

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**BEYAZ PEYNİRLERİN MENŞEİNİN VE OLGUNLAŞMA DÜZEYİNİN  
RAMAN SPEKTROFOTOMETRESİYLE BELİRLENMESİ**

**Şahin DURNA**

**SÜT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2019**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Şahin DURNA tarafından hazırlanan “**Beyaz Peynirlerin Menşenin ve Olgunlaşma Düzeyinin Raman Spektrofotometresiyle Belirlenmesi**” adlı tez çalışması 25/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı



**Jüri Üyeleri :**

**Başkan:** Prof. Dr. İsmail Hakkı BOYACI  
Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



**Üye :** Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı



**Üye :** Prof. Dr. Asuman GÜRSEL  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı



**Üye :** Prof. Dr. Ayşe GÜRSOY  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı



**Üye :** Doç. Dr. Ali TOPCU  
Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Özlem YILDIRIM**  
Enstitü Müdürü

## ETİK

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

25/12/2019

  
Şahin DURNA

## ÖZET

Doktora Tezi

### BEYAZ PEYNİRLERİN MENŞEİNİN VE OLGUNLAŞMA DÜZEYİNİN RAMAN SPEKTROFOTOMETRESİYLE BELİRLENMESİ

Şahin DURNA

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN

Bu çalışmanın amacı, Raman spektrofotometresinin süt ve Beyaz peynir örneklerinde saf türlerin veya karışımların kullanımının tespit edilmesi ve ayrıca Beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma periyodunun ve uygun olgunlaşma zamanının izlenmesinde kullanılmasıdır. Raman spektrofotometresi, moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında oluşan saçılmanın dedektör tarafından takip edilmesi prensibine göre çalışan bir cihazdır. Monokromatik ışın demetinin değişik maddelerle karşılaştıklarında saçılan ışınları birbirinden farklıdır ve maddelerin karakteristiğini oluşturur. Maddelerin birbirinden farklılıklarının belirlenmesinde Raman spektrofotometresi kullanım yeteneğine sahiptir. Raman spektrofotometresi sistemi ile taklit, taşıma ve kalite parametrelerini belirlemek amacıyla rutin analizlerde uzun zaman alan, kimyasal kullanımı ve yetişmiş personel ihtiyacı duyulan yöntemlerin yerine hızlı, güvenilir ve kimyasal gerektirmeyen bir yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla Raman spektrofotometresinde, inek, koyun ve keçi sütleri, bu sütlerin farklı oranlarda karışımları ve bu sütlerden elde edilen Beyaz peynir örnekleri analiz edilmiştir. Elde edilen Raman spektrumları kemometrik analiz yöntemlerinden biri olan temel bileşen analizi (principal component analysis, PCA) ile analiz edilmiştir. PCA analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre iki farklı türün birbirinden kolay bir şekilde ayırt edilebildiği ancak üç tür süt içeren karışımlarda ayırmanın zorlaştığı, daha spesifik çalışmalarla üç türün de birbirinden ayırt edilebileceği anlaşılmıştır.

Sunulan çalışma ile Raman spektrofotometresinin Beyaz peynir üretiminde kullanılan süt türünün belirlenmesinde ve olgunlaşma periyodunun incelenerek uygun olgunlaşma süresinin tespitinde güvenle kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

**Aralık 2019, 184 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Raman spektrofotometresi, PCA veri analizi, süt tür menşei, Beyaz peynir menşei

## ABSTRACT

Ph.D. Thesis

### THE ORIGIN ANALYSES OF WHITE CHEESE PRODUCED MONITORING OF RIPENING PERIOD WITH RAMAN SPECTROSCOPY

Şahin DURNA

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Dairy Technology

Supervisor: Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN

In this study was to determine the use of pure species or mixtures in milk and white cheese samples, as well as to monitor the ripening period in White cheese samples and the appropriate maturation time by using Raman spectroscopy. Raman spectroscopy was used to monitor quality parameters, determination of adulteration; and in this way, new rapid and reliable methods without using chemical or specialist which were developed as an alternative to the conventional time-consuming analysis. In this context, cow, sheep and goat milk samples, the mixture of these milk types in different proportions and white cheese samples obtained from these milk types were analyzed by using Raman spectrophotometer. The obtained Raman spectra were analyzed by using chemometrics methods namely principal component analysis (PCA). According to the data obtained from the PCA analysis, it was understood that two different species could be easily distinguished from each other, but in all three types of milk-containing mixtures it became more difficult to differentiate.

In this study, it has been shown that Raman spectrophotometer can be used safely to determine the milk type used in the production of white cheese and to monitor the maturation period. With this study, it was concluded that Raman spectrophotometer is a reliable method to be successfully applied for determination of quality adulteration and maturation.

**December 2019, 184 pages**

**Key Words:** Raman spectroscopy, PCA data analysis, milk origin, Turkish white cheese origin.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve her konuda hoşgörü ile desteklerini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN'e, Prof. Dr. İsmail Hakkı BOYACI'ya, Doç. Dr. Ali TOPCU'ya, laboratuvar çalışmaları sırasında yapmış oldukları destek ve bilgilerinden dolayı Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Araştırma görevlilerinden Arş. Gör. Hüseyin Efe GENİŞ, Arş. Gör. Tuğba BULAT ve Arş. Gör. Nazife Nur KARAÇAĞLAR'a FTIR cihazındaki spektrofotometrik analizlerin yapılmasına yardımcı olan Doç. Dr. Haslet EKŞİ'ye, Toplam bakteri ve Somatik hücre analizlerinin yapılmasına yardımcı olan Prof. Dr. Ayhan BAŞTAN'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Atatürk Orman Çiftliği Müdürlüğü Süt Fabrikası ve Mayalandırma Sanatları Fabrikası çalışanlarına, Beyaz peynir üretimini gerçekleştirmemde her türlü desteği veren M.G. Eylül Toplu Yemek Hizmetleri Ltd. Şti. sahiplerine,

Bu zorlu çalışmada maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli eşim Meltem DURNA'ya kızlarım Elif ve Elçin ile tüm aileme teşekkür ederim.

*Rahmetli Babam Kadir Durna'ya  
ithafen*

Şahin DURNA  
Ankara, 2019

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1 Sütün Yapısı, Genel Özellikleri, Beslenme ve Sağlık İlişkisi.....	5
2.2 Beyaz Peynir Hakkında Genel Bilgiler .....	7
2.3 Süt ve Süt Ürünlerinde Gıda Güvenliği .....	13
2.4 Süt ve Süt Ürünlerinde Analiz Yöntemleri.....	14
2.4.1 Raman spektrofotometresi .....	17
2.5 Veri Analizi .....	20
3.1 Materyal .....	23
3.1.1 Çiğ süt.....	23
3.1.2 Starter kültür.....	23
3.1.3 Peynir mayası .....	23
3.2 Yöntem .....	24
3.2.1 Beyaz peynir üretimi.....	24
3.2.2 Çiğ süt analizleri.....	27
3.2.2.1 Bileşim analizi.....	27
3.2.2.2 Sütte titrasyon asitliği tayini (SH) .....	27
3.2.2.3 pH ölçümü.....	27
3.2.2.4 Toplam bakteri sayısı.....	28
3.2.2.5 Yağ asidi analizi .....	28
3.2.2.6 Serum protein analizi.....	29
3.2.2.7 Çiğ süt örneklerinin spektrofotometrik analizi.....	30

3.2.2.8 Raman spektrumlarının üretilmesi .....	32
3.2.3 Beyaz peynir analizleri .....	32
3.2.3.1 Bileşim analizi.....	32
3.2.3.2 Proteolizin takibi .....	33
3.2.3.3 Yağ asidi metil ester (FAME) analizi .....	33
3.2.3.4 Lipoliz takibi (Serbest yağ analizi) .....	34
3.2.3.5 Serum proteinlerinin HPLC analizi .....	35
3.2.4 Veri analizi.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	38
4.1 Çiğ Sütte Elde Edilen Bulgular .....	38
4.1.1 Çiğ sütlere ait pH analizi .....	38
4.1.2 İnek, koyun, keçi sütlerine ait örneklerin somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı ve bileşim analizleri .....	40
4.1.3 Yağ asidi analizleri.....	40
4.1.4 HPLC’de Çözünür azot analizleri .....	42
4.2 Çalışma Parametrelerinin Optimizasyonu .....	44
4.2.1 Ölçüm sıcaklığının spektrumlara etkisi .....	44
4.2.2 Süte uygulanan ön işlemlerin Raman spektrumları üzerine etkisi .....	46
4.2.2.1 NaN <sub>3</sub> eklenmesinin Raman spektrumları üzerine etkisi .....	46
4.2.2.2 Dondurarak muhafazanın Raman spektrumları üzerine etkisi .....	48
4.2.2.3 Pastörize edilerek muhafazanın Raman spektrumları üzerine etkisi .....	48
4.3 Raman spektrumlarının Analizi .....	49
4.3.1 Süt yağlarının Raman spektroskopi analizi.....	51
4.3.2 Süt serum fazının Raman spektroskopi analizi.....	54
4.3.3 Çiğ sütün Raman spektroskopi analizi.....	56
4.4 Beyaz Peynirlerde Elde Edilen Bulgular .....	62
4.4.1 Beyaz peynir bileşimleri .....	63
4.4.2 Proteolizin takibi .....	67
4.4.2.1 Peynir ve süt örneklerinin çözünür azot fraksiyonlarının incelenmesi .....	68
4.4.3 Yağ asidi analizi .....	71
4.4.4 İnek Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi.....	75



4.4.5 Koyun Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi.....	80
4.4.6 Keçi Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi.....	86
4.4.7 İnek ve koyun sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi.....	91
4.4.8 İnek ve keçi sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi .....	96
4.4.9 Koyun ve keçi sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi .....	101
4.4.10 İnek, koyun ve keçi sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi.....	107
4.4. 11 Lipoliz takibi.....	116
4.4.11.1 Lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	120
4.4.11.1.1 Kültürlü Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	121
4.4.11.1.2 İnek peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .....	124
4.4.11.1.3 Koyun peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .	127
4.4.11.1.4 Keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	130
4.4.11.1.5 İnek koyun peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	133
4.4.11.1.6 İnek keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	136
4.4.11.1.7 Koyun keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	139
4.4.11.1.8 İnek koyun keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .....	142
4.4.12 Beyaz peynirlerin Raman spektrumları .....	145
5. YORUM .....	171
KAYNAKLAR .....	175
ÖZGEÇMİŞ.....	183

## SİMGELER DİZİNİ

CaCl <sub>2</sub>	Kalsiyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
HCl	Hidroklorik asit
KOH	Potasyum hidroksit
NaN <sub>3</sub>	Sodyum azid
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sodyum sülfat
μ	Dipol moment
n	Örnek sayısı
M	Molar
N	Normalite

### Kısaltmalar

a.u.	Atomic unit (atomik birim)
ACE	Angiotensin-converting enzyme (anjyotensin dönüştürücü enzim)
ANN	Artificial neural network (yapay sinir ağları)
CCD	Charge-coupled devices (yük çiftlenimli cihaz)
dk	Dakika
ELISA	Enzyme linked immuno assay (enzim bağlı immün assay)
FFA	Free fatty acid (serbest yağ asidi)
FID	Flame ionization dedector
FTIR	Fourier transform infrared (Fourier dönüşümlü kızılötesi)
GC	Gas chromatography (gaz kromatografisi)
GC/MS	Gas chromatography/mass spectroscopy (gaz kromatografisi/kütle spektrofotometresi)
HIS	Hiperspektral görüntüleme
HPLC	High pressure liquid chromatography (yüksek basınçlı sıvı kromatografisi)

KM	Kurumadde
kob	Koloni oluşturan birim
LC	Liquid chromatograph (sıvı kromatografisi)
LOD	Limit of detection (tespit limiti)
LOQ	Limit of quantification (ölçüm limiti)
MIR	Mid infrared (orta kızılötesi)
NIR	Near infrared (yakın kızılötesi)
NMR	Nuclear magnetic resonance (nükleer manyetik rezonans)
PAGE	Polyacrylamide gel electrophoresis (poliakrilamid jel elektroforez)
PCA	Principal component analysis (temel bileşen analizi)
PCR	Principal component regression (temel bileşen regresyonu)
PLS	Partial least square (kısmi en küçük kareler yöntemi)
PZR	Polimeraz zincir reaksiyonu
RASFF	The Rapid Alert System for Food and Feed (Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi)
RP-HPLC	Reversed Phase High pressure liquid chromatography (yüksek basınçlı sıvı kromatografisi)
rpm	Rounds per minute (dakikada devir sayısı)
RRS	Rezonans Raman Spektrofotometresi
scc	Somatic cell count (somatic hücre sayısı)
SERS	Yüzeyde güçlendirilmiş Raman spektrofotometresi
SPME GC-MS	Katı faz mikro ekstraksiyon gaz kromatografisi kütle spektrofotometresi
TA	Titrasyon asitliği
TCA	Trikloraasetik asit
TFA	Trifloraasetikasit

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Beyaz peynir üretim akım şeması.....	10
Şekil 2.2 Raman saçılması olaylarının molekül enerji diyagramı.....	18
Şekil 3.1 Beyaz peynirlerin üretim şeması.....	25
Şekil 3.2 Ön hazırlık aşaması.....	26
Şekil 3.3 Telemenin baskılanması .....	26
Şekil 3.4 Beyaz peynirlerin olgunlaştırılması .....	27
Şekil 3.5 DeltaNu Examiner-532 Mikro Raman sistemi .....	32
Şekil 4.1 (a) inek, (b) koyun ve (c) keçi sütü örneklerine ait pH değerleri.....	39
Şekil 4.3 İnek, koyun ve keçi sütünden ayrı ayrı üretilen peynirlerin veya bu sütlerin pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonlarına ait 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları.....	43
Şekil 4.4 İnek, koyun ve keçi sütü karışımından (% 33 İnek + % 33 Koyun + % 33 Keçi) üretilen veya bu süt karışımının pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonuna ait 214 ve 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları .....	43
Şekil 4.5 Örnek sıcaklığının inek sütü Raman spektrumu üzerine etkisi (532 nm) .....	44
Şekil 4.6 Örnek sıcaklığının inek sütü 532 nm (a) ve 785 nm (b) Raman spektrumu üzerine etkisi .....	45
Şekil 4.7 Sodyum azid ilave edilmiş sütlerin Raman spektrumları (532 nm).....	47
Şekil 4.8 Sodyum azid ilave edilmiş sütlerin Raman spektrumları (785 nm).....	47
Şekil 4.9 Çiğ ve dondurulmuş inek sütü örneklerinin Raman spektrumları (785 nm).....	48
Şekil 4.10 Çiğ ve pastörize inek sütlerine ait Raman spektrumları .....	49
Şekil 4.11 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumları (532 nm) .....	50
Şekil 4.12 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (532 nm).....	50
Şekil 4.13 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumları (785 nm) .....	51
Şekil 4.14 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (785 nm).....	51
Şekil 4.15 Süt yağı örneklerinin normalize edilmiş Raman spektrumları (532 nm).....	52
Şekil 4.16 Süt yağı örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (532 nm) .....	53
Şekil 4.17 Süt yağı örneklerinin Raman spektrumları (785 nm) .....	53
Şekil 4.18 Süt yağı örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (785 nm) .....	54
Şekil 4.19 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumları ( 532 nm).....	55
Şekil 4.20 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (532 nm) .....	55
Şekil 4.21 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumları (785 nm).....	56
Şekil 4.22 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (785 nm) .....	56

Şekil 4.23 İnek sütü örneklerine ait Raman spektrumları (532 nm) .....	57
Şekil 4.24 Koyun sütü örneklerine ait Raman spektrumları (532 nm) .....	58
Şekil 4.25 Keçi sütü örneklerine ait Raman spektrumları (532 nm).....	58
Şekil 4.26 Raman spektrumları üzerinden örneklerin sınıflandırılması (532 nm).....	59
Şekil 4.27 İnek sütü örneklerine ait Raman spektrumları (785 nm) .....	60
Şekil 4.28 Koyun sütü örneklerine ait Raman spektrumları (785 nm) .....	60
Şekil 4.29 Keçi sütü örneklerine ait Raman spektrumları (785 nm).....	61
Şekil 4.30 Raman spektrumları üzerinden örneklerin sınıflandırılması (785 nm).....	61
Şekil 4.31 Peynir üretiminde kullanılan inek, koyun, keçi sütü ve bunların karışımlarından oluşan sütlerin pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonlarına ait 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları .....	69
Şekil 4.32 İnek, koyun, keçi sütü ve bunların karışımlarından üretilen peynirlerin pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonlarına ait 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları.....	69
Şekil 4.33 Süt örnekleri ve onlara ait karışımların HPLC peptid profillerine göre PCA analizleri (a), PCA ayırımlarında etkili olan piklerin alıkonma süreleri (b) ....	71
Şekil 4.34 Kültürlü inek Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	75
Şekil 4.35 Klasik inek Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	76
Şekil 4.36 Kültürlü ve klasik inek Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları.....	76
Şekil 4.37 İnek Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları .....	77
Şekil 4.38 İnek Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları .....	77
Şekil 4.39 İnek Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları .....	78
Şekil 4.40 İnek Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları .....	78
Şekil 4.41 İnek Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları .....	80
Şekil 4.42 Kültürlü koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	81
Şekil 4.43 Klasik koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	81
Şekil 4.44 Kültürlü ve klasik koyun Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları.....	82
Şekil 4.45 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları.....	82
Şekil 4.46 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları.....	83
Şekil 4.47 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları.....	83
Şekil 4.48 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları.....	84
Şekil 4.49 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları.....	84
Şekil 4.50 Kültürlü keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	86
Şekil 4.51 Klasik keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	87
Şekil 4.52 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 0.gün Raman spektrumları .....	87

Şekil 4.53 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 30.gün Raman spektrumları .....	88
Şekil 4.54 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 60.gün Raman spektrumları .....	88
Şekil 4.55 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 90.gün Raman spektrumları .....	89
Şekil 4.56 Keçi peyniri yağlarının 120.gün Raman spektrumları .....	89
Şekil 4.57 Kültürlü ve klasik keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları .....	90
Şekil 4.58 Kültürlü inek-koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları.....	92
Şekil 4.59 Klasik inek-koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları.....	92
Şekil 4.60 Kültürlü ve klasik inek-koyun Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları.....	93
Şekil 4.61 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları .....	93
Şekil 4.62 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları .....	94
Şekil 4.63 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları .....	94
Şekil 4.64 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları .....	95
Şekil 4.65 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları .....	95
Şekil 4.66 Kültürlü inek-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	97
Şekil 4.67 Klasik inek-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	97
Şekil 4.68 Kültürlü ve klasik inek-keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları .....	98
Şekil 4.69 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 0. Gün Raman spektrumları.....	98
Şekil 4.70 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 30. Gün Raman spektrumları.....	99
Şekil 4.71 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 60. Gün Raman spektrumları.....	99
Şekil 4.72 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 90. Gün Raman spektrumları.....	100
Şekil 4.73 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 120. Gün Raman spektrumları.....	100
Şekil 4.74 Kültürlü koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	102
Şekil 4.75 Klasik koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	102
Şekil 4.76 Kültürlü ve klasik koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları.....	103
Şekil 4.77 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları.....	103
Şekil 4.78 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları.....	104
Şekil 4.79 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları.....	104
Şekil 4.80 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları.....	105
Şekil 4.81 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları.....	105
Şekil 4.82 Kültürlü inek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları.....	107
Şekil 4.83 Klasik inek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları .....	108
Şekil 4.84 Kültürlü ve klasik inek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları.....	108
Şekil 4.85 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 0.gün Raman spektrumları .....	109
Şekil 4.86 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 30.gün Raman spektrumları .....	109
Şekil 4.87 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 60.gün Raman spektrumları .....	110

