



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı
Beslenme ve Diyetetik

[Yüksek Lisans Tezi]

**KONTROLLÜ ŞARTLARDA ÜRETİLEN İNEK, KOYUN VE KEÇİ
PEYNİRLERİNİN DEPOLAMA BOYUNCA BİYOJENİK AMİN OLUŞUMUNUN
İNCELENMESİ VE SAĞLIK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ravza Nur SÖZEN
ORCID: 0000-0002-9759-0005

Danışman
Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ
ORCID: 0000-0001-8778-9320

Bu tez çalışması BAP tarafından 23YL30005 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Konya – 2025

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

En başta değerli danışman hocam Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ'e katkıları, emekleri, özverisi, desteği, saygı ve sevgisi için; önemli olanın sonuç değil çaba göstermek olduğunu öğrettiği için teşekkür ederim.

Her zaman ve koşulda yardımlarını esirgemeyen, bıkmadan ve şikayet etmeden destek olan; sadece eğitimci olarak değil insan olarak da çok değer verdiğim kıymetli hocam Öğr. Gör. Dr. Şenay Burçin ALKAN' a,

Bilimsel Araştırmalar Projesi aracılığıyla destek sağlayan Necmettin Erbakan Üniversitesi Rektörlüğü' ne,

2210-A Yurt İçi Genel Yüksek Lisans Burs Programı ile yüksek lisans eğitimim süresince destekleyen TÜBİTAK'a,

Bu süreçte her ihtiyacım olduğunda yardımına koşan, bilgisiyle her zaman destek olan arkadaşlarım Gülsena AKAY ve Zeynep Gülser ULUTAŞ'a,

Sadece yüksek lisans eğitimimde değil hayatımın her aşamasında beni destekleyen, sevgileriyle yanımda olan annem, babam, canım kardeşlerim Selin ve Elif'e çok teşekkür ederim.

Ravza Nur SÖZEN
(Temmuz, 2025)

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TEZ ONAY SAYFASI.....	vi
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU	vii
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Biyojenik Aminlerin Oluşumu ve Özellikleri	3
2.2. Peynirde Biyojenik Aminler.....	6
2.3. Peynirde Biyojenik Amin Oluşumunu Etkileyen Faktörler	7
2.3.1. Sıcaklık.....	8
2.3.2. pH	8
2.3.3. Tuz Konsantrasyonu.....	9
2.3.4 Mikroorganizma ve Starter Kültür	9
2.3.5. Depolama Süresi	11
2.3.6. Hammadde	11
2.3.7. Hijyenik Koşullar	12
2.4. Biyojenik Aminlerin Sağlık Üzerine Etkileri.....	12
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	17
3.1. Araştırmanın Türü	17
3.2. Araştırmanın Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri.....	17
3.3. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	17
3.4. Hammadde Temini ve Peynir Üretimi ve Depolanması	17
3.5. Numunelerin Hazırlanması	19
3.6. Biyojenik Amin Analizi	19
3.6.1. Ekstraksiyon İşlemleri.....	20
3.6.2. Türevlendirme İşlemleri.....	21
3.6.3. Standartların Hazırlanması	21
3.6.4. HPLC.....	23
3.7. Nem Tayini.....	27
3.8. Kül Tayini	28
3.9. Yağ Asitleri Analizi	28
3.10. Etik	29
3.11. Sınırlılıklar	29

3.12. Veri Analiz Yöntemleri.....	29
4.BULGULAR.....	31
4.1. Biyojenik Amin Analiz Bulguları	31
4.2. Nem Tayini Bulguları.....	37
4.3. Kül Tayini Bulguları	37
4.4. Yağ Asitleri Analiz Bulguları	37
5.TARTIŞMA.....	43
5.1.Biyojenik Amin Konsantrasyonları.....	43
5.2. Nem	47
5.3. Kül.....	48
5.4. Yağ Asitleri	50
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
6.1. Sonuç.....	53
6.2. Öneriler.....	54
7.KAYNAKLAR	57

TEZ ONAY SAYFASI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi **RAVZA NUR SÖZEN**'in "***Kontrollü Şartlarda Üretilen İnek, Koyun ve Keçi Peynirlerinin Depolama Boyunca Biyojenik Amin Oluşumunun İncelenmesi ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi***" başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Konya / 24 Temmuz 2025

Tez Danışmanı	Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ Necmettin Erbakan Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Hamide Filiz AYYILDIZ Selçuk Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. DERYA ARSLAN DANACIOĞLU Necmettin Erbakan Üniversitesi

Yukarıdaki tez, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 30/07/2025 tarih ve 18/11 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasibe VURAL

Enstitü Müdürü

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Kontrollü Şartlarda Üretilen İnek, Koyun ve Keçi Peynirlerinin Depolama Boyunca Biyojenik Amin Oluşumunun İncelenmesi ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi başlıklı tez çalışmamın toplam **76** sayfalık kısmına ilişkin, 29.06.2025 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%4** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez kabul sayfası hariç
2. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
3. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
4. Önsöz hariç
5. İçindekiler hariç
6. Simgeler ve kısaltmalar hariç
7. Materyal ve metot hariç
8. Kaynaklar hariç
9. Alıntılar dahil
10. 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%30) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

31.07.2025

Ravza Nur SÖZEN

Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

24.07.2025

Ravza Nur SÖZEN

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

Σ : Toplam

%: Yüzde

$^{\circ}\text{C}$: Derece

\bar{X} : Ortalama

KISALTMALAR

μ g: Mikrogram

mg: Miligram

g: Gram

kg: Kilogram

mL: Mililitre

dk: Dakika

BA: Biyojenik Amin

NSLAB: Non-Starter Laktik Asit Bakterileri

GC: Gaz Kromatografisi

MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri

PUFA: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri

SFA: Doymuş Yağ Asitleri

CLA: Konjuge Linoleik Asit

UHPLC: Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

FAO: Gıda ve Tarım Örgütü

NOAEL: No Observed Adverse Effect Level

EFSA: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

MS: Multiple Skleroz

DAO: Diamin Oksidaz

M: Molar

TCA: Trikloroasetik asit

NaOH: Sodyum Hidroksit

BCI: Benzoil Chloride

ACN: Asetonitril (ACN)

Et₂O: Dietil Eter

TABLULAR LİSTESİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 2.3.4. Bazı besin çeşitlerinden izole edilen mikroorganizmalar ve besinde bulunan biyojenik aminler.....	10
Tablo 2.4. Bazı biyojenik aminlerin fizyolojik ve toksik etkileri.....	15
Tablo 3.6.1. BA analizinde kullanılan cihazlar.....	19
Tablo 3.6.2. BA analizinde kullanılan kimyasallar.....	19
Tablo 3.6.3. Biyojenik amin standartlarının hazırlanması.....	23
Tablo 3.6.4. UHPLC cihazında biyojenik amin tayininde kullanılan metot.....	27
Tablo 3.9. GC koşulları.....	29
Tablo 4.1. Peynir numunelerinde tespit edilen BA miktarları.....	35
Tablo 4. 3. 1. Farklı peynir çeşitlerinde ve depolama sürelerine göre nem, kül ve biyojenik amin içerikleri.....	37
Tablo 4.4.1. Peynirlerin yağ asitleri içeriği.....	39
Tablo 4.4.2. Peynirlerin doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA), çoklu doymamış (PUFA) ve konjuge linoleik asit (CLA) miktarları.....	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1.1. Biyojenik aminlerin oluşumu.....	3
Şekil 2.1.2. Aminoasitlerden biyojenik amin oluşumu.....	4
Şekil 2.1.3. Biyojenik aminlerin sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.3. Bazı süt ürünlerinde bulunan biyojenik amin miktarları.....	7
Şekil 3.4.1. Peynir üretim aşamaları.....	18
Şekil 3.4.2. Peynirin depolanması.....	19
Şekil 3.6.1. Ekstraksiyon aşamaları.....	20
Şekil 3.6.2. Türevlendirme aşamaları.....	21
Şekil 3.6.3.1. Biyojenik amin standartları.....	22
Şekil 3.6.3.2. Standartların hazırlanması.....	22
Şekil 3.6.4.1. UHPLC cihazı ve kolon.....	23
Şekil 3.6.4.2. Filtre işlemi.....	24
Şekil 3.6.4.3. BA standartlarına ait kalibrasyon eğrileri.....	25
Şekil 3.6.4.4. Karışım BA standartlarına ait kromatogramlar.....	26
Şekil 3.7. Nem tayini aşamaları.....	27
Şekil 3.8. Kül tayini aşamaları.....	28
Şekil 3.9. Yağ asitleri analiz aşamaları.....	28
Şekil 4.1.1. İnek peynirinin başlangıç, 3. ay ve 6. Ay BA içeriklerine ait kromatogram.....	33
Şekil 4.1.2. Keçi peynirinin başlangıç, 3. ay ve 6. Ay BA içeriklerine ait kromatogram.....	33
Şekil 4.1.3. Koyun peynirinin başlangıç, 3. ay ve 6. ay BA içeriklerine ait kromatogram.....	34
Şekil 4.1.4. Küflü peynir numunesine ait kromatogram.....	36
Şekil 4.1.5. İnternal standart (ACN) ait kromatogram.....	36
Şekil 4.1.6. Blank numuneye ait kromatogram.....	36
Şekil 4.4. Yağ asitleri standartları ve inek başlangıç numunesine ait karşılaştırma kromatogramı (Pembe standart, siyah numune).....	42

ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Beslenme ve Diyetetik
Beslenme ve Diyetetik
[Yüksek Lisans Tezi]

KONTROLLÜ ŞARTLARDA ÜRETİLEN İNEK, KOYUN VE KEÇİ PEYNİRLERİNİN DEPOLAMA BOYUNCA BİYOJENİK AMİN OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ VE SAĞLIK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ Ravza Nur SÖZEN

Konya-2025

Süt ve süt ürünleri, içerdiği protein, yağ, vitamin ve mineraller nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Peynir, süt proteinlerinin yoğunlaştırılmış bir formu olup uzun süre dayanabilen bir besindir. Ancak üretim sırasında ve olgunlaşma sürecinde çeşitli biyokimyasal değişikliklere uğrayarak duyuşal, besinsel ve mikrobiyolojik özelliklerinde farklılıklar gösterir. Özellikle fermantasyon ve olgunlaştırma süreçleri sırasında mikroorganizmalar tarafından biyojenik aminlerin (BA) oluşması hem kalite hem de gıda güvenliği açısından önem arz eder.

Bu çalışma, keçi, koyun ve inek sütlerinden geleneksel yöntemlerle üretilmiş peynirlerin biyojenik amin, yağ asitleri, nem ve kül içerikleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, üç farklı süt türünden elde edilen peynirlerden üretim günü, 3. ay ve 6. ay depolama sürelerinde numuneler alınmış; biyojenik amin profili (feniletilamin, histamin, kadaverin, putresin, spermin, spermidin, triptamin ve tiramin), nem ve kül oranı ile doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA), çoklu doymamış (PUFA) ve konjuge linoleik asit (CLA) içerikleri bakımından incelenmiştir. Ayrıca piyasadan temin edilen küflü peynir ve uzun süreli olgunlaştırılmış keçi peyniri de kontrol amacıyla değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, küflü peynir toplam biyojenik amin içeriği bakımından en yüksek değerlere sahiptir. Genel olarak, inek peynirleri başlangıçta en yüksek BA değerlerini içermekte, özellikle feniletilamin açısından ön plana çıkmaktadır. Depolama süresi boyunca inek ve keçi peynirlerinde BA düzeylerinde artış eğilimi gözlenmiş; koyun peynirinde ise 3. aydan sonra azalma kaydedilmiştir. Histamin ve spermidin hiçbir örnekte tespit edilmemiştir. Keçi ve koyun peynirlerinde bazı aminler (örneğin kadaverin ve putresin) 6. ayda saptanamamıştır. Nem analizinde, keçi peynirinin depolama süresi boyunca nem oranı artarken, diğer türlerde düzensiz değişimler görülmüştür. Kül içeriği ise koyun peynirinde sürekli olarak daha yüksek bulunmuştur. Yağ asidi analizlerinde ise peynirlerde düzenli bir artış ya da azalma eğilimi saptanamamış, en çok miristik, palmitik ve oleik asit tespit edilmiştir. Trans yağ asitlerine de düşük seviyelerde rastlanmıştır. Sonuç olarak, süt türüne ve depolama süresine bağlı olarak peynirlerin biyokimyasal bileşenlerinde değişiklikler meydana geldiği belirlenmiştir. Bu değişimler, özellikle biyojenik amin birikimi açısından halk sağlığını ilgilendirebilecek düzeyde farklılıklar gösterebilmekte; üretim, olgunlaştırma ve saklama koşullarının bu bağlamda dikkatle kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyojenik Aminler, İnek Peyniri, Keçi Peyniri, Koyun Peyniri, Olgunlaştırılmış Peynir

ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Health Sciences
Department of Nutrition and Dietetics
Nutrition and Dietetics
[Master Thesis]

DETERMINATION OF BIOGENIC AMINE CONTENTS OF CHEESE PRODUCED FROM COW, SHEEP AND GOAT UNDER CONTROLLED STORAGE CONDITIONS AND EVALUATION OF THEIR HEALTH EFFECT

Ravza Nur SÖZEN

Konya-2025

Milk and dairy products hold a significant position in human nutrition due to their rich content of proteins, fats, vitamins, and minerals. Cheese, as a concentrated form of milk proteins, is a durable food with an extended shelf life. However, it undergoes various biochemical changes during production and ripening, which alter its sensory, nutritional, and microbiological characteristics. In particular, the formation of biogenic amines (BA) by microorganisms during fermentation and maturation processes is of great importance in terms of both product quality and food safety.

This study aims to comparatively evaluate the biogenic amine content, fatty acid profile, moisture, and ash levels of traditionally produced cheeses made from goat, sheep, and cow milk. Cheese samples were taken on the day of production, and after 3 and 6 months of storage. These samples were analyzed for their biogenic amine profiles (phenylethylamine, histamine, cadaverine, putrescine, spermine, spermidine, tryptamine, and tyramine), moisture and ash contents, as well as their saturated (SFA), monounsaturated (MUFA), polyunsaturated (PUFA), and conjugated linoleic acid (CLA) compositions. Additionally, a commercially available mold-ripened cheese and a long-aged goat cheese were included as control samples.

According to the results, the mold-ripened cheese exhibited the highest total biogenic amine content. Overall, cow cheeses initially contained the highest levels of biogenic amines, particularly phenylethylamine. Throughout the storage period, an increasing trend in biogenic amine levels was observed in both cow and goat cheeses, whereas a decrease was recorded in sheep cheese after the third month. Histamine and spermidine were not detected in any of the samples. Some amines (e.g., cadaverine and putrescine) were not detectable in goat and sheep cheeses at the sixth month of storage. In terms of moisture, goat cheese showed an increasing trend over time, while irregular changes were observed in cow and sheep cheeses. Ash content was consistently higher in sheep cheese across all sampling times. Regarding fatty acid composition, no consistent pattern of increase or decrease was observed; however, myristic acid, palmitic acid, and oleic acid were found to be predominant. Trans fatty acids were detected at low levels. In conclusion, it was determined that the biochemical composition of cheeses changes depending on the type of milk used and the duration of storage. These changes, particularly in the accumulation of biogenic amines, may pose potential public health risks, indicating the need for careful monitoring of production, ripening, and storage conditions.

Keywords: Biogenic Amines, Cow Cheese, Goat Cheese, Sheep Cheese, Ripened Cheese

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Biyojenik aminler; aminoasitlerin dekarboksilasyonu, aldehit ve ketonların aminasyon ve transaminasyonu sonucunda oluşan bileşiklerdir. Organizmaların normal biyolojik aktiviteleri sonucunda doğal olarak oluşurlar ve birçok fizyolojik olayda önemli görevler üstlenirler. Besinlerde doğal olarak oluşabildikleri gibi dekarboksilasyon yapabilen mikroorganizmaların kontaminasyonu sonucunda da oluşabilirler (Spano ve ark., 2010). Bu sebeple besin güvenliği, hijyeni ve bozulma için belirteçtirler. Besinlerde yüksek oranda biyojenik amin bulunması çoğu zaman kontaminasyon ve bozulma sonucu gerçekleşir (Costa ve ark., 2018).

Besinlerde en çok rastlanan biyojenik aminler; histamin, tiramin, kadaverin, triptamin, feniletilamin, putresin, spermin ve spermidindir. Genellikle protein içeriğince zengin ve fermente besinlerde yüksek oranlarda bulunurlar. Tüketimi oldukça yaygın olan protein kaynağı fermente besinlerden biri olan süt ve süt ürünleri de biyojenik amin kaynaklarıdır. Hammadde çeşidi, üretim ve depolama süreçleri süt ürünlerinde bulunan biyojenik amin çeşitleri ve miktarlarını etkilemektedir. Bu nedenle yoğurt, kefir, ayran ve farklı peynir çeşitleri farklı oranlarda tip ve sayıda biyojenik amin içerir (Pekcici ve ark., 2021). Özellikle peynir zengin protein içeriği, fermente bir besin olması nedeniyle biyojenik amin oluşumu için oldukça uygun bir ortamdır (Linares ve ark., 2012).

Biyojenik aminler, organizmada nükleik asit sentezi, hücre büyümesi ve farklılaşması, hormon sentezi, metabolik enerji üretimi, sinir iletimi gibi önemli biyolojik olaylarda görev alırlar. Besin hijyeni ve güvenliği hakkında bilgi veren ve alım düzeyine göre vücutta zararlı etkilere sebep olabilen biyojenik aminler birçok besin ile vücuda alınabilmektedir ancak belirli miktarın üzerinde alındıklarında vücutta toksik etki gösterirler. Biyojenik aminlerin bu toksik etkisi zehirlenmeler ve ölüme kadar giden ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle bu çalışma biyojenik amin kaynakları olan, tüketimi oldukça yaygın süt ve süt ürünlerindeki biyojenik amin konsantrasyonlarının belirlenmesi açısından önemlidir (Pekcici, 2020; Pekcici ve ark., 2021; Spano ve ark., 2010).

Besinlerde biyojenik amin oluşumunu etkileyen birçok faktör vardır. Sıcaklık, pH, tuz konsantrasyonu, hammadde çeşidi, mikroorganizma türü ve yoğunluğu, starter kültür ilavesi, olgunlaştırma süreci, hijyenik koşullar, üretim ve depolama koşulları başlıca etkenlerdendir.

Özellikle peynirlerde hammadde çeşidi, olgunlaştırma süresi, depolama koşulları biyojenik amin konsantrasyonunu etkileyen önemli faktörlerdendir (Gardini ve ark., 2016; Mahmoudzadeh ve ark., 2022; Doeun ve ark., 2017).

Bu nedenle bu çalışmada biyojenik aminlerin süt ve süt ürünlerindeki konsantrasyonlarının incelenmesi ve biyojenik aminlerin sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Araştırmanın Soruları ya da Araştırmanın Hipotezleri

H0: Peynir üretiminde kullanılan süt çeşidinin ve depolama süresinin peynirdeki biyojenik amin konsantrasyonuna etkisi yoktur.

H1: Peynir üretiminde kullanılan süt çeşidinin ve depolama süresinin peynirdeki biyojenik amin konsantrasyonuna etkisi vardır.

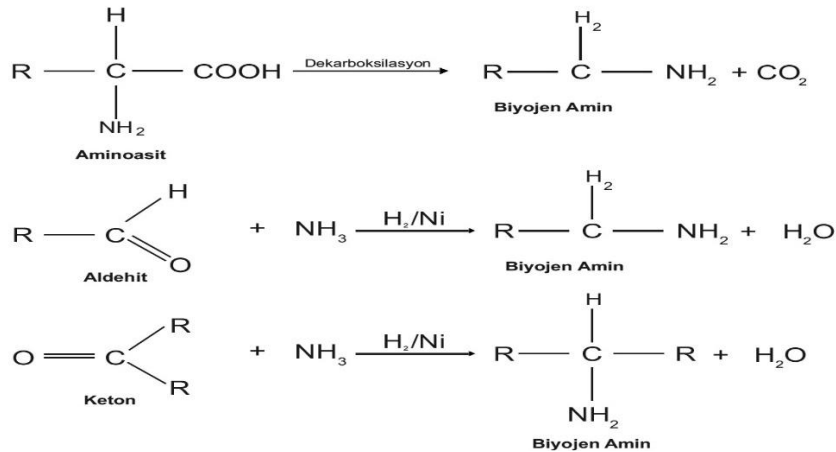
2.GENEL BİLGİLER

Biyojenik aminler balık ve su ürünleri, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, bira, şarap, çeşitli meyve ve sebzeler, çikolata gibi birçok besinde bulunan düşük molekül ağırlıklı, fizyolojik aktiviteler gösteren azotlu bileşiklerdir (Mahmoudzadeh ve ark., 2022; Pekcici, 2020). Aminoasitlerden bir CO₂ grubunun ayrılması ile gerçekleşen dekarboksilasyon reaksiyonu sonucunda oluşurlar. Biyojenik aminler canlılarda birçok biyolojik aktivitede görev alır. Prokaryot organizmalarda, çevresel strese karşı canlılığın sürdürülmesine yardımcı olur ve dekarboksilasyon reaksiyonları ile metabolik enerji üretimine katkı sağlar. Hayvanlarda ise hücre büyümesi, hücre farklılaşması, sinir iletimi gibi birçok fizyolojik süreçte görev alır (Givanoudi ve ark., 2023).

Biyojenik aminler bitkisel, hayvansal, mikrobiyal metabolik faaliyetler sonucu oluşabilirler. Bu nedenle birçok besinde doğal olarak belirli miktarlarda bulunurlar. Ancak bu miktarın üzerindeki birikim sağlık için istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Besinlerde dekarboksilasyon reaksiyonları gerçekleştirebilen mikroorganizmaların bulunması sonucu BA miktarı istenmeyen düzeyde artabilir. Besinlerdeki fermentasyon, depolama, olgunlaştırma gibi işlemler sonrası BA'lardaki artış kontaminasyon ve bozulma göstergesi olabilir (Costa ve ark., 2018; Givanoudi ve ark., 2023)

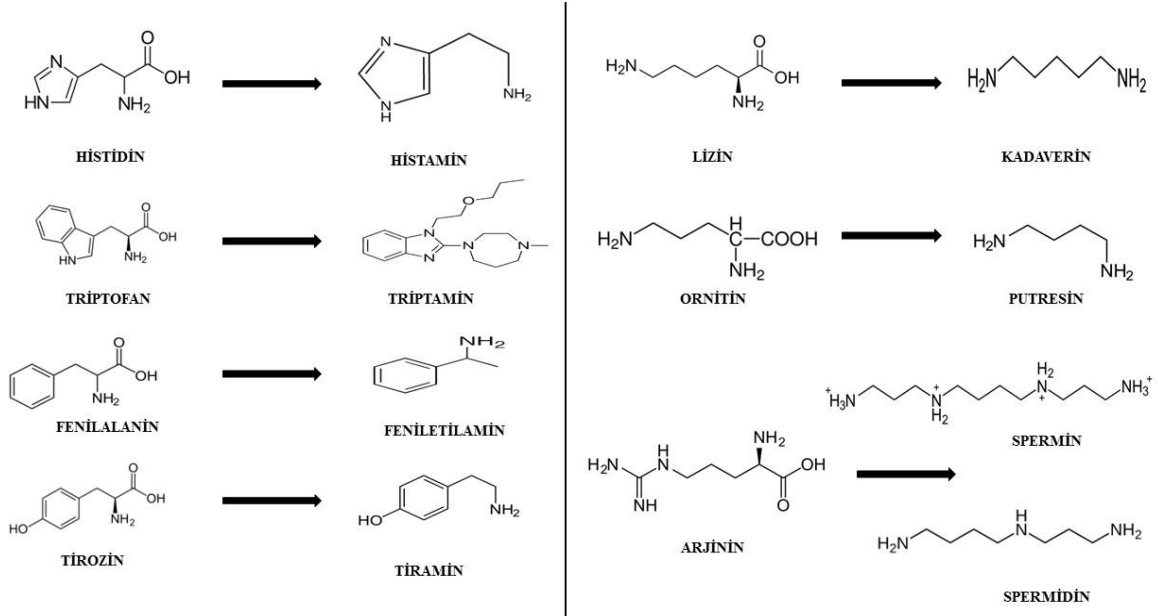
2.1. Biyojenik Aminlerin Oluşumu ve Özellikleri

Biyojenik aminler; aminoasitlerin dekarboksilasyonu ya da ketonlar ve aldehitlerin aminasyonu ve transaminasyonu sonucu oluşurlar (Costa ve ark., 2018). Dekarboksilasyon, aminasyon ve transaminasyon reaksiyonları ile biyojenik amin oluşumu Şekil 2.1.1.'de yer almaktadır.



