1,4576±0,00</b>   | <b>235,38±2,38</b> | <b>34,79±1,62</b> |
| Keçi tereyağı   | 1                     | 26,08±0,02             | 1,95±0,07        | 1,4570±0,00          | 234,33±0,57        | 33,23±0,42        |
|                 | 15                    | 26,12±0,00             | 2,00±0,00        | 1,4571±0,00          | 235,66±0,37        | 32,30±0,24        |
|                 | 30                    | 26,18±0,00             | 2,05±0,07        | 1,4571±0,00          | 235,98±0,31        | 31,85±0,10        |
|                 | 45                    | 26,25±0,00             | 2,15±0,07        | 1,4571±0,00          | 236,99±0,28        | 30,93±0,16        |
|                 | 60                    | 26,29±0,01             | 2,20±0,00        | 1,4572±0,00          | 237,56±0,47        | 30,22±0,02        |
|                 | 75                    | 26,35±0,00             | 2,35±0,07        | 1,4573±0,00          | 239,43±0,54        | 29,58±0,02        |
|                 | 90                    | 26,42±0,02             | 2,40±0,00        | 1,4575±0,00          | 241,17±0,28        | 28,46±0,18        |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>26,24±0,11</b>      | <b>2,15±0,16</b> | <b>1,4571±0,00</b>   | <b>237,30±2,27</b> | <b>30,94±1,59</b> |

**Çizelge 4.10.** Tereyağı örneklerinde yapılan yağ sabitleri analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynakları | SD | Reichert-Meissl sayısı | Polenske sayısı | Refraktometre indisi | Sabunlaşma sayısı | İyot sayısı |
|----------------------|----|------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------|
| Tereyağı çeşidi (A)  | 2  | 3897,17**              | 2138,77**       | 253,26**             | 1644,88**         | 1407,24**   |
| Depolama süresi (B)  | 6  | 136,15**               | 81,77**         | 5,85**               | 294,03**          | 369,17**    |
| AxB                  | 12 | 8,11**                 | 0,27            | 0,24                 | 3,90**            | 3,78**      |
| Hata                 | 21 |                        |                 |                      |                   |             |
| Genel                | 42 |                        |                 |                      |                   |             |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

#### 4.2.1. Reichert-Meissl sayısı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen Reichert-Meissl sayıları Çizelge 4.9'da verilmiştir. İnek, koyun ve keçi tereyağlarında en düşük Reichert-Meissl sayısı taze örneklerde ve sırasıyla 25,21; 26,50 ve 26,08; en yüksek Reichert-Meissl sayıları da tüm tereyağı çeşitlerinde 90. günde ve sırasıyla 25,83; 26,87 ve 26,42 olarak tespit edilmiştir.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında Reichert-Meissl sayısını 34,1 ve Sağdıç *et al.* (2002) da kremadan üretilen tereyağlarında Reichert-Meissl sayısını kontrol örnekte 27,82 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Reichert-Meissl sayısı inek tereyağında 26,88, koyun tereyağında 27,94 ve keçi tereyağında 27,27 olarak belirlenmiştir (Sağdıç *et al.* 2004). Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak Reichert-Meissl sayısını 26,62 olarak tespit etmiştir. Şengül vd (1998), Trabzon'dan alınan 15 adet Trabzon tereyağı örneğinde ortalama olarak Reichert-Meissl sayısını 21,61 olarak tespit etmişlerdir.

Reichert-Meissl sayısı su buharı ile uçan, suda ve alkolde eriyen bütirik, kaproik, kaprilik ve az miktarda kaprik asitleri gösterir (Kurt vd 2007). Süt yağının enzimatik hidrolizine lipoliz denir. Bu reaksiyonda lipaz enzimi trigliseritleri hidrolize etmektedir. Sonuçta serbest yağ asitleri, mono ve digliseritler meydana gelmektedir. Lipoliz sonucunda meydana gelen kısa ve orta zincirli yağ asitleri ransit tada neden olmakta ve bu durum süt ve süt ürünlerinin aromasını olumsuz yönde etkilemektedir (Deeth 2006). Reichert-Meissl sayısı kısa zincirli yağ asitlerinin varlığının tespitinde kullanıldığından depolama süresince lipoliz sonucu kısa zincirli yağ asitlerinin miktarı arttığı için üç tereyağı çeşidinde de bu değer artış göstermiştir.

Varyans analiz sonucuna göre, tereyağı örneklerinde belirlenen Reichert-Meissl sayısı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tereyağı çeşidi değişkenine ait Reichert-Meissl sayısı ortalamalarının Duncan çoklu

karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. En yüksek Reichert-Meissl sayısı koyun tereyağında tespit edilmiş ve bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiştir. Tereyağı çeşitlerinin Reichert-Meissl sayıları istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.11.** Tereyağı çeşidine ait Reichert-Meissl sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | Reichert-Meissl sayısı  |
|-----------------|----|-------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 25,57±0,22 <sup>a</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 26,68±0,12 <sup>c</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 26,24±0,11 <sup>b</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

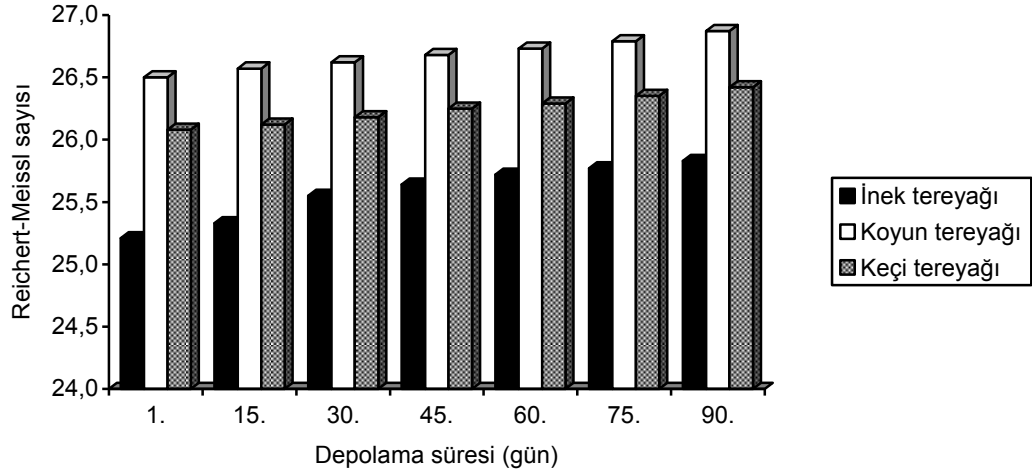
Depolama süresi değişkenine ait Reichert-Meissl sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Depolama süresince Reichert-Meissl sayıları artmış ve değerler arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.12.** Depolama süresine ait Reichert-Meissl sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | Reichert-Meissl sayısı  |
|-----------------------|---|-------------------------|
| 1                     | 6 | 25,93±0,58 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 26,00±0,56 <sup>b</sup> |
| 30                    | 6 | 26,11±0,48 <sup>c</sup> |
| 45                    | 6 | 26,19±0,46 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 26,24±0,45 <sup>e</sup> |
| 75                    | 6 | 26,30±0,45 <sup>f</sup> |
| 90                    | 6 | 26,37±0,46 <sup>g</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin Reichert-Meissl sayılarına etkisi Şekil 4.4’te gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bütün tereyağı örneklerinde Reichert-Meissl sayısı depolama süresince artış göstermiştir.



**Şekil 4.4.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin Reichert-Meissl sayısına etkisi

#### 4.2.2. Polenske sayısı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen Polenske sayıları Çizelge 4.9’da verilmiştir. İnek, koyun ve keçi tereyağlarında en düşük Polenske sayısı taze örneklerde ve sırasıyla 0,80; 1,30 ve 1,95; en yüksek Polenske sayıları da tüm tereyağı çeşitlerinde 90. günde ve sırasıyla 1,25; 1,80 ve 2,40 olarak tespit edilmiştir.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında Polenske sayısını 1,7 ve Sağdıç *et al.* (2002) da kremadan üretilen tereyağlarında Polenske sayısını kontrol örnekte 1,2 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Polenske sayısı inek tereyağında 1,20, koyun tereyağında 1,65 ve keçi tereyağında 2,30 olarak belirlenmiştir (Sağdıç *et al.* 2004). Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak Polenske sayısını 1,15 olarak tespit etmiştir. Şengül vd (1998), Trabzon ilinden alınan 15 adet tereyağı örneğinde ortalama olarak Polenske sayısını 1,36 olarak tespit etmişlerdir.



Polenske sayısı su buharı ile uçup, suda erimeyen fakat alkolde eriyen yağ asitleri; kaprilik, kaprik ve laurik asitlerin ölçüsüdür. Yağlarda Reichert-Meissl ve Polenske sayıları genellikle birlikte yükselip düşmektedir (Kurt vd 2007). Reichert-Meissl sayısında olduğu gibi Polenske sayısı da depolama süresince üç tereyağı çeşidinde artış göstermiştir. Keçi sütü yağında kaproik, kaprilik, kaprik yağ asitlerinin oranı fazladır (Metin 2008). Bu yüzden en yüksek Polenske sayısı keçi tereyağında saptanmıştır. Bunu koyun ve inek tereyağı takip etmektedir.

Varyans analiz sonucuna göre, tereyağı örneklerinde belirlenen Polenske sayısı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tereyağı çeşidi değişkenine ait Polenske sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. En yüksek Polenske sayısı keçi tereyağında tespit edilmiş ve bunu sırasıyla koyun ve inek tereyağı takip etmiştir. Tereyağı çeşitlerinin Polenske sayıları istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.13.** Tereyağı çeşidine ait Polenske sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları \*

| <b>Tereyağı çeşidi</b> | <b>n</b> | <b>Polenske sayısı</b> |
|------------------------|----------|------------------------|
| İnek tereyağı          | 14       | 1,01±0,16 <sup>a</sup> |
| Koyun tereyağı         | 14       | 1,53±0,16 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı          | 14       | 2,15±0,16 <sup>c</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresi değişkenine ait Polenske sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Depolama süresince Polenske sayıları artmış ve değerler arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.14.** Depolama süresine ait Polenske sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | Polenske sayısı        |
|-----------------------|---|------------------------|
| 1                     | 6 | 1,35±0,51 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 1,41±0,51 <sup>b</sup> |
| 30                    | 6 | 1,48±0,49 <sup>c</sup> |
| 45                    | 6 | 1,55±0,51 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 1,61±0,51 <sup>e</sup> |
| 75                    | 6 | 1,75±0,51 <sup>f</sup> |
| 90                    | 6 | 1,81±0,51 <sup>g</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

#### 4.2.3. Refraktometre indisi

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen refraktometre indisi Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi tüm tereyağı çeşitlerinde en yüksek değerler 90. günde, en düşük değerler ise 1. günde saptanmıştır. En yüksek değerler inek, koyun ve keçi tereyağlarında sırasıyla: 1,4590; 1,4580 ve 1,4575 olarak; en düşük değerler de aynı sırayla: 1,4585; 1,4573 ve 1,4570 olarak bulunmuştur.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında refraktometre indisini 1,4522 olarak, Sağdıç *et al.* (2002) ise kremadan üretilen tereyağlarında refraktometre indisini kontrol örnekte 1,4596 olarak tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada refraktometre indisi inek tereyağında 1,4585, koyun tereyağında 1,4596 ve keçi tereyağında 1,4562 olarak saptanmıştır (Sağdıç *et al.* 2004). Rodriguez *et al.* (2003), kültürle üretilen keçi tereyağının refraktometre indisini 1,4580 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Sağdıç *et al.* (2002) ve Rodriguez *et al.* (2003)’ün elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir. Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında refraktometre indisini sırasıyla 1,4598 ve 1,4595 olarak tespit etmişlerdir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak kırılma indisini 1,4603 olarak tespit etmiştir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde refraktometre indisinin sırasıyla 1,4632 ve 1,4627 olduğunu bulmuşlardır. Şengül vd (1998),

Trabzon'dan alınan 15 adet tereyağı örneğinde ortalama olarak refraktometre indisini 1,4543 olarak tespit etmişlerdir.

Refraktometre indisi analiziyle yağın ışık kırma özelliğinden faydalanılmaktadır. Bu değer doymamışlığın bir ölçüsüdür (Nas vd 2001). Depolama süresince doymamışlık azaldığı için üç tereyağı çeşidinde de refraktometre indisi azalış göstermiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde refraktometre indisi değerleri üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi değişkenleri çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili, tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tereyağı çeşidine ait refraktometre indisi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. En yüksek refraktometre indisi inek tereyağında bulunmuş ve bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağı takip etmiştir. Tüm değerler istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.15.** Tereyağı çeşidine ait refraktometre indisi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | Refraktometre indisi           |
|-----------------|----|--------------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 1,4587 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 1,4576 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 1,4571 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ( $p<0,05$ )

**Çizelge 4.16.** Depolama süresine ait refraktometre indisi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | Refraktometre indisi            |
|-----------------------|---|---------------------------------|
| 1                     | 6 | 1,4576 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>  |
| 15                    | 6 | 1,4577 $\pm$ 0,00 <sup>ab</sup> |
| 30                    | 6 | 1,4578 $\pm$ 0,00 <sup>ab</sup> |
| 45                    | 6 | 1,4578 $\pm$ 0,00 <sup>ab</sup> |
| 60                    | 6 | 1,4579 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>  |
| 75                    | 6 | 1,4579 $\pm$ 0,00 <sup>bc</sup> |
| 90                    | 6 | 1,4581 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>  |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresine ait refraktometre indisi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Depolama süresince belirlenen refraktometre indisleri 1. gün ile 15, 30 ve 45. günlerde istatistiki olarak birbirine benzer, 60. gün ile 15, 30, 45 ve 75. günlerde birbirine benzer bulunurken 1, 60 ve 90. günlerde ise istatistiki olarak birbirinden farklı olmuştur.

#### 4.2.4. Sabunlaşma sayısı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen sabunlaşma sayısı değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi üç çeşit tereyağında da en yüksek değerler 90. günde, en düşük değerler ise 1. günde saptanmıştır. En yüksek değerler inek, koyun ve keçi tereyağlarında sırasıyla: 233,97; 238,85 ve 241,17 olarak; en düşük değerler de aynı sırayla: 226,25; 232,25 ve 234,33 olarak bulunmuştur.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında sabunlaşma sayısını 229,00 olarak, Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında sabunlaşma sayısını kontrol örnekte 224,00 olarak belirlemişlerdir. Sağdıç *et al.* (2004), diğer bir çalışmada sabunlaşma sayısını inek tereyağında 221,00, koyun tereyağında 229,50 ve keçi tereyağında 222,50 olarak saptamışlardır. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak sabunlaşma sayısını 220,30 olarak tespit etmiştir. Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden elde edilen tereyağlarında sabunlaşma sayısını sırasıyla 230,00 ve 232,00 olarak tespit etmişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde sabunlaşma sayısını sırasıyla 224 ve 227 olarak saptamıştır. Şengül vd (1998), 15 adet Trabzon tereyağı örneğinde ortalama sabunlaşma sayısını 221,97 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular Şengül vd (1998), Sağdıç *et al.* (2002) ve Sağdıç *et al.* (2004)’ın elde ettiği bulgulardan yüksek, Hayaloğlu (1999), Kaya (2000) ile Özkanlı and Kaya (2007)’nin elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir.

Sabunlaşma sayısı yağda mevcut yağ asitlerinin ortalama molekül ağırlıkları hakkında fikir verir. Molekül ağırlığı arttıkça sabunlaşma sayısı düşer (Atamer 1993; Metin

2008). Depolama süresince bütün tereyağı örneklerinde sabunlaşma sayısı artmıştır. Keçi sütü yağında düşük molekül ağırlıklı (kaproik, kaprilik, kaprik) yağ asitlerinin oranı fazla olduğundan en yüksek sabunlaşma sayısı keçi tereyağında saptanmıştır. Bunu koyun ve inek tereyağı takip etmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde sabunlaşma sayısı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tereyağı çeşidine ait sabunlaşma sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi en yüksek değer keçi tereyağında, en düşük değer de inek tereyağında tespit edilmiştir. Her üç değer de istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.17.** Tereyağı çeşidine ait sabunlaşma sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | Sabunlaşma sayısı              |
|-----------------|----|--------------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 229,61 $\pm$ 2,88 <sup>a</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 235,38 $\pm$ 2,38 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 237,30 $\pm$ 2,27 <sup>c</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

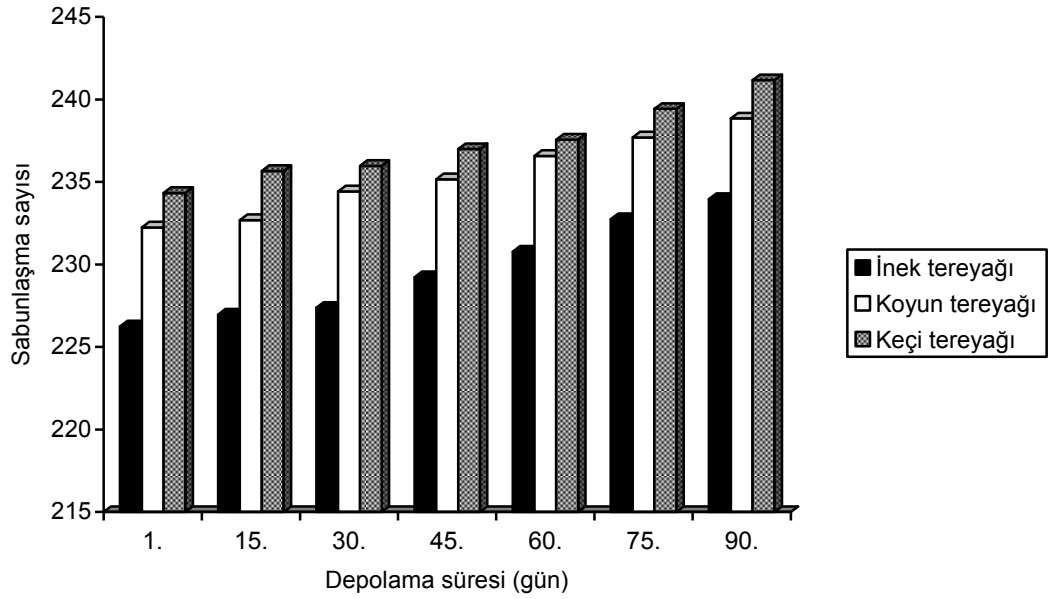
Depolama süresine ait sabunlaşma sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.18’de görülmektedir. Depolama süresince belirlenen sabunlaşma sayıları arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

**Çizelge 4.18.** Depolama süresine ait sabunlaşma sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | Sabunlaşma sayısı              |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| 1                     | 6 | 230,94 $\pm$ 3,76 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 231,77 $\pm$ 3,96 <sup>b</sup> |
| 30                    | 6 | 232,59 $\pm$ 4,10 <sup>c</sup> |
| 45                    | 6 | 233,79 $\pm$ 3,63 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 234,96 $\pm$ 3,30 <sup>e</sup> |
| 75                    | 6 | 236,63 $\pm$ 3,12 <sup>f</sup> |
| 90                    | 6 | 237,99 $\pm$ 3,29 <sup>g</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin sabunlaşma sayısına etkisi Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde sabunlaşma sayısı depolama süresince artış göstermiş, en yüksek değerler keçi tereyağında belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin sabunlaşma sayısına etkisi

#### 4.2.5. İyot sayısı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen iyot sayıları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi üç çeşit tereyağında da en yüksek değerler 1. günde, en düşük değerler ise 90. günde saptanmıştır. En düşük değerler inek, koyun ve keçi tereyağlarında sırasıyla: 31,62; 32,31 ve 28,46 olarak; en yüksek değerler de aynı sırayla: 35,10; 36,79 ve 33,23 olarak bulunmuştur.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında iyot sayısını 28,2 olarak, Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında iyot sayısını kontrol örnekte 34,6 olarak tespit etmişlerdir. Sağdıç *et al.* (2004), yaptıkları çalışmada iyot sayısını inek tereyağında 34,35; koyun tereyağında 39,45 ve keçi tereyağında 32,35 olarak belirlemişlerdir.

Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde ortalama olarak iyot sayısını 34,57 olarak tespit etmiştir. Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında iyot sayısını sırasıyla 26,4 ve 26,7 olarak saptamışlardır. Kaya (2000), süten ve yoğurttan elde edilen tereyağı örneklerinde iyot sayısını sırasıyla 35,1 ve 35,5 olarak bulmuştur. Şengül vd (1998), Trabzon tereyağlarında ortalama iyot sayısını 34,02 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular Özkanlı and Kaya (2007)'nin elde ettiği bulgulardan yüksek, Şengül vd (1998), Hayaloğlu (1999), Kaya (2000), Sağdıç *et al.* (2002) ve Sağdıç *et al.* (2004)'in elde ettiği bulgularla benzerlik göstermektedir.

İyot sayısı yağlarda doymamışlık derecesinin bir ölçüsüdür. Uzun süre depolanan tereyağlarında oksidasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Süt yağının iyot sayısı depolama süresince azalmaktadır (Atamer 1993). Bütün tereyağı örneklerinde iyot sayısı depolama ile azalmıştır. En yüksek iyot sayısı koyun tereyağında bulunmuş, bunu inek ve keçi tereyağı takip etmiştir.

Varyans analiz sonucuna göre tereyağı örneklerinde iyot sayısı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tereyağı çeşidine ait iyot sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Buna göre, en yüksek iyot sayısı koyun tereyağında saptanmış, bunu sırasıyla inek ve keçi tereyağı takip etmiş ve değerler istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.19.** Tereyağı çeşidine ait iyot sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | İyot sayısı                   |
|-----------------|----|-------------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 33,57 $\pm$ 1,25 <sup>b</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 34,79 $\pm$ 1,62 <sup>c</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 30,94 $\pm$ 1,59 <sup>a</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresine ait iyot sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.20'de görülmektedir. Depolama süresince iyot sayıları düşmüş ve

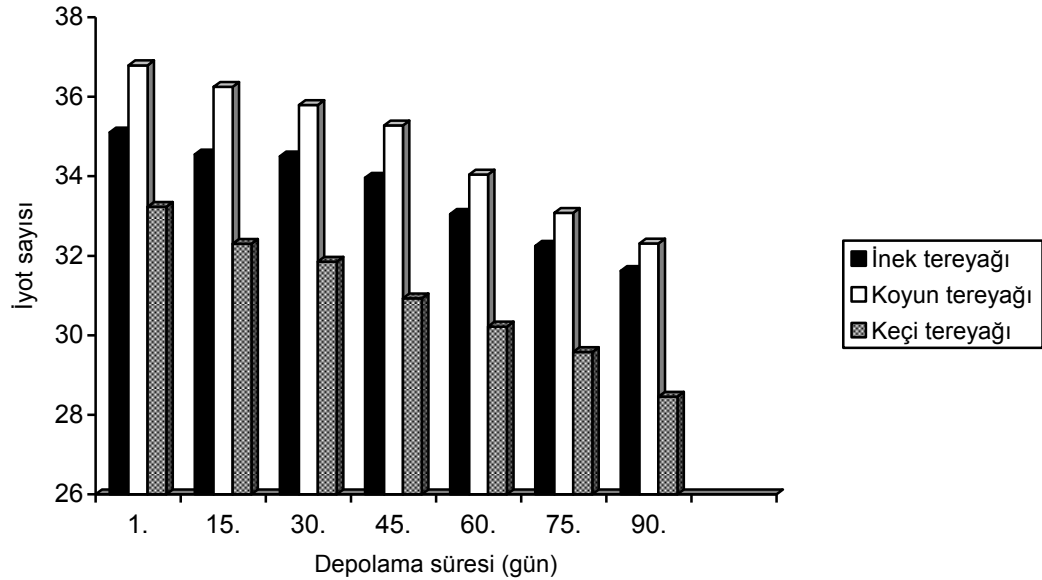
iyot sayıları arasındaki farkların istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir.

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin iyot sayısına etkisi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bütün tereyağı örneklerinde iyot sayısı depolama süresince azalış göstermiştir.

**Çizelge 4.20.** Depolama süresine ait iyot sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları \*

| Depolama süresi (gün) | n | İyot sayısı             |
|-----------------------|---|-------------------------|
| 1                     | 6 | 35,04±1,62 <sup>g</sup> |
| 15                    | 6 | 34,36±1,77 <sup>f</sup> |
| 30                    | 6 | 34,04±1,79 <sup>e</sup> |
| 45                    | 6 | 33,39±1,99 <sup>d</sup> |
| 60                    | 6 | 32,43±1,77 <sup>c</sup> |
| 75                    | 6 | 31,63±1,63 <sup>b</sup> |
| 90                    | 6 | 30,79±1,83 <sup>a</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)



**Şekil 4.6.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin iyot sayısına etkisi



### 4.3. Tereyağı Örneklerinin Oksidasyon Testleri Analiz Sonuçları

Yağlarda oksidasyon testleri olan peroksit ve tiyobarbütirik asit değeri inek, koyun ve keçi tereyağlarında depolama süresince tespit edilmiş ve değerler toplu olarak Çizelge 4.21’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.22’de verilmiştir.

#### 4.3.1. Peroksit değeri

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen peroksit değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. İnek tereyağlarında 1, 15 ve 30. günlerde peroksit belirlenememiştir. En yüksek peroksit değeri 90. günde (0,27 mek O<sub>2</sub>/kg yağ), en düşük peroksit değeri ise 45. günde (0,05 mek O<sub>2</sub>/kg yağ) saptanmıştır. Koyun tereyağlarında 1. ve 15. günlerde peroksit değeri belirlenememiş ve en yüksek peroksit değeri 90. günde (0,49 mek O<sub>2</sub>/kg yağ), en düşük peroksit değeri ise 30. günde (0,14 mek O<sub>2</sub>/kg yağ); keçi tereyağlarında ise 1. ve 15. günlerde peroksit değeri belirlenememiş ve en yüksek peroksit değeri 90. günde (0,55 mek O<sub>2</sub>/kg yağ) ve en düşük peroksit değeri ise 30. günde (0,18 mek O<sub>2</sub>/kg yağ) tespit edilmiştir.

Şenel *et al.* (2011a), peroksit değerini inek tereyağında 0,50 mek O<sub>2</sub>/kg yağ, koyun tereyağında 1,10 mek O<sub>2</sub>/kg yağ; keçi tereyağında 2,45 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında peroksit değerini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 0,17; 0,18; 0,12; 0,15 ve 0,34 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmada elde edilen bulgular Şenel *et al.* (2011a) ve Atamer vd (2005)’in sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden üretilen Yayık tereyağı örneklerinde peroksit değerini depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde sırasıyla inek tereyağında 0,61; 0,39 ve 0,18 mek O<sub>2</sub>/kg yağ; koyun tereyağında 1,20; 0,99 ve 0,32 mek O<sub>2</sub>/kg yağ; keçi tereyağında 1,68; 3,22 ve 0,76 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit etmişlerdir.

**Çizelge 4.21.** Tereyağı örneklerinin peroksit ve TBA değerleri analiz sonuçları ortalamaları

| Tereyağı çeşidi | Depolama süresi (gün) | Peroksit değeri (mek O <sub>2</sub> /kg yağ) | TBA değeri (mg malonaldehit/kg yağ) |
|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| İnek tereyağı   | 1                     | -                                            | 0,01±0,00                           |
|                 | 15                    | -                                            | 0,02±0,00                           |
|                 | 30                    | -                                            | 0,05±0,00                           |
|                 | 45                    | 0,05±0,00                                    | 0,08±0,01                           |
|                 | 60                    | 0,13±0,02                                    | 0,11±0,00                           |
|                 | 75                    | 0,20±0,04                                    | 0,13±0,00                           |
|                 | 90                    | 0,27±0,01                                    | 0,15±0,00                           |
| Ortalama        |                       | <b>0,09±0,10</b>                             | <b>0,08±0,05</b>                    |
| Koyun tereyağı  | 1                     | -                                            | 0,02±0,00                           |
|                 | 15                    | -                                            | 0,03±0,00                           |
|                 | 30                    | 0,14±0,02                                    | 0,09±0,01                           |
|                 | 45                    | 0,27±0,00                                    | 0,19±0,01                           |
|                 | 60                    | 0,32±0,00                                    | 0,23±0,01                           |
|                 | 75                    | 0,37±0,00                                    | 0,25±0,00                           |
|                 | 90                    | 0,49±0,03                                    | 0,27±0,00                           |
| Ortalama        |                       | <b>0,22±0,18</b>                             | <b>0,15±0,09</b>                    |
| Keçi tereyağı   | 1                     | -                                            | 0,03±0,00                           |
|                 | 15                    | -                                            | 0,04±0,00                           |
|                 | 30                    | 0,18±0,01                                    | 0,14±0,01                           |
|                 | 45                    | 0,28±0,00                                    | 0,30±0,00                           |
|                 | 60                    | 0,34±0,00                                    | 0,33±0,01                           |
|                 | 75                    | 0,42±0,01                                    | 0,39±0,01                           |
|                 | 90                    | 0,55±0,01                                    | 0,43±0,00                           |
| Ortalama        |                       | <b>0,25±0,19</b>                             | <b>0,23±0,16</b>                    |

**Çizelge 4.22.** Tereyağı örneklerinin peroksit ve TBA değerleri analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynakları | SD | Peroksit değeri      | TBA değeri           |
|----------------------|----|----------------------|----------------------|
| Tereyağı çeşidi (A)  | 2  | 393,66 <sup>**</sup> | 964,86 <sup>**</sup> |
| Depolama süresi (B)  | 6  | 637,71 <sup>**</sup> | 767,35 <sup>**</sup> |
| AxB                  | 12 | 28,61 <sup>**</sup>  | 72,47 <sup>**</sup>  |
| Hata                 | 21 |                      |                      |
| Genel                | 42 |                      |                      |

\* p<0,05 düzeyinde önemli \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında peroksit değerlerini sırasıyla 1,21 ve 0,98 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak saptamışlardır. Gürsel vd (2006), +5°C, -18°C ve -25°C’de depoladıkları tereyağlarında peroksit değerlerini sırasıyla 1,08; 1,09 ve 1,11 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağının etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte peroksit değerini depolamanın 30, 60 ve 90. günlerinde sırasıyla 0,22; 0,72 ve 1,70 mek O<sub>2</sub>/kg olarak tespit etmişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte peroksit değerini depolamanın 30, 60 ve 90. günlerinde sırasıyla 0,22; 0,72 ve 1,70 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında peroksit değerini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 0,14; 0,21; 0,16; 0,36 ve 0,35 mek O<sub>2</sub>/kg olarak tespit etmiştir. Ozkan *et al.* (2007), uçucu yağ ilave edilmeyen örnekte peroksit değerini depolamanın 20, 40 ve 60. günlerinde sırasıyla 0,35; 1,00 ve 1,14 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Lampi *et al.* (1997), kolza yağının peroksit değerini 0,98 mek O<sub>2</sub>/kg yağ, 1:1 oranında tereyağı ve kolza yağı karışımının peroksit değerini 0,99 mek O<sub>2</sub>/kg yağ ve tereyağının peroksit değerini 0,99 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Şenel (2006), hem yoğurt hem de krema tereyağlarında peroksit değerinde 1, 30, 45 ve 60. günlerde bir azalış tespit etmiş ve yayık tereyağlarının peroksit değerini krema tereyağlarından daha düşük bulmuştur. Bunun nedeni olarak, hammadde olarak kullanılan kremanın yağ oranının hammadde yoğurtlardan daha fazla oluşundan kaynaklandığını ifade etmiştir. Bakırcı vd (2004), farklı kültürlerle üretilmiş tereyağı örneklerinde peroksit değerini 1,11-1,15 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Öztürk and Çakmakçı (2006), farklı antioksidanların tereyağında oksidasyona etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kontrol grubunda peroksit değerini 0,78 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Povolo and Contarini (2003), peroksit değerini 0,5 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında peroksit değerini kontrol örnekte tespit etmemişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde peroksit değerlerini sırasıyla 0,25 ve 0,21 mek O<sub>2</sub>/kg olarak tespit etmiştir. Karatepe ve Patır (2012), taze kontrol örnekte peroksit değerini tespit etmemişlerdir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış

tereyağı örneklerinde ortalama olarak peroksit değerini 2,97 mek O<sub>2</sub>/kg olarak tespit etmiştir. Özcan and Ayar (2003) balmumu ekstraktlarının tereyağı stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, 12 hafta depolanan tereyağlarında (kontrol örnekte) 5°C’de depolamanın 2, 4, 6, 8, 10 ve 12. haftalarında peroksit değerleri sırasıyla 3,24; 4,23; 5,50; 6,30; 6,40 ve 7,70 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak, 25°C’de depolamanın 2, 4, 6, 8, 10 ve 12. haftalarında peroksit değerleri sırasıyla 3,51; 4,60; 6,60; 9,50; 11,21 ve 14,60 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit etmiştir. Ayar vd (2006), 5°C ve 25°C’de depoladıkları kontrol örnekte peroksit değerini sırasıyla 3,313 ve 3,949 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Ayar *et al.* (2010), farklı bitki özleri ile ürettikleri Yoğurt tereyağlarını 5°C ve 25°C’de depolamışlar ve bitki özü katılmamış örneklerde peroksit değerlerini sırasıyla 4,38 ve 11,53 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde peroksit değerini sırasıyla 0,42; 0,42; 0,46; 0,52; 0,57 mek O<sub>2</sub>/g yağ olarak belirlemiştir. Şengül vd (1998), 15 adet Trabzon tereyağı örneğinin ortalama peroksit değerini 0,38 mek O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit etmişlerdir.

Depolama sıcaklığı korunamadığı taktirde lipoliz ve oksidasyonun bir sonucu olarak tereyağı aromasında önemli değişimler görülebileceği, asit ve peroksit değerlerinin bu reaksiyonların şiddetini belirlemede ve dolayısıyla depolama boyunca tereyağının özelliklerini ortaya koymada en çok kullanılan parametreler olduğu belirtilmektedir (Povolo and Contarini 2003; Bakırcı vd 2004). Koyun ve keçi sütlerinin yağ asidi kompozisyonu inek sütüne göre farklılık gösterir (Atamer vd 2007). Koyun ve keçi tereyağlarının peroksit değerinin inek tereyağının peroksit değerinden yüksek oluşu yağ asitlerinin kompozisyonunun farklılığından ileri gelebilir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen peroksit değeri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu istatistiki olarak çok önemli ( $p < 0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.22). Tereyağı çeşidine ait peroksit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.23’te verilmiştir. En yüksek peroksit değeri keçi tereyağında

tespit edilmiş, bunu sırasıyla koyun ve inek tereyağlarını takip etmiş, değerler istatistiki olarak farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.23.** Tereyağı çeşidine ait peroksit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları (mek O<sub>2</sub>/kg yağ) \*

| Tereyağı çeşidi | n  | Peroksit değeri        |
|-----------------|----|------------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | 0,09±0,10 <sup>a</sup> |
| Koyun tereyağı  | 14 | 0,22±0,18 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı   | 14 | 0,25±0,19 <sup>c</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

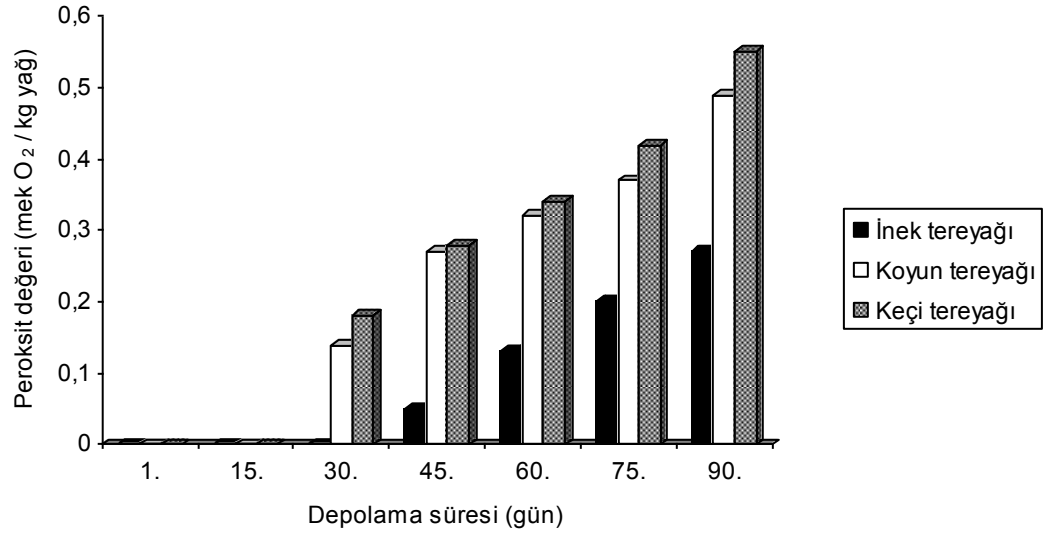
Depolama süresine ait peroksit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Depolama süresince belirlenen peroksit değerleri arasındaki farklar 1. ve 15. günlerde istatistiki olarak birbirinden farklı, diğer günlerde farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.24.** Depolama süresine ait peroksit değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları (mek O<sub>2</sub>/kg yağ) \*

| Depolama süresi (gün) | n | Peroksit değeri        |
|-----------------------|---|------------------------|
| 1                     | 6 | 0,00±0,00 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 0,00±0,00 <sup>a</sup> |
| 30                    | 6 | 0,10±0,08 <sup>b</sup> |
| 45                    | 6 | 0,20±0,11 <sup>c</sup> |
| 60                    | 6 | 0,26±0,10 <sup>d</sup> |
| 75                    | 6 | 0,33±0,10 <sup>e</sup> |
| 90                    | 6 | 0,43±0,13 <sup>f</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin peroksit değerine etkisi Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bütün tereyağı örneklerinde peroksit değeri depolama süresince artış göstermiştir.



**Şekil 4.7.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin peroksit değerine etkisi

#### 4.3.2. Tiyobarbütirik asit değeri (TBA değeri)

İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek TBA değeri 90. günde (0,15 mg malonaldehit/kg yağ), en düşük TBA değeri ise 1. günde (0,01 mg malonaldehit/kg yağ); koyun tereyağlarında en yüksek TBA değeri 90. günde (0,27 mg malonaldehit/kg yağ), en düşük TBA değeri ise 1. günde (0,02 mg malonaldehit/kg yağ); keçi tereyağlarında ise en yüksek TBA değeri 90. günde (0,43 mg malonaldehit/kg yağ), en düşük TBA değeri ise 1. günde (0,03 mg malonaldehit/kg yağ) tespit edilmiştir.