Şekil 4.88 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 90.gün Raman spektrumları .....	110
Şekil 4.89 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 120.gün Raman spektrumları .....	111
Şekil 4.90 Süt örnekleri ve onlara ait karışımların yağ asidi profillerine göre PCA analizleri (a), PCA ayırımlarında etkili olan yağ asitleri (b).....	114
Şekil 4.91 60.gün Beyaz Peynir örnekleri ve onlara ait karışımların yağ asidi profillerine göre PCA analizleri (a), PCA ayırımlarında etkili olan yağ asitleri (b).....	115
Şekil 4.92 Standart olarak kullanılan serbest yağ asitlerine (100 ppm) ait GC kromatogram..	118
Şekil 4.93 İnek sütünden üretilmiş peynir örneğine ait serbest yağ asidi GC kromatogramı ...	118
Şekil 4.94 Kültürlü Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları .....	121
Şekil 4.95 Kültürlü Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları .....	122
Şekil 4.96 Kültürlü Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları ....	122
Şekil 4.97 Klasik Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları .....	123
Şekil 4.98 Klasik Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları .....	123
Şekil 4.99 Klasik Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları .....	124
Şekil 4.100 Kültürlü inek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .....	125
Şekil 4.101 Klasik inek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .....	125
Şekil 4.102 İnek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları.....	126
Şekil 4.103 İnek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları.....	126
Şekil 4.104 İnek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları.....	127
Şekil 4.105 İnek Beyaz peyniri örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) .....	127
Şekil 4.106 Kültürlü koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .....	128
Şekil 4.107 Klasik koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları .....	128
Şekil 4.108 Koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0.gün Raman spektrumları.....	129
Şekil 4.109 Koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları.....	129
Şekil 4.110 Koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları....	130
Şekil 4.111 Koyun Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir).....	130
Şekil 4.112 Kültürlü keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	131
Şekil 4.113 Klasik keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	131
Şekil 4.114 Keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları .....	132
Şekil 4.115 Keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları .....	132
Şekil 4.116 Keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları .....	133
Şekil 4.117 Keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir).....	133

Şekil 4.118 Kültürlü inek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	134
Şekil 4.119 Klasik inek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	134
Şekil 4.120 İnek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları.....	135
Şekil 4.121 İnek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları.....	135
Şekil 4.122 İnek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları.....	136
Şekil 4.123 İnek-koyun Beyaz peynir örneklerinin GC analizinden elde edilen ait serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir).....	136
Şekil 4.124 Kültürlü inek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları	137
Şekil 4.125 Klasik inek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları ...	137
Şekil 4.126 İnek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları....	138
Şekil 4. 127 İnek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları.	138
Şekil 4.128 İnek-keçi peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları.....	139
Şekil 4.129 İnek-keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) .....	139
Şekil 4.130 Kültürlü koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	140
Şekil 4.131 Klasik koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	140
Şekil 4.132 Koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları.....	141
Şekil 4.133 Koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları.....	141
Şekil 4.134 Koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları.....	142
Şekil 4.135 Koyun-keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir).....	142
Şekil 4.136 Kültürlü inek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	143
Şekil 4.137 Klasik inek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları.....	143



Şekil 4.138 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları.....	144
Şekil 4.139 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları.....	144
Şekil 4.140 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları.....	145
Şekil 4.141 İnek-koyun-keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir).....	145
Şekil 4.142 Kültürlü inek Beyaz peynirinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları	146
Şekil 4.143 Klasik inek Beyaz peynirinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları....	146
Şekil 4.144 İnek Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları .....	147
Şekil 4.145 İnek Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları .....	148
Şekil 4.146 İnek Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları .....	148
Şekil 4.147 İnek Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları .....	149
Şekil 4.148 İnek Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman Spektrumları.....	149
Şekil 4.149 Kültürlü koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları.....	150
Şekil 4.150 Klasik koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları .....	150
Şekil 4.151 Koyun Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları .....	151
Şekil 4.152 Koyun Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları.....	151
Şekil 4.153 Koyun Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları.....	152
Şekil 4.154 Koyun Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları.....	152
Şekil 4.155 Koyun Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları.....	153
Şekil 4.156 Kültürlü Beyaz keçi peynirlerinin Raman spektrumları .....	153
Şekil 4.157 Klasik keçi Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları .....	154
Şekil 4.158 Keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları.....	154
Şekil 4.159 Keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları.....	155
Şekil 4.160 Keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları.....	155
Şekil 4.161 Keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları.....	156
Şekil 4.162 Keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları.....	156
Şekil 4.163 Kültürlü inek-koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları.....	157
Şekil 4.164 Klasik inek-koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları.....	157
Şekil 4.165 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları .....	158
Şekil 4.166 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları .....	158
Şekil 4.167 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları .....	159
Şekil 4.168 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları .....	159

Şekil 4.169 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları .....	160
Şekil 4.170 Kültürlü inek-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları.....	160
Şekil 4.171 Klasik inek-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları.....	161
Şekil 4.172 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları .....	161
Şekil 4.173 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları .....	162
Şekil 4.174 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları .....	162
Şekil 4.175 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları .....	163
Şekil 4.176 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları .....	163
Şekil 4.177 Kültürlü koyun-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları.....	164
Şekil 4.178 Klasik koyun-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları.....	164
Şekil 4.179 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları.....	165
Şekil 4.180 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları.....	165
Şekil 4.181 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları.....	166
Şekil 4.182 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları.....	166
Şekil 4.183 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları.....	167
Şekil 4.184 Kültürlü inek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları.....	167
Şekil 4.185 Klasik inek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları.....	168
Şekil 4.186 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları .....	168
Şekil 4.187 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları .....	169
Şekil 4.188 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları .....	169
Şekil 4.189 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları .....	170
Şekil 4.190 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları .....	170

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dünyada ve Türkiye’de süt üretimi .....	2
Çizelge 1.2 Türlerle göre çiğ süt üretim miktarları ve değişim oranları .....	2
Çizelge 2.1 İnek sütünün bileşimi (g/100 g) .....	5
Çizelge 2.2 Farklı çalışmalardan elde edilen Beyaz peynir bileşimi ve asitlik değerleri.....	8
Çizelge 3.1 Serbest yağ asidi analizleri için kullanılan GC koşulları .....	29
Çizelge 3.2 Serbest yağ asidi analizleri için kullanılan GC koşulları .....	35
Çizelge 3.3 HPLC’de peptit analizi için kullanılan gradient program.....	36
Çizelge 4.1 Çiğ Süt örneklerinin somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı ve bileşim analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.2 İnek, koyun ve keçi sütü örneklerine ait ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2) .....	41
Çizelge 4.3 Beyaz peynire işlenen sütlerin bileşimleri (n=2) .....	63
Çizelge 4.4 Beyaz peynire işlenen sütlerin toplam bakteri ve somatik hücre sayıları (n=2) .....	63
Çizelge 4.5 Beyaz peynire işlenen sütlerin ortalama SH ve pH değerleri (n=2) .....	64
Çizelge 4.6 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama kurumadde oranları (%) (n=2).....	65
Çizelge 4.7 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama protein oranları (%) (n=2).....	65
Çizelge 4.8 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama yağ oranları (%) (n=2) .....	66
Çizelge 4.9 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama pH değerleri (n=2) .....	66
Çizelge 4.10 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama tuz oranları (%) (n=2).....	67
Çizelge 4.11 Peynir üretiminde kullanılan inek, koyun, keçi sütü ve bunların karışımlarına ait ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	72
Çizelge 4.12 Süt yağında bulunan minör yağ asitleri ve bulunma oranları (n=2) .....	74
Çizelge 4.13 İnek sütünden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0, 60 ve 120. günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	79
Çizelge 4.14 Koyun sütünden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0, 60 ve 120. günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	85
Çizelge 4.15 Keçi sütünden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0, 60 ve 120 günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	91
Çizelge 4.16 İnek ve koyun sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2) .....	96

Çizelge 4.17 İnek ve keçi sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. Ve 120. Günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	101
Çizelge 4.18 Koyun ve keçi sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerde ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	106
Çizelge 4.19 İnek koyun ve keçi sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. Günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2) .....	111
Çizelge 4.20 Farklı sütlerden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 60. gündeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	112
Çizelge 4.21 Farklı sütlerden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 60 gündeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2).....	113
Çizelge 4.22 Peynir örneklerine ait ortalama serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) (n=2) .....	119
Çizelge 4.23 Beyaz peynir örneklerine ait ortalama serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) (n=2) .....	120

## 1. GİRİŞ

Tüm dünyada nüfusun artışına paralel olarak insan hayatında yeterli ve dengeli beslenme, sağlığın korunması, uzun yaşamın sağlanması günlük aktivitelerin sorunsuz yapılabilmesi için önemli rol oynamaktadır. Sağlıklı beslenmede vücudun ihtiyacı olan besin bileşenlerinin yeterli miktarda vücuda alınması gerekmektedir. Vücut için gerekli enerji ve besin öğelerini sağlayacak kaynakların en önemlilerinden biri de süt ile süttten üretilen yoğurt, ayran, peynir ve kefir gibi süt ürünleridir. Süt ve süt ürünleri tanımı içerisinde içme sütü, yoğurt, peynir, dondurma, tereyağı, süttozu ve yöresel olarak üretilen süt ürünleri bulunmaktadır. Bu ürünler esansiyel veya esansiyel olmayan amino asitler ile yağ asitleri, galaktoz, kalsiyum, fosfor, B vitaminleri gibi birçok besin öğesinin önemli kaynağını içermektedir. Süt ve süt ürünlerinin içerisinde bulunan süt şekeri (laktöz) ve lizin, lösin, izölösün, valin, fenil alanin, treonin, triptofan, histidin ve arginin gibi esansiyel aminoasitler bu grup ürünlerin beslenmede ne derece önemli olduğunun bir göstergesidir.

İklim değişikliklerine ve yetersiz planlamadan dolayı üretilen gıda maddeleri yıllara göre değişkenlik göstermektedir. Bitkisel üretimdeki dalgalanmalar hayvansal ürün üretimine direkt etki etmektedir. Öte yandan ülke ekonomilerinde meydana gelen olumlu gelişmeler, kişilerin alım gücündeki artışlar ve nüfus artışları süt ve süt ürünlerinin hem üretiminin hem de tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Süt ve süt ürünleri talebi ile fiyatlardaki bu gelişme, süt ve süt ürünleri üretimini de olumlu yönde etkilemektedir (Terin 2014).

Çizelge 1.1 (Anonim 2015a) incelendiğinde dünyada ve ülkemizde üretilen toplam süt miktarındaki değişim görülmektedir. Yıllara göre analiz edildiğinde 2010 yılından itibaren ülkemizdeki toplam süt üretimi artış göstermeye başlamıştır. Nitekim 2017 yılında 2016 yılına göre toplam süt üretimi yaklaşık %12 artış göstermiştir.

Çizelge 1.1 Dünyada ve Türkiye’de süt üretimi (Anonim 2017a)

Yıllar	Süt Üretimi (Milyon Ton)	
	Dünya	Türkiye
<b>2010</b>	732	13,6
<b>2011</b>	753	15,05
<b>2012</b>	770	17,4
<b>2013</b>	784	18,2
<b>2014</b>	802	18,5
<b>2015</b>	818	18,6
<b>2016</b>	800	18,5
<b>2017</b>	812	20,7

Çizelge 1.2 (Anonim 2017b) incelendiğinde ise ülkemizde üretilen inek sütü miktarında 2017 yılında 2016 yılına göre % 0,9, çığ koyun sütünde % 1,4, keçi sütünde % 0,4 oranında azalma görülmüştür.

Çizelge 1.2 Türlerle göre çığ süt üretim miktarları ve değişim oranları (Anonim 2017b)

Hayvan türleri	2016		2017		Değişim (%)
	Miktar (Ton)	Oranı (%)	Miktar (Ton)	Oranı (%)	
Süt üretimi	18.489.161	100,0	20.699.894	100,0	12
Sığır	16.786.263	90,8	18.762.319	90,8	-0,9
Koyun	1.160.413	6,3	1.344.779	6,3	-1,4
Keçi	479.401	2,6	523.395	2,6	-0,4
Manda	63.085	0,3	69.401	0,3	0,5

Süt ürünleri için incelendiğinde özellikle son yıllarda modern tesislerin artması, Ar-ge çalışmaları, tüketicilerdeki yemek kültürünün değişmesi ve firmaların reklam çalışmaları sayesinde daha önce yöresel olarak üretilen ve tüketilen ürünlerin artık

büyük şehirlerde market reyonlarında bulunmasını sağlamıştır (Hayaloglu vd. 2002). Dünyada 1000 çeşitten fazla peynirin üretildiğini, Türkiye’de 40-50 çeşidinin bilindiğini ancak bunlardan Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirinin ekonomik değere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Bütün bu verilere rağmen güvenilir gıda tüketimi konusunda süt sektörü de diğer üretimler kadar risk altındadır. Özellikle taklit ve tağşiş sık karşılan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Öncelikli olarak güvenilir gıda üretmek üretici firmanın sorumluluğundadır. Güvenilir gıda ile ilgili hususlar 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem kanununun 21. maddesinde açıkça belirtilmiştir. Bu kanuna göre tağşiş “Bu Kanun kapsamındaki ürünlere temel özelliğini veren öğelerin ve besin değerlerinin tamamının veya bir bölümünün mevzuata aykırı olarak çıkarılmasını veya miktarının değiştirilmesini veya aynı değeri taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine aynı maddeymiş gibi katılmasını” şeklinde tarif edilmiştir (Anonim 2010). Tarım ve Orman Bakanlığı güvenilir gıda ile ilgili denetimleri yapmak, kontrol etmek ve gerekli düzenlemeleri yapma konusunda tam yetkili kurumdur. Tüketicinin hem sağlık yönünden hem de ekonomik olarak korunması için yapılan analizler bazen yetersiz kalmakta bazen de analizlerde kullanılacak metotlar bulunmadığı için sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu durumun en önemli örnekleri arasında farklı süt türlerinin birbiri yerine veya birbirine karıştırılarak satılması ve bu tip karışımlardan peynir üretimi gelmektedir. Bu şekilde üretilen peynirlerin tüketici tarafından hangi cins hayvanın sütünden üretildiğinin bilinmesi olanaksızdır. Bu işlemlerin temel sonucu üreticilerin ekonomik kazanç sağlama istekleri olsa da toplum sağlığı ve tüketici hakları ihlali açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Yıllar içerisinde literatürde taklit ve tağşiş tespit edilmesi ile ilgili farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu metotlar temel aldıkları prensipler sebebiyle farklı başlıklar altında sıralanabilirler fakat çoğunlukla tercih edilen referans yöntem genler üzerinden hareket ederek farklı hayvan türlerine ait genlerin analiz edilen örnek ortamında bulunup bulunmadığının tespit edilmesi esasına dayanmaktadır. Fakat kullanılan yöntemin zaman, maliyet, kalifiye personel ihtiyacı ve çeşitli kısıtlamaları bulunması sebebiyle bu tür taklit ve tağşiş tespitinde hızlı, göreceli olarak ucuz, yüksek doğrulukta ve hassas

yöntemlere olan ihtiyacı gündeme getirmiştir. Bu bakış açısıyla incelendiğinde vibrasyonel spektroskopi sistemlerinin kullanımının artması ve kemometri alanındaki önemli ilerlemeler gıdaların işlenmesi, kalite kontrolü ve taklit/tağşiş tespiti alanlarında kullanımının büyük avantaj sağladığı görülmektedir. Özellikle 2008 yılında Çin’de süttozunda azot bakımından zenginleştirme amaçlı melamin kullanımının tespit edilmesi hem tüketici hem de Çin ekonomisinde olumsuz etkilere neden olmuştur. Bu nedenle düzenleyici kurumlar gıdayı kirleten maddeleri tanımlamak için hızlı, güvenilir ve doğru yöntemleri kullanma yönünde ilgi ve çalışmalarını arttırmışlardır (Domingo vd. 2014).

Bütün bu veriler ışığında bu çalışmanın kapsamında; farklı hayvan sütlerinin tağşiş maksadı ile birbirlerine karıştırılmaları durumunda karışım miktarının belirlenmesi ve Beyaz peynir üretiminde kullanılan süt türlerinin hangi hayvana ait olduğunun tespit edilmesine yönelik Raman spektrofotometresi tabanlı yeni bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, üç farklı türe (inek, koyun, keçi) ait süt örnekleri ve iki farklı Beyaz peynir (kültürlü ve klasik) tipi üzerinde çalışılmış ve elde edilen Raman spektrumları kemometrik bir yöntem olan temel bileşen analizi (PCA) kullanılarak analiz edilmiştir.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 Sütün Yapısı, Genel Özellikleri, Beslenme ve Sağlık İlişkisi

Süt, memeli hayvanların yavrularını beslemek için, süt bezlerinden farklı zamanlarda salgılanan, bileşiminde yavrunun tek başına beslenecek seviyeye ulaşınca kadar alması gereken bütün besin öğelerini yeterli miktarda içeren, kendine has tat ve kokuda, beyaz renkli sıvıdır (Yerlikaya ve Karagözlü 2008). Sütün salgılanması, hücrelerde sentezi ve seksresyonu olmak üzere birbirini takip eden iki aşamada gerçekleşir. Henüz kesinlik kazanmamakla birlikte sütün alveollerde oluşumunda aminoasitleri, yağ asitleri ve glukoz alveollerde hücre metabolizması ile süt bileşenlerine dönüştürülürken, tuz ve vitaminler ise filtrasyon işlemi ile kandan süte doğru aktarılır (Yetişmeyen vd. 2007).

Temel bileşimi incelendiğinde sütün % 88'inin su olduğu rapor edilmiştir (Yetişmeyen vd. 2007). Sütün kimyasal bileşimi elde edildiği hayvana bağlı olmakla beraber beslenme, hayvancılık uygulamaları sezon, çevresel koşullar, laktasyon safhası, memenin sağlığı gibi birçok faktöre de bağlıdır (Park vd. 2007). İnek sütünün bileşimine ait detaylı içerik çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 İnek sütünün bileşimi (g/100 g)

Bileşenler	Ortalama	Değişim sınırları
Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	1,031	1,026-1,033
Kurumadde (%)	12,4	11,9-14,2
Yağ (%)	3,8	3,4-6,1
Protein (%)	3,3	2,8-3,7
Kazein (%)	2,5	2,2-2,8
Albümin (%)	0,23	0,14-0,33
Laktoz (%)	4,7	4,5-5,0
Mineral maddeler (%)	0,70	0,58-0,77

Beslenme uzmanları kimyasal bileşimi nedeniyle sütü temel gıda maddesi olarak kabul etmektedirler. Özellikle kalsiyum, fosfor ve riboflavin (B2 vitamini) yönünden oldukça önemli bir kaynaktır. Bütün bunların yanında yalnızca süt bileşiminde bulunan laktoz, süt yağı, kazein, laktalbumin ve laktoglobulin gibi bazı önemli bileşenler sayesinde süt diğer besin maddelerinden farklı bir konumda yer almaktadır. Makro ve mikro besin öğelerini yüksek oranda bulundurması sebebiyle süt tüketimi kaliteli bir beslenme profilinin kanıtıdır. Süt tüketimi kalsiyum, magnezyum, selenyum, riboflavin, B12 ve pantotenik asit gibi önemli bileşenlerin iyi bir kaynağıdır. Özellikle kalsiyum gibi elementlerin biyoyararlılığı diğer besin öğelerine kıyasla daha yüksektir. Ayrıca süt, fitat veya oksalat gibi mineral alımını kısıtlayıcı bileşenler içermez (Muehlhoff vd. 2013). Süt ve süt ürünleri kardiyovasküler hastalıkların oluşumunda ve korunmasında büyük öneme sahiptir. Sütteki palmitik, lavrik ve miristik asit gibi bileşenler kandaki kolesterolü normal değerlerin altına düşmesini sağlamaktadırlar. Uzun süre sağlıklı kalabilmek için temel besin bileşenlerin büyük bir kısmının vücuda yeterli miktarda alınması gerekmektedir (Ünal ve Akalın 2006). Gıdalar ile alınan kalsiyum, enerji metabolizması ve obezite riskinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek kalsiyum diyeti, yüksek enerjili diyetle vücutta yağ birikimini azaltır; kalori kısıtlaması sırasında vücutta yağın yakılmasını artırır ve metabolizmayı korur. Böylece kilo ve yağ kaybını belirgin şekilde hızlandırır. İnsan metabolizmasına ilişkin çalışmalar kalsiyumun lipit metabolizması ve trigliserit depolamasında anahtar rol oynadığını göstermiştir. Özellikle süt ürünleri kaynaklı kalsiyum, vücutta kilo artışını engelleyerek yağ kaybını hızlandırmada belirgin şekilde etkiler yapmaktadır. Sütteki kalsiyumun bu etkisi muhtemelen sütteki anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörleri gibi ek biyo aktif bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Klinik araştırmalar en azından üç günde bir süt veya süttten ürünü içeren diyetlerin kilolu veya obez insanların kilolarında önemli oranda azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Bu veriler hem sağlıklı bir kilo verme hem de aşırı kilo ve obezite yönetimi açısından süt ürünlerinin önemli bir rol aldığını işaret etmektedir (Zemel 2005). Süt tüketiminin sağlık üzerine etkileri, uzun yıllardır çalışılan ve yazılı görsel basında geniş yankı bulan bir konu olmasına rağmen birçok tüketici hala süt ürünlerinin sağlıklı beslenme için iyi bir kaynak olduğunu tam olarak bilmemektedir.