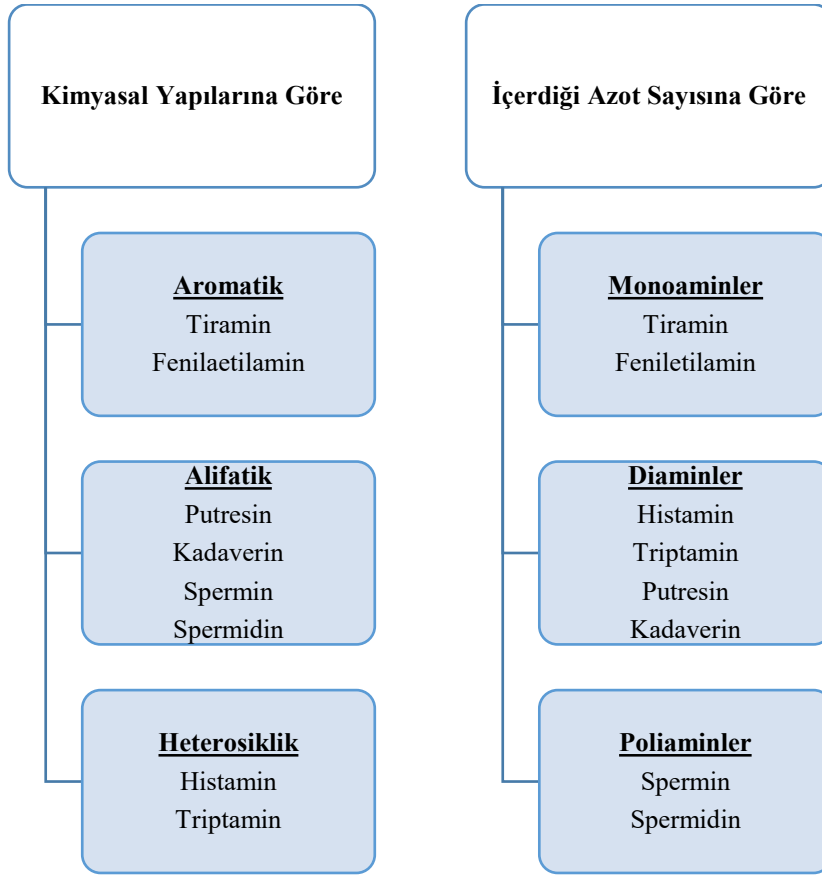
Şekil 2.1.1. Biyojenik aminlerin oluşumu (Düz ve Fidan, 2016).

Biyojenik aminler genellikle üretildikleri öncü aminoasitlere göre adlandırılırlar. Şekil 2.1.2.'de gösterildiği gibi histidinden histamin, triptofandan triptamin, fenilalaninden fenilettilamin, tirozinden tiramin oluşur. Kadaverin lizinden, putresin ornitinden, spermin ve spermidin arjinininden meydana gelir. Putresin, spermin ve spermidinin amonyak benzeri hoş olmayan kokuları vardır (Givanoudi ve ark., 2023; Santos, 1996).



Şekil 2.1.2. Aminoasitlerden biyojenik amin oluşumu (Santos Silla, 1996).

Biyojenik aminler kimyasal yapılarına göre ve yapılarındaki azot sayılarına göre gruplandırılırlar. Kimyasal yapılarına göre; aromatik, alifatik ve heterosiklik olarak ayrılırlar. Tiramin ve fenilettilamin aromatik; putresin, kadaverin, spermin ve spermidin alifatik; histamin ve triptamin heterosiklik yapıda biyojenik aminlerdir (Santos Silla, 1996). İçerdiği azot sayısına göre ise monoaminler (tek bir azot grubu içerenler), diaminler (iki azot grubu içerenler) ve poliaminler (ikiden fazla azot grubu içerenler) olarak gruplandırılırlar. Tiramin ve fenilettilamin monoaminler; histamin, triptamin, putresin kadaverin diaminler; spermin ve spermidin poliaminler içerisinde yer alır (Düz ve Fidan, 2016). BA'ların kimyasal yapı ve içeriğindeki azot sayılarına göre gruplandırılması Şekil 2.1.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.1.3. Biyojenik aminlerin sınıflandırılması (Düz ve Fidan, 2016; Santos, 1996)

Biyojenik aminler çoğunlukla aminoasitlerin dekarboksilasyonu reaksiyonları sonucu oluştuğu için serbest aminoasitler veya proteinleri bulunduran besinler biyojenik amin oluşumu için iyi kaynaklardır (Costa ve ark., 2018). Enzimatik reaksiyonlar sonucu doğal olarak oluşabildikleri için birçok besinde sınırlı miktarda bulunurlar. Biyojenik amin oluşumu organizmada doğal olarak bulunan endojen aminoasit dekarboksilaz enzimleri ile sağlanabileceği gibi uygun koşullar sağlandığında mikroorganizmalar kaynaklı eksojen enzimlerce de sağlanabilir (Gardini ve ark., 2016).

Besinlerde biyojenik amin oluşumu için bazı koşulların sağlanması gerekir: Ortamda serbest aminoasitler ve dekarboksilaz pozitif mikroorganizmalar bulunmalı, mikroorganizma üremesi ve dekarboksilaz aktivasyonu için gereken ideal pH, sıcaklık, tuz konsantrasyonu gibi koşullar sağlanmalıdır. Serbest aminoasitler besinlerde doğal olarak var olabilirler, endojen proteazlar tarafından ya da mikrobiyal kaynaklı eksojen proteazlar tarafından proteoliz reaksiyonları sonucu oluşabilirler (Gardini ve ark., 2016; Santos Silla, 1996; Yeğin ve Üren, 2008).

Besinlerde biyojenik amin oluşumu için gereken koşullar BA oluşum sürecini ve besindeki BA konsantrasyonunu etkiler. Besinlerde BA oluşumunu etkileyen başlıca faktörler: sıcaklık, pH ve tuz konsantrasyonudur. Bu faktörler, dekarboksilaz pozitif mikroorganizmalar veya doğrudan dekarboksilaz aktivitesi üzerine etki edebilir. Böylece besinler biyojenik amin konsantrasyonunu belirler (Gardini ve ark., 2016). Başlıca etkenler dışında hammadde çeşidine göre doğal olarak bulunan BA miktarı, besindeki mikroorganizma çeşidi ve yoğunluğu, starter kültür ilavesi, üretim ve depolama süreci (fermentasyon, depolama süresi, depolama sıcaklığı, ambalajlama), hijyenik koşullar, protein ve serbest aminoasit miktarı, aminoasit dekarboksilaz aktivitesi gibi birçok faktör de besinlere göre değişmekle birlikte BA miktarına etki eder (Mahmoudzadeh ve ark., 2022).

2.2. Peynirde Biyojenik Aminler

Süt fermentasyon, olgunlaşma, depolama gibi süreçler gerekmeden doğal olarak içeriğinde belirli oranlarda bazı biyojenik aminleri barındıran bir besindir. Yoğurt, peynir, kefir gibi süt ürünlerinde süttten gelen biyojenik aminler dışında; starter kültür olarak eklenen bakterilerin ürettiği, fermentasyon ve olgunlaştırma süreçlerinde dekarboksilasyon reaksiyonları sonucu oluşan, uygun üretim ve saklama koşullarına uyulmaması durumunda kontaminasyon sonucu dekarboksilaz pozitif mikroorganizmaların ürettiği biyojenik aminler bulunur (Tetik ve Türkyılmaz, 2016). Çiğ sütte en fazla spermin ve spermidin bulunurken fermente edilmiş ya da olgunlaştırılmış süt ürünlerinde histamin, tiramin, kadaverin, putresin ve az miktarda da triptamin ve feniletilamin bulunur (Costa ve ark., 2018; Spano ve ark., 2010).

Süt ürünlerindeki biyojenik amin çalışmaları daha çok peynir üzerine yoğunlaşmıştır. Çünkü peynirde üretimden tüketime kadar starter kültür ilavesi, fermentasyon, olgunlaştırma, depolama gibi aşamaların hepsinde biyojenik amin oluşumu devam etmektedir. Peynirlerde biyojenik aminlerin temel kaynağı gram pozitif laktik asit bakterileridir. Bu bakteriler sütte doğal olarak bulunabilir, üretimde eklenmiş olabilir (starter kültür olarak), üretimden sürecinde bulaşmış olabilir ya da üretim sonrasında (depolama, taşıma) bulaşmış olabilir. Peynirdeki BA üreticileri *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve *Streptococcus* cinsi bakteriler; peynirde histamin ve tiramin kaynaklarıdır (Doeun ve ark., 2017). Bazı laktik asit bakterileri biyojenik amin oluşumuna neden olurken bazıları da enzimler aracılığıyla biyojenik aminleri parçalayarak konsantrasyonlarını azaltabilir (Costa ve ark., 2018).

2.3. Peynirde Biyojenik Amin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Peynirin biyojenik amin içeriği pek çok etkene bağlı olarak değişmektedir. Peynir üretiminde kullanılan süt çeşidi, pH, sıcaklık, tuz konsantrasyonu, su aktivitesi, içerdiği mikroorganizmalar ve birbirleri ile olan etkileşimleri, starter kültür, pastörizasyon ve homojenizasyon gibi üretim basamakları, olgunlaştırma süresi gibi faktörler peynirde BA içeriğini etkileyen faktörlerdir (Doeun ve ark., 2017; Mahmoudzadeh ve ark., 2022; Pekcici ve ark., 2021). Süte belirli sürelerde ısı işlem uygulanması şeklinde gerçekleştirilen pastörizasyon, sütte bulunan dekarboksilaz pozitif bakterileri yok ederek peynirde biyojenik amin oluşumunun önüne geçer (Schirone ve ark., 2013).

Peynirin biyojenik amin içeriği peynir çeşidine göre hatta peynirin farklı yerlerinden alınan parçalarda bile değişmektedir. Bu nedenle peynirlerin içeriğindeki BA düzeyleri hakkında kesin sonuçlara varılamasa da peynirde 2000 ppm'in üzerinde bir miktarda bile biyojenik amin bulunabileceği belirlenmiştir (Doeun ve ark., 2017; Fernández ve ark., 2007). Farklı süt ürünlerinin içerdiği biyojenik amin miktarları Şekil 2.3.'de gösterilmiştir.

Süt ve Süt Ürünleri	Kadaverin	Histamin	Feniletilamin	Putresin	Tiramin	Spermin	Spermidin		
Süt	Çiğ-İnek	-	-	-	-	0,18	-		
	Çiğ-İnek	-	0,3	-	-	-	-		
	Pastörize-Koyun	-	-	-	-	-	-		
	Pastörize-İnek	-	0,7	-	-	-	-		
Yoğurt	-	13	-	-	-	-	-		
	0,27	-	-	-	-	0,43	0,34		
Peynir	123,07	50	-	107,69	125	115,38	369,23		
(Çiğ Sütten)	Koyun	26,8	0	28,6	394,1	499,6	96,4	-	
	Keçi	349,72	15,6	9,39	217,84	216,28	-	-	
	Keçi	88,7	88,4	11,7	191,8	830,5	-	-	
	Keçi	94	117	160	941	258	70,5	23,5	
	İnek	-	-	-	-	-	-	-	
	İnek	-	-	-	-	-	-	-	
	İnek (Parmigiano)	3,2	10,9	-	1,8	6,4	4,4	-	
	İnek (Parmigiano)	15,56	28,55	9,51	75,87	29,89	7,71	4,46	
	İnek (Ekstra Sert Grana)	-	249	-	-	18	-	-	
	Peynir	82,8	84,6	4,94	193	246	-	-	
	(Pastörize Sütten)	Keçi (Feta)	-	-	-	-	-	-	-
		İnek (Sert Emmantel)	98,3	23,5	-	38	52,2	-	16,8
		İnek (Cheddar)	-	25,4	-	4,8	-	8,5	18,2
		İnek (Yarı Sert)	-	-	-	-	24,3	5,0	17,3
İnek (Gouda)		-	-	-	-	2,43	0,5	1,73	
İnek (Edam)		-	3,2	-	-	-	-	-	
İnek (Gonzola)		-	23,7	-	-	-	-	-	
İnek (Gonzola)		33,7	255,3	-	3,2	13,2	10,8	17,2	
İnek (Yüzevi)		748,2	168,3	-	31,3	247,6	18,5	16,6	
olgunlaştırılmış)		-	-	-	-	-	-	-	
İnek (Yarı)		33,49	24,38	25,75	22,6	32,92	24,35	23,4	
Olgunlaştırılmış)		-	-	-	-	-	-	-	
İnek		-	65,42	-	175,39	80,9	-	-	
Keçi		-	27,68	-	18,12	30,48	-	-	
Koyun	-	-	-	-	301,6	-	-		
Koyun (Pecorino)	80	90	300	200	280	-	20		
Mavi Peynir	8,9	9,9	7,7	18,3	-	4,6	18,1		
Kefir	-	50	-	25	2000	-	18		
	2101,4	376,6	39,7	257,2	1585,4	-	-		

Şekil 2.3. Bazı süt ürünlerinde bulunan biyojenik amin miktarları (mg/kg) (Linares ve ark., 2012).

Yapılan çalışmalarda süt ve süt ürünlerindeki biyojenik amin miktarlarının değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Çalışmada aynı çeşit ürünün farklı markalarında, üretim, hammadde, olgunlaştırma süresi gibi birçok etkene göre BA içeriklerinin değiştiği görülmüştür (Darnay ve ark., 2022; Diler ve ark., 2018; Leboudy ve ark., 2019; Linares ve ark., 2012; Pawul-Gruba ve ark., 2022; Pekcici, 2020; Pekcici ve ark., 2021; Pluta-Kubica ve ark., 2020; Rea ve ark., 2010; Renes ve ark., 2014; Santamarina-García ve ark., 2022; Standarová ve ark., 2008; Sungur ve Jobasi, 2022).

2.3.1. Sıcaklık

Besin üretim ve depolama sürecindeki sıcaklık artışı biyojenik amin oluşumunu etkilemektedir. Mezofilik bakteriler, 20-37 C° sıcaklıkta önemli miktarda biyojenik amin üretebilmektedir (Doeun ve ark., 2017). Biyojenik amin düzeylerinin artışı sıcaklıkla doğru orantılı gibi görünse de BA miktarı mikroorganizma üremesi ve enzim aktivasyonuna bağlı olarak arttığı için belirli sıcaklık aralıklarında artış optimum düzeydedir. Biyojenik amin düzeylerinin artışı mikroorganizmaların optimum çoğalma koşullarına da bağlı olduğu için, biyojenik amin üretimini sağlayan mikroorganizma türüne göre optimum sıcaklık değerleri de değişmektedir (Akan ve Demirağ, 2018). Yapılan bir çalışmada, sıcaklığa göre karboksilaz enzimlerinin aktivitesi incelenmiş ve 30-37 °C sıcaklıkta dekarboksilasyon aktivitesinin en yüksek seviyede olduğu görülmüştür (Bargossi ve ark., 2015). Başka bir çalışmada ise 50 °C sıcaklığın üstüne çıkıldığında dekarboksilaz enziminin inaktif hale geldiği görülmüş (Zhang ve Ni, 2014). Besinlerde sıcaklık düşüşü ile birlikte genellikle BA üretim kapasitesi azalmaktadır. Bu durum üretim ve depolamada soğuk zincirin korunmasının önemini yansıtmaktadır (Gardini ve ark., 2016).

2.3.2. pH

Biyojenik amin üretiminde pH'ın etkisi mikroorganizma üremesi ve doğrudan dekarboksilaz enzimi üzerinedir. Asitliğin artışı ile birlikte mikrobiyal artış engellenebilir ve aminoasit dekarboksilaz inaktive olabilir. Aminoasit dekarboksilaz aktivasyonu için ideal pH 4,0-5,5 aralığıdır ve pH 4,0'ün altında dekarboksilaz pozitif mikroorganizmalar canlı olmadığı için biyojenik amin üretimi sınırlıdır (Akan ve Demirağ, 2018). Yapılan bir çalışmada asitliğin artışı ile birlikte *Enterococcus Faecalis*'in aktivitesinin arttığı ve buna bağlı olarak tiramin biyojenik amininin sentezinin arttığı belirlenmiştir (Perez ve ark., 2015).

2.3.3. Tuz Konsantrasyonu

Besinlere eklenen tuz lezzeti artırmasının yanında koruyucu etki de sağlar. Genel olarak tuz konsantrasyonundaki artışla birlikte dekarboksilaz pozitif mikroorganizmaların inaktive olmaktadır (Gardini ve ark., 2016). Tuz konsantrasyonu %5'in üzerinde olduğunda histidin dekarboksilaz inaktive olmaktadır ve histamin sentezi azalmaktadır (Akan & Demirağ, 2018). *Enterococcus faecalis*'in belirli koşullardaki BA üretme potansiyelinin incelendiği bir çalışmada, %2-6 aralığında tuz konsantrasyonu ile *E. faecalis*'in feniletilamin ve tiramin biyojenik amini üretimi arasında ters bir ilişki olduğu görülmüştür (Gardini ve ark., 2001).

Dugat-Bony ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, azaltılmış tuz (NaCl) içeriğinin, mikrobiyal denge ve BA üretimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Olgunlaşma sonunda yapılan analizlerde, düşük tuz içeriğine sahip peynirlerde özellikle putresin ve kadaverin düzeylerinin anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir. Putresin düzeyi %1,3 tuz içeren peynirlerde kontrol grubuna göre yaklaşık 5 kat daha fazla bulunmuştur. Benzer şekilde, kadaverin miktarı da düşük tuzlu peynirlerde belirgin şekilde artmıştır.

2.3.4 Mikroorganizma ve Starter Kültür

Besinlerdeki BA artışı çoğunlukla mikroorganizma kaynaklıdır. Bu mikroorganizmalar kontaminasyon sonucu besinde bozulma göstergesi olabileceği gibi besin yapımında gerekli olduğu için üretim sürecinde bilinçli olarak da besine eklenebilir (Givanoudi ve ark., 2023). Besinlerde biyojenik amin oluşumuna neden olan dekarboksilaz pozitif bakteriler: *Clostridium*, *Escherichia*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Proteus*, *Betabacterium*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Salmonella*, *Shigella* türleridir (Düz ve Fidan, 2016). Besin çeşitlerine göre BA oluşumuna neden olan mikroorganizma ve ürettiği biyojenik amin çeşidi değişmektedir. Örneğin balık ve deniz ürünlerinden genellikle *Morganella morganii*, *Klebsiella oxytoca*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Providencia stuartii*, *Providencia rustigianii*, *Citrobacter braakii*, *Serratia fonticola* türleri izole edilmekte ve bu türlerin güçlü birer histamin kaynağı olduğu bilinmektedir (Oktariani ve ark., 2022). Lactobacillales türleri ise süt ürünleri, et ürünleri, şarap, bira gibi birçok besin ve içecekte bulunmaktadır (Givanoudi ve ark., 2023). *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus* ve *Streptococcus* türlerinden oluşan, starter kültür olarak fermente besinlere eklenen laktik asit bakterileri biyojenik amin oluşumuna neden olabilirler (Costa ve ark., 2018).

Çeşitli besin türlerinden bulunan biyojenik aminler ve besinde biyojenik amin üretimine neden olan mikroorganizmalar Tablo 2.1.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3.4. Bazı besin çeşitlerinden izole edilen mikroorganizmalar ve besinde bulunan biyojenik aminler (Shalaby, 1996).

Besin Çeşitleri	Biyojenik Aminler	Mikroorganizmalar
Balıklar	<ul style="list-style-type: none"> • Histamin • Tiramin • Kadaverin • Putresin • Spermin 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Morganella morganii</i> • <i>Klebsiella pneumonia</i> • <i>Hafnia alvei</i> • <i>Proteus mirabilis</i> • <i>Proteus vulgaris</i> • <i>Clostridium perfringenes</i> • <i>Enterobacter aerogenes</i> • <i>Vibro alginolytiens</i> • <i>Bacillus spp.</i> • <i>Staphylococcus xylosus</i>
Peynirler	<ul style="list-style-type: none"> • Histamin • Kadaverin • Tiramin • Triptamin • Feniletilamin • Putresin 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus buchneri</i> • <i>Lactobacillus 30a</i> • <i>L. Bulgaricus</i> • <i>L. Plantarum</i> • <i>L. Casei</i> • <i>L. Acidophilus</i> • <i>L. Arabinose</i> • <i>Streptococcus faecium</i> • <i>S. Mitis</i> • <i>Bacillus macerans</i> • <i>Propionibacteria</i>
Et ve Et Ürünleri	<ul style="list-style-type: none"> • Histamin • Kadaverin • Tiramin • Triptamin • Feniletilamin • Putresin 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pediococcus</i> • <i>Enterobacteriaceae</i> • <i>Lactobacillus</i> • <i>Pseudomonas</i> • <i>Streptococcus</i> • <i>Micrococcus</i>
Fermente Sebzeler	<ul style="list-style-type: none"> • Histamin • Tiramin • Triptamin • Putresin • Kadaverin 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus plantarum</i> • <i>Pediococci sp.</i> • <i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Fermente Soya Ürünleri	<ul style="list-style-type: none"> • Histamin • Tiramin • Triptamin • Putresin • Kadaverin 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rhizopus oligosporus</i> • <i>Trichosporon beiglli</i> • <i>Lactobacillus plantarum</i>

Bazı mikroorganizmalar besinlerde BA oluşumunu artırıcı etki gösterebilirken bazıları da ters etki göstererek BA üretimine neden olan mikroorganizmaları azaltıcı ya da histamin ve tiramin gibi toksik etkisi yüksek biyojenik aminleri degrade edici etki gösterebilir (Herrero-Fresno ve ark., 2012). Tittarelli ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, tiramin ve histamin üretmeyip bunları parçalayabilen bakterileri çiğ koyun sütünden üretilen peynirden izole etmiş ve yüksek parçalama kapasitesi ve güvenli özellikleriyle özellikle *L. casei* ve *E. casseliflavus* suşlarını, starter kültür olarak önermişlerdir.

2.3.5. Depolama Süresi

Olgunlaştırma süreci peynirdeki BA miktarını etkileyen faktörlerden birisidir. Olgunlaştırma sürecinde fermentasyon ile birlikte başlayan proteoliz, lipoliz, laktozun parçalanması reaksiyonları devam eder. Bu reaksiyonlardan BA üretimi için en önemli olanı proteolizdir. Proteoliz, proteinlerin aminoasitlere parçalanmasını sağlayan metabolik süreçlerdir ve sonucunda ortamda serbest aminoasitler artar. Böylece besinler biyojenik amin birikimi için gereken koşullardan biri olan ortamda serbest aminoasit varlığı sağlanmış olur. Olgunlaştırma süresi ile proteoliz doğru orantılıdır, bu durum BA üretimi için gereken substratı sağladığı için olgunlaştırma süresi arttıkça peynirlerde BA miktarının arttığı söylenebilir (Linares ve ark., 2012). Peynirlerde olgunlaştırma süresinin histamin birikimi ve histamin üreten mikroorganizma yoğunluğuna etkisinin incelendiği bir çalışma sonucunda, tüm peynir çeşitlerinde olgunlaştırma süresi arttıkça histamin üreten mikroorganizma yoğunluğu ve buna bağlı olarak histamin birikiminin arttığı görülmüştür (Ladero ve ark., 2009).