Özkanlı and Kaya (2007) tarafından pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında, TBA değerleri sırasıyla 0,22 ve 0,13 mg malonaldehit/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Çakmakçı *et al.* (2014) tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanım imkanlarının araştırıldığı çalışmada, kontrol örnekte TBA değerini depolamanın 30, 60 ve 90. günlerinde sırasıyla 0,15; 0,25 ve 0,28 mg malonaldehit/kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kontrol örnekte TBA

değerini depolamanın 30, 60 ve 90. günlerinde sırasıyla 0,15; 0,22 ve 0,28 mg malonaldehit/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Öztürk and Çakmakçı (2006), tereyağlarında farklı antioksidanların depolama süresince etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol grubunda TBA değerini 0,30 mg malonaldehit/kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında TBA değerini depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 0,06; 0,07; 0,07; 0,07 ve 0,15 mg malonaldehit/kg yağ olarak tespit etmiştir. Demirkaya (2013), tereyağında tiyobarbutirik asit testi ile lipid oksidasyonunun değerlendirildiği çalışmasında TBA değerini ortalama olarak 0,14 mg malonaldehit/kg yağ olarak tespit etmiştir. Karatepe ve Patır (2012), taze kontrol örnekte TBA değerini 0,046 mg malonaldehit/kg yağ olarak saptamışlardır. Balmumu ekstraktlarının tereyağı stabilitesi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 12 hafta depolanan tereyağlarında (kontrol örnekte) 5°C’de depolamanın 8, 10 ve 12. haftalarında TBA değerleri sırasıyla 0,37; 0,38 ve 0,40 mg malonaldehit/kg yağ olarak, 25°C’de depolamanın 8, 10 ve 12. haftalarında TBA değerleri sırasıyla 0,48; 0,50 ve 0,64 mg malonaldehit/kg yağ olarak tespit edilmiş ve tereyağındaki bozulmaya hidrolitik ransiditenin neden olduğu ve oksidatif bozulmanın ikinci planda olduğu belirtilmiştir (Özcan and Ayar 2003). Ayar vd (2006), yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C’de depoladıkları kontrol örnekte TBA değerini sırasıyla 0,196 ve 0,284 mg malonaldehit/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Ayar *et al.* (2010), farklı bitki özleri ile ürettikleri Yoğurt tereyağlarını 5°C ve 25°C’de depolamışlar ve bitki özü katılmamış örneklerde TBA değerlerini sırasıyla 0,23 ve 0,28 mg malonaldehit/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde TBA değerini sırasıyla 0,28; 0,30; 0,32; 0,31; 0,31 mg malonaldehit/kg yağ olarak belirlemiştir. Bu araştırmada elde edilen bulgular yukarıda bahsedilen diğer araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Peroksit değeri oksidatif bozulmanın başlangıç aşamasında oluşan hidroperoksitlerin miktarını verir. TBA testi ise oksidasyonun ileri aşamalarında oluşan malonaldehitlerin miktarını vermektedir. Depolama süresince oksidasyonun ilerlemesiyle hidroperoksitler malonaldehitlere parçalandığı için peroksit testi ile malonaldehitleri tespit etmek

mümkün değildir. Özellikle uzun süre depolanmış tereyağlarının oksidatif bozulmalarının TBA testi ile belirlenmesi önerilmektedir (Atamer ve Sezgin 1984). Koyun ve keçi sütlerinin yağ asidi kompozisyonu inek sütüne göre farklılık gösterir (Atamer vd 2007). Koyun ve keçi tereyağlarının TBA değerinin inek tereyağının TBA değerinden yüksek oluşu yağ asitlerinin kompozisyonunun farklılığından ileri gelebilir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen TBA değeri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.22). Tereyağı çeşidine ait TBA değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları da Çizelge 4.25'te verilmiştir. En yüksek TBA değeri keçi tereyağında tespit edilmiş, bunu sırasıyla koyun ve inek tereyağı takip etmiş ve değerler istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur (Çizelge 4.25).

**Çizelge 4.25.** Tereyağı çeşidine ait TBA değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları (malonaldehit/g yağ)\*

| <b>Tereyağı çeşidi</b> | <b>n</b> | <b>TBA değeri</b>            |
|------------------------|----------|------------------------------|
| İnek tereyağı          | 14       | 0,08 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup> |
| Koyun tereyağı         | 14       | 0,15 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup> |
| Keçi tereyağı          | 14       | 0,23 $\pm$ 0,16 <sup>c</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresine ait TBA değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.26'da görülmektedir. Depolama süresince belirlenen TBA değerleri 1. ve 15. günlerde istatistiki olarak birbirinden farklı, diğer günlerde ise farklı bulunmuştur.

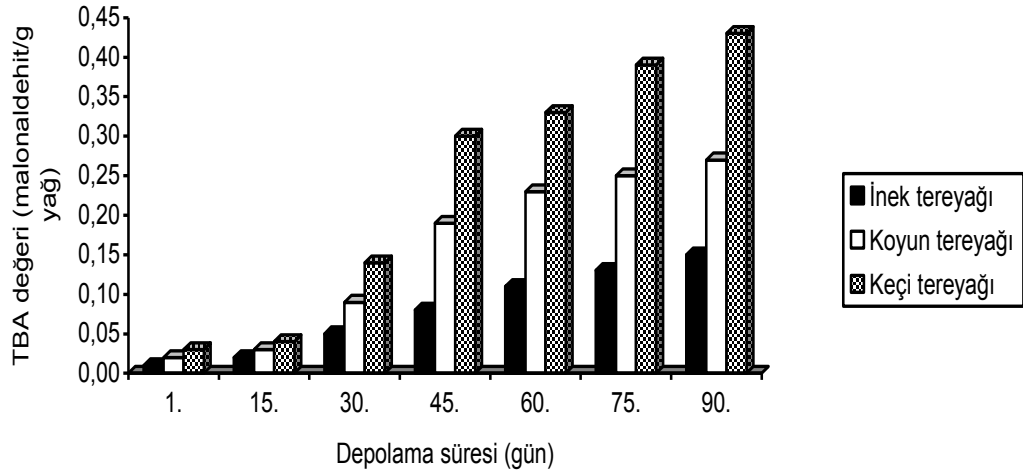


**Çizelge 4.26.** Depolama süresine ait TBA değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları (mg malonaldehit/kg yağ)\*

| Depolama süresi (gün) | n | TBA değeri             |
|-----------------------|---|------------------------|
| 1                     | 6 | 0,02±0,01 <sup>a</sup> |
| 15                    | 6 | 0,03±0,01 <sup>a</sup> |
| 30                    | 6 | 0,09±0,04 <sup>b</sup> |
| 45                    | 6 | 0,19±0,09 <sup>c</sup> |
| 60                    | 6 | 0,22±0,10 <sup>d</sup> |
| 75                    | 6 | 0,26±0,11 <sup>e</sup> |
| 90                    | 6 | 0,28±0,12 <sup>f</sup> |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin TBA değerine etkisi Şekil 4.8’de gösterilmiş olup bütün tereyağı örneklerinde TBA değerleri depolama süresince artış göstermiştir.



**Şekil 4.8.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin TBA değerine etkisi

#### 4.4. Tereyağı Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları

$L$ ,  $a$ ,  $b$  değerleri, rengin üç boyutlu olarak ölçülmesiyle elde edilir ve spesifik renk değeri verir.  $L$  değeri karanlık-aydınlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) değerleri arasında,  $a$  değeri yeşillik-kırmızılık olup -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) değerleri arasında ve  $b$  değeri mavilik-sarılık göstergesi olup -60 (mavi) ile +60 (sarı) değerleri arasında değişim göstermektedir (Özdemir and Devres 2000). Deneme tereyağı örneklerine ait renk değerleri sonuçları Çizelge 4.27’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.28’de verilmiştir.

**Çizelge 4.27.** Tereyağı örneklerinin renk değeri analiz sonuçları ortalamaları

| Tereyağı çeşidi | Depolama süresi (gün) | $L$ değeri        | $a$ değeri        | $b$ değeri        |
|-----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| İnek tereyağı   | 1                     | 84,63±0,16        | -3,85±0,08        | 20,45±0,05        |
|                 | 15                    | 84,66±0,00        | -3,70±0,01        | 19,80±0,02        |
|                 | 30                    | 84,59±0,02        | -3,75±0,02        | 19,37±0,03        |
|                 | 45                    | 84,60±0,06        | -3,81±0,02        | 18,86±0,05        |
|                 | 60                    | 84,62±0,08        | -3,79±0,00        | 18,78±0,04        |
|                 | 75                    | 84,65±0,06        | -3,82±0,03        | 18,73±0,04        |
|                 | 90                    | 84,67±0,00        | -3,89±0,00        | 18,48±0,24        |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>84,63±0,06</b> | <b>-3,80±0,06</b> | <b>19,21±0,68</b> |
| Koyun tereyağı  | 1                     | 83,55±0,19        | -3,84±0,06        | 11,84±0,09        |
|                 | 15                    | 83,47±0,14        | -3,82±0,02        | 11,70±0,03        |
|                 | 30                    | 83,49±0,00        | -3,79±0,06        | 10,78±0,04        |
|                 | 45                    | 83,50±0,00        | -3,81±0,11        | 10,71±0,07        |
|                 | 60                    | 83,49±0,13        | -3,73±0,01        | 10,58±0,12        |
|                 | 75                    | 83,61±0,00        | -3,77±0,05        | 10,39±0,02        |
|                 | 90                    | 83,57±0,07        | -3,65±0,05        | 10,28±0,00        |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>83,53±0,09</b> | <b>-3,77±0,07</b> | <b>10,90±0,59</b> |
| Keçi tereyağı   | 1                     | 84,43±0,02        | -3,77±0,03        | 9,79±0,04         |
|                 | 15                    | 84,47±0,00        | -3,79±0,02        | 8,79±0,06         |
|                 | 30                    | 84,56±0,05        | -3,69±0,02        | 8,61±0,04         |
|                 | 45                    | 84,46±0,00        | -3,72±0,00        | 8,28±0,02         |
|                 | 60                    | 84,47±0,03        | -3,74±0,05        | 7,79±0,00         |
|                 | 75                    | 84,53±0,02        | -3,80±0,00        | 7,68±0,01         |
|                 | 90                    | 84,61±0,00        | -3,84±0,01        | 7,50±0,01         |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>84,50±0,06</b> | <b>-3,76±0,05</b> | <b>8,35±0,76</b>  |

**Çizelge 4.28.** Tereyağı örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynakları | SD | <i>L</i> değeri | <i>a</i> değeri | <i>b</i> değeri |
|----------------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tereyağı çeşidi (A)  | 2  | 787,65**        | 2,65            | 83997,24**      |
| Depolama süresi (B)  | 6  | 1,29            | 1,99            | 541,84**        |
| AxB                  | 12 | 0,51            | 4,21**          | 11,94**         |
| Hata                 | 21 |                 |                 |                 |
| Genel                | 42 |                 |                 |                 |

\*  $p < 0,05$  düzeyinde önemli \*\*  $p < 0,01$  düzeyinde önemli

#### 4.4.1. *L* değeri

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen *L* değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek *L* değeri 90. günde (84,67), en düşük *L* değeri ise 30. günde (84,59); koyun tereyağlarında en yüksek *L* değeri 75. günde (83,61), en düşük *L* değeri ise 15. günde (83,47); keçi tereyağlarında ise en yüksek *L* değeri 90. günde (84,61), en düşük *L* değeri ise 1. günde (84,43) tespit edilmiştir.

Özkanlı and Kaya (2007), pastörize ve pastörize olmayan koyun sütünden üretilen tereyağlarında *L* değerini sırasıyla 6,27 ve 5,45 olarak tespit etmişlerdir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağında ısıtmanın etkisiyle *L* değerinde artış tespit etmişlerdir. Krause *et al.* (2007), taze, 6, 12, 18, 24. ay buzdolabında depoladıkları tereyağı örneklerinde *L* değerini sırasıyla 77,82; 76,73; 79,32; 79,55 ve belirlenmedi olarak ve derin dondurucuda depoladıkları tereyağı örneklerinde *L* değerlerini de sırasıyla belirlenmedi, 76,62; 79,74; 79,07; 79,53 olarak tespit etmişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde *L* değerini sırasıyla 92,24; 90,27; 89,56; 88,43; 87,53 olarak belirlemiştir. Queiroga *et al.* (2013), inek sütü, inek-keçi sütü karışımı ve keçi sütü ile yaptıkları Coalho peynirlerinde *L* değerini sırasıyla 92,22; 91,86 ve 92,95 olarak belirlemiştir. Yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere depolama süresince *L* değerlerinde büyük farklılıklar görülmemiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen  $L$  değerleri üzerine tereyağı çeşidi çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili, depolama süresi ile tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu etkisiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.28). Tereyağı çeşidi değişkenine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarından (Çizelge 4.29), en yüksek  $L$  değerine inek tereyağının sahip olduğu, bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağlarının takip ettiği ve değerlerin istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu anlaşılmıştır. Buna göre en parlak tereyağının inek tereyağı olduğu ve bunu keçi ve koyun tereyağının takip ettiği söylenebilir.

**Çizelge 4.29.** Tereyağı çeşidi değişkenine ait  $L$  değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

| Tereyağı çeşidi | n  | $L$ değeri         |
|-----------------|----|--------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | $84,63 \pm 0,06^c$ |
| Koyun tereyağı  | 14 | $83,53 \pm 0,09^a$ |
| Keçi tereyağı   | 14 | $84,50 \pm 0,06^b$ |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

#### 4.4.2. $a$ değeri

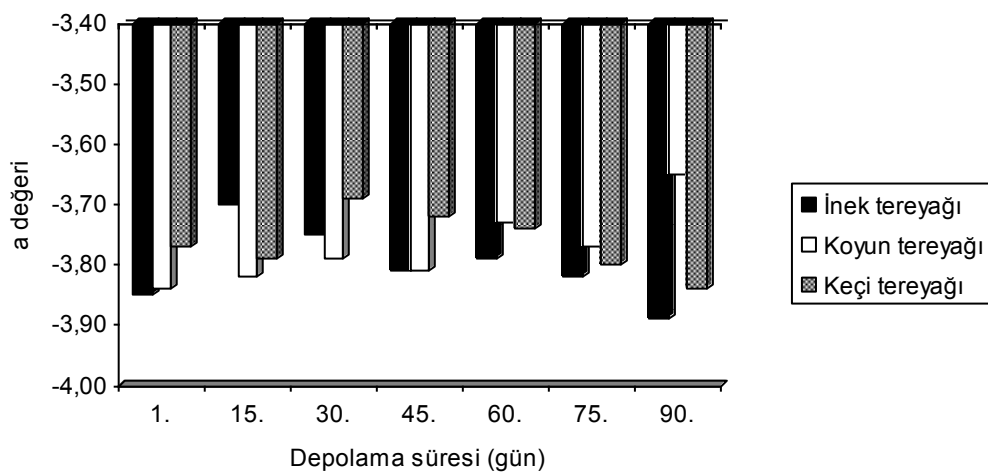
Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen  $a$  değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek  $a$  değeri 90. günde (-3,89), en düşük  $a$  değeri ise 15. günde (-3,70), koyun tereyağlarında en yüksek  $a$  değeri 1. günde (-3,84), en düşük  $a$  değeri ise 90. günde (-3,65), keçi tereyağlarında ise en yüksek  $a$  değeri 90. günde (-3,84), en düşük  $a$  değeri ise 30. günde (-3,69) tespit edilmiştir. Analizler sonucunda  $a$  değerinin (-) olması yeşil rengin mevcut olduğunu göstermekte, bu sonucun da hayvanların yediği otlardan ileri gelebileceği söylenebilir.

Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında  $a$  değerini sırasıyla 0,34 ve 0,35 olarak tespit etmişlerdir. Krause *et al.* (2007), buzdolabında taze, 6, 12, 18, 24 ay depoladıkları tereyağı örneklerinde  $a$  değerlerini sırasıyla yığın halindeki örnekte -3,24; -3,60; -3,57; -3,34 ve mevcut değil (MD); çubuk halindeki örnekte -3,02; -3,50; -3,46; -3,17 ve MD olarak; derin dondurucuda depoladıkları tereyağı örneklerinde  $a$  değerlerini sırasıyla yığın halindeki

örnekte MD; -3,50; -3,69; -3,45; -3,67; çubuk halindeki örnekte MD; -3,46; -3,41; -3,28; -3,38 olarak tespit etmişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde  $a$  değerini sırasıyla -3,66; -3,65; -3,70; -3,66; -3,69 olarak belirlemiştir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağının  $a$  değerinin ısı ile azaldığını bildirmişlerdir. Queiroga *et al.* (2013), inek sütü, inek-keçi sütü karışımı ve keçi sütü ile yaptıkları Coalho peynirlerinde  $a$  değerlerini sırasıyla -3,12; -3,03 ve -2,73 olarak saptamışlardır.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen  $a$  değerleri üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi istatistiki olarak etkisiz ( $p>0,05$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Tereyağı örneklerinde, tereyağı çeşidi ve depolama süresinin  $a$  değerine etkisi Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere bütün tereyağı örneklerinde  $a$  değeri depolama süresince dalgalanmalar göstermiştir.



**Şekil 4.9.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin  $a$  değerine etkisi

#### 4.4.3. *b* değeri

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen *b* değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek *b* değeri 1. günde (20,45), en düşük *b* değeri 90. günde (18,48); koyun tereyağlarında en yüksek *b* değeri 1. günde (11,84), en düşük *b* değeri 90. günde (10,28) ve keçi tereyağlarında ise en yüksek *b* değeri 1. günde (9,79), en düşük *b* değeri 90. günde (7,50) tespit edilmiştir. Analizler sonucunda *b* değerinin (+) olması sarı rengin mevcut olduğunu gösterir.

Özkanlı and Kaya (2007), pastörize edilmiş ve edilmemiş koyun sütünden üretilen tereyağlarında *b* değerlerini 0,03 ve -0,25 olarak belirlemişlerdir. Krause *et al.* (2007), buzdolabında taze, 6, 12, 18, 24 ay depoladıkları tereyağı örneklerinde *b* değerini sırasıyla yığın halindeki örnekte 13,57; 12,30; 12,53; 14,07; mevcut değil (MD); çubuk halindeki örnekte 13,28; 12,38; 13,71; 13,55; MD olarak, derin dondurucuda depoladıkları tereyağı örneklerinde *b* değerini sırasıyla yığın halindeki örnekte MD; 12,11; 14,26; 14,15; 14,07; çubuk halindeki örnekte MD; 12,17; 13,97; 14,22; 13,89 olarak tespit etmişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde *b* değerini sırasıyla 21,15; 22,40; 22,43; 22,33; 22,35 olarak belirlemiştir. Samet-Bali *et al.* (2009), geleneksel Tunus tereyağının içerdiği karotenlerden dolayı sarı renkte olduğunu ve *b* değerinin ısıl işleme önce arttığını sonra azaldığını bildirmişlerdir. Queiroga *et al.* (2013), inek sütü, inek-keçi sütü karışımı ve keçi sütü ile yaptıkları Coalho peynirlerinde *b* değerini sırasıyla 13,85; 11,29 ve 8,60 olarak tespit etmişlerdir.

Sarı renk, tereyağı gibi yüksek oranda yağ içeren süt ürünlerinde önemli bir özelliktir. Çünkü karotenoidler yağda çözünür ve sarı renk hem yağın renginin, hem yağın miktarının hem de yağdaki karotenoid konsantrasyonunun bir göstergesidir (Kneifel *et al.* 1992). Tereyağının rengi depolama süresi, sıcaklık ve ışığa maruz kalma veya pigment üreten mikroorganizmalarla kontaminasyon gibi faktörlerle de değişir (Kristensen *et al.* 2001). Yine de bu süreçler kontrol edildiğinde süt üretim koşulları

büyük farklılıklar oluştursa bile  $b$  değeri tamamen  $\beta$ -karoten miktarını vermez. Özellikle sarı renk, inek süt ürünlerinde keçi ve koyun sütü ürünlerinden; samanla ve meralarda beslenen ineklerin süt ürünleri de tahıl ve mısır silajlı yemlerle beslenen ineklerin süt ürünlerinden daha fazladır (Noziere *et al.* 2006).

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen  $b$  değerleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksiyonu istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Tereyağı çeşidine ait  $b$  değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

En yüksek  $b$  değeri inek tereyağında saptanırken bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağı takip etmiştir. Tereyağı örneklerinde  $b$  değeri ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.30.** Tereyağı çeşidine ait  $b$  değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n  | $b$ değeri         |
|-----------------|----|--------------------|
| İnek tereyağı   | 14 | $19,21 \pm 0,68^c$ |
| Koyun tereyağı  | 14 | $10,90 \pm 0,59^b$ |
| Keçi tereyağı   | 14 | $8,35 \pm 0,76^a$  |

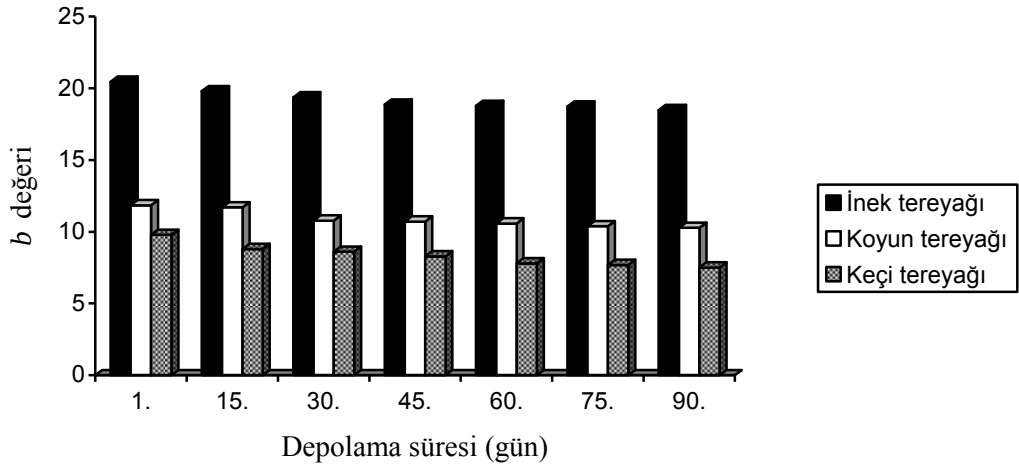
(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresine ait  $b$  değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir. Depolama süresince belirlenen  $b$  değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı olup depolama süresince renk açılmıştır.

**Çizelge 4.31.** Depolama süresine ait  $b$  değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Depolama süresi (gün) | n | $b$ değeri         |
|-----------------------|---|--------------------|
| 1                     | 6 | $14,02 \pm 5,05^g$ |
| 15                    | 6 | $13,43 \pm 5,10^f$ |
| 30                    | 6 | $12,92 \pm 5,09^e$ |
| 45                    | 6 | $12,61 \pm 4,95^d$ |
| 60                    | 6 | $12,38 \pm 5,10^c$ |
| 75                    | 6 | $12,26 \pm 5,15^b$ |
| 90                    | 6 | $12,08 \pm 5,10^a$ |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0,05$ )



**Şekil 4.10.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin  $b$  değerine etkisi

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin  $b$  değerine etkisi Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi bütün tereyağı örneklerinde  $b$  değeri depolama süresince azalmıştır.



#### 4.5. Tereyağı Örneklerinin A Vitamini ve $\beta$ -Karoten Miktarları

İnek, koyun ve keçi tereyağlarına ait A vitamini ve  $\beta$ -karoten miktarları Çizelge 4.32’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.33’te verilmiştir.

**Çizelge 4.32.** Tereyağı örneklerinin A vitamini ve  $\beta$ -karoten analiz sonuçları ortalamaları

| Tereyağı çeşidi | Depolama süresi (gün) | A vitamini ( $\mu\text{g/g}$ )   | $\beta$ -karoten ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|-----------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| İnek tereyağı   | 1                     | 17,30 $\pm$ 0,17                 | 5,38 $\pm$ 0,22                      |
|                 | 30                    | 16,78 $\pm$ 0,08                 | 5,10 $\pm$ 0,05                      |
|                 | 60                    | 15,96 $\pm$ 0,14                 | 4,90 $\pm$ 0,07                      |
|                 | 90                    | 15,35 $\pm$ 0,21                 | 4,74 $\pm$ 0,12                      |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>16,35<math>\pm</math>0,80</b> | <b>5,03<math>\pm</math>0,27</b>      |
| Koyun tereyağı  | 1                     | 20,67 $\pm$ 0,18                 | -                                    |
|                 | 30                    | 20,03 $\pm$ 0,09                 | -                                    |
|                 | 60                    | 19,55 $\pm$ 0,09                 | -                                    |
|                 | 90                    | 19,21 $\pm$ 0,14                 | -                                    |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>19,86<math>\pm</math>0,59</b> | -                                    |
| Keçi tereyağı   | 1                     | 19,76 $\pm$ 0,12                 | -                                    |
|                 | 30                    | 19,00 $\pm$ 0,19                 | -                                    |
|                 | 60                    | 18,43 $\pm$ 0,04                 | -                                    |
|                 | 90                    | 17,70 $\pm$ 0,25                 | -                                    |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>18,72<math>\pm</math>0,81</b> | -                                    |

**Çizelge 4.33.** Tereyağı örneklerinin A vitamini ve  $\beta$ -karoten analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları \*

| Varyasyon kaynakları | SD | A vitamini | $\beta$ -karoten |
|----------------------|----|------------|------------------|
| Tereyağı çeşidi (A)  | 2  | 1029,27**  | 10709,37**       |
| Depolama süresi (B)  | 3  | 148,80**   | 8,05**           |
| AxB                  | 6  | 2,00       | 8,05**           |
| Hata                 | 12 |            |                  |
| Genel                | 24 |            |                  |

\* p<0,05 düzeyinde önemli \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.5.1. A vitamini miktarı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen A vitamini miktarları Çizelge 4.32’de verilmiştir. İnek, koyun ve keçi tereyağlarında en yüksek miktarlar taze (1. gün) tereyağlarında, en düşük miktarlar da son depolama periyodunda (90. gün) belirlenmiştir. En yüksek miktar inek, koyun ve keçi tereyağında sırasıyla 17,30; 20,67 ve 19,76 µg/g olarak tespit edilmiş; en düşük miktar da aynı sırayla 15,35; 19,21 ve 17,70 µg/g olarak bulunmuştur.

Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asitleri ve konjuge linoleik asitle zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, retinol miktarını zenginleştirilmiş tereyağında Mayıs ayında 14,00 mg/kg, Eylül ayında 15,40 mg/kg olarak; geleneksel tereyağında Mayıs ayında 12,50 mg/kg, Eylül ayında 11,00 mg/kg olarak tespit etmiştir. Elde edilen bulgular Mallia *et al.* (2008b)’ın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında A vitamini miktarını 7,80 µg/g olarak saptamışlardır. Hewavitharana *et al.* (1996), süt ürünlerinde A ve E vitaminleri ile β-karoteni tespit ettikleri çalışmada, sürülebilir tereyağında A vitamini miktarını 11,2 µg/g olarak belirlemişlerdir. Herrero-Barbudo *et al.* (2005), İspanya’da doğal olarak retinol, α- ve γ-tokoferol, karotenoidler içeren ve A ve E vitamini takviye edilmiş ticari süt ürünlerinde yaptıkları çalışmada retinol miktarını 30,06 µmol/kg olarak saptamışlardır. Hulshof *et al.* (2006), Hollanda’daki süt ve süt ürünlerinde retinol ve karotenoid içeriğini belirledikleri çalışmada, tereyağındaki retinol miktarını ortalama olarak 10,0 µg/g olarak tespit etmişlerdir.

Keçi sütleri A vitamini bakımından inek sütlerine oranla daha zengindir. Bunun nedeni keçilerin kış aylarında daha fazla yeşil yem yemeleri ve karotenin A vitaminine çevrilmesinde rol oynayan troid bezlerinin keçilerde daha büyük ve aktif olmasıdır (Metin 2008). En yüksek A vitamini miktarı koyun tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen A vitamini miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi interaksyonu istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi ise önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.33). Tereyağı çeşidine ait A vitamini değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.34'te görülmektedir. Bu sonuçlara göre, en yüksek A vitamini miktarı koyun tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiş ve değerler istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

**Çizelge 4.34.** Tereyağı çeşidine ait A vitamini ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları \*

| Tereyağı çeşidi | n | A vitamini ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|-----------------|---|--------------------------------|
| İnek tereyağı   | 8 | 16,35 $\pm$ 0,80 <sup>a</sup>  |
| Koyun tereyağı  | 8 | 19,86 $\pm$ 0,59 <sup>c</sup>  |
| Keçi tereyağı   | 8 | 18,72 $\pm$ 0,81 <sup>b</sup>  |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresine ait A vitamini miktarı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Depolama süresince belirlenen A vitamini miktarları arasındaki farkların istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, tereyağlarının mümkün olduğu kadar taze tüketilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 4.35.** Depolama süresine ait A vitamini ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları \*

| Depolama süresi (gün) | n | A vitamini ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| 1                     | 6 | 19,24 $\pm$ 1,56 <sup>d</sup>  |
| 30                    | 6 | 18,60 $\pm$ 1,49 <sup>c</sup>  |
| 60                    | 6 | 17,98 $\pm$ 1,64 <sup>b</sup>  |
| 90                    | 6 | 17,42 $\pm$ 1,74 <sup>a</sup>  |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

#### 4.5.2. $\beta$ -karoten miktarı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen  $\beta$ -karoten miktarları Çizelge 4.32’de verilmiştir. İnek tereyağlarında depolama süresince belirlenen en yüksek  $\beta$ -karoten miktarı 1. günde (5,38  $\mu\text{g/g}$ ), en düşük  $\beta$ -karoten miktarı ise 90. günde (4,74  $\mu\text{g/g}$ ) tespit edilirken, koyun ve keçi tereyağlarında  $\beta$ -karoten tespit edilememiştir.

Hewavitharana *et al.* (1996), bazı süt ürünlerinde A ve E vitaminleri ile  $\beta$ -karoteni tespit ettikleri çalışmada, sürülebilir tereyağında  $\beta$ -karoten miktarını 5-9  $\mu\text{g/g}$  arasında belirlemişlerdir. Herrero-Barbudo *et al.* (2005) İspanya’da doğal olarak retinol,  $\alpha$ - ve  $\gamma$ - tokoferol, karotenoidler içeren ve A ve E vitamini takviye edilmiş ticari süt ürünlerinde yaptıkları çalışmada  $\beta$ -karoten miktarını 8,85  $\mu\text{mol/kg}$  olarak saptamışlardır. Hulshof *et al.* (2006), Hollanda’daki süt ve süt ürünlerinde retinol ve karotenoid içeriğini belirledikleri çalışmada tereyağındaki  $\beta$ -karoten miktarını ortalama olarak 4,6  $\mu\text{g/g}$  olarak tespit etmişlerdir. Verilen literatür sonuçları ile karşılaştırıldığında, bu araştırmada, inek tereyağında bulunan  $\beta$ -karoten miktarları literatür sonuçlarıyla uygunluk göstermektedir (Çizelge 4.32).

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen  $\beta$ -karoten miktarı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.33).

Tereyağı çeşidine ait  $\beta$ -karoten miktarı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir.  $\beta$ -karoten inek tereyağında tespit edilmiş ancak koyun ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir.

**Çizelge 4.36.** Tereyağı çeşidine ait  $\beta$ -karoten miktarı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları\*

| Tereyağı çeşidi | n | $\beta$ -karoten ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|-----------------|---|--------------------------------------|
| İnek tereyağı   | 8 | 5,03 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>         |
| Koyun tereyağı  | 8 | -                                    |
| Keçi tereyağı   | 8 | -                                    |

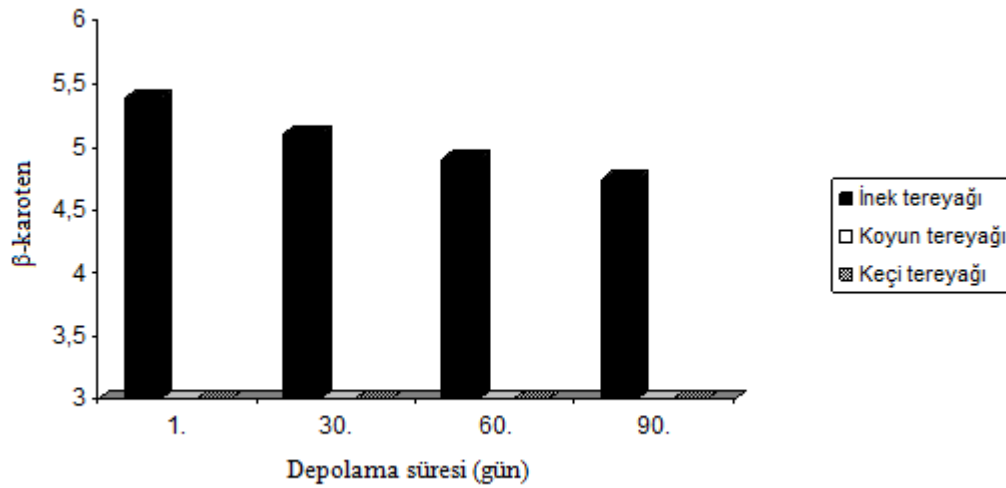
(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ( $p<0,05$ )

Depolama süresine ait  $\beta$ -karoten miktarı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir. 1. gün ile 30. gün, 30. gün ile 60. gün ve 60. gün ile 90. günler arasındaki farklar istatistiki olarak birbirine benzer bulunmuştur.

**Çizelge 4.37.** Depolama süresine ait  $\beta$ -karoten ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları \*

| Depolama süresi (gün) | n | $\beta$ -karoten ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|-----------------------|---|--------------------------------------|
| 1                     | 6 | $1,79 \pm 2,78^c$                    |
| 30                    | 6 | $1,70 \pm 2,63^{bc}$                 |
| 60                    | 6 | $1,63 \pm 2,53^{ab}$                 |
| 90                    | 6 | $1,58 \pm 2,44^a$                    |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0,05$ )



**Şekil 4.11.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin  $\beta$ -karoten miktarına etkisi

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin  $\beta$ -karoten miktarına etkisi Şekil 4.11’de gösterilmiştir. İnek tereyağı örneklerinde  $\beta$ -karoten depolama süresince azalmıştır. A vitamininde olduğu gibi bu sonuç, tereyağlarının mümkün olduğu kadar taze tüketilmesi gerektiğini bir kez daha doğrulamaktadır.

#### 4.6. Tereyağı Örneklerinin Uçucu Bileşik Analiz Sonuçları

Birçok bileşikten oluşan tereyağı aroması, hassas bir denge içinde olup farklı kimyasal alt sınıflara ayrılır. Bu konuda yapılan araştırmalar kısa zincirli yağ asitleri, aldehitler, ketonlar, alkoller, esterler, laktonlar, terpenler ve sülfürlü bileşiklerin varlığını ortaya koymuştur (Povolo and Contarini 2003).

İnek, koyun ve keçi sütlerinden elde edilen kremalarından üretilen tereyağı örneklerine ait uçucu bileşikler depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde SPME/GC-MS yöntemiyle tespit edilmiştir. Bileşiklerin miktarları  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak verilmiş, oluşturulan tablolarda aynı zamanda varyans analiz sonuçları da belirtilmiştir. Genel olarak bütün uçucu bileşiklerde tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı  $\times$  depolama süresi interaksyonu istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Bu araştırma kapsamında; inek tereyağında 9 aldehit, 9 keton, 16 ester, 15 alkol, 10 asit, 5 sülfürlü bileşik, 7 terpen, 19 hidrokarbon ve 7 diğer bileşik olmak üzere toplamda 97; koyun tereyağında 7 aldehit, 3 keton, 19 ester, 16 alkol, 10 asit, 5 sülfürlü bileşik, 12 terpen, 19 hidrokarbon ve 6 diğer bileşik olmak üzere toplamda 97; keçi tereyağında 8 aldehit, 9 keton, 20 ester, 20 alkol, 11 asit, 5 sülfürlü bileşik, 10 terpen, 17 hidrokarbon ve 7 diğer bileşik olmak üzere toplamda 107 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan, keçi tereyağının daha aromatik olabileceği, ancak bunun için aroma aktif bileşiklerin de ileriki çalışmalarda tespit edilmesi gerektiği söylenebilir.

Genel toplamda tüm tereyağı çeşitlerinde 12 aldehit, 10 keton, 23 ester, 24 alkol, 11 asit, 5 sülfürlü bileşik, 13 terpen, 20 hidrokarbon ve 8 diğer bileşikler olmak üzere toplam 126 adet uçucu aroma bileşiği tespit edilmiştir.

#### 4.6.1. Aldehitler

Aldehitler primer alkollerin ilk yükseltgenme ürünleridir. Lezzete etkili önemli bileşikler olup alkoller ve karboksilli asitlerin yanında en düşük kaynama noktasına sahip bileşiklerdir. Çift bağ içerdikleri için alkollere göre daha reaktiftirler. Aldehitlerin yükseltgenmesi ile asitler, indirgenmesi ile alkoller oluşmaktadır. Düşük moleküllü aldehitler keskin kokuludur. Molekülde karbon atomu sayısı arttıkça lezzete etkili kokular oluşmaktadır (Bilişli 2009). Aldehitler geçici bileşiklerdir ve peynirde birikmezler. Çünkü bunlar hemen alkollere veya uygun asitlere dönüşürler (Hayaloğlu *et al.* 2013). Aldehitler amino asitlerin Strecker degradasyonu yoluyla, doğrusal aldehitler ise doymamış yağ asitlerinin  $\beta$ -oksidasyonu ile oluşabilmektedir (Collins *et al.* 2003).

Bu araştırmada, tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen 12 adet aldehit bileşiği Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Butanal inek tereyağında 1. günde (0,57  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 30. günde (0,93  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) tespit edilmiş, koyun tereyağında tespit edilememiş, keçi tereyağında ise 30. günde (3,11  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) tespit edilmiştir. Butanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), kontrol krema tereyağında bu bileşik 1. günde tespit edilememiş, 30. günde 2,28  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde ise 3,82  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

2-metil-1-butanal inek tereyağında 1. günde (5,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. günde (0,96  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 30. (2,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,29  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günde tespit edilmiş ve her iki tereyağı çeşidinde de depolama süresince azalmıştır. 2-metil-1-butanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik keçi tereyağında tespit edilememiştir (Çizelge 4.38). Peterson and Reineccius (2003a) tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada 2-metil butanal miktarını 4,9  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit etmişlerdir.