## 2.2 Beyaz Peynir Hakkında Genel Bilgiler

En genel tanımıyla peynir, sütün enzim veya organik asitler yardımı ile pıhtılaştırılmasının ardından, üretilmek istenen peynir çeşidine bağlı olarak farklı mekanik işlemlere tabi tutulan, olgunlaştırma periyodu geçiren/geçirmeyen, kendine özgü renk, aroma, tat, koku gibi karakteristik özelliklere sahip süt ürünü olarak tanımlanabilir. Beyaz peynir ise sütün enzimler yardımıyla pıhtılaştırılarak, mezofilik laktik asit bakteriler ile üretilen ve salamurada olgunlaştırılan, yumuşak yapılı, tuzlu ve ekşi tatta bir peynir türüdür (Hayaloglu vd. 2002). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın 8 Şubat 2015 tarih ve 29261 sayılı resmi gazetede yayınladığı Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğine göre Beyaz peynir: "Hammaddenin peynir mayası kullanılarak pıhtılaştırılması ile elde edilen telemenin, tekniğine uygun olarak işlenmesiyle üretilen, üretim aşamalarındaki farklılıklara göre taze veya olgunlaştırılmış olarak tanımlanabilen, çeşidine özgü karakteristik özellikler gösteren salamuralı peyniri" şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim 2015).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda Beyaz peynirin temel bileşimi detaylı olarak çizelge 2.2'de ortaya konmuştur. Bileşim açısından oluşan farklılıklar sütün bileşimi, üretim yöntemi ile olgunlaşmanın standart bir şekilde gerçekleştirilememesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple kullanılan ham madde kadar üretim süreçlerinin izlenebilirliği oldukça önem taşımaktadır.

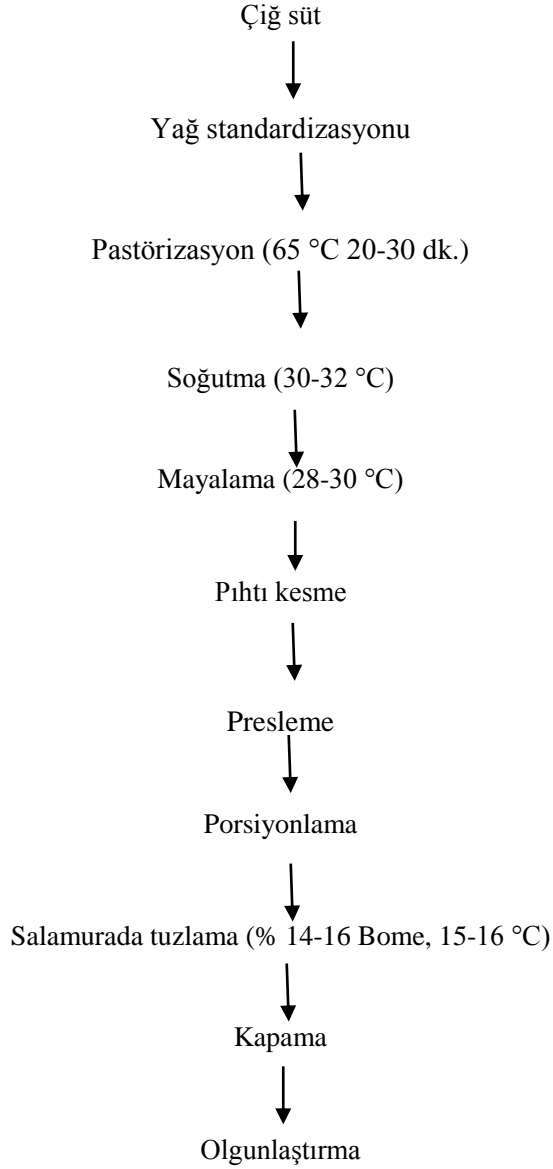
Çizelge 2.2 Farklı çalışmalardan elde edilen Beyaz peynir bileşimi ve asitlik değerleri

	Parametreler (g/100g)						Kaynaklar
	KM*	Yağ	Tuz	Kül	pH	TA	
Taze Beyaz Peynir	43,63	17,17	4,17	6,21	-	0,82	(Kurt ve Ozdemir,1995)
	44,40	18,38	4,64	-	-	0,55	(Saldamli ve Kaytanli,1998)
	41,71	20,67	4,00	-	-	1,31	(Uraz ve Şimşek,1998)
	46,94	22,75	2,00	-	-	0,94	(Gürsoy vd. 2001)
Olgunlaştırılmış Beyaz Peynir	45,30	17,93	5,53	8,11	-	1,16	(Kurt ve Ozdemir,1995)
	37,40	18,21	6,02	-	-	0,68	(Saldamli ve Kaytanli,1998)
	40,89	19,10	3,34	-	-	1,21	(Uraz ve Şimşek,1998)
	39,49	14,56	5,32	6,42	-	0,86	(Çelik ve Uysal,2009)
	39,05	18,88	4,38	-	-	0,88	(Gürsoy vd. 2001)
	40,55	18,60	3,42	-	4,84	1,06	(Sağun vd. 2001)
	38,60	17,80	5,90	6,80	-	0,35	
	40,60	19,00	5,80	6,70	-	0,54	
	39,40	17,80	6,00	6,80	-	0,66	(Dağdemir vd. 2003)
	41,10	19,10	6,10	6,80	-	0,62	
	44,39	21,22	3,84	-	4,50	2,15	(Guler ve Uraz,2004)
	40,77	16,00	8,70	9,98	-	0,16	(Celik vd. 2005)
	39,42-51,42	-	-	-	4,88-4,96	1,05-2,40	(Öner vd. 2006)
	38-46	18,2-20,8	3-3,3	-	4,6-5,3	0,8-1,3	(Cinbas ve Kilic,2006)
35,60-38,37	4,33-5,17	2,50-3,29	-	5,43-5,33	41,2-87,2	(Kavas vd. 2004)	
42,07-45,43	22,17-24,00	2,20-2,54	-	5,10-5,18	50,30-93,30	(Kavas vd. 2004)	

\*KM: kurumadde

Beyaz peynir üretim prosesi, çiğ sütün alımı ile başlayan süreçtir. Filtrasyon ve klarifikasyon ön işlemlerini takiben pastörizasyon işlemine tabi tutulmaktadır Daha sonra ise pastörize sütün soğutulmasıyla CaCl<sub>2</sub> ilavesi gerçekleştirilmekte ve starter ilavesi yapılmaktadır. Starter ilave edilmiş sütün kısa bir ön olgunlaştırma süresinden (~ 30 dk) sonra rennet ilave edilmektedir. Rennet ilavesini takiben pıhtı kesimi ve baskılama aşamaları gelmektedir. Daha sonra ise peynir kalıpları kesimi (7x7x7 cm) gerçekleştirilmektedir. Ardından peynir kalıplarını salamurada bekletme işlemine geçilmekte ve tuzlama sonu kaplara dolun ve depolama basamakları gelmektedir. Genel olarak ülkemizde Beyaz peynir üretimi şekil 2.1’de belirtilen akım şemasına göre üretilmektedir (Üçüncü 2005).

Beyaz peynirin kendine has yapı, aroma ve tada sahip olması olgunlaşma adı verilen oldukça kompleks biyokimyasal/kimyasal süreçler içeren bir dizi işlem sonrası gerçekleşmektedir. Olgunlaşma işleminde etkili faktörler arasında, kullanılan maya, sütün yapısında doğal olarak bulunan enzimler, starter bakteriler ile enzimleri ve diğer bakteriler bulunmaktadır (Fox 1989). Temelde olgunlaşma işlemi glikoliz, lipoliz ve proteoliz işlemlerini içermektedir (Fox ve McSweeney 1996). Bu süreçlerin takip edilmesi ile istenen özelliklerde Beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu süreçler kısaca tanımlanacak olursa, glikoliz peynirde kalan laktozun monomerleri olan glukoz ve galaktoza parçalanması işlemidir.



Şekil 2.1 Beyaz peynir üretim akım şeması

Lipoliz ise peynir üretim prosesi boyunca süt yağının hidrolizi işlemidir. Salamurada olgunlaştırılan Beyaz peynirlerde lipoliz düşük düzeylerde gerçekleşmektedir. Gerçekleşen lipoliz seviyesi peynir üretiminde kullanılan süte, süt lipazına, bakteriyel veya dışarıdan ilave lipaza, süte uygulanan homojenizasyon ve pastörizasyon işlemlerine, salamuradaki tuz konsantrasyonuna ve olgunlaşma işleminin gerçekleştirildiği sıcaklığa bağlıdır (El Salam vd. 1993). Lipolizin önemi peynirde aroma oluşumunda yağ fraksiyonunun katkısından gelmektedir. Lipitler, yağ asitlerinin kaynağını oluşturmak, yağ asitlerinin oksidasyonu ve aromatik bileşikler için çözücü

fazı oluşturma fonksiyonları sayesinde peynirde aromaya katkı sağlamaktadır (Collins vd. 2003). Genellikle, lipolitik enzimler, trigliseritlerin ve digliseritlerin dıştaki ester bağlarına (*sn*-1 ve *sn*-3 pozisyonları) spesifiktir (Deeth ve Touch 2000). Başlangıçta trigliseritler, 1,2- ve 2,3-digliseritlere ve ardından 2-monogliseritlere hidroliz edilmektedir. Bütanoik asit ve diğer kısa ve orta zincirli yağ asitleri, çoğunlukla *sn*-3 pozisyonunda yer almakta ve lipolitik enzimler tarafından öncelikli olarak serbest bırakılmaktadır (Christie 1983). Bununla beraber 12:0 ve 14:0 karbonlu yağ asitleri tercihen *sn*-2 pozisyonunda, 16:0 karbonlu yağ asidi tercihen *sn*-1 ve *sn*-2 pozisyonunda, 18:0 karbonlu yağ asidi tercihen *sn*-1 pozisyonunda, 18:1 karbonlu yağ asidi tercihen *sn*-1 ve *sn*-3 pozisyonunda yer almaktadır. Lipolitik enzimlerin öncelikli olarak kısa ve orta zincirli serbest yağ asitlerine etki etmektedir. Bununla birlikte, peynir örneklerinde yüksek düzeyde tespit edilen yüksek erime noktasına sahip yağ asitleri (C14, C16, C18) membran trigliseritlerinin yapısında yüksek oranda bulunurlar. Yüksek erime noktasına sahip gliseritler, yağ globüllerinin dış tarafında, düşük erime noktasına sahip gliseritler yağ globüllerinin çekirdek kısmına yerleşirler. Dolayısıyla, yüksek erime noktasına sahip gliseritler de lipazdan kolaylıkla etkilenebilmekte ve ortamda yüksek oranlarda bulunabilmektedir (Şenel vd. 2011). Pastörize sütten üretilen Cheddar ve Alman-tipi peynirlerdeki temel lipolitik ajanlar laktik asit bakterilerinin lipaz ve esterazlarıdır (Fox vd. 2000). Peynirde lipoliz sonucu açığa çıkan serbest yağ asitleri metil ketonlar, laktonlar, esterler, alkanlar ve ikincil alkoller gibi tat koku bileşiklerinin üretildiği, bir dizi katabolik reaksiyon serisinin, öncül molekülleri olarak rol oynamaktadır (Fox ve Wallace 1997, McSweeney ve Sousa 2000). Böylece peynir aromasına önemli katkılarda bulunurlar. Kısa zincirli serbest yağ asitlerinin her biri peynire farklı tat ve koku verebilmektedir. Örneğin asetik asit (C2:0) sirkemsi bir tat-koku, propiyonik asit (C3:0) tatlımsı-ekşi bir tat-koku (Normalde yağ asidi tanımlaması C4:0 ve daha büyük karbon uzunluğuna sahip bileşenleri ifade etmektedir ancak kimi kaynaklarda asetik asit (C2:0) ve propiyonik asit (C3:0) de bu sınıflandırma içine dahil edilmektedir), bütirik asit (C4:0) ransit ve peynirimsi tat-koku, kaproik asit (C6:0) keskin-keçimsi tat-koku ve kaprilik asit (C8:0) sabunumsu, küflü, ransit, meyvemsi, peynirimsi, keçimsi tat-kokuya sahiptir (Collins vd. 2003). Uçucu yağ asitleri, konsantrasyonlarına ve tat koku eşik değerlerine bağlı olarak, peynirin aromasına olumlu veya olumsuz yönde katkıda bulunabilir. Serbest yağ asidi (free fatty acid,

FFAs) miktarları peynir çeşitlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Gouda, Gruyere ve Cheddar peynirlerinde lipoliz oranı toplam trigliseritlerin % 2'sinden azdır. Bununla beraber geleneksel Feta tipi peynirlerde lipoliz oranı yüksektir. Bu peynirlerde toplam serbest yağ asidi miktarı 12000 mg FFA/kg peynir düzeyinde olabilmekte ve toplam serbest yağ asitlerinin % 30-45'ini kısa zincirli (C<sub>2:0</sub> – C<sub>8:0</sub>) FFAs oluşturmaktadır.

Proteoliz ise tekstür, tat ve aroma oluşumunda oldukça önemli rolü bulunan bir işlemdir (Fox ve McSweeney 1996). Kazein degradasyonunun, peynir yapısının gelişmesinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Beyaz peynirlerde proteoliz depolama süresince devam etmekte, tuz oranındaki artışla doğrusal bir ilişkiye sahiptir (Çakmakçı ve Kurt 1993). Buna ek olarak bazı peptitler tat ve koku oluşumuna da katkı sağlamaktadır. Literatürde bu etkenler olgunlaşma periyodu boyunca izlenerek istenen kalitede Beyaz peynir üretimi standardize edilmeye çalışılmaktadır. Örneğin, Cinbaş ve Kılıç (2006), tarafından yapılan çalışmada iki farklı ısıl işlem-zaman parametresi ile (geleneksel: 65 °C-5 dk., endüstriyel 75 °C-5 dk.) yüksek ısıl işlem (75 °C-5 dk.) uygulanan süte mezofilik kültür ilave edilerek üretilen Beyaz peynirlerin 90 gün boyunca proteoliz ve lipoliz düzeyleri incelenmiştir. Çalışmada endüstriyel ve geleneksel yöntemlerle üretilen Beyaz peynirler arasında kompozisyon, proteoliz ve lipolizde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Depolama esnasında her iki peynirde de proteolizin devam etmekte olduğu ve hem endüstriyel hem de geleneksel yöntemle üretilen peynirlerde sütün doğal yapısında bulunan bakterilerin proteolize katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Üretilen peynirlerde depolama süresince lipoliz düzeyinde önemli derecede fark görülmediği bunun nedeninin düşük pH ve yüksek tuz miktarının lipaz aktivitesini olumsuz etkilemesi olabileceği belirtilmiştir. Ancak çalışmada geleneksel yöntem ile üretilen Beyaz peynirdeki lipoliz seviyesinin, endüstriyel yöntem kullanılarak üretilen peynirden daha yüksek çıktığı belirtilmiş bunun nedeninin de geleneksel yöntemde kullanılan sütün yapısında bulunan doğal bakteriler ve denatüre olmamış lipaz enzimler olduğu belirtilmiştir (Cinbas ve Kilic 2006). Tuncel vd. tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise, belirli oranlarda inek, koyun ve keçi sütlerinden geleneksel yöntemle üretilen Ezine tipi Beyaz peynirlerin 12 aylık olgunlaştırma sürecinde proteoliz düzeyi belirlenmiştir. Çalışmada 2-20 aminoasit içeren kısa zincirli peptitler, serbest



aminoasitler, amonyak ve diğ er iz bileş enlerin göst ergesi olan % 12'lik triklorasetik asitte (TCA) ç özünen azot oranının ise depolama sü resince yaklaşık 7 kat artarak % 1,49'dan % 10,01'e ulaşt ığı, TCA'da ç özünen azot fraksiyondaki en büyük değ iş imin 90. ve 180. günler arasında saptand ığı belirtilmiştir. Benzer şekilde 700 veya 600 Dalton'dan küçük olan peptitler ile serbest aminoasitlerin bir göst ergesi olan % 5'lik fosfotungstik asitte ç özünen azot fraksiyonlarındaki değ iş imlerin de depolama sü resince artış gösterdiğ i ve en belirgin artış ın 90. günden sonra olduğ u belirtilmiştir (Tuncel vd. 2010). Beyaz peynir üretiminde bu süreçlerin izlenmesi ve olgunlaş ma periyodunun saptanması standart bir üretim prosesi için oldukça önemlidir.

### **2.3 Süt ve Süt Ürünlerinde Gıda Güvenliğ i**

Günümüzde dünyada oldukça önemli bir yer bulan gıda güvenliğ i konusunun en önemli baş lıklarından birinde süt ve süt ürünleri bulunmaktadır. Süt ve ürünleri ile ilgili 2009-2014 yılları arasında Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi'ne (RASFF: The Rapid Alert System for Food and Feed) toplamda 243 bildiri gerçekleştirilmiştir. Rapor edilen bildirimlerin çoğ u mikrobiyolojik olmakla beraber (203 bildiri) 15 bildiri (toplam bildirimlerin % 6'sı) tağ iş iş üzerine yapılmıştır. Yapılan bildirimlerin büyük çoğ unluğ unu ise peynir ürünlerinin oluşt urduğ u bildirilmektedir. Bu veriler ış ığında süt ve ürünlerinin gıda güvenliğ i konusu hala oldukça önemli bir konu olduğ u görülmektedir. Mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal gibi spesifik güvenlik kriterlerinde süt ürünlerinde yüzlerce literatür ç alışması yürütülmüştür. Halen devam etmekte olan uluslararası ç alışmalar bulunmaktadır (Van Asselt vd. 2017).

Günümüzde gıda ürünlerinin kalitesi ve güvenilirliğ i, tüm dünyada sosyal alanda ve sağ lıkta yaş anan geliş melerin konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüketicilerin bu konularda gittikçe artan bilinci, gıdada güvenilir markaların istenmesine neden olmakta ve kaliteli ürün satıldığ ından emin olunmasını gerektirmektedir (Regattieri vd. 2007). Gıda ürünlerinde taklit ve tağ iş iş , bir bileş enin kısmen veya tamamen tüketicinin bilgisi olmaksızın farklı bir bileş en ile değ iş tirilmesi durumudur. Gıda tağ iş iş i genellikle kazanç arttırmak için yapılmakta ve bazı durumlarda ciddi sağ lık sonuçlarına neden olmaktadır (Dalmia 2017). Süt ve ürünlerinde yapılan bu taklit/tağ iş iş 2008 yılında bebek sütlerine

melamin kontaminasyonunun ortaya çıkması sonucu gelişen kriz ile dünya kamuoyuna taşınmasına rağmen gerçekte oldukça eskiye dayanan bir durumdur. Tağışış ve taklitin arkasında yatan temel neden talep ve üretim arasındaki fark, ürünün kolay bozulabilen doğal yapısı, müşterinin satın alma kabiliyetinin az olması, izlenebilirlik prosedüründeki yetersizlikler ve analizlerde yaşanan olumsuzluklardır (Kamthania vd. 2014). Bu durum özellikle az gelişmiş ülkelerde oldukça hat safhada yaşanan bir sorun teşkil etmektedir.