2.3.6. Hammadde

Biyojenik aminler, biyojenik aminlerin dekarboksilasyonu sonucu oluştukları için proteinler, biyojenik aminlerin hammaddesidir denilebilir (Costa ve ark., 2018). Bu nedenle peynir üretiminde kullanılan sütlerin protein içerikleri, biyojenik amin konsantrasyonunu etkileyen faktörlerden biridir (Natrella ve ark., 2024). Süt türlerine göre ortalama protein miktarı değişmektedir. İnek sütünün protein miktarı ortalama %3,17 iken bu oran keçi sütünde %3,55 ve koyun sütünde %5,49'dur (Türkomp | Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı). Buna göre hammaddedeki protein yoğunluğu arttıkça biyojenik amin konsantrasyonu da artar çıkarımı yapılabilir. Ancak biyojenik amin konsantrasyonunu etkileyen bir sürü farklı faktör bulunduğu için bu sonuca varmak her zaman doğru değildir (Natrella ve ark., 2024).

Çiftlik ve marketlerden temin edilen 40 farklı çeşit peynir BA konsantrasyonu bakımından incelenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek toplam BA miktarı, pastörize koyun sütünden yapılmış salamura bir peynirde tespit edilmiş. Genel olarak, koyun sütünden üretilen peynirlerde, keçi ve inek sütü ürünlerine kıyasla daha yüksek BA içeriği olduğu belirlenmiş (Bunkova ve ark., 2013).

2.3.7. Hijyenik Koşullar

Olgunlaşma süresi, proteinlerin parçalanması sonucu oluşan öncül maddelerin salınımını artırarak biyojenik amin oluşumunu teşvik edebilir. Bununla birlikte, kullanılan ham maddenin niteliği, dekarboksilaz enzimi taşıyan belirli bakterilerin gelişimini etkileyebilir. Peynirin üretim yöntemi, olgunlaştırma koşulları ve uygulanan işlem adımları da mikrofloranın çeşitliliğini ve yoğunluğunu belirleyerek ürünün BA içeriğini dolaylı yoldan etkileyebilir.

Bu nedenle, genel bir yaklaşımla taze peynirlerin olgunlaşmış olanlara göre daha düşük BA seviyelerine sahip olacağı, çiğ sütle yapılan peynirlerin ise pastörize sütle üretilenlere kıyasla daha yüksek düzeylerde BA içereceği varsayılabilir. Ancak bu genellemeler her zaman geçerli olmayabilir; bazı durumlarda bu eğilimler gözlemlense de her ürün özelinde tüm üretim koşulları göz önüne alınarak değerlendirme yapılmalıdır (Natrella ve ark., 2024).

Peynirde BA üretiminin başlıca kaynağı bakterilerdir. Bu organizmaların sayıca fazlalığı, metabolik aktiviteleri ve genomlarında dekarboksilaz enzimi taşıma kapasiteleri BA oluşumunu doğrudan etkiler. Olgunlaşmış peynirler; starter kültürler, ikincil kültürler, NSLAB (non-starter laktik asit bakterileri), çevresel kontaminantlar ve doğal mikroflora gibi çok çeşitli mikroorganizmaların dahil olduğu uzun fermantasyon süreçleriyle tanımlanır. Mikrobiyal flora ne kadar çeşitli ve karmaşıksa, BA üreten bakterilerin bulunma olasılığı da o ölçüde artar. Bu mikrobiyal çeşitlilik ise kullanılan sütün kalitesi ve uygulanan ısıl işlem türüne (çiğ, pastörize veya UHT) bağlı olarak şekillenir (Linares ve ark., 2012).

Ayrıca, peynirin olgunlaşma süresi uzadıkça, proteoliz yoluyla serbest amino asitlerin salınımı artar; bu da taze peynirlere kıyasla daha fazla BA birikimine neden olur (Rohani ve ark., 2013).

2.4. Biyojenik Aminlerin Sağlık Üzerine Etkileri

Biyojenik aminler hem prokaryot hem de ökaryot hücrelerde birçok kritik fizyolojik olayda görev alırlar. Ökaryot hücrelerde protein ve nükleik asit öncüsü olarak ve nörotransmitter olarak görev alırken prokaryot hücrelerde asidik stres koşullarında canlılığı devam ettirebilmek için bir savunma mekanizmasıdır ve metabolik enerji üretiminde görev alır. Biyojenik aminler birçok biyolojik olayda görev almalarına rağmen fazla alımları sağlık açısından zararlı sonuçlar doğurabilmektedir (Spano ve ark., 2010).

Biyojenik amin alımıyla ortaya çıkan sağlık sorunları arasında en sık karşılaşılanları toksisitelerdir. Toksikite genellikle histamin ve tiraminden kaynaklanmakla birlikte diğer biyojenik amin alımlarında da görülebilir ya da putresin ve kadaverin gibi biyojenik aminler detoksifikasyon enzimlerinin aktivitesini etkileyerek diğer BA'ların toksik etkisini artırabilir. Putresin ve kadaverin, nitrit ve nitrat bulunan ortamda bunların kanserojen nitrozamine dönüşümünü sağlayarak kansere yatkınlık oluşturabilir. Biyojenik amin toksisiteleri baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma gibi belirtilerle kendini göstermektedir bu nedenle besin alerjileri ve diğer gıda zehirlenmeleri ile karıştırılabilmektedir. Belirtiler birkaç saat sürebileceği gibi 36 saate kadar da sürebilir (Costa ve ark., 2018; Givanoudi ve ark., 2023; Simon Sarkadi, 2017).

Histamin zehirlenmesi olarak bilinen skombroid gıda zehirlenmesi, genellikle kaslarında yoğun miktarda histamin biriktirebilen tuna, lüfer, uskumru, sardalya gibi balıkların tüketimi veya kontamine olmuş, bozulmuş balıkların tüketimi sonucunda fazla miktarda histamin alımıyla gerçekleşir. Zehirlenme sonucunda solunum problemleri, deride kızarıklık, bulantı gibi belirtiler görüldüğü için balık alerjisi ile sıklıkla karıştırılmaktadır (Bulut, 2017). Yoğun histamin içeren peynirlerin tüketimi sonucunda da skombroid gıda zehirlenmesi vakaları görülmüştür (Givanoudi ve ark., 2023; Simon Sarkadi, 2017). Histamin alımında 8-40 mg düşük, 40-100 mg orta, 100 mg'ın üzerinde şiddetli gıda zehirlenmesine neden olur (Özdehan ve Üren, 2012).

Tiramin zehirlenmesinde ise bulantı, kusma, hipertansif kriz (vazokonstriktör etki), terleme gibi belirtiler oluşur. Tiramin toksisitesi çoğunlukla peynir, özellikle olgunlaştırılmış peynirler, kaynaklıdır. Peynir üretiminde kullanılan sütün kalitesi ve olgunlaştırma süreci tiramin toksisitesi için önemli etkenlerdir.

Psikiyatrik ve nörolojik hastalıkların tedavisinde kullanılan monoamin-oksidad inhibitör ilaçlar, tiraminin metabolize edilmesini önlediği için vücutta birikimine yol açarak tiramin zehirlenmesi riskini artırabilir (Costa ve ark., 2018; Givanoudi ve ark., 2023).

Biyojenik aminlerin toksik etki gösterdikleri limit değerleri belirlemek kolay değildir çünkü detoksifikasyon yeteneği bireysel olarak farklılıklar göstermektedir. Bireylerin detoksifikasyon yetenekleri yaş, cinsiyet, genetik, gebelik, menstrüasyon, ilaç kullanımı, alkol ve sigara kullanımı ve bazı hastalıklardan etkilenmektedir. Biyojenik aminlerin detoksifikasyonu; böbrek, karaciğer ve bağırsaklardan sentezlenen monoamin oksidad, diamin oksidad (DAO), poliamin oksidad ve N-metiltransferaz tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bu nedenle alerjiler, gastrit, ülser, crohn gibi böbrek, karaciğer ve gastrointestinal sistemi etkileyen hastalıklarda detoksifikasyon enzim sentezi azalabilir. Çocuklarda; gebelerde; menstrüasyon döneminde; antidepresan, antihistaminik, psikotik ilaçların kullanımında; alkol ve sigara kullanımında detoksifikasyondan sorumlu enzim aktiviteleri azalabilir (Costa ve ark., 2018; Spano ve ark., 2010). Depresyon, şizofreni ve Parkinson hastalarında biyojenik amin seviyesinin daha yüksek olduğu bilinmektedir (Premont ve ark., 2001).

Biyojenik aminler vücutta genellikle vasküler sistem üzerine etki ederek vazodilatasyon ve nörotransmitterler yoluyla sinir sistemi üzerine etki ederek psikoaktif görev alırlar. Bunlar dışında farmasötik etkiler de gösterirler. Histamin; vazodilatasyonu sağlayarak hipotansif etki yapar, düz kas kasılmasını sağlar, midede gastrik sekresyonu uyarır, nörotransmitter olarak görev alır, adrenalin ve noradrenalin salımını uyarır (Akyol ve ark., 2015; Givanoudi ve ark., 2023). Histaminin beyin fonksiyonları üzerinde de birçok etkisi vardır. Histamin nörotransmitter modülatörü etkisi ile uyanıklık ve homeostazı sağlar. Beyinde açlık tokluk mekanizmaları üzerine de etki ederek tokluk süresini uzatır, tat algısı üzerinde de etkilidir böylece besin alımını etkileyebilir. Migren, multiple skleroz (MS), Parkinson gibi pek çok nörolojik hastalık ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Ferretti ve ark., 2023; Passani ve ark., 2014).

Tiramin ve triptamin hipertansif etki gösterirler ve düz kas kasılmasını sağlarlar. Kadaverin ve putresin hipotansif etki gösterirler, histamin ve tiraminin toksik etkisini artırır, noradrenalin düzeyini artırır ve migrene sebep olabilirler. Spermin ve spermidin ise gen ekspresyonu, hücre proliferasyonu, nükleik asit fonksiyonlarının düzenlenmesi gibi fizyolojik süreçlerde görev alır. Fazla alımları pozitif etkilerini ortadan kaldırır, spermidin ve nefrotoksik etki gösterebilir (Akyol ve ark., 2015; Givanoudi ve ark., 2023).

Biyojenik aminler alım düzeylerine göre birçok biyolojik reaksiyonda görev alabilecekleri gibi toksik etki de gösterebilirler. Tablo 2.3.'te bazı biyojenik aminlerin fizyolojik ve toksik etkileri yer almaktadır.

Tablo 2.4. Bazı biyojenik aminlerin fizyolojik ve toksik etkileri (Ladero ve ark., 2010).

Biyojenik Aminler	Fizyolojik Etkisi	Toksik Etkisi
Histamin	<ul style="list-style-type: none">• Nörotransmitter• Lokal Hormon• Gastrik Asit Sekresyonu• Hücre Büyümesi ve Farklılaşması• Sirkadiyen Ritim Regülasyonu• Vücut Sıcaklığı• Besin Alımı• Öğrenme ve Hafıza• Bağışıklık• Alerjik Reaksiyonlar	<ul style="list-style-type: none">• Baş Ağrısı• Terleme• Burunda Yanma ve Salgı• Yüzde Kızarıklık• Deride Kaşıntı ve Kırmızı Döküntüler• Baş Dönmesi• Ödem• Yutma Güçlüğü• Diyare• Solunum Güçlüğü• Bronkospazm• Kalp Debisinde Artış• Taşikardi• Kan Basıncı Dengesizliği
Tiramin	<ul style="list-style-type: none">• Nörotransmitter• Periferel Vazokonstriksiyon• Kardiyak Outputta Artış• Solunumda Artış• Kan Glukozunda Artış• Norepinefrin Salımı	<ul style="list-style-type: none">• Baş Ağrısı• Migren• Nörolojik Sorunlar• Solunum Sorunları• Bulantı• Kusma• Hipertansiyon
Putresin	<ul style="list-style-type: none">• Gen Ekspresyonu Regülasyonu• Bağırsak Olgunlaşması• Hücre Büyümesi ve Farklılaşması	<ul style="list-style-type: none">• Kardiyak Outputta Artış• Taşikardi• Hipotansiyon• Kanserojen Etki

Biyojenik aminlerin fazla alımı vücutta bulantı, kusma, baş ağrısı gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Belirli miktarların üzerinde alındığında zehirlenmelere de neden olabilmektedir. Özellikle histamin ve tiramin zehirlenmesi sık karşılaşılan besin zehirlenmeleri arasında yer almaktadır. Toplam biyojenik amin alım miktarının 40 mg/öğün olması muhtemel zehirlenme ile sonuçlanmaktadır. Histamin, tiramin ve feniletılamin toksik etkisi en yüksek biyojenik aminlerdir. Putresin ve kadaverin diğer biyojenik aminlerle birlikte alındığında onların toksik etkisinin artırmaktadır. Her biyojenik amin için olumsuz etkiler gösterdiği limit ve toksik değerler değişmektedir. Histamin zehirlenmesi 500 ppm'in üzerinde histamin alımı sonucu ortaya çıkarken putresin toksisitesi 2000 ppm, spermin toksisitesi 600 ppm, spermidin toksisitesi 600 ppm, tiramin ve kadaverin toksisitesi 2000 ppm'in üzerinde alımlarda ortaya çıkmaktadır. Kronik toksisitenin göstergesi olan NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) değerleri ise tiramin, putresin ve kadaverin için sırasıyla 2000 ppm, 1000 ppm ve 200 ppm'dir (Costa ve ark., 2018; EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2011; Özdestand ve Üren, 2012). NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) terimi, olumsuz yan etkinin görülmediği

alım düzeyini ifade eder. Genellikle kronik toksisite çalışmalarında olumsuz etki görülmeyen en yüksek alım miktarını belirtir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı). Olumsuz sağlık etkilerinden dolayı bazı ÷lkelerde besinlerde bulunabilecek biyojenik amin miktarları, özellikle histamin için, yasal düzenlemelerle belirlenmiştir. Ülkemizde gıda yönetmeliklerine göre sadece balıklarda bulunabilir histamin düzeyleri belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği, Gıda Güvenliği Kriterlerine göre balıklarda en fazla 200 mg/kg histamin bulunmalıdır (Özdestan ve Üren, 2012; Resmi Gazete, 2011). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)'ya göre de biyojenik amin alım limiti sadece balık ve balık ürünlerindeki histamin düzeyi için 200 mg/kg olarak belirlenmiştir (EFSA Panel on Biological Hazards, 2011).

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Literatürdeki peynirde biyojenik amin konsantrasyonlarının incelendiği çalışmaların çoğunda, market ve çiftliklerden hazır olarak peynirler alınmış ve incelenmiştir (Akyar Yavaş, 2024; Bunkova ve ark., 2013; Jakobová ve ark., 2023; Paskaš ve ark., 2024; Pekcici, 2020; Pekcici ve ark., 2021; Sungur ve Jobasi, 2022). Bu çalışmamızda ise kaynağı bilinen inek, keçi ve koyun sütlerinden kontrollü şartlarda peynirler üretildi. Daha sonra ideal koşullarda depolandı. Bu şekilde her aşama takip edilebildi.

3.1. Araştırmanın Türü

Bu çalışma deneysel laboratuvar çalışmasıdır. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında 23YL30005 numaralı proje ile desteklenmiştir.

3.2. Araştırmanın Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri

Araştırmanın bağımlı değişkenleri; peynir çeşitlerindeki biyojenik amin, nem, kül miktarları ve yağ asidi profilidir. Bağımsız değişkenler ise; peynir çeşitleri ve peynir olgunlaşma süresidir.

3.3. Araştırmanın Yeri ve Zamani

Araştırma 2023 Güz- 2025 Bahar yarıyılında, Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Beslenme İlkeleri Laboratuvarı, Besin Kimyası Laboratuvarı ile Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirildi.

3.4. Hammadde Temini ve Peynir Üretimi ve Depolanması

Konya'nın Karapınar ilçesindeki yerel üreticilerden çiğ inek, keçi ve koyun sütleri temin edildi. Çiğ sütler 60-65°C'ye kadar ısıtıldı ve 30 dakika bu sıcaklıkta pastörize edildi(Goff, 2013). Sonra hızlıca 40-44°C'ye soğutuldu ve peynir mayası (rennet) eklendi. Peynir mayası tamamen süte karışıktan sonra, sütün koagüle olması için 2 saat bekletildi. Daha sonra peynir pıhtısı bıçak ile küçük parçalara kesildi, tülbent ve süzek yardımıyla peynir altı suyundan ayrılana kadar süzüldü. İçerisinde peynir altı suyu kalmaması için üzerine ağırlık konularak süzme işlemine devam edildi.



Şekil 3.4.1. Peynir üretim aşamaları

Süzme tamamlandıktan sonra peynir küçük parçalara kesildi, başlangıç numunesi paketlenerek -18°C 'de dondurucuda depolandı. Kalan peynirler, cam kavanoza aktarıldı. Örnek çalışmalarda da gösterildiği gibi (Akan & Demirağ, 2018), %5 ve üzeri tuz konsantrasyonu biyojenik amin oluşumunu sınırlamaktadır ve Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğine göre de peynirde en fazla %6,5 oranında tuz bulunmalıdır (Türk Gıda Kodeksi, 2015). Bu nedenle, peynir altı suyuna %5 oranında iyotsuz tuz eklenerek kavanozlara doldurulmuştur. Peynirler cam kavanozlarda, peynir altı suyu içinde 4°C 'de buzdolabında depolandı. Çalışmamızda planladığımız gibi 3 ve 6. aylarda peynirden numuneler alınarak ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilene kadar -18°C 'de dondurucuda depolandı.

Ürettiğimiz peynirler dışında piyasadan temin ettiğimiz yıllandırılmış keçi peyniri ve yöresel küflü koyun peynirinden de numuneler alınarak ekstraksiyon işlemleri yapılana kadar -18°C 'de dondurucuda depolandı.



Şekil 3.4.2. Peynirin depolanması

3.5. Numunelerin Hazırlanması

Üretim sonrası hemen dondurulan, 3 ay tuzlu peynir altı suyunda depolandıktan sonra dondurulan ve 6 ay tuzlu peynir altı suyunda depolandıktan sonra dondurulan peynirler çözdürüldü.

3.6. Biyojenik Amin Analizi

Biyojenik amin analizinde sıvı kromatografi, gaz kromatografi, ince tabaka kromatografisi, kapiller elektroforez ve biyosensörler kullanılmaktadır (Pekcici, 2020). Bu çalışmada peynirlerde BA konsantrasyonları analizinde Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (UHPLC) yöntemi kullanıldı.

Tablo 3.6.1. BA analizinde kullanılan cihazlar

Cihaz	Özellikleri	Kullanım Amacı
Homojenizatör	WITEG HG-15A Homogenizer (27000 rpm; 1-2500 ml)	Numunelerin homojen hale getirilip, BA'ların ekstraksiyonunu sağlamak.
Vortex	SCIOLOGEX MX-S Vortex Mixer (250-2500 rpm)	Kimyasalların tam olarak karışmasını sağlamak.
Santrifüj	NUVE NF 800/800R Soğutuculu Santrifüj (4.100-14.000 rpm)	Ekstraksiyon sırasında faz ayrımının sağlanması.
Azot Evaporatörü	TEKNOSEM TAB-24	Dietil eterin uzaklaştırılması.
UHPLC	DIONEX Ultimate 3000	Biyojenik aminlerin varlığının ve miktarının belirlenmesi.

Tablo 3.6.2. BA Analizinde Kullanılan Kimyasallar

Kimyasal	Kullanım Amacı
Triklora asetik asit (TCA) (0,6 M)	BA'ların ekstrakte edilerek sıvı faza geçişinin sağlanması.
Sodyum Hidroksit (NaOH) (1 M)	Asidik ortamı nötralize etmek.
Benzoil Chloride (BCI)	BA'ların çözünerek sıvı faza alınması.
Asetonitril (ACN)	İnternal standart.
Dietil Eter (Et ₂ O)	Çözücü olarak.

3.6.1. Ekstraksiyon İşlemleri

Her bir peynirden üçer tekrar olacak şekilde, 5 g numune hassas terazi ile tartılarak tüplere alındı. Li ve ark. (2025)'nin yönteminde olduğu gibi, tüplere alınan numuneler üzerine 20 ml 0.6 M trikloroasetik asit (TCA) eklenerek 2 dakika, 11,000 rpm'de homojenize edildi. Daha sonra 10 dakika 3500 rpm, 4°C'de santrifüj edilir. Santrifüj işlemi sonrası yüzeydeki sıvı tüplere toplandı ve TCA ile ekstraksiyon işlemi tekrarlandı. Kalan sıvı 1 numara filtre kağıdından süzülerek tüplere aktarıldı. Sıvıların alındığı tüpler, TCA ile 50 ml'ye tamamlandı ve türevlendirme işlemi için hazır hale getirildi.



Şekil 3.6.1. Ekstraksiyon aşamaları

3.6.2. Türevlendirme İşlemleri

Türevlendirme işleminde Özdehan ve Üren (2009)'de olduğu gibi Benzoil Chloride kullanıldı. Ekstrakte edilmiş sıvılardan 1 mL alınarak cam tüplere aktarıldı. Üzerine 1 mL 1.0 M NaOH ve 20 µL Benzoil Chloride (BCI) eklendi. Daha sonra 1 ml asetonitril eklendi ve 1 dakika boyunca oda sıcaklığında vortexlendi. Numuneler 40 dakika oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda bekletildi. 2 mL doymuş tuz çözeltisi eklenerek 1 dakika daha vortexlendi. BA-BCI türevi üzerine 2 mL dietil eter eklendi ve tekrar 1 dakika vortexlendi. Bu işlem iki kez yapıldı ve üst faz tüplere alındı. Ayırdığımız üst fazdaki dietil eter, nitrojen gazı ile buharlaştırıldı.



Şekil 3.6.2. Türevlendirme aşamaları

3.6.3. Standartların Hazırlanması

Farklı firmalardan temin edilen HCl, di-HCl, tri-HCl ve tetra-HCl formlarda bulunan standartlar saflık derecelerine, molekül ağırlıklarına göre 10 mg/mL olacak şekilde hazırlandı. Standart solüsyonlar ultra saf su kullanılarak hazırlandı. Molekül ağırlıkları (MW) HCl 36,46 mg, di-HCl 72,92 mg, tri-HCl 109,38 mg ve tetra-HCl 145,84 mg olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.6.3.1. Biyojenik amin standartları

Standartlar her bir biyojenik amin için ayrı ayrı ve hepsini içeren bir karışım şeklinde (mix) hazırlanmıştır. Standart solüsyonlardan 1 mL alınarak tüplere aktarılmış ve üzerine 2 mL ultra saf su, 2 mL 2 M NaOH, 30 µL Benzoyl Chloride eklendikten sonra 5 dakika vortexlenmiştir. Daha sonra 1,5 ml asetonitril eklenerek 5 dakika 25°C'de bekletilmiş ve 2 mL doymuş NaCl eklenip 1 dakika daha vortexlenmiştir. 2 mL dietil eter ile 3 kez ekstraksiyon yapılarak (3×2 mL) üst faz toplandı ve dietil eter azot gazı kullanılarak buharlaştırıldı.