3-metil-1-butanal inek tereyağında 1. günde (46,18 µg/100 g), 30. günde (13,28 µg/100 g), 60. günde (9,04 µg/100 g) ve 90. günde (5,14 µg/100 g) tespit edilmiş ve miktarı depolama süresince azalmıştır. Koyun tereyağında 30. (2,44 µg/100 g), 60. (3,84 µg/100 g) ve 90. (5,01 µg/100 g) günlerde; keçi tereyağında 1. (0,96 µg/100 g) ve 60. (3,08 µg/100 g) günlerde tespit edilmiş ve her iki tereyağı çeşidinde de miktar giderek artmıştır. 3-metil-1-butanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki butanal-3-metil miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 0,75 µg/100 g, 30. gününde 18,15 µg/100 g, 60. gününde 5,53 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Peterson and Reineccius (2003a) tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada 3-metil butanal miktarını 11,9 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, butanal, 3-metil miktarı, tereyağı çeşidinde çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. 3-metilbutanalın öncüsü olarak lösin aminoasidi kabul edilir. 3-metilbutanalın aroması peynirlerde baharatlı, olgunlaşmamış, maltımsı olarak karakterize edilir. Bu bileşiğin aromaya etkisinin konsantrasyonuna ve diğer uçucu bileşiklerle etkileşimine bağlı olduğu belirtilmektedir (Nogueira *et al.* 2005).

2,4-hekzadienal sadece keçi tereyağında depolamanın 30. (1,54 µg/100 g), 60. (2,79 µg/100 g) ve 90. (4,16 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktarı depolama süresince artmıştır. 2,4-hekzadienal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve koyun tereyağlarında tespit edilememiştir (Çizelge 4.38).

Pentanal inek ve keçi tereyağlarında depolamanın sadece 1. gününde (7,69 µg/100 g ve 0,47 µg/100 g) tespit edilmiştir. Pentanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı



örneklerinde yaptıkları çalışmada, pentanal miktarı tereyağı çeşidi ve depolama süresi üzerine çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Hekzanal inek tereyağında depolamanın 1. (15,55  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (8,09  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (5,72  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,46  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde; koyun tereyağında 1. (1,10  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,78  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde; keçi tereyağında ise 1. (1,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (1,15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (1,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş; inek ve koyun tereyağında depolama süresince azalmış, keçi tereyağında artış ve azalış göstermiştir. Hekzanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, hekzanal miktarı tereyağı çeşidinde önemsiz ( $p>0,05$ ), depolama süresinde önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Panseri *et al.* (2011), 4°C'de 6 ay depoladıkları tatlı krema tereyağı örneklerinde, hekzanal miktarını taze tereyağında 15,12 ng/g, 6. ayın sonunda 86,24 ng/g olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012) ise kontrol krema tereyağında hekzanal miktarını depolamanın 1. gününde 2,79  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. gününde 51,30  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 60. gününde 347,92  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007) soğuk depolama ve paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada hekzanal miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 1,3; 0; 0 ve 0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 3,6; 36,0; 0 ve 0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 64,39; 0 ve 0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003a) tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada hekzanal miktarını 29,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit etmişlerdir.

Heptanal sadece inek tereyağında depolamanın 1. (7,40  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (6,15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,47  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,22  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş ve miktarı sürekli azalmıştır. Heptanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir (Çizelge 4.38). Mallia *et al.* (2008b), tereyağlar

üzerine yaptığı bir çalışmada, heptanal miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresinin istatistiki olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) derecede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Heptanal gibi düz zincirli aldehitler doymamış yağ asitlerinin  $\beta$ -oksidasyonu ile oluşabilmektedir (Ayad *et al.* 1999).

Oktanal sadece inek tereyağında depolamanın 1. (1,91  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,60  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş ve miktarı depolama süresince azalmıştır. Oktanal üzerine tereyağı çeşidi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresinin etkisi çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresi önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir (Çizelge 4.38).

2-metil-1-pentanal, koyun tereyağında depolamanın 1. gününde (0,73  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve keçi tereyağında 30. gününde (2,02  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) tespit edilmiş, inek tereyağında tespit edilememiştir. 2-metil-1-pentanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Nonanal, inek tereyağında depolamanın 1. (1,76  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,22  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,43  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,08  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; koyun tereyağında sadece 1. günde (0,74  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve keçi tereyağında 1. (2,03  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (3,81  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,17  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,93  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiştir. Miktarlarda dalgalanmalar olmuştur. Nonanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada, nonanal miktarını 43,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtılmış, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, nonanal miktarını 83  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, nonanal miktarı tereyağı çeşidinde önemli ( $p<0,05$ ), depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Nonanal gibi düz zincirli aldehitler doymamış yağ asitlerinin  $\beta$ -oksidasyonu ile oluşabilirler (Ayad *et al.* 1999).

2-dekanal sadece koyun tereyağında depolamanın 60. (3,20 µg/100 g) ve 90. (2,39 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktar giderek azalmıştır. 2-dekanal üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve keçi tereyağında tespit edilememiştir (Çizelge 4.38).

Benzaldehit, inek tereyağında depolamanın 60. (2,18 µg/100 g) ve 90. (1,13 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 90. gününde (2,99 µg/100 g); keçi tereyağında 60. (18,43 µg/100 g) ve 90. (14,56 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktarlar giderek azalmıştır. Benzaldehit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki benzaldehit miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,26 µg/100 g, 30. günde 2,34 µg/100 g ve 60. günde 25,18 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Benzaldehitin sütte doğal olarak bulunan benzoik asidin indirgenmesi ile oluşabileceği belirtilmiştir (Quach *et al.* 1999). Benzaldehit, sinamik asit ve fenilasetaldehitin oksidasyon reaksiyonlarından oluşur ve acıbadem aromasına sahiptir (Molimard and Spinnler 1996).

Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada, 2-nonenal miktarını 10,0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtılmış kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, metional miktarını 0,95 µg/kg yağ ve (E)-2-nonenal miktarını 43 µg/kg yağ olarak belirlemişlerdir. miktarını 83 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b) doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada depolama süresinin ilk haftasında doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde 3-metilbutanal (koku tanımı; meyvemsi/maltımsı), hekzanal (koku tanımı; çimenimsi, metalik), (E)-2-hekzanal (koku tanımı; sabunumsu, yağlı, çimenimsi), heptanal (koku tanımı; çimenimsi, yağlı), (E)-2-nonenal (koku tanımı; çimenimsi) (Z)-2-nonenal (koku tanımı; meyve) ve trans-4,5-epoksi-2-dekanal T (koku tanımı; yağlı, metalik) miktarlarını zayıf, nonenal miktarını

orta (koku tanımı; sabunumsu, süt) olarak tespit etmişlerdir. Geleneksel tereyağı örneklerinde ise hekzanal, (E)-2-hekzanal, heptanal, nonanal, (E)-2-nonenal, (Z)-2-nonenal, (E,E)-2,4-nonadienal (koku tanımı; metalik, sabunumsu), (E)-2-undekenal (koku tanımı; hayvan, çimenimsi,) ve trans-4,5-epoksi-2-dekenal T miktarlarını zayıf, 3-metilbutanal miktarını orta olarak tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artış göstermişlerdir. Povolo and Contarini (2003), PT (purge-and-trap) ve SPME (solid-phase microextraction) metotlarıyla tereyağındaki uçucu fraksiyonları belirledikleri çalışmada PT metoduyla 2-metilpropanal, butanal, 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, hekzanal, heptanal, 2-heptenal, oktanal, 2-oktenal, nonanal, dekanal, 2-dekanal, benzaldehit bileşiklerini ve SPME metoduyla asetaldehit ve hekzanal bileşiklerini tespit etmişlerdir. Kim *et al.* (2005), kanola yağı ve kaprilik asit içeren tereyağı ve bitkisel yağların duyusal değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada saf tereyağında GC-MS metoduyla 2-heptanal bileşiğini saptamışlardır.

**Çizelge 4.38.** Tereyağı örneklerinde belirlenen aldehit bileşikleri (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler  | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                   |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 867  | 7.406  | Butanal           | 1                     | 0,57±0,08       | -              | -             | 52,80**              | 110,24**            | 59,66**  |
|      |        |                   | 30                    | 0,93±0,09       | -              | 3,11±0,5      |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 914  | 8.115  | 2-metil-1-butanal | 1                     | 5,84±0,22       | -              | -             | 96,20**              | 62,92**             | 128,21** |
|      |        |                   | 30                    | -               | 2,98±0,59      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 0,96±0,44       | 1,29±0,36      | -             |                      |                     |          |
| 919  | 8.205  | 3-metil-1-butanal | 1                     | 46,18±0,41      | -              | 0,96±0,52     | 2034,63**            | 523,54**            | 740,07** |
|      |        |                   | 30                    | 13,28±0,23      | 2,44±0,35      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 9,04±0,73       | 3,84±0,50      | 3,08±0,85     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 5,14±1,33       | 5,01±0,61      | -             |                      |                     |          |
| 922  | 9.225  | 2,4-hekzadienal   | 1                     | -               | -              | -             | 63,77**              | 11,11**             | 11,11**  |
|      |        |                   | 30                    | -               | -              | 1,54±0,71     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | -               | -              | 2,79±1,21     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | -               | -              | 4,16±0,52     |                      |                     |          |
| 925  | 9.650  | Pentanal          | 1                     | 7,69±1,52       | -              | 0,47±0,30     | 46,41**              | 55,53**             | 46,41**  |
|      |        |                   | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 1085 | 12.509 | Hekzanal          | 1                     | 15,55±0,91      | 1,10±0,01      | 1,13±0,21     | 417,05**             | 74,93**             | 55,02**  |
|      |        |                   | 30                    | 8,09±0,18       | -              | 1,15±0,41     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 5,72±0,84       | -              | 1,04±0,26     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 2,46±1,48       | 0,78±0,06      | -             |                      |                     |          |
| 1174 | 15.800 | Heptanal          | 1                     | 7,40±1,31       | -              | -             | 213,43**             | 16,48**             | 16,48**  |
|      |        |                   | 30                    | 6,15±0,14       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 4,47±1,16       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 1,22±0,60       | -              | -             |                      |                     |          |

Çizelge 4.38. (devam)

|                                      |        |                    |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|--------------------------------------|--------|--------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI                                   | RT     | Uçucu bileşikler   | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1284                                 | 19.013 | Oktanal            | 1                     | 1,91±0,91       | -              | -             | 28,65**              | 5,63*               | 5,63**  |
|                                      |        |                    | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 60                    | 1,15±0,13       | -              | -             |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 90                    | 0,60±0,30       | -              | -             |                      |                     |         |
| 1384                                 | 22.108 | 2-metil-1-pentanal | 1                     | -               | 0,73±0,02      | -             | 7,19**               | 8,32**              | 11,70** |
|                                      |        |                    | 30                    | -               | -              | 2,02±0,93     |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
| 1398                                 | 22.267 | Nonanal            | 1                     | 1,76±0,26       | 0,74±0,02      | 2,03±0,09     | 206,74**             | 35,70**             | 24,33** |
|                                      |        |                    | 30                    | 5,22±0,74       | -              | 3,81±0,50     |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 60                    | 3,43±0,12       | -              | 3,17±0,04     |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 90                    | 1,08±0,51       | -              | 2,93±0,06     |                      |                     |         |
| 1518                                 | 25.940 | 2-dekanal          | 1                     | -               | -              | -             | 152,78**             | 53,06**             | 53,06** |
|                                      |        |                    | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 60                    | -               | 3,20±0,62      | -             |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 90                    | -               | 2,39±0,12      | -             |                      |                     |         |
| 1542                                 | 26.304 | Benzaldehit        | 1                     | -               | -              | -             | 114,98**             | 66,83**             | 41,40** |
|                                      |        |                    | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 60                    | 2,18±0,19       | -              | 18,43±2,67    |                      |                     |         |
|                                      |        |                    | 90                    | 1,13±0,77       | 2,99±0,61      | 14,56±2,70    |                      |                     |         |
|                                      |        |                    |                       |                 |                |               |                      |                     |         |
| Toplam aldehit bileşikleri (12 adet) |        |                    |                       | 159,15          | 27,49          | 66,38         |                      |                     |         |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.2. Ketonlar

Ketonlar keto-asit ve metil ketonların dekarboksilasyonu sonucu yağ asitlerinin enzimatik oksidasyonu ile oluşurlar (McSweeney and Sousa 2000). 3-hidroksi-2-butanon literatürde aynı zamanda asetoin veya asetil metil karbinol olarak ifade edilir ve diasetil metabolizmasından (Rehman *et al.* 2000) veya laktozun laktik asite dönüşümü sırasında pürivat metabolizmasından oluşmaktadır (Nogueira *et al.* 2005). Diasetilin indirgenmesiyle asetoin, asetoinin indirgenmesiyle 2-3 butandiol, ardından 2-butanon ve son olarak da 2-butanol oluştuğu belirtilmektedir (Izco and Torre 2000).

Tereyağı örneklerinde depolama süresince 10 adet keton bileşiği tespit edilmiş ve bu bileşikler Çizelge 4.39'da toplu olarak verilmiştir.

2-propanon (Aseton) inek tereyağında depolamanın 1. (6,56 µg/100 g), 30. (5,64 µg/100 g), 60. (4,73 µg/100 g) ve 90. (3,15 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktarı giderek azalmıştır. Koyun tereyağında 1. (1,73 µg/100 g), 30. (7,85 µg/100 g), 60. (11,15 µg/100 g) ve 90. (13,01 µg/100 g) günlerde; keçi tereyağında 1. (1,16 µg/100 g), 30. (2,52 µg/100 g), 60. (3,11 µg/100 g) ve 90. (5,67 µg/100 g) günlerde tespit edilmiş ve her iki tereyağı çeşidinde de miktar giderek artmıştır. 2-propanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, 2-propanon miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresinin etkisi istatistiki olarak çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Şenel (2006) de, krema tereyağında aseton miktarını 1. günde 1,98 ppm, 15. günde 2,69 ppm, 30. günde 1,57 ppm, 45. günde 2,26 ppm ve 60. günde 1,39 ppm olarak tespit etmiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-propanon miktarını kontrol örnekte 1. günde 4,75 µg/100 g, 30. günde 12,91 µg/100 g, 60. günde de 62,32 µg/100 g olarak bulmuştur. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında aseton miktarını depolamanın bütün günlerinde iz miktarda belirlemişlerdir.

2-butanon inek tereyağında depolamanın 1. (4,89 µg/100 g), 30. (5,67 µg/100 g) ve 60. (5,93 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağının 1. (2,60 µg/100 g) ve 60. (6,29 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktar her iki tereyağı çeşidinde de artmıştır. 2-butanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir. Mallia *et al.* (2008b), tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada 2-butanon miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresinin etkisini çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulmuşlardır. Şenel (2006), yoğurttan üretilen Yayık tereyağları ve krema tereyağlarıyla yaptıkları çalışmada, 2-butanon miktarını krema tereyağlarında depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 1,28; 2,30; 1,36; 1,75 ve 0,73 ppm olarak belirlemiştir. Gündoğdu (2012) da, krema tereyağındaki 2-butanon miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 14,95 µg/100 g, 30. gününde tespit edilememiş ve 60. gününde 12,25 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında 2-butanon miktarını depolamanın bütün günlerinde iz miktarda belirlemişlerdir.

3-metil-2-pentanon inek tereyağında depolamanın 30. gününde (5,16 µg/100 g) ve keçi tereyağında 60. gününde (4,26 µg/100 g) tespit edilmiştir. 3-metil-1,2-pentanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir.

2,3-butandion (Diasetil) sadece inek tereyağında depolamanın 1. (20,90 µg/100 g), 30. (12,40 µg/100 g), 60. (5,12 µg/100 g) ve 90. (2,15 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktar giderek azalmıştır. 2,3-butandion üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında diasetil miktarını depolamanın bütün günlerinde iz miktarda belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b) doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada 2,3-butandion miktarı tereyağı çeşidinde çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Bakırcı *et al.* (2002), farklı kültür kullanarak ürettikleri



tereyağı örneklerinde +4°C ve -18°C olmak üzere 4 aylık depolama periyodu boyunca diasetil miktarını 0,31-3,20 ppm olarak tespit etmişlerdir. Karatepe ve Patır (2012), taze kontrol örnekte diasetil miktarını 62,41 ppm olarak saptamışlardır. Macciola *et al.* (2008) süt, fermente süt ürünleri ve tereyağında gaz kromatografisi yöntemiyle diasetil miktarını tereyağında ortalama 21 µg/g olarak tespit etmişlerdir. Şenel (2006) yoğurttan üretilen Yayık tereyağları ve krema tereyağlarıyla yaptıkları çalışmada diasetil miktarını krema tereyağlarında depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 3,37, 4,41, 4,74, 1,77 ve 3,57 ppm olarak belirlemiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-3, butandion miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 5,16 µg/100 g, 30. gününde 6,33 µg/100 g olarak tespit etmiş, 60. gününde tespit edememiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketleme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, diasetil miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla, parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0,8; 0; 1,8 ve 3,4 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 0; 7,4; 4,7 ve 0 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 64,39; 0 ve 0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada 2,3-butandion miktarını 6,6 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtıl işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, 2,3-butandion miktarını 3,8 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Diasetilin ön maddesi sitrik asittir ve inek sütü yaklaşık olarak litrede 1750 mg sitrat içerir. Biyokimyasal yol; sitrat-okzalasetat-pürivat-asetolaktat-diasetil-2,3-butandiol'dür (Macciola *et al.* 2008).

2-pentanon inek tereyağında depolamanın 1. (9,04 µg/100 g), 30. (8,17 µg/100 g), 60. (12,81 µg/100 g) ve 90. (20,80 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 1. (4,47 µg/100 g), 30. (3,94 µg/100 g), 60. (7,26 µg/100 g) ve 90. (9,83 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında 1. (3,47 µg/100 g), 30. (2,60 µg/100 g), 60. (5,52 µg/100 g) ve 90. (7,12 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve bütün tereyağı çeşitlerinde miktar dalgalanma göstermiştir. 2-pentanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b),

doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada 2-pentanon miktarı tereyağı çeşidi ve depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-pentanon miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 14,65 µg/100 g, 30. gününde 140,80 µg/100 g, 60. gününde 533,43 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

2-heptanon inek tereyağında depolamanın 1. (27,38 µg/100 g), 30. (50,68 µg/100 g), 60. (62,24 µg/100 g) ve 90. (58,49 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 90. gününde (5,14 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (3,29 µg/100 g), 30. (10,79 µg/100 g), 60. (25,58 µg/100 g) ve 90. (27,74 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş miktar depolama boyunca dalgalanma göstermiştir. 2-heptanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, 2-heptanon miktarı üzerine tereyağı çeşidi önemsiz ( $p>0,05$ ), depolama süresi ise çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağında 2-heptanon miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 43,61 µg/100 g, 30. gününde 161,86 µg/100 g ve 60. gününde 1137,53 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 2-heptanon miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 23,7; 19,9; 34,7 ve 7,2 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 38,9; 51,0; 57,5 ve 9,1 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 26,5; 51,4; 19,0 ve 6,1 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtılmış işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, 2-heptanon miktarını 1294 µg/kg olarak belirlemişlerdir.

2-oktanon sadece keçi tereyağında depolamanın 1. (0,44 µg/100 g), 30. (1,37 µg/100 g) ve 60. (4,28 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktar giderek artmıştır. 2-oktanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi

interaksiyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve koyun tereyağlarında tespit edilememiştir.

3-hidroksi, 2-butanon (Asetoin), inek tereyağında depolamanın 1. (77,64  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (13,23  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (5,81  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,12  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş ve miktar depolama süresince azalmıştır. Keçi tereyağında depolamanın 60. gününde (6,05  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) tespit edilmiştir. 3-hidroksi, 2-butanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksiyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir. Adahchour *et al.* (1999), SPE (solid-phase extraction) ve GC-MS (gas chromatography–mass spectrometry) tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, 3-hidroksi, 2-butanon miktarını 6,3 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki asetoin miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 23,79  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. gününde 202,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. gününde 245,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

2-nonanon inek tereyağında depolamanın 1. (4,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (7,00  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (12,02  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (38,91  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 1. (3,06  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (6,69  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (16,48  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (43,60  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş ve miktar depolama boyunca artış göstermiştir. 2-nonanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksiyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde, 2-nonanon miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulmuşlardır. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-nonanon miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 16,61  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. gününde 34,28  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 60. gününde 301,63  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

2-undekanon inek tereyağında depolamanın 1. (0,78  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (4,54  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (8,72  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (12,53  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 30. (3,23  $\mu\text{g}/100$

g) ve 60. (8,53 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktar depolama boyunca artış göstermiştir. 2-undekanon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) düzeyde etkili bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, 2-undekanon miktarı tereyağı çeşidi ve depolama süresinden  $p<0,001$  seviyesinde etkilenmiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-undekanon miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 2,16 µg/100 g, 30. gününde 2,87 µg/100 g ve 60. günde 8,87 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

Peterson and Reineccius (2003a), tatlı krema tereyağında; 1-hekzen-3-on miktarını 0,004 µg/kg, 1-okten-3-on miktarını 0,58 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtıl işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında ise 1-hekzen-3-on miktarını 0,38 µg/kg, 1-okten-3-on miktarını 6,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, ilk hafta doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde 2-propanon (koku tanımı; solvent) miktarını zayıf, 2-3 butandion (koku tanımı; kremamsı), 2-heptanon (koku tanımı; sabunumsu, yağlı), 1-okten-3-on (koku tanımı; toprak, mantar), 2-nonanon (koku tanımı; süt) ve 2-undekanon (koku tanımı; süt, ceviz) miktarlarını orta olarak tespit etmişlerdir. Geleneksel tereyağı örneklerinde ise 2-propanon, 2-heptanon, 2-undekanon miktarlarını zayıf, 2-3 butandion, 1-okten-3-on, 2-nonanon miktarlarını orta olarak tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artış göstermişlerdir. Povolo and Contarini (2003), PT ve SPME metotlarıyla tereyağında; PT metoduyla aseton, 2-butanon, 2-pentanon, diasetil, 2,3-pentanedion, 2-heptanon, asetoin, 2-nonanon bileşiklerini ve SPME metoduyla aseton, 2-butanon, 2-pentanon, diasetil, 2-hekzanon, 2-heptanon, asetoin, 2-oktanon, 2-nonanon, 8-nonen-2-on, 2-undekanon bileşiklerini tespit etmişlerdir. Kim *et al.* (2005), kanola yağı ve kaprilik asit içeren tereyağı ve bitkisel yağların duyusal değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada, saf tereyağında GC-MS metoduyla 2-undekanon bileşiğini saptamışlardır.

**Çizelge 4.39.** Tereyağı örneklerinde belirlenen keton bileşikleri (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler         | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                          |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 814  | 6.472  | 2-propanon               | 1                     | 6,56±0,36       | 1,73±0,33      | 1,16±0,24     | 27,70**              | 8,96**              | 9,91**   |
|      |        |                          | 30                    | 5,64±0,54       | 7,85±0,79      | 2,52±0,70     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | 4,73±0,24       | 11,15±3,88     | 3,11±0,48     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | 3,15±0,10       | 13,01±2,25     | 5,67±1,73     |                      |                     |          |
| 922  | 7.844  | 2-butanon                | 1                     | 4,89±0,47       | -              | 2,60±0,55     | 244,20**             | 121,99**            | 58,09**  |
|      |        |                          | 30                    | 5,67±0,16       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | 5,93±0,79       | -              | 6,29±0,70     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 935  | 7.852  | 3-metil-2-pentanon       | 1                     | -               | -              | -             | 66,82**              | 88,31**             | 152,79** |
|      |        |                          | 30                    | 5,16±0,72       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | -               | -              | 4,26±0,40     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 973  | 9.538  | 2,3-butandion (Diasetil) | 1                     | 20,90±3,46      | -              | -             | 183,95**             | 31,26**             | 31,26**  |
|      |        |                          | 30                    | 12,40±1,34      | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | 5,12±1,88       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | 2,15±0,74       | -              | -             |                      |                     |          |
| 994  | 9.584  | 2-pentanon               | 1                     | 9,04±0,12       | 4,47±0,02      | 3,47±0,61     | 98,30**              | 49,84**             | 5,78**   |
|      |        |                          | 30                    | 8,17±0,93       | 3,94±0,32      | 2,60±0,40     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | 12,81±1,02      | 7,26±0,92      | 5,52±0,15     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | 20,80±3,62      | 9,83±0,94      | 7,12±0,08     |                      |                     |          |
| 1185 | 15.656 | 2-heptanon               | 1                     | 27,38±6,18      | -              | 3,29±1,45     | 356,05**             | 34,51**             | 8,61**   |
|      |        |                          | 30                    | 50,68±8,66      | -              | 10,79±2,20    |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | 62,24±4,27      | -              | 25,58±1,91    |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | 58,49±2,26      | 5,14±1,27      | 22,74±4,21    |                      |                     |          |
| 1190 | 15.688 | 2-oktanon                | 1                     | -               | -              | 0,44±0,17     | 268,37**             | 106,87**            | 106,87** |
|      |        |                          | 30                    | -               | -              | 1,37±0,21     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 60                    | -               | -              | 4,28±0,44     |                      |                     |          |
|      |        |                          | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |

**Çizelge 4.39. (devam)**

|                                    |        |                                 |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------------------------------------|--------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
| RI                                 | RT     | Uçucu bileşikler                | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 1291                               | 18.985 | 3-hidroksi, 2-butanon (Asetoin) | 1                     | 77,64±5,11      | -              | -             | 535,04**             | 288,85**            | 315,66** |
|                                    |        |                                 | 30                    | 13,23±1,93      | -              | -             |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 | 60                    | 5,81±1,73       | -              | 6,05±0,27     |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 | 90                    | 1,12±0,78       | -              | -             |                      |                     |          |
| 1396                               | 22.102 | 2-nonanon                       | 1                     | 4,84±1,00       | -              | 3,06±0,05     | 89,21**              | 93,20**             | 23,95**  |
|                                    |        |                                 | 30                    | 7,00±0,68       | -              | 6,69±2,29     |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 | 60                    | 12,02±2,55      | -              | 16,48±1,30    |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 | 90                    | 38,91±3,54      | -              | 43,60±8,47    |                      |                     |          |
| 1608                               | 28.044 | 2-undekanon                     | 1                     | 0,78±0,26       | -              | -             | 55,01**              | 20,43**             | 15,91**  |
|                                    |        |                                 | 30                    | 4,54±1,15       | -              | 3,23±0,95     |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 | 60                    | 8,72±2,31       | -              | 8,53±3,12     |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 | 90                    | 12,53±1,37      | -              | -             |                      |                     |          |
|                                    |        |                                 |                       |                 |                |               |                      |                     |          |
| Toplam keton bileşikleri (10 adet) |        |                                 |                       | 519,05          | 64,38          | 200,45        |                      |                     |          |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.3. Esterler

Çeşitli esterler, özellikle C4-C10 yağ asitlerinin etil esterleri, çiğ inek, koyun, keçi ve manda sütlerinde bulunabilirler. Bu esterler pastörizasyon sonrası mikrobiyal bulaşma ve mikrobiyal aktivite sonucu pastörize sütte de bulunabilirler. Bu sütlerde esterler koku aktif bileşiklerdir (Liu *et al.* 2004). Esterler, fermente süt ürünlerinde bulunan lezzet etkili bileşiklerdir. Düşük konsantrasyonlarda lezzet dengesine olumlu katkı sağlamalarına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda meyvemsi lezzet bozukluklarına neden olabilirler (Gallois and Langlois 1990; Ertekin ve Seydim 2009).

Aroma aktif esterler kısa veya orta zincirli yağ asitleri ile alkollerin reaksiyonu sonucu oluşan bileşiklerdir (McSweney and Sousa 2000). Starter laktokoklar, starter olmayan heterofermantatif laktik asit bakterileri, psikrotrofik bakteriler ve mayalar da ester oluşturabilirler (Law 1982). Etil esterlerin oluşumu peynirlerde keskin tadın ve acılığın azalması anlamına gelip asitler ve aminlerden kaynaklanırlar (Gallois and Langlois 1990).

Bu araştırmada, tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen 23 adet ester bileşiği Çizelge 4.38’de toplu olarak verilmiştir.

Asetik asit, metil ester tüm tereyağı örneklerinde ve tüm depolama periyotlarında belirlenmiştir. inek tereyağında depolamanın 1. (2,43 µg/100 g), 30. (5,34 µg/100 g), 60. (7,41 µg/100 g) ve 90. (1,84 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 1. (1,68 µg/100 g), 30. (4,64 µg/100 g), 60. (5,70 µg/100 g) ve 90. (8,01 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında 1. (1,50 µg/100 g), 30. (3,99 µg/100 g), 60. (7,07 µg/100 g) ve 90. (6,90 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktar inek tereyağında depolama boyunca dalgalanmalar gösterirken, koyun ve keçi tereyağlarında artış göstermiştir. Asetik asit, metil ester üzerine depolama süresi ve tereyağı × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki asetik asit, metil ester miktarını kontrol örnekte depolamanın 1.

gününde 0,56 µg/100 g, 30. gününde 1,60 µg/100 g, 60. gününde 1,00 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

Asetik asit, etil ester inek tereyağında depolamanın 1. (5,83 µg/100 g), 30. (7,81 µg/100 g), 60. (9,16 µg/100 g) ve 90. (12,57 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 1. (6,27 µg/100 g), 30. (9,25 µg/100 g), 60. (12,44 µg/100 g) ve 90. (24,14 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında 1. (3,71 µg/100 g), 30. (6,85 µg/100 g), 60. (14,84 µg/100 g) ve 90. (17,09 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarları bütün tereyağı çeşitlerinde depolama süresince artış göstermiştir. Asetik asit, etil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki asetik asit, etil ester miktarını kontrol örneğinde depolamanın 1. gününde 2,38 µg/100 g, 30. gününde 251,24 µg/100 g ve 60. gününde 358,50 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, etil asetat miktarını, depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 2,7; 56,9; 123,7 ve 16,7 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 8,4; 130,0; 94,8 ve 88,7 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 105,4; 45,5 ve 50,0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Propanoik asit, metil ester inek tereyağında depolamanın 1. (1,56 µg/100 g), 30. (1,50 µg/100 g), 60. (1,48 µg/100 g) ve 90. (1,13 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 1. (0,86 µg/100 g), 60. (1,51 µg/100 g) ve 90. (0,86 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında 1. (0,78 µg/100 g), 30. (1,47 µg/100 g), 60. (1,30 µg/100 g) ve 90. (1,19 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktarları koyun ve keçi tereyağlarında dalgalanmalar gösterirken, inek tereyağında azalmıştır. Propanoik asit, metil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

Asetik asit, 2-metilpropil ester inek tereyağında depolamanın 60. (6,97 µg/100 g) ve 90. (7,54 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 90. (1,92 µg/100 g) gününde ve keçi tereyağında 30. (0,40 µg/100 g) gününde tespit edilmiş, miktarı inek tereyağında



depolama boyunca artış göstermiştir. Asetik asit, 2-metilpropil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Butanoik asit, metil ester inek tereyağında depolamanın 1. (3,27  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (3,47  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,22  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (3,54  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; koyun tereyağında 1. (3,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (7,80  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (9,53  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (16,35  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde ve keçi tereyağında 1. (1,50  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (1,72  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,63  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (6,37  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarları koyun ve keçi tereyağlarında depolama süresince artış, inek tereyağında artış ve azalış göstermiştir. Butanoik asit, metil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki butanoik asit, metil ester miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde (2,76  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. gününde (35,96  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) tespit etmiştir.

Karbonik asit, dimetil ester inek tereyağında depolamanın 30. (0,85  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,21  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,42  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 30. (0,17  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günde tespit edilmiş, miktar inek tereyağında depolama süresince dalgalanma göstermiştir. Karbonik asit, dimetil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, koyun tereyağında tespit edilememiştir.

Butanoik asit, etil ester inek tereyağında depolamanın 1. (0,76  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (1,33  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,90  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; koyun tereyağında 1. (1,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,89  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (9,55  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (18,62  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 1. (0,49  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (1,63  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (7,26  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (19,21  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarlar bütün tereyağı çeşitlerinde depolama süresince artmıştır. Butanoik asit, etil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki butanoik asit, etil ester miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 67,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 60. günde 65,57  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve

paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, etil butanoat miktarını, depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0; 0; 0 ve 1,8 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 0; 0; 0 ve 0 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 0; 0 ve 0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Asetik asit, butil ester inek tereyağında depolamanın 30. (4,14 µg/100 g), 60. (14,70 µg/100 g) ve 90. (1,29 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 30. (4,34 µg/100 g) ve 60. (5,66 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında ise 30. (1,66 µg/100 g) gününde tespit edilmiştir. Miktarları inek tereyağında dalgalanma gösterirken, koyun tereyağında artmıştır. Asetik asit, butil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki asetik asit, butil ester miktarını kontrol örnekte 30. günde 0,74 µg/100 g ve 60. günde 193,75 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

1-butanol, 3-metil asetat inek tereyağında depolamanın 30. (2,20 µg/100 g) ve 90. (7,79 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 30. (4,11 µg/100 g), 60. (3,91 µg/100 g) ve 90. (9,91 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında 30. (5,17 µg/100 g) gününde tespit edilmiş, miktarı inek ve koyun tereyağlarında depolama boyunca artış göstermiştir. 1-butanol, 3-metil, asetat üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Butanoik asit, 2-metilpropil ester inek tereyağında depolamanın 60. (2,97 µg/100 g) ve 90. (2,07 µg/100) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince azalış göstermiştir. Butanoik asit, 2-metilpropil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşiğe koyun ve keçi tereyağlarında rastlanmamıştır.

Hekzanoik asit, metil ester inek tereyağında depolamanın 90. (4,20 µg/100 g) gününde; koyun tereyağında 1. (2,05 µg/100 g), 30. (6,62 µg/100 g), 60. (8,37 µg/100 g) ve 90. (10,41 µg/100 g) günlerinde; keçi tereyağında 1. (1,13 µg/100 g), 60. (9,55 µg/100 g) ve 90. (9,38 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince koyun

tereyağında artış, keçi tereyağında dalgalanma göstermiştir. Hekzanoik asit, metil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde, hekzanoik asit, metil ester miktarı tereyağı çeşidinde önemsiz ( $p>0,05$ ), depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur.

İsoamil asetoasetat inek, koyun ve keçi tereyağlarında sadece 30. günde ve sırasıyla 2,31  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 6,16  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 4,09  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit edilmiştir. İsoamil asetoasetat üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Hekzanoik asit, etil ester inek tereyağında depolamanın 90. (0,97  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (0,53  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (3,29  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,89  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,94  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 60. (22,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (8,81  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince koyun tereyağında dalgalanma, keçi tereyağında azalış göstermiştir. Hekzanoik asit, etil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki hekzanoik asit, etil ester miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,07  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 6,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 60. günde 5,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

Asetik asit, hekzil ester inek tereyağında 60. (3,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,48  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde; koyun tereyağında 30. (3,28  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günde tespit edilmiş, miktarı inek tereyağında depolama boyunca azalmıştır. Asetik asit, hekzil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik keçi tereyağında tespit edilememiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki asetik asit, metil esteri sadece 60. günde 2,88  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

Heptanoik asit, metil ester koyun tereyağında 60. (4,70  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 90. (5,10  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günde tespit edilmiştir. Heptanoik asit, metil ester üzerine tereyağı

çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, inek tereyağında tespit edilememiştir.

Oktanoik asit, metil ester koyun tereyağında depolamanın 30. (6,70  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (11,54  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (15,53  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 60. (22,88  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (30,69  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı koyun ve keçi tereyağlarında depolama süresince artış göstermiştir. Oktanoik asit, metil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, inek tereyağında tespit edilememiştir.

Oktanoik asit, etil ester koyun tereyağında 30. (4,01  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,06  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde; keçi tereyağında 60. (20,58  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (3,26  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş, miktarı koyun ve keçi tereyağlarında depolama süresince azalmıştır. Oktanoik asit, etil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, inek tereyağında tespit edilememiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki oktanoik asit, etil ester miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 0,63  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. gününde 3,77  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. gününde 9,40  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

Dekanoik asit, metil ester koyun tereyağında depolamanın 1. (3,50  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (5,59  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (8,90  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 60. (14,18  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (18,42  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı koyun ve keçi tereyağlarında sürekli artış göstermiştir. Dekanoik asit, metil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, inek tereyağında tespit edilememiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki dekanok asit, metil ester miktarını kontrol örnekte 1. günde 5,79  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 5,31  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 14,17  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

Undekanoik asit, metil ester koyun tereyağında depolamanın 30. (14,87  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (27,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 90. (1,49  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) gününde tespit edilmiş, miktarı koyun tereyağında sürekli artmıştır. Undekanoik asit, metil ester

üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, inek tereyağında tespit edilememiştir.

Dodekanoik asit, metil ester koyun tereyağında depolamanın 30. (19,85  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (4,59  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde; keçi tereyağında 60. (16,83  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) gününde tespit edilmiş, miktarı koyun tereyağında depolama süresince azalmıştır. Dodekanoik asit, metil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, inek tereyağında tespit edilememiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki dodekanoik asit, metil ester miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,82  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 0,78  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 60. günde 1,55  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak bulunmuştur.

Karbonik asit, dietil ester inek tereyağında depolamanın 30. gününde (3,86  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (1,07  $\mu\text{g}/100$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince azalmıştır. Karbonik asit, dietil ester üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, bu bileşiğe koyun ve keçi tereyağlarında rastlanmamıştır.

Formik asit, pentil ester sadece keçi tereyağında depolamanın 30. (1,05  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,67  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,79  $\mu\text{g}/100$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama boyunca artmıştır. Formik asit, pentil ester üzerine tereyağı çeşidi ve tereyağı  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresi önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur.

1,2-benzendikarboksilik asit dietil ester her üç tereyağı çeşidinde de tüm depolama periyotlarında tespit edilmiştir. İnek tereyağında 1. günde 25,94  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 119,42  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 156,46  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 90. günde 14,49  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit edilmiştir. Koyun tereyağında 1. günde 26,05  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 106,59  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 60,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 90. günde 39,37  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak; keçi tereyağında ise 1.günde 24,47  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 90,11  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 133,86  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  ve 90. günde 224,50  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit edilmiştir. 1,2-benzendikarboksilik asit dietil ester üzerine

tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.38).

Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde ilk haftada asetik asit 2-feniletil ester (zayıf, koku tanımı; çiçek) bileşiği tespit etmiş, geleneksel tereyağı örneklerinde ise tespit edememiştir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artmıştır. Povolo and Contarini (2003), PT ve SPME metotlarıyla tereyağındaki uçucu fraksiyonları belirledikleri çalışmada, PT metoduyla etil asetat, etil butanoat, butil asetat, etil hekzanoat bileşiklerini ve SPME metoduyla etil asetat bileşiği tespit etmişlerdir. Kim *et al.* (2005), kanola yağı ve kaprilik asit içeren tereyağı ve bitkisel yağların duyusal değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada saf tereyağında GC-MS metoduyla dietil fitalat ve etil oleat bileşiklerini saptamışlardır.

**Çizelge 4.40.** Tereyağı örneklerinde belirlenen ester bileşikler (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler                 | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|------|--------|----------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
|      |        |                                  |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 827  | 6.647  | Asetik asit, metil ester         | 1                     | 2,43±0,34       | 1,68±0,46      | 1,50±0,22     | 3,63                 | 32,86**             | 12,10** |
|      |        |                                  | 30                    | 5,34±0,01       | 4,64±0,46      | 3,99±1,84     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 7,41±1,88       | 5,70±0,82      | 7,07±1,44     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 1,84±0,08       | 8,01±0,27      | 9,60±0,77     |                      |                     |         |
| 911  | 7.582  | Asetik asit, etil ester          | 1                     | 5,83±1,27       | 6,27±0,79      | 3,71±0,53     | 15,07**              | 78,08**             | 7,94**  |
|      |        |                                  | 30                    | 7,81±0,64       | 9,25±0,19      | 6,85±1,01     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 9,16±0,40       | 12,44±1,70     | 14,84±0,96    |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 12,57±1,23      | 24,14±4,29     | 17,09±0,09    |                      |                     |         |
| 927  | 7.962  | Propanoik asit, metil ester      | 1                     | 1,56±0,07       | 0,86±0,01      | 0,78±0,06     | 30,23**              | 9,54**              | 15,72** |
|      |        |                                  | 30                    | 1,50±0,21       | -              | 1,47±0,43     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 1,48±0,04       | 1,51±0,16      | 1,30±0,07     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 1,13±0,12       | 0,86±0,07      | 1,19±0,04     |                      |                     |         |
| 985  | 9.358  | Asetik asit, 2-metilpropil ester | 1                     | -               | -              | -             | 46,50**              | 23,25**             | 17,18** |
|      |        |                                  | 30                    | -               | -              | 0,40±0,06     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 6,97±2,14       | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 7,54±1,54       | 1,92±0,85      | -             |                      |                     |         |
| 1002 | 9.796  | Butanoik asit, metil ester       | 1                     | 3,27±0,31       | 3,98±0,04      | 1,50±0,02     | 195,19**             | 77,17**             | 27,43** |
|      |        |                                  | 30                    | 3,47±0,28       | 7,80±0,95      | 1,72±0,10     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 4,22±0,16       | 9,53±0,55      | 3,63±0,76     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 3,54±0,51       | 16,35±1,68     | 6,37±0,82     |                      |                     |         |
| 1018 | 10.042 | Karbonik asit, dimetil ester     | 1                     | -               | -              | -             | 29,55**              | 6,36**              | 5,53**  |
|      |        |                                  | 30                    | 0,85±0,24       | -              | 0,17±0,07     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 1,21±0,56       | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 0,42±0,05       | -              | -             |                      |                     |         |
| 1048 | 11.188 | Butanoik asit, etil ester        | 1                     | 0,76±0,17       | 1,13±0,15      | 0,49±0,40     | 112,16**             | 194,12**            | 35,92** |
|      |        |                                  | 30                    | 1,33±0,16       | 5,89±0,93      | 1,63±0,53     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 60                    | 1,90±0,58       | 9,55±0,96      | 7,26±2,10     |                      |                     |         |
|      |        |                                  | 90                    | 2,98±0,83       | 18,62±1,53     | 19,21±1,23    |                      |                     |         |

Çizelge 4.40. (devam)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler                   | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                                    |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 1072 | 12.273 | Asetik asit, butil ester           | 1                     | -               | -              | -             | 28,10**              | 38,93**             | 15,94**  |
|      |        |                                    | 30                    | 4,14±1,86       | 4,34±0,56      | 1,66±1,81     |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | 14,70±3,21      | 5,66±0,77      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | 1,29±0,49       | -              | -             |                      |                     |          |
| 1125 | 13.749 | 1-butanol, 3-metil, asetat         | 1                     | -               | -              | -             | 49,33**              | 98,48**             | 38,34**  |
|      |        |                                    | 30                    | 2,20±0,82       | 4,11±0,69      | 5,17±0,76     |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | -               | 3,91±0,64      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | 7,79±0,79       | 9,91±1,50      | -             |                      |                     |          |
| 1150 | 14.972 | Butanoik asit, 2-metilpropil ester | 1                     | -               | -              | -             | 81,67**              | 28,95**             | 28,95**  |
|      |        |                                    | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | 2,97±0,09       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | 2,07±0,78       | -              | -             |                      |                     |          |
| 1188 | 15.790 | Hekzanoik asit, metil ester        | 1                     | -               | 2,05±0,03      | 1,13±0,19     | 159,14**             | 141,23**            | 27,87**  |
|      |        |                                    | 30                    | -               | 6,62±0,42      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | -               | 8,37±1,01      | 9,55±0,56     |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | 4,20±1,42       | 10,41±1,27     | 9,38±0,26     |                      |                     |          |
| 1202 | 16.500 | İsoamil asetoasetat                | 1                     | -               | -              | -             | 18,05**              | 256,25**            | 18,05**  |
|      |        |                                    | 30                    | 2,31±0,41       | 6,16±0,57      | 4,09±0,85     |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 1235 | 17.194 | Hekzanoik asit, etil ester         | 1                     | -               | 0,53±0,26      | -             | 230,92**             | 184,01**            | 130,98** |
|      |        |                                    | 30                    | -               | 3,29±0,70      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | -               | 4,89±1,22      | 22,84±1,73    |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | 0,97±0,58       | 0,94±0,45      | 8,81±0,94     |                      |                     |          |
| 1272 | 18.508 | Asetik asit, hekzil ester          | 1                     | -               | -              | -             | 66,08**              | 65,28**             | 126,69** |
|      |        |                                    | 30                    | -               | 3,28±0,51      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 60                    | 3,84±0,40       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                                    | 90                    | 0,48±0,18       | -              | -             |                      |                     |          |



Çizelge 4.40. (devam)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler             | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|------|--------|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
|      |        |                              |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1380 | 22.026 | Heptanoik asit, metil ester  | 1                     | -               | -              | -             | 40,40**              | 53,77**             | 93,90** |
|      |        |                              | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | -               | 4,70±1,03      | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | -              | 5,10±0,36     |                      |                     |         |
| 1387 | 22.090 | Oktanoik asit, metil ester   | 1                     | -               | -              | -             | 200,12**             | 176,87**            | 71,96** |
|      |        |                              | 30                    | -               | 6,70±0,70      | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | -               | 11,54±1,68     | 22,88±3,23    |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | 15,53±2,52     | 30,69±1,34    |                      |                     |         |
| 1462 | 23.407 | Oktanoik asit, etil ester    | 1                     | -               | -              | -             | 62,21**              | 63,33**             | 54,63** |
|      |        |                              | 30                    | -               | 4,01±1,21      | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | -               | 3,06±0,51      | 20,58±3,42    |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | 2,13±0,50      | 3,26±0,43     |                      |                     |         |
| 1602 | 27.900 | Dekanoik asit, metil ester   | 1                     | -               | 3,50±0,66      | -             | 18,57**              | 15,78**             | 6,80**  |
|      |        |                              | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | -               | 5,59±1,06      | 14,18±3,76    |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | 8,90±2,45      | 18,42±8,02    |                      |                     |         |
| 1654 | 27.906 | Undekanoik asit, metil ester | 1                     | -               | -              | -             | 89,49**              | 34,52**             | 37,75** |
|      |        |                              | 30                    | -               | 14,87±3,47     | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | -               | 27,84±5,22     | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | -              | 1,49±0,22     |                      |                     |         |
| 1660 | 27.920 | Dodekanoik asit, metil ester | 1                     | -               | -              | -             | 35,96**              | 43,65**             | 51,49** |
|      |        |                              | 30                    | -               | 19,85±3,83     | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | -               | 4,59±2,47      | 16,83±2,29    |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
| 1679 | 28.444 | Karbonik asit, dietil ester  | 1                     | -               | -              | -             | 44,02**              | 24,07**             | 24,07** |
|      |        |                              | 30                    | 3,86±0,91       | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 60                    | 1,07±0,50       | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                              | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |

**Çizelge 4.40.** (devam)

|                                    |        |                                           |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|------------------------------------|--------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI                                 | RT     | Uçucu bileşikler                          | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1814                               | 33.434 | Formik asit, pentil ester                 | 1                     | -               | -              | -             | 25,41**              | 3,34                | 3,34**  |
|                                    |        |                                           | 30                    | -               | -              | 1,05±1,12     |                      |                     |         |
|                                    |        |                                           | 60                    | -               | -              | 1,67±0,45     |                      |                     |         |
|                                    |        |                                           | 90                    | -               | -              | 1,79±0,36     |                      |                     |         |
| 2360                               | 45.769 | 1,2-benzendikarboksilik asit dietil ester | 1                     | 25,94±3,33      | 26,05±0,94     | 24,47±0,97    | 18,24**              | 24,78**             | 19,92** |
|                                    |        |                                           | 30                    | 119,42±4,57     | 106,59±1,47    | 90,11±2,55    |                      |                     |         |
|                                    |        |                                           | 60                    | 156,46±2,57     | 60,84±69,15    | 133,86±4,87   |                      |                     |         |
|                                    |        |                                           | 90                    | 14,49±0,52      | 39,37±1,55     | 224,50±5,28   |                      |                     |         |
|                                    |        |                                           |                       |                 |                |               |                      |                     |         |
| Toplam ester bileşikleri (23 adet) |        |                                           |                       | 464,72          | 590,26         | 785,28        |                      |                     |         |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.4. Alkoller

Alkoller; laktoz metabolizması, metil ketonların indirgenmesi, amino asit metabolizması ve linoleik veya linolenik asidin parçalanması gibi farklı metabolik yollarla oluşabilmektedir (Molimard and Spinnler 1996; Collins *et al.* 2003). Metil alkoller, dallanmış zincirli aminoasitlerin metabolizması sonucu oluşur. 3-metilbutanol bileşiği uygun aldehidin redüksiyonu ile oluşur ve lösinden türetilmiştir. 3-metilbutanol birçok yumuşak peynirde hafif tatlımsı ve taze tattan sorumludur (Nogueira *et al.* 2005).

Etanol laktoz veya sitrat fermantasyonuyla (Marilley and Casey, 2004) veya alanin katabolizmasıyla (Izco and Torre 2000) oluşur. Geri kalan birincil alkollerin yağ asidi veya amino asit metabolizmasından üretilen bazı aldehitlerden oluştuğu (McSweeney and Sousa 2000), Fox *et al.* (1995) de etanolün peynirlerde starter bakteri ve mayalar tarafından laktoz fermantasyonu ile oluştuklarını belirtmiştir. 1-propanol, 1-butanol, 1-pentanol, 1-hekzanol gibi birincil alkoller bazı aldehitlerin ve metil ketonların redüksiyonu ile oluşurlar (Arora *et al.* 1995). İkincil alkollerin çoğu uygun metil ketonların enzimatik indirgenmesiyle oluşur (Collins *et al.* 2003).

Fenilalaninin strecker reaksiyonu feniletanol üretiminden sorumludur. Ancak çoğu durumda bu reaksiyon maya metabolizmasından kaynaklanmaktadır. Bazı *L. lactis* suşlarının da önemli miktarda feniletanol ürettiği belirtilmiştir (Nogueira *et al.* 2005).

Bu araştırmada, tereyağı örneklerinde depolama süresince 24 adet alkol tespit edilmiş ve bu bileşikler Çizelge 4.41’de verilmiştir.

2-propanol inek tereyağında depolamanın 60. (7,75 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (1,24 µg/100 g), 60. (2,94 µg/100 g) ve 90. (1,70 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (1,35 µg/100 g), 30. (2,21 µg/100 g), 60. (3,94 µg/100 g) ve 90. (6,85 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarı koyun tereyağlarında depolama süresince artış ve azalış gösterirken keçi tereyağında artmıştır. 2-propanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p < 0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağında 2-propanol miktarını 1. günde 0,50 µg/100 g, 30. günde 0,39 µg/100 g, 60. günde 1,65 µg/100 g olarak bulmuştur.

Etanol üç çeşit tereyağı örneğinde de tüm periyotlarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.39). İnek tereyağında depolamanın 1. (7,23 µg/100 g), 30. (14,37 µg/100 g), 60. (47,69 µg/100 g) ve 90. (7,43 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (31,28 µg/100 g), 30. (42,85 µg/100 g), 60. (58,80 µg/100 g) ve 90. (6,64 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (8,04 µg/100 g), 30. (12,64 µg/100 g), 60. (35,20 µg/100 g) ve 90. (6,34 µg/100 g) günlerinde olarak tespit edilmiştir. Miktarı bütün tereyağı çeşitlerinde depolama süresince dalgalanma göstermiştir. Etanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, etanol miktarı tereyağı çeşidi ve depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki etanol miktarını kontrol örnekte 1. günde 65,11 µg/100 g, 30. günde 36,20 µg/100 g, 60. günde 48,88 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında etanol miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 161,41; 111,99; 99,41; 604,51 ve 946,40 ppm olarak belirlemişlerdir.

2-pentanol inek tereyağında depolamanın 1. (1,45 µg/100 g), 30. (5,37 µg/100 g), 60. (21,19 µg/100 g) ve 90. (44,61 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (0,87 µg/100 g), 60. (8,34 µg/100 g) ve 90. (1,73 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (7,92 µg/100 g), 30. (5,89 µg/100 g), 60. (3,76 µg/100 g) ve 90. (8,17 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince inek tereyağında artış, koyun ve keçi tereyağlarında dalgalanma göstermiştir. 2-pentanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-pentanol miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,01 µg/100 g, 30. günde 0,99 µg/100 g, 60. günde 7,61 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

1-butanol inek tereyağında depolamanın 60. (1,32 µg/100 g) ve 90. (3,91 µg/100 g); keçi tereyağında 60. (15,15 µg/100 g) ve 90. (4,71 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince inek tereyağında artış, keçi tereyağında azalmıştır. 1-butanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir (Çizelge 4.41). Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 1-butanol

miktarını kontrol örnekte 1. günde 4,66 µg/100 g, 30. günde 102,79 µg/100 g, 60. günde 476,98 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

1-oktanol koyun tereyağında depolamanın 90. (0,32 µg/100 g); keçi tereyağında 30. (2,60 µg/100 g), 60. (6,09 µg/100 g) ve 90. (5,30 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama boyunca keçi tereyağında artış ve azalış göstermiştir. 1-oktanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek tereyağında bulunmamıştır.

2-propanol,1-metoksi inek tereyağında depolamanın 1. (5,25 µg/100 g), 30. (2,62 µg/100 g), 60. (2,36 µg/100 g) ve 90. (1,95 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (4,74 µg/100 g), 30. (3,59 µg/100 g) ve 90. (1,95 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (3,82 µg/100 g), 30. (3,03 µg/100 g) ve 60. (1,50 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı inek tereyağında dalgalanma, koyun ve keçi tereyağlarında azalış göstermiştir. 2-propanol, 1-metoksi üzerine depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi ve tereyağı × depolama süresi interaksyonu önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Adahchour *et al.* (1999), SPE (solid-phase extraction) ve GC-MS (gas chromatography–mass spectrometry) tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada 1-metoksi-2-propanol miktarını 7,4 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

3-metil-1-butanol inek tereyağında depolamanın 30. (8,30 µg/100 g), 60. (14,28 µg/100 g) ve 90. (15,49 µg/100 g); koyun tereyağında 90. (6,86 µg/100 g); keçi tereyağında 30. (5,08 µg/100 g) ve 90. (18,22 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Miktar depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında artmıştır. 3-metil-1-butanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 3-metil-1-butanol miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,40 µg/100 g, 30. günde 77,85 µg/100 g, 60. günde 101,58 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

İsoamil alkol inek tereyağında 90. (8,55 µg/100 g); koyun tereyağında 30. (9,06 µg/100 g) ve 90. (4,06 µg/100 g); keçi tereyağında 90. (7,38 µg/100 g) günlerde tespit edilmiş,

miktarı keçi tereyağında sürekli azalmıştır. İsoamil alkol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

1-pentanol inek tereyağında 1. (5,88  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,43  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (3,42  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (11,55  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (6,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,75  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (6,96  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,68  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (5,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (4,60  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş, miktar bütün tereyağı çeşitlerinde depolama süresince azalmıştır. 1-pentanol üzerine depolama süresi ve tereyağı  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 1-pentanol miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,66  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 5,55  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 33,45  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

1-pentanol, 3-metil sadece inek tereyağında bulunmuş, depolamanın 30. (1,83  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. 1-pentanol, 3-metil üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

2-heptanol inek tereyağında depolamanın 1. (0,30  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (18,24  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (22,86  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (35,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (2,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,21  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (18,23  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (21,88  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (26,52  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (41,23  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında artış göstermiş, koyun tereyağında azalmıştır. 2-heptanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-heptanol miktarını kontrol örnekte sadece 60. günde ve 3,08  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

5-metil-2-hekzanol inek ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir. Koyun tereyağında ise 1. günde (1,14  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 30. günde (3,95  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) bulunmuş ve miktarı

artmıştır. 5-metil-2-hekzanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

1-hekzanol inek tereyağında depolamanın 1. (1,66  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (4,73  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (8,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (14,45  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (2,35  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); 30. (4,28  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (5,20  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (10,40  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (3,93  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,76  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (7,05  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (8,38  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktar bütün tereyağı çeşitlerinde depolama boyunca artmıştır. 1-hekzanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada 1-hekzanol miktarı tereyağı çeşidinde çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresinde çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 1-hekzanol miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,19  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 93,08  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 562,89  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

2-hepten-1-ol inek tereyağında depolamanın 30. (1,01  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 30. (2,32  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (2,58  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. 2-hepten-1-ol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) olmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir.

2-dekanol inek tereyağında depolamanın 30. (5,24  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (6,99  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (12,82  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 30. (0,58  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (11,26  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktar depolama boyunca her iki tereyağı çeşidinde de artmıştır. 2-dekanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşiğe koyun tereyağında rastlanmamıştır.

2-nonanol inek tereyağında depolamanın 30. (2,15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (5,92  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 30. (8,06  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (29,45  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş,

miktarı depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında artmıştır. 2-nonanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki 2-nonanol miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,00  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 0,27  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiş, 60. günde bulamamıştır.

1-pentadekanol koyun tereyağında 1. (0,68  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (0,37  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,87  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiştir. 1-pentadekanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşiğe inek tereyağında rastlanmamıştır.

1 heptanol-6-metil koyun tereyağında depolamanın 30. (2,28  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (2,78  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. 1-heptanol-6-metil üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve keçi tereyağlarında bulunmamıştır.

6-okten-1-ol, 3,7-dimetil keçi tereyağında depolamanın 1. (1,65  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (4,78  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (3,03  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktar depolama boyunca dalgalanmıştır. 6-okten-1-ol, 3,7-dimetil üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve koyun tereyağlarında tespit edilememiştir.

Heptanol keçi tereyağında depolamanın 30. (1,63  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (3,30  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince artmıştır. Heptanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, bu bileşiğe inek ve koyun tereyağlarında rastlanmamıştır.

2,3-butandiol inek tereyağında depolamanın 30. (25,07  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (35,81  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 30. (14,77  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. 2,3-butandiol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema



tereyağındaki 2,3-butandiol miktarını kontrol örnekte 1. günde tespit etmemiş, 30. günde 17,80 µg/100 g, 60. günde 26,97 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Adahchour *et al.* (1999), SPE (solid-phase extraction) ve GC-MS (gas chromatography–mass spectrometry) tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada 2,3-butandiol miktarını 4,7 mg/kg olarak saptamışlardır.

2-butanol-3-metil koyun tereyağında depolamanın 30. (18,77 µg/100 g), 60. (7,71 µg/100 g) ve 90. (2,06 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama boyunca azalmıştır. 2-butanol-3-metil üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşiğe inek ve keçi tereyağlarında rastlanmamıştır.

1-nonanol keçi tereyağında depolamanın 1. (1,84 µg/100 g), 30. (2,62 µg/100 g) ve 60. (1,09 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince dalgalanma göstermiştir. 1-nonanol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve koyun tereyağlarında bulunmamıştır.

Feniletıl alkol koyun tereyağında depolamanın 30. (7,56 µg/100 g), 60. (4,91 µg/100 g) ve 90. (2,54 µg/100 g); keçi tereyağında 30. (4,09 µg/100 g), 60. (24,08 µg/100 g) ve 90. (35,87 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince koyun tereyağında azalmış, keçi tereyağında artmıştır. Feniletıl alkol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşiğe inek tereyağında rastlanmamıştır.

Peterson and Reineccius (2003b), ısıtıl işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, furaneol miktarını 233,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde, ilk haftada 2-metil-3-buten-2-ol (koku tanımı; solvent/çimenimsi), (E)-2-hekzenol (koku tanımı; meyvemsi/sevimsiz koku), 2-pentanol (koku tanımı; çimenimsi, küf), 2-heptanol (koku tanımı; çimenimsi,

yağlı), 1-okten-3-ol (koku tanımı; mantar) ve 1-oktanol (koku tanımı; mantar) miktarlarını zayıf, etanol (koku tanımı; meyvemsi/alkol) ve 2-metil-1-butanol (koku tanımı; yağlı) miktarını orta olarak tespit etmişlerdir. Geleneksel tereyağı örneklerinde ise etanol, 2-metil-3-buten-2-ol, (E)-2-hekzenol, 2-pentanol, 2-heptanol, 1-okten-3-ol ve 1-oktanol miktarlarını zayıf, 2-metil-1-butanol miktarını orta olarak tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artış göstermişlerdir. Povolito and Contarini (2003), PT ve SPME metotlarıyla tereyağındaki uçucu fraksiyonları belirledikleri çalışmada PT metoduyla 2-propanol, isobutanol, 2,3-butilen glisol, 1-butanol, 3-metil-1-butanol, 1-pentanol, 1-hekzanol, 1-okten-3-ol, 1-oktanol bileşiklerini ve SPME metoduyla etanol, 3-metil-1-butanol, 1-hekzanol bileşiklerini tespit edilmiştir. Adahchour *et al.* (1999), SPE (solid-phase extraction) ve GC-MS (gas chromatography–mass spectrometry) tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, 1-etoksi-2-propanol miktarını 6,6 mg/kg, 2-metil-2,4-pentandiol miktarını 0,1 mg/kg, 2-(2-etoksietoksi) etanol miktarını 0,6 mg/kg, triglisol miktarını 0,4 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

**Çizelge 4.41.** Tereyağı örneklerinde belirlenen alkol bileşikleri (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler     | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                      |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 932  | 8.347  | 2-propanol           | 1                     | -               | 1,24±0,13      | 1,35±0,18     | 58,32**              | 135,22**            | 64,51**  |
|      |        |                      | 30                    | -               | -              | 2,21±0,36     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | 7,75±1,02       | 2,94±0,78      | 3,94±0,14     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | -               | 1,70±0,38      | 6,85±0,11     |                      |                     |          |
| 934  | 8.441  | Etanol               | 1                     | 7,23±0,57       | 31,28±4,02     | 8,04±0,69     | 222,80**             | 477,22**            | 33,61**  |
|      |        |                      | 30                    | 14,37±1,48      | 42,85±3,13     | 12,64±0,70    |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | 47,69±2,00      | 58,80±1,98     | 35,20±2,24    |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | 7,43±1,56       | 6,64±0,72      | 6,34±0,08     |                      |                     |          |
| 1119 | 13.655 | 2-pentanol           | 1                     | 1,45±0,72       | 0,87±0,07      | 7,92±0,22     | 142,21**             | 80,74**             | 70,04**  |
|      |        |                      | 30                    | 5,37±0,62       | -              | 5,89±0,31     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | 21,19±3,54      | 8,34±1,51      | 3,76±0,82     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | 44,61±5,08      | 1,73±0,61      | 8,17±0,96     |                      |                     |          |
| 1136 | 14.292 | 1-butanol            | 1                     | -               | -              | -             | 39,08**              | 30,83**             | 24,71**  |
|      |        |                      | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | 1,32±0,60       | -              | 15,15±3,49    |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | 3,91±1,01       | -              | 4,71±1,63     |                      |                     |          |
| 1140 | 14.319 | 1-oktanol            | 1                     | -               | -              | -             | 827,41**             | 139,89**            | 129,62** |
|      |        |                      | 30                    | -               | -              | 2,60±0,10     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | -               | -              | 6,09±0,45     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | -               | 0,32±0,04      | 5,30±0,49     |                      |                     |          |
| 1143 | 14.340 | 2-propanol,1-metoksi | 1                     | 5,25±0,80       | 4,74±0,40      | 3,82±1,13     | 4,40*                | 37,01**             | 4,08*    |
|      |        |                      | 30                    | 2,62±0,23       | 3,59±1,23      | 3,03±1,03     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | 2,36±0,29       | -              | 1,50±0,06     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | 1,95±0,18       | 1,95±0,29      | -             |                      |                     |          |
| 1188 | 16.246 | 3-metil-1-butanol    | 1                     | -               | -              | -             | 199,35**             | 314,39**            | 65,08**  |
|      |        |                      | 30                    | 8,30±1,25       | 4,13±0,65      | 5,08±1,28     |                      |                     |          |
|      |        |                      | 60                    | 14,28±0,70      | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                      | 90                    | 15,49±1,08      | 6,86±0,62      | 18,22±1,43    |                      |                     |          |

Çizelge 4.41. (devam)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler    | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                     |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 1200 | 16.319 | İsoamil alkol       | 1                     | -               | -              | -             | 7,13**               | 77,66**             | 28,47**  |
|      |        |                     | 30                    | -               | 9,60±1,61      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | 8,55±1,99       | 4,06±0,83      | 7,38±1,44     |                      |                     |          |
| 1255 | 17.565 | 1-pentanol          | 1                     | 5,88±0,01       | 11,55±0,04     | 6,96±0,40     | 3,44                 | 27,25**             | 7,00**   |
|      |        |                     | 30                    | 5,43±0,62       | 6,04±2,24      | 5,68±0,71     |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | 3,98±0,54       | 4,25±1,68      | 5,25±0,31     |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | 3,42±0,01       | 1,75±1,24      | 4,60±0,73     |                      |                     |          |
| 1273 | 18.983 | 1-pentanol, 3-metil | 1                     | -               | -              | -             | 36,11**              | 13,86**             | 13,86**  |
|      |        |                     | 30                    | 1,83±0,63       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | 1,04±0,22       | -              | -             |                      |                     |          |
| 1310 | 19.681 | 2-heptanol          | 1                     | 0,30±0,21       | 2,04±1,12      | 18,23±1,59    | 1106,03**            | 289,98**            | 96,68**  |
|      |        |                     | 30                    | 18,24±1,24      | -              | 21,88±0,66    |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | 22,86±0,98      | -              | 26,52±1,15    |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | 35,04±0,71      | 1,21±0,85      | 41,23±2,49    |                      |                     |          |
| 1314 | 19.703 | 5-metil-2-hekzanol  | 1                     | -               | 1,14±0,19      | -             | 550,85**             | 294,92**            | 294,92** |
|      |        |                     | 30                    | -               | 3,95±0,24      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 1356 | 20.729 | 1-hekzanol          | 1                     | 1,66±0,36       | 2,35±0,19      | 3,93±1,05     | 8,35**               | 87,91**             | 8,62**   |
|      |        |                     | 30                    | 4,73±1,74       | 4,28±0,53      | 5,76±0,90     |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | 8,98±1,31       | 5,20±1,03      | 7,05±0,85     |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | 14,45±0,08      | 10,40±0,13     | 8,38±1,23     |                      |                     |          |
| 1505 | 25.401 | 2-hepten-1-ol       | 1                     | -               | -              | -             | 38,76**              | 23,26**             | 14,67**  |
|      |        |                     | 30                    | 1,01±0,60       | -              | 2,32±0,60     |                      |                     |          |
|      |        |                     | 60                    | -               | -              | 2,58±0,55     |                      |                     |          |
|      |        |                     | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |

Çizelge 4.41. (devam)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler          | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|---------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                           |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 1511 | 25.566 | 2-dekanol                 | 1                     | -               | -              | -             | 49,12**              | 26,56**             | 23,39**  |
|      |        |                           | 30                    | 5,24±1,54       | -              | 0,58±0,38     |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | 6,99±1,07       | -              | 11,26±2,51    |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | 12,82±3,02      | -              | -             |                      |                     |          |
| 1516 | 25.574 | 2-nonanol                 | 1                     | -               | -              | -             | 446,92**             | 425,97**            | 248,55** |
|      |        |                           | 30                    | 2,15±0,36       | -              | 8,06±2,00     |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | 5,92±0,48       | -              | 29,45±0,92    |                      |                     |          |
| 1519 | 25.897 | 1-pentadekanol            | 1                     | -               | 0,68±0,07      | 0,37±0,15     | 93,53**              | 78,38**             | 91,28**  |
|      |        |                           | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | -               | -              | 2,87±0,39     |                      |                     |          |
| 1524 | 25.977 | 1 heptanol-6-metil        | 1                     | -               | -              | -             | 49,99**              | 16,99**             | 16,99**  |
|      |        |                           | 30                    | -               | 2,28±0,49      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | -               | 2,78±0,88      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 1530 | 26.048 | 6-okten-1-ol, 3,7-dimetil | 1                     | -               | -              | 1,65±0,46     | 253,94**             | 46,85**             | 46,85**  |
|      |        |                           | 30                    | -               | -              | 4,78±0,62     |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | -               | -              | 3,03±0,30     |                      |                     |          |
| 1539 | 26.293 | heptanol                  | 1                     | -               | -              | -             | 16,19**              | 6,63**              | 6,63**   |
|      |        |                           | 30                    | -               | -              | 1,63±0,50     |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | -               | -              | 3,30±1,66     |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 1581 | 27.433 | 2,3-butandiol             | 1                     | -               | 35,81±3,91     | -             | 9,78**               | 56,54**             | 65,84**  |
|      |        |                           | 30                    | 25,07±4,99      | -              | 14,77±5,25    |                      |                     |          |
|      |        |                           | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                           | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |

Çizelge 4.41. (devam)

|                                    |        |                   |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|------------------------------------|--------|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI                                 | RT     | Uçucu bileşikler  | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1587                               | 27.733 | 2-butanol-3-metil | 1                     | -               | -              | -             | 62,12**              | 21,57**             | 21,57** |
|                                    |        |                   | 30                    | -               | 18,77±4,82     | -             |                      |                     |         |
|                                    |        |                   | 60                    | -               | 7,71±1,42      | -             |                      |                     |         |
|                                    |        |                   | 90                    | -               | 2,06±0,98      | -             |                      |                     |         |
| 1653                               | 29.361 | 1-nonanol         | 1                     | -               | -              | 1,84±1,13     | 40,55**              | 6,55**              | 6,55**  |
|                                    |        |                   | 30                    | -               | -              | 2,62±0,38     |                      |                     |         |
|                                    |        |                   | 60                    | -               | -              | 1,09±0,28     |                      |                     |         |
|                                    |        |                   | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
| 1905                               | 35.877 | Feniletil alkol   | 1                     | -               | -              | -             | 251,96**             | 88,78**             | 88,75** |
|                                    |        |                   | 30                    | -               | 7,56±2,61      | 4,09±1,95     |                      |                     |         |
|                                    |        |                   | 60                    | -               | 4,91±0,94      | 24,08±2,70    |                      |                     |         |
|                                    |        |                   | 90                    | -               | 2,54±1,03      | 35,87±2,60    |                      |                     |         |
|                                    |        |                   |                       |                 |                |               |                      |                     |         |
| Toplam alkol bileşikleri (24 adet) |        |                   |                       | 408,16          | 330,90         | 486,90        |                      |                     |         |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.5. Asitler

Mikroorganizmalarca üretilen asitler birçok gıdanın aroması için çok önemlidir. Asitlerin fermente ürünler için önemi büyüktür. Fermente ürünlerin aroması için en önemli asit laktik asit olup bununla birlikte, fermantasyon sırasında başka asitler (asetik asit, propanoik asit, butanoik asit, izovalerik asit, pentanoik asit, heptanoik asit, oktanoik asit gibi) de oluşur (Bayrak 2006). Karboksilik asitlerin oluşumunda 3 temel biyokimyasal yol vardır. Bu reaksiyonlar proteoliz, lipoliz ve glikoliz reaksiyonlarıdır (McSweeney and Sousa 2000). Lipolitik aktiviteye sahip enzimler (esteraz ve lipaz) düz zincirli yağ asitlerini serbest hale getirir. Proteolitik enzimler valin, lösin ve izolösin metabolizmasından ve dallı zincirli yağ asitlerinin (izobutirik ve izovalerik asit) oluşumundan sorumludur (Wolf *et al.* 2010).

Serbest yağ asitlerinin varlığı kötü şartlarda üretim ve çiğ sütün yüksek sıcaklıklarda uzun süre depolanmasından kaynaklanan endojen süt lipazı faaliyetleriyle açıklanabilir. Serbest yağ asitleri öncelikle süt yağının lipolizinden oluşur (Nogueira *et al.* 2005). Serbest yağ asitlerinin oluşumundan sorumlu olan lipaz (starter kültür lipaz etkili hale gelmeden önce süt yağı kısmen hidrolize olduğu için) laktik asit bakterilerindense daha çok süttten kaynaklanır (Urbach 1995). Asetik asit, heterofermantatif laktik asit bakterileri tarafından gerçekleşen laktoz fermantasyonu dahil olmak üzere (Di Cagno *et al.* 2003), laktik asit bakterileri tarafından gerçekleşen alanin, glisin, aspartik ve serin katabolizması gibi birçok farklı süreçten veya sitrat metabolizmasından kaynaklanır (Urbach 1995; McSweeney and Sousa 2000).

Bu araştırmada, tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen asitler Çizelge 4.42’de toplu olarak verilmiştir.

Asetik asit inek tereyağında depolamanın 1. (44,31 µg/100 g), 30. (126,98 µg/100 g), 60. (151,17 µg/100 g) ve 90. (242,45 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (176,69 µg/100 g), 30. (376,35 µg/100 g), 60. (766,41 µg/100 g) ve 90. (52,24 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (89,97 µg/100 g), 30. (264,91 µg/100 g), 60. (255,02 µg/100 g) ve 90.

(85,86 µg/100 g) günlerde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince inek tereyağında artış, koyun ve keçi tereyağlarında artış ve azalış göstermiştir. Asetik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, asetik asit miktarı üzerine tereyağı çeşidinin önemli ( $p<0,05$ ), depolama süresinin ise çok çok önemli ( $p<0,001$ ) derecede etkili olduğunu bulmuşlardır. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki asetik asit miktarını kontrol örnekte 1. günde 11,57 µg/100 g, 30. günde 107,73 µg/100 g ve 60. günde 137,96 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketleme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada asetik asit miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 293,3; 319,6; 355,9 ve 442,7 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 322,2; 97,5; 417,9 ve 542,9 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 488,1; 32,9; 349,3 ve 281,4 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

İsobutirik asit inek tereyağında depolamanın 1. (1,03 µg/100 g), 30. (1,89 µg/100 g) ve 90. (0,38 µg/100 g); keçi tereyağında 60. (7,96 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. İsobutirik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, bu bileşik koyun tereyağında bulunmamıştır.

Butanoik (butirik) asit inek tereyağında depolamanın 1. (11,70 µg/100 g), 30. (52,07 µg/100 g), 60. (161,98 µg/100 g) ve 90. (63,74 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (43,61 µg/100 g), 30. (367,27 µg/100 g), 60. (473,94 µg/100 g) ve 90. (161,96 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (14,38 µg/100 g), 30. (35,84 µg/100 g), 60. (89,56 µg/100 g) ve 90. (122,30 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarları depolama boyunca keçi tereyağında artış, inek ve koyun tereyağlarında artış ve azalış göstermiştir. Butanoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ



asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, butanoik asit miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresinin çok çok önemli ( $p < 0,001$ ) derecede etkili olduğunu bulmuşlardır. Şenel (2006) de butirik asit miktarını depolamanın 1. gününde 40,49 ppm, 15. gününde 41,42 ppm, 30. gününde 41,41 ppm, 45. gününde 37,71 ppm ve 60. gününde 38,15 ppm olarak belirtmiştir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki butanoik asit miktarını kontrol örnekte 1. günde 26,15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 936,44  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 2074,74  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, butanoik asit miktarını 2,5 mg/kg olarak saptamışlardır. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada butanoik asit miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. ( $4^{\circ}\text{C}$ ), 12. ( $4^{\circ}\text{C}$ ) ve 12. ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 273,3; 374,2; 939,6 ve 801,9  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 222,8; 258,2; 1059,4 ve 328,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 329,0; 239,2; 665,6 ve 279,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada butanoik asit miktarını 192,00  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtıl işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, butanoik asit miktarını 753,00  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında bütirik asit miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 3,00; 2,80; 2,71; 3,80; 3,02 ppm olarak belirlemişlerdir. Şengül vd (2003) yaptıkları çalışmada bütirik asit miktarını ortalama olarak %2,13 olarak tespit etmişlerdir.

İsovalerik asit inek tereyağında depolamanın 1. (0,70  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,31  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (1,06  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,29  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,59  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,18  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (1,97  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (3,07  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,26  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (3,78  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş, miktarları depolama boyunca inek ve keçi tereyağında artış, koyun tereyağlarında artış ve azalış göstermiştir.

İsovalerik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Pentanoik (valerik) asit inek tereyağında depolamanın 30. (0,58  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,49  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,62  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 60. (1,97  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 60. (1,92  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,44  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş, miktarı depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında artmıştır. Valerik asit üzerine depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki pentanoik asit miktarını kontrol örnekte 1. günde bulmamış, 30. günde 4,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 60. günde 5,71  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiştir.