Taklit ve tağışışın kalitatif olarak belirlenmesi uygun kimyasal reaksiyonlarda mümkün iken kantitatif olarak tayin oldukça kompleks ve değışkendir. Çünkü kantitatif tayinde kullanılacak teknik, tağışış işleminde kullanılan bileşenin doğasına bağımlılık göstermektedir. Süt ve ürünlerinde sıklıkla kullanılan tağışış materyalleri su, şeker, nişasta, glukoz, tuzlar ve farklı hayvan sütleri vb. bulunmaktadır. Sıklıkla uygulanan kimyasallar ise hidrojen peroksit, formalin, amonyum sülfat, üre, nitrat, benzoik ve salisilik asit, karbonat ve borik asit vb. gelmektedir. Ayrıca süte tağışış amaçlı farklı karışım materyallerde ilave edilmektedir ve bunlara deterjanlar, pülverize sabun ve renklendiriciler sayılabilmektedir (Azad ve Ahmed 2016). Bu materyaller ekonomik kaygıların yanında alerji, zehirlenme ve ölümle sonuçlanabilecek ciddi sağlık riskleri bulundurmaktadır (Singuluri ve Sukumaran 2014, Kandpal vd. 2012). Analizlerde kullanılan malzemelerin sayı alternatiflerinin artması kalitatif ve kantitatif metotların geliştirilmesinin önünü açmış analizlerin daha hızlı ve hassas yapılmasına olanak sağlamıştır.

#### **2.4 Süt ve Süt Ürünlerinde Analiz Yöntemleri**

Gıda kalitesinin ve özgünlüğünün saptanması, gıdayı etkin analitik yöntemlerle kapsamlı bir şekilde izlemeyi gerektirmektedir. Uluslararası ve ulusal kuruluşlar tarafından kalite güvence standartları belirlenerek gıda ürünlerinde safsızlıkların ölçülmesi ve belirlenmesi için çeşitli analitik yöntemler önerilmektedir. Bu yöntemler fiziksel özellikler, mikrobiyolojik yöntemler ve kimyasal analiz üzerine kurulmuştur. Bu yöntemlerden bazıları yeterince güçlü değildir ve gıda safsızlıklarını gerçekleştirenler tarafından kolaylıkla manipüle edilebilirken, birçoğu ise zaman alıcı ve gıdayı tahrip edici olduğu için rutin kullanıma uygun değildir. Bu nedenle, çeşitli

spektrofotometrik teknikler tarımsal gıda sektöründe kalite kontrol ve güvence için hassas ve hızlı analitik yöntemler olarak kabul görmektedir.

Taklit ve tağşiş tespitinde kromatografik (Ferreira ve Caçote 2003a), spektrofotometrik (Nicolaou vd. 2010, Santos vd. 2013), immünolojik (Bottero vd. 2002, Popelka vd. 2002) ve elektroforetik (Mayer 2005) yöntemler kullanılmaktadır. Örneğin süt ve ürünlerinde katılabilen başka yabancı proteinlerin tayini için sıklıkla sıvı kromatografisi (LC), enzim bağlı immün assay (enzyme linked immuno assay, ELISA) teknikleri kullanılırken, farklı süt türlerinin birbirine karıştırılması durumunun tespiti için polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) ve poliakrilamid jel elektroforez (PAGE) gibi analitik yöntemlerden yararlanılmaktadır. DNA ve protein tabanlı biyomoleküler metotlar daha hassas ve güvenilir olmalarına karşın kompleks matrisler için uygun olmama, ısı işlem görmüş materyalde düşük hassasiyet, yetişmiş personel ihtiyacı, uzun zaman alan ve zahmetli ekstraksiyon basamakları ile riskli kimyasalların kullanımına ihtiyaç duyma gibi çeşitli dezavantajlar bulundurmaktadır (Abdel-Rahman ve Ahmed 2007). Bu dezavantajlar nedeniyle, süt kaynağını doğru bir şekilde tanımlayacak ve karışım oranlarını belirleyecek yeni, hızlı, yüksek doğruluk ve hassasiyette bir yöntem acil ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda ürünlerinde yaşanan tağşiş olaylarının hızlı bir şekilde tespiti önem arz etmektedir. Gıda güvenliği ve kalite konularında artan tüketici bilinci ile paralel olarak da gıda ürünlerinin analizi için yeni ve giderek daha sofistike teknikler geliştirilmiştir (Reid vd. 2006). Ancak, bu tekniklerde kapsamlı örnek hazırlanması, analiz süresinin uzun olması ve tehlikeli kimyasallar kullanılması sebebiyle geleneksel tekniklerin yerine geçebilecek yeni, hızlı ve basit tekniklerin gelişimine gittikçe artan bir talep vardır.

Bu ihtiyacı karşılamak üzere spektrofotometrik teknikler önemli bir avantaj sağlamaktadır. Spektrofotometrik tekniklerin, özellikle Raman, yakın kızılötesi (NIR) ve orta kızılötesi (MIR) spektrofotometresinin, son birkaç yılda hem laboratuvar hem de tarım endüstrisinde değerli analitik yöntemler olduğu kanıtlanmıştır. Daha yakın zamanlarda, Raman spektrofotometresi ve hiperspektral görüntüleme (HIS) teknikleri tarım endüstrisinde bazı özel uygulamalar bulmakta olup, laboratuvarlarda aktif olarak kullanılmaktadır. Nitekim, bu teknikler için ölçüm aksesuarları ve dinamik kemometrik

analitik yöntemler halen gelişmektedir. Yakın zamanda yayınlanan çalışmalar, çeşitli gıda ürünlerinin kalite kontrolünde Raman spektrofotometresinin ve HIS tekniklerinin belirli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Kemometrinin spektroskopi ile kullanılması, bu teknikleri çok çeşitli ürünlerin analizi için daha uygun ve etkili hale getirmektedir (Lohumi vd. 2015).

Farklı tür süt türlerini birbirinden ayırmak ve her tür sütün özgünlüğünü belirlemek analitik olarak problemlidir. Bu problemler spektrofotometrik teknikler kullanılarak giderilebilir. Spektrofotometrik tekniklerin arkasındaki temel varsayım, gıdaların parmak izi analizine dayanmaktadır. Belirli bir kimyasal bileşimi olan süt ürünü, bir ışık kaynağına maruz bırakıldığında içermiş olduğu kimyasal bileşenler tarafından ışık absorbe edilerek süt ürününe özgün karakteristik bir spektrum elde edilmektedir. Herhangi bir doğal maddenin yapısal kompozisyonu çeşitliliğe, mevsime, coğrafi lokasyona vb. bağlı olduğu için bu tür materyallerin tipik spektrumları mevcuttur. Bu tipik spektrumlar parmak izi bölgelerini bulundurmaktadır. Spesifik türe ait parmak izi spektrum daha önceden veri kütüphanesinde kayıtlı referans ile karşılaştırılarak örneğin özgünlüğü üzerinde yorum yapılabilmektedir. Bu nedenle, analiz edilecek materyallerin kalite ve özgünlüğünü belirleyebilmek için veri kütüphanesine ihtiyaç duyulmaktadır. Elde edilen veri kümelerinin niteliği ve fazlalığı göz önüne alındığında, verilerin değerlendirilebilmesi için ise çok değişkenli kemometrik teknikler gereklidir (Karoui ve De Baerdemaeker 2007). Bu sayede yüksek veri içeriğine sahip parmak izi bölgeleri bulunduran veri setleri anlamlı bilginin ekstrakte edilmesi ve diğer bilgilerle ilişkilendirilmesi açısından büyük bir başarı göstermektedir.

Karoui ve De Baerdemaeker 2007, tüketiciler ve gıda sanayicileri tarafından hammadde ve gıdaların karakterizasyonu için yoğun talep olduğunu özellikle süt ürünlerinde (süt, dondurma, tereyağı, peynir) tağşişin önlenmesi, adil rekabeti sağlamak, dolandırıcılığın önüne geçmek için ve prim fiyatlarının belirlenebilmesi için ürün orijinalliğinin önem taşıdığını, klasik kimyasal yöntemlerle süt ürünlerinin coğrafik kökenini belirlemenin mümkün olmadığını, bu nedenle NIR, MIR, Floresans spektrofotometresi gibi spektrofotometrik cihazlar ile nükleer manyetik rezonans (NMR) cihazının coğrafi

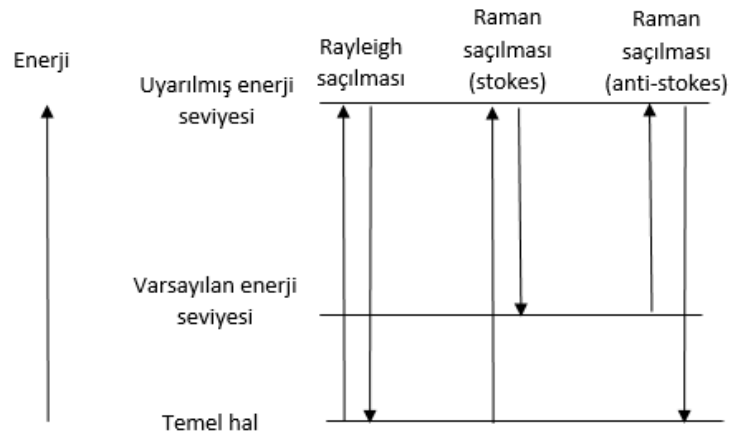
köken belirlemede önemli potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir.

#### **2.4.1 Raman spektrofotometresi**

Optik spektroskopi tekniklerinden biri olan Raman spektrofotometresi bilinen bazı metotların yerine geçebilecek potansiyele sahiptir. Bu teknik, hızlı ve basit analizlerin önemli olduğu durumlarda güvenilir bir tekniktir. Temelde ışık bir nesneye çarptığında; etkileşmeden geçebilir, soğurulabilir, soğurulup yeniden yayınlanabilir ya da saçılabilir. Raman spektrofotometresi, moleküllerin tek dalga boyuna sahip şiddetli ışın demeti ile etkileşmesi ile oluşan saçılmanın dedektör tarafından takip edilmesine dayanan bir yöntemdir. Işığın saçılması esnasında kaynaktan giden ışığın enerjisi ile saçılan ışığın enerjisinin birbirine eşit olması olayına elastik saçılma, “Rayleigh saçılması” adı verilmektedir. Raylight saçılma olayında saçılan ışığın çok az bölümü molekül ile etkileşime giren ışığın enerjisinden daha farklı enerjiler ile saçılmaktadır. Bu tür elastik olmayan saçılma olayına “Raman saçılması” denmektedir (Schrader ve Moore 1997). Raman saçılması sırasında saçılan ışığın enerjisinde, molekül ile etkileşen ışığına göre oluşan fazlalık veya azlık, ışıkla etkileşen molekülün titreşim enerji düzeyleri arasındaki enerji farkları kadardır. Bu sayede Raman saçılmasının spektrofotometrik analizi ile moleküllerin titreşim enerji seviyeleri hakkında bilgi edinilmektedir. Bu tür bir spektrofotometrik yöntem Raman spektrofotometresi adını almaktadır (Bumrah ve Sharma 2016). Raman spektrofotometresi sistemi üç temel bölümden oluşmaktadır. Bunlar lazer, numune aydınlatma sistemi ve uygun dalga boyu aralığında çalışan bir spektrometredir.

Son yıllarda, Raman spektroskopindeki ilerlemeler, bu spektrofotometrik tekniğin tarımsal ürünlerde ve gıda analizlerinde kullanımının geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Raman spektrofotometresi, numune hazırlığına gerek duyulmaması, örnek üzerinde tahribat yapmaması ve hızlı ölçüm yapması gibi pek çok avantaja bağlı olarak iç kalite ve güvenliği değerlendirmek için güçlü bir araçtır. Dar ve keskin bir şekilde çözülen bantlarından dolayı, Raman spektrofotometresi, nitel, yapısal ve kantitatif analizde büyük potansiyel göstermektedir. Numuneden gelen floresan, reaksiyon karışımının emiciliği gibi özelliklerin yanı sıra lazer gücü, tarama süreleri ve numunenin

yönlendirilmesi de dahil olmak üzere analiz koşulları, doğru miktarı belirleme işlemini tehlikeye atabilir. İç veya dış standartların uygulanması ve yüzeyde güçlendirilmiş Raman spektrofotometresi (SERS), mikro-Raman spektrofotometresi gibi yeni teknikler geliştirilmesi, analizin hassasiyetini iyileştirmek için umut vericidir. Raman spektrofotometresinin, NIR, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrofotometresi (FTIR) gibi diğer tekniklerle veya kemometrik yöntemlerle kombinasyonu oluşabilecek bazı hataların bertaraf edilmesine katkı sağlamaktadır (Yang ve Ying 2011).



Şekil 2.2 Raman saçılması olaylarının molekül enerji diyagramı

Şekil 2.2’de Raman saçılması olayının ortaya çıkışının molekülün titreşim enerji düzeyleri ile ilişkisi görülmektedir. Enerjisi  $h\nu_0$  olan ve molekülün absorplamadığı bir foton, molekül ile etkileştiğinde saçılmadan önce foton enerjisinin bir kısmını moleküllere aktarmakta veya moleküllerden bir miktar enerji fotona aktarılmaktadır. Bu enerji aktarımı olayı sonucu moleküller fotonla etkileştikten sonra farklı titreşim enerji düzeylerinde bulunmaktadır. Enerji aktarımı nedeni ile molekül, fotonla etkileşmeden önce temel titreşim enerji düzeyinde iken, etkileşmeden sonra uyarılmış bir titreşim düzeyine geçiyorsa fotonun enerjisinde azalma ve molekülün titreşim enerjisinde ise artma olmaktadır. Bu olay sonunda saçılan ışımalar Stokes hatları olarak adlandırılır. Fotonun enerjisinin saçılma sonrası arttığı durumlarda ise, molekül fotonla etkileşmeden önce uyarılmış bir titreşim düzeyinde iken, etkileşme sonrası temel titreşim düzeyine dönmekte ve böylece molekülden fotona, molekülün uyarılmış enerji düzeyi ile temel titreşim düzeyi arasındaki fark kadar bir enerji aktarılmış olmaktadır.

Bu durumda gözlenen Raman kaymalarına anti-Stokes hatları adı verilmektedir (Kneipp vd. 2000). Boltzman dağılım yasasına göre, fotonla etkileşmeden önce uyarılmış enerji titreşim düzeylerinde bulunan moleküllerin sayısı, temel titreşim enerji düzeylerinde bulunan moleküllerin sayısına kıyasla çok daha az olduğundan, anti-Stokes türü Raman saçılmasının meydana gelme olasılığı Stokes türününkine göre oldukça azdır (Bumrah ve Sharma 2016).

Bir molekülün Raman türü saçılma etkileşmesine girebilmesi için molekülün titreşimi sırasında etkileştiği fotonun frekansına eşit frekanslı olarak polarlanabilmesi ( $\alpha$ ) yani geçici bir dipol momentinin ( $\mu$ ) olması gerekmektedir. Asimetrik gerilme titreşimi sırasında molekülün dipol momentinde titreşim ile aynı fazda bir değişim olmaktadır. Titreşim sırasında oluşan polarlanabilme değişim frekansı, titreşim frekansı ile uyuşmamaktadır. Bu titreşim türü ise Raman aktif değildir (Bumrah ve Sharma,2016). Raman spektrofotometresi yöntemi ile moleküllerdeki titreşimler ile elde edilen karakteristik spektral modellerden (parmak izi) maddenin tanımı yapılabildiği gibi nicel tayine de gidilebilmektedir. Raman spektrofotometresi yöntemi ile katı, sıvı ve gaz örnekler incelenebilmektedir. Katı ve sıvı örnekler bir kapiler cam veya kuvarz tüpte tutularak spektrumları elde edilmektedir (Dent ve Smith 2005).

Raman spektrumları bir molekül için infrared spektrumları ile birlikte değerlendirildiğinde o moleküle ait hemen hemen bütün titreşimlerin görülmesini mümkün kılarak molekülün kimyasal yapısının veya nitel analizinin daha güvenilir sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Moleküllerin yapısında bulunan  $-C=C-$ ,  $-C\equiv C-$ ,  $-N=N-$ ,  $-S-S-$ ,  $-C-O-C-$  türü titreşimler ile halkalı bileşiklerde gözlenen halka daralması, halka genişlemesi titreşimi nedeni ile şiddetli Raman hatları oluşmaktadır. Böylece infrared spektrumunda şiddeti az olan bu bandlar Raman yöntemi ile rahatça ölçülebilmektedir. Biyolojik çalışmalarda IR yönteminin su varlığında kuvvetli absorplama özelliği göstermesi sorun yaratmaktadır. IR'nin aksine Raman spektrofotometresi ile sulu ortamda bulunan numune analizi daha kolay gerçekleştirilmektedir. Biyolojik çalışmalar için IR spektrofotometresinin dezavantajları nedeniyle Raman spektrofotometresi önem kazanmıştır (Moldenhauer ve Yvon 2005).

Normal Raman spektrofotometresi sulu ortamda çalışmaya olanak sağlamasına rağmen, düşük şiddet ve hassasiyetle çalışmasından dolayı, zamanla yerini Rezonans Raman Spektrofotometresine (RRS) bırakmıştır. RRS, floresans girişiminin daha az olduğu spektrumların eldesinde, konjuge aromatik yapılara karşı verdiği cevap ve elde edilen sinyaller daha nettir (Efrima ve Zeiri, 2009). Rezonans Raman saçılım olayı, bir analitin elektronik absorpsiyon pikine oldukça yaklaşan dalga boyları ile uyarılması sonucu Raman şiddetlerinin büyük ölçüde güçlendiği bir durumdur. Bu koşul altında çoğu Raman bandlarının şiddetleri  $10^2$  ile  $10^6$  kat kadar kuvvetlenmektedir. Bunun sonucunda rezonans Raman spektrumları  $10^{-8}$  M'a kadar düşürülebilen analit derişimlerinde kullanılabilir. Rezonans kuvvetlendirmesi, kromofor grupları nedeniyle ortaya çıkan Raman bandlarından oluştuğundan rezonans Raman spektrumları genellikle birkaç çizgiden oluşmaktadır (Skoog vd. 1998).

Raman saçılması, moleküllerin titreşimli parmak izine de ulaşım olanağı sağlamaktadır (El Abassy vd. 2011). Son yıllarda, Raman spektroskopisinin kullanıldığı çalışmalara örnek olarak süt yağı içeriğinin analizi (El Abassy vd. 2011), hayvansal yağın ayrıştırılması (Abbas vd. 2009), natürel sızma zeytinyağındaki serbest yağ asitlerinin tespiti (El Abassy vd. 2009), natürel sızma zeytinyağının doğrulanmasında ve kantitatif analizinde, yemeklik sıvı yağların lipit oksidasyonunun takip edilmesi gösterilebilir (Muik vd. 2005). Raman spektrofotometresi ile birlikte kemometrik metotların uygulanması ise yeni bir yaklaşımdır. Çok değişkenli veriler ile ilgili olarak bir değerlendirme yapıldığında, kemometrik metotların nitel ve nicel analizlerin pek çok sorununun çözümünde katkıda bulunduğu ve kolaylaştırdığı gözlemlenmektedir.

## **2.5 Veri Analizi**

Kemometri, kimyasal analiz yolu ile elde edilen çıktılarının yorumlanmasına yardımcı olan matematiksel ve istatistiksel metotların bilgisayar programlarıyla kullanıldığı bilim dalı olarak bilinmektedir. Spektrofotometrik yöntemler özellikle gıda endüstrisinde meyve, sebze, tahıl ve tahıl ürünleri, süt ürünleri, yağlar, balık ürünleri, içecekler gibi akla gelebilecek birçok gıda ürününün kalite parametrelerinin belirlenmesine yönelik birçok farklı çalışmada kullanılmakta ve geliştirilmeye devam etmektedir (Huang vd.