Şekil 3.6.3.2. Standartların Hazırlanması

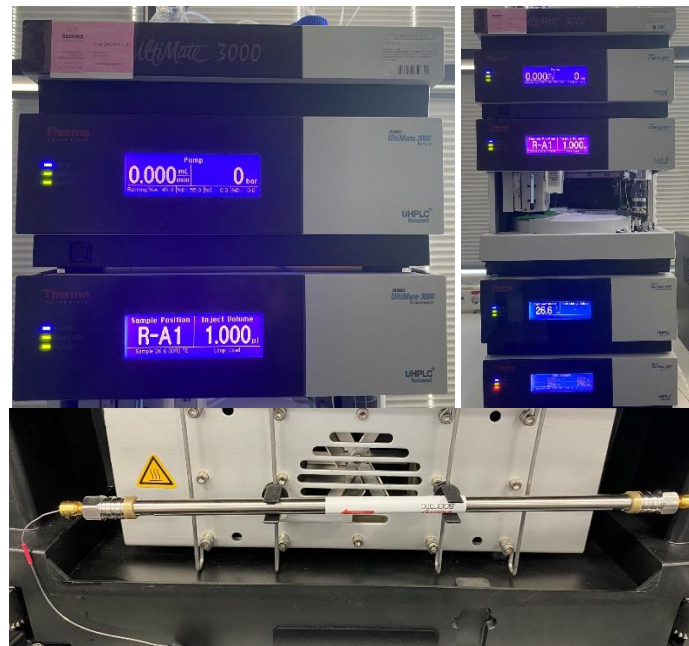
Tablo 3.6.3. Biyojenik amin standartlarının hazırlanması

Firma	Safılık (%)	Biyojenik Amin Standartları	MW (mg)	Saf MW (mg)	Free Base MW (mg)	Free Base 10mg/mL MW (mg)	Final Hacimdeki BA Standart Ağırlığı (mg)
BLD Pharm	98	Cadaverine di-HCl	175,10	171,598	98,678	17,744	177,446
Sigma Aldrich	98	di-feniletilamine HCl	157,64	154,487	118,027	13,356	133,562
Sigma Aldrich	99	Histamine di-HCl	184,07	182,229	109,309	16,839	168,394
BLD Pharm	95	Putrecine di-HCl	161,07	153,017	80,0965	20,109	201,095
BLD Pharm	99	Spermidine tri-HCl	254,63	252,084	142,703	17,843	178,433
ESD CHEM	95	Spermine tetra-HCl	348,18	330,771	184,931	18,827	188,276
Sigma Aldrich	99	Triptamine HCl	196,68	194,713	158,253	12,428	124,282
Sigma Aldrich	98	Tyramine HCl	173,64	170,167	133,707	12,986	129,866

MW: Molekül ağırlığını gösterir ve firmaların etikette belirttiği şekilde alınmıştır. Free Base: Standart solüsyondaki saf biyojenik amini ifade eder. Solüsyonların saflık oranlarına, HCl molekül ağırlığına ve çözücü formuna (HCl, di-HCl, tri-HCl, tetra-HCl) göre hesaplanmıştır. Standartların türevlendirme öncesi hazırlanan son hacmi 10 mL olarak belirlenmiştir ve kullanılması gereken free base miktarı hesaplanmıştır.

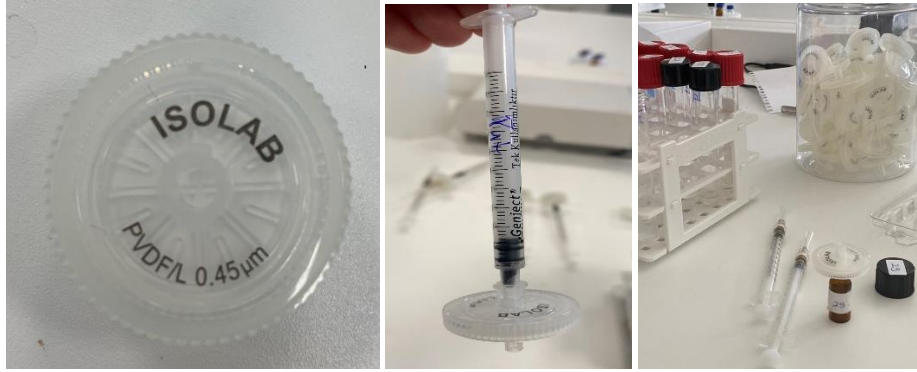
3.6.4. HPLC

UHPLC analizi Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi BİTAM laboratuvarında yapılmıştır. Analizde Dionex Ultimate 3000 UHPLC cihazı ve Hypersil Gold™ 250×4,6 mm kolon kullanılmıştır.



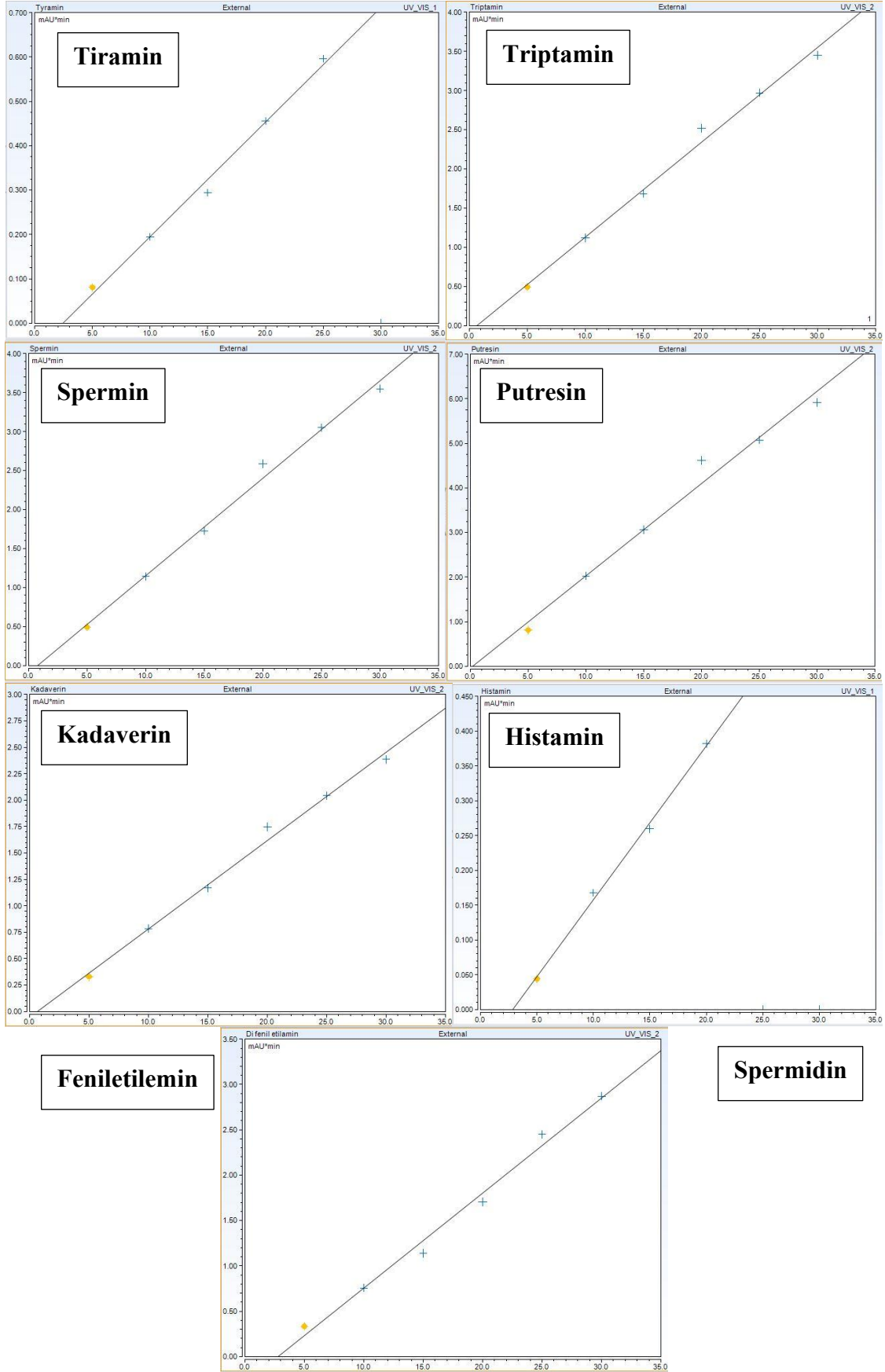
Şekil 3.6.4.1. UHPLC cihazı ve kolon

Analiz öncesinde, azot evaporatöründe dietil eter tamamen uzaklaştırıldı. Daha sonra numuneler 2 ml asetonitrilde çözdürüldü ve 0,45 µm filtrelerden süzülerek viallere alındı.



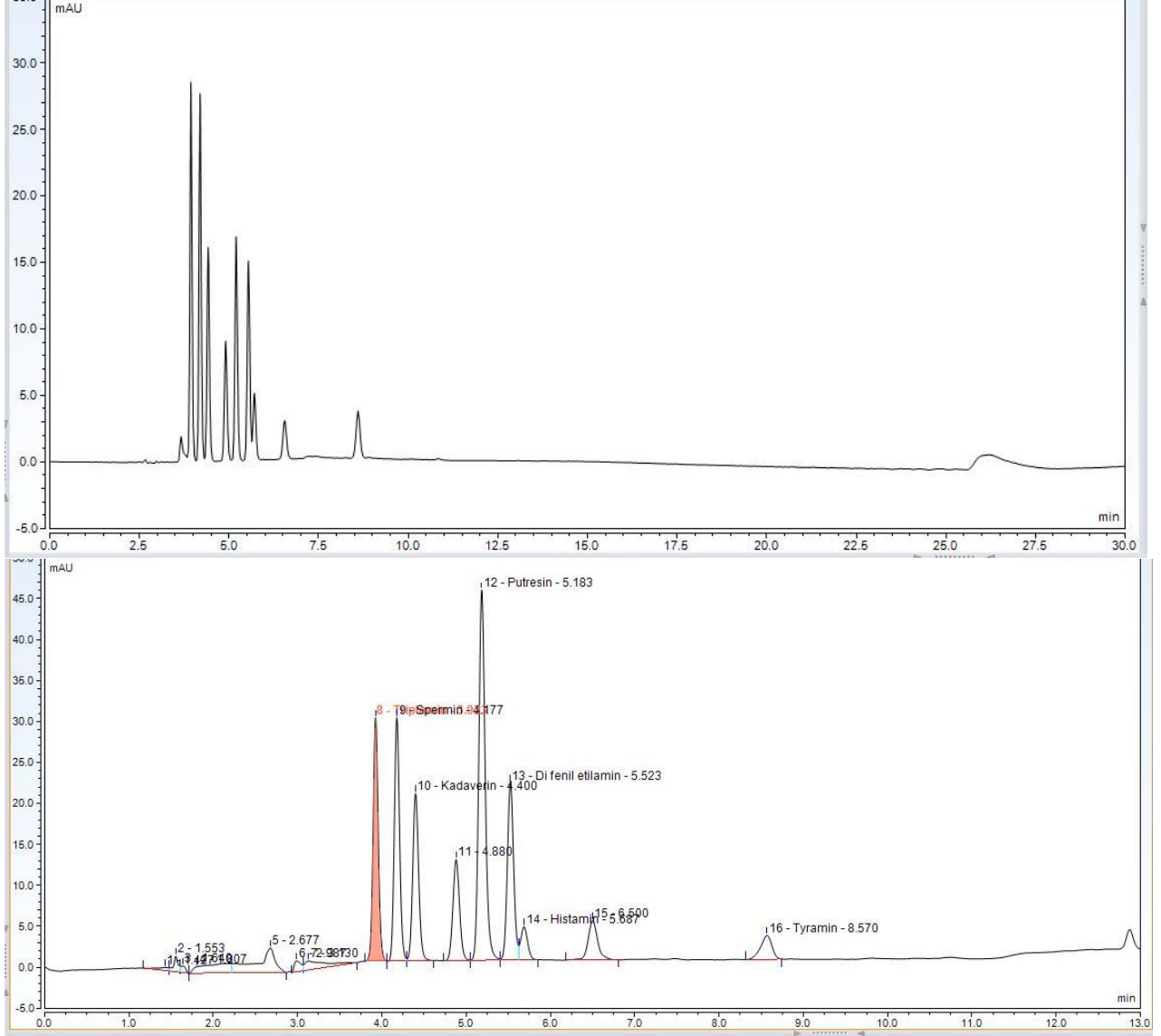
Şekil 3.6.4.2. Filtre işlemi

Numunelerin analizleri yapılmadan önce hazırlanan karışım BA standart solüsyonu ve her BA için ayrı hazırlanan standart solüsyonlar 1 µL enjeksiyon yapılarak analiz edildi. Daha sonra 0,05 mg/mL, 0,1 mg/mL, 0,15 mg/mL, 0,2 mg/mL ve 0,25 mg/mL yoğunluklarda karışım BA standart solüsyonları hazırlanarak UHPLC cihazı üzerinden kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Kalibrasyon eğrileri Şekil 3.6.4.3.'te yer almaktadır.



Şekil 3.6.4.3. BA standartlarına ait kalibrasyon eğrileri

Kalibrasyon yapıldıktan ve kromatogramlardaki piklerin hangi BA'lara ait olduğu belirlendikten sonra numune vialleri UHPLC cihazına yerleştirilerek analizler başlatıldı. Karışım BA standartlarına ait kromatogramlar Şekil 3.6.4.4.'te yer almaktadır.



Şekil 3.6.4.4. Karışım BA standartlarına ait kromatogramlar

UHPLC cihazında biyojenik amin tayininde kullanılan metot Tablo 3.6.4.'te yer almaktadır.

Tablo 3.6.4. UHPLC cihazında biyojenik amin tayininde kullanılan metot

UV Kanallar	Dalga Boyu (nm)
UV-1	220.0
UV-2	227.0
UV-3	254.0
UV-4	290.0
Sıcaklık (°C)	25.0
Alt Sınır (°C)	5.0
Üst Sınır (°C)	80.0
Denge Zamanı (dakika)	0,5
Zaman (dakika)	Akış (mL/dakika)
0.0	1.000
8.0	1.000
10.0	1.000
13.0	1.200

UHPLC cihazında biyojenik amin tayini için kullanılan metodun ultraviyole dedektör dalga boyları, sıcaklık değerleri ve zamana göre akış miktarı gösterilmiştir.

3.7. Nem Tayini

Oven Drying yöntemine göre nem tayini için petri kaplarına 3 g peynir ve 15 g kum eklendi. Üzerine etil alkol ilave edilerek homojen bir karışım elde edildi ve petri yüzeyine iyice yayıldı. Daha sonra etüve alınan petri kapları 105°C'de 8 saat boyunca kurutuldu. Kurutma öncesi ve sonrası ağırlık değişimi üzerinden nem oranı belirlendi.

$$\% \text{ Nem} = \frac{[(\text{Kurutma öncesi petri ve numune ağırlığı}) - (\text{Kurutma sonrası petri ve numune ağırlığı})]}{\text{Numune ağırlığı}} \times 100$$

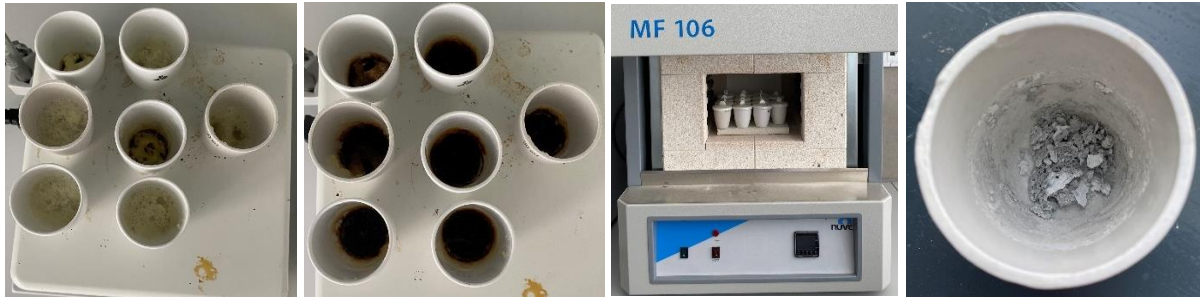


Şekil 3.7. Nem tayini aşamaları

3.8. Kül Tayini

Kül fırınında yakma yöntemi ile kül tayini yapıldı. Porselen krozelerin darası alınarak 3 g peynir numuneleri tartıldı. Isıtıcıly manyetik karıştırıcı üzerinde numuneler yakıldı. Daha sonra kül fırınına alındı ve 600°C’de 8 saat beyaz kül haline gelene dek yakıldı. Daha sonra kül ağırlığı tartılarak, toplam mineral-kül miktarı belirlendi.

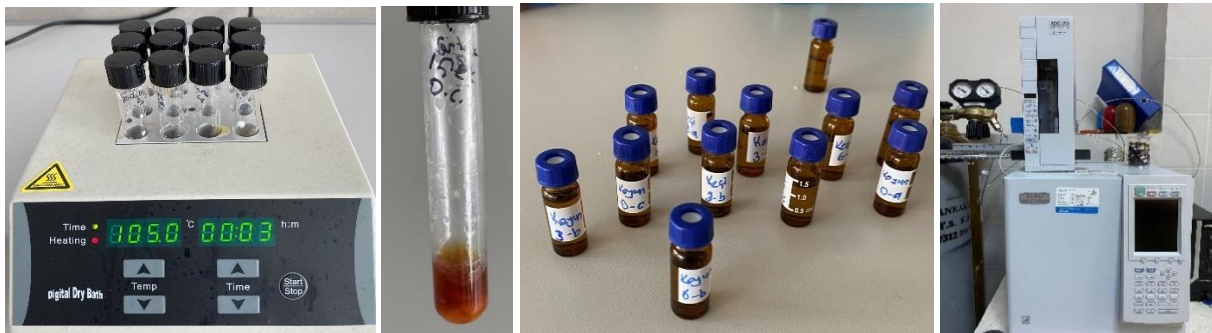
$$\% \text{ Kül} = \frac{[(\text{Dara} + \text{Kül ağırlığı}) - \text{Numune ağırlığı}]}{\text{Numune ağırlığı}} \times 100$$



Şekil 3.8. Kül tayini aşamaları

3.9. Yağ Asitleri Analizi

Yağ asitleri (Joseph ve Ackman, 1992)’ın yöntemine göre hazırlandı ve GC ile analiz edildi. Cam deney tüplerine 1 g peynir tartıldı ve üzerine 1,5 mL 0.5 M KOH eklenerek 115°C’de 7 dakika yuvalı ısıtıcıda ısıtıldı. Sonra tüpler soğutuldu, 2 mL BF₃ metanol eklendi ve tekrar 115°C’de yuvalı ısıtıcıda 5 dakika ısıtıldı. Soğuduktan sonra 2 mL hexan eklenerek 1 dakika vortexlendi. Üzerine 2 mL tuzlu su ilave edildikten sonra 10 dakika santrifüj edildi ve üst fazı gaz kromatografisinde analiz edilmek üzere viallere alındı. SHIMADZU GC-2025 model cihaz ile analiz yapıldı.



Şekil 3.9. Yağ asitleri analiz aşamaları

Tablo 3.9. GC koşulları

Parametre	Değer
Cihaz modeli	Shimadzu GC-2025
Enjektör	AOC-20i Auto
Enjektör özellikleri	Enjeksiyon hacmi 1 mikrolitre
Alev iyonizasyon dedektörü (FID 1) özellikleri	Sıcaklık: 250 °C Sinyal edinimi (Örnekleme oranı, 40 ms; durma zamanı, 38 dk; gecikme süresi, 17 dk) Takviye gaz: He Takviye gaz akış: 30 mL/dk H ₂ akış: 40 mL/dk Hava akış: 400 ml/dk
Split enjeksiyon bloğu (SPL 1)	Sıcaklık: 250 °C Örnekleme zamanı: 1 dk Taşıyıcı gaz: He Basınç: 230 kPa Total akış: 93.9 mL/dk Kolon akış: 0.90 mL/dk Doğrusal hız: 17,3 cm/s Takviye akış: 3 mL/dk Bölünme oranı: 100
Kolon	Seri numarası: C12681 Uzunluğu:100m İç çapı .0,25 mm ID Film kalınlığı: 0,20µm.

3.10. Etik

Araştırmanın tabiatı gereği etik kurul iznine ihtiyaç duyulmamaktadır.

3.11. Sınırlılıklar

Bu çalışmada sadece hammadde çeşidi ve depolama süresi değişkenleri incelenmiştir. Tüm peynirler hazırlanırken aynı maya kullanılması, aynı tuz konsantrasyonundaki sıvılarda depolanması, aynı yöntem kullanılarak tek tip bir peynir üretilmesi, üretim öncesi süt çeşitlerinin protein miktarlarının belirlenememesi çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

3.12. Veri Analiz Yöntemleri

Peynir üretiminde kullanılan süt çeşidinin ve peynir depolama sürelerinin biyojenik amin konsantrasyonu, nem ve kül yüzdesi ile yağ asitleri profili üzerine etkisi IBM SPSS 27 ile karşılaştırılıp etkinin olup olmadığı varyans analizi ile belirlendi (IBM Corp., 2020). Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Her analiz için üçer numune analiz edilerek üç değerlerin ortalaması alındı. Sunulmuş veriler ortalama±standart sapma ve yüzdendir.

Biyojenik amin bulguları inek, keçi ve koyun peynirleri başlangıçlar, 3 aylıklar ve 6 aylıklar kendi arasında olmak üzere SPSS One-Way Anova testi kullanılarak analiz edildi. İnek, keçi ve koyun peynirleri için bekleme süresine göre biyojenik amin konsantrasyonlarındaki değişimin incelenmesi için SPSS Repeated Measure testi kullanıldı.

4.BULGULAR

Keçi, koyun ve inek sütlerinden üretilen peynirlerden; üretim günü, 3 ay depolama ve 6 ay depolama sonrası numuneler alındı. Numunelerin biyojenik amin, nem, kül ve yağ asitleri içeriği analiz edildi ve bulgular sunuldu.

4.1. Biyojenik Amin Analiz Bulguları

İnek, keçi ve koyun peynirlerine ait üretim gününde, 3 ay ve 6 ay depolama sonrasında alınan numuneler feniletilamin, histamin, putresin, spermidin, spermin, triptamin ve tiramin biyojenik aminleri konsantrasyonları bakımından incelendi. Biyojenik amin konsantrasyonları ortalama±standart sapma mg/kg olarak sunuldu. Kendi hazırladığımız peynirler dışında uzun yıllık keçi peyniri ve piyasadan temin ettiğimiz küflü peynir de kontrol amacıyla biyojenik amin analizine dahil edildi. Bulgular Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Analiz sonucunda tespit edilebilen tüm biyojenik aminleri en fazla içeren küflü peynir oldu. İnek ve keçi peynirinde depolama süresince toplam BA miktarı artış gösterirken koyun peynirinde 3. ayda artış gerçekleşirken 6. ayda yeniden azalma olduğu görüldü. Başlangıç ürünleri arasında en fazla BA içeren inek peyniri olduğu, inek peynirinde en fazla bulunanın ise feniletilamin olduğu belirlendi.

Başlangıç numuneleri arasında kadaverin, triptamin ve toplam biyojenik amin miktarlarında anlamlı bir farklılık olduğu ve bulguların keçi ve koyun peynirinde benzerken inekte daha fazla olduğu belirlendi.

Üçüncü ay numunelerinde feniletilamin, kadaverin, spermidin, triptamin, tiramin ve toplam BA miktarları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Feniletilamin miktarı bulgularında inek ve keçi benzerken koyun farklı; kadaverin, spermin, tiramin ve toplam BA miktarı bulguları için keçi ve koyun benzer, inek farklı; triptamin miktarı bulgularında ise keçi, inek ve koyun bulgularının hepsi anlamlı düzeyde farklı bulundu, ikili gruplar arasında benzerlik tespit edilemedi.

Altıncı ay numuneleri arasında feniletilamin, kadaverin, spermin, triptamin, tiramin ve toplam BA miktarlarınca anlamlı farklılıklar bulundu. Kadaverin, spermidin, triptamin ve toplam BA bulguları inek için farklı iken koyun ve keçi için benzer olduğu görüldü. Keçi ve koyun peynirlerinin 6 aylık numunelerinde kadaverin, putresin bulunamazken inekte bulundu.

Feniletilamin ve tiramin bulguları 6 aylık inek ve keçi peynirleri için benzerken koyunda farklıdır.