Hekzanoik (kaproik) asit inek tereyağında depolamanın 1. (26,51  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (84,41  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (119,14  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (25,45  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (51,44  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (405,59  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (517,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (91,76  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve keçi tereyağında 1. (56,45  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (122,66  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (775,19  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (495,84  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarı depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir. Hekzanoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, hekzanoik asit miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresini çok çok önemli ( $p<0,001$ ) bulmuşlardır. Şenel *et al.* (2011a), inek, koyun ve keçi yoğurtlarından elde edilen tereyağlarında kaproik asit miktarını ortalama olarak sırasıyla 11,43; 9,55 ve 16,30 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Şenel (2006) ise kaproik asit miktarını 1. günde 18,21 ppm, 15. günde 15,57 ppm, 30 günde 14,22 ppm, 45. günde 17,35 ppm ve 60. günde 22,71 ppm olarak belirtmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında kaproik asit miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 14,99; 17,51; 19,05; 19,17; 18,26 ppm olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007) yaptıkları çalışmada depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde kaproik asit miktarını inek tereyağında sırasıyla 11,97; 10,89 ve 9,95 ppm olarak, koyun tereyağında sırasıyla

9,44; 9,65 ve 9,96 ppm olarak, keçi tereyağında ise sırasıyla 15,87; 16,72 ve 17,22 ppm olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki hekzanoik asit miktarını 1. günde 33,36 µg/100 g, 30. günde 205,79 µg/100 g ve 60. günde 447,41 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, hekzanoik asit miktarını 0,8 mg/kg olarak tespit saptamışlardır. Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada hekzanoik asit miktarını 732,0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtıl işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, hekzanoik asit miktarını 1137,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Şengül vd (2003) yaptıkları çalışmada kaproik asit miktarını ortalama olarak %2,72 olarak tespit etmişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde kaproik asit miktarını sırasıyla %0,59 ve %0,63 olarak saptamıştır.

Heptanoik asit inek tereyağında depolamanın 30. (1,86 µg/100 g); koyun tereyağında 30. (2,96 µg/100 g), 60. (2,32 µg/100 g) ve 90. (1,47 µg/100 g); keçi tereyağında 60. (7,08 µg/100 g) ve 90. (4,24 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Heptanoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Oktanoik (kaprilik) asit inek tereyağında depolamanın 1. (6,19 µg/100 g), 30. (33,33 µg/100 g), 60. (37,98 µg/100 g) ve 90. (5,16 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (8,48 µg/100 g), 30. (104,89 µg/100 g), 60. (123,21 µg/100 g) ve 90. (29,00 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (15,21 µg/100 g), 30. (55,11 µg/100 g), 60. (525,44 µg/100 g) ve 90. (237,42 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarlar depolama boyunca bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir. Oktanoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Şenel (2006) ise kaprilik asit miktarını 1. günde 19,05 ppm, 15. günde 16,03 ppm, 30 günde 16,34 ppm, 45. günde 21,65 ppm ve 60. günde 33,37 ppm olarak belirtmiştir. Şenel *et al.* (2011a), inek, koyun ve keçi yoğurtlarından elde edilen

tereyağlarında dodekanoik asit miktarını ortalama olarak sırasıyla 14,95; 37,75 ve 40,53 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında kaprilik asit miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 22,69; 22,79; 23,04; 24,47; 25,17 ppm olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007) yaptıkları çalışmada depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde kaprilik asit miktarını inek tereyağında sırasıyla 16,10; 13,80 ve 13,28 ppm olarak, koyun tereyağında sırasıyla 38,26; 37,24 ve 34,93 ppm olarak, keçi tereyağında ise sırasıyla 37,87; 43,19 ve 47,76 ppm olarak tespit etmişlerdir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, oktanoik asit miktarını 0,1 mg/kg olarak saptamışlardır. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada oktanoik asit miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0; 0; 0 ve 175,3 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 0; 0; 0 ve 112,3 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 0; 0 ve 95,2 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Şengül vd (2003) yaptıkları çalışmada kaprilik asit miktarını ortalama olarak %6,84 olarak tespit etmişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde kaprilik asit miktarını sırasıyla %0,73 ve %0,67 olarak saptamıştır.

Dekanoik (kaprik) asit inek tereyağında depolamanın 1. (2,29 µg/100 g), 30. (12,62 µg/100 g), 60. (21,14 µg/100 g) ve 90. (31,60 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (4,74 µg/100 g), 30. (60,85 µg/100 g), 60. (68,97 µg/100 g) ve 90. (48,85 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (6,88 µg/100 g), 30. (42,10 µg/100 g), 60. (80,76 µg/100 g) ve 90. (70,74 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarları depolama boyunca inek tereyağında artış, koyun ve keçi tereyağlarında dalgalanma göstermiştir. Dekanoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p < 0,01$ ) bulunmuştur. Şenel *et al.* (2011a), inek, koyun ve keçi yoğurtlarından elde edilen tereyağlarında kaprik asit miktarını ortalama olarak sırasıyla 37,48; 13,48 ve 17,12 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Şenel (2006), kaprik asit miktarını 1. günde 45,50 ppm, 15. günde 42,85 ppm, 30 günde 44,41 ppm, 45. günde 55,80 ppm ve 60. günde 89,35 ppm olarak belirtmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında

kaprik asit miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 65,53; 69,46; 69,16; 65,15; 72,40 ppm olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007) yaptıkları çalışmada depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde kaprik asit miktarını inek tereyağında sırasıyla 36,27; 38,68 ve 41,40 ppm olarak, koyun tereyağında sırasıyla 12,50; 14,46 ve 17,27 ppm olarak, keçi tereyağında ise sırasıyla 16,35; 17,90 ve 22,60 ppm olarak tespit etmişlerdir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, dekanolik asit miktarını 1,2 mg/kg olarak saptamışlardır. Şengül vd (2003) yaptıkları çalışmada kaprik asit miktarını ortalama olarak % 14,82 olarak tespit etmişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde kaprik asit miktarını sırasıyla %1,96 ve %1,79 olarak saptamıştır.

Benzoik asit inek tereyağında depolamanın 30. (3,96 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (6,58 µg/100 g), 30. (52,85 µg/100 g), 60. (56,23 µg/100 g) ve 90. (20,29 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (2,99 µg/100 g), 30. (4,39 µg/100 g), 60. (7,83 µg/100 g) ve 90. (10,93 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş olup miktarları depolama boyunca koyun tereyağında artış ve azalış, keçi tereyağında artış göstermiştir. Benzoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, benzoik asit miktarını 2,2 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Dodekanoik (laurik) asit koyun tereyağında depolamanın 30. (6,52 µg/100 g), 60. (4,55 µg/100 g) ve 90. (2,18 µg/100 g); keçi tereyağında 30. (6,51 µg/100 g), 60. (20,90 µg/100 g) ve 90. (23,93 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş ve miktarları depolama boyunca koyun tereyağında azalmış, keçi tereyağında artmıştır. Dodekanoik asit üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek tereyağında tespit edilememiştir. Şenel *et al.* (2011a), inek, koyun ve keçi sütü yoğurtlarından elde edilen tereyağlarında dodekanoik asit miktarını ortalama olarak sırasıyla 55,06; 68,04 ve 87,94 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Şenel (2006) de laurik asit miktarını 1. günde 65,16 ppm, 15. günde

66,85 ppm, 30 günde 66,20 ppm, 45. günde 66,44 ppm ve 60. günde 82,60 ppm olarak belirtmiştir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında laurik asit miktarını depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 83,29; 92,14; 88,97; 79,54; 88,39 ppm olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007) yaptıkları çalışmada depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde laurik asit miktarını inek tereyağında sırasıyla 53,78; 56,33 ve 60,43 ppm olarak, koyun tereyağında sırasıyla 66,18; 69,89 ve 73,09 ppm olarak, keçi tereyağında ise sırasıyla 86,73; 89,14 ve 92,56 ppm olarak tespit etmişlerdir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, dodekanoik asit miktarını 1,8 mg/kg olarak saptamışlardır. Şengül vd (2003) yaptıkları çalışmada laurik asit miktarını ortalama olarak %4,78 olarak tespit etmişlerdir. Kaya (2000), süttten ve yoğurttan üretilen tereyağı örneklerinde laurik asit miktarını sırasıyla %2,52 ve %2,35 olarak saptamıştır.

Peterson and Reineccius (2003b), ısıt işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, 3-metil butanoik asit miktarını 39,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı ve geleneksel tereyağı örneklerinde yaptıkları çalışmada, ilk haftada bütün tereyağı örneklerinde 2-metil butanoik asit (zayıf, koku tanımı; acımış, maya) ve hekzanoik asit (zayıf, koku tanımı; sabunumsu, yağ) bileşiklerini tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artmıştır. Povo and Contarini (2003), tereyağında hem PT metoduyla hem de SPME metoduyla asetik asit, butirik asit, hekzanoik asit bileşiklerini tespit etmişlerdir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada, nonanoik asit miktarını 0,3 mg/kg, tetradekanoik asit miktarını 0,9 mg/kg, 1,2-benzendikarboksilik asit miktarını 0,6 mg/kg, hegzadekanoik asit miktarını 0,8 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Lozano *et al.* (2007), yaptıkları çalışmada propanoik asit miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0; 0; 0 ve 24,8 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 0; 0; 0 ve 0 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 0; 0 ve 0 µg/kg olarak, 2-metil propanoik asit miktarını depolamanın 0. (taze), 6. (4°C), 12.

(4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0; 0; 61,2 ve 0 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 0; 0; 22,8 ve 0 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 0; 42,2 ve 0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Kim *et al.* (2005), kanola yağı ve kaprilik asit içeren tereyağı ve bitkisel yağların duyusal değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada saf tereyağında GC-MS metoduyla oktanoik asit, dodekanoik asit, tetradekanoik asit ve hekzadekanoik asit bileşiklerini saptamışlardır.

**Çizelge 4.42.** Tereyağı örneklerinde belirlenen asit bileşikleri (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                  |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 1461 | 23.752 | Asetik asit      | 1                     | 44,31±1,42      | 176,69±5,30    | 89,97±2,88    | 1043,54**            | 1173,48**           | 682,98** |
|      |        |                  | 30                    | 126,98±1,11     | 376,35±0,89    | 264,91±1,77   |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | 151,17±2,47     | 766,41±30,22   | 255,02±5,31   |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | 242,45±8,57     | 52,24±3,41     | 85,86±1,00    |                      |                     |          |
| 1602 | 27.034 | İsobutirik asit  | 1                     | 1,03±0,74       | -              | -             | 539,18**             | 266,77**            | 108,02** |
|      |        |                  | 30                    | 1,89±0,35       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | -               | -              | 7,96±2,00     |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | 0,38±0,24       | -              | -             |                      |                     |          |
| 1647 | 28.624 | Butanoik asit    | 1                     | 11,70±0,14      | 43,61±1,21     | 14,38±3,31    | 54,74**              | 8,48**              | 9,67**   |
|      |        |                  | 30                    | 52,07±3,40      | 367,27±22,43   | 35,84±6,37    |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | 161,98±3,16     | 473,94±13,62   | 89,56±4,04    |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | 63,74±2,308     | 161,96±37,70   | 122,30±1,03   |                      |                     |          |
| 1673 | 29.720 | İsovalerik asit  | 1                     | 0,70±0,11       | 1,06±0,59      | 1,97±1,13     | 20,07**              | 20,31**             | 31,31**  |
|      |        |                  | 30                    | -               | 5,29±0,94      | 3,07±0,57     |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | -               | 3,59±0,12      | 3,26±0,68     |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | 1,31±0,28       | 2,18±0,37      | 3,78±0,36     |                      |                     |          |
| 1734 | 31.451 | Pentanoik asit   | 1                     | -               | -              | -             | 5,72*                | 28,29**             | 6,13**   |
|      |        |                  | 30                    | 0,58±0,61       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | 1,49±0,37       | 1,97±0,07      | 1,92±0,74     |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | 2,62±1,08       | -              | 2,44±0,26     |                      |                     |          |
| 1861 | 34.011 | Hekzanoik asit   | 1                     | 26,51±2,60      | 51,44±2,88     | 56,45±7,36    | 722,28**             | 726,63**            | 290,23** |
|      |        |                  | 30                    | 84,41±5,43      | 405,59±49,20   | 122,66±14,10  |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | 119,14±2,64     | 517,84±1,97    | 775,19±16,28  |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | 25,45±3,28      | 91,76±6,55     | 495,84±6,47   |                      |                     |          |
| 1947 | 36.491 | Heptanoik asit   | 1                     | -               | -              | -             | 47,41**              | 42,23**             | 40,40**  |
|      |        |                  | 30                    | 1,86±0,45       | 2,96±0,81      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                  | 60                    | -               | 2,32±0,24      | 7,08±0,33     |                      |                     |          |
|      |        |                  | 90                    | -               | 1,47±0,02      | 4,24±1,32     |                      |                     |          |



Çizelge 4.42. (devam)

|                                   |        |                  |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|-----------------------------------|--------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
| RI                                | RT     | Uçucu bileşikler | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 2066                              | 38.798 | Oktanoik asit    | 1                     | 6,19±2,17       | 8,48±0,44      | 15,21±0,33    | 1651,79**            | 1030,02**           | 641,30** |
|                                   |        |                  | 30                    | 33,33±1,15      | 104,89±5,74    | 55,11±0,68    |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 60                    | 37,98±0,72      | 123,21±3,25    | 525,44±20,18  |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 90                    | 5,16±0,95       | 29,00±2,68     | 237,42±11,77  |                      |                     |          |
| 2275                              | 43.145 | Dekanoik asit    | 1                     | 2,29±0,79       | 4,74±0,16      | 6,88±1,98     | 162,71**             | 202,60**            | 27,93**  |
|                                   |        |                  | 30                    | 12,62±1,32      | 60,85±9,67     | 42,10±0,72    |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 60                    | 21,14±3,43      | 68,97±2,12     | 80,76±5,48    |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 90                    | 31,60±0,27      | 48,85±6,74     | 70,74±0,42    |                      |                     |          |
| 2448                              | 47.697 | Benzoik asit     | 1                     | -               | 6,58±2,03      | 2,99±0,76     | 627,19**             | 112,86**            | 97,54**  |
|                                   |        |                  | 30                    | 3,96±0,02       | 52,85±2,66     | 4,39±0,05     |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 60                    | -               | 56,23±4,40     | 7,83±2,29     |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 90                    | -               | 20,29±1,06     | 10,93±3,18    |                      |                     |          |
| 2490                              | 47.925 | Dodekanoik asit  | 1.                    | -               | -              | -             | 151,046**            | 43,12**             | 37,55**  |
|                                   |        |                  | 30.                   | -               | 6,52±1,84      | 6,51±0,69     |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 60.                   | -               | 4,55±0,60      | 20,90±2,68    |                      |                     |          |
|                                   |        |                  | 90.                   | -               | 2,18±1,29      | 23,93±3,88    |                      |                     |          |
|                                   |        |                  |                       |                 |                |               |                      |                     |          |
| Toplam asit bileşikleri (11 adet) |        |                  |                       | 1276,04         | 4104,13        | 3554,84       |                      |                     |          |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.6. Sülfürlü Bileşikler

Genel olarak aminoasitler ve vitaminlerin degradasyonu sonucu oluşan sülfürlü bileşikler (Heaven and Nash 2012), daha çok metionin ve sisteinin degradasyonundan oluşmakta ve güçlü sarımsak, soğan veya çok olgun peynir kokusuna sahip algı eşikleri çok düşük bileşiklerdir (Bontinis *et al.* 2012). Sülfürlü bileşikler hoşla gitmeyen koku ve tatlarından dolayı gıdalarda istenmezler (Moreira *et al.* 2011). Ancak bazı sülfürlü bileşikler peynirlerde olumlu etkiye sahiptirler. Süt ısıtıldığı zaman kükürt içeren aminoasitler degradasyona uğrar ve sülfürlü bileşikler (özellikle dimetil sülfid) oluşur (Heaven and Nash 2012).

Deneme tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen sülfürlü bileşikler Çizelge 4.43'te toplu olarak verilmiştir.

Metanetiol inek tereyağında depolamanın 30. (2,11 µg/100 g) ve 60. (2,91 µg/100 g); koyun tereyağında 60. (1,43 µg/100 g) ve keçi tereyağında 60. (2,05 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. İnek tereyağındaki miktarı depolama süresince artmıştır. Metanetiol üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur.

Karbon disülfid incelenen her üç tereyağı çeşidinde de depolama süresince belirlenmiştir. İnek tereyağında muhafazanın 1. günde 27,66 µg/100 g, 30. günde 33,84 µg/100 g, 60.günde 22,29 µg/100 g ve 90. günde 1,38 µg/100 g olarak; koyun tereyağında 1. günde 5,66 µg/100 g, 30. günde 9,28 µg/100 g, 60. günde 7,30 µg/100 g ve 90. günde 2,19 µg/100 g) olarak; keçi tereyağında da 1.günde 18,93 µg/100 g, 30. günde 36,98 µg/100 g, 60. günde 32,93 µg/100 g ve 90. günde 12,60 µg/100 g olarak tespit edilmiştir. Miktarı, depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir. Karbon disülfid üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki karbondisülfid miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,12 µg/100 g, 30. günde 0,02 µg/100 g, 60. günde 0,04 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

Dimetil sülfid inek tereyağında 1. gün (0,71 µg/100 g) ve 30. gün (1,09 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (2,73 µg/100 g), 30. (3,45 µg/100 g), 60. (1,72 µg/100 g) ve 90. (0,14 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (1,98 µg/100 g), 30. (1,04 µg/100 g), 60. (1,01 µg/100 g) ve 90. (0,80 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Miktarlar depolama boyunca inek tereyağında artış, koyun tereyağında artış ve azalış, keçi tereyağında azalış şeklinde olmuştur. Dimetil sülfid üzerine tereyağı çeşidi önemli ( $p<0,05$ ), depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi etkisi önemli ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012) da krema tereyağındaki dimetil sülfid miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,31 µg/100 g olarak tespit etmiş, 30 ve 60. günlerde tespit edememiştir. Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada dimetil sülfid miktarını 20,0 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Disülfid dimetil inek tereyağında 1. (1,17 µg/100 g), 30. (1,26 µg/100 g) ve 90. günlerde (0,49 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (0,76 µg/100 g) ve 90. günde (1,39 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (0,41 µg/100 g), 60. (0,84 µg/100 g) ve 90. (1,68 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Disülfid dimetil üzerine depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi etkisi önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, tereyağı çeşidi önemli ( $p>0,05$ ) olmuştur. Gündoğdu (2012) ise krema tereyağındaki disülfid dimetil miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,11 µg/100 g, 30. günde 0,16 µg/100 g olarak saptamış, 60. günde bulamamıştır.

Dimetil sülfon inek tereyağında 1. (1,15 µg/100 g) ve 90. günde (0,49 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (0,91 µg/100 g), 30. (0,37 µg/100 g), 60. (3,23 µg/100 g) ve 90. günlerde (1,44 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (1,37 µg/100 g), 30. (0,81 µg/100 g), 60. (2,33 µg/100 g) ve 90. (1,27 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Muhafaza süresince inek tereyağında azalış, koyun ve keçi tereyağlarında dalgalanma görülmüştür. Dimetil sülfon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi etkisi önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada dimetilsülfon miktarını 1,3 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Peterson and Reineccius (2003a), tatlı kremadan yapılan tereyağında uçucu bileşiklerin karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada dimetil trisülfid miktarını 17,4 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b), ısıtıl işlem görmüş, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, dimetil trisülfid miktarını 12,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), depolama süresinin ilk haftasında doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde dimetil disülfid (orta, koku tanımı; sülfür/hayvan) ve dimetil trisülfid (zayıf, koku tanımı; sarımsak) bileşiklerini; geleneksel tereyağı örneklerinde ise dimetil disülfid (orta, koku tanımı; sülfür/hayvan), dimetil sülfon (orta, koku tanımı; yağlı, sülfür) ve dimetil trisülfid (orta, koku tanımı; sarımsak) bileşiklerini tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama süresince değişim göstermemişlerdir. Povolo and Contarini (2003), tereyağındaki uçucu fraksiyonları belirledikleri çalışmada PT metoduyla dimetil sülfid, dimetil disülfid bileşiklerini tespit ederken SPME metoduyla sülfürlü bileşik tespit edilmemiştir.

**Çizelge 4.43.** Tereyağı örneklerinde belirlenen sülfür bileşikleri (µg/100g)

|                                    |        |                  |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|------------------------------------|--------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI                                 | RT     | Uçucu bileşikler | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 735                                | 5.622  | Metanetiol       | 1                     | -               | -              | -             | 11,34**              | 37,27**             | 4,59*   |
|                                    |        |                  | 30                    | 2,11±1,13       | -              | -             |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 60                    | 2,91±0,79       | 1,43±0,11      | 2,05±0,12     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
| 738                                | 5.634  | Karbon disülfid  | 1                     | 27,66±4,30      | 5,66±0,62      | 18,93±1,32    | 104,55**             | 61,51**             | 12,33** |
|                                    |        |                  | 30                    | 33,84±7,99      | 9,28±0,86      | 36,98±2,45    |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 60                    | 22,29±1,23      | 7,30±0,07      | 32,93±0,89    |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 90                    | 1,38±0,16       | 2,19±0,89      | 12,60±0,33    |                      |                     |         |
| 746                                | 5.774  | Dimetil sülfid   | 1                     | 0,71±0,84       | 2,73±0,72      | 1,98±1,09     | 4,31*                | 2,97                | 0,84    |
|                                    |        |                  | 30                    | 1,09±0,14       | 3,45±0,34      | 1,04±1,30     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 60                    | -               | 1,72±2,43      | 1,01±1,42     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 90                    | -               | 0,14±0,20      | 0,80±1,13     |                      |                     |         |
| 1075                               | 12.399 | Disülfid dimetil | 1                     | 1,17±0,30       | 0,76±0,01      | 0,41±0,09     | 1,72                 | 17,22**             | 14,38** |
|                                    |        |                  | 30                    | 1,26±0,42       | -              | -             |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 60                    | -               | -              | 0,84±0,25     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 90                    | 0,49±0,52       | 1,39±0,26      | 1,68±0,07     |                      |                     |         |
| 1913                               | 35.712 | Dimetil sülfon   | 1                     | 1,15±0,19       | 0,91±0,30      | 1,37±0,13     | 52,86**              | 37,77**             | 20,78** |
|                                    |        |                  | 30                    | -               | 0,37±0,01      | 0,81±0,12     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 60                    | -               | 3,23±0,16      | 2,33±0,43     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  | 90                    | 0,49±0,52       | 1,44±0,11      | 1,27±0,09     |                      |                     |         |
|                                    |        |                  |                       |                 |                |               |                      |                     |         |
| Toplam sülfür bileşikleri (5 adet) |        |                  |                       | 96,55           | 42,00          | 117,03        |                      |                     |         |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p&lt;0,05 düzeyinde önemli, \*\* p&lt;0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.7. Terpenler

Olgunlaşmış peynirlerin kalitesini ve kompozisyonunu etkileyen önemli bileşikler terpenlerdir. Ancak, terpenlerin peynir aroması üzerine önemli bir duyusal etkisi olduğu hakkında yeterli bir bilgi olmadığı belirtilmektedir (Nogueira *et al.* 2005). Terpen oluşumu muhtemelen hayvan beslenmesi ile ilgilidir. Bu nedenle ürünün coğrafik kökeninin belirlenmesinde önemlidir (Bontinis *et al.* 2012). Condurso *et al.* (2008), limonen ve pinen gibi özellikle turunçgillerde bulunan monoterpenlerin hayvanın yediği otlardan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Bu araştırma kapsamında, tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen terpen bileşikleri Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Alfa-pinen inek tereyağında depolamanın 1. (66,69 µg/100 g), 30. (10,68 µg/100 g), 60. (13,07 µg/100 g) ve 90. (41,55 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (42,30 µg/100 g), 30. (14,52 µg/100 g), 60. (23,07 µg/100 g) ve 90. (30,95 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (38,43 µg/100 g), 30. (31,75 µg/100 g), 60. (9,18 µg/100 g) ve 90. (73,68 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanmalar göstermiştir. Alfa-pinen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p < 0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki  $\alpha$ -pinen miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,36 µg/100 g, 30. günde 1,12 µg/100 g, 60. günde 1,39 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketleme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada  $\alpha$ -pinen miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0; 7,2; 0,5 ve 7,0 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 2,8; 36,2; 1,2 ve 2,5 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 4,7; 0; 0,9 ve 1,4 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Alfa-tujen koyun tereyağında 1. (8,54 µg/100 g), 30. (2,86 µg/100 g), 60. (2,49 µg/100 g) ve 90. (5,46 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (0,60 µg/100 g), 30. (2,07 µg/100 g), 60.

(2,25 µg/100 g) ve 90. (3,13 µg/100 g) günlerde tespit edilmiş, miktar depolama süresince koyun ve keçi tereyağında azalış ve artış göstermiştir. Alfa-tujen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek tereyağında bulunmamıştır.

Kamfen inek tereyağında muhafazanın 1. (25,19 µg/100 g), 30. (3,75 µg/100 g), 60. (4,92 µg/100 g) ve 90. (20,58 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (4,65 µg/100 g) ve 90. (5,94 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (2,66 µg/100 g) ve 30. (2,84 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Depolama boyunca inek tereyağında azalış ve artış, koyun ve keçi tereyağlarında artış göstermiştir. Kamfen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki kamfen miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 0,07 µg/100 g, 30. gününde 0,76 µg/100 g olarak tespit etmiş, 60. gününde bulamamıştır.

Beta-pinen inek tereyağında depolamanın 1. (8,04 µg/100 g), 30. (3,09 µg/100 g), 60. (2,07 µg/100 g) ve 90. (5,27 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (8,38 µg/100 g), 30. (2,62 µg/100 g), 60. (1,73 µg/100 g) ve 90. (5,13 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (10,99 µg/100 g), 30. (4,52 µg/100 g), 60. (1,56 µg/100 g) ve 90. (5,23 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş olup miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde azalış ve artışlar göstermiştir. Beta-pinen üzerine depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki β-pinen miktarını kontrol örnekte 1. günde 0,16 µg/100 g, 30. günde 0,63 µg/100 g, 60. günde 0,52 µg/100 g olarak tespit etmiştir.

Sabinen inek tereyağında depolamanın 1. (0,87 µg/100 g), 30. (3,11 µg/100 g) ve 90. (0,98 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (1,21 µg/100 g) ve 90. (0,90 µg/100 g) ve keçi tereyağında 1. (3,39 µg/100 g), 30. (1,46 µg/100 g), 60. (2,88 µg/100 g) ve 90. (1,73 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında dalgalanma, koyun tereyağında azalma görülmüştür. Sabinen üzerine tereyağı çeşidi,

depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Ksilen inek tereyağında depolamanın 90. (0,77  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 90. (3,02  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve keçi tereyağında 1. (1,70  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (2,71  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,20  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,73  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş olup, keçi tereyağında her depolama periyodunda bulunan bu bileşiğin miktarı artış ve azalış göstermiştir. Ksilen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Beta-mirsen koyun tereyağında 1. (0,80  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (2,75  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,51  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiştir. Beta-mirsen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir.

Alfa-terpinen koyun tereyağında 1. (2,34  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (2,86  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (2,92  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (1,89  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş, depolama boyunca artış ve azalış göstermiştir. Alfa-terpinen üzerine tereyağı çeşidi çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek ve keçi tereyağlarında tespit edilememiştir.

d-limonen inek tereyağında depolamanın 1. (1,87  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (3,81  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,41  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (4,34  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (3,02  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (9,85  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (8,73  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (8,86  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (4,01  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,67  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,58  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (4,76  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir. d-limonen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki  $\alpha$ -pinen miktarını kontrol örnekte 30. günde 0,57  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiş, 1. ve 60. günlerde bulamamıştır. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve



paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada limonen miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 67,6; 34,8; 171,2 ve 9,8 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 147,3; 179,4; 20,3 ve 21,5 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 124,8; 83,8; 156,6 ve 184,5 µg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Gamma-terpinen koyun tereyağında 1. (2,91 µg/100 g), 30. (6,62 µg/100 g), 60. (5,12 µg/100 g) ve 90. (2,65 µg/100 g) günlerde tespit edilmiş, inek ve keçi tereyağlarında bulunmamıştır. Gamma-terpinen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

p-simen koyun tereyağında 1. (22,17 µg/100 g), 30. (40,56 µg/100 g), 60. (36,49 µg/100 g) ve 90. (17,85 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (4,67 µg/100 g), 30. (8,56 µg/100 g) ve 60. (4,93 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Miktarları süresince koyun ve keçi tereyağlarında artış ve azalış göstermiştir. p-çimen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek tereyağında tespit edilememiştir.

Trans-karyofillen koyun tereyağında 1. (1,55 µg/100 g), 30. (5,17 µg/100 g) ve 90. (1,68 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (2,50 µg/100 g), 30. (5,17 µg/100 g), 60. (3,91 µg/100 g) ve 90. (3,03 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Depolama süresince koyun ve keçi tereyağlarında miktarlarda dalgalanmalar oluşmuştur. Trans-karyofillen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik inek tereyağında tespit edilememiştir.

Azulen inek tereyağında 30. (4,81 µg/100 g), 60. (5,81 µg/100 g) ve 90. (2,64 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Miktarlarda dalgalanmalar olmuştur. Azulen üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun ve keçi tereyağlarında ise tespit edilememiştir.

Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde ve geleneksel tereyağı örneklerinde depolama süresinin ilk haftasında,  $\alpha$ -pinen (zayıf, koku tanımı; taze) ve limonen (zayıf, koku tanımı; narenciye, çimenimsi) bileşiklerini tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artış göstermişlerdir. Povolo and Contarini (2003), PT ve SPME metotlarıyla tereyağındaki uçucu fraksiyonları belirledikleri çalışmada, PT metoduyla  $\alpha$ -pinen, limonen bileşikleri tespit edilmiştir. SPME metoduyla terpen bileşiği tespit edilmemiştir.

**Çizelge 4.44.** Tereyağı örneklerinde belirlenen terpen bileşikleri (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|------|--------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
|      |        |                  |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1026 | 10.788 | Alfa-pinen       | 1                     | 66,69±7,87      | 42,30±2,06     | 38,43±8,68    | 7,59**               | 69,89**             | 18,09** |
|      |        |                  | 30                    | 10,68±1,28      | 14,52±3,04     | 31,75±8,70    |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | 13,07±3,64      | 23,07±0,26     | 9,18±3,33     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | 41,55±6,79      | 30,95±6,85     | 73,68±2,39    |                      |                     |         |
| 1031 | 10.956 | Alfa-tujen       | 1                     | -               | 8,54±0,47      | 0,60±0,14     | 359,23**             | 27,75**             | 54,01** |
|      |        |                  | 30                    | -               | 2,86±0,01      | 2,07±0,07     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | -               | 2,49±0,17      | 2,25±0,26     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | -               | 5,46±1,09      | 3,13±0,15     |                      |                     |         |
| 1077 | 11.986 | Kamfen           | 1                     | 25,19±2,53      | 4,65±0,02      | 2,66±1,06     | 257,32**             | 92,18**             | 46,73** |
|      |        |                  | 30                    | 3,75±0,04       | -              | 2,84±0,98     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | 4,92±1,20       | -              | -             |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | 20,58±2,45      | 5,94±0,94      | -             |                      |                     |         |
| 1113 | 13.215 | Beta-pinen       | 1                     | 8,04±0,52       | 8,38±0,25      | 10,99±3,70    | 2,23                 | 45,95**             | 1,12    |
|      |        |                  | 30                    | 3,09±0,22       | 2,62±0,38      | 4,52±0,60     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | 2,07±0,52       | 1,73±0,09      | 1,56±0,56     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | 5,27±0,21       | 5,13±0,15      | 5,23±0,58     |                      |                     |         |
| 1127 | 13.631 | Sabinen          | 1                     | 0,87±0,04       | 1,21±0,02      | 3,39±0,30     | 86,74**              | 10,75**             | 32,16** |
|      |        |                  | 30                    | 3,11±0,76       | -              | 1,46±0,38     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | -               | -              | 2,88±0,01     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | 0,98±0,12       | 0,90±0,16      | 1,73±0,28     |                      |                     |         |
| 1139 | 14.482 | Ksilen           | 1                     | -               | -              | 1,70±0,19     | 149,47**             | 34,57**             | 16,43** |
|      |        |                  | 30                    | -               | -              | 2,71±0,28     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | -               | -              | 3,20±0,38     |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | 0,77±0,00       | 3,02±0,84      | 2,73±0,11     |                      |                     |         |
| 1164 | 15.003 | Beta-mirsen      | 1                     | -               | 0,80±0,12      | 0,55±0,09     | 77,39**              | 11,27**             | 14,78** |
|      |        |                  | 30                    | -               | 2,75±0,55      | -             |                      |                     |         |
|      |        |                  | 60                    | -               | 1,13±0,53      | -             |                      |                     |         |
|      |        |                  | 90                    | -               | 0,51±0,14      | -             |                      |                     |         |

Çizelge 4.44. (devam)

|                                     |        |                   |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|-------------------------------------|--------|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI                                  | RT     | Uçucu bileşikler  | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1170                                | 15.609 | Alfa-terpinen     | 1                     | -               | 2,34±0,44      | -             | 72,82**              | 0,67                | 0,67    |
|                                     |        |                   | 30                    | -               | 2,86±0,90      | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 60                    | -               | 2,92±0,92      | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 90                    | -               | 1,89±0,94      | -             |                      |                     |         |
| 1205                                | 16.097 | d-limonen         | 1                     | 1,87±0,45       | 3,02±0,59      | 4,01±1,12     | 64,90**              | 20,31**             | 7,06**  |
|                                     |        |                   | 30                    | 3,81±0,48       | 9,85±1,24      | 5,67±0,09     |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 60                    | 1,41±0,45       | 8,73±1,36      | 4,58±0,66     |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 90                    | 4,34±0,77       | 8,86±1,31      | 4,76±0,14     |                      |                     |         |
| 1246                                | 17.744 | Gamma-terpinen    | 1                     | -               | 2,91±0,50      | -             | 210,21**             | 10,01**             | 10,01** |
|                                     |        |                   | 30                    | -               | 6,62±1,42      | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 60                    | -               | 5,12±0,74      | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 90                    | -               | 2,65±0,08      | -             |                      |                     |         |
| 1274                                | 18.554 | p-simen           | 1                     | -               | 22,17±3,41     | 4,67±0,67     | 749,47**             | 49,98**             | 25,01** |
|                                     |        |                   | 30                    | -               | 40,56±0,24     | 8,56±1,40     |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 60                    | -               | 36,49±1,78     | 4,93±0,90     |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 90                    | -               | 17,85±3,69     | -             |                      |                     |         |
| 1619                                | 28.450 | Trans-karyofillen | 1                     | -               | 1,55±0,11      | 2,50±0,41     | 63,44**              | 14,86**             | 7,00**  |
|                                     |        |                   | 30                    | -               | 5,17±1,30      | 5,17±0,70     |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 60                    | -               | -              | 3,91±1,04     |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 90                    | -               | 1,68±0,94      | 3,03±0,85     |                      |                     |         |
| 1766                                | 32.242 | Azulen            | 1                     | -               | -              | -             | 149,92**             | 22,60**             | 22,60** |
|                                     |        |                   | 30                    | 4,81±1,08       | -              | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 60                    | 5,81±0,63       | -              | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   | 90                    | 2,64±0,86       | -              | -             |                      |                     |         |
|                                     |        |                   |                       |                 |                |               |                      |                     |         |
| Toplam terpen bileşikleri (13 adet) |        |                   |                       | 235,32          | 352,20         | 261,03        |                      |                     |         |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.8. Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar, çoğunlukla yağ otooksidasyonu sonucu oluşan ikincil ürünlerdir. Bunlar aromaya direkt olarak etki etmemekle birlikte diğer aroma maddelerinin oluşmasında öncü bileşik görevi üstlenebilmektedirler (Bintsis and Robinson 2004). Genelde tek sayılı karbon atomu içerirler. Zincir yapıları dallanma gösterir ve polisiklik aromatik yapıda da bulunurlar (Demirci 2014).

Bu araştırma kapsamında, tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen hidrokarbon bileşikleri Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Pentan inek tereyağında muhafazanın 1. (22,79 µg/100 g), 30. (6,20 µg/100 g), 60. (8,40 µg/100 g) ve 90. (2,89 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (16,16 µg/100 g), 30. (14,26 µg/100 g), 60. (8,55 µg/100 g) ve 90. (4,88 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (12,15 µg/100 g), 30. (8,50 µg/100 g), 60. (8,91 µg/100 g) ve 90. (14,66 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarları depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında dalgalanma göstermiş, koyun tereyağlarında ise azalmıştır.

Hekzan inek tereyağında depolamanın 1. (23,33 µg/100 g), 30. (11,14 µg/100 g), 60. (18,80 µg/100 g) ve 90. (79,23 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (9,90 µg/100 g), 30. (8,17 µg/100 g), 60. (16,45 µg/100 g) ve 90. (90,22 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (7,46 µg/100 g), 30. (5,03 µg/100 g), 60. (19,19 µg/100 g) ve 90. (28,09 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarları depolama boyunca üç tereyağı çeşidinde de dalgalanma göstermiştir.

1-penten inek tereyağında depolamanın 30. (7,32 µg/100 g), 60. (4,13 µg/100 g) ve 90. (3,59 µg/100 g); koyun tereyağında 30. (6,30 µg/100 g), 60. (5,69 µg/100 g) ve 90. (4,19 µg/100 g); keçi tereyağında 60. (5,33 µg/100 g) ve 90. (4,97 µg/100 g) günlerinde saptanmış, miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde azalmıştır.

Heptan tüm tereyağı çeşitlerinde incelenen tüm periyotlarda tespit edilmiştir. İnek, koyun ve keçi tereyağı sırasıyla 1. günde 20,70 µg/100 g, 18,77 µg/100 g ve 7,09 µg/100 g; 30. günde 5,77 µg/100 g, 4,90 µg/100 g ve 4,20 µg/100 g; 60. günde 8,34 µg/100 g, 60,7,14 µg/100 g ve 12,77 µg/100 g ve 90. günde 21,31 µg/100 g, 17,74 µg/100 g ve 21,37 µg/100 g olarak bulunmuştur. Miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir.

Butan, 2,3-dimetil sadece inek tereyağında bulunmuş, depolama süresince miktarı azalmış ve sırasıyla 1. günde 2,96 µg/100 g, 30. günde 1,80 µg/100 g ve 60. günde 1,41 µg/100 g olarak tespit edilmiştir.

Oktan tüm yağ çeşitlerinde ve tüm depolama periyotlarında bulunmuştur. İnek tereyağında 1. günde 9,08 µg/100 g, 30. günde 4,05 µg/100 g, 60. günde 4,81 µg/100 g ve 90. günde 6,66 µg/100 g; koyun tereyağında 1. günde 10,60 µg/100 g, 30. günde 5,91 µg/100 g, 60. günde 6,41 µg/100 g ve 90. günde 7,30 µg/100 g; keçi tereyağında 1.günde 12,07 µg/100 g, 30. günde 9,56 µg/100 g, 60. günde 9,76 µg/100 g ve 90. günde 11,89 µg/100 g olarak tespit edilmiştir. Tüm tereyağı çeşitlerinde depolama süresince miktarlarda dalgalanma görülmüştür.