2008). Kemometrik metotlar, spektroskopi alanında yapılan çalışmalarda karşılaşılan karmaşık spektral verilerin işlenmesi sırasında elde edilen kalibrasyonun ya da sınıflandırmanın uygun çıkmaması gibi sorunların çözümü için birçok yol sunabilirken, veri analizinde bilgisayar programları aracılığıyla istatistiksel modellerin kullanılmasına izin veren bir araç olarak bilinmektedir (Shah vd. 2007). Temelinde düzensiz ve karmaşık verilerin matematiksel ve istatistiksel yöntemler ile karakterize edilmesi ve elde edilen sonuçların test edilmesi olan kemometrik metotlar, deneysel tasarım, modelleme, sinyal işleme, yapı tanıma, kalibrasyon, sınıflandırma, yapay zeka yöntemleri, resim işleme gibi uygulamaları da içine alan konulardan oluşmaktadır (Dinç 2007).

Kısmi en küçük kareler (Partial Least Squares, PLS) yöntemi sıklıkla tercih edilen bir kemometrik yöntemdir. Bu yöntem, kalibrasyon elde etmek için kullanılan klasik regresyon yönteminin uygulanmasının zor olduğu karmaşık veri setlerini çözümlmek için kullanılır. Aynı zamanda bu yöntem, gıdanın tayin edilmesi istenilen özelliği ile spektroskopi sisteminden elde edilmiş bağımsız değişken olarak tanımlanan spektrum verisi arasında, temel bileşenlerin kullanılmasıyla bir ilişki kurulmasını ve kalibrasyon eğrisinin çıkarılmasını sağlamaktadır (Polat 2014).

Klasifikasyon için sıklıkla kullanılan diğer bir kemometrik metot olan Temel bileşen analizi (Principal Component Analysis, PCA) ise veri topluluğundaki benzerlik ve farklılıklardan yola çıkarak verileri çözümlmek ve model kurmak için alternatif bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. PCA'nın temel prensibi, verideki bağımsız yapıları tanımlayan ve toplam bilgiyi kaybetmeden veri yoğunluğunu düşürerek temel bileşenleri tanımlamasına ve böylece verideki benzerlik ve farklılıkları gruplar halinde göstermesine dayanmaktadır (Shin vd. 2010). PCA ile oluşturulan modeller yardımıyla birçok gıda bileşeninin bir gıda matrisinde sınıflandırılması mümkün olmaktadır. PCA ve PLS gibi kemometrik metotlar yardımıyla gıdaların farklı spektrofotometrik yöntemler ile sınıflandırılması ve gıda bileşenlerinin kantitatif olarak tayin edilebilmesi halen geliştirilmekte olan ve gelecek vaat eden çalışma konularından biri haline gelmiştir.

Literatürde farklı gıda analizlerinde spektrofotometrik çalışmaların kemometrik yaklaşımlar ile birlikte kullanılarak taklit ve tağşiş saptamada başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Bunlara örnek olarak Boyacı vd (2014), değişik oranlarda (% 25, % 50, % 75, w/w) sığır eti ile at etini karıştırarak bu karışımdan elde ettikleri hayvansal yağları Raman spektrofotometresinde analiz etmiş ve elde edilen sonuçları kemometrik metotlardan biri olan PCA metodu ile değerlendirmişlerdir. Yapılan inceleme sonucunda Raman spektrofotometresi ile sığır eti ile at etinin birbirinden çok kısa sürede ayırt edilebileceğini belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Uysal vd. (2013), tereyağı ile margarin karışımının Raman spektrofotometresi kullanılarak tespit edilebilirliği ile ilgili çalışmada kemometrik bileşen analizlerinden PCA, temel bileşen regresyonu (PCR), PLS ve yapay sinir ağları (ANNs) kombine olarak kullanılmıştır. Tereyağı, margarin ve karışımlarının sınıflandırılmasında PCA, karışma oranlarının tespitinde PCR, PLS ve ANN kullanılmıştır. Oluşturulan modellerin validasyonunda elde edilen katsayı ( $R^2$ ) değerleri sırasıyla 0,968, 0,987 ve 0,978 olarak belirlenmiş, sonuç olarak Raman spektrofotometresi, kemometrik analiz metotları ve ANN kombinasyonun tereyağı saflık analizlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir. De Almeida vd. (2012) ise yaptıkları çalışmada FT-Raman spektrofotometresi kullanılarak süttozu kalitesinin değerlendirmeye çalışmışlardır. Nişasta ve peynir altı suyu katılmış süttozu örneklerin Raman spektrumları elde edilmiş, spektrumlara PLS kemometrik analiz tekniği uygulanarak nicel bir yöntem geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kıyaslama için kullanılan asid ninhidrin metodu ile % 95 benzerlik göstermiştir. Mevcut çalışma ile süttozu kalitesinin analitik kalitesinin tespitinde Raman spektrofotometresinin kullanım potansiyelinin olduğu açıkça belirlenmiştir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Çiğ süt**

Çalışmanın yürütülmesinde 20 adet inek, 20 adet koyun ve 20 adet keçi sütü örnekleri kullanılmıştır. İnek sütleri Ankara'nın Kazan ilçesinden ve Eskişehir'in Alpu ilçesinden, koyun sütü Ankara'nın Sincan ilçesinden, keçi sütü ise Ankara'nın Kazan ilçesinden temin edilmiştir. Sütler direkt üreticiden taze olarak teslim alınmıştır. Temin edilen sütler sağımdan hemen sonra alınarak laboratuvara ve peynir üretiminin yapıldığı tesise soğuk zincir içerisinde nakledilmiştir. Bu sütlerde öncelikli olarak tür ayrımının yapılabilirliği irdelenmiştir.

##### **3.1.2 Starter kültür**

Kültürlü Beyaz peynir üretiminde starter kültür olarak Chr Hansen firmasının RST-743 liyofilize starter kültürü kullanılmıştır. Bu kültürün seçilmesinin nedeni son yıllarda ülkemizde süt fabrikaları tarafından tercih edilen bir kültür olması ve aynı zamanda hem mezofilik hem de termofilik kültür olmasıdır. Homofermentatif bakteri suşlarının karışımından oluşan, gaz üretmeyen, mezofilik ve termofilik bir kültürdür. Mezofilik bakteri olarak *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ile *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* ve termofilik bakteri olarak *Streptococcus thermophilus* içermektedir.

##### **3.1.3 Peynir mayası**

Beyaz peynirlerin üretiminde Chr Hansen firmasının %80-85 kimozin %15-20 pepsin içeren doğal şirdenden üretilmiş enzimi kullanılmıştır (Chr. Hansen Holding A / S, Boege Alle 10-12, 2970 Hoersholm, Danimarka).

## 3.2 Yöntem

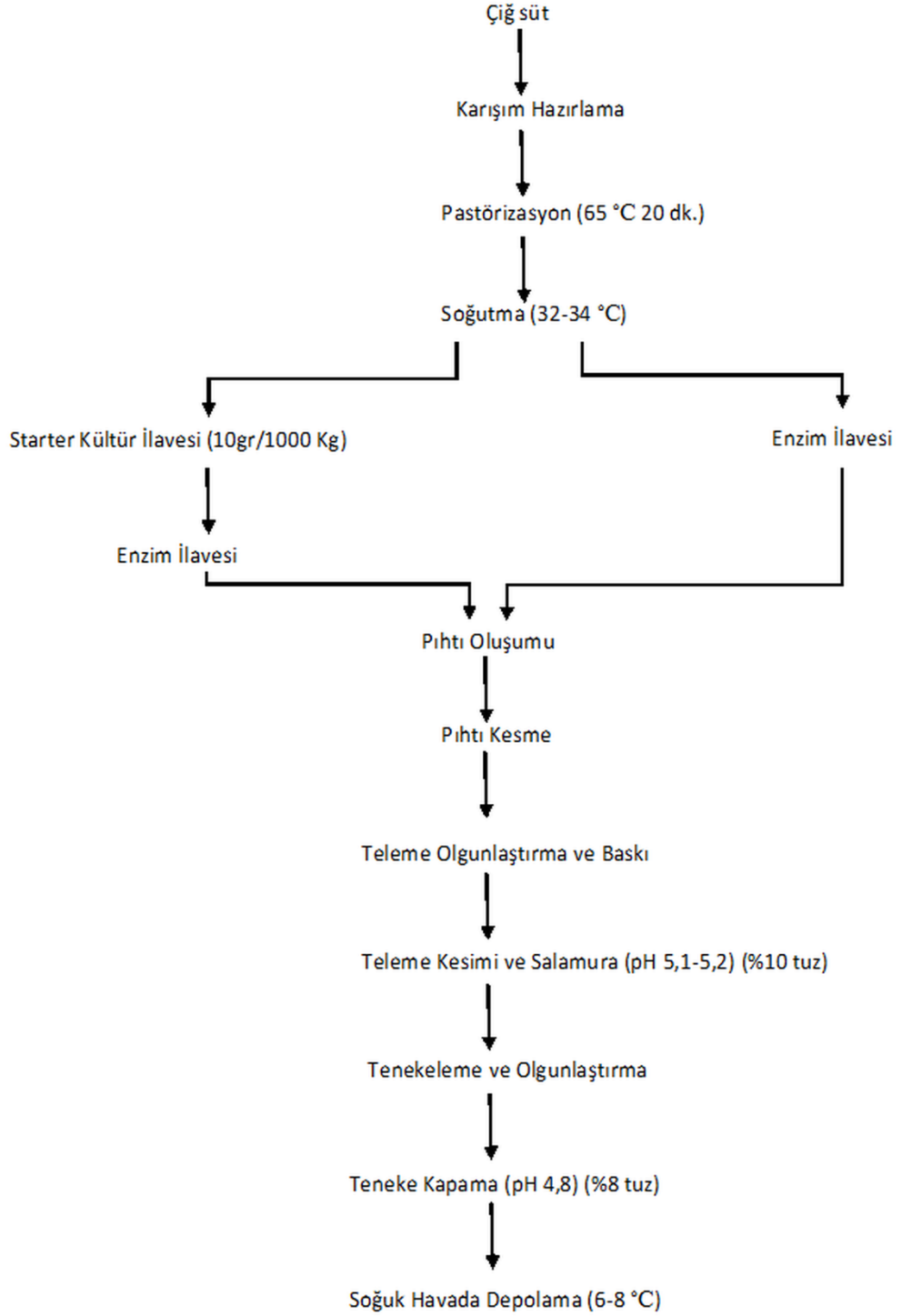
### 3.2.1 Beyaz peynir üretimi

Tez çalışması kapsamında inek, koyun ve keçi sütleri tek başına ve farklı tür sütler belirli oranlarda karıştırılarak Beyaz peynir üretiminde kullanılmıştır. Beyaz peynir üretiminde kullanılan sütlerin birbiriyle karışım oranları aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

- a) % 100 İnek, % 100 Koyun, % 100 Keçi sütleri kullanılarak ayrı ayrı üretilmiş ve kontrol örneği olarak kullanılmıştır.
- b) % 50 İnek + % 50 Koyun
- c) % 50 İnek + % 50 Keçi
- d) % 50 Koyun + % 50 Keçi
- e) % 34 İnek + % 33 Koyun + % 33 Keçi

Çalışmada materyal olarak kullanılan Beyaz peynir iki farklı üretim prosesine göre üretilmiştir. Bunlar, starter kültür kullanılarak Beyaz peynir üretimi ve starter kültür kullanmadan (klasik) Beyaz peynir üretimi şeklindedir. Soğuk zincirde peynir üretim merkezine ulaştırılan çiğ süt örnekleri uygun standartlara getirildikten sonra 65 °C'de 20 dk. pastörizasyon işlemi ve takiben 32-34 °C'ye soğutma işlemi uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra klasik üretim yöntemi ve starter kültür kullanılarak üretim yöntemi olmak üzere iki farklı yöntemle Beyaz peynir üretimleri gerçekleştirilmiştir. Klasik üretim yönteminde, soğutmayı takiben rennet enzim ilavesi, pıhtılaşma, pıhtı işleme, baskılama, tuzlama, tenekeleme ve olgunlaştırma, teneke kapama (pH=4.8, % 8 salamura) ve soğuk havada (6-8 °C) depolama işlemleri uygulanmıştır. Starter kültür kullanılarak gerçekleştirilen üretim yönteminde soğutmayı takiben starter kültür (10gr/1000 ml w:v) ilavesi ile rennet enzimi ilavesi yapılmıştır. Daha sonra pıhtı oluşumu, pıhtı kesme, teleme olgunlaştırma ve baskı işlemlerini takiben telemenin kesimi ve salamura işlemi (pH=5.1-5.2 ve % 10 salamura) uygulanmıştır. Son aşamada ise tenekeleme ve olgunlaştırma işlemini takiben teneke kapama (pH=4.8 ve % 8 salamura) sonrası soğuk havada (6-8 °C) depolama gerçekleştirilmiştir.

Beyaz peynirlerin üretimine ait proses şeması ve resimler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Beyaz peynirlerin üretim şeması

Aynı gün içerisinde aynı tür sütlerin hem kültürlü hem de klasik metotla üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen peynirler 6 °C'deki soğuk hava deposuna alınarak 0, 30, 60, 90 ve 120 gün olgunlaştırılmıştır. Örnekler -18 °C'deki dondurucularda analiz edilene kadar depolanmıştır.



şekil 3.2 ön hazırlık aşaması



şekil 3.3 Telemenin baskılanması



Şekil 3.4 Beyaz peynirlerin olgunlaştırılması

Çiğ sütlerdeki analizler ve iki tekerrür halinde üretilen Beyaz peynirlerde analizler iki paralel olarak yapılmıştır.

### **3.2.2 Çiğ süt analizleri**

#### **3.2.2.1 Bileşim analizi**

Çiğ süt örneklerinin bileşim analizleri (yağ, laktoz, protein, kurumadde) FTIR sistemi (CombiFoss™ FT+; FOSS Analytical Hillerød, Danimarka) kullanılarak cihazın analiz yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (Anonymous 2013)

#### **3.2.2.2 Sütte titrasyon asitliği tayini (SH)**

Beyaz peynir üretiminde kullanılacak çiğ sütlerde titrasyon asitliği SH (Soxhelet Henkel) yöntemiyle TSE standartına göre yapılmıştır (Anonim 1994).

#### **3.2.2.3 pH ölçümü**

pH değerinin ölçümü WTW İnoLab Ids Multi 9420 model cihazında (Xylem Analytics, Almanya) standart yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.2.4 Toplam bakteri sayısı

Bentley BactoCount IBC-M marka cihaz kullanılarak Flow cytometry tekniği ile toplam canlı sayısı tespit edilmiştir (Bentley Instruments, Chaska, MN, ABD). 60 adet çiğ süt örneği için 60 ml hazır tampon çözeltisi (disodyum tetraborat ve decahydrad tamponu pH= 9,58, Bentley Instruments, Chaska, MN, ABD), ışısız ortamda muhafaza edilmiş 60 ml hazır enzim solusyonu(subtilisin, pH=7, 1, Bentley Instruments, Chaska, MN, ABD) ve 60 ml hazır boya çözeltisi (Propidium iodid, pH= 8,5, Bentley Instruments, Chaska, MN, ABD) karıştırılarak çözelti hazırlanmıştır. Her analiz için 1 ml örnek ile 3 ml hazırlanan çözelti karıştırılarak sayım cihazında toplam bakteri sayımı yapılmıştır (Anonymous 2011).

### 3.2.2.5 Yağ asidi analizi

Standart Folch yöntemi (Folch vd. 1957) modifiye edilerek saf yağ ekstrakte edilmiştir. Modifiye Folch metodunda, 180 ml çiğ süt örneği alınarak kloroform:metanol (2:1, v:v) karışımıyla muamele edilmiştir. Daha sonra üzerine 36 ml (% 10) NaCl ilave edilerek 15 dk. vorteks ile karıştırılmıştır. Sütler daha sonra 50 ml'lik Falcon tüplerine doldurularak 4 °C ve 10.000 rpm'de 20 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında alttaki fazda toplanan kloroform ve yağ karışımı pipetle alınarak içerisinde nem tutucu olarak Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bulunan filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen filtrattaki kloroform, azot gazı yardımıyla çeker ocakta uçurularak saf yağ elde edilmiştir. Elde edilen saf yağların bir kısmı direkt Raman spektrumlarının elde edilmesi için kullanılmıştır.

Ayrıca saf yağların metil ester formları oluşturularak Gaz kromatografisi (GC) ile Arslan vd.'ye göre analiz edilmiştir (Arslan vd. 2010). Elde edilen yağlardan yağ asidi metil esterleri (FAMES), IDF standardına göre hazırlanmıştır (Anonymous 1999). Yağ örneği (0,2 g), 4 ml heksanda çözüldükten sonra üzerine 0,4 ml 2 N KOH (metanolde hazırlanmış) ilave edilmiştir. Karışım 2 dk. vortekste karıştırılmış, ardından 5 dk. 5000 rpm devir hızında santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucu oluşan üstteki berrak fazdan 1,5-2 ml vial'lere alınarak gaz kromatografisinde analiz edilmiştir. FAMES'in analizinde TRACE GC Ultra GC sistemi (ThermoScientific, Rodano, Italy)



kullanılmıştır. Yağ asitlerinin tanımlanmasında Standard FAMES mix (Supelco, CRM47885, Sigma-Aldrich, St. Louise, MO) kullanılmıştır. Sonuçlar % yağ asidi oranı olarak ifade edilmiştir. Serbest yağ asidi analizleri için kullanılan GC koşulları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Serbest yağ asidi analizleri için kullanılan GC koşulları

Parametre	Spesifikasyon
Kolon ismi	HP- 88 (J&W Scientific, CA) kolon (100 m uzunluk x 0,25 mm iç çap x 0,20 µm film kalınlığı)
İnjesiyon	Split 1:10, Helyum taşıyıcı gazı 1mL/dk. akış hızı, 1 µl injeksiyon, 240 °C injeksiyon sıcaklığı
Dedektör	FID, 260 °C dedektör sıcaklığı
Sıcaklık programı	3 dk. 100 °C’de bekletilmiş, daha sonra 4°C/dk. artarak 240 °C’ye yükseltilmiştir. Bu sıcaklıkta 10 dk. tutulmuştur.

### 3.2.2.6 Serum protein analizi

Çiğ süt örnekleri 2 N HCl kullanılarak pH  $\leq 4.6$ ’da yağ, serum ve kazein fazlarına ayrılmıştır. Elde edilen serum fazındaki serum protein bileşimi yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile analiz edilmiştir (Ferreira ve Caçote 2003b). pH’sı 4.6’nın altına düşürülen sütler 4 °C ve 10.000 rpm’de 20 dk. santrifüj edilmiştir. Fazlar birbirinden ayrıştırıldıktan sonra serum fazı ayrı bir falkon tüpüne alınarak 4 °C ve 10.0000 rpm’de 10 dk. yeniden santrifüj edilmiştir. Bu işlemle serum fazda kalması muhtemel yağ ve kazein fazlarının, ortamdan tamamen ayrılması sağlanmıştır. Yağ ve serum fazları falkon tüpünden alındıktan sonra geriye kalan kazein fazı ise üzerine yeniden saf su ilave edilerek 4 °C ve 10.000 rpm’de 10 dk. santrifüj edilmiştir. Yıkama işleminden sonra elde edilen kazein ve serum fazlarının Raman spektrumları elde edilmiştir.

### 3.2.2.7 Çiğ süt örneklerinin spektrofotometrik analizi

Tağışışın belirlenmesi amacıyla çiğ süt örneklerinin direkt Raman spektrumları ile çiğ sütün yağ, kazein ve serum fraksiyonlarının Raman spektrumları bölüm 3.2.2.8'de belirtildiği şekilde elde edilerek sonuçlar kemometrik veri analizleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çiğ sütlerde Folch yöntemine göre daha fazla yağ elde edebilmek amacıyla yağ standardizasyonu yapılmamıştır. Sütlerin analiz edilmeden önce karışım oranları aşağıda belirtilen oranlara göre yapılmıştır.