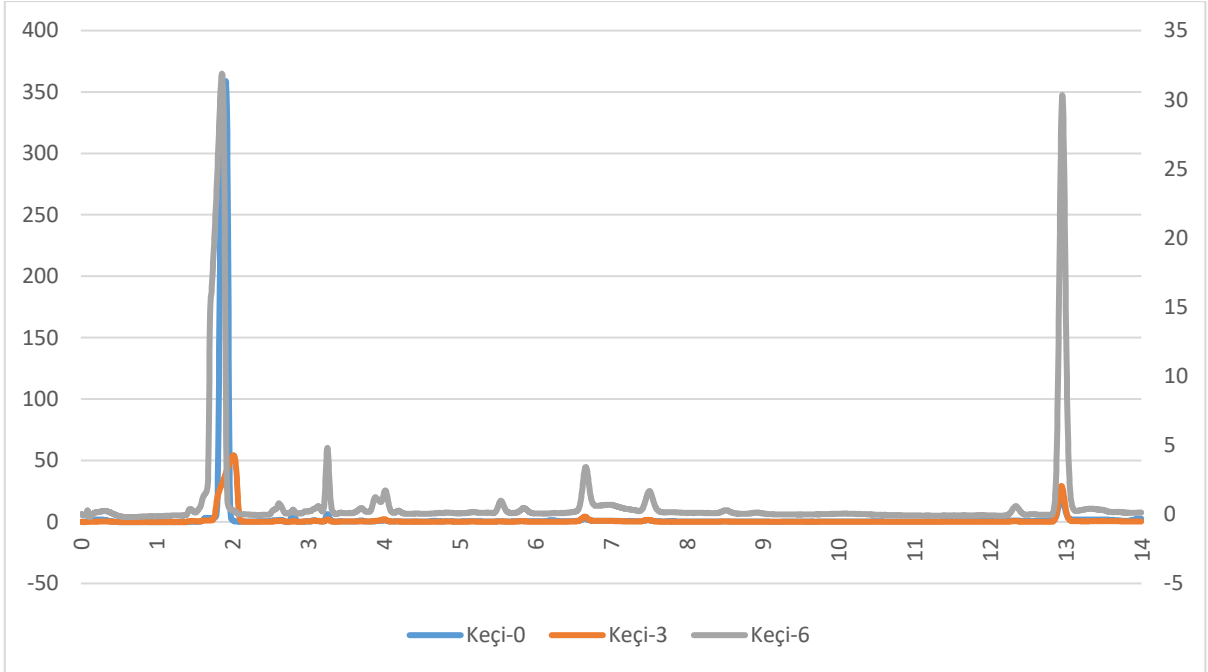
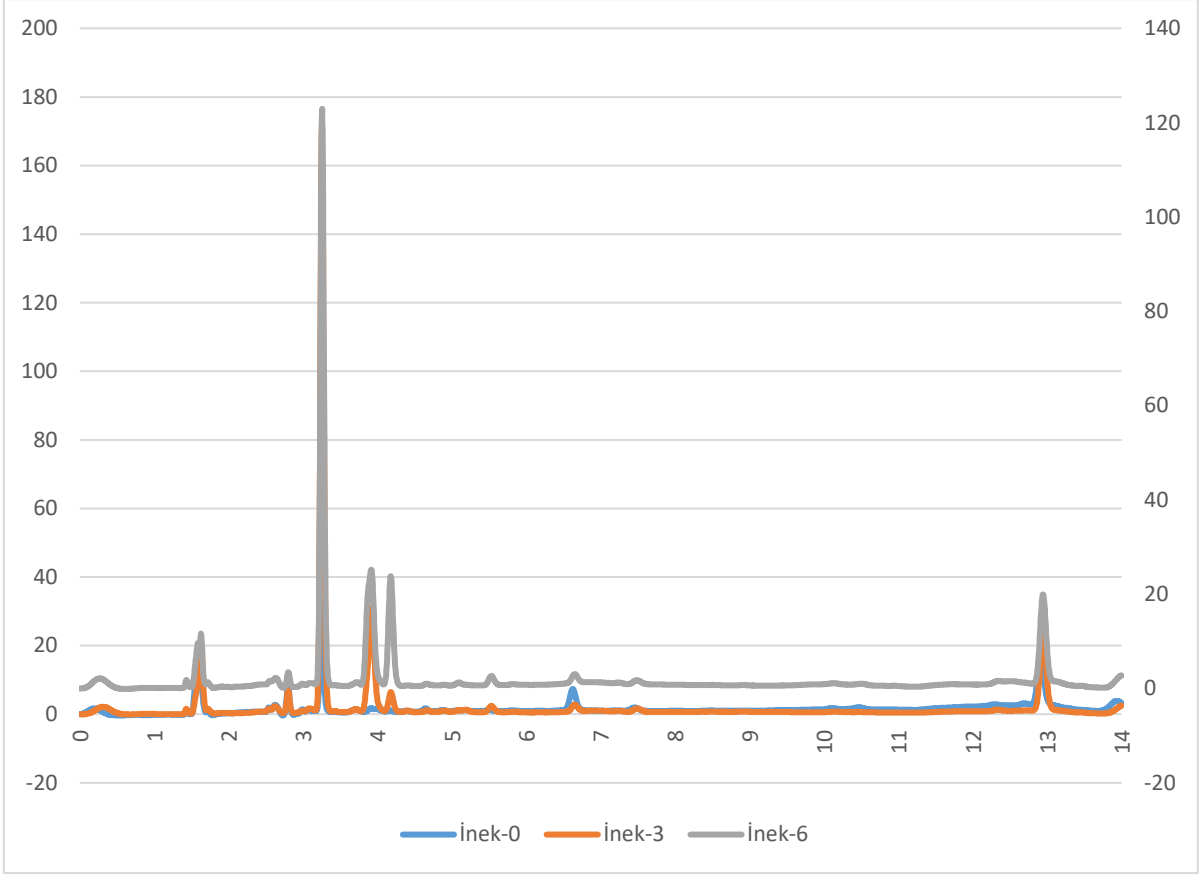
Hazırladığımız inek, keçi ve koyun peynirlerinin hiçbirinde (başlangıç, 3 aylık, 6 aylık) histamin ve spermidin bulunmamıştır. Kontrol amacıyla analiz edilen küflü peynirde histamin tespit edildi. Böylece histamin analizleri ile ilgili bir hata olmadığı, numunelerde histamin bulunmadığı belirlendi. Spermidin ise hiçbir numunede bulunamadı.

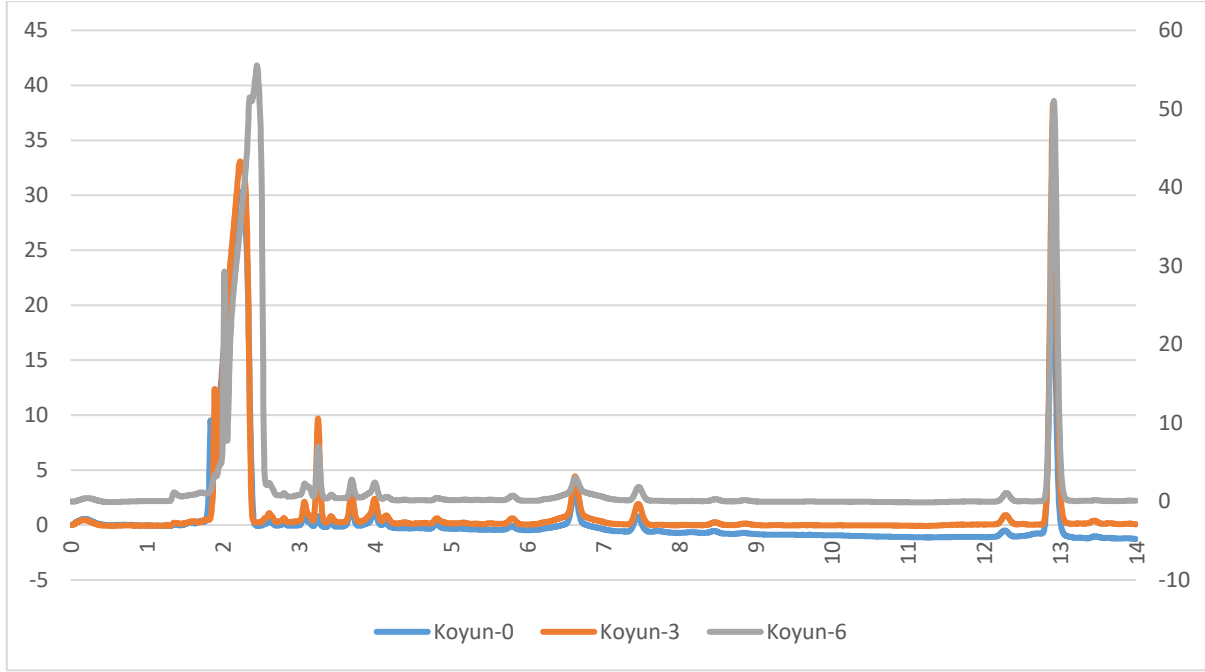
Tekrarlı ölçümlerle incelenen inek, keçi ve koyun peynirlerinin başlangıç, 3 aylık ve 6 aylık numunelerinde depolama süresi ile BA miktarlarınca anlamlı bir değişim tespit edilemedi. İnek peynirinde feniletilamin, spermidin, triptamin ve toplam BA miktarı depolama süresince artsa da bu artış anlamlı bulunmamıştır ($p=0,092$). Keçi ve koyun peynirlerinde ise depolama süresince toplam BA miktarlarında düzenli ve anlamlı bir artış görülmemiştir ($p_{keçi}=0,082$, $p_{koyun}=0,165$). İnek, keçi ve koyun peynirlerinin toplam BA miktarlarının olgunlaştırma sürelerine göre değişimi grafik 4.1.'de gösterilmiştir.

İnek, keçi ve koyun peynirlerine ait başlangıç, 3. ay ve 6. ay BA kromatogramları şekil 4.1.1, şekil 4.1.2. ve şekil 4.1.3.'te; küflü peynire ait kromatogram şekil 4.1.4.'te yer almaktadır.

UHPLC'de piklerin doğru belirlenebilmesi için çözücü olarak kullandığımız asetonitril de analiz edilmiştir ve kromatogramı Şekil 4.1.5'te yer almaktadır.

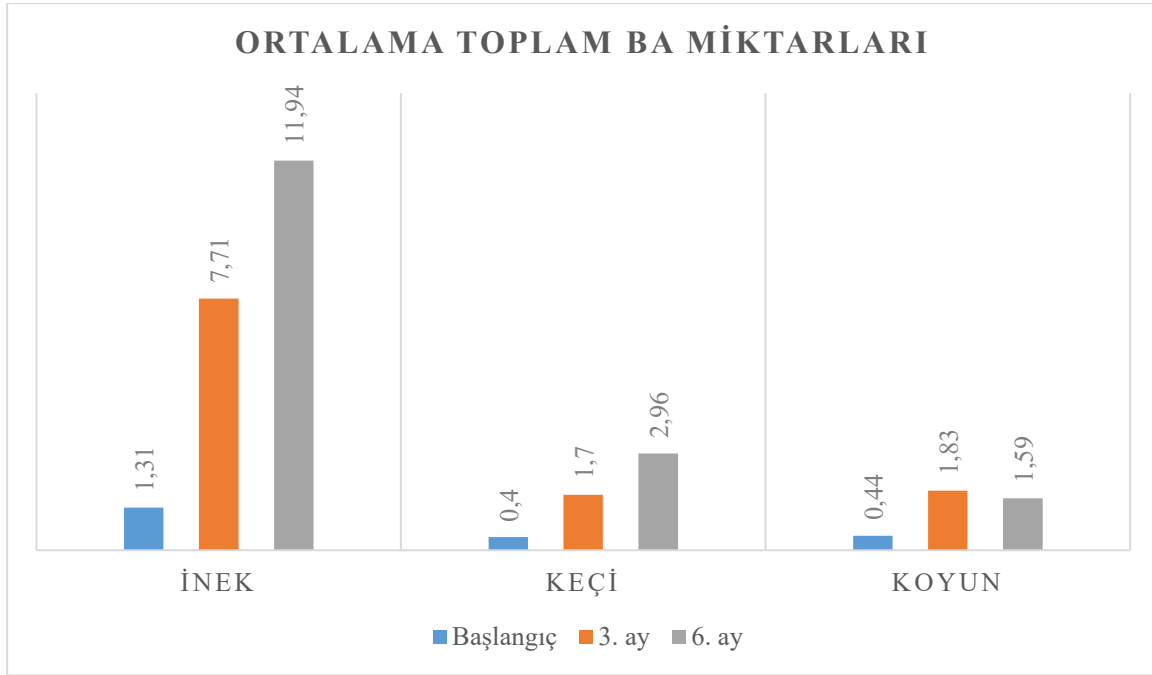
Ekstraksiyon ve türevlendirme aşamalarında herhangi bir bulaş olup olmadığını değerlendirmek için hazırladığımız blank numuneye ait kromatogram Şekil 4.1.6.'da yer almaktadır.





Şekil 4.1.3. Koyun peynirinin başlangıç, 3. ay ve 6. Ay BA içeriklerine ait kromatogram

Grafik 4.1. İnek, keçi ve koyun peynirlerinin başlangıç, 3.ay ve 6. aydaki toplam BA değerlerinin ortalamaları



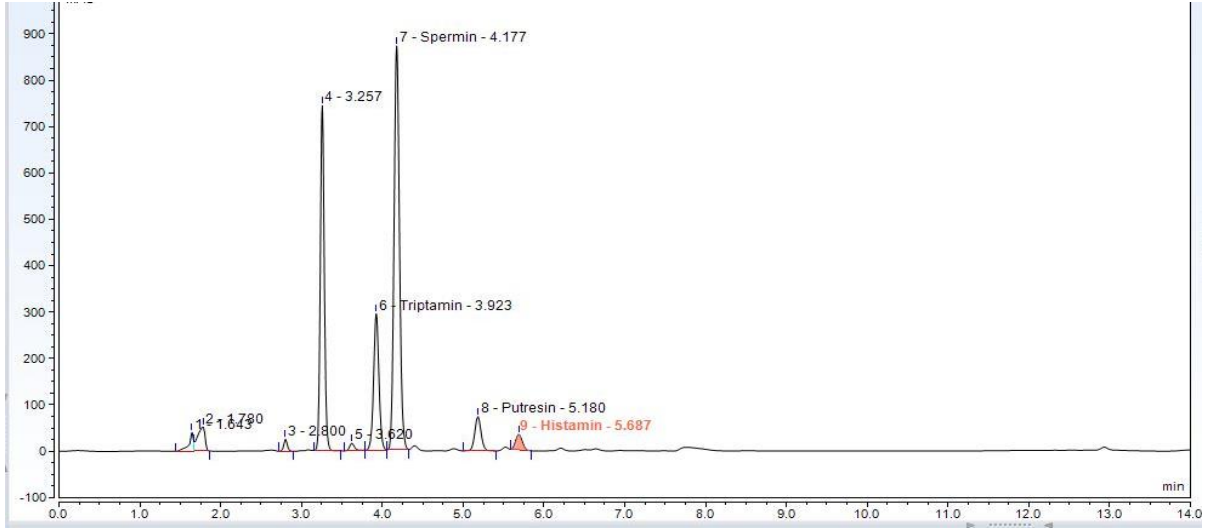
BA miktarları (mg/kg) üç tekrarlı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Analiz edilen sekiz biyojenik aminin toplamı mg/kg olarak sunulmuştur.

Tablo 4.1. Peynir numunelerinde tespit edilen BA miktarları

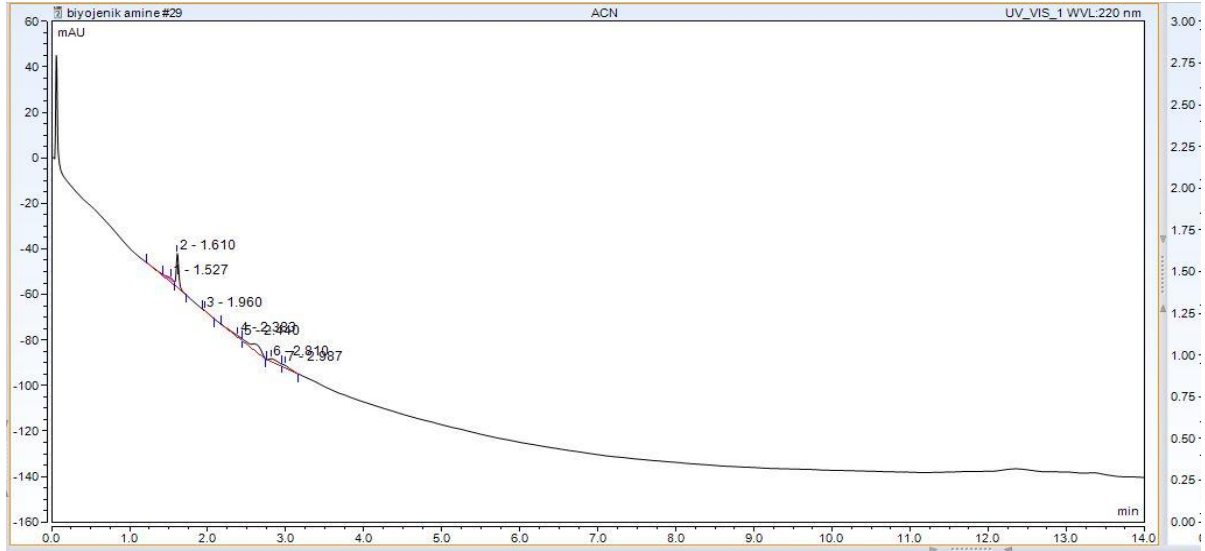
Numune	Feniletilamin (mg/kg)	Histamin (mg/kg)	Kadaverin (mg/kg)	Putresin (mg/kg)	Spermidin (mg/kg)	Spermin (mg/kg)	Triptamin (mg/kg)	Tiramin (mg/kg)	Toplam BA (mg/kg)
İnek 0. Gün	0,51±0,02	TED	0,19±0,01 ^b	0,08±0,01	TED	0,22±0,02	0,31±0,03 ^b	TED	1,12±0,34 ^b
İnek 3. Ay	0,77±0,04 ^a	TED	0,20±0,02 ^b	0,11±0,00	TED	0,76±0,05 ^b	4,71±0,33 ^a	1,16±0,08 ^b	7,67±0,40 ^b
İnek 6. Ay	0,92±0,08 ^a	TED	0,18±0,01 ^b	TED	TED	3,66±0,60 ^b	6,05±0,90 ^b	1,13±0,23 ^a	11,94±1,80 ^b
Keçi 0. Gün	TED	TED	TED	TED	TED	0,40±0,02	TED	TED	0,26±0,23 ^a
Keçi 3. Ay	0,72±0,41 ^a	TED	TED	TED	TED	0,43±0,08 ^a	0,55±0,04 ^b	TED	1,28±0,30 ^a
Keçi 6. Ay	1,0±0,03 ^a	TED	TED	TED	TED	0,40±0,04 ^a	0,90±0,22 ^a	0,66±0,03 ^a	2,83±0,57 ^a
Koyun 0. Gün	TED	TED	TED	TED	TED	0,44±0,06	TED	TED	0,29±0,26 ^a
Koyun 3. Ay	TED	TED	TED	TED	TED	0,50±0,09 ^a	1,32±0,13 ^c	TED	1,83±0,04 ^a
Koyun 6. Ay	TED	TED	TED	TED	TED	0,41±0,02 ^a	1,18±0,23 ^a	TED	1,59±0,22 ^a
Yıllanmış keçi peyniri	TED	TED	TED	TED	TED	0,99±0,00	0,51±0,00	TED	1,49±0,00
Küflü peynir	1,82±0,00	36,87±0,00	2,67±0,00	7,69±0,00	TED	131,61±0,00	45,75±0,00	TED	226,40±0,00

BA miktarları mg/kg ortalama±standart sapma şeklinde sunulmuştur. Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Aynı sütunda, aynı depolama süresindeki aynı harflerle gösterilen bulgular p>0,05 olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

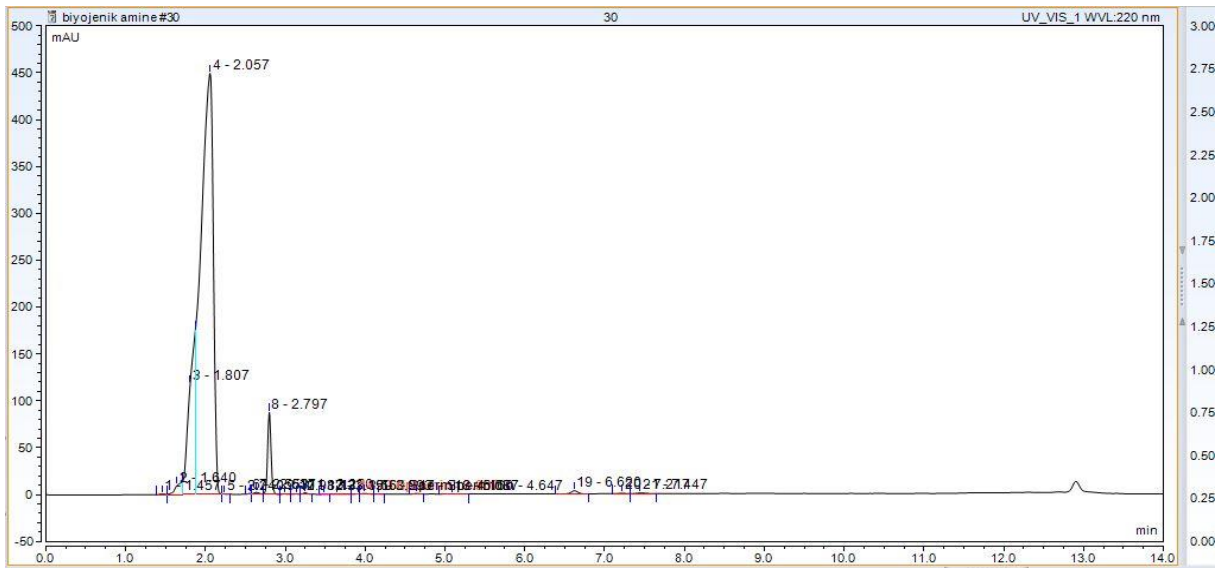
*TED: Tespit Edilemeyen Değer.



Şekil 4.1.4. Küflü peynir numunesine ait kromatogram



Şekil 4.1.5. Internal standart (ACN) ait kromatogram



Şekil 4.1.6. Blank numuneye ait kromatogram

4.2. Nem Tayini Bulguları

İnek, koyun ve keçi peynirlerinin 0.gün, 3.ay ve 6.ayında alınan numunelerinin nem tayini sonuçları Tablo 4.3.1.'de sunulmuştur. Keçi peynirinin nem oranı bekleme süresince artarken inek ve koyun peynirinde böyle bir düzenden bahsedilemez. Başlangıç ve üçüncü ay numunelerinde inek ve koyun peynirlerinin nem oranları arasında bir benzerlik varken keçi peynirinin nem oranı anlamlı düzeyde daha düşük bulundu. Altıncı ay numunelerinde ise inek ve keçi peynirlerinin nem oranları benzerken koyun peynirinin nem oranı daha yüksektir ($p<0,05$).

4.3. Kül Tayini Bulguları

İnek, koyun ve keçi peynirlerinin 0.gün, 3.ay ve 6.ayında alınan numunelerinin kül tayini sonuçları Tablo 4.3.1.'de sunulmuştur. Kül oranı her depolama süresinde inek ve keçi peynirinde benzerken koyun peynirinde anlamlı düzeyde daha yüksek bulundu.