4-okten, (E) inek tereyağında depolamanın 1. (0,85 µg/100 g) ve 90. (0,34 µg/100 g) günlerinde; koyun tereyağında 1. (1,42 µg/100 g), 60. (9,51 µg/100 g) ve 90. (6,50 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Muhafaza süresince inek tereyağında azalış, koyun tereyağında artış ve azalış görülmüştür. Keçi tereyağında ise bu bileşiğe rastlanmamıştır.

3-okten, (Z) inek tereyağında depolamanın 1. (4,90 µg/100 g) ve 90. (2,94 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (26,63 µg/100 g), 30. (18,00 µg/100 g) ve 90. (16,37 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (3,34 µg/100 g), 30. (2,99 µg/100 g) ve 90. (2,23 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde miktarları azalmıştır.

3-okten, (E) inek tereyağında 30. (2,19  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. günlerde (2,09  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 60. (19,32  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 30. (2,79  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (2,13  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilen bu bileşiğin miktarı muhafaza süresince inek ve keçi tereyağlarında azalmıştır.

2-okten inek tereyağında depolamanın 1. (0,95  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (2,16  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,33  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,99  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (2,94  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (3,40  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,12  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,77  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (0,71  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (2,93  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. 2-Okten miktarı depolama süresince inek tereyağında dalgalanma gösterirken, koyun ve keçi tereyağlarında artmıştır.

Nonan inek tereyağında 90. (6,01  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (42,64  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (32,46  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (30,73  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. günlerde (26,04  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (7,87  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,86  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (4,71  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (7,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiştir. Miktarı ise depolama süresince koyun tereyağında azalmış, keçi tereyağında dalgalanma göstermiştir.

Benzen inek tereyağında depolamanın 1. (1,35  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (1,32  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,19  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,67  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (1,34  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (0,80  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (0,98  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (0,85  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 60. (0,67  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarları ise üç tereyağı çeşidinde de depolama süresince azalmıştır. Gündoğdu (2012), krema tereyağındaki benzen miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,97  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 30. günde 2,51  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit etmiş, 60. günde ise bulamamıştır.

1,3-oktadien koyun tereyağında 30. (4,02  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (3,52  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (3,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş olup, miktarı depolama süresince azalmıştır. İnek ve keçi tereyağlarında ise bu bileşiğe rastlanmamıştır.

Dekan inek tereyağında muhafazanın 1. (2,32 µg/100 g), 30. (2,65 µg/100 g) ve 90. (4,44 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (3,17 µg/100 g) ve 90. (4,20 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (2,69 µg/100 g), 30. (4,84 µg/100 g) ve 90. (6,95 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde miktarı artmıştır.

2-okten, 3,7-dimetil tüm tereyağı çeşitlerinde depolama süresince tespit edilmiştir. İnek tereyağında depolamanın 1. (5,49 µg/100 g), 30. (3,24 µg/100 g), 60. (2,49 µg/100 g) ve 90. (4,82 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (21,06 µg/100 g), 30. (14,86 µg/100 g), 60. (13,42 µg/100 g) ve 90. (12,72 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (6,65 µg/100 g), 30. (4,46 µg/100 g), 60. (3,23 µg/100 g) ve 90. (2,65 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Bu bileşiğin miktarı inek tereyağında depolama süresince dalgalanmış, koyun ve keçi tereyağlarında azalmıştır.

3,7-dimetil-1,6-oktadien tüm tereyağı çeşitlerinde depolama süresince tespit edilmiştir. İnek tereyağında depolamanın 1. (13,01 µg/100 g), 30. (8,44 µg/100 g), 60. (8,14 µg/100 g) ve 90. (11,23 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (35,80 µg/100 g), 30. (32,53 µg/100 g), 60. (28,69 µg/100 g) ve 90. (25,14 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (14,69 µg/100 g), 30. (10,71 µg/100 g), 60. (9,34 µg/100 g) ve 90. (9,19 µg/100 g) günlerinde bulunmuştur. Miktarı, inek tereyağında depolama süresince dalgalanma göstermiş, koyun ve keçi tereyağlarında ise azalmıştır.

Toluen inek tereyağında depolamanın 1. (15,14 µg/100 g), 30. (23,77 µg/100 g), 60. (24,49 µg/100 g) ve 90. (14,59 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (25,13 µg/100 g), 30. (47,29 µg/100 g), 60. (48,21 µg/100 g) ve 90. (28,40 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (8,62 µg/100 g), 30. (13,12 µg/100 g), 60. (14,84 µg/100 g) ve 90. (20,78 µg/100 g) günlerinde saptanmıştır. Muhafaza süresince inek ve koyun tereyağlarında miktarı dalgalanmış, keçi tereyağında artmıştır. Gündoğdu (2012) da krema tereyağındaki toluen miktarını kontrol örnekte depolamanın 1. gününde 5,86 µg/100 g, 30. gününde 14,01 µg/100 g, 60. gününde 4,60 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketlenme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarındaki aroma maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada toluen miktarını depolamanın taze



(2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 512,8; 141,9; 2159,0 ve 114,7 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 386,4; 282,7; 728,9 ve 1791,7 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 528,6; 129,9; 712,0 ve 2606,8 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Toluenin β-karotenin parçalanmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Marsili and Miller 1998).

Undekan inek tereyağında depolamanın 1. (19,33 µg/100 g), 30. (48,91 µg/100 g), 60. (44,79 µg/100 g) ve 90. (16,03 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (59,93 µg/100 g), 30. (179,61 µg/100 g), 60. (140,00 µg/100 g) ve 90. (79,89 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (109,91 µg/100 g), 30. (125,47 µg/100 g), 60. (139,25 µg/100 g) ve 90. (132,51 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş olup, miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir.

Benzen, etil inek tereyağında depolamanın 60. (1,18 µg/100 g) ve 90. (0,88 µg/100 g); koyun tereyağında 60. (1,26 µg/100 g) ve 90. (0,52 µg/100 g); keçi tereyağında 1. (0,58 µg/100 g), 30. (0,41 µg/100 g) ve 90. (0,17 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş olup, miktarı depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde azalmıştır.

Pentadekan inek tereyağında depolamanın 30. (1,87 µg/100 g) ve 60. (2,83 µg/100 g); koyun tereyağında 90. (0,30 µg/100 g); keçi tereyağında 30. (1,26 µg/100 g), 60. (1,69 µg/100 g) ve 90. (1,97 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarı, depolama süresince inek ve keçi tereyağlarında artmıştır.

Peterson and Reineccius (2003b), ısıtılmış, tatlı kremadan üretilen tereyağlarında aroma bileşiklerini tespit ettikleri çalışmada, skatol miktarını 24,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde depolama süresinin ilk haftasında 2-metil-pentan (zayıf, koku tanımı; kimyasal/tatlı), toluen (orta, koku tanımı; kimyasal) ve (E)-2-okten (orta, koku tanımı; mantar), geleneksel tereyağı örneklerinde ise 2-metil-pentan (zayıf, koku tanımı; kimyasal/tatlı), toluen (zayıf, koku tanımı; kimyasal) ve (E)-2-okten (zayıf, koku tanımı; mantar) bileşiklerini tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta

ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca artış göstermişlerdir. Povolo and Contarini (2003), hem PT metoduyla hem de SPME metoduyla, tereyağlarında 2,2,4,6,6-pentametilheptan bileşiği tespit etmişlerdir. Adahchour *et al.* (1999), SPE ve GC-MS tekniklerini birleştirerek tereyağında aroma bileşiklerini belirledikleri çalışmada 2-etoksi propan miktarını 1,2 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Kim *et al.* (2005), kanola yağı ve kaprilik asit içeren tereyağı ve bitkisel yağların duyusal değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada saf tereyağında GC-MS metoduyla oktadekan, metanon difenil, eikosan, dokosan, trikosan, tetrakosan ev 2,6,10,14,18-pentametil-2,6,10,14,18-eikosapentaen bileşiklerini saptamışlardır.

**Çizelge 4.45.** Tereyağı örneklerinde belirlenen hidrokarbon bileşikleri (µg/100g)

|     |       |                    |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|-----|-------|--------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI  | RT    | Uçucu bileşikler   | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 677 | 4.797 | Pentan             | 1                     | 22,79±1,25      | 16,16±0,27     | 12,15±0,64    | 0,54                 | 25,92**             | 13,08** |
|     |       |                    | 30                    | 6,20±1,04       | 14,26±0,75     | 8,50±2,05     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | 8,40±1,13       | 8,55±0,57      | 8,91±0,38     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | 2,89±0,61       | 4,88±1,41      | 14,66±6,30    |                      |                     |         |
| 691 | 4.992 | Hekzan             | 1                     | 23,33±2,07      | 9,90±0,18      | 7,46±0,28     | 35,64**              | 189,85**            | 23,40** |
|     |       |                    | 30                    | 11,14±2,19      | 8,17±0,33      | 5,03±1,23     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | 18,80±0,70      | 16,45±3,00     | 19,19±0,51    |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | 79,23±10,37     | 90,22±11,73    | 28,09±1,60    |                      |                     |         |
| 712 | 5.253 | 1-penten           | 1                     | -               | -              | -             | 7,15**               | 48,03**             | 14,16** |
|     |       |                    | 30                    | 7,32±1,11       | 6,30±1,37      | -             |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | 4,13±1,56       | 5,69±0,53      | 5,33±0,30     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | 3,59±1,43       | 4,19±0,26      | 4,97±0,27     |                      |                     |         |
| 720 | 5.412 | Heptan             | 1                     | 20,70±1,34      | 18,77±0,96     | 7,09±0,76     | 10,76**              | 190,82**            | 28,69** |
|     |       |                    | 30                    | 5,77±1,58       | 4,90±0,21      | 4,20±0,46     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | 8,34±0,59       | 7,14±1,01      | 12,77±0,22    |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | 21,31±1,13      | 17,74±1,59     | 21,37±2,34    |                      |                     |         |
| 722 | 5.418 | Butan, 2,3-dimetil | 1                     | 2,96±0,44       | -              | -             | 47,94**              | 7,50**              | 7,50**  |
|     |       |                    | 30                    | 1,80±0,78       | -              | -             |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | 1,41±0,88       | -              | -             |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
| 778 | 6,251 | Oktan              | 1                     | 9,08±0,41       | 10,60±1,23     | 12,07±1,35    | 49,78**              | 22,06**             | 1,19    |
|     |       |                    | 30                    | 4,05±0,22       | 5,91±0,24      | 9,56±1,49     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | 4,81±0,53       | 6,41±0,82      | 9,76±1,53     |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | 6,66±0,09       | 7,30±0,21      | 11,89±1,34    |                      |                     |         |
| 784 | 6.717 | 4-okten, (E)       | 1                     | 0,85±0,04       | 1,42±0,19      | -             | 164,76**             | 43,04**             | 47,11** |
|     |       |                    | 30                    | -               | -              | -             |                      |                     |         |
|     |       |                    | 60                    | -               | 9,51±1,10      | -             |                      |                     |         |
|     |       |                    | 90                    | 0,34±0,17       | 6,50±1,47      | -             |                      |                     |         |

Çizelge 4.45. (devam)

|     |        |                  |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|-----|--------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
| RI  | RT     | Uçucu bileşikler | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 809 | 6.835  | 3-okten, (Z)     | 1                     | 4,90±0,21       | 26,63±3,37     | 3,34±1,08     | 385,35**             | 114,77**            | 51,78**  |
|     |        |                  | 30                    | -               | 18,00±0,61     | 2,99±0,91     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | 2,94±0,02       | 16,37±0,72     | 2,23±0,27     |                      |                     |          |
| 826 | 7.120  | 3-okten, (E)     | 1                     | -               | -              | -             | 157,49**             | 363,89**            | 240,62** |
|     |        |                  | 30                    | 2,19±0,33       | -              | 2,79±0,53     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | 2,09±0,30       | 19,32±1,50     | 2,13±0,04     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 839 | 7.276  | 2-okten          | 1                     | 0,95±0,07       | 2,94±0,48      | 0,71±0,18     | 192,01**             | 96,08**             | 10,53**  |
|     |        |                  | 30                    | 2,16±0,04       | 3,40±0,01      | -             |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | 3,33±0,62       | 4,12±0,07      | 2,93±0,15     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | 0,99±0,07       | 2,77±0,13      | -             |                      |                     |          |
| 875 | 7.865  | Nonan            | 1                     | -               | 42,64±1,10     | 7,87±0,32     | 2535,04**            | 31,95**             | 51,27**  |
|     |        |                  | 30                    | -               | 32,46±0,56     | 5,86±0,80     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | -               | 30,73±1,54     | 4,71±0,79     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | 6,01±0,12       | 26,04±2,07     | 7,98±1,07     |                      |                     |          |
| 960 | 8.771  | Benzen           | 1                     | 1,35±0,50       | 1,34±0,14      | 0,98±1,16     | 9,57**               | 7,08**              | 4,75*    |
|     |        |                  | 30                    | 1,32±0,48       | -              | 0,85±0,32     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | 1,19±0,36       | -              | 0,67±0,21     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | 0,67±0,47       | 0,80±0,06      | -             |                      |                     |          |
| 982 | 9.094  | 1,3-oktadien     | 1                     | -               | -              | -             | 1649,06**            | 188,99**            | 188,99** |
|     |        |                  | 30                    | -               | 4,02±0,33      | -             |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | -               | 3,52±0,09      | -             |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | -               | 3,25±0,12      | -             |                      |                     |          |
| 990 | 10.124 | Dekan            | 1                     | 2,32±0,28       | 3,17±0,77      | 2,69±0,51     | 25,64**              | 103,66**            | 12,82**  |
|     |        |                  | 30                    | 2,65±0,06       | -              | 4,84±0,39     |                      |                     |          |
|     |        |                  | 60                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
|     |        |                  | 90                    | 4,44±1,06       | 4,20±0,41      | 6,95±0,85     |                      |                     |          |

Çizelge 4.45. (devam)

|                                 |        |                              |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |         |
|---------------------------------|--------|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|---------|
| RI                              | RT     | Uçucu bileşikler             | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB     |
| 1009                            | 10.611 | 2-okten, 3,7-dimetil         | 1                     | 5,49±0,43       | 21,06±2,46     | 6,65±0,96     | 351,54**             | 28,19**             | 5,75**  |
|                                 |        |                              | 30                    | 3,24±0,21       | 14,86±0,33     | 4,46±0,28     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 60                    | 2,49±0,43       | 13,42±1,04     | 3,23±0,26     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 90                    | 4,82±0,09       | 12,72±1,71     | 2,65±0,24     |                      |                     |         |
| 1033                            | 11.099 | R(-)3,7-dimetil-1,6-oktadien | 1                     | 13,01±0,98      | 35,80±4,44     | 14,69±0,56    | 397,34**             | 17,25**             | 3,87*   |
|                                 |        |                              | 30                    | 8,44±0,24       | 32,53±1,09     | 10,71±1,66    |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 60                    | 8,14±0,23       | 28,69±0,38     | 9,34±1,72     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 90                    | 11,23±1,02      | 25,14±0,37     | 9,19±1,61     |                      |                     |         |
| 1054                            | 11.349 | Toluen                       | 1                     | 15,14±0,69      | 25,13±3,79     | 8,62±0,20     | 290,14**             | 55,11**             | 23,32** |
|                                 |        |                              | 30                    | 23,77±1,91      | 47,29±2,28     | 13,12±1,81    |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 60                    | 24,49±1,64      | 48,21±2,55     | 14,84±1,87    |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 90                    | 14,59±2,55      | 28,40±0,76     | 20,78±0,93    |                      |                     |         |
| 1098                            | 12.801 | Undekan                      | 1                     | 19,33±0,74      | 59,93±8,58     | 109,91±11,95  | 494,75**             | 94,27**             | 33,81** |
|                                 |        |                              | 30                    | 48,91±6,47      | 179,61±2,75    | 125,47±3,82   |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 60                    | 44,79±5,96      | 140,00±0,43    | 139,25±9,04   |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 90                    | 16,03±3,49      | 79,89±5,38     | 132,51±8,61   |                      |                     |         |
| 1129                            | 14.063 | Benzen, etil                 | 1                     | -               | -              | 0,58±0,04     | 20,28**              | 114,37**            | 94,49** |
|                                 |        |                              | 30                    | -               | -              | 0,41±0,02     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 60                    | 1,18±0,08       | 1,26±0,12      | -             |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 90                    | 0,88±0,12       | 0,52±0,14      | 0,17±0,06     |                      |                     |         |
| 1195                            | 16.135 | Pentadekan                   | 1                     | -               | -              | -             | 57,16**              | 40,32**             | 26,54** |
|                                 |        |                              | 30                    | 1,87±0,58       | -              | 1,26±0,02     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 60                    | 2,83±0,48       | -              | 1,69±0,31     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              | 90                    | -               | 0,30±0,07      | 1,97±0,17     |                      |                     |         |
|                                 |        |                              |                       |                 |                |               |                      |                     |         |
| Toplam hidrokarbonlar (20 adet) |        |                              |                       | 586,07          | 1321,45        | 895,02        |                      |                     |         |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.6.9. Diğer bileşikler

Tereyağı örneklerinde yukarıda bahsedilen uçucu bileşiklerden başka bileşikler de saptanmış ve bunlar da diğer bileşikler başlığı altında değerlendirilmiştir (Çizelge 4.46).

Karbondioksit inek tereyağında depolamanın 1. (11,21  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (28,46  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (36,40  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (5,47  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (8,01  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (30,70  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (37,88  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (8,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (8,34  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (30,08  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (33,68  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (10,05  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiş olup, miktarları depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanmalar göstermiştir. Karbondioksit üzerine depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur.

Furanlar bir oksijen ve dört karbon atomundan oluşan beş halkalı heterosiklik moleküllerdir (Heaven and Nash 2012). Furan, tetrahidro inek tereyağında depolamanın 1. (9,80  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (13,74  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (16,55  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (26,26  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); koyun tereyağında 1. (5,61  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (5,20  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (7,47  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (6,27  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (2,72  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 30. (17,39  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (28,89  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (33,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerinde tespit edilmiştir. Miktarı, muhafaza süresince inek ve keçi tereyağlarında artış, koyun tereyağında dalgalanma göstermiştir. Furan, tetrahidro üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Furan, 2-etil inek tereyağında 1. (1,44  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 30. (0,91  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ); keçi tereyağında 1. (2,25  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), 60. (1,79  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) ve 90. (2,62  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) günlerde tespit edilmiş olup muhafaza süresince inek tereyağında azalış, keçi tereyağında dalgalanma göstermiştir. Furan, 2-etil üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşiğe koyun tereyağında rastlanmamıştır. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde ve geleneksel tereyağı örneklerinde depolama süresinin ilk haftasında etil furanon (zayıf, koku tanımı; kahve)

bileşimini tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama boyunca doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde artmış, geleneksel tereyağı örneklerinde değişim göstermemiştir.

Metilamin inek tereyağında 30. (2,19 µg/100 g) ve 60. (1,66 µg/100 g); koyun tereyağında 1. (4,05 µg/100 g), 30. (6,32 µg/100 g) ve 60. (8,74 µg/100 g) günlerde tespit edilmiştir. Muhafaza süresince inek tereyağında azalış, koyun tereyağında artış göstermiştir. Metilamin üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, keçi tereyağında tespit edilememiştir.

Hidroksilamin inek, koyun ve keçi tereyağlarında tüm depolama periyotlarda tespit edilmiş olup inek, koyun ve keçi tereyağlarında sırasıyla 1. günde (6,32 µg/100 g, 5,91 µg/100 g ve 6,21 µg/100 g), 30. günde (24,33 µg/100 g, 24,70 µg/100 g ve 25,61 µg/100 g), 60. günde (30,26 µg/100 g, 29,08 µg/100 g ve 28,92 µg/100 g) ve 90. günde (4,16 µg/100 g, 45,65 µg/100 g ve 49,17 µg/100 g) olarak tespit edilmiştir. Hidroksilamin üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Kloroform inek tereyağında depolamanın 1. (5,04 µg/100 g), 30. (7,50 µg/100 g), 60. (11,64 µg/100 g) ve 90. (5,52 µg/100 g); koyun tereyağında 30. (9,31 µg/100 g), 60. (10,04 µg/100 g) ve 90. (5,78 µg/100 g); keçi tereyağında 30. (5,21 µg/100 g), 60. (6,25 µg/100 g) ve 90. (4,45 µg/100 g) günlerinde tespit edilmiş, miktar depolama boyunca bütün tereyağı çeşitlerinde dalgalanma göstermiştir. Kloroform üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Gündoğdu (2012) da krema tereyağındaki kloroform miktarını kontrol örnekte 1. günde 1,93 µg/100 g, 30. günde 7,92 µg/100 g, 60. günde 5,06 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Kloroformun sağım öncesi süt sağım alet ve ekipmanlarının temizliğinde kullanılan sanitasyon malzemesinden kaynaklanabileceği ifade edilmektedir (Marsili and Miller 1998).

Fenoller, bir benzen halkasına en az bir tane fonksiyonel alkol grubu ile bağlanmış aromatik bileşiklerdir (Heaven and Nash 2012). Tirozinin mikrobiyal bozulması fenol oluşumundan sorumludur ve olgunlaşmış peynirlerde önemli bir bileşiktir (Nogueira *et al.* 2005). Uçucu fenollerin kaynağı, hammaddeye uygulanan işlemler olmakla birlikte mikroorganizmalar (özellikle mayalar), fenolik asitleri uçucu fenollere dönüştürebilirler (Lehtonen and Juonela-Eriksson 1983). 2-metil-1-fenol koyun tereyağında 30. (7,92 µg/100 g), 60. (7,70 µg/100 g) ve 90. günlerde (3,92 µg/100 g); keçi tereyağında 90. (10,06 µg/100 g) günde tespit edilmiş olup inek tereyağında bulunmamıştır. 2-metil-1-fenol üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur.

Tereyağı aromasından sorumlu delta laktonların üç önemli fraksiyonu ( $\delta$ -10,  $\delta$ -12 ve  $\delta$ -14) saptanmıştır (Fatouh *et al.* 2005). Laktonlar, hidroksi asitlerin intramoleküler esterifikasyonu sonucu su kaybı ile oluşan siklik esterlerdir (Nogueira *et al.* 2005). Gıdalarda mikrobiyal olarak, lipid oksidasyonu sonucu ya da ısı ile işlemle oluşabilmektedir (Reineccius 2006). Lakton oluşumunun yemleme, mevsim, yetiştirme ve laktasyon dönemine bağlı olduğu bildirilmektedir (Fox *et al.* 2000).

Tereyağı örneklerinde depolama süresince tespit edilen delta-nonalakton inek tereyağında muhafazanın 1. (0,68 µg/100 g), 30. (5,47 µg/100 g), 60. (8,04 µg/100 g) ve 90. (11,20 µg/100 g) günlerinde ve keçi tereyağında sadece 30. günde (2,70 µg/100 g) tespit edilmiş ve miktarı depolama süresince inek tereyağında artış göstermiştir. Delta-nonalakton üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu bileşik koyun tereyağında tespit edilememiştir.

Fatouh *et al.* (2005), manda tereyağında toplam lakton miktarını 16,8 µg/g olarak saptamışlardır. Lozano *et al.* (2007), soğuk depolama ve paketleme materyalinin tatlı kremadan üretilen tereyağlarında etkisinin araştırıldığı çalışmada  $\delta$ -hekzalakton miktarını depolamanın taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarında sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 0; 8,4; 53,7 ve 47,0 µg/kg olarak,



parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 0; 32,1; 53,5 ve 49,5 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 0; 35,7; 43,6 ve 29,6 µg/kg olarak; δ-oktalakton miktarını taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarda sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 42,4; 14,8; 41,1 ve 40,9 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 62,6; 42,3; 45,9 ve 27,1 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 36,6; 10,2; 913,4 ve 16,9 µg/kg olarak; δ-dekalakton miktarını taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarda sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 46,9; 34,7; 88,3 ve 103,2 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 59,8; 61,8; 74,4 ve 48,7 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 35,1; 34,5; 89,9 ve 35,2 µg/kg olarak ve δ-dodekalakton miktarını taze (2. gün), 6. (4°C), 12. (4°C) ve 12. (-20°C) aylarda sırasıyla parşömenle paketlenmiş 1. örnekte 10,3; 29,9; 4,1 ve 9,0 µg/kg olarak, parşömenle paketlenmiş 2. örnekte 12,2; 48,4; 5,5 ve 1,1 µg/kg olarak ve folyoyla paketlenmiş örnekte 2,7; 70,0; 8,8 ve 4,2 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003a), tatlı krema tereyağında; δ-hekzanolakton miktarını 47,9 µg/kg, δ-oktanolakton miktarını 72,8 µg/kg, δ-dekanolakton miktarını 1193 µg/kg ve γ-dodekanolakton miktarını 441 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peterson and Reineccius (2003b) ise ısıtılmış işlem görmüş, tatlı krema tereyağlarında δ-hekzanolakton miktarını 218,00 µg/kg, δ-oktanolakton miktarını 258,00 µg/kg, δ-dekanolakton miktarını 2633,00 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), doymamış yağ asidi ve konjuge linoleik asit ile zenginleştirilmiş tereyağı örneklerinde depolama süresinin ilk haftasında δ-hekzalakton (zayıf, koku tanımı; meyvemsi, yağlı), γ-nonalakton (zayıf, koku tanımı; meyvemsi), δ-dekalakton (zayıf, koku tanımı; çiçek) ve δ-undekalakton (zayıf, koku tanımı; bisküvi, çiçek) bileşiklerini, geleneksel tereyağı örneklerinde ise δ-hekzalakton (zayıf, koku tanımı; meyvemsi, yağlı), γ-nonalakton (zayıf, koku tanımı; meyvemsi), γ-dekalakton (zayıf, koku tanımı; meyve), δ-dekalakton (zayıf, koku tanımı; çiçek) ve δ-undekalakton (zayıf, koku tanımı; bisküvi, çiçek) bileşiklerini tespit etmişlerdir. Miktarlar zayıf, orta ve güçlü olarak kategorize edilmiş ve genel olarak depolama süresince artmıştır. Pandya and Ghodke (2007), tereyağında gamma ve delta lakton oranlarını manda > inek > keçi > koyun sırasıyla ve 2,71; 1,18; 0,82; 0,77 olarak belirtmişlerdir. Kim *et al.* (2005), tereyağında GC-MS metoduyla furan 2,5-dihidro, fenol, δ-oktalakton, δ-dekalakton ve δ-undekalakton bileşiklerini tespit etmişlerdir.

**Çizelge 4.46.** Tereyağı örneklerinde belirlenen diğer bileşikler (µg/100g)

| RI   | RT     | Uçucu bileşikler  | Depolama süresi (gün) | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|------|--------|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
|      |        |                   |                       | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 697  | 4.673  | Karbondioksit     | 1                     | 11,21±2,47      | 8,01±1,87      | 8,34±1,32     | 0,17                 | 135,33**            | 0,99     |
|      |        |                   | 30                    | 28,46±7,19      | 30,70±2,85     | 30,08±3,81    |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 36,40±1,66      | 37,88±0,39     | 33,68±3,12    |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 5,47±1,13       | 8,25±2,46      | 10,05±1,57    |                      |                     |          |
| 831  | 7.152  | Furan, tetrahidro | 1                     | 9,80±2,39       | 5,61±1,20      | 2,72±0,19     | 14,76**              | 248,43**            | 251,45** |
|      |        |                   | 30                    | 13,74±1,59      | 5,20±0,91      | 17,39±1,14    |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 16,55±2,06      | 7,47±1,32      | 28,89±0,31    |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 26,26±1,95      | 6,27±1,48      | 33,25±1,30    |                      |                     |          |
| 867  | 7.520  | Metilamin         | 1                     | -               | 4,05±0,56      | -             | 121,78**             | 34,54**             | 18,71**  |
|      |        |                   | 30                    | 2,19±0,91       | 6,32±1,79      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 1,66±0,59       | 8,74±0,53      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | -               | -              | -             |                      |                     |          |
| 915  | 7.676  | Hidroksilamin     | 1                     | 6,32±0,92       | 5,91±0,77      | 6,21±0,11     | 144,87**             | 407,65**            | 150,87** |
|      |        |                   | 30                    | 24,33±0,86      | 24,70±1,77     | 25,61±1,17    |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 30,26±0,52      | 29,08±2,43     | 28,92±2,49    |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 4,16±0,37       | 45,65±0,96     | 49,17±2,22    |                      |                     |          |
| 977  | 9.016  | Furan, 2-etil     | 1                     | 1,44±0,22       | -              | 2,25±0,14     | 628,98**             | 102,95**            | 152,77** |
|      |        |                   | 30                    | 0,91±0,06       | -              | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | -               | -              | 1,79±0,14     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | -               | -              | 2,62±0,09     |                      |                     |          |
| 1018 | 10.958 | Kloroform         | 1                     | 5,04±0,31       | -              | -             | 23,56**              | 60,98**             | 5,42**   |
|      |        |                   | 30                    | 7,50±1,23       | 9,31±0,60      | 5,21±0,24     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | 11,64±2,69      | 10,04±0,06     | 6,25±0,33     |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | 5,52±1,76       | 5,78±0,08      | 4,45±0,24     |                      |                     |          |
| 2087 | 39.653 | Fenol-2-metil     | 1                     | -               | -              | -             | 84,58**              | 38,71**             | 50,15**  |
|      |        |                   | 30                    | -               | 7,92±0,72      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 60                    | -               | 7,70±0,91      | -             |                      |                     |          |
|      |        |                   | 90                    | -               | 3,92±0,78      | 10,06±2,19    |                      |                     |          |

**Çizelge 4.46. (devam)**

|                                  |        |                  |                       | Tereyağı çeşidi |                |               | Varyasyon kaynakları |                     |          |
|----------------------------------|--------|------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------|
| RI                               | RT     | Uçucu bileşikler | Depolama süresi (gün) | İnek tereyağı   | Koyun tereyağı | Keçi tereyağı | Tereyağı çeşidi (A)  | Depolama süresi (B) | AxB      |
| 2205                             | 42.274 | Delta-nonalakton | 1                     | 0,68±0,17       | -              | -             | 807,62**             | 110,61**            | 123,69** |
|                                  |        |                  | 30                    | 5,47±0,50       | -              | 2,70±0,77     |                      |                     |          |
|                                  |        |                  | 60                    | 8,04±0,31       | -              | -             |                      |                     |          |
|                                  |        |                  | 90                    | 11,20±0,67      | -              | -             |                      |                     |          |
|                                  |        |                  |                       |                 |                |               |                      |                     |          |
| Toplam diğer bileşikler (8 adet) |        |                  |                       | 274,25          | 278,51         | 309,64        |                      |                     |          |

RI: Alıkonma indeksi, RT: Alıkonma zamanı \* p<0,05 düzeyinde önemli, \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

#### 4.7. Tereyağı Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları

İnek, koyun ve keçi sütü kremalarından üretilen tereyağlarının muhafaza süresince yapılan duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.47’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.48’de, Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.49’da toplu olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.47.** Tereyağı örneklerinin duyusal analiz sonuçları ortalamaları

| Tereyağı çeşidi | Depolama süresi (gün) | Renk             | Tekstür          | Koku             | Lezzet           | Acı tat          | Genel kabul edilebilirlik |
|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| İnek tereyağı   | 1                     | 8,83±0,24        | 8,33±0,24        | 8,16±0,00        | 8,24±0,12        | 9,00±0,00        | 8,33±0,24                 |
|                 | 15                    | 8,33±0,07        | 8,00±0,00        | 7,87±0,17        | 8,01±0,12        | 8,29±0,05        | 8,24±0,12                 |
|                 | 30                    | 8,26±0,07        | 7,92±0,11        | 7,75±0,00        | 7,79±0,11        | 7,71±0,19        | 7,74±0,08                 |
|                 | 45                    | 8,21±0,04        | 7,71±0,04        | 7,68±0,13        | 7,58±0,11        | 7,42±0,24        | 7,71±0,14                 |
|                 | 60                    | 8,20±0,06        | 7,66±0,02        | 7,56±0,00        | 7,41±0,02        | 7,16±0,02        | 7,45±0,04                 |
|                 | 75                    | 8,01±0,15        | 7,62±0,08        | 7,43±0,00        | 7,51±0,02        | 7,15±0,00        | 7,37±0,12                 |
|                 | 90                    | 7,93±0,09        | 7,56±0,00        | 7,10±0,10        | 7,10±0,10        | 6,24±0,26        | 7,00±0,00                 |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>8,25±0,29</b> | <b>7,83±0,27</b> | <b>7,65±0,32</b> | <b>7,66±0,37</b> | <b>7,56±0,85</b> | <b>7,69±0,46</b>          |
| Koyun tereyağı  | 1                     | 8,00±0,00        | 7,33±0,00        | 6,99±0,23        | 6,91±0,12        | 9,00±0,00        | 7,58±0,35                 |
|                 | 15                    | 7,16±0,00        | 7,33±0,11        | 6,67±0,04        | 6,76±0,02        | 7,87±0,05        | 7,27±0,02                 |
|                 | 30                    | 7,00±0,19        | 7,14±0,00        | 6,47±0,09        | 6,35±0,02        | 6,56±0,04        | 6,64±0,16                 |
|                 | 45                    | 6,89±0,05        | 7,10±0,10        | 6,53±0,31        | 6,09±0,08        | 6,18±0,00        | 6,31±0,42                 |
|                 | 60                    | 6,82±0,02        | 6,94±0,02        | 6,10±0,06        | 5,96±0,13        | 6,12±0,08        | 6,15±0,13                 |
|                 | 75                    | 6,46±0,04        | 6,70±0,07        | 5,99±0,21        | 5,68±0,04        | 5,52±0,09        | 5,93±0,00                 |
|                 | 90                    | 6,37±0,08        | 6,76±0,11        | 5,62±0,08        | 5,03±0,04        | 4,71±0,04        | 5,28±0,31                 |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>6,95±0,52</b> | <b>7,04±0,25</b> | <b>6,34±0,46</b> | <b>6,11±0,62</b> | <b>6,56±1,38</b> | <b>6,45±0,78</b>          |
| Keçi tereyağı   | 1                     | 8,49±0,23        | 8,49±0,23        | 7,79±0,05        | 7,62±0,05        | 9,00±0,00        | 7,95±0,06                 |
|                 | 15                    | 7,20±0,17        | 7,54±0,05        | 7,16±0,12        | 6,81±0,14        | 7,80±0,14        | 7,30±0,20                 |
|                 | 30                    | 6,99±0,10        | 7,31±0,14        | 6,78±0,09        | 6,51±0,09        | 6,47±0,19        | 6,66±0,08                 |
|                 | 45                    | 6,82±0,06        | 7,07±0,06        | 6,79±0,02        | 6,17±0,24        | 6,32±0,02        | 6,38±0,01                 |
|                 | 60                    | 6,76±0,02        | 6,93±0,00        | 6,37±0,08        | 6,18±0,09        | 6,23±0,02        | 6,29±0,06                 |
|                 | 75                    | 6,71±0,04        | 7,06±0,00        | 5,92±0,15        | 5,76±0,46        | 5,77±0,13        | 5,93±0,09                 |
|                 | 90                    | 6,46±0,04        | 6,92±0,24        | 5,78±0,04        | 5,57±0,37        | 5,48±0,07        | 5,34±0,22                 |
| <b>Ortalama</b> |                       | <b>7,06±0,65</b> | <b>7,33±0,54</b> | <b>6,65±0,67</b> | <b>6,37±0,68</b> | <b>6,72±1,19</b> | <b>6,55±0,83</b>          |

**Çizelge 4.48.** Tereyağı örneklerinde yapılan duyu analizi sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon kaynakları | SD | Renk     | Tekstür  | Koku     | Lezzet   | Acı tat  | Genel kabul edilebilirlik |
|----------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|
| Tereyağı çeşidi (A)  | 2  | 576,38** | 176,91** | 400,64** | 355,09** | 308,38** | 204,44**                  |
| Depolama süresi (B)  | 6  | 117,28** | 57,08**  | 90,71**  | 69,71**  | 638,08** | 92,27**                   |
| AxB                  | 12 | 6,86**   | 7,42**   | 4,97**   | 3,40**   | 16,75**  | 2,99                      |
| Hata                 | 21 |          |          |          |          |          |                           |
| Genel                | 42 |          |          |          |          |          |                           |

\* p<0,05 düzeyinde önemli \*\* p<0,01 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.49.** Tereyağı örneklerinin duyu analizi sonuçları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları \*

|                       |    | Renk                    | Tekstür                 | Koku                   | Lezzet                 | Acı tat                | Genel kabul edilebilirlik |
|-----------------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| Tereyağı çeşidi       | A  | 8,25±0,29 <sup>c</sup>  | 7,83±0,27 <sup>c</sup>  | 7,65±0,32 <sup>c</sup> | 7,66±0,37 <sup>c</sup> | 7,56±0,85 <sup>c</sup> | 7,69±0,46 <sup>b</sup>    |
|                       | B  | 6,95±0,52 <sup>a</sup>  | 7,04±0,25 <sup>a</sup>  | 6,34±0,46 <sup>a</sup> | 6,11±0,62 <sup>a</sup> | 6,56±1,38 <sup>a</sup> | 6,45±0,78 <sup>a</sup>    |
|                       | C  | 7,06±0,65 <sup>b</sup>  | 7,33±0,54 <sup>b</sup>  | 6,65±0,67 <sup>b</sup> | 6,37±0,68 <sup>b</sup> | 6,72±1,19 <sup>b</sup> | 6,55±0,83 <sup>a</sup>    |
| Depolama süresi (gün) | 1  | 8,44±0,40 <sup>f</sup>  | 8,05±0,58 <sup>e</sup>  | 7,64±0,54 <sup>f</sup> | 7,59±0,60 <sup>f</sup> | 9,00±0,00 <sup>f</sup> | 7,95±0,38 <sup>f</sup>    |
|                       | 15 | 7,56±0,60 <sup>e</sup>  | 7,62±0,31 <sup>d</sup>  | 7,23±0,54 <sup>e</sup> | 7,19±0,63 <sup>e</sup> | 7,98±0,24 <sup>e</sup> | 7,60±0,50 <sup>e</sup>    |
|                       | 30 | 7,42±0,65 <sup>d</sup>  | 7,45±0,37 <sup>c</sup>  | 7,00±0,59 <sup>d</sup> | 6,88±0,70 <sup>d</sup> | 6,91±0,62 <sup>d</sup> | 7,01±0,56 <sup>d</sup>    |
|                       | 45 | 7,31±0,70 <sup>cd</sup> | 7,29±0,32 <sup>b</sup>  | 7,00±0,56 <sup>d</sup> | 6,61±0,75 <sup>c</sup> | 6,64±0,61 <sup>c</sup> | 6,80±0,73 <sup>cd</sup>   |
|                       | 60 | 7,26±0,72 <sup>c</sup>  | 7,18±0,37 <sup>ab</sup> | 6,67±0,69 <sup>c</sup> | 6,52±0,70 <sup>c</sup> | 6,50±0,51 <sup>c</sup> | 6,63±0,64 <sup>c</sup>    |
|                       | 75 | 7,06±0,74 <sup>b</sup>  | 7,12±0,41 <sup>a</sup>  | 6,44±0,77 <sup>b</sup> | 6,31±0,95 <sup>b</sup> | 6,15±0,78 <sup>b</sup> | 6,41±0,74 <sup>b</sup>    |
|                       | 90 | 6,92±0,78 <sup>a</sup>  | 7,08±0,39 <sup>a</sup>  | 6,16±0,73 <sup>a</sup> | 5,90±0,97 <sup>a</sup> | 5,48±0,69 <sup>a</sup> | 5,87±0,88 <sup>a</sup>    |

(\*) Aynı harfli ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

A= İnek tereyağı B= Koyun tereyağı C= Keçi tereyağı

#### 4.7.1. Renk puanı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen renk puanları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Her üç tereyağı çeşidinde de en yüksek renk puanları 1. günde, en düşük renk puanları da 90. günlerde belirlenmiştir. Buna göre inek, koyun ve keçi tereyağı sırasıyla en yüksek ve en düşük değerler şöyledir: 8,83 ve 7,93; 8,00 ve 6,37; 8,49 ve 6,46. Özetle depolama süresi uzadıkça renk puanlarının düştüğü söylenebilir.