- a) % 100 İnek, % 100 Koyun, % 100 Keçi
- b) % 50 Koyun + % 50 İnek
- c) % 50 İnek + % 50 Keçi
- d) % 50 Koyun + % 50 Keçi
- e) % 34 İnek + % 33 Koyun + % 33 Keçi

Raman spektrumları elde edildikten sonra, ilk aşamada farklı türlerden sağlanan çiğ süt örneklerinin ve bu örneklerin karışımlarının ayrıştırılması için PCA (Versiyon 7.5.2, Windows 7, Eigenvector Research Inc., Wenatchee, WA) kullanılmıştır. Sonrasında çiğ süt örneklerinde farklı türlerden sütlerin karışım oranları PLS (Versiyon 7.5.2, Windows 7, Eigenvector Research Inc., Wenatchee, WA) yöntemi kullanılarak saptanmıştır.

Çiğ süt örneklerinin yanı sıra sütün yağ, serum ve kazein fraksiyonları elde edilerek bu fraksiyonların Raman spektrumlarının PCA ve PLS analiz yönteminin başarısı üzerine etkisi incelenmiştir. Bu aşamada öncelikle çiğ sütün yağı ayrıştırılarak süt yağı fraksiyonu üretilmiştir. İkinci olarak süt serum fazı elde edilmiş son olarak süt kazein fraksiyonu üretilerek Raman spektrumu ve kemometrik analizi gerçekleştirilmiştir.

Çiğ sütlerin Raman spektrumları elde edilirken analiz örnekleri 25 °C'de sabit sıcaklığa getirildikten sonra Raman kuvvetlerine alınması ve sonrasında Raman spektrumlarının

kaydedilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Süt yağı fraksiyonunun Raman spektrumunun elde edilmesi işleminde ise süt içerisindeki yağ, Folch metodu (Folch vd. 1957) modifiye edilerek ayrıştırılmıştır (bkz 3.2.2.5). Santrifüj sonunda alt fazda biriken kloroform ve yağ karışımındaki kloroform çeker ocakta azot evaporasyonu ile uzaklaştırılmıştır. Yağ içerisinde kloroform kalıp kalmadığı, Raman spektrofotometresi ile kontrol edilmiştir. Bunun için öncelikli olarak saf kloroform:methanol karışımının 700-800  $\text{cm}^{-1}$ 'de Raman piki oluşturduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veri ışığında yağ 700-800  $\text{cm}^{-1}$ 'de Raman piki oluşturmayana kadar evaporasyona devam edilmiştir.

Süt serumu ve kazein fraksiyonunun Raman spektrumunun elde edilmesi amacıyla kazein ve serum fazlarının Raman spektrumları üretilerek farklı tür sütlerin birbirinden ayırt edilebilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bölüm 3.2.2.6'da belirtilen yöntemle göre çözünür ve çözünmeyen fraksiyonlar elde edilmiştir. Elde edilen fazların Raman spektrumları alınarak incelenmiştir.

Sütün pastörize edilerek muhafazası, dondurularak muhafazası ve koruyucu madde (sodyum azid) ilave edilerek muhafaza işlemlerinin Raman spektrumlarının üretilmesine olumsuz etkilerinin olup olmadığını belirlemek amacıyla;

- a) Sütler 75 °C'de 20 dk. pastörize edilerek soğutulmuş ve Raman spektrumları üretilmiştir.
- b) Sütler -40 °C'de dondurulmuş ve 48 saat bekletildikten sonra çözdürülerek Raman spektrumları üretilmiştir.
- c) Sütlere koruyucu amaçla değişik oranlarda Sodyum azid ( $\text{NaN}_3$ ) ilave edilerek karıştırılmış Raman spektrumları üretilmiştir.

Yukarıda belirtilen her üç uygulamanın da Raman spektrumlarının üretilmesinde olumsuz etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak uygulama kolaylığı ve daha sonra tez kapsamında üretimi gerçekleştirilecek olan Beyaz peynir örneklerinin yapılacağı

analizlere kadar muhafazası için dondurarak muhafaza yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

### 3.2.2.8 Raman spektrumlarının üretilmesi

Çalışmada Raman spektrumlarının elde edilmesi için kullanılan sistem aşağıda verilmiştir. Raman spektrumlarının elde edilmesinde 532 ve 785 nm dalga boyuna sahip Raman sistemleri (DeltaNu Inc., Laramie, WY) kullanılmıştır. Aşağıda kullanılan sistemler hakkında detaylı bilgi ve görüntüler verilmiştir (Şekil 3.1).785 nm Raman ölçümleri lazer gücü 100 mW, integrasyon süresi 20 sn, lazer ölçüm sayısı 4 şeklinde alınmıştır ve alınan ölçümler üst üste eklenerek son spektrum elde edilmiştir. 532 nm Raman ölçümleri lazer gücü 100 mW , integrasyon süresi 1 sn, lazer ölçüm sayısı 4 şeklinde alınmıştır. Alınan ölçümler üst üste eklenerek son spektrum elde edilmiştir.



Şekil 3.5 DeltaNu Examiner-532 Mikro Raman sistemi

### 3.2.3 Beyaz peynir analizleri

#### 3.2.3.1 Bileşim analizi

Beyaz peynirlerde depolama sürecinin 0, 30, 60, 90 ve 120. günlerinde kurumadde, pH değeri ve yağ analizleri standart yöntemler ile gerçekleştirilmiştir (Ardö ve Polychroniadou 1999, Metin ve Öztürk 2010). Peynir içerisindeki tuz miktarı potansiyometrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Fox 1963). Protein miktarı Dumas protein tayin cihazıyla (Thermo Flash 4000,Thermo Inc., ABD) ölçülmüştür.

Depolama sürecinin 0, 30, 60, 90 ve 120. günlerinde bileşim analizleri ile beraber yeterli miktarda örnek alınarak salamurası uzaklaştırılmış ve -18 °C’de dondurulmuştur. Beyaz peynirlerin olgunlaşma süresince oluşan değişimlerin ölçüm duyarlılığı ve tür identifikasyonu üzerine etkileri incelenmiştir.

### **3.2.3.2 Proteolizin takibi**

Beyaz peynir örneklerinde proteolizin izlenmesi amacıyla, öncelikle suda çözünen ve çözünmeyen fraksiyonlar elde edilmiştir (Kuchroo ve Fox 1982, Ardö ve Polychroniadou 1999). Bu amaçla; homojen hale getirilmiş peynir örneklerinden 7 g tartılmış ve üzerlerine 35 ml deiyonize su (40 °C) eklenmiş ve homojenize edilmiştir. 2 N HCl kullanılarak pH 4.6’ya ayarlanmıştır. 1 saat 40 °C su banyosunda bekletilmiş ve daha sonra 3000 rpm’de ve +4 °C de 30 dk. santrifüj edilmiştir. Üstte biriken yağ fazı spatül ile uzaklaştırıldıktan sonra süpernatant Whatman 113 ile filtre edilmiştir. Süpernatant analiz gününe kadar -20 °C’de bekletilerek bölüm 3.2.4.5.’de belirtildiği şekilde HPLC cihazı ile analiz edilmiştir.. Elde edilen filtratta Dumas cihazı ile azot tayini yapılmıştır.

### **3.2.3.3 Yağ asidi metil ester (FAME) analizi**

Toplam lipid ekstraksiyonu, modifiye edilmiş Folch metoduna göre yapılmıştır (Folch vd. 1957). 10 g peynir tartılıp, üzerine 70 ml solvent (kloroform:metanol, 2:1) ilave edildikten sonra Heidolph homojenizatör (Heidolph Instruments GmbH Co., Schwabach, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Bu karışımın üzerine 25 ml % 2’lik NaCl ilave edilip 2 dk. daha homojenize edildikten sonra 15 dk. 5000 rpm’de santrifüj edilmiştir. Ayırma hunisine aktarılan karışımın alt fazı, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yardımıyla süzülerek başka kaba aktarılmıştır. Ardından Rotary evaporatörde yağ-kloroform karışımındaki kloroform uzaklaştırılmıştır. Beyaz peynirlerin yağ asiti metil ester eldesi ve analizi 3.2.1.5’de belirtildiği gibi yapılmıştır.

### 3.2.3.4 Lipoliz takibi (Serbest yağ analizi)

Beyaz peynirlerde serbest yağ asitleri gaz kromatografisi kullanılarak De Jong ve Badings (1990)'da belirttiği şekilde yapılmıştır. Bu amaçla, 3 g peynir, vidalı kapaklı tüpe alınarak üzerine 8 g susuz Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile bir havan içinde homojen hale gelinceye kadar ezilmiştir. Bu homojen karışım ağız sıkıca kapatılabilen bir cam kaba aktarılarak üzerine 0,3 ml 2,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1 ml iç standart çözeltisi (herbiri 0,5 g/l konsantrasyona sahip olacak şekilde, pentanoik asit (C5:0), nonanoik asit (C9:0), heptadekanoik asit (C17:0) ve 15 ml eter/heptan (1:1) ilave edilmiştir. Örnekler 1 dk. vortekslenmiş ve 500 g'de 2 dk. santrifüjlenmiştir. Daha sonra üst çözücü faz (süpernatant) diğer 1 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içeren tüpe aktarılmış ve bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Lipit ekstraktı 10 ml heptan ile koşullandırılmış katı faz ekstraksiyon(SPE) aminopropil kolondan geçirilmiştir (Thermo Fisher Scientific, Bellefonte, PA). Nötral trigliseritler hekzan-2-propanol karışımı (2:1) kullanılarak uzaklaştırılmış ve serbest yağ asitleri % 3 formik asit içeren 2,5 ml dietil eter kullanılarak elde edilmiştir. GC viallerine alınan numunelerden 1 µl direkt olarak GC'ye enjekte edilmiştir.

Peynir örneklerinden izole edilen serbest yağ asitleri Thermo Scientific TRACE GC ULTRA model GC sistemi (Thermo Scientific, Rodano, Italy) ile analiz edilmiştir. GC sistemi, model AI 3000 bir otosampler ve alev iyonlaşma dedektöründen (FID) oluşmakta ve Chrom Quest yazılımı ile kontrol edilmektedir. Analiz koşulları çizelge 3.2'de verilmiştir. Sonuçlar mg serbest yağ asidi/kg peynir olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2 Serbest yağ asidi analizleri için kullanılan GC koşulları

Parametre	Spesifikasyon
Kolon tipi	TR-FFAP kolon (30 m uzunluk x 0.25 mm iç yapı x 0.25 µm film kalınlığı, Thermo Fisher Scientific, Bellefonte, PA)
Taşıyıcı faz	Helyum
Akış hızı	2 ml/dk.
Split oranı	10:1
Enjeksiyon	240 °C
Dedektör	FID, 260 °C
Ayrım sıcaklığı	Kolon sıcaklığı 90 °C'den başlatılmış ve bu sıcaklıkta 1 dakika beklendikten sonra 240 °C'ye çıkartılmıştır (7 °C/dk.) ve bu sıcaklıkta 10 dk. sabit tutulmuştur.

### 3.2.3.5 Serum proteinlerinin HPLC analizi

pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonu HPLC ile incelenerek, serum proteinlerindeki farklılıktan tür identifikasyonu yapılmaya çalışılmıştır (Ferreira ve Caçote 2003b).

Peynir örneklerinden hazırlanmış olan pH 4.6 da çözünen fraksiyon 1:1 oranında % 0,2 trifloroasetik asit (TFA, v:v) içeren deiyonize su ile karıştırılmış ve 15.000 rpm'de, 30 dk. süreyle santrifüj edilmiş ve süpernatanttan HPLC viallerine alınarak analiz için hazır hale getirilmiştir. Bu amaçla; ThermoFinnigan SpectraSystem HPLC (ThermoScientific, Rodano, Italy) sistemi kullanılmıştır. Kromatografik ayırım, Phenomenex jupiter C18 (250×4,6 mm, 5 µm, 300 Å) (Phenomenex, Torrance, CA) RP-HPLC kolonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mobil faz A olarak, % 0,1 TFA (v/v) içeren deiyonize su ve Mobil faz B olarak, % 0,1 TFA içeren far UV grade asetonitril (v/v) kullanılmıştır. Ölçümler 214 ve 280 nm'de yapılmıştır. Elusyon gradient olarak gerçekleştirilmiştir (Topçu ve Saldamli 2006; Bulat ve Topçu 2019). HPLC analizinde kullanılan program Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 HPLC’de peptit analizi için kullanılan gradient program

Süre (dk.)	Mobil faz A	Mobil faz B	Akış hızı (ml/dk.)
0	100	0	0,8
10	100	0	0,8
90	50	50	0,8
95	40	60	0,8
100	40	60	0,8
105	5	95	0,8
110	5	95	0,8
115	100	0	0,8
120	100	0	0,8

### 3.2.3.6 Raman spektrumlarının üretilmesi

Tez kapsamında peynir örneklerinde, Folch ile ekstrakte edilmiş yağ örneklerinde, suda çözünür fraksiyonlarda ve/veya çöken kazein fraksiyonunda Raman spektrofotometresi ile veri toplanması 3.2.2.8’de belirtildiği şekilde yapılmıştır.

### 3.2.4 Veri analizi

Spektrofotometrik tekniklerle çalışırken veri çokluğuna bağlı olarak, karmaşık bir ortamda spesifik bileşenlerin eşzamanlı tespiti veri manipülasyonu olmadan zor olmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Raman spektrumları alındıktan sonra elde edilen ölçümlerde tekrarlanan verilerin çıkarılması için çok değişkenli veri analiz tekniklerinden temel bileşen analizi (PCA), temel bileşen regresyonu (PCR) ve en küçük kısmi kareler yöntemi (PLS) uygulanmıştır. Her üç yöntemde de veriler işlenmeden önce ham veriye programın farklı ön işlem teknikleri (baseline düzeltilmesi, farklı derecelerde türev uygulamaları, smoothing, normalizasyon, autoscaling ve mean center) uygulanmış olup, çok değişkenli veri analiz tekniklerinde ön işlem uygulanmış veriler kullanılmıştır.



Veri analizi; PCA, PCR ve PLS ile Stand-alone Chemometrics Software (Version 7.5 for Windows 7, Eigenvector Research Inc., Wenatchee, WA) yapılmıştır. PCA, PCR ve PLS analizleri ile orijinal veri seti çok sayıda birbiriyle bağıntılı çeşitleri (dalga sayıları) minimize çeşitlere dönüştürmekte ve veri sıkışması sağlanmış olmaktadır. PCA çok değişkenli bir metot olup veri matrisi X'deki sistematik varyasyonu göstermesi için uygulanmış ve modelin gelişmesi için de kullanılmıştır. Ölçümlerden elde edilen Raman spektrumlarına ön işlem uygulandıktan sonra PCA modeli kurulmuştur. PCA ile sınıflandırma yapılarak tağşiş oranlarının nitel analizi yapılmıştır. Kalibrasyon modeli oluşturmak için PCR ve PLS metotları uygulanmıştır. PCR ve PLS modelinin ilerleyişi; kalibrasyon validasyon veri setlerinin oluşturulmasını, kalibrasyon verisini kullanarak model geliştirilmesini ve validasyon verisinin değerlendirilmesini içermektedir.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

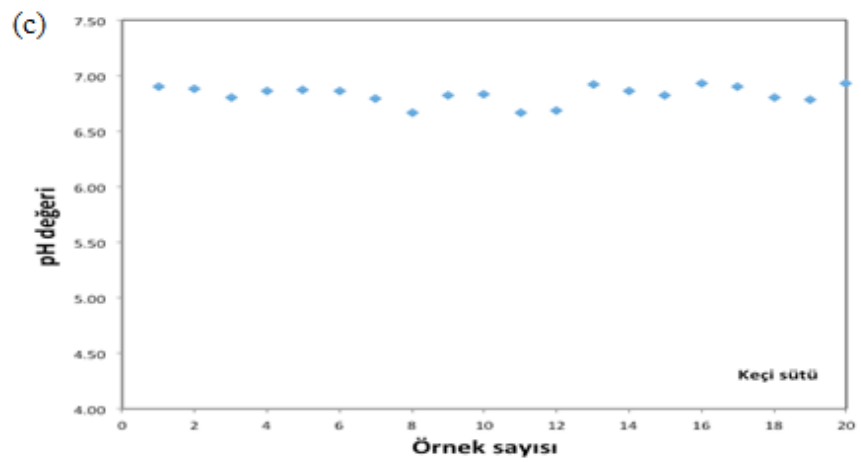
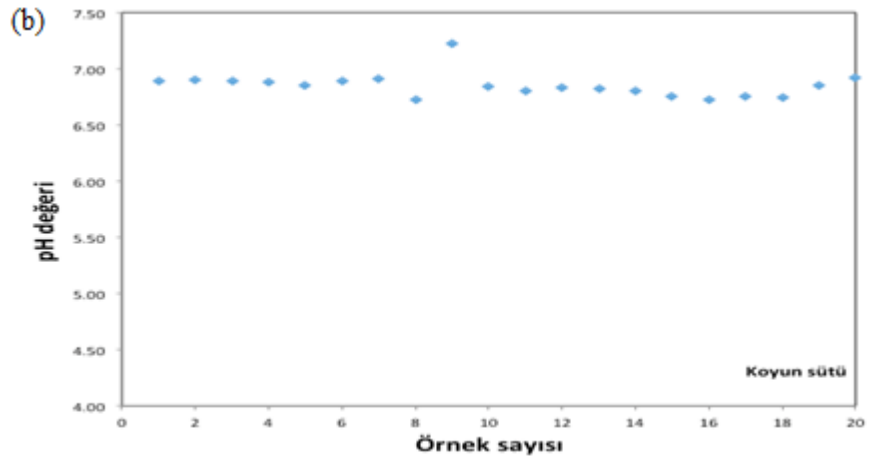
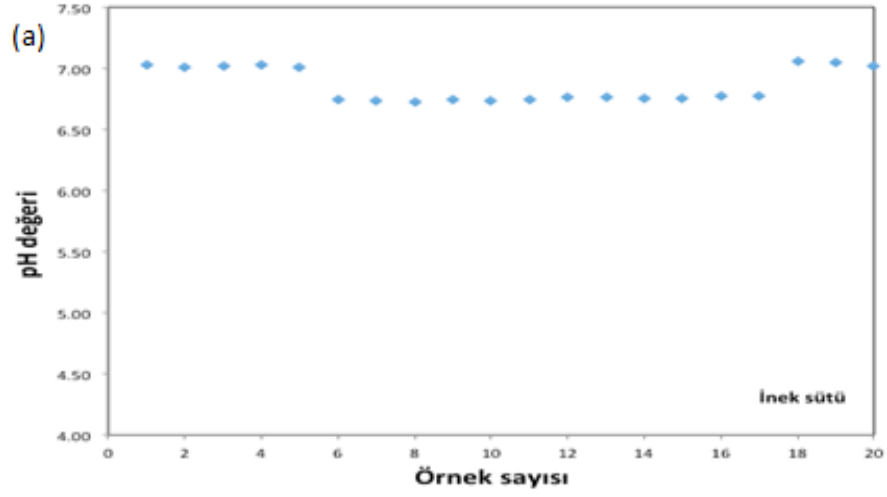
### **4.1 Çiğ Sütte Elde Edilen Bulgular**

Tez kapsamında inek, koyun ve keçi sütleri kullanılmıŐ olup farklı çiftliklerden her bir türe ait 20 adet örnek temin edilmiş ve soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir. Her bir süt rneği yalnızca o türden hayvanın yetiŐtiriciliđinin yapıldığı üreticiden temin edilmiştir. Süt neklerinin kalite özellikleri öncelikle klasik analiz yöntemleriyle gerçekleştirilmiş daha sonrasında ise Raman spektrofotometresi ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Süt nekleriyle ilgili çalışmalar tamamlandıktan sonra Beyaz peynir neklerinin analizleri yapılmıştır. AŞağıda tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ve detaylı karŐılaŐtırmalar verilmiştir. Bu aşamada 20 farklı inek, koyun ve keçi sütlerinde ön işlem yapılmaksızın çiğ süt ile ilgili analizler gerçekleştirilmiştir. Bunlar sırasıyla pH değeri, mikroorganizma sayımları, bileşim analizleri, yağ asidi analizi ve HPLC analizi Şeklinde sıralanmaktadır.