Tablo 4. 3. 1. Farklı peynir çeşitlerinde ve depolama sürelerine göre nem, kül ve biyojenik amin içerikleri

Peynir Çeşidi	Depolama Süresi	Nem (%) $\bar{x}\pm ss$	Kül (%) $\bar{x}\pm ss$	Toplam Biyojenik Amin (%) $\bar{x}\pm ss$
İnek Peyniri	Başlangıç	57,34±2,13 ^a	2,69±0,17 ^a	1,12±0,34 ^b
	3. Ay	63,32±0,00 ^a	3,82±0,06 ^a	7,67±0,40 ^b
	6. Ay	57,56±0,72 ^a	3,65±0,07 ^a	11,94±1,80 ^b
Keçi Peyniri	Başlangıç	49,73±1,83 ^b	3,33±0,38 ^a	0,26±0,23 ^a
	3. Ay	54,21±2,51 ^b	4,02±0,11 ^a	1,28±0,30 ^a
	6. Ay	57,13±1,42 ^a	4,28±0,55 ^a	2,83±0,57 ^a
Koyun Peyniri	Başlangıç	54,45±0,56 ^a	5,03±0,83 ^b	0,29±0,26 ^a
	3. Ay	64,63±0,39 ^a	4,99±0,12 ^b	1,83±0,04 ^a
	6. Ay	60,66±0,40 ^b	5,12±0,13 ^b	1,59±0,22 ^a

İnek, keçi ve koyun peynirlerinde depolama sürelerine göre nem, kül ve toplam biyojenik amin değerleri ortalama±standart sapma şeklinde tabloda sunulmuştur. İnek, keçi ve koyunun aynı depolama sürelerindeki nem, kül oranları ve toplam biyojenik amin miktarları kıyaslanmıştır. Benzer sonuçlar aynı harf ile gösterilmiştir. $p<0,05$ anlamlı kabul edilmiştir.

4.4. Yağ Asitleri Analiz Bulguları

Yağ asitlerinin bulunma yüzdeleri ortalama±standart sapma şeklinde Tablo 4.4.1.'de; toplam doymuş yağ asitleri (SFA), tekli doymamış yağ asitleri (MUFA), çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve konjuge linoleik asit (CLA) yüzdeleri Tablo 4.4.2.'de yer almaktadır. İnek, keçi ve koyun peynirlerinde depolama süresi ile yağ asitleri içeriğince fark edilebilir bir değişim bulunmamaktadır. Peynirlerde bütirik asit (C4:0), kaproik asit (C6:0) ve kaprilik asit (C8:0) gibi kısa zincirli yağ asitleri de bulunmuştur ancak fazlalıkla miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0) ve oleik asit (C18:1n9c) yağ asitlerini içerdikleri görülmüştür. Peynirler hayvansal kaynaklı besinler oldukları için trans yağ asitlerine de rastlanmıştır.

SFA bařlangıç bulguları inek ve koyun için benzerken keide daha dűřűktűr. İnek, keçi ve koyun peynirinde olgunlařtırmayla birlikte SFA, MUFA, PUFA ve CLA miktarlarında dűzenli bir artıř ya da azalıř bulunmadı. Yağ asitleri standartları ve inek bařlangıç numunesine ait karřılařtırma kromatogramı Őekil 4.4.'te yer almaktadır. Peynirlerin bařlangıç, 3 ay ve 6 ay sonrası toplam SFA, MUFA, PUFA ve CLA miktarları grafik 4.4.1, grafik 4.4.2. ve grafik 4.4.3.'te yer almaktadır.

Tablo 4.4.1. Peynirlerin yağ asitleri içeriği

Yağ Asitleri	İnek			Keçi			Koyun		
	0. Gün (%) $\bar{x} \pm ss$	3. Ay (%) $\bar{x} \pm ss$	6. Ay (%) $\bar{x} \pm ss$	0. Gün (%) $\bar{x} \pm ss$	3. Ay (%) $\bar{x} \pm ss$	6. Ay (%) $\bar{x} \pm ss$	0. Gün (%) $\bar{x} \pm ss$	3. Ay (%) $\bar{x} \pm ss$	6. Ay (%) $\bar{x} \pm ss$
C4:0	0,6262±0	0,3651±0,0615	1,0355±0,128 4	0,5820±0,211 5	0,5154±0,279 1	0,7874±0,472 1	0,7198±0,087 8	1,0288±0,298 8	1,0547±0,329 8
C6:0	0,5652±0,243 6	0,9780±0,2949	1,3512±0,014 1	1,2945±0,225 8	1,4786±0,050 6	1,6400±0,242 8	1,2416±0,040 4	1,1239±0,370 5	1,2111±0,268 6
C8:0	0,8429±0,143 3	1,0316±0,2195	1,1491±0,033 1	1,9536±0,214 7	2,0856±0,090 9	2,1497±0,109 4	1,6972±0,140 0	1,4969±0,619 8	1,7577±0,257 9
C10:0	2,6903±0,386 9	2,7375±0,3206	2,5382±0,557 2	5,9680±0,389 1	6,1456±0,232 9	6,1156±0,212 1	6,2741±0,817 6	6,1246±1,362 1	6,2958±0,441 4
C11:0	TED	0,2775±0,0656	0,3129±0,014 7	TED	TED	TED	TED	TED	TED
C12:0	3,4919±0,509 6	3,7238±0,3071	3,6081±0,139 1	2,5977±0,074 7	2,6444±0,075 2	2,5783±0,013 1	3,6072±0,125 7	2,8734±1,047 5	3,7534±0,388 3
C13:0	0,3309±0,077 8	0,2174±0,0018	TED	TED	TED	TED	TED	TED	TED
C14:0	11,0162±1,28 70	11,4564±0,3166	11,163±0,181 8	7,5301±0,067 3	7,5215±0,172 6	7,5400±0,109 4	9,8931±0,198 6	7,5432±2,228 9	10,268±0,737 6
C14:1 cis-9	1,1624±0,203 6	1,2050±0,066	1,1866±0,026 1	0,2744±0,000 1	0,2782±0,002 8	0,2693±0,018 0	0,6300±0,001 6	0,4861±0,109 4	0,5693±0,017 4
C15:1 cis-10	0,2437±0,013 4	0,2329±0,0146	0,2204±0,003 7	TED	TED	TED	TED	TED	TED
C15:0	1,6435±0,137 9	1,7221±0,0535	1,6700±0,023 2	0,9553±0,013 5	0,9377±0,012 8	1,0194±0,048 0	1,2541±0,015 0	0,9279±0,257 4	1,2321±0,049 9
C16:0	34,4969±2,23 61	36,3625±0,4573	36,104±0,782 0	23,182±0,197 3	22,918±0,349 6	22,966±0,463 8	22,606±0,623 0	16,838±3,849 3	22,510±0,280 6
C16:1 c 9	2,7108±0,360 8	2,7796±0,0826	2,6526±0,023 3	1,2094±0,026 6	1,2095±0,031 6	1,2400±0,081 7	1,1403±0,063 0	0,6817±0,334 8	0,3931±0,030 4
C17:0	0,8396±0,051 1	0,8565±0,0288	0,8511±0,019 7	1,1108±0,004 3	1,0866±0,014 7	1,0987±0,046 0	0,8470±0,037 3	0,6524±0,137 0	0,7853±0,012 4
C17:1 cis-10	0,3520±0,043 8	0,3601±0,0146	0,3374±0,001 5	0,5726±0,010 0	0,5874±0,015 4	0,5805±0,014 5	TED	TED	TED
C18:0	6,1306±0,528 1	6,3176±0,4243	6,1068±0,251 1	14,409±0,103 7	14,203±0,206 2	13,926±0,253 3	11,957±0,746 1	9,2745±1,611 0	10,538±0,274 4

Tablo 4.4.1. Devamı Peynirlerin yağ asitleri içeriği

C18:1n9t	2,1525±0,240 7	2,3688±0,2156	2,0478±0,034 1	TED	TED	1,9538±0,033 5	2,6583±0,183 6	2,1055±0,419 0	TED
C18:1n9c	20,2739±2,55 26	19,879±3,5600	TED	1,9721±0,025 9	1,9667±0,022 7	27,391±0,316 2	TED	TED	2,5970±0,078 0
C18:1n7	0,2816±0,026 5	0,5438±0,3325	19,477±0,503 0	27,092±0,488 9	27,603±0,375 3	TED	16,800±0,891 3	13,105±2,847 2	18,177±0,924 5
C18:2n6t	0,3011±0,005 3	0,2902±0,0115	0,2786±0,012 9	0,3236±0,003 7	0,3343±0,004 4	0,3258±0,005 8	0,6656±0,207 9	0,5207±0,000 8	0,5255±0,069 4
C18:2n6c	2,7648±0,152 5	2,5677±0,1163	2,7891±0,314 5	2,4292±0,009 3	2,4748±0,040 6	2,4556±0,041 2	2,5704±0,593 5	2,0429±0,244 8	2,3774±0,067 1
C18:3n3	0,4222±0,034 6	0,4485±0,0312	0,4186±0,028 6	1,1436±0,028 1	1,1391±0,032 8	1,1993±0,051 3	1,5882±0,215 2	1,1633±0,195 4	2,0794±0,363 7
C20:0	TED	TED	TED	0,5276±0,126 2	0,4763±0,029 8	0,4755±0,005 8	1,5874±0,222 5	1,9983±0,581 7	1,3268±0,414 2
C21:0	TED	TED	TED	TED	0,5066±0,006 3	0,5585±0,056 7	0,7372±0,085 5	0,6045±0,127 2	0,6144±0,190 0

Yağ asitleri analizi üç tekrarlı yapılarak ortalamaları alınmıştır, bulgular % ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir.

*TED: Tespit Edilemeyen Değer.

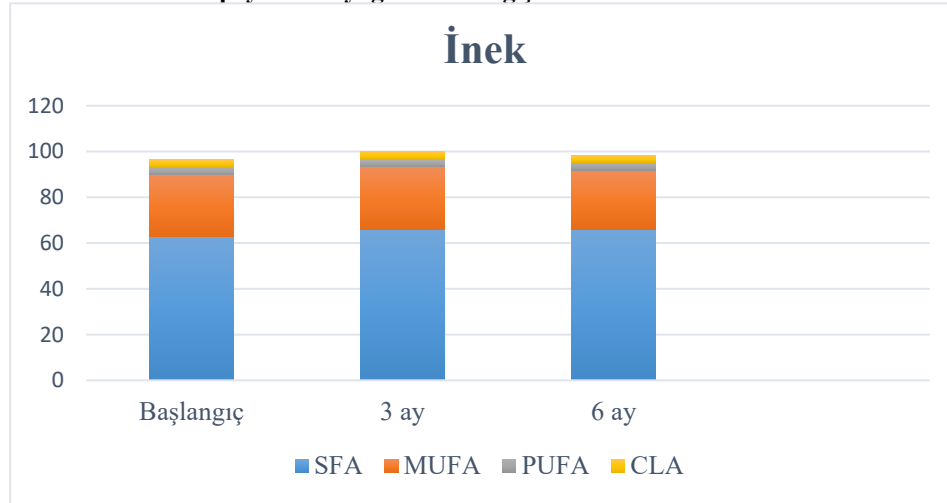
Tablo 4.4.2. Peynirlerin doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA), çoklu doymamış (PUFA) ve konjuge linoleik asit (CLA) miktarları

Yağ Asitleri	İnek (Σ %)			Keçi (Σ %)			Koyun (Σ %)		
	Başlangıç	3. Ay	6. Ay	Başlangıç	3. Ay	6. Ay	Başlangıç	3. Ay	6. Ay
SFA	62,67	66,04	65,89	60,65	60,52	60,86	62,42	50,49	61,35
MUFA	27,18	27,37	25,92	31,12	31,65	31,44	21,23	16,38	21,74
PUFA	3,49	3,31	3,49	3,90	3,95	3,98	4,82	3,73	4,98
CLA	3,07	2,86	3,07	2,75	2,81	2,78	3,24	2,56	2,90

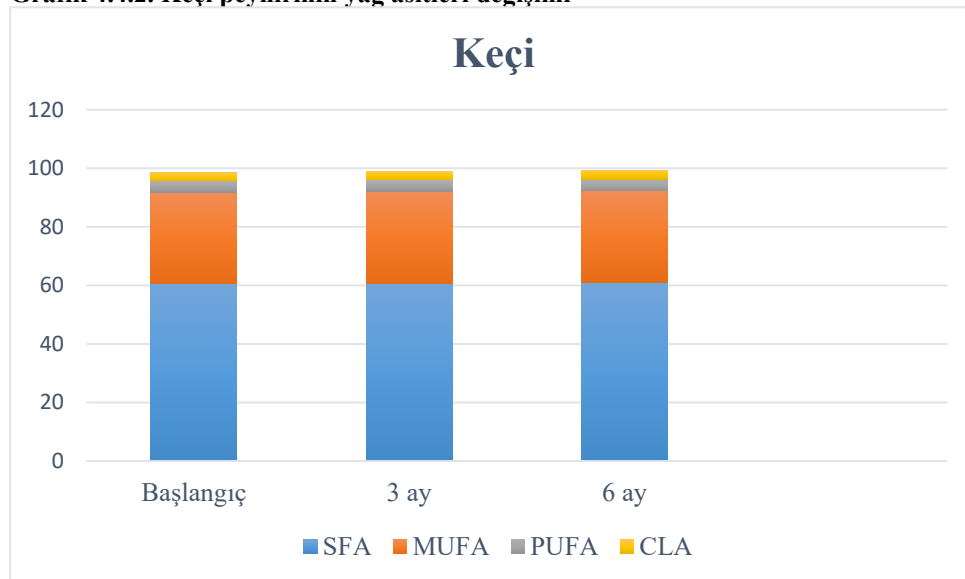
Yağ asitleri analizi üç tekrarlı yapılarak ortalamaları alınmıştır, toplam SFA, MUFA, PUFA ve CLA miktarı bulguları % olarak verilmiştir.

SFA: Doymuş Yağ Asitleri, MUFA: Tekli Doymamış Yağ Asitleri, PUFA: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri, CLA: Konjuge Linoleik Asit

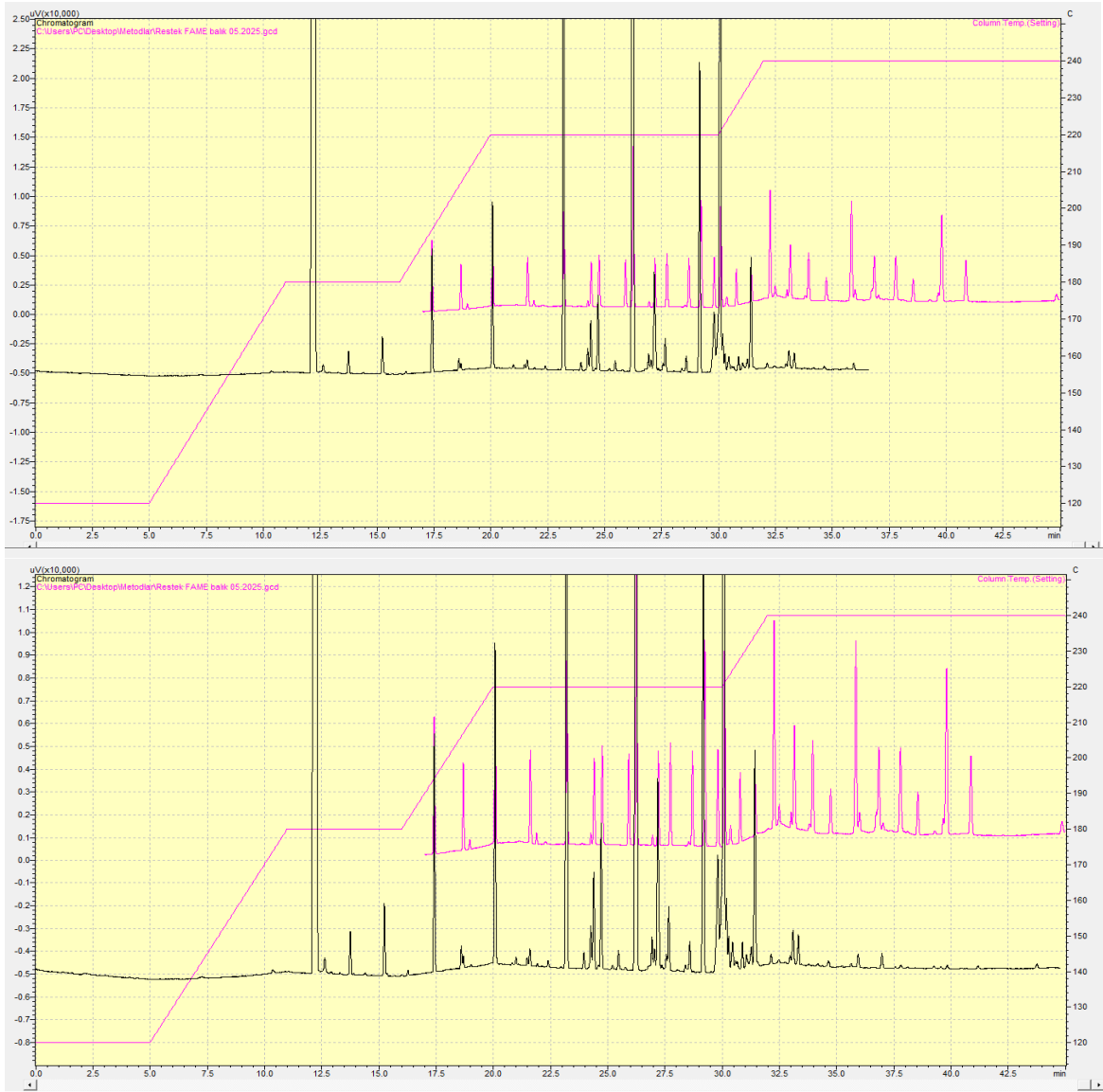
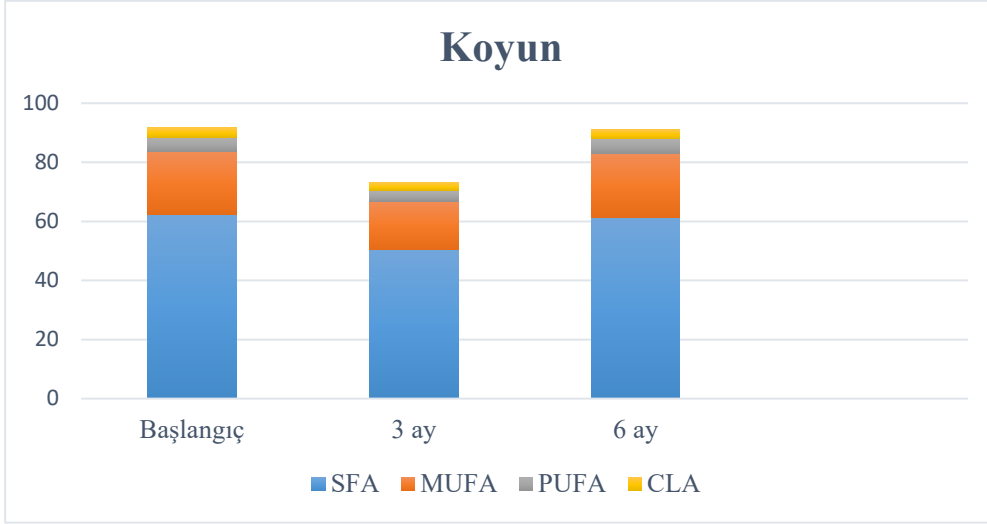
Grafik 4.4.1. İnek peynirinin yağ asitleri değişimi



Grafik 4.4.2. Keçi peynirinin yağ asitleri değişimi



Grafik 4.4.3. Koyun peynirinin yağ asitleri değişimi



5.TARTIŞMA

Çalışmada, deneysel olarak kontrollü şartlarda üretilen peynirlerde kullanılan süt çeşidinin ve depolama süresinin peynirdeki biyojenik amin konsantrasyonuna etkisi incelendi. Peynirlerde hammadde çeşidi olarak; inek, koyun ve keçi sütleri kullanıldı. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2020) verilerine göre inek sütü (9.841.057 ton), keçi sütü (46.994 ton) ve koyun sütü (31.313 ton) başlıca üretilen sütlerdir. Sütün işlenmesiyle elde edilen ürünlerin başında ise üretim miktarlarına göre sırasıyla; içme sütü (1.613.144 ton), yoğurt (1.113.782 ton) ve peynir (766.947 ton) yer almaktadır. Biyojenik amin konsantrasyonlarının incelenmesi, biyojenik aminlerin sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi için önem arz etmektedir. Çalışmamızda elde edilen bulgular, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

5.1.Biyojenik Amin Konsantrasyonları

Biyojenik amin konsantrasyonları farklı besinlerde değişim göstermektedir. Çiğ sütte genellikle spermin ve spermidin yoğunlukta peynirde tiramin yoğunluk gösteren biyojenik amindir (Costa ve ark., 2018; Sadighara ve ark., 2024; Spano ve ark., 2010). Bu duruma paralel olarak çalışmamızda başlangıç numuneleri de dahil tüm peynirlerde spermin bulundu; koyun ve keçi peynirlerinin olgunlaştırma yapılmamış başlangıç numunelerinde tespit edilebilen tek BA spermindir. Çalışmamızda keçi peynirlerindeki spermin miktarı 0,40-0,43 mg/kg aralığında olup 3 ay olgunlaştırılan koyun peynirinde spermin miktarı 0,50 mg/kg'dır. Jakabová vd. (2023) yaptıkları çalışmada farklı sertlik ve olgunlaştırma sürelerine sahip keçi ve koyun peynirlerindeki BA miktarlarını incelemiştir. Çalışmada kısa süre olgunlaştırılmış keçi peynirinde 4,1 mg/kg, olgunlaştırılmış keçi peynirlerinde 6,2 mg/kg ve 5,8 mg/kg spermin bulunmuştur. Aynı çalışmada 3 ay olgunlaştırılmış koyun peynirinde 8,5 mg/kg spermin bulunmuştur.

Kandasamy ve ark., (2021) endüstriyel olarak üretilmiş farklı çeşitlerdeki peynirlerin biyojenik amin içeriklerini inceledikleri çalışmada olgunlaştırılmamış inek peynirinde 11,21-18,96 mg/kg; olgunlaştırılmamış keçi peynirinde 15,19-15,71 mg/kg; olgunlaştırılmış inek peynirinde ise 98,76-141,33 mg/kg spermin bulmuştur. Çalışmamızda, 6 ay olgunlaştırılmış inek peynirinde 3,66 mg/kg spermin bulundu. Bizim çalışmamızda peynir numunelerinde bulduğumuz spermin değerleri literatürdeki çalışmalara göre oldukça düşüktür.

Bu durumun nedenlerinden birisinin peynir üretiminde kullandığımız sütlerin pastörize edilmesi olduğu; diğer bir nedenin ise üretim ve depolama süreçlerinin hijyen kurallarına uygun, doğru koşullarda gerçekleştirilmesi ve her aşamanın kontrol edilmesi olduğu düşünülmektedir.

Bu araştırmada inek peynirinin başlangıç numunelerinde baskın olan BA feniletilamindir (0,51 mg/kg). Olgunlaşma süresince feniletilamin, spermin ve triptamin miktarı artış gösterdi böylece inek peynirinde 3 ve 6 ay olgunlaşma sonrasında baskın BA triptamin (4,71 mg/ kg; 6,05 mg/kg) oldu. Kandasamy ve ark., (2021) taze ve olgunlaştırılmış inek peynirinde baskın olan biyojenik aminin spermin olduğu sonucuna varmıştır. (Bunkova ve ark., (2013) ise taze inek peynirinde en fazla kadaverin; olgunlaştırılmış inek peynirinde ise en fazla tiramin bulmuştur.