Sağdıç *et al.* (2004) da en yüksek puan 5 olmak üzere, görünüş puanını inek tereyağında 4,7; koyun tereyağında 4,8 ve keçi tereyağında 4,9 olarak tespit etmişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde görünüş puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,60; 8,30; 8,27; 8,23; 7,63 olarak belirlemiştir. Gürsel vd. (2006) de +5°C, -18°C ve -25°C’de depoladıkları tereyağlarında en iyi puan 20 olmak üzere renk puanını sırasıyla 18,33; 20,00; 20,00 olarak belirlemiştir. Şenel vd. (2010), kremadan üretilen tereyağlarında depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde renk puanını en yüksek puan 15 olmak üzere, sırayla 14,20; 14,00; 14,05; 14,06 ve 14,25 olarak saptamışlardır. Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde renk puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,40; 8,15; 8,05 ve 7,90 olarak belirlemiştir. Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde renk puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,40; 8,15; 8,05 ve 7,90 olarak belirlemiştir. Şenel *et al.* (2011a), ürettikleri inek, koyun ve keçi tereyağlarında depolamanın 1. ve 30. günlerinde en iyi puan 15 olmak üzere, renk ve görünüş puanını sırasıyla inek tereyağında 15,00; 14,50, koyun tereyağında 15,00, 13,00 ve keçi tereyağında 15,00; 12,00 olarak belirlemiş olup bulgularımızla benzerlik göstermektedir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında görünüş ve renk puanını en iyi puan 15 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 13,83; 12,67; 13,00; 13,25; 12,00 olarak belirlemiştir. Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden üretilen yayık tereyağı örneklerinde görünüş ve renk puanını en iyi puan 15 olmak üzere, depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde sırasıyla inek tereyağında 15, 15, 15; koyun tereyağında 15, 13, 13; keçi tereyağında 15, 10, 10 olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında renk puanını en iyi puan 9 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 7,94; 8,04; 8,21; 8,04 ve 7,96 olarak tespit etmiştir. Rodriguez *et al.* (2003), yaptıkları çalışmada kültür ilaveli keçi tereyağında en iyi puan 20 olmak üzere görünüş puanını 18,5 olarak belirlemiştir. Ayar vd (2006), yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C’de

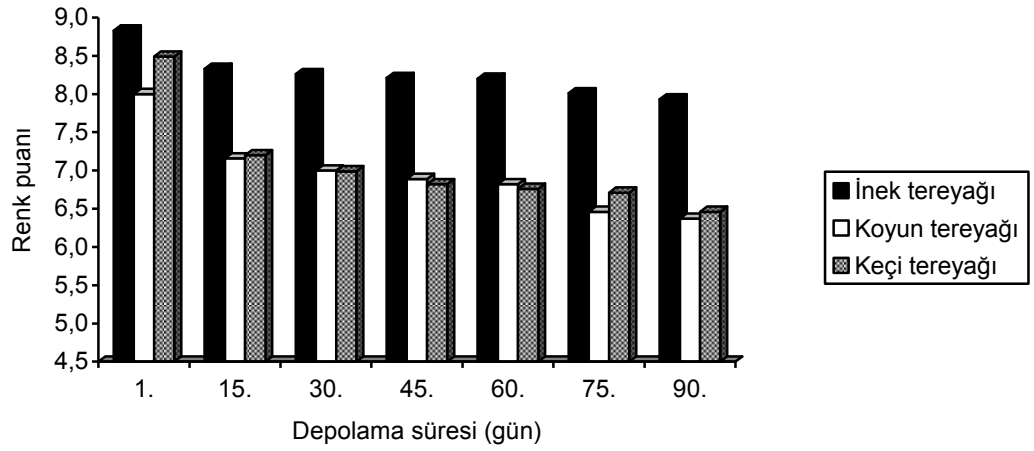
depoladıkları kontrol örnekte renk puanını, en yüksek puan 10 olmak üzere, sırasıyla 7,357 ve 6,857 olarak belirlemişlerdir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde en yüksek puan 15 olmak üzere ortalama olarak renk ve görünüş puanını 14,28 olarak tespit etmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen renk puanı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ile tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) derecede etkili bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Tereyağı çeşidine ait renk puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek renk puanı inek tereyağında bulunmuştur. Bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağları takip etmiştir. Bu sonuç tüketicinin sarı renkli yağı tercih etmesine bağlanabilir.

Depolama süresine ait renk puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek renk puanı depolamanın 1. gününde, en düşük renk puanı ise 90. gününde belirlenmiştir. Depolama süresince belirlenen renk puanı arasındaki farklar istatistiki olarak 30. ve 45. gün ile 45. ve 60. günlerde birbirinde benzer, diğer günlerde farklı bulunmuştur.

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin renk puanına etkisi Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün tereyağı örneklerinde renk puanları depolama süresince azalmış yani renk beğenilirliği düşmüştür. Bu sonuç tereyağının okside olup renginin değişmesine bağlanabilir.



**Şekil 4.12.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin renk puanına etkisi

#### 4.7.2. Tekstür puanı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen tekstür puanları Çizelge 4.47’de görülmektedir. İnek tereyağlarında en yüksek tekstür puanı 1. günde (8,33), en düşük tekstür puanı ise 90. günde (7,56); koyun tereyağlarında en yüksek tekstür puanı 1. ve 15. günde (7,33), en düşük tekstür puanı ise 75. günde (6,70); keçi tereyağlarında ise en yüksek tekstür puanı 1. günde (8,49), en düşük tekstür puanı ise 90. günde (6,92) saptanmıştır.

Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında tekstür puanını, en yüksek puan 5 olmak üzere, kontrol örneğinde 4,2 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Sağdıç *et al.* (2004), tekstür puanını en yüksek puan 5 olmak üzere, inek tereyağında 4,6, koyun ve keçi tereyağında 4,7 olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), en iyi puan 10 olmak üzere, tereyağlarında sürülebilirlik özelliğini 9 puan olarak tespit etmişlerdir. Şenel vd (2010), kremadan üretilen tereyağlarında depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde tekstür puanını, en yüksek puan 30 olmak üzere, sırayla 27,00; 26,53; 25,85; 27,00 ve 28,08 olarak saptamışlardır. Çakmakçı *et al.* (2014) tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanılabiliirliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde tekstür puanını en yüksek puan



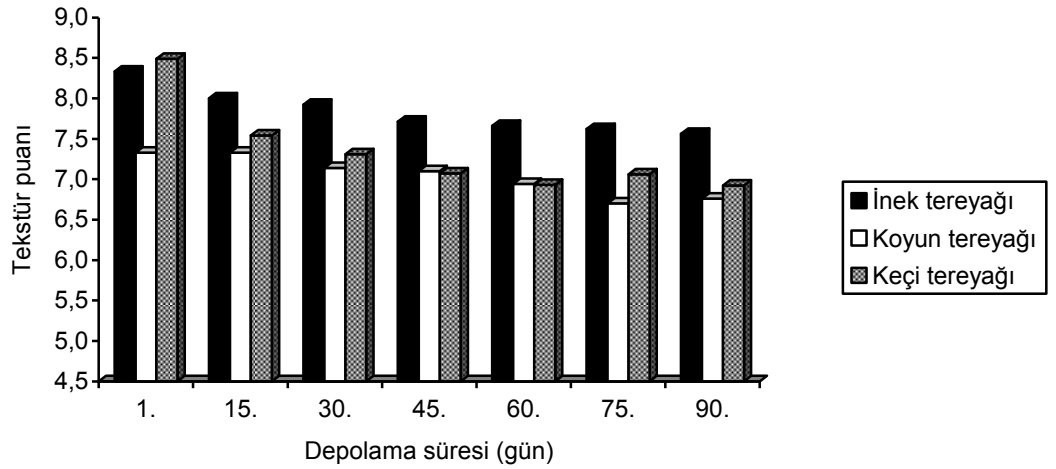
9 olmak üzere sırasıyla 8,38; 8,13; 7,88 ve 7,63 olarak belirlemişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009) *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde tekstür puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,37; 8,12; 7,87 ve 7,62 olarak belirlemişlerdir. Gürsel vd. (2006) ise +5°C, -18°C ve -25°C’de depoladıkları tereyağlarında en iyi puan 30 olmak üzere, tekstür puanını sırasıyla 25,00; 20,00; 24,33 olarak bulmuşlardır. Şenel *et al.* (2011a) ürettikleri inek, koyun ve keçi tereyağlarında depolamanın 1. ve 30. günlerinde en iyi puan 30 olmak üzere tekstür puanını sırasıyla inek tereyağında 30,00; 29,50, koyun tereyağında 30,00; 27,50 ve keçi tereyağında 30,00; 27,25 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışma sonuçları bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında bünye ve yapı olarak değerlendirdikleri özelliğin puanını en iyi puan 30 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 25,83; 21,67; 23,75; 25,00; 23,75 olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden üretilen yayık tereyağı örneklerinde bünye ve yapı olarak değerlendirdikleri özelliğin puanını, en iyi puan 30 olmak üzere, depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde sırasıyla inek tereyağında 30; 30; 30; koyun tereyağında 30; 28; 28; keçi tereyağında 30; 28; 28 olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında tekstür puanını en iyi puan 9 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 7,85; 8,25; 8,33; 7,87 ve 7,46 olarak tespit etmiştir. Rodriguez *et al.* (2003), kültür ilaveli keçi tereyağında en iyi puan 30 olmak üzere tekstür puanını 27,3 olarak belirlemişlerdir. Ayar vd (2006) yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C’de depoladıkları kontrol örnekte tekstür puanını, en yüksek puan 10 olmak üzere, sırasıyla 7,285 ve 6,964 olarak belirlemişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde tekstür puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,73; 8,40; 8,17; 8,00; 7,43 olarak belirlemiştir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde en yüksek puan 30 olmak üzere ortalama olarak yapı ve kıvam puanını 28,73 olarak tespit etmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen tekstür puanları üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksiyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Tereyağı çeşidine ait tekstür puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek tekstür puanı inek tereyağında bulunmuştur. Bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağları takip etmiş ve puanlar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur (Çizelge 4.49).

Depolama süresine ait tekstür puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek tekstür puanı 1. günde, en düşük tekstür puanı ise 90. günde belirlenmiştir. Depolama süresince belirlenen tekstür puanı arasındaki farkların 60., 75. ve 90. günlerde birbirine benzer, diğer günlerde ise farklı olduğu görülmektedir.

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin tekstür puanına etkisi Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, inek tereyağı örneklerinde tekstür puanı depolama süresince azalmış, koyun tereyağında 75. güne kadar azalmış, 90. günde artmış, keçi tereyağında ise 60. güne kadar azalmış, diğer periodlarda dalgalanmalar görülmüştür.



**Şekil 4.13.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin tekstür puanına etkisi

#### 4.7.3. Koku puanı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen koku puanları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Tüm tereyağı çeşitleri ilk gün en yüksek puanları alırken son muhafaza periyodu puanları en düşük olmuştur. İnek, koyun ve keçi tereyağında koku puanları sırasıyla en yüksek ve en düşük değerler olarak şöyledir: 8,16-7,10; 6,99-5,62; 7,79-5,78.

Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen tereyağlarında koku puanını kontrol örnekte, en yüksek puan 5 olmak üzere, 4,2 olarak tespit etmişlerdir. Sağdıç *et al.* (2004) da, koku puanını en yüksek puan 5 olmak üzere, inek tereyağında 4,7; koyun tereyağında 4,7 ve keçi tereyağında 4,7 olarak belirlemişlerdir. Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanılabirliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde koku puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,38; 8,00; 7,63 ve 7,38 olarak belirlemişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde koku puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,37; 8,00; 7,62 ve 7,37 olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.*

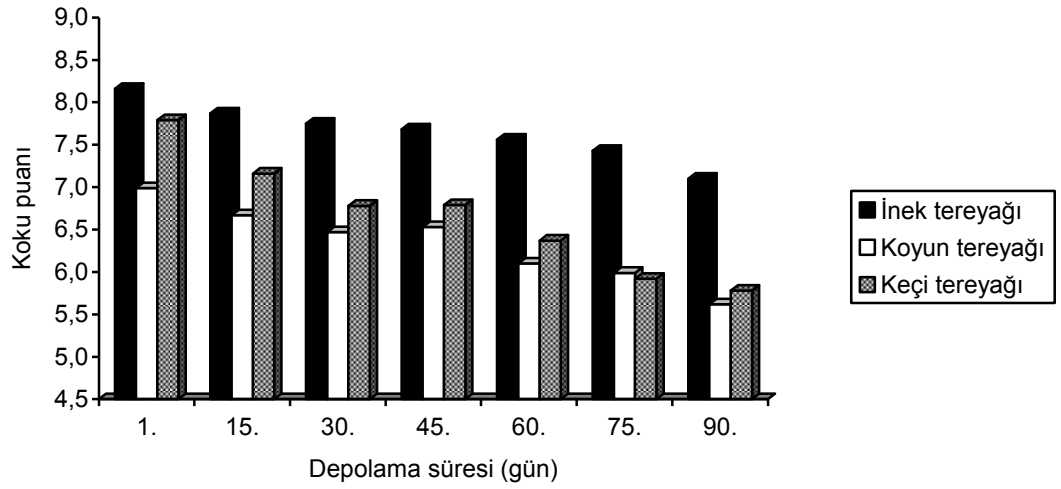
(2008b), en iyi puan 10 olmak üzere, tereyağlarında krema kokusu özelliğini 9 puan, pişmiş süt kokusu özelliğini 10 puan, ransit koku özelliğini 10 puan, oksit ve metalik koku özelliğini de 10 puan olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), kontrol krema tereyağında koku puanını en iyi puan 9 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 7,46; 7,50; 7,67; 6,37 ve 6,00 olarak tespit etmiştir. Rodriguez *et al.* (2003), kültür ilaveli keçi tereyağında, en iyi puan 20 olmak üzere, koku puanını 16,3 olarak belirlemişlerdir. Ayar vd (2006), yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C’de depoladıkları kontrol örnekte koku puanını, en yüksek puan 10 olmak üzere, sırasıyla 6,785 ve 6,035 olarak belirlemişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde koku puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,36; 8,20; 8,20; 8,13; 7,60 olarak belirlemiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen koku puanları üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Tereyağı çeşidine ait koku puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek koku puanını inek tereyağı almış, bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağları takip etmiştir.

Depolama süresine ait koku puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek koku puanı 1. günde, en düşük koku puanı ise 90. günde belirlenmiştir. Depolama süresince belirlenen koku puanı arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur.

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin koku puanına etkisi Şekil 4.14’te verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere inek tereyağı örneklerinde koku puanı depolama süresince azalmıştır. Koyun ve keçi tereyağlarında ise genel olarak azalmış ve dalgalanmalar olmuştur. Bu sonuç, depolama süresinin ilerlemesiyle oksidasyona bağlı olarak kokunun kötü yönde değişmesi ile açıklanabilir.



**Şekil 4.14.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin koku puanına etkisi

#### 4.7.4. Lezzet puanı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen lezzet puanları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Her üç tereyağı çeşidinde de en yüksek lezzet puanları 1. günde, en düşük lezzet puanları da 90. günlerde belirlenmiştir. Buna göre inek, koyun ve keçi tereyağı sıralamasıyla en yüksek ve en düşük değerler şöyledir: 8,24 ve 7,10; 6,91 ve 5,03; 7,62 ve 5,57. Bu sonuçlardan depolama süresi uzadıkça okside tat oluşumuna bağlı olarak lezzet puanlarının düştüğü söylenebilir.

Sağdıç *et al.* (2002), kremadan üretilen kontrol tereyağlarında lezzet puanını, en yüksek puan 5 olmak üzere, 4,0 olarak tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada Sağdıç *et al.* (2004), lezzet puanını en yüksek puan 5 olmak üzere, inek, koyun ve keçi tereyağlarında sırasıyla 4,7; 4,6 ve 4,8 olarak saptamışlardır. Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde lezzet puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,25; 7,38; 8,13 ve 7,38 olarak belirlemişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009), *Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini

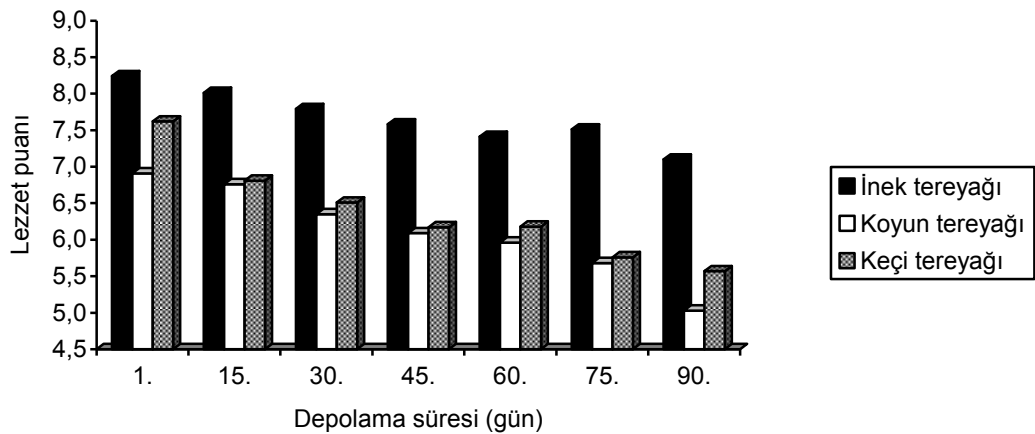
araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde lezzet puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,25; 7,37; 8,13 ve 7,37 olarak belirlemişlerdir. Mallia *et al.* (2008b), en iyi puan 10 olmak üzere; tereyağlarında tatlımsı lezzet özelliğini 6 puan, ekşimsi lezzet özelliğini 9 puan, krema lezzeti özelliğini 10 puan, pişmiş süt lezzeti özelliğini 10 puan, ransit lezzet özelliğini 10 puan, oksit ve metalik lezzet özelliğini de 10 puan olarak tespit etmişlerdir. Şenel vd (2010), kremadan üretilen tereyağlarında depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde lezzet puanını, en yüksek puan 45 olmak üzere, sırayla 36,00; 34,40; 30,27; 36,80 ve 33,05 olarak belirlemişlerdir. Şenel *et al.* (2011a), depolamanın 1. ve 30. günlerinde en iyi puan 45 olmak üzere inek, koyun ve keçi tereyağlarında lezzet puanını sırasıyla 43,00, 40,00; 43,00, 37,75 ve 41,00, 31,25 olarak tespit etmişlerdir. Gürsel vd. (2006), +5°C, -18°C ve -25°C'de depoladıkları tereyağlarında, lezzet puanını 50 üzerinden sırasıyla 23,33; 31,66 ve 41,66 olarak saptamışlardır. Atamer vd (2005), kremadan üretilen tereyağlarında tat ve aroma puanını en iyi puan 45 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 32,00; 27,33; 30,75; 31,50; 30,50 olarak belirlemişlerdir. Atamer vd (2007), farklı tür sütlerden üretilen yayık tereyağı örneklerinde tat ve aroma puanını, en iyi puan 45 olmak üzere, depolamanın 1, 30 ve 60. günlerinde sırasıyla inek tereyağında 43; 40; 40; koyun tereyağında 43; 38; 37; keçi tereyağında 41; 31; 32 olarak tespit etmişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında lezzet puanını, en iyi puan 9 olmak üzere, depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 7,44; 7,59; 7,67; 5,88 ve 5,62 olarak tespit etmiştir. Rodriguez *et al.* (2003), kültür ilaveli keçi tereyağında lezzet puanını 30 üzerinden 26,7 olarak tespit etmişlerdir. Ayar vd (2006), yaptıkları çalışmada 5°C ve 25°C'de depoladıkları kontrol örnekte tat puanını, en yüksek puan 10 olmak üzere, sırasıyla 6,857 ve 5,428 olarak belirlemişlerdir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C'de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde tat puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,33; 8,37; 8,13; 7,77; 7,50 olarak belirlemiştir. Hayaloğlu (1999), Malatya piyasasından sağlanan kremadan yapılmış tereyağı örneklerinde en yüksek puan 45 olmak üzere ortalama olarak tat ve koku puanını 35,59 olarak tespit etmiştir.

Varyans analiz sonucuna göre tereyağı örneklerinde belirlenen lezzet puanı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksiyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Tereyağı çeşidine ait lezzet puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek lezzet puanına inek tereyağı sahip olup bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağları takip etmiştir.

Depolama süresine ait lezzet puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49), en yüksek lezzet puanı 1. günde, en düşük lezzet puanı ise 90. günde belirlenmiştir. Depolama süresince saptanan lezzet puanı arasındaki farklar 45. ve 60. günlerde birbirinden farksız, diğer günlerde birbirinden farklı bulunmuştur.

Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin lezzet puanına etkisi Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi inek tereyağı örneklerinde lezzet puanları hafif dalgalanmış, ancak koyun ve keçi tereyağlarında azalmıştır.



**Şekil 4.15.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin lezzet puanına etkisi

#### 4.7.5. Acı tat puanı

Yağlar ve yağ içeren gıdalar hava oksijeninin etkisiyle oksidasyona uğramaktadır. Oksidasyonla bozulma sonucu meydana gelen spesifik değişimlerden biri de katı ve sıvı yağlar ile yağ içeren gıdalarda acımsı (ransit) tat ve aroma oluşumudur (Çakmakçı 2007).

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen acı tat puanları Çizelge 4.47’de toplu olarak verilmiştir. İnek tereyağlarında en yüksek acı tat puanı 1. günde (9,00), en düşük acı tat puanı ise 90. günde (6,24); koyun tereyağlarında en yüksek acı tat puanı 1. günde (9,00), en düşük acı tat puanı ise 90. günde (4,71); keçi tereyağlarında ise en yüksek acı tat puanı 1. günde (9,00), en düşük acı tat puanı ise 90. günde (5,48) tespit edilmiştir.

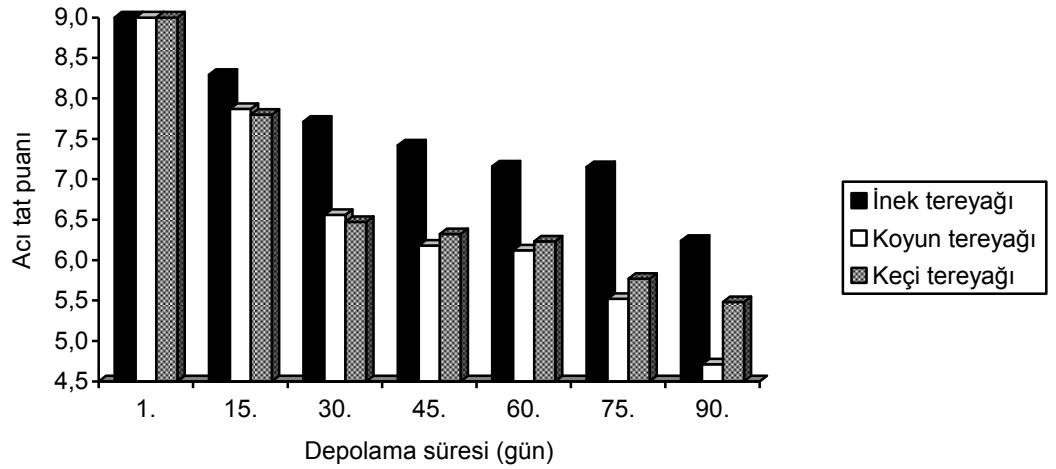
Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında acı tat puanını en iyi puan 9 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 7,52; 7,67; 7,79; 5,79 ve 5,62 olarak tespit etmiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, tereyağı örneklerinde belirlenen acı tat puanı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p < 0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Tereyağı çeşidine ait acı tat puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49) en yüksek acı tat puanına inek tereyağı sahiptir. Bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağları takip etmektedir.

Depolama süresine ait acı tat puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49) en yüksek acı tat puanı 1. günde, en düşük acı tat puanı ise 90. günde belirlenmiştir. Depolama süresince belirlenen acı tat puanı arasındaki farklar istatistiki olarak 45. ve 60. günlerde birbirinden farksız, diğer günlerde birbirinden farklıdır.





**Şekil 4.16.** Tereyağı çeşidi ve depolama süresinin acı tat puanına etkisi

Tereyağı örneklerinde tereyağı çeşidi ve depolama süresinin acı tat puanına etkisi Şekil 4.16’da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere acı tat puanı depolama süresince bütün tereyağı çeşitlerinde azalmış, yani daha fazla acı tat hissedilmiştir.

#### 4.7.6. Genel kabul edilebilirlik puanı

Tereyağı örneklerinde depolama süresince belirlenen genel kabul edilebilirlik puanları Çizelge 4.47’de verilmiştir. İnek tereyağlarında en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı 1. günde (8,33), en düşük genel kabul edilebilirlik puanı ise 90. günde (7,00); koyun tereyağlarında en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı 1. günde (7,58), en düşük genel kabul edilebilirlik puanı ise 75. günde (5,28); keçi tereyağlarında ise en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı 1. günde (7,95), en düşük genel kabul edilebilirlik puanı ise 90. günde (5,34) tespit edilmiştir.

Çakmakçı *et al.* (2014), tereyağı stabilitesi üzerine çörekotu (*Nigella sativa* L.) uçucu yağı kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde genel kabul edilebilirlik puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,50; 7,90; 7,75 ve 7,55 olarak belirlemişlerdir. Dağdemir *et al.* (2009),

*Thymus haussknechtii* ve *Origanum acutidens* uçucu yağlarının inek sütünden üretilmiş tereyağlarının stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol örnekte depolamanın 2, 30, 60 ve 90. günlerinde genel kabul edilebilirlik puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,50; 7,90; 7,75 ve 7,55 olarak belirlemişlerdir. Gündoğdu (2012), kültür ilavesiz (kontrol) krema tereyağında genel kabul edilebilirlik puanını en iyi puan 9 olmak üzere depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde sırasıyla 7,65; 7,71; 7,79; 6,17 ve 5,92 olarak tespit etmiştir. Simsek (2011), Yayık tereyağlarının depolama stabilitesini araştırdığı çalışmada kontrol örnekte (karanlık ortamda, 4°C’de depolanan Yayık tereyağı) depolamanın 1, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde genel kabul edilebilirlik puanını en yüksek puan 9 olmak üzere sırasıyla 8,26; 8,13; 8,13; 8,00; 7,80 olarak belirlemiştir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tereyağı örneklerinde belirlenen genel kabul edilebilirlik puanı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.48).

Tereyağı çeşidine ait genel kabul edilebilirlik puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49) en yüksek genel kabul edilebilirlik puanına inek tereyağı sahip olmuş, bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağları takip etmiştir. Koyun ve keçi tereyağları istatistiki olarak birbirinden farksız bulunmuştur.

Depolama süresine ait genel kabul edilebilirlik puanı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.49) en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı 1. günde, en düşük genel kabul edilebilirlik puanı ise 90. günde belirlenmiştir. Depolama süresince belirlenen genel kabul edilebilirlik puanları 30. ile 45. ve 45. ile 60. günlerde birbiriyle istatistiki olarak benzer, diğer günlerde birbirinden farklı bulunmuştur.

Genel kabul edilebilirlik puanı genel olarak üç tereyağında da depolama süresince azalmıştır.

#### 4.7.7. Duyusal analiz sonuçları ile diğer bazı analiz sonuçları arasındaki korelasyonlar

Tereyağı örneklerinde duyusal analiz sonuçları ile kimyasal analiz, yağ sabitleri, oksidasyon testleri, renk analizleri ve vitamin analiz sonuçları arasındaki korelasyonlar Çizelge 4.50’de verilmiştir.

**Çizelge 4.50.** Tereyağı örneklerinde duyusal analiz sonuçları ile diğer bazı analiz sonuçları arasındaki korelasyonlar

|                               | Renk     | Tekstür  | Koku     | Lezzet   | Acı tat  | Genel kabul edilebilirlik |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|
| <b>Kurumadde</b>              | 0,018    | -0,044   | 0,028    | 0,027    | 0,074    | 0,078                     |
| <b>Yağ</b>                    | -0,149   | -0,206   | -0,098   | -0,146   | -0,121   | -0,176                    |
| <b>pH</b>                     | 0,847**  | 0,721**  | 0,826**  | 0,854**  | 0,531**  | 0,762**                   |
| <b>Asit değeri</b>            | -0,430** | -0,528** | -0,542** | -0,523** | -0,794** | -0,656**                  |
| <b>Titrasyon asitliği</b>     | -0,886** | -0,907** | -0,960** | -0,946** | -0,850** | -0,942**                  |
| <b>Reichert-Meissl sayısı</b> | 0,192    | 0,028    | 0,121    | 0,152    | 0,246    | 0,255                     |
| <b>Polenske sayısı</b>        | -0,406** | -0,170   | -0,297   | -0,354*  | 0,026    | -0,243                    |
| <b>Refraktometre indisi</b>   | 0,541**  | 0,353*   | 0,467**  | 0,503**  | 0,091    | 0,383*                    |
| <b>Sabunlaşma sayısı</b>      | -0,874** | -0,767** | -0,879** | -0,896** | -0,752** | -0,893**                  |
| <b>İyot sayısı</b>            | 0,429**  | 0,322*   | 0,395**  | 0,422**  | 0,577**  | 0,545**                   |
| <b>Peroksit değeri</b>        | -0,772** | -0,764** | -0,833** | -0,830** | -0,917** | -0,920**                  |
| <b>TBA değeri</b>             | -0,760** | -0,733** | -0,786** | -0,785** | -0,836** | -0,869**                  |
| <b>L değeri</b>               | 0,458**  | 0,507**  | 0,529**  | 0,506**  | 0,208    | 0,359*                    |
| <b>a değeri</b>               | -0,296   | -0,201   | -0,228   | -0,272   | -0,261   | -0,251                    |
| <b>b değeri</b>               | 0,805**  | 0,636**  | 0,749**  | 0,789**  | 0,457**  | 0,699**                   |
| <b>A vitamini</b>             | 0,093    | 0,065    | -0,056   | -0,034   | 0,035    | -0,059                    |
| <b>β-karoten</b>              | 0,567**  | 0,476**  | 0,506**  | 0,518**  | 0,250    | 0,412**                   |

\*\* p<0,01 düzeyinde önemli, \* p<0,05 düzeyinde önemli

Duyusal analiz sonuçları ile kimyasal analiz sonuçları arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; kurumadde ve yağ sonuçları ile duyusal analiz sonuçları arasındaki korelasyonlar önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. pH değeri ile önemli pozitif korelasyon ( $p<0,01$ ) titrasyon asitliği ve asit değeri ile önemli negatif korelasyonlar ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bu durum titrasyon asitliği arttıkça duyusal özellik puanlarında bir düşüş olduğunu göstermektedir.

Yağ sabitleri ile duyusal özellikler arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; Reichert-Meissl sayısı ile önemsiz ( $p>0,05$ ), Polenske sayısı ile duyusal özelliklerden sadece renk

puanı arasındaki korelasyonun çok önemli ( $p<0,01$ ), lezzet puanı arasındaki korelasyonun önemli ( $p<0,05$ ) olduğu tespit edilmiş ve acı tat puanı hariç diğer özelliklerde önemsiz negatif korelasyonlar bulunmuştur. Refraktometre indisi ile duyuşal özellikler arasındaki korelasyonlar incelendiğinde acı tat puanı hariç ( $p>0,05$ ), diğerlerinin önemli korelasyonlar gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Sabunlaşma sayısı ile duyuşal özellikler arasındaki korelasyonlar incelendiğinde bütün özellikler arasında çok önemli negatif korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,01$ ). İyot sayısı ile duyuşal özellikler arasındaki korelasyonda tekstür puanı arasındaki pozitif korelasyonun önemli ( $p<0,05$ ), diğer özellikler arasındaki korelasyonların ise pozitif ve çok önemli ( $p<0,01$ ) olduğu tespit edilmiştir.

Duyuşal analiz sonuçları ile oksidasyon testi sonuçları arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; duyuşal analiz sonuçları ile hem peroksit değeri hem de TBA değeri arasında negatif ve çok önemli ( $p<0,01$ ) korelasyonlar bulunmuştur. Her iki değerde de en yüksek korelasyon katsayısı acı tat ve genel kabul edilebilirlik puanlarında tespit edilmiştir. Peroksit değeri ve TBA değeri arttıkça duyuşal özelliklerin puanları düşmüştür.

Duyuşal analiz sonuçları ile renk analizi sonuçları arasındaki korelasyonlar  $a$  değeri için önemsiz ( $p>0,05$ ),  $L$  (acı tat puanı hariç) ve  $b$  değerleri için çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Korelasyon pozitifdir.  $L$  ve  $b$  değerleri arttıkça duyuşal özellik puanları da artmaktadır. Duyuşal özelliklerden renk puanı ile renk analizlerinden  $b$  değeri arasında çok önemli ( $p<0,01$ ) pozitif korelasyon mevcuttur.  $b$  değeri arttıkça renk puanı da artmıştır.

Duyuşal analiz sonuçları ile vitamin analizi sonuçları arasındaki korelasyonlar A vitamini için önemsiz ( $p>0,05$ ),  $\beta$ -karoten için (acı tat puanı hariç) çok önemli ( $p<0,01$ ) olarak tespit edilmiştir. Böylece,  $\beta$ -karoten içeren inek tereyağının özellikle renk puanlarında artışa neden olduğu ortaya çıkmaktadır.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada inek, koyun ve keçi sütlerinden tarafımızca elde edilen kremalardan üretilen tereyağı örneklerinde depolamanın 1, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. günlerinde yapılan 5 grup analiz (kimyasal analizler, yağ sabitleri analizleri, oksidasyon testleri, renk analizleri ve duyuusal analizler) ile depolamanın 1, 30, 60 ve 90. günlerinde yapılan 2 grup analiz (A vitamini ve  $\beta$ -karoten analizleri ile uçucu bileşik analizleri) sonuçları incelenmiştir.

### Kimyasal analizler

Tereyağı örneklerinde pH titrasyon asitliği ve asit değerleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Bütün tereyağı örneklerinde pH değerleri depolama süresince düşerken titrasyon asitliği ve asit değerleri artmıştır. En yüksek pH ve asit değeri inek tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağı takip etmiştir. En yüksek titrasyon asitliği değeri ise koyun tereyağında belirlenmiş, bunu keçi ve inek tereyağı takip etmiştir. Tereyağı örneklerinde kurumadde ve yağ miktarları üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. En yüksek kurumadde ve yağ miktarı koyun tereyağında belirlenmiş, bunu sırasıyla inek ve keçi tereyağı takip etmiştir. Depolama süresince belirlenen kurumadde ve yağ miktarları arasındaki farklar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur. Bu sonuçlara, tereyağları üretilirken bütün tereyağı çeşitlerinde yağ miktarının aynı seviyede tutulmasına çalışılması etkili olmuştur.

### Yağ sabitleri analizleri

Tereyağı örneklerinde belirlenen Reichert-Meissl sayısı, sabunlaşma sayısı ve iyot sayısı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ); Polenske sayısı ve refraktometre indisi üzerine

tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. En yüksek Reichert-Meissl sayısı koyun tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiştir. En yüksek Polenske sayısı ve sabunlaşma sayısı sırasıyla keçi, koyun ve inek tereyağında tespit edilmiştir. En yüksek refraktometre indisi inek tereyağında tespit edilmiş bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağı takip etmiştir. En yüksek iyot sayısı ise koyun tereyağında bulunmuş, bunu sırasıyla inek ve keçi tereyağı takip etmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde Reichert-Meissl sayısı, Polenske sayısı, sabunlaşma sayısı ve refraktometre indisi depolama süresince artmış, iyot sayısı ise azalmıştır.

### **Oksidasyon testleri**

Tereyağı örneklerinde belirlenen peroksit ve TBA değerleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En yüksek peroksit ve TBA değeri keçi tereyağında tespit edilmiş, bunu koyun ve inek tereyağı takip etmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde peroksit ve TBA değerleri depolama süresince artmıştır.

Yapılan oksidasyon testleri sonucunda bütün tereyağı çeşitlerinde depolama ile oksidasyonun artması ve dolayısıyla tadının acılaşması sebebiyle tereyağlarının mümkün olduğu kadar taze tüketilmesi gerektiği tavsiye edilebilir.

### **Renk analizleri**

1) Tereyağı örneklerinde belirlenen  $L$  değeri üzerine tereyağı çeşidi çok önemli ( $p<0,01$ ), depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ ),  $a$  değeri üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi önemsiz ( $p>0,05$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En yüksek  $L$  değeri inek tereyağında tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla keçi ve koyun tereyağı takip etmiştir. En yüksek  $a$  değeri ise inek tereyağında tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla koyun

ve keçi tereyağı takip etmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde  $L$  ve  $a$  değerleri depolama süresince dalgalanmalar göstermiştir.