#### **4.1.1 çiğ sütlere ait pH analizi**

Çiğ inek, koyun ve keçi sütü neklerinin pH değerlerinin 6,8 ile 7,1 arasında olduğu saptanmıştır. Sonuçlar Şekilde 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 (a) inek, (b) koyun ve (c) keçi sütü örneklerine ait pH değerleri

#### 4.1.2 İnek, koyun, keçi sütlerine ait örneklerin somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı ve bileşim analizleri

Tez kapsamında kullanılan çiğ inek, koyun ve keçi sütü örneklerinin mikrobiyolojik ve bileşim analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda çiğ süt örneklerine ait somatik hücre, toplam canlı sayısı, toplam protein, laktoz, yağ ve Kurumadde oranları ölçülmüştür. Sonuçlar çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çiğ Süt örneklerinin somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı ve bileşim analizi sonuçları

Örnek	Toplam Canlı (kob*x1000/ml)	Somatik Hücre (scc**1000/ml)	pH değeri	Yağ (% )	Protein (% )	Laktoz (% )	KM*** (% )
İnek	312,74±174,33	311,51±121,92	6,82±0,11	3,41±0,21	3,12±0,22	4,71±0,21	13,53 ±0,32
Koyun	208,41±442,91	879,01±309,43	6,83±0,10	5,43±0,44	5,26±0,41	4,84±0,22	17,53±0,43
Keçi	277,13±350,41	443,21±80,03	6,73±0,21	3,83±0,43	3,52±0,32	4,74±0,21	14,77±0,11

\* Kob: Toplam canlı sayısı

\*\* scc: Somatik hücre sayısı

\*\*\* KM: Kurumadde

#### 4.1.3 Yağ asidi analizleri

Çalışmada kullanılan çiğ inek, koyun ve keçi sütü örneklerinin yağ asidi analizleri yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle modifiye Folch metoduna göre yağ ekstraksiyonu yapılarak elde edilen yağ örneklerinin yağ asidi metil esterleri oluşturulmuş sonrasında GC’de yağ asidi analizleri gerçekleştirilmiştir. Yağ asidi bileşim değerleri üzerine sütü dondurmanın ve pastörize etmenin etkileri incelenmiştir. Analiz sonuçları çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca örnek GC kromatogramları ilgili şekillerde EK-1.’de verilmiştir.

Çizelgeden de görülebileceği üzere farklı türlere ait yağ asidi bileşimlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Süt örnekleri -40 °C’de dondurulmuş ve bu örneklerden Folch yöntemi ile yağ ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Dondurma işleminin yağ asidi bileşimi üzerine belirgin olumsuz bir etkisi gözlenmemiş ve normal çiğ süte benzer yağ asidi profili tespit edilmiştir. Ayrıca örneklere ısı işlem uygulanmış (80 °C x 2 dk.) ve daha

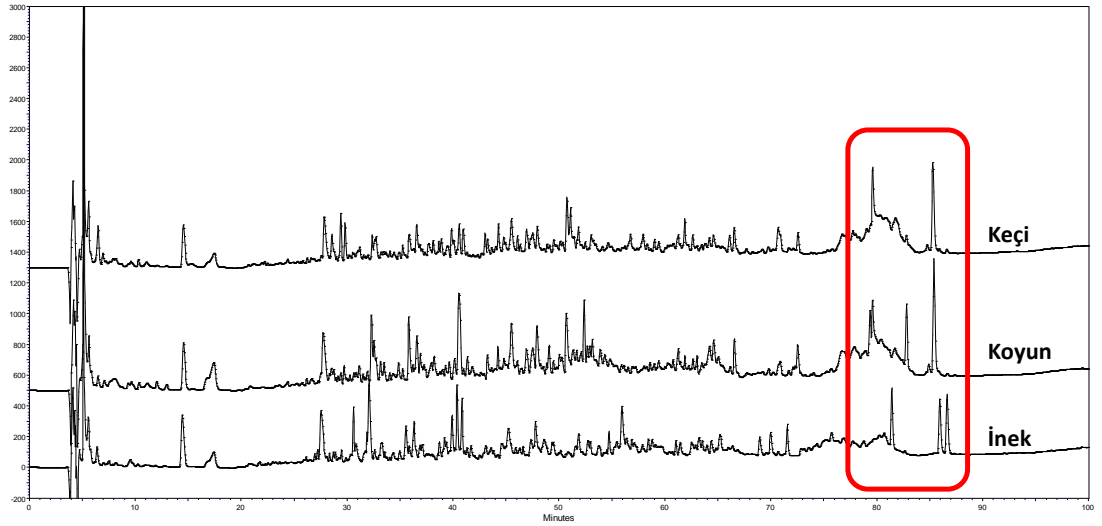
sonra bu süt örneklerinde yağ ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemede ısıtma işlem uygulamasının da yağ asidi bileşimine belirgin bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 İnek, koyun ve keçi sütü örneklerine ait ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%)  
(n=2)

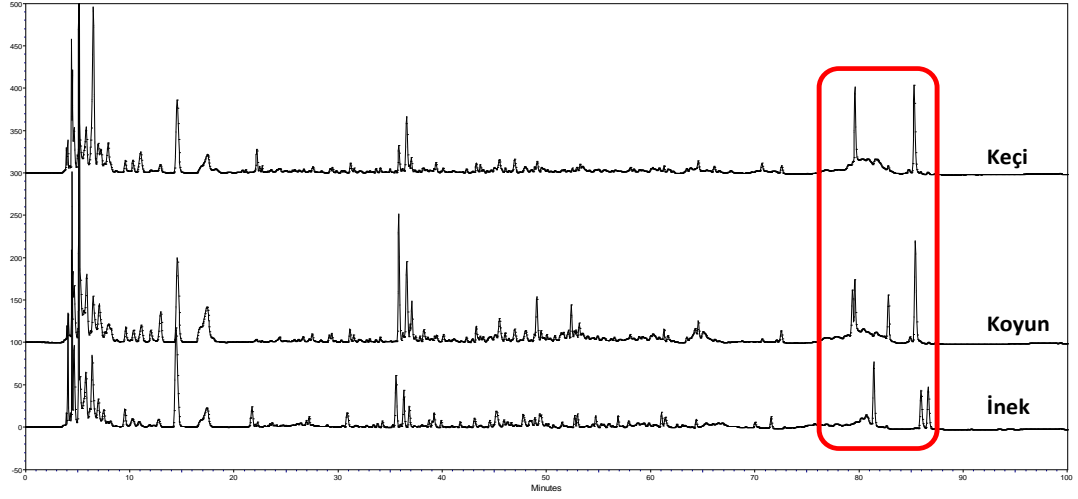
Yağ asitleri	İnek Çiğ	İnek Donmuş	İnek Past.	Koyun Çiğ	Koyun Donmuş	Koyun Past.	Keçi Çiğ	Keçi Donmuş	Keçi Past.
C4:0	1,27	1,55	1,96	2,28	1,64	2,08	1,97	1,91	1,48
C6:0	1,17	1,29	1,53	2,00	1,65	1,88	2,23	2,10	1,83
C8:0	0,90	0,93	1,06	2,02	1,78	1,92	2,88	2,62	2,39
C10:0	2,51	2,54	2,75	6,18	5,68	5,98	9,96	9,30	8,72
C11:0	0,04	0,04	0,04	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07
C12:0	3,31	3,34	3,43	3,57	3,44	3,52	4,19	3,93	3,81
C13:0	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06
C14:0	11,78	11,81	11,88	9,84	9,79	9,76	8,87	9,89	9,81
C14:1	2,00	2,00	2,01	0,65	0,64	0,63	0,23	0,27	0,26
C15:0	1,53	1,53	1,53	0,98	0,98	0,96	0,53	0,55	0,55
C16:0	36,50	36,37	36,23	24,56	24,68	24,32	23,88	27,97	28,33
C16:1	1,46	1,46	1,45	0,89	0,85	0,86	0,56	0,56	0,55
C17:0	0,96	0,95	0,95	0,78	0,79	0,77	0,49	0,46	0,48
C17:1	0,20	0,34	0,33	0,39	0,37	0,38	0,21	0,22	0,21
C18:0	7,92	7,90	7,79	10,04	10,20	10,01	13,06	11,26	11,56
C18:1n9t	1,27	1,28	1,23	2,60	2,68	2,58	1,57	1,17	1,22
C18:1n9c	15,83	15,87	15,59	20,59	20,93	20,58	19,65	19,31	19,78
C18:1n11c	0,45	0,45	0,45	0,42	0,44	0,45	0,49	0,45	0,46
C18:2n6t	0,14	0,15	0,10	0,12	0,13	0,13	0,10	0,09	0,08
C18:2n6c	2,01	2,01	1,97	1,54	1,55	1,53	2,87	2,72	2,78
C20:0	0,25	0,25	0,25	0,26	0,28	0,27	0,24	0,22	0,24
C18:3n3	0,13	0,13	0,19	0,82	0,83	0,82	0,30	0,28	0,29
C20:1n9	0,55	0,55	0,54	1,08	1,09	1,07	0,52	0,47	0,49
C20:2	0,14	0,06	0,05	0,07	0,08	0,05	0,04	0,06	0,04
C22:0	0,16	0,17	0,15	0,13	0,12	0,14	0,20	0,16	0,14
C22:1n9	0,28	0,26	0,24	0,16	0,14	0,22	0,23	0,22	0,23

#### 4.1.4 HPLC’de Çözünür azot analizleri

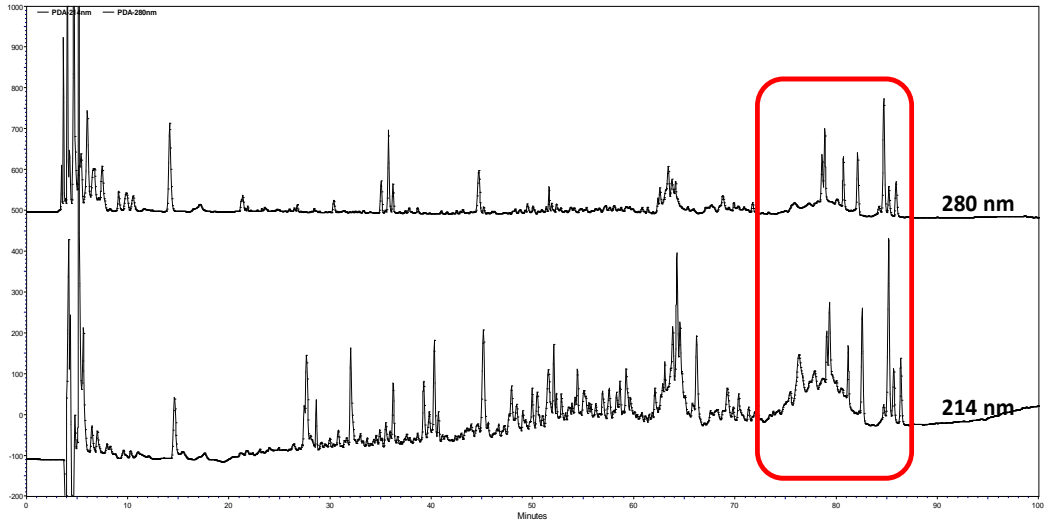
Çalışmada kullanılan çiğ inek, koyun ve keçi sütü örneklerinin tür identifikasyonunda HPLC sistemi kullanılarak çözünür azot fraksiyonları saptanmıştır. Bu bağlamda ilgili analizler öncesi HPLC ile denemeler yapılmış ve inek, koyun, keçi sütünün kromatografik olarak ayırımının öngörüldüğü şekilde yapılabilirliği test edilmiştir. Bu amaçla süt örneklerinden ve peynir örneklerinden pH 4.6 da çözünür azot fraksiyonu elde edilmiştir. Elde edilen bu fraksiyonlar filtreden geçirildikten sonra % 0,2 TFA ile 1:1 v/v oranında karıştırılmış ve C18 widepore kolona sahip HPLC sisteminde analiz edilmiştir. Ölçümler 214 ve 280 nm dalga boylarında alınmıştır. Analize ait kromatogram şekil 4.2, şekil 4.3ve şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.2 İnek, koyun ve keçi sütünden ayrı ayrı üretilen peynirlerin veya bu sütlerin pH 4.6’da çözünür azot fraksiyonlarına ait 214 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları



Şekil 4.3 İnek, koyun ve keçi sütünden ayrı ayrı üretilen peynirlerin veya bu sütlerin pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonlarına ait 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları



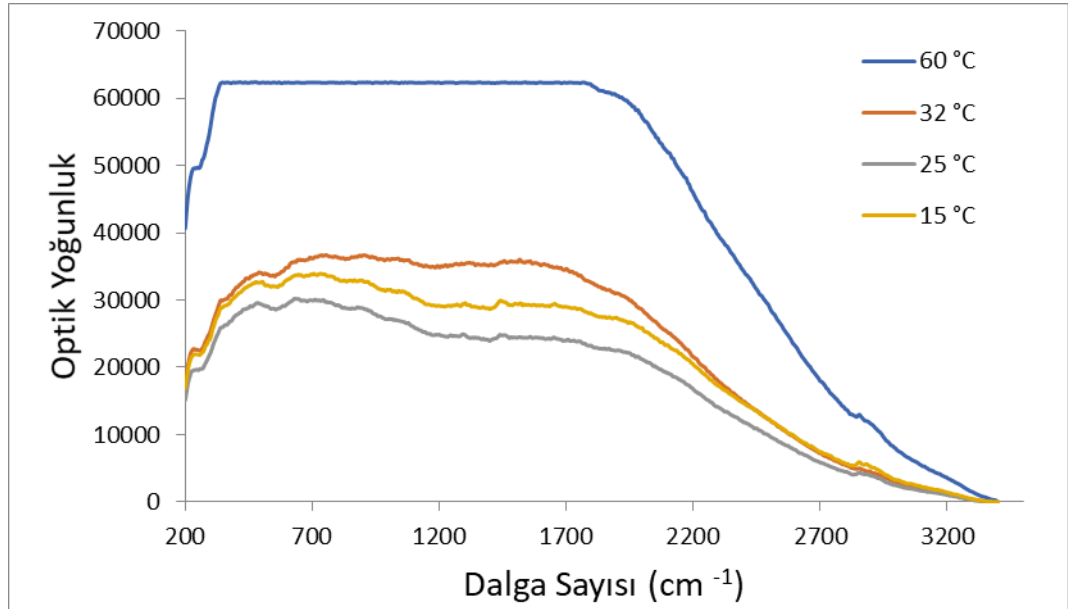
Şekil 4.4 İnek, koyun ve keçi sütü karışımından (% 33 İnek + % 33 Koyun + % 33 Keçi) üretilen veya bu süt karışımının pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonuna ait 214 ve 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları

İlgili kromatogramlardan da görüleceği üzere HPLC ayırımının 75-90 dakikalığı aralığında gelen serum proteinleri (laktoalbumin ve laktoglobulinler) türler arası farkı ortaya koyabilmektedir. Bu nedenle kromatografik tanımlamada ya da ayırımında bu proteinler esas alınmıştır.

## 4.2 Çalışma Parametrelerinin Optimizasyonu

### 4.2.1 Ölçüm sıcaklığının spektrumlara etkisi

Spektrofotometrik ölçümlerde ölçüm sıcaklığı analiz performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle çalışmanın ilk aşamasında ölçüm sıcaklığının spektrumlar üzerine etkisi incelenmiştir. İlk olarak inek sütü için farklı sıcaklıklarda spektrumlar üretilmiştir. Çiğ süt numuneleri Raman spektrofotometresinin özel numune kaplarına alınarak herhangi bir ön işlem uygulanmadan doğrudan ölçümleri alınmıştır. Şekil 4.5’de baseline düzeltilmesi olmaksızın elde edilen spektrumlar görülmektedir.



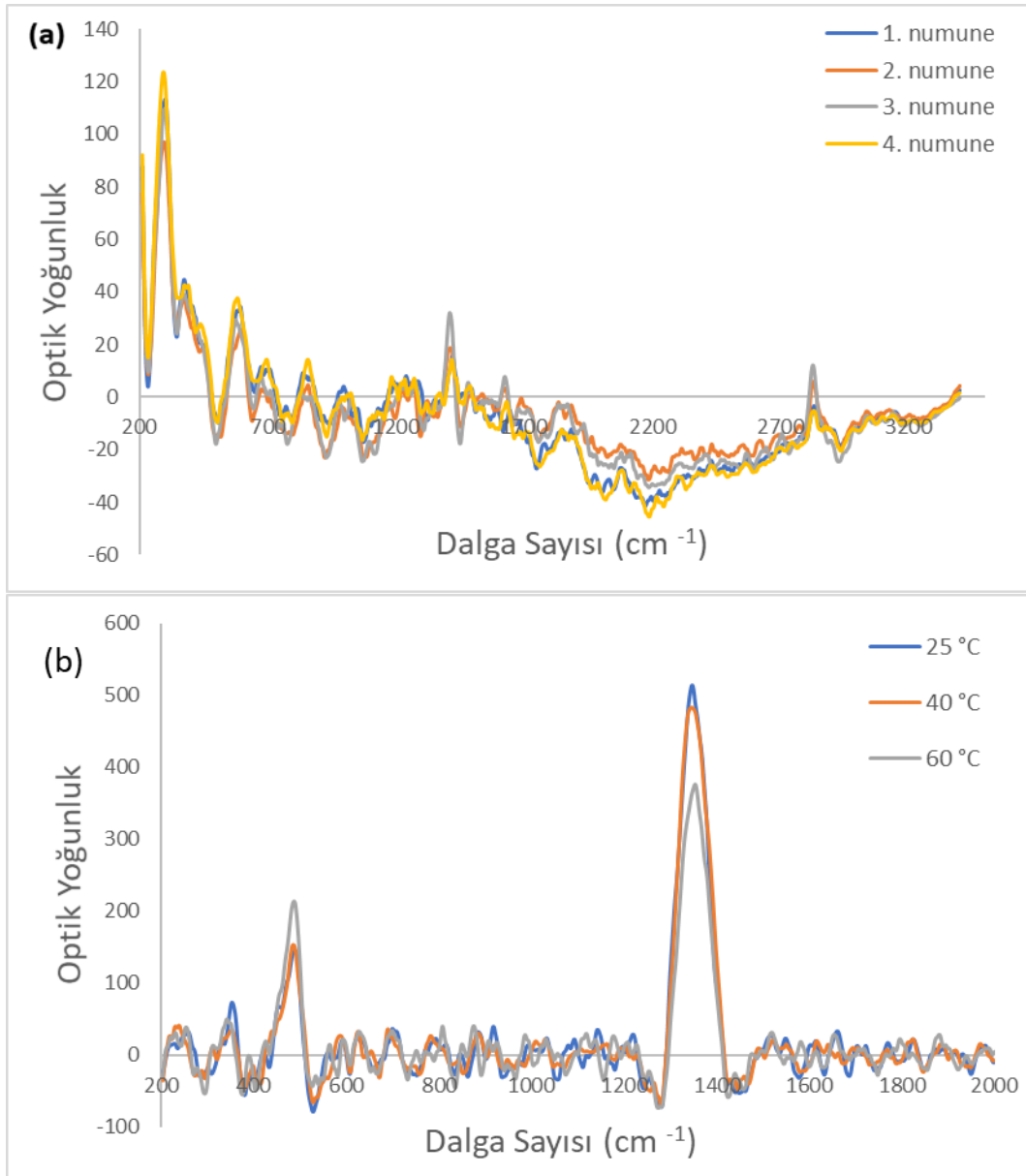
Şekil 4.5 Örnek sıcaklığının inek sütü Raman spektrumu üzerine etkisi (532 nm)

Şekil 4.5’de görüldüğü üzere ölçüm sıcaklığının artması ile örnekten gelen floresans sinyal önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum dedektörün floresans ışına sonucu ölçüm sınırının üzerine çıkılmasına neden olduğunu göstermektedir. 15, 20 ve 32 °C sıcaklıkta önemli bir farklılık ve aşırı floresans sinyal gözlenmezken, 60 °C’de dedektör kullanılamaz hale gelmiştir.