Bu çalışmada keçi peynirinin başlangıç bulgularında sadece spermin (0,40 mg/kg) bulunurken olgunlaştırmayla birlikte feniletilamin, triptamin ve tiramin miktarları artmıştır. Bunun sonucunda 3 ay olgunlaştırılmış keçi peynirinde (0,72 mg/kg) ve 6 ay olgunlaştırılmış keçi peynirinde (1 mg/kg) baskın BA feniletilamin olmuştur. Bunkova ve ark., (2013) çalışmasında taze keçi peynirinde sadece tiramin (11,3 mg/kg); olgunlaştırılmış keçi peynirinde de baskın olarak tiramin (207,1 mg/kg) saptamıştır. Fernández ve ark., (2007) kısa dönem ve uzun dönem olgunlaştırılmış peynirleri incelemiştir. Kısa dönem olgunlaştırılmış keçi peynirinde herhangi bir BA tespit edememişlerdir. Ancak uzun dönem olgunlaştırılmış keçi peynirinde baskın miktarda putresin (58,46 mg/kg) olmakla birlikte histamin (13,84 mg/kg) ve tiramin (15,24 mg/kg) bulmuşlardır. Novella-Rodríguez ve ark., (2004) taze keçi peynirinde putresin (0,79 mg/kg), kadaverin (1,29 mg/kg) ve feniletilamin (0,70 mg/kg); 3 ay olgunlaştırılmış keçi peynirinde ise histamin (6,34 mg/kg), tiramin (10,90 mg/kg), putresin (14,61 mg/kg), kadaverin (32,73 mg/kg), triptamin (7,56 mg/kg) ve feniletilamin (8,89 mg/kg) tespit etmişlerdir.

Bu araştırmada koyun peynirinde başlangıçta sadece sütte doğal olarak bulunduğu bilinen spermin (0,44 mg/kg) saptandı. Olgunlaştırma süresince çalışmamızdaki koyun peynirinin BA içeriğinde düzenli bir artış olmamıştır. Üç aylık olgunlaştırma sonrasında spermin miktarı artmış (0,50 mg/kg) ve 1,32 mg/kg triptamin saptanmıştır. Ancak 6 ay olgunlaştırma sonrasında spermin (0,41 mg/kg) ve triptamin (1,18 mg/kg) miktarı tekrar azalmıştır. Bu durumun koyun peynirinin nem oranındaki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Analiz sonuçlarımıza göre koyun peynirinin nem oranı, 3. ayda %54,45'ten %64,63'e yükselmiştir ve 6. ayda azalarak %60,66 olmuştur. Çalışmamızda BA miktarları kuru ağırlık değil yaş ağırlık üzerinden değerlendirilmiştir. Bu sebeple nem oranındaki değişim BA miktarlarını da etkilemiş olabilir.

Bu çalışmada başlangıçtaki toplam BA miktarları koyun ve keçi peynirlerinde benzerken inek peynirinde anlamlı düzeyde ($p=0,022$) daha yüksektir. Literatürdeki araştırmalar incelendiğinde elde edilen koyun peynirinin protein içeriğinin inek ve keçiden daha yüksek olması bilgisi sebebiyle bu çalışmada koyun peynirinde daha yüksek BA miktarı tespit edileceği düşünülmüştü. Ancak peynirde BA oluşumunu etkileyen faktörler sebebiyle literatürden farklı olarak çalışmamızda en yüksek BA içeriği inek peynirinde saptandı. Bu durumun, araştırmada üretimin her aşaması kontrol edildiği için bulaş olamadığı ve bu sonucun hammadde yani inek sütünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Üç ay ve altı ay olgunlaştırılmış inek, keçi ve koyun peynirlerinin toplam BA miktarları da başlangıçta olduğu gibi koyun ve keçi peynirlerinde benzer; inek peynirinde anlamlı düzeyde ($p_3<0,01$, $p_6<0,01$) daha yüksektir. Bunkova ve ark., (2013) taze ve olgunlaştırılmış inek, keçi ve koyun peynirlerinin BA içeriklerini incelemiştir. Çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde taze inek peynirinde toplam 161,9 mg/kg; taze keçi peynirinde toplam 32,7 mg/kg ve taze koyun peynirinde toplam 140,3 mg/kg BA bulmuşlardır.

Bu araştırmada tüm peynir çeşitlerinde olgunlaştırma süresince BA miktarlarında değişim gerçekleşse de anlamlı bulunmamıştır. İnek ve keçi peynirlerinde feniletilamin ve triptamin miktarları olgunlaşma süresince artış göstermiştir fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. İnek, keçi ve koyun peynirlerinin toplam BA miktarları başlangıçtan 6. aya kadar artmıştır ancak bu artış da anlamlı bulunmamıştır. Qureshi ve ark., (2013) inek peynirini 60 gün boyunca olgunlaştırmış ve belirli aralıklarla BA miktarlarını inceledikleri çalışmalarında, putresin miktarında artış bulmuşlardır. Ancak bizim çalışmamıza benzer şekilde artış düzenli bulunmamıştır. Başlangıçtan 10 gün (11,87 mg/kg) ve 20 gün (25,17 mg/kg) olgunlaştırmaya kadar putresin miktarı artmış ama 30 gün (24,57 mg/kg) ve 60 gün (16,15 mg/kg) olgunlaştırmada tekrar azalmıştır. Çalışmada inek peynirinde başlangıçta 0,08 mg/kg putresin bulundu bu miktar 3 ay olgunlaştırmada 0,11 mg/kg'a çıkmıştır ancak 6 ay olgunlaştırma sonrasında peynirde putresin tespit edilememiştir. Bu durumun BA degrade edici mikroorganizmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmadaki inek, keçi ve koyun peynirlerinde genel olarak literatürdekinden daha az miktarlarda BA bulundu. Peynir üretiminde pastörize edilmiş süt kullanarak dekarboksilaz pozitif mikroorganizmalar azaltıldı. Üretim ve depolama aşamalarında hijyenik koşullara dikkat edilerek bulaş ihtimali azaltıldı. Peynirlerin depolanması %5 oranda tuz içeren peynir altı suyunda ve 4°C sıcaklıkta yapılarak dekarboksilaz pozitif mikroorganizmalar inaktif hale getirildi ve 20-37°C'de maksimum faaliyet gösteren dekarboksilaz enziminin aktivitesi azaltıldı. Böylece çalışmadaki peynirlerde düşük BA konsantrasyonları saptanmıştır.

Bu araştırmada kontrol amacıyla eklediğimiz yıllanmış keçi peyniri ve küflü peynir bulguları inek, keçi ve koyun peynirlerinden farklıdır. Literatüre göre yıllanmış keçi peynirinde yüksek düzeyde BA bekledik ancak az miktarda spermin (0,99 mg/kg) ve triptamin (0,51 mg/kg) dışında BA tespit edilmemiştir. Bu durumun yıllanmış keçi peynirinin yüksek oranda tuz içermesinden dolayı mikrobiyal faaliyetlerin azalmasından ya da uzun süre olgunlaşma sonrasında BA degrade edici mikroorganizmaların çoğalması böylece BA miktarının azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bir çalışmada yüksek tuz konsantrasyonu ve düşük pH'ın Feta peynirinde BA oluşumunu engelleyebileceği belirtilmiştir (Valsamaki ve ark., 2000).

Küflü peynir numunesinde ise diğer peynirlerden çok daha yüksek miktarlarda BA tespit edilmiştir. Özellikle histamin (36,87 mg/kg), spermin (131,61 mg/kg) triptamin (45,75 mg/kg) ve toplam BA (226,40 mg/kg) miktarıyla inek, keçi ve koyun peynirinin önüne geçmiştir. Türkiye'de yapılan bir çalışmada birçok süt çeşidi, peynir çeşidi, yoğurt, krema gibi süt ürünlerinin biyojenik amin içerikleri incelenmiş. Tüm ürünlerde en fazla tiramin olmak üzere farklı yoğunlukta biyojenik amin bulunmuş. İncelenen süt ürünleri içerisinde tiramin konsantrasyonu en fazla olanın küflü peynir olduğu belirtilmiştir (Pekcici ve ark., 2021). Çalışmamızda kullanılan küflü peynirin kökeni, hammaddesi, olgunlaştırma süresi ve koşulları bilinmemektedir, bu nedenle diğer peynirler ile BA miktarınca farkın tam olarak neden kaynaklandığı bilinmemektedir. Ancak uygun hijyenik koşulların sağlanamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Literatürde yapılan çalışmalar, özellikle uzun süre olgunlaştırılan peynirlerde BA düzeylerinin anlamlı biçimde arttığını göstermektedir. Örneğin, keçi sütünden üretilmiş peynirlerde 3 ay olgunlaştırma sonrası toplam BA konsantrasyonlarının 1300 mg/kg seviyelerine ulaştığı rapor edilmiştir (Galgano ve ark., 2020; Darnay ve ark., 2022; Schirone ve ark., 2021).

Benzer şekilde, koyun sütünden elde edilen peynirlerde 6 aylık olgunlaştırma sonunda histamin ve tiramin oranlarında belirgin artış gözlemlenmiştir (Schirone ve ark., 2021). İnek sütü peynirlerde ise histamin ve tiramin başta olmak üzere birçok amin türü, özellikle 150 gün olgunlaştırma sürecinden sonra toksik eşiklere yaklaşmaktadır (Innocente ve D'Agostin, 2002).

Buna karşın dünya genelinde biyojenik aminlerle ilgili yasal düzenlemeler, çoğunlukla histamin üzerine odaklanmıştır. Avrupa Birliği, 2073/2005 sayılı Komisyon Tüzüğü çerçevesinde fermente balık ürünlerinde histamin için maksimum 200 mg/kg düzeyinde sınır belirlemiştir (European Commission, 2005). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA European Food Safety Authority) ise histamin için günlük alınabilir güvenli miktarı yaklaşık 50 mg olarak belirtmiştir (EFSA Panel on Biological Hazards [BIOHAZ], 2011). Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ise balık ve balık ürünlerinde histamin sınırını 50 mg/kg olarak düzenlemiştir (FDA, 2021). Buna karşın, tiramin ve diğer amin türleri için bağlayıcı bir yasal limit mevcut değildir; ancak gıda kaynaklı zehirlenme vakalarında özellikle tiramin alımıyla ilişkili hipertansif reaksiyonlar ve baş ağrıları bildirilmektedir (EFSA, 2011).

Türkiye'de biyojenik aminlerle ilgili düzenlemeler, yalnızca belirli ürün gruplarında geçerlidir. Türk Gıda Kodeksi Balık ve Balıkçılık Ürünleri Tebliği'nde histamin sınırı 100 mg/kg (ortalama) ve 200 mg/kg (tek numunede) olarak belirlenmiştir (Türk Gıda Kodeksi, 2020). Ancak peynir gibi diğer fermente ürünlerde BA seviyelerine dair doğrudan bir limit belirtilmemektedir. Bunun yerine, Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği ile iyi hijyen uygulamaları ve BA oluşturan mikroorganizmaların kontrolü teşvik edilmektedir (Türk Gıda Kodeksi, 2011).

5.2. Nem

Çalışmamızda keçi peyniri nem oranı %49,73-57,13 aralığında tespit edildi. Literatür bulguları çalışmamız ile benzerdir. Literatürde keçi peynirine ilişkin Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) verilerine göre keçi peynirinin nem oranı %50,44'tür. Keçi peynirinde çalışmamızda depolama süresince nem oranının arttığı görülmüştür. Tespit edilen nem artışının, depolamanın peynir altı suyu içerisinde yapılmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu durum 6. aydaki nem oranının 3. aydan fazla olmasını da açıklamaktadır, depolama süresi uzadıkça nem oranı artmıştır.

Koyun peynirinin nem oranı, %54,45-64,63 aralığında bulunmuştur. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) verilerine göre koyun peyniri nem oranı %51,22'dir. Nem oranı bu çalışmadaki koyun peyniri numunelerine göre daha düşüktür. Bu durum peynir üretim aşamasında süzme işleminin yeterince yapılamamasından veya depolamanın peynir altı suyu içerisinde yapılması ile açıklanabilir. Çalışmada koyun peyniri nem oranında depolama süresince anlamlı ve düzenli bir artış ya da azalış gerçekleşmemiştir. Bu düzensiz değişim, numunelerin peynirin farklı bölgelerinden alınmasından kaynaklanabilir. Peynirin homojen olmaması farklı bölgelerden alınan numunelerde farklı nem oranları bulguları elde etmemize neden olabilir.

Çalışmamızda inek peynirinin nem oranı %57,34-63,32 aralığındadır. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) verilerine göre tam yağlı beyaz inek peynirinin nem oranı %48,91'dir. Bizim bulgularımızla kıyaslandığında, çalışmamızdaki inek peyniri numunelerinin nem oranının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum inek peynirinin üretim aşamasında süzme işleminin yeterli ve uygun düzeyde yapılmamasından kaynaklanmış olabilir. Depolama süresince inek peynirinin nem oranında düzenli bir artış gerçekleşmemiştir. Başlangıçtan 3. aya nem oranında artış yaşanırken 6. ayda nem oranında azalma olduğu görülmüştür. Bu durumun numunelerin peynirin farklı bölgelerinden alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğine (2015) göre taze beyaz peynirde nem oranı en fazla %65, salamurada olgunlaştırılmış beyaz peynirin nem oranı ise en fazla %60 olabilir. Buna göre inek, keçi ve koyun peynirlerimizin taze, başlangıç bulguları kodekse uyum sağlamaktadır. Keçi peynirinin olgunlaştırma boyunca uygun düzeyde nem içeriğini koruduğu görülmüştür. Ancak 3 aylık olgunlaştırılmış inek peyniri ile 3 ay ve 6 ay olgunlaştırılmış koyun peyniri nem oranı yasal sınırlara uymamaktadır.

5.3. Kül

Çalışmamızda keçi peyniri kül oranı %3,33-4,28 aralığında tespit edildi. Literatür bulguları çalışmamız ile paraleldir. Literatürde keçi peynirine ilişkin Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) %4,37; Albayrak Karaoğlu (2023) %3,90; Paskas ve ark. (2024) %4,71 olarak bildirilmiştir.

Keçi peynirinin kül oranı depolama süresince artış gösterdi ve 6.ayda diğer aylara göre daha yüksek saptandı. Peynirin olgunlaştırılması tuzlu peynir altı suyunda yapıldığı için sudan peynire sodyum geçişi olması ile açıklanabilir. Çalışmamıza benzer olarak yapılan keçi sütünden üretilen salamura peynirde bulgularımızdaki gibi başlangıçtakine (%4,40) göre 3. ayda (%5,13) ve 6. ayda (5,32) kül oranı giderek artmıştır (Halıcı Demir, 2020). Akyar Yavaş (2024) keçi sütünden üretilen Maraş peynirinde depolama süresinin artmasıyla kül oranının arttığını bildirmiştir.

Kül oranı koyun peynirinde %4,99-5,12 aralığındadır Literatürde koyun peynirine ilişkin Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) %4,07; Paskas ve ark. (Paskaş vd., 2024) %3,83 olarak bildirilmiştir.

Çalışmamızda koyun peynirinde depolama süresi ile ilgili kül oranında artış gözlenmiş olup anlamlı fark tespit edilmedi. Halıcı Demir (2020) koyun peynirinde başlangıç (%4,59), 3.ay (%5,34) ve 6.ay (%5,64) kül oranlarında depolama süresi ile istatistiksel artış bildirmiştir.

Çalışmamızda inek peyniri kül oranı %2,69-3,82 aralığındadır. Literatürde tam yağlı beyaz peynirine ilişkin Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) %3,32; Albayrak Karaoğlu (2023) %2,31; Paskas ve ark. (2024) %3,19 olarak bildirilmiştir. Literatür bulguları çalışmamızla uyumludur.

Çalışmamızda inek peynirinde depolama sürelerine göre kül oranlarında anlamlı fark bulunmadı. Ancak kül oranı en düşük başlangıçta; en yüksek ise 3.ayda saptandı. Halıcı Demir (2020) inek sütünden üretilen Edirne peynirinde de çalışmamıza paralel sonuç bildirmiştir. Akyar Yavaş (2024) inek sütünden üretilen Maraş peynirinde depolama süresinin artmasıyla kül oranının arttığı tespit edilmiştir.

Peynirlerin kül içeriklerine ilişkin artış ve azalmalar; kullanılan sütün özellikleri, nem içeriğindeki değişimler, termofilik ve mezofilik bakterilerin fermentasyon esnasında mineral maddeleri besin kaynağı olarak kullanmaları ve koloidal kalsiyum fosfatın çözünür duruma gelmesi çözünür fazdaki fosfat iyonu seviyesini artırması durumları ile ilişkilendirilebilir (Gaucheron, 2011; Hayaloğlu & Özer, 2021).

5.4. Yağ Asitleri

Çalışmada tüm peynir çeşitlerinde baskın yağ asitleri miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0) ve oleik asit (C18:1) bulundu. Bunun yanında bütirik asit (C4:0), kaproik asit (C6:0) ve kaprilik asit (C8:0) gibi kısa zincirli yağ asitleri de bulunmuştur. Bu veriler literatür ile benzerlik gösterir. Literatürde farklı peynir çeşitlerinde yapılan çalışmalarda tespit edilen başlıca yağ asitleri palmitik (C16:0), miristik (C14:0), stearik (C18:0) ve doymamış oleik asit (C18:1)'tir (Erbay ve ark., 2017; González-Martín ve ark., 2020; Paszczyk ve ark., 2020; Paszczyk ve Łuczyńska, 2020; Şengül ve ark., 2013).

Çalışmada tüm peynir çeşitlerinde toplam yağ asidi oranının başlıcası SFA'dır. Ancak peynir çeşitleri numunelerinin yağ asidi dağılımları farklıdır. Araştırmada inek peynirinin SFA, keçi peynirinin MUFA, koyun peynirinin ise PUFA oranı diğer peynirlerle kıyaslandığında daha yüksektir. Literatürde farklı süt türlerinden elde edilen peynirlerde çeşitlilik mevcuttur: koyun ve keçi peynirleri, inek peyniriyle kıyaslandığında kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) bakımından zengindir; inek peyniri ise daha yüksek MUFA içerir (Paszczyk ve Łuczyńska, 2020).

Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025)'na göre tam yağlı beyaz peynirde 15,198 g/100 g SFA (%64,53); 6,461 g/100 g MUFA (%27,43) ve 0,574 g/100 g PUFA (%2,43) bulunmuştur. Çalışmamızda bulgular benzer şekilde inek peynirinde SFA %62,67-66,04; MUFA %25,92-27,37; PUFA %3,31-3,49 aralığında bulundu.

Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025) verilerine göre keçi peynirinde 13,167 g/100 g SFA (%67,04); 6,461 g/100 g MUFA (%26,20) ve 0,654 g/100 g PUFA (%2,43) bulunmaktadır. Çalışmamızda keçi peynirinde %60,52-60,86 SFA; %31,12-31,65 MUFA ve %3,90-3,98 PUFA olduğu belirlendi.

Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2025), koyun peynirinde 11,18 g/100 g SFA (%61,83); 4,63 g/100 g MUFA (%25,65) ve 0,55 g/100 g PUFA (%3,09) bulunduğunu belirtmektedir. Çalışmamızda koyun peynirinde %50,49-62,42 SFA; %16,38-21,74 MUFA ve %3,73-4,98 PUFA bulundu. Sonuçlar benzerlik gösterse de çalışmamızda MUFA oranı literatür verilerinden daha düşükken PUFA oranı daha yüksek bulundu.

Paszczyk ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada inek, keçi ve koyun sütünden yapılmış peynirler yağ asitleri bakımından karşılaştırılmıştır. En fazla inek peynirinde %59,40; keçi peynirinde %56,60 ve koyun peynirinde %58,10 SFA bulunmuştur.

MUFA oranları inek peynirinde %27,9 keçi ve koyun peynirinde ise %23-24 aralığında bulunmuştur. PUFA oranı en yüksek peynir koyun peyniri (%4,36) olmuş, inek peynirinde %3,31 ve keçi peynirinde %3,49 PUFA bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise salamura inek, keçi ve koyun peynirlerinde yağ asitleri incelenmiş ve inek peynirinde %67,05 SFA, %28,87 MUFA, %2,59 PUFA; keçi peynirinde %62,61 SFA, %23,45 MUFA, %3,82 PUFA ve koyun peynirinde %60,37 SFA, %22,95 MUFA, %3,98 PUFA bulunmuştur (Paskaš vd., 2024).

Tardiolo ve ark. (2025) çalışmasında, 30, 60 ve 120 günlük olgunlaştırılmış inek peynirlerinde yağ asitlerini incelenmiş ve SFA (%70,54-70,79) ve PUFA (%3,42-4,00) oranları artış gösterirken MUFA (%26,03-25,26) oranları azalmıştır.

Peynirlerde rastlanan önemli bir trans yağ asidi türü CLA'dır. Peynirde CLA genellikle toplam yağın %0,5–1 arasında bulunur (Gürsoy ve ark., 2021). Çalışmamızda CLA oranı inek peynirinde %2,86-3,07; keçi peynirinde 2,75-2,81 ve koyun peynirinde 2,56-3,24 aralığında bulundu. Gürsoy ve ark., (2021) çalışmasında keçi sütünden üretilen peynirlerde CLA 1,79–4,83 mg/g arasında tespit edilmiştir. Nudda ve ark. (2005), koyun sütünden yapılmış peynirde 3 aylık olgunlaştırma sonrasında SFA oranının azaldığını ve MUFA oranının arttığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada koyun peynirinde CLA oranının yüksek olduğu ve olgunlaştırma ile birlikte bu oranın bir miktar artabileceği bulunmuştur.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Çalışmada inek, keçi ve koyun sütlerinden kontrollü şartlarda üretilen peynirlerde 3 ay ve 6 ay depolama ile biyojenik amin konsantrasyonu, kül oranı, nem oranı ve yağ asitleri kompozisyonundaki değişim incelendi. Çalışmamızın sonuçları aşağıda sunulmuştur:

1. Biyojenik amin (BA) analizlerinde en yüksek toplam BA miktarı, piyasadan temin edilen küflü peynirde tespit edilmiştir.
2. İnek ve keçi peynirlerinde depolama süresi boyunca toplam BA düzeylerinde artış eğilimi gözlemlenmiştir ancak koyun peynirinde, 3. ayda artış görülmüş, 6. ayda ise BA düzeyleri azalmıştır.
3. Başlangıç numuneleri arasında en yüksek toplam BA içeriği inek peynirinde bulunmuş; burada özellikle feniletülamın yoğun olarak tespit edilmiştir.
4. Kadaverin, triptamin ve toplam BA miktarları, başlangıç örneklerinde inek peynirinde anlamlı düzeyde yüksek, keçi ve koyun peynirlerinde ise benzer bulunmuştur.
5. Üçüncü ay numunelerinde, feniletülamın, kadaverin, spermidin, triptamin, tiramin ve toplam BA miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir: Feniletülamın açısından inek ve keçi benzer, koyun farklıdır. Kadaverin, spermin, tiramin ve toplam BA miktarında keçi ve koyun benzer, inek farklıdır.
6. Triptamin düzeyi tüm türler arasında farklıdır; benzerlik bulunmamıştır.
7. Altıncı ay numunelerinde, feniletülamın, kadaverin, spermin, triptamin, tiramin ve toplam BA düzeylerinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir:
8. Kadaverin, spermidin, triptamin ve toplam BA açısından inek peyniri farklı, keçi ve koyun benzer bulunmuştur.
9. Kadaverin ve putresin, 6. ayda sadece inek peynirinde saptanmış, keçi ve koyun peynirlerinde bulunmamıştır.
10. Histamin ve spermidin inek, keçi ve koyun peynirlerinin hiçbir aşamasında tespit edilmemiştir ancak kontrol amacıyla analiz edilen küflü peynirde histamin bulunmuştur.
11. Depolama süresi ile toplam BA miktarları arasında, inek peynirinde artış gözlenirse de bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0,092$). Keçi ($p= 0,082$) ve koyun peynirlerinde ($p= 0,165$) de anlamlı bir artış saptanmamıştır.
12. Nem tayininde, keçi peynirinde depolama süresince nem oranı artarken, inek ve koyun peynirlerinde böyle düzenli bir değişim görülmemiştir.