2) Tereyağı örneklerinde belirlenen  $b$  değeri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En yüksek  $b$  değeri inek tereyağında tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla koyun ve keçi tereyağı takip etmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde  $b$  değeri depolama süresince azalmıştır.

Yapılan renk analizleri sonucunda inek tereyağının en sarı renkli tereyağı olduğu ve depolamayla sarı rengin azaldığı sonucuna varılmıştır.

#### **A vitamini ve $\beta$ -karoten analizleri**

Tereyağı örneklerinde belirlenen A vitamini miktarı üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ), tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu önemsiz ( $p>0,05$ );  $\beta$ -karoten miktarı üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi  $\times$  depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En fazla A vitamini koyun tereyağında bulunmuş bunu sırasıyla keçi ve inek tereyağı takip etmiştir.  $\beta$ -karoten ise sadece inek tereyağında tespit edilmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde A vitamini ve  $\beta$ -karoten miktarı depolama süresince azalmıştır.

Yapılan A vitamini ve  $\beta$ -karoten analizleri sonucunda, depolamayla vitamin miktarının azaldığı, bu sebeple tereyağından daha fazla vitamin alımı için taze tüketilmesinin gerekli olduğu ortaya çıkmıştır.  $\beta$ -karotenin sadece inek tereyağında bulunmasını yapılan renk analizleri sonucunda en yüksek  $b$  değerine yine inek tereyağının sahip olması doğrulamaktadır.

### Uçucu bileşik analizleri

1) Bu araştırmada 12 aldehit, 10 keton, 23 ester, 24 alkol, 11 asit, 5 sülfürlü bileşik, 13 terpen, 20 hidrokarbon ve 8 diğer bileşik olmak üzere toplam 126 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir.

a) Sadece inek tereyağında belirlenenler:

Aldehitler: Heptanal, oktanal.

Ketonlar: 2,3-butandion

Esterler: butanoik asit 2-metilpropil ester, karbonik asit dietil ester.

Terpenler: Azulen.

Hidrokarbonlar: Butan, 2,3-dimetil

b) Sadece koyun tereyağında belirlenenler:

Aldehitler: 2-Dekanal.

Alkoller: 5-metil-2-hekzanol, 1-heptanol-6-metil, 2-butanol-3-metil.

Terpenler: Alfa-terpinen, gamma-terpinen.

Hidrokarbonlar: 1,3-oktadien

c) Sadece keçi tereyağında belirlenenler:

Aldehitler: 2,4-hekzadienal.

Ketonlar: 2-oktanon.

Esterler: Formik asit pentil ester.

Alkoller: 6-okten-1-ol 3,7-dimetil, heptanol, 1-nonanol.

ç) Her üç tereyağında da belirlenenler:

Aldehitler: Butanal-3-metil, hekzanal, nonanal, benzaldehit.

Ketonlar: 2-propanon, 2-pentanon, 2-heptanon.



Esterler: Asetik asit metil ester, asetik asit etil ester, propanoik asit metil ester, asetik asit 2-metilpropil ester, butanoik asit metil ester, butanoik asit etil ester, asetik asit butil ester, 1-butanol-3-metil asetat, hekzanoik asit metil ester, isoamil asetoasetat, hekzanoik asit etil ester, 1,2-benzendikarboksilik asit dietil ester.

Alkoller: 2-propanol, etanol, 2-pentanol, 2-propanol-1-metoksi, 3-metil-1-butanol, isoamil alkol, 1-pentanol, 2-heptanol, 1-hekzanol, 2,3-butandiol.

Asitler: Asetik asit, butanoik asit, isovalerik asit, valerik asit, hekzanoik asit, heptanoik asit, oktanoik asit, dekanolik asit, benzoik asit.

Sülfürlü bileşikler: Metanetiol, karbon disülfid, dimetil sülfid, disülfid dimetil, dimetil sülfon.

Terpenler: Alfa pinen, kamfen, beta-pinen, sabinen, ksilen, d-limonen.

Hidrokarbonlar: Pentan, hekzan, 1-penten, heptan, oktan, 4-okten (E), 3-okten (Z), 3-okten (E), 2-okten, nonan, benzen, dekan, 2-okten, 3,7 dimetil, R(-) 3,7 dimetil-1,6-oktadien, toluen, undekan, benzen etil, pentadekan.

Diğer bileşikler: Karbondioksit, kloroform, hidroksilamin, furan tetrahidro.

## 2) Aldehitler

Butanal, butanal-2-metil, butanal-3-metil, 2,4-hekzadienal, pentanal, hekzanal, heptanal, oktanal, pentanal-2-metil, nonanal, 2-dekanal ve benzaldehit tespit edilen aldehit bileşikleridir. Üç tereyağı çeşidinde de miktar olarak aldehitlerin azalması aldehit bileşiklerinin reaktif olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu durum sonucunda aldehit bileşikleri ya yükseltgenerek asit bileşiklerine ya da indirgenerek alkol bileşiklerine dönüşmektedir. Bütün aldehit bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p < 0,01$ ) bulunmuştur. Toplam aldehit miktarı dikkate alındığında, en fazla aldehit bileşiği inek tereyağında ( $159,15 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) tespit edilmiş, bunu keçi ( $66,38 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) ve koyun ( $27,49 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) tereyağları takip etmiştir.

## 3) Ketonlar

2-propanon (aseton), 2-butanon, 2-pentanon-3-metil, 2,3-butanedion (diasetil), 2-pentanon, 2-heptanon, 2-oktanon, 3-hidroksi-2-butanon (asetoin), 2-nonanon ve 2-

undekanon tespit edilen keton bileşikleridir. Diasetil sadece inek tereyağında tespit edilmiştir. Koyun ve keçi tereyağlarında tespit edilmemesinin nedeni diasetilin asetoine, ardından da 2-3 butandiol'e indirgenmesi olarak açıklanabilir. Bu sebeple inek tereyağında da depolama süresince diasetil miktarının azaldığı düşünülmektedir. 2-dekanon hariç bütün keton bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En fazla keton bileşiği inek tereyağında ( $519,05 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) tespit edilmiş, bunu keçi ( $200,45 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) ve koyun ( $64,38 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) tereyağları takip etmiştir.

#### 4) Esterler

Asetik asit metil ester, asetik asit etil ester, propanoik asit metil ester, asetik asit 2-metilpropil ester, butanoik asit metil ester, karbonik asit dimetil ester, butanoik asit etil ester, asetik asit butil ester, 1-butanol-3-metil asetat, butanoik asit 2-metilpropil ester, hekzanoik asit metil ester, isoamil asetoasetat, hekzanoik asit etil ester, asetik asit heksil ester, heptanoik asit metil ester, oktanoik asit metil ester, oktanoik asit etil ester, dekanolik asit metil ester, undekanoik asit metil ester, dodekanoik asit metil ester, formik asit 1-propenil ester, karbonik asit dietil ester, formik asit pentil ester ve 1,2-benzendikarboksilik asit dietil ester tespit edilen ester bileşikleridir. Asetik asit metil ester ve formik asit pentil ester hariç bütün ester bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En fazla ester bileşiği keçi tereyağında ( $785,28 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) saptanmış, bunu koyun ( $590,26 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) ve inek ( $464,72 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) tereyağları takip etmiştir.

#### 5) Alkoller

2-propanol, etanol, 2-pentanol, 1-butanol, 1-oktanol, 2-propanol 1-metoksi, 3-metil-1-butanol, isoamil alkol, 1-pentanol, 1-pentanol 3-metil, 2-heptanol, 5-metil-2-hekzanol, 1-hekzanol, 2-hepten-1-ol, 2-dekanol, 2-nonanol, 1-pentadekanol, 1 heptanol-6-metil, 6-okten-1-ol 3,7-dimetil, heptanol, 2,3-butandiol, 2-butanol-3-metil, 1-nonanol ve feniletil alkol tespit edilen alkol bileşikleridir. 2-propanol 1-metoksi ve 1-pentanol hariç bütün alkol bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En fazla alkol bileşiği keçi

tereyağında (486,90 µg/100 g) bulunmuş, bunu inek (408,16 µg/100 g) ve koyun (330,90 µg/100 g) tereyağları izlemiştir.

#### 6) Asitler

Asetik asit, isobutirik asit, butanoik (butirik) asit, isovalerik asit, pentanoik (valerik) asit, hekzanoik (kaproik) asit, heptanoik asit, oktanoik (kaprilik) asit, dekanolik (kaprik) asit, benzoik asit ve dodekanoik (laurik) asit tespit edilen asit bileşikleridir. Pentanoik (valerik) asit hariç bütün asit bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi etkileşimini çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En fazla asit bileşiği koyun tereyağında (4104,13 µg/100 g) tespit edilmiş, bunu keçi (3554,84 µg/100 g) ve inek (1276,04 µg/100 g) tereyağları takip etmiştir.

#### 7) Sülfür bileşikleri

Metanetiol, karbon disülfid, dimetil sülfid, disülfid dimetil, dimetil sülfon tespit edilen sülfür bileşikleridir. Karbon disülfid ve dimetil sülfon üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi etkileşimini çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En fazla sülfür bileşiği miktarına keçi tereyağı (117,03 µg/100 g) sahipken, bunu inek (96,55 µg/100 g) ve koyun (42,00 µg/100 g) tereyağları takip etmiştir.

#### 8) Terpenler

Alfa-pinen, alfa-tujen, kamfen, beta-pinen, sabinen, ksilen, beta-mirsen, alfa-terpinen, d-limonen, gamma-terpinen, p-simen, trans-karyofillen ve azulen tespit edilen terpen bileşikleridir. Beta-pinen ve alfa-terpinen hariç bütün terpen bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi etkileşimini çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Koyun tereyağı (352,20 µg/100 g) en fazla terpen bileşiği içerirken bunu keçi (261,03 µg/100 g) ve inek (235,32 µg/100 g) tereyağları takip etmiştir.

### 9) Hidrokarbonlar

Pentan, hekzan, 1-penten, heptan, butan 2,3-dimetil, oktan, 4-okten (E), 3-okten (Z), 3-okten (E), 2-okten, nonan, benzen, 1,3-oktadien, dekan, 2-okten 3,7-dimetil, R(-) 3,7-dimetil-1,6-oktadien, toluen, undekan, benzen etil, pentadekan tespit edilen hidrokarbon bileşikleridir. Pentan, oktan, benzen ve 3,7-dimetil-1,6-oktadien hariç bütün hidrokarbon bileşikleri üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En yüksek miktarda hidrokarbon bileşiği koyun tereyağında (1321,45 µg/100 g) bulunmuş olup, bunu keçi (895,02 µg/100 g) ve inek (586,07 µg/100 g) tereyağları takip etmiştir.

### 10) Diğer bileşikler

Karbondioksit ve kloroform tespit edilen diğer bileşiklerdir. Kloroform üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Metilamin ve hidroksilamin tespit edilen amin bileşikleridir. İki bileşik üzerine de tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Fenol-2-metil tespit edilen fenol bileşiğidir. Fenol-2-metil üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Fenol-2-metil bileşiği inek tereyağında tespit edilememiştir. Furan tetrahidro ve furan 2-etil tespit edilen furan bileşikleridir. İki bileşik üzerine de tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Delta-nonalakton tespit edilen lakton bileşiğidir. Delta-nonalakton üzerine tereyağı çeşidi, depolama süresi ve tereyağı çeşidi × depolama süresi interaksyonu çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. En yüksek miktarlar keçi tereyağında (309,64 µg/100 g) bulunmuş, bunu koyun (278,51 µg/100 g) ve inek (274,25 µg/100 g) tereyağları takip etmiştir.

### **Duyusal analizler**

1) Tereyağı örneklerinde incelenen tüm duyusal özellikler üzerine tereyağı çeşidi ve depolama süresi çok önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş, interaksyon ise sadece genel kabul edilebilirlik puanı üzerinde önemsiz ( $p>0,05$ ) olmuştur. En yüksek renk, tekstür, koku,

lezzet, acı tat ve genel kabul edilebilirlik puanı inek tereyağında tespit edilmiş, bunu keçi ve koyun tereyağları takip etmiştir. Bütün tereyağı örneklerinde depolama süresince renk, genel kabul edilebilirlik ve acı tat puanları düşmüştür. Acı tat için, düşük puan acılığın arttığını göstermektedir.

2) Duyusal analiz sonuçları ile oksidasyon testi sonuçları arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; duyusal analiz sonuçları ile peroksit değeri ve TBA değeri arasında negatif ve çok önemli ( $p<0,01$ ) korelasyonlar bulunmuştur. Her iki değerde de en yüksek korelasyon katsayısı acı tat ve genel kabul edilebilirlik puanlarında tespit edilmiştir. Peroksit değeri ve TBA değeri arttıkça duyusal özellik puanları düşmüştür.

3) Renk puanları ile vitamin analizi sonuçları arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; A vitamini için önemsiz ( $p>0,05$ ),  $\beta$ -karoten için çok önemli ( $p<0,01$ ) olduğu belirlenmiştir.  $\beta$ -karotenin, inek tereyağının renk puanlarında artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır. İnek tereyağı en beğenilen tereyağı çeşidi olmuş, bunu keçi ve koyun tereyağları takip etmiştir. Panelistlerin sarı renkli tereyağını daha çok beğenmesi ve piyasada daha fazla bulunan inek tereyağı lezzetine alışmış olmasının bu sonuç üzerine etkili olduğu düşünülmektedir.

Araştırma sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde; inek, koyun ve keçi sütü kremalarından üretilen tereyağlarında depolama ile A vitamini miktarının azaldığı, oksidasyon stabilitesinin ve duyusal özellik puanlarının düştüğü; bu bakımdan tereyağlarının taze tüketilmesinin önemi ortaya çıkmıştır.  $\beta$ -karoten sadece inek tereyağında bulunmuş ve depolama süresince azalmıştır. Uçucu bileşiklerin depolama süresince tespit edildiği bu çalışmada, 3 çeşit tereyağında da bulunan ve farklılık içeren bileşikler belirlenmiştir. İnek tereyağının çeşitli özellikler bakımından daha çok tercih edilebileceği, ancak her üç tereyağının da depolama açısından genel olarak ortak özellikler gösterdiği tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Adahchour, M., Vreuls, R.J.J., van der Heijden, A., Brinkman, U.A.Th., 1999. Trace-level determination of polar flavour compounds in butter by solid-phase extraction and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 844, 295–305.
- Alichanidis, E., Polychroniadou, A., 1996. Special features of dairy products from ewe and goat milk from the physicochemical and organoleptic point of view. In: *Production and Utilization of Ewe and Goat Milk*, Vol. 9603. IDF, pp. 21–43.
- Allen J.C., Hamilton R.J., 1994. *Rancidity In Foods*. Third Edition Chapman and Hall., 290 s, United Kingdom.
- Altuğ, T., Elmacı, Y., 1998. Gıdalarda doğal olarak bulunan lezzet bileşenleri, *Gıda Kimyası*, Hacettepe Üniv. Yayınları, 453-484.
- Anonim, 1995. Tereyağı Standardı (TS-1331). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2005. Türk Gıda Kodeksi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tebliğ No: 2005/19.
- Anonymous, 1979. *Farbmetrische Bestimmung von Farbabstanden bei Körperfarben nach der CIELAB Formol*, p. 30, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin.
- Anonymous, 1981. Sensory evaluation of dairy products. International-IDF-Standard, 99.
- Arora, G., Cormier, F., Lee, B., 1995. Analysis of odor active volatiles in Cheddar cheese headspace by multidimensional GC/ MS/Sniffing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 748-752.
- Atamer, M., Sezgin, E., 1984. Tereyağlarında lipolitik ve oksidatif bozulmaların saptanmasında yararlanılan asit ve peroksit değerleri ile aroma arasındaki ilişkisi. *Gıda*, 9, 329-334.
- Atamer, M., 1993. Tereyağı Teknolojisi Uygulama Klavuzu. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 1314.
- Atamer, M., Şenel, E., Öztekin, Ş., 2005. Yoğurttan Üretilen Tereyağlarının (Yayık Tereyağı) Bazı Niteliklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK, TOVAG-3035, Ankara.
- Atamer, M., Gürsoy, A., Şenel, E., Öztekin, Ş., 2006. Yayık tereyağlarında asit, peroksit, tirozin değerleri ile titrasyon asitliğine ilişkin sınır değerlerinin saptanması. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. 2005-07-110-03, Ankara.
- Atamer, M., Şenel, E., Öztekin, F.S., 2007. Farklı Tür Sütlerden Üretilen Yayık Tereyağlarının Bazı Nitelikleri. TÜBİTAK, TOVAG-105 O 157 No'lu proje, Ankara.
- Ayad, H.E.E., Verheul, A., Catrienus, J., Wouters, J.T.M., Smit, G., 1999. Flavour forming abilities and amino acid requirements of *Lactococcus lactis* strains isolated from artisanal and non-dairy origin. *International Dairy Journal*, 9, 725-735.
- Ayar, A., Özcan, M., Sert, D., Arslan, D., 2006. Yayık tereyağının raf ömrünün uzatılmasına bazı baharat, uçucu yağ ve ekstraktlarının katkısı. TÜBİTAK, TOVAG-105 O 046 No'lu proje, Konya.

- Ayar, A., Sert, D., Arslan, D., Özcan, M.M., 2010. The effect of some spice extracts on storage stability of “Yayık Butter”. *World Applied Sciences Journal*, 11, 1114-1123.
- Bakırcı, I., Çelik, S., Özdemir, Ö., 2002. The effects of commercial starter culture and storage temperature on the oxidative stability and diacetyl production in butter. *International Journal of Dairy Technology*, 55, 177-181.
- Bakırcı, İ., Çelik, Ş., Çoşkun, H., 2004. Mezofilik liyofilize starter kültür kullanılarak üretilen tereyağının bazı özellikleri. *Gıda*, 29, 131-136.
- Bayrak, A., 2006. *Gıda Aromaları*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 32, Baran Ofset, 497 s, Ankara.
- Bernotene, O.P., Grinene E.K., Ignatavichene R.B., Rekshtene A.A., Lyibinskene Y.S., 1980. Sensory evaluation of butter. *Molochnaya Promyshlennost*, 10, 26-29.
- Bilişli, A., 2009. *Gıda Kimyası*. Sidas Medya Ltd. Şti., 355 s, İzmir.
- Bintsis, T., Robinson, R.K., 2004. A study of the adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chemistry*, 88, 435-441.
- Bodyfelt, F.W., Tobias J., Trout G.M., 1988. *The Sensory Evoluation of Dairy Products*. Published by Van Nastrand Reinhold-New York.
- Bontinis, Th.G., Mallatou, H., Pappaa, E.C., Massouras, Th., Alichanidis, E., 2012. Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. *Small Ruminant Research*, 105, 193– 201.
- Boumerdassi, H., Desmazeaud, C., Monnet, C., Boquuien, C.Y., Corrieu, G., 1996. Improvement of diacetyl production by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* CNRZ 483 through oxygen control. *Journal of Dairy Science*, 79, 775-781.
- Boyazoglu J., Morand-Fehr P., 2001. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality: A critical review. *Small Ruminant Research*, 40, 1-11.
- Castenmiller, J.J.M., West, C.E., 1998. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annual Review of Nutrition* 18, 19–38.
- Chandan, R.C., Attaie, R., Shahani, K.M., 1992. Nutritional aspects of goat milk and its products. In: *Proceedings of 5th Int. Conf. on Goats*, vol. II, New Delhi, India, 2–8 March, pp. 399–420.
- Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G., 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13, 841–866.
- Concurso, C., Verzera, A., Romeo, V., Ziino, M., Conte, F., 2008. Solid-phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry analysis of dairy product volatiles for the determination of shelf-life. *International Dairy Journal*, 18, 819-825.
- Çakmakçı, S., 2007. *Gıda Katkı Maddeleri*. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yay. No: 164, Erzurum.
- Çakmakçı, S., Gündoğdu, E., 2009. Tereyağı, krema ve sade yağda aroma bileşenleri. *Pamukkale Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu (21–23 Mayıs, 2009, Denizli)*. Bildiriler Özet Kitabı: 119–120.
- Çakmakçı, S., Gündoğdu, E., Dağdemir, E., Erdoğan, Ü., 2014. Investigation of the possible use of black cumin (*Nigella sativa* L.) essential oil on butter stability. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 20, 533-539.

- Dagdemir, E., Cakmakci, S., Gundogdu, E., 2009. Effect of *Thymus haussknechtii* and *Origanum acutidens* essential oils on the stability of cow milk butter. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111, 1118–1123.
- Deeth, H.C., 2006. Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. *International Dairy Journal*, 16, 555–562.
- Demirci, M., Şimşek, O., 1997. Süt İşleme Teknolojisi. Hasad Yay. Ltd. Şti., 246s, İstanbul.
- Demirci, M., 2014. Gıda Kimyası. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 40, Hat Baskı Sanatları San. ve Tic. Ltd. Şti., 296 s, İstanbul.
- Demirkaya, A.K., 2013. Tereyağında tiyobarbiturik asit (TBA) testi ile lipid oksidasyonunun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8, 237-240.
- Di Cagno, R., Banks, E., Sheehan, L., Fox, P., Brechany, E., Corsetti, A., 2003. Comparison of the microbiological, compositional, biochemical, volatile profile and sensory characteristics of three Italian PDO ewes' milk cheeses. *International Dairy Journal*, 13, 961-972.
- Ertekin, B., Seydim, Z., 2009. Laktoz, sitrat ve lipid metabolizmalarının peynirde lezzet bileşenlerinin oluşumuna etkileri. *Ege Üniversitesi Zırrat Fakültesi Dergisi* 46, 97-104.
- Eseceli, H., Değirmencioglu, A., Kahraman, R., 2006. Omega yağ asitlerinin insan sağlığı yönünden önemi. *Türkiye 9. Gıda Kongresi (24-26 Mayıs 2006, Bolu) Bildiriler Kitabı*: 403-406.
- Fatouh, A.E., Singh, R.K., Koehler, P.E., Mahran, G.A., Metwally, A.E., 2005. Physical, chemical and stability properties of buffalo butter oil fractions obtained by multi-step dry fractionation. *Food Chemistry*, 89, 243-252.
- Fox, P.F., Singh, T.K. and McSweeney, P.L.H., 1995. Biogenesis of flavour compounds in cheese. In E. L. Malin, & M. H. Tunick (Eds.), *Chemistry of structure function relationships in cheese*, pp. 59-98.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M. and McSweeney, P.L.H. 2000. *Fundamentals of Cheese Chemistry*, Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland 236 – 281.
- Gallois, A., Langlois, D., 1990. New results in the volatile odorous compounds of French cheeses. *Lait*, 70, 89–106.
- Giuliano, A.R., Neilson, E.M., Kelly, B.E., Canfield, L.M., 1992. Simultaneous quantitation and separation of carotenoids and retinol in human milk by high-performance liquid chromatography. *Methods in Enzymology*, 213, 391–399.
- Giuliano, A.R., Neilson, E.M., Yap, H., Baier, M., Canfield, L.M., 1994. Quantitation of and inter/intraindividual variability in major carotenoids of mature human milk. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 5, 551–556.
- Goldbohm, R.A., Brants, H.A.M., Hulshof, K.F.A.M., Brandt, P.A., 1998. The contribution of various foods to intake of vitamin A and carotenoids in the Netherlands. *International Journal of Vitamin and Nutritional Research*, 68, 378–383.
- Gündoğdu, E., 2012. Yoğurt ve Kremadan Üretilen Tereyağlarının Aroma Profili ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Kültür Kullanımının ve Muhafaza Süresinin Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gürsel, A., Pamuk, Ü., Şenel, E., Şanlı, E., 2006. Kremanın dondurularak muhafazası üzerine bir araştırma. *Gıda*, 31, 151-157.



- Güzel Seydim, Z., 2002. Süt yağının antimutajenik/antikarsinojenik bileşenleri. Türkiye 7. Gıda Kongresi (22-24 Mayıs 2002, Ankara). Kongre Bildiri Kitabı Sayfa: 107-112, Ankara.
- Haenlein, G.F.W., 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51, 155-163.
- Hayaloğlu, A.A., 1999. Malatya Yöresinde Kremadan ve Yoğurttan Elde Edilen Çeşitli Tereyağlarının Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Nitelikleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Hayaloglu, A.A., Karagul-Yuceer, Y., 2011. Utilization and characterization of small ruminants' milk and milk products in Turkey: Current status and new perspectives. *Small Ruminant Research*, 101, 73– 83.
- Hayaloglu, A.A., Tolu, C., Yasar, K., Sahingil, D., 2012. Volatiles and sensory evaluation of goat milk cheese Gokceada as affected by goat breeds (Gokceada and Turkish Saanen) and starter culture systems during ripening. *Journal of Dairy Science*, 96, 2765-2780.
- Hayaloglu, A.A., Yasar, K., Tolu, C., Sahingil, D., 2013. Characterizing volatile compounds and proteolysis in Gokceada artisanal goat cheese. *Small Ruminant Research*, 113, 187-194.
- Heaven, M.W., Nash, D., 2012. Recent analyses using solid phase microextraction in industries related to food made into or from liquids. *Food Control*, 27, 214-227.
- Herrero-Barbudo, M.C., Granado-Lorencio, F., Blanco-Navarro, I., Olmedilla-Alonso, B., 2005. Retinol,  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol and carotenoids in natural and vitamin A- and E-fortified dairy products commercialized in Spain. *International Dairy Journal*, 15, 521–526.
- Hewavitharana, A.K., Van Brakel, A.S., Harnett, M., 1996. Simultaneous liquid chromatographic determination of vitamins A, E and  $\beta$ -carotene in common dairy foods. *International Dairy Journal*, 6, 613-624.
- Hilali, M., El-Mayda, E., Rischkowsky, B., 2011. Characteristics and utilization of sheep and goat milk in Middle East. *Small Ruminant Research*, 101, 92-101.
- Hulshof P.J.M., Roekel-Jansen T., Bovenkampy P., Westz C., 2006. Variation in retinol and carotenoid content of milk and milk products in The Netherlands. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 67–75.
- Ismail, A.A., Voort, F.R, Emo, G., Sedman, J., 1993. Rapid quantitative determination of free fatty acids in fats and oils by fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 4, 335-341.
- Izco, J., Torre, P., 2000. Characterisation of volatile flavour compounds in Roncal cheese extracted by the purge and trap method and analysed by GC–MS. *Food Chemistry*, 70, 409–417.
- Jandal, J.M., 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 22, 177-185.
- Jenness, R., 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968–1979. *Journal of Dairy Science*, 63, 1605–1630.
- Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A.G., Prenzler, P.D., Robards, K., 2007. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food Chemistry*, 100, 273–286.

- Karabulut, I., 2010. Effects of  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -carotene and ascorbyl palmitate on oxidative stability of butter oil triacylglycerols. *Food Chemistry*, 123, 622–627.
- Karatepe, P., Patır, B., 2012. Eugenol ve Thymol'ün pastörize tereyağının kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalitesi üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 26, 35–46.
- Kaya, A., 2000. Properties and stability of butter oil obtained from milk and yoghurt. *Nahrung*, 44, 126–129.
- Kneifel, W., Ulberth, F., Chaffer, E., 1992. Tristimulus colour reflectance measurement in milk and dairy products. *Lait*, 72, 383–391.
- Khachik, F., Spangler, C.J., Smith, J.C., Canfield, L.M., Steck, A., Pfander, H., 1997. Identification, quantification and relative concentrations of carotenoids and their metabolites in human milk and serum. *Analytical Chemistry*, 69, 1873–1881.
- Kılıç, S., 1991. Yoğurt yapımında kullanılan *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus*'un proteolitik aktivitelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 16, 249–253.
- Kim, B.H., Shewfelt, R.L., Lee, H., Akoh, C.C., 2005. Sensory evaluation of butterfat-vegetable oil blend spread prepared with structured lipid containing canola oil and caprylic acid. *Journal of Food Science*, 70, 406–412.
- Kim, Y., English, C., Reich, P., Gerber, L.E., Simpson, K.L., 1990. Vitamin A and carotenoids in human milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 1930–1933.
- Kinsella, J. E., 1988. Food lipids and fatty acids: Importance in food quality, nutrition and health. *Food Technology*, 42, 124–140.
- Krause, A.J., Miracle, R.E., Sanders, T.H., Dean, L.L., Drake, M.A., 2008. The effect of refrigerated and frozen storage on butter flavor and texture. *Journal of Dairy Science*, 91, 455–465.
- Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R.A., Skibsted, L.H., 2001. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal*, 11, 837–843.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., Çağlar, A., 2007. Süt ve Mamülleri Muayene Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 257, 284 s, Erzurum.
- Lampi, A.M., Piironen, V., Hopia, A., Koivistoinen, P., 1997. Characterization of the oxidation of rapeseed and butter oil triacylglycerols by four analytical methods. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 30, 807–813.
- Law, B.A., 1982. Flavor compounds in cheese organoleptic properties. *Perfumer and Flavorist*, 7, 9–12.
- Law, B.A., 1984. Flavour Development in Cheeses. Pages 187–207, In: *Advances in the Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*, Eds. F.L. Davies and B.A. Law, Elsevier Applied Sciences Publishers, London, England.
- Lehtonen, M., Jounela-Eriksson, P., 1983. Volatile and Non-Volatile Compounds in the Flavour of Alcoholic Beverages. In: *Flavour of Distilled Beverages, Origin and Development*, (J.R. PIGGOTT, editor), Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, p. 280.
- Liu, S.Q., 2003. Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 115–131.
- Liu, S.Q., Holland, R., Crow, V.L., 2004. Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 14, 923–945.

- Liu, Y., Xu, M.J., Canfield, L.M., 1998. Enzymatic hydrolysis, extraction and quantitation of retinol and major carotenoids in mature human milk. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 9, 178–183.
- Ljutovac, K.R., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I., Chilliard Y., 2008. Composition of goat and sheep milk products. *Small Ruminant Research*, 79, 57–72.
- Lozano, P.R., Miracle, E.R., Krause, A.J., Drake, M., Cadwallader, K.R., 2007. Effect of cold storage and packaging material on the major aroma components of sweet cream butter. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7840–7846.
- Macciola, V., Candela, G., De Leonardis, A., 2008. Rapid gas-chromatographic method for the determination of diacetyl in milk, fermented milk and butter. *Food Control*, 19, 873–878.
- Mallia, S., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H., 2008a. Aroma – active compounds of butter: A Review. *European Food Research and Technology*, 226, 315–325.
- Mallia, S., Piccinali, P., Rehberger, B., Badertscher, R., Escher, F., Schlichtherle-Cerny, H., 2008b. Determination of storage stability of butter enriched with unsaturated fatty acids/conjugated linoleic acids (UFA/CLA) using instrumental and sensory methods. *International Dairy Journal*, 18, 983–993.
- Marilley, L., Casey, M.G., 2004. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, 90, 139–159.
- Marsili, R.T., Miller, N., 1998. Determination of the Cause of Off- Flavours in Milk by Dynamic Headspace GC/MS and Multivariate Data Analysis. *Food Flavour Formation, Analysis, and Packaging Influences*, Ed: C. Mussinan, E. Contis, C. T. Ho, T. Parliament, A. Spanier and F. Shaidi. The Netherlands: Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 159–171.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J., 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80, 293–324.
- Metin, M., Öztürk, G.F., 2002. Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Yayın No: 24, Bornova-İzmir.
- Metin, M., 2008. Süt Teknolojisi - Sütün Bileşimi ve İşlenmesi (Yedinci Baskı). Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayın No: 33, 802 s. Bornova, İzmir.
- Molimard, P., Spinnler, H.E, 1996. Compounds involved in the flavor surface of mold-ripened cheese: origins and properties. *Journal of Dairy Science*, 79, 169–184.
- Moreira, N., de Pinho, P. G., Santos, C., Vasconcelos, I., 2011. Relationship between nitrogen content in grapes and volatiles, namely heavy sulphur compounds, in wines. *Food Chemistry*, 126, 1599–1607.
- Nas, S., Gölkalp, H.Y., Ünsal, M., 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayın No: 005, 151 s, Denizli.
- Nogueira, M.C.L., Lubachevsky, G., Rankin, S.A., 2005. A study of the volatile composition of Minas cheese. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 38, 555–563.
- Noziere, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P. and Doreau, M., 2006. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 418–450.
- Ollilainen, V., Heinonen, M., Linkola, E., Varo, P., Koivistoinen, P., 1989. Carotenoids and retinoids in Finnish foods: dairy products and eggs. *Journal of Dairy Science* 72, 2257–2265.

- Ozkan, G., Simsek, B., Kuleasan, H., 2007. Antioxidant activities of *Satureja cilicica* essential oil in butter and in vitro. *Journal of Food Engineering*, 79, 1391-1396.
- Ozturk, S., Cakmakci, S., 2006. The effect of antioxidants on butter in relation to storage temperature and duration *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 951-959.
- Özcan, M., Ayar, A., 2003. Effect of propolis extracts on butter stability. *Journal of Food Quality*, 26, 65-73.
- Özdemir, M. and Devres, O., 2000. Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 44, 31-38.
- Özkanlı, O., Kaya, A., 2007. Storage stability of butter oils produced from sheep's non-pasteurized and pasteurized milk. *Food Chemistry*, 100, 1026-1031.
- Pandya, A.J., Ghodke, K.M., 2007. Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*, 68, 193-206.
- Panseri, S., Soncin, S., Chiesa, L.M., Biondi, P.A., 2011. A headspace solid-phase microextraction gas-chromatographic mass-spectrometric method (HS-SPME-GC/MS) to quantify hexanal in butter during storage as marker of lipid oxidation. *Food Chemistry*, 127, 886-889.
- Park, Y.W., Juarez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W., 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 88-113.
- Patton, S., Canfield, L.M., Huston, G.E., Ferris, A.M., Jensen, R.G., 1990. Carotenoids of human colostrums. *Lipids*, 25, 159-165.
- Peterson, D.G., Reineccius, G.A., 2003a. Characterization of the volatile compounds that constitute fresh sweet cream butter aroma. *Flavour and Fragrance Journal*, 18, 215-220.
- Peterson, D.G., Reineccius, G.A., 2003b. Determination of the aroma impact compounds in heated sweet cream butter. *Flavour and Fragrance Journal*, 18, 320-324.
- Povolo, M., Contarini, G., 2003. Comparison of solid-phase microextraction and purge-and-trap methods for the analysis of the volatile fraction of butter. *Journal of Chromatography A*, 985, 117-125.
- Quach, M.L., Chen, X.D., Stevenson, R.J., 1999. Headspace sampling of whey protein concentrate solutions using solid-phase microextraction. *Food Research International*, 31, 371-379.
- Queiroga, R.C.R.E., Santos, B.M., Gomes, A.M.P., Monteiro, M.J., Teixeira, S.M., Souza, E.L., Pereira, C.J.D., Pintado, M.M.E., 2013. Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. *Food Science and Technology*, 50, 538-544.
- Rampilli, M., Cortellino, G., 2004. Evaluation of bio-functional proteins in goat milk and cheeses. *The Future of the Sheep and Goat Dairy Sectors*, International Symposium: Session 5-01, Zaragoza, Spain.
- Rehman, S., McSweeney, P.L.H., Banks, J.M., Brechany, E.Y., Muir, D.D., Fox, P.F., 2000. Ripening of Cheddar cheese made from blends of raw and pasteurized milk. *International Dairy Journal*, 10, 33-44.
- Reineccius, G., 2006. *Flavor Chemistry And Technology*, 2nd ed., CRC Press Taylor & Francis Group.

- Remeuf, F., Cossin, V., Denvin, C., Lenoir, J., Tomassone, R., 1991. Relationships between physico-chemical characteristics of milks and their cheese making properties. *Lait*, 71, 397–421.
- Rodriguez, A., Bunger, A., Castro, E., Sousa, I., Empis, J., 2003. Development and Optimization of Cultured Goat Cream Butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 987-992.
- Sagdic, O., Arici, M., Simsek, O., 2002. Selection of starters for a traditional Turkish Yayik butter made from yoghurt. *Food Microbiology*, 19, 303–312.
- Sagdic, O., Donmez, M., Demirci, M. 2004. Comparison of characteristic and fatty acid profiles of Traditional Turkish Yayik butters produced from goats', ewes' or cows' milk. *Food Control*, 15, 485 – 490.
- Samet-Bali, O., Ayadi, M.A., Attia, H., 2009. Traditional Tunisian butter: Physicochemical and microbial characteristics and storage stability of the oil fraction. *Food Science and Technology*, 42, 899-905.
- Simsek, B., 2011. Studies on the storage stability of yayik butter. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6, 175–181.
- Smit, G., Smit, B.A., Engels, W.J.M., 2005. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews*, 29, 591–610.
- Şenel, E., 2006. Bazı Üretim Parametrelerinin Yoğurttan Üretilen Yayık Tereyağının Nitelikleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara.
- Şenel, E., Atamer, M., Öztekin, Ş., 2010. Yayıklama parametrelerinin yayık ayranı ve yayık tereyağının bazı nitelikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 35, 267-274.
- Şenel, E., Atamer, M., Öztekin, Ş.F., 2011a. The oxidative and lipolytic stability of Yayik butter produced from different species of mammals milk (cow, sheep, goat) yoghurt. *Food Chemistry*, 127, 333-339.
- Şenel, E., Atamer, M., Gürsoy, A., Öztekin, F.Ş., 2011b. Changes in some properties of strained (Süzme) goat's yoghurt during storage. *Small Ruminant Research*, 99, 171-177.
- Şengül, M., Çakmakçı, S., Ünsal, M., 1998. Trabzon tereyağlarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tespiti. V. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, Geleneksel Süt Ürünleri (21-22 Mayıs 1998, Tekirdağ). Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 621, sayfa; 230-243, Tekirdağ.
- Şengül, M., Ünsal, M., Çakmakçı, S., 2003. Trabzon tereyağlarının yağ asidi kompozisyonunun tespiti. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu-SEYES, (22-23 Mayıs 2003, İzmir), sayfa; 363-365, İzmir.
- Urbach, G., 1995. Contribution of lactic acid bacteria to flavor compound formation in dairy products. *International Dairy Journal*, 5, 887-903.
- Üçüncü, M., 2004. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi Cilt-II. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 1236s. İzmir.
- Varnam, A.H., Sutherland, J.P. 2001. An Aspen Publication Apsen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland 451 s.
- Wolf, I.V., Perotti, M.C., Bernal, S.M., Zalazar, C.A., 2010. Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggiano Argentino cheese: Characterization of Reggiano Argentino cheese. *Food Research International*, 43, 1204-1211.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında Erzurum’da doğdu. İlköğrenimini İzmir Okutan İlkokulu’nda, orta ve lise öğrenimini İzmir Buca Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2005 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 2009-2010 öğretim yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde doktora yapmaya hak kazandı.