13. Üçüncü ayda keçi peyniri anlamlı şekilde daha düşük neme sahipken; 6. ayda koyun peyniri daha yüksek nem içermiştir.
14. Kül oranları, her depolama döneminde inek ve keçi peynirinde benzer, koyun peynirinde ise daha yüksek bulunmuştur.
15. Yağ asidi analizlerinde, peynirlerde belirgin bir değişim gözlenmemiştir.
16. Başlıca yağ asitleri: miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0) ve oleik asit (C18:1n9c) olarak tespit edilmiştir. Kısa zincirli yağ asitleri (C4:0, C6:0, C8:0) de bulunmuştur.
17. Keçi peynirinde SFA başlangıç düzeyi daha düşük, inek ve koyunda ise benzerdir.
18. Olgunlaşmayla birlikte SFA, MUFA, PUFA ve CLA düzeylerinde düzenli artış ya da azalma gözlenmemiştir.

6.2. Öneriler

Biyojenik aminlerin besinlerde bulunması gereken miktarları yasal sınırlamalarla belirlenmelidir. Ancak, mevcut düzenlemeler yalnızca histamin üzerine yoğunlaşmakta; tiramin, putresin ve kadaverin gibi diğer biyojenik aminler de farklı sağlık sorunlarına yol açabilmesine rağmen, bunlara ilişkin güvenli alım miktarları rehberlerde belirtilmemektedir. Ayrıca biyojenik aminlerin tek kaynağı balık değildir. Bu bileşikler, incelediğimiz peynirler de dahil olmak üzere şarap, yoğurt, bira gibi birçok fermente üründe de bulunur. Bu nedenle, besinlerdeki biyojenik amin miktarları; hammadde, üretim ve depolama koşulları gibi etkileyici faktörlerle birlikte değerlendirilerek güvenli tüketim miktarları belirlenmelidir. Bu amaçla rehberler hazırlanmalı, ilgili yasal düzenlemeler yapılmalı ve besinlerdeki biyojenik amin seviyeleri düzenli olarak denetlenmelidir.

Biyojenik aminlerin besinlerde bir kalite göstergesi olarak kabul edilmesi ve aşırı alımının tüketiciler için potansiyel sağlık riski oluşturması, besinlerle biyojenik amin alımının kontrol edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kontrol, üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda hijyenik koşullara ve uygun saklama şartlarına uyulmasıyla sağlanabilir. Bunun yanında, besinlerde biyojenik aminler için limit alım değerleri belirlenmeli ve bu seviyeler düzenli olarak kontrol edilmelidir. Ancak kişilerin biyojenik aminleri tolere etme düzeyi; yaş, sağlık durumu ve genetik faktörler gibi etkenlere bağlı olarak değiştiğinden, sabit sınırlar belirlemek güçtür. Bu nedenle, konuyla ilgili daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır.

Ülkemizde ve birçok ülkede, besinlerdeki biyojenik amin düzeylerine ilişkin yasal düzenlemeler ya bulunmamakta ya da oldukça sınırlı kalmaktadır. Türkiye’de yalnızca balık ve balık ürünlerindeki histamin konsantrasyonu için sınır değerler belirlenmiştir. Ancak biyojenik

amin alımı ve buna bağlı zehirlenmeler sadece balık tüketimiyle sınırlı değildir. Özellikle olgunlaştırılmış süt ürünleri, yüksek düzeyde biyojenik amin içerebilir. Bu nedenle süt ürünleri de dahil olmak üzere biyojenik amin içerebilecek tüm besinlerde yasal sınırlar belirlenmeli ve bu sınırlar mevzuata dahil edilmelidir.

Sonuç olarak, biyojenik aminlerin gıdalarda bulunması, tüketici sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Dünya genelinde yalnızca histamin için belirlenmiş yasal sınırlar bulunmakta; diğer aminler için bağlayıcı düzenlemeler henüz mevcut değildir. Türkiye’de de sadece belirli ürün grupları için sınırlar tanımlanmış, fermente süt ve et ürünlerinde ise bu bileşiklerin kontrolü mikrobiyolojik kaliteye bağlı olarak dolaylı şekilde yürütölmektedir. Özellikle uzun süre olgunlaştırılan peynir gibi ürünler için daha kapsamlı denetimlerin yapılması ve mevzuatın geliştirilmesi gerekmektedir.

7.KAYNAKLAR

- Akan, S., & Demirağ, M. K. (2018). Gıdalarda biyojen amin oluşum mekanizmalarına etki eden faktörler ve biyojen aminlerin diğer bileşiklere dönüşümleri. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(7), 1388-1392. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.90022>
- Akyar Yavaş, Ş. N. (2024). Farklı süt çeşitleri ve kültür kombinasyonları kullanılarak üretilen endüstriyel Maraş peynirlerinin olgunlaşma sürecindeki fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özelliklerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Akyol, V., Kundakçı, A., & Ergönül, B. (2015). Gıdalarda Biyojen Aminler - Biogenic Amines in Foods. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2). <https://doi.org/10.18466/cbujos.89924>
- Albayrak Karaoğlu, A. (2023). Some properties of semi-hard cheese made from cow's and goat's milk. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(2), 265-276. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1195205>
- Bargossi, E., Gardini, F., Gatto, V., Montanari, C., Torriani, S., & Tabanelli, G. (2015). The capability of tyramine production and correlation between phenotypic and genetic characteristics of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* strains. *Frontiers in Microbiology*, 6(DEC), 168209. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2015.01371/BIBTEX>
- Bulut, M. (2017, Temmuz 6). Skombroid Zehirlenmesi. *Toksikoloji Çalışma Grubu TATDOKS*. <https://tatd.org.tr/toksikoloji/2017/07/06/skombroid-zehirlenmesi/>
- Bunkova, L., Adamcova, G., Hudcova, K., Velichova, H., Pachlova, V., et al. (2013). Monitoring of biogenic amines in cheeses manufactured at small-scale farms and in fermented dairy products in the Czech Republic. *Food Chemistry*, 141(1), 548-551. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.03.036>
- Buňková, L., Buňka, F., Mantlová, G., Čablová, A., Sedláček, I., et.al. (2010). The effect of ripening and storage conditions on the distribution of tyramine, putrescine and cadaverine in Edam-cheese. *Food Microbiology*, 27(7), 880-888. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.04.014>
- Costa, M. P., Rodrigues, B. L., Frasaio, B. S., & Conte-Junior, C. A. (2018). Biogenic Amines as Food Quality Index and Chemical Risk for Human Consumption. *Food Quality: Balancing Health and Disease: Volume 13* (ss. 75-108). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811442-1.00002-X>
- Darnay, L., Miklós, G., Lőrincz, A., Szakmár, K., Pásztor-Huszár, K., et.al. (2022). Possible inhibitory effect of microbial transglutaminase on the formation of biogenic amines during Trappist cheese ripening. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 39(3), 580-587. <https://doi.org/10.1080/19440049.2021.2005831>
- Diler, M., Akbağ, E., Işık, V., Avşar Günay, E., Erkayacan, H., et.al. (2018). Effects Of The Duration Of Heat Treatment And Ripening on The Formation of Biogenic Amines in Ezine Cheese. *GIDA / THE JOURNAL OF FOOD*, 687-701. <https://doi.org/10.15237/gida.gd18043>
- Doeun, D., Davaatseren, M., & Chung, M. S. (2017). Biogenic amines in foods. *Food Science and Biotechnology* 2017 26:6, 26(6), 1463-1474. <https://doi.org/10.1007/S10068-017-0239-3>
- Dugat-Bony, E., Sarthou, A. S., Perello, M. C., de Revel, G., Bonnarme, P., et.al. (2016). The effect of reduced sodium chloride content on the microbiological and biochemical properties of a soft surface-ripened cheese. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2502-2511. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10010>
- Düz, M., & Fidan, A. F. (2016). Biyojen Aminler ve Etkileri. *Kocatepe Veterinary Journal*, 9(2), 114-121. <https://doi.org/10.5578/kvj.23113>
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). (2011). Scientific opinion on risk-based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal*, 9(10), 2393. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2393>

- EFSA Panel on Biological Hazards. (2011). Scientific Opinion on Risk Based Control of Biogenic Amine Formation in Fermented Foods. *EFSA Journal*, 9(10). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2393>
- Erbay, Z., Salum, P., & Gövce, G. (2017). Investigation of lipolytic and proteolytic ripening degrees of enzyme-modified dairy products manufactured in Turkey. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(7), 919-925. <https://doi.org/10.5505/PAJES.2016.48830>
- European Commission. (2005). Commission Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs.
- FDA. (2021). Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. *U.S. Department of Health and Human Services*.
- Fernández, M., Linares, D. M., Del Río, B., Ladero, V., & Alvarez, M. A. (2007). HPLC quantification of biogenic amines in cheeses: correlation with PCR-detection of tyramine-producing microorganisms. *Journal of Dairy Research*, 74(3), 276-282. <https://doi.org/10.1017/S0022029907002488>
- Ferretti, A., Gatto, M., Velardi, M., Di Nardo, G., Foiadelli, T., et.al. (2023). Migraine, Allergy, and Histamine: Is There a Link? *Journal of Clinical Medicine*, 12(10), 3566. <https://doi.org/10.3390/JCM12103566>
- Galgano, F., Caruso, M. C., Condelli, N., & Favati, F. (2020). Biogenic amines in goat cheeses. *Food Control*, 112, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107115>
- Gardini, F., Martuscelli, M., Caruso, M. C., Galgano, F., Crudele, M. A., et.al. (2001). Effects of pH, temperature and NaCl concentration on the growth kinetics, proteolytic activity and biogenic amine production of *Enterococcus faecalis*. *International Journal of Food Microbiology*, 64(1-2), 105-117. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00445-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00445-1)
- Gardini, F., Özogul, Y., Suzzi, G., Tabanelli, G., & Özogul, F. (2016). Technological factors affecting biogenic amine content in foods: A review. *Frontiers in Microbiology*, 7(AUG), 198014. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2016.01218/BIBTEX>
- Gaucheron, F. (2011). MILK SALTS | Distribution and Analysis. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 908-916. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00355-1>
- Givanoudi, S., Heyndrickx, M., Depuydt, T., Khorshid, M., Robbens, J., et.al. (2023). A Review on Bio- and Chemosensors for the Detection of Biogenic Amines in Food Safety Applications: The Status in 2022. *Sensors* (C. 23, Sayı 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s23020613>
- Goff, H. D. (2013). Dairy Product Processing Equipment. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering: Second Edition*, 199-221. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385881-8.00009-4>
- González-Martín, M. I., Vivar-Quintana, A. M., Revilla, I., & Salvador-Esteban, J. (2020). The determination of fatty acids in cheeses of variable composition (cow, ewe's, and goat) by means of near infrared spectroscopy. *Microchemical Journal*, 156, 104854. <https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2020.104854>
- Gürsoy, O., Fakı, R., Kocatürk, K., Egin, G., & Yılmaz, Y. (2021). Keçi sütünden üretilen peynirlerin yağ asidi bileşimi ve konjuge linoleik asit içerikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(7), 835-841. <https://doi.org/10.5505/PAJES.2021.05995>
- Halıcı Demir, F. (2020). Koyun, inek ve keçi sütlerinden üretilen Edirne beyaz peynirlerinin depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal açıdan değerlendirilmesi. (Yüksek lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı).
- Hayaloğlu, A. A., & Özer, B. (2021). Peynir Biliminin Temelleri (A. A. Hayaloğlu & B. Özer, Ed.). www.nobelkitap.com
- Herrero-Fresno, A., Martínez, N., Sánchez-Llana, E., Díaz, M., Fernández, M., et.al. (2012). *Lactobacillus casei* strains isolated from cheese reduce biogenic amine accumulation in an experimental model. *International Journal of Food Microbiology*, 157(2), 297-304. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2012.06.002>

- IBM Corp. (2020). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0 [Computer software]. IBM Corp.
- Innocente, N., & D'Agostin, P. (2002). Formation of biogenic amines in a typical semihard Italian cheese. *Journal of Food Protection*, 65(9), 1498–1501. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-65.9.1498>
- Jakabová, S., Árvay, J., Benešová, L., Zajác, P., Čapla, J., et.al. (2023). Evaluation of Biogenic Amines in Goat and Sheep Cheeses of Slovak Origin. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 13(2). <https://doi.org/10.55251/JMBFS.10000>
- Joseph, J. D., & Ackman, R. G. (1992). Capillary Column Gas Chromatographic Method for Analysis of Encapsulated Fish Oils and Fish Oil Ethyl Esters: Collaborative Study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 75(3), 488-506. <https://doi.org/10.1093/JAOAC/75.3.488>
- Kandasamy, S., Yoo, J., Yun, J., Kang, H. B., Seol, K. H., & Ham, J. S. (2021). Quantitative Analysis of Biogenic Amines in Different Cheese Varieties Obtained from the Korean Domestic and Retail Markets. *Metabolites* 2021, Vol. 11, Page 31, 11(1), 31. <https://doi.org/10.3390/METABO11010031>
- Karaoğlu, A. A. (2023). Some properties of semi-hard cheese made from cow's and goat's milk. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(2), 265-276. <https://doi.org/10.29050/HARRANZIRAAT.1195205>
- Ladero, V., Calles-Enríquez, M., Fernández, M., & Alvarez, M. A. (2010). Toxicological Effects of Dietary Biogenic Amines. İçinde *Current Nutrition & Food Science* (C. 6). <https://doi.org/10.2174/157340110791233256>
- Ladero, V., Fernández, M., & Alvarez, M. A. (2009). Effect of post-ripening processing on the histamine and histamine-producing bacteria contents of different cheeses. *International Dairy Journal*, 19(12), 759-762. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2009.05.010>
- Leboudy, A., Amer, A., & Khamis, S. (2019). Public Health Risks Of Biogenic Amines From Curd Dairy Products. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 61(2), 77. <https://doi.org/10.5455/ajvs.283686>
- Li, P., Chen, Y., Bai, J., Yang, H., He, P., et.al. (2025). The Determination of Eight Biogenic Amines Using MSPE-UHPLC-MS/MS and Their Application in Regard to Changes in These Biogenic Amines in Traditional Chinese Dish-Pickled Swimming Crabs. *Molecules* 2025, Vol. 30, Page 1353, 30(6), 1353. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES30061353>
- Linares, D. M., Del Río, B., Ladero, V., Martínez, N., Fernández, M., et.al. (2012). Factors influencing biogenic amines accumulation in dairy products. *Frontiers in Microbiology* (C. 3, Sayı MAY). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00180>
- Mahmoudzadeh, M., Abedi, A. S., Moslemi, M., Pilevar, Z., & Ghani, A. (2022). Biogenic Amines in Foods: Surveying Effective Factors and Measuring Methods. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5221>
- Natrella, G., Vacca, M., Minervini, F., Faccia, M., & De Angelis, M. (2024). A Comprehensive Review on the Biogenic Amines in Cheeses: Their Origin, Chemical Characteristics, Hazard and Reduction Strategies. *Foods*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/FOODS13162583>,
- Novella-Rodríguez, S., Veciana-Nogués, M. T., Roig-Sagués, A. X., Trujillo-Mesa, A. J., & Vidal-Carou, M. C. (2004). Evaluation of biogenic amines and microbial counts throughout the ripening of goat cheeses from pasteurized and raw milk. *Journal of Dairy Research*, 71(2), 245-252. <https://doi.org/10.1017/S0022029904000147>,
- Nudda, A., McGuire, M. A., Battacone, G., & Pulina, G. (2005). Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of Dairy Science*, 88(4), 1311-1319. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(05\)72797-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)72797-1),
- Oktariani, A. F., Ramona, Y., Sudaryatma, P. E., Dewi, I. A. M. M., & Shetty, K. (2022). Role of Marine Bacterial Contaminants in Histamine Formation in Seafood Products: A Review. *Microorganisms* 2022, Vol. 10, Page 1197, 10(6), 1197. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS10061197>

- Özdestand, Ö., & Üren, A. (2009). A method for benzoyl chloride derivatization of biogenic amines for high performance liquid chromatography. *Talanta*, 78(4-5), 1321-1326. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2009.02.001>
- Özdestand, Ö., & Üren, A. (2012). Gıdalarda Biyojen Aminlerle İlgili Yasal Düzenlemeler. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 12, 27-40.
- Paskaš, S., Becskei, Z., & Savić, M. (2024). Comparative investigation of the nutritional value of cow, goat, and sheep white cheeses in brine. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 75(2), 7387-7396. <https://doi.org/10.12681/jhvms.34578>
- Passani, M. B., Panula, P., & Lin, J. S. (2014). Histamine in the brain. *Frontiers in Systems Neuroscience* (C. 8, Sayı APR). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00064>
- Paszczyk, B., & Łuczyńska, J. (2020). The Comparison of Fatty Acid Composition and Lipid Quality Indices in Hard Cow, Sheep, and Goat Cheeses. *Foods*, 9(11), 1667. <https://doi.org/10.3390/FOODS9111667>
- Paszczyk, B., Polak-śliwińska, M., & Łuczyńska, J. (2020). Fatty acids profile, trans isomers, and lipid quality indices in smoked and unsmoked cheeses and cheese-like products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17010071>
- Pawul-Gruba, M., Kiljanek, T., Madejska, A., & Osek, J. (2022). Development of a High Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detector (HPLC-DAD) Method for Determination of Biogenic Amines in Ripened Cheeses. *Molecules*, 27(23). <https://doi.org/10.3390/molecules27238194>
- Pekcici, M. E. (2020). Süt ve süt ürünlerinde bulunan biyojen aminlerin kromatografik yöntemlerle belirlenmesi ve karşılaştırılması (Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı).
- Pekcici, M. E., Guler, E., & Topkafa, M. (2021). Biogenic amine contents in Turkish dairy products: determination and comparison. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4119-4127. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00996-6>
- Perez, M., Calles-Enríquez, M., Nes, I., Martin, M. C., Fernandez, M., et.al. (2015). Tyramine biosynthesis is transcriptionally induced at low pH and improves the fitness of *Enterococcus faecalis* in acidic environments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(8), 3547-3558. <https://doi.org/10.1007/S00253-014-6301-7/FIGURES/5>
- Pluta-Kubica, A., Filipczak-Fiutak, M., Domagała, J., Duda, I., & Migdał, W. (2020). Contamination of traditionally smoked cheeses with polycyclic aromatic hydrocarbons and biogenic amines. *Food Control*, 112. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2020.107115>
- Premont, R. T., Gainetdinov, R. R., & Caron, M. G. (2001). Following the trace of elusive amines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(17), 9474-9475. <https://doi.org/10.1073/PNAS.181356198>
- Qureshi, T. M., Vermeer, C., Vegarud, G. E., Abrahamsen, R. K., & Skeie, S. (2013). Formation of biogenic amines and vitamin K contents in the Norwegian autochthonous cheese Gamalost during ripening. *Dairy Science and Technology*, 93(3), 303-314. <https://doi.org/10.1007/S13594-013-0123-8>
- Rea, S., Mascaro, M., Ricciutelli, M., Cammertoni, N., & Cecchini, S. (2010). Presence of biogenic amines in Ricotta Forte, a traditional Italian dairy product from the Puglia region. *Italian Journal of Food Science*, 22(2), 229-233.
- Renes, E., Diezhandino, I., Fernández, D., Ferrazza, R. E., Tornadijo, M. E., et.al. (2014). Effect of autochthonous starter cultures on the biogenic amine content of ewe's milk cheese throughout ripening. *Food microbiology*, 44, 271-277. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2014.06.001>
- Resmi Gazete. (2011). *Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği*.

- Rohani, S. M. R., Aliakbarlu, J., Ehsani, A., & Hassanzadazar, H. (2013). Biogenic amines determination in some traditional cheeses in West Azerbaijan province of Iran. *Veterinary Research Forum*, 4(2), 115. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4313012/>
- Sadighara, P., Bekheir, S. A., Shafaroodi, H., Basaran, B., & Sadighara, M. (2024). Tyramine, a biogenic agent in cheese: amount and factors affecting its formation, a systematic review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/S43014-024-00223-X/TABLES/2>
- Santamarina-García, G., Amores, G., López de Armentia, E., Hernández, I., & Virto, M. (2022). Relationship between the Dynamics of Gross Composition, Free Fatty Acids and Biogenic Amines, and Microbial Shifts during the Ripening of Raw Ewe Milk-Derived Idiazabal Cheese. *Animals*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/ani12223224>
- Santos Silla, M. H. (1996). Biogenic amines: their importance in foods. İçinde *International Journal of Food Microbiology* (C. 29).
- Schirone, M., Tofalo, R., Fasoli, G., Perpetuini, G., & Corsetti, A. (2021). Biogenic amines in Pecorino di Farindola cheese during ripening. *Food Chemistry*, 338, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127835>
- Schirone, M., Tofalo, R., Fasoli, G., Perpetuini, G., Corsetti, A., et.al. (2013). High content of biogenic amines in Pecorino cheeses. *Food microbiology*, 34(1), 137-144. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2012.11.022>
- Shalaby, A. R. (1996). Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International* (C. 29, Sayı 7).
- Simon Sarkadi, L. (2017). Biogenic Amines in Fermented Foods and Health Implications. *Fermented Foods in Health and Disease Prevention* (ss. 625-651). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00027-3>
- Spano, G., Russo, P., Lonvaud-Funel, A., Lucas, P., Alexandre, H., et.al. (2010). Biogenic amines in fermented foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64, S95-S100. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.218>
- Standarová, E., Borkovcová, na, & Vorlová, L. (2008). The Occurrence of Biogenic Amin on The Czech Ma Ce Ines In Dairy Products Market. *Medicina Veterinaria* (C. 7, Sayı 4).
- Stratton, J. E., Hutkins, R. W., & Taylor, S. L. (1991). Biogenic amines in cheese and other fermented foods: A review. *Journal of Food Protection*, 54(6), 460–470. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-54.6.460>
- Sungur, Ş., & Jobasi, D. (2022). Determination of Biogenic Amines in Some Cheese Consumed in Hatay Region. *Natural and Engineering Sciences*, 7(2), 120-130. <https://doi.org/10.28978/nesciences.1159217>
- Şengül, M., Erkaya, T., & Ceyhun, A. (2013). Karın Kaymağı Peynirinin Yağ Asidi Kompozisyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1), 57-62. <https://dergipark.org.tr/pub/ataunizfd/issue/3014/41848>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (t.y.). *Risk Değerlendirme Terminolojisi*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Geliş tarihi 16 Haziran 2023, gönderen <https://www.tarimorman.gov.tr/konu/959/risk-degerlendirme-terminoloji>
- Tardiolo, G., Di Salvo, E., Tringali, S., Bartolomeo, G., Genovese, C., et.al. (2025). Ripening-Associated Changes in Fatty Acid Composition and Nutritional Indices in Caciocavallo Silano PDO Cheese. *Foods 2025, Vol. 14, Page 1566, 14(9)*, 1566. <https://doi.org/10.3390/FOODS14091566>
- Tetik, N., & Türkyılmaz, M. (2016). Süt ve süt ürünlerinde biyojen aminler: Oluşumu, önemi ve kontrolü. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3), 280–289.
- Tittarelli, F., Perpetuini, G., Di Gianvito, P., & Tofalo, R. (2019). Biogenic amines producing and degrading bacteria: A snapshot from raw ewes' cheese. *LWT*, 101, 1-9. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.11.030>
- TÜİK. (t.y.). Geliş tarihi 23 Haziran 2025, gönderen <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=85&locale=tr>

Türk Gıda Kodeksi. (2011). Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.

Türk Gıda Kodeksi. (2020). Balık ve Balık Ürünleri Tebliği. Resmî Gazete, Sayı: 31262.

Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. (2025). *Veri Bankası - Peynir - Türkomp | Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı*. T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI. Retrieved May 28, 2025, from <https://turkomp.tarimorman.gov.tr/main>

Yeğin, S., & Üren, A. (2008). Gıdalarda Biyojen Amin Oluşumunu Etkileyen Faktörler. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 977-980.

Zhang, K., & Ni, Y. (2014). Tyrosine decarboxylase from *Lactobacillus brevis*: Soluble expression and characterization. *Protein Expression and Purification*, 94, 33-39. <https://doi.org/10.1016/J.PEP.2013.10.018>