Ölçüm parametreleri olarak lazer gücü, veri toplama süresi ve veri sağlama sayısı



çalışılmış ve bu sistem için maksimum lazer gücü kullanılarak 5 sn veri toplam süresi ve 10 veri alma sayısında en uygun spektrumlar toplanmıştır. Spektrumların tekrarlanabilirliği incelemek amacıyla dört farklı inek sütü 25 °C’de analiz edilmiş, baseline düzeltmesi yapılmaksızın spektrumlar toplanmış ve sonrasında baseline düzeltmesi yapılarak şekil 4.6’da verilen spektrumlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda 25 °C’de ölçüm yapılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.6 Örnek sıcaklığının inek sütü 532 nm (a) ve 785 nm (b) Raman spektrumu üzerine etkisi

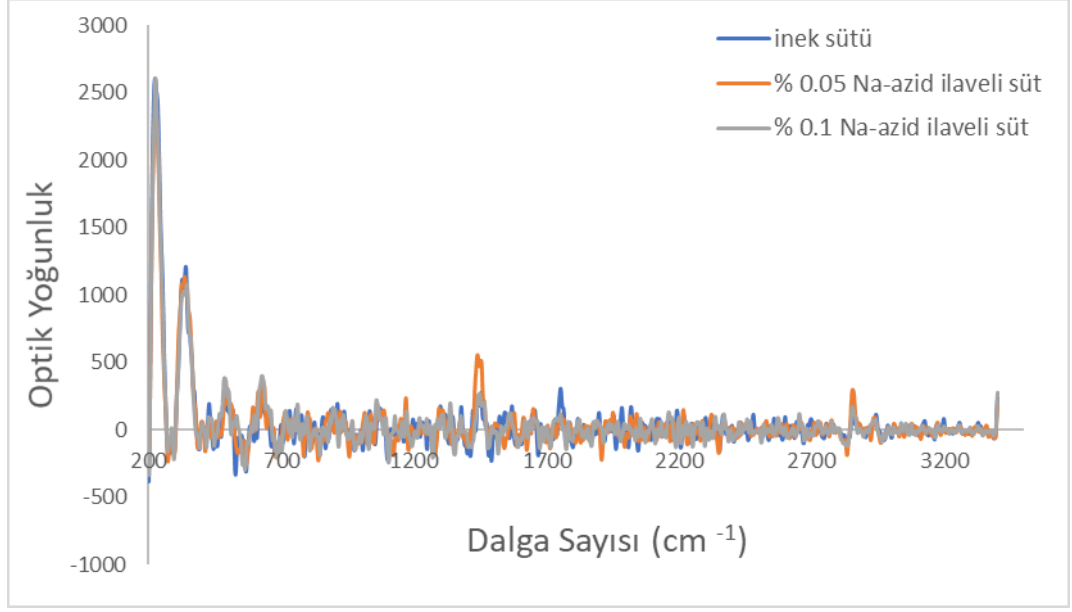
İkinci sistem (785 nm) kullanılarak sıcaklıkla ilgili çalışma tekrarlanmış olup sıcaklığın artmasıyla baseline düzeltilmiş Raman spektrumlarında önemli bir farklılık olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.6). Birinci ve ikinci sistemin üretmiş olduğu spektrumlar karşılaştırıldığında 785 nm dalga boyuna sahip Raman sisteminin üretmiş olduğu spektrumlarda daha belirgin Raman bantlarının olduğu ve bu sistemin kullanılması ile daha iyi sonuçlar alınabileceği görülmüştür.

#### **4.2.2 Süte uygulanan ön işlemlerin Raman spektrumları üzerine etkisi**

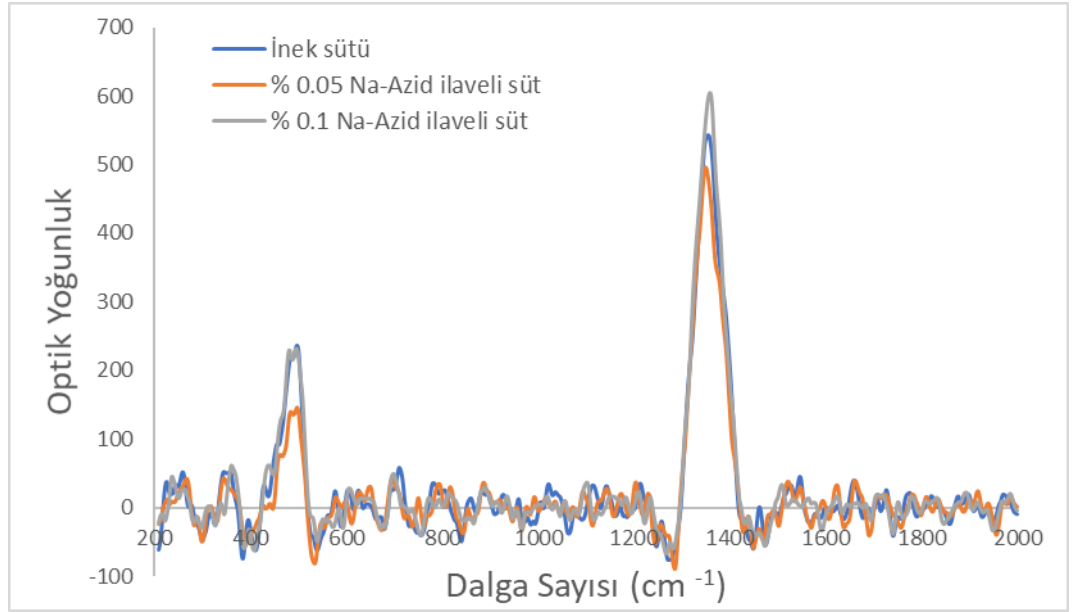
Çalışma kapsamında çok sayıda süt ve Beyaz peynir örneği ile çalışılacağı göz önünde bulundurularak örneklerin analiz edilme sürecinde depolanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle; örneklerin belirli süreler depolanması ve bu sürelerde örneklerde minimum düzeyde değişikliğin olması için Sodyum azid ( $\text{NaN}_3$ ) eklenerek, dondurularak ve pastörize edilerek örneklerin ön işleme tabi tutulması durumunda örnekler için Raman spektrumlarında değişim olup olmayacağı incelenmiştir. Bu amaçla inek, koyun ve keçi sütünde de aynı işlemler yapılmış ancak sonuçların her üç tür sütte aynı olması nedeniyle inek sütüne ait sonuçlar verilmiştir.

##### **4.2.2.1 $\text{NaN}_3$ eklenmesinin Raman spektrumları üzerine etkisi**

Koruyucu madde olarak süte % 0,05 ve % 0,1 oranında  $\text{NaN}_3$  ilave edilmiştir.  $\text{NaN}_3$  ilave edilmeden önce her iki sütün pH değerleri kontrol edilmiş ve sonra  $\text{NaN}_3$  ilave edilmiş ve dört gün süre ile 4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Bu süre sonunda sütün pH'larında bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Sütlerin ve kör olarak saf su içerisine % 0,05 ve % 0,1 oranında  $\text{NaN}_3$  ilave edilen örneklerin her iki sistemde elde edilen Raman spektrumları şekil 4.7 - 4.8'de verilmiştir. Spektrumlar incelendiğinde  $\text{NaN}_3$  her iki derişimde de örneklerin Raman spektrumları üzerinde girişimde bulunmadıkları gözlenmiştir. Bu veriler ışığında süt ile ilgili Raman spektrofotometresi çalışmalarında  $\text{NaN}_3$ 'ün çalışma öncesi muhafaza amaçlı kullanılabilceği ortaya konmuştur.



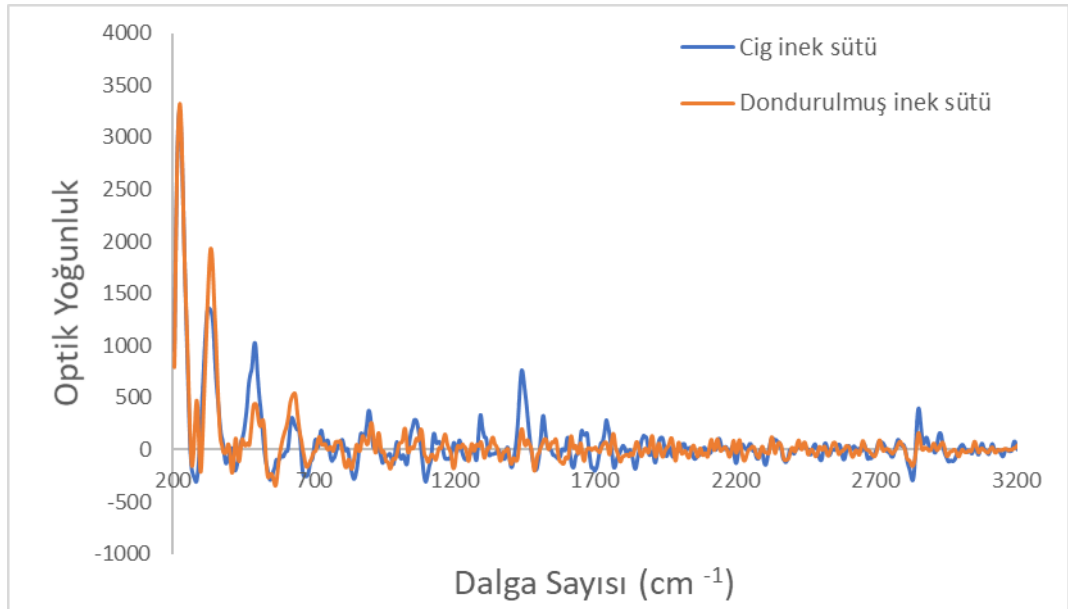
Şekil 4.7 Sodyum azid ilave edilmiş sütlerin Raman spektrumları (532 nm)



Şekil 4.8 Sodyum azid ilave edilmiş sütlerin Raman spektrumları (785 nm)

#### 4.2.2.2 Dondurarak muhafazanın Raman spektrumları üzerine etkisi

İki farklı çiğ inek sütü örneği  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurularak dört gün bekletilmiş ardından sütün sıcaklığı  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmeyecek şekilde çözündürülerek analiz için kullanılmıştır. Donmuş örneklere ait Raman spektrumları donmamış örneklerin spektrumları ile karşılaştırılarak donmanın spektrumlar üzerine etkisi incelenmiştir. Şekil 4.9'da görüldüğü üzere sütün dondurulması işleminin örneğin Raman spektrumları üzerine önemli derecede bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda örneklerin saklanması sürecinde dondurma işleminin de kullanılabileceği saptanmıştır.

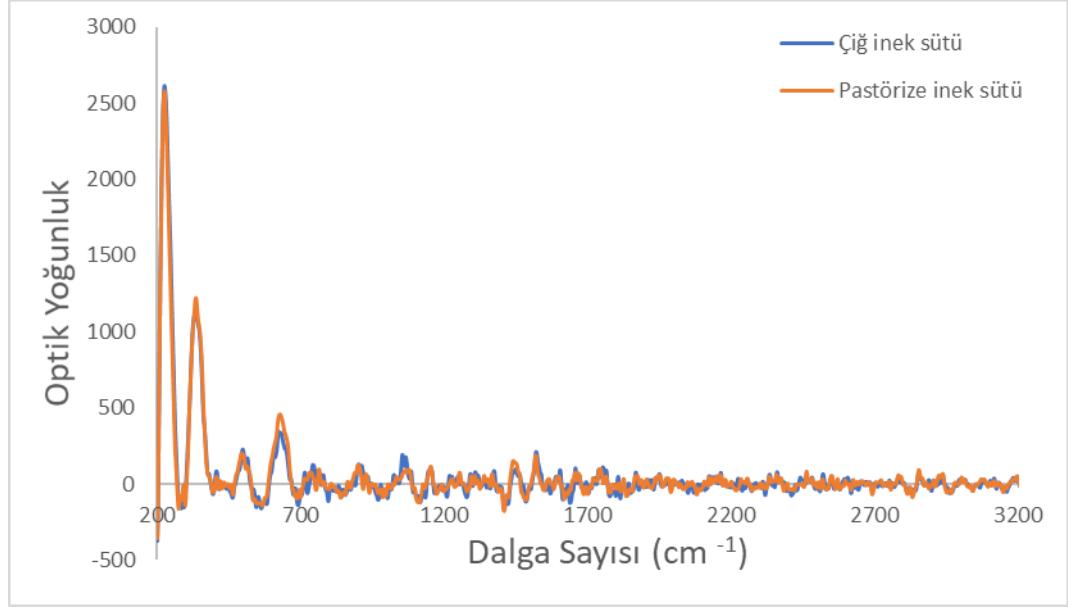


Şekil 4.9 Çiğ ve dondurulmuş inek sütü örneklerinin Raman spektrumları (785 nm)

#### 4.2.2.3 Pastörize edilerek muhafazanın Raman spektrumları üzerine etkisi

Isıl işlemin örneklerin Raman spektrumları üzerine etkisini incelemek amacıyla iki farklı çiğ inek sütü örneğine  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 2 dk. ısıl işlem uygulanmış ve sonrasında oda sıcaklığına soğutulularak Raman spektrumları üretilmiştir. Şekil 4.10'da görüldüğü üzere pastörizasyon işleminin Raman spektrumları üzerine önemli derecede bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak çalışmanın bütünlüğü açısından üretilecek Beyaz peynirlere  $\text{NaN}_3$  ve pastörizasyon işleminin uygulanması mümkün olmadığından analiz

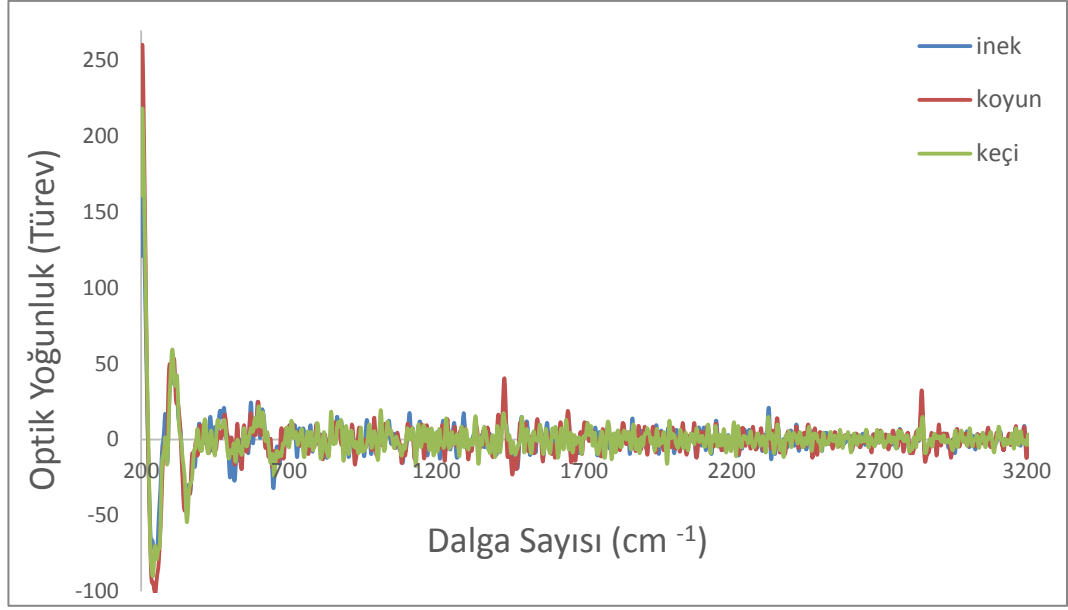
süresince tüm numunelerin dondurarak muhafaza edilmesi benimsenmiştir.



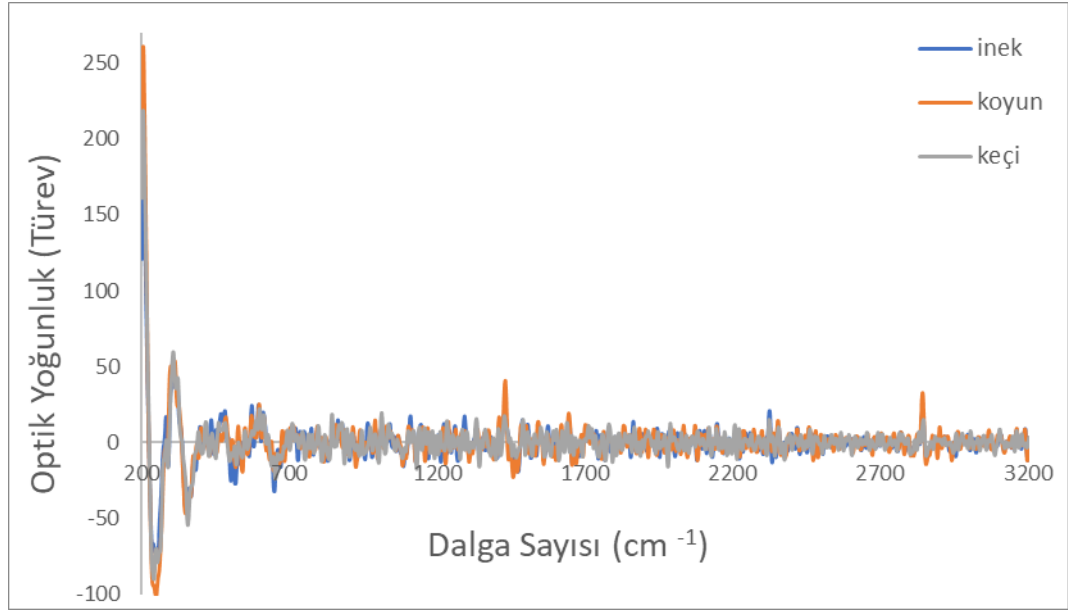
Şekil 4.10 Çiğ ve pastörize inek sütlerine ait Raman spektrumları

### 4.3 Raman spektrumlarının Analizi

İlk olarak 532 nm lazere sahip Raman sisteminin üretmiş olduğu spektrumlar şekil 4.11 - 4.12'de verilmiştir. Spektrumlar incelendiğinde süt örneklerinin spektrumları arasında çok az farklılıkların olduğu saptanmıştır. Farklılıkların daha görünür hale getirilmesi için farklı matematiksel ön işlemlerin uygulanması yaygın bir durum olup öncelikle spektrumların türevleri alınmıştır. Her iki veri grubu karşılaştırıldığında işlem görmemiş spektrumlarda daha belirgin spektrum farklılıkları gözlenmiştir.

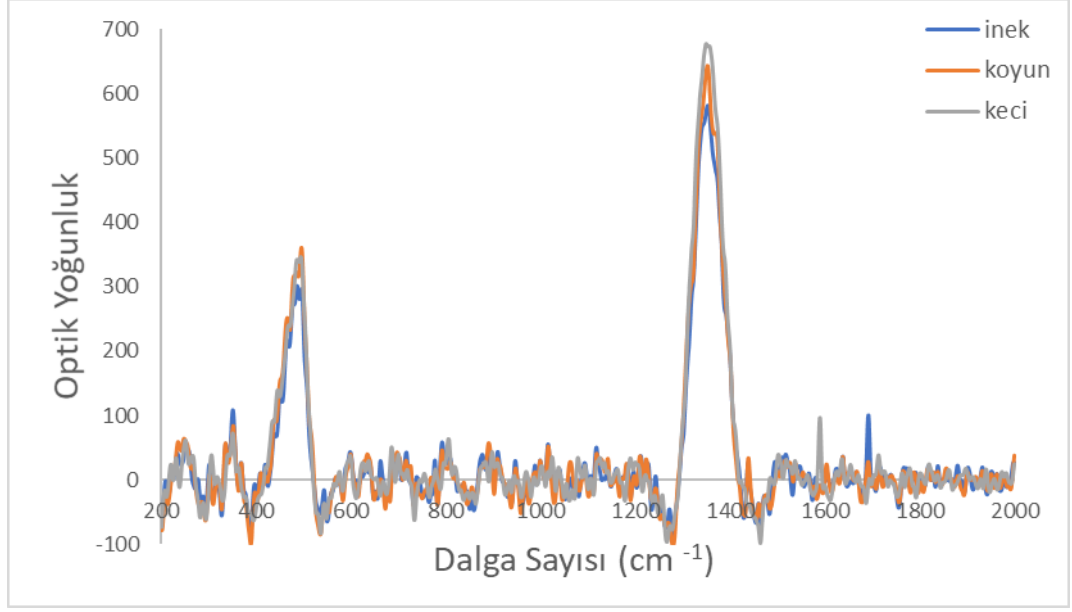


Şekil 4.11 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumları (532 nm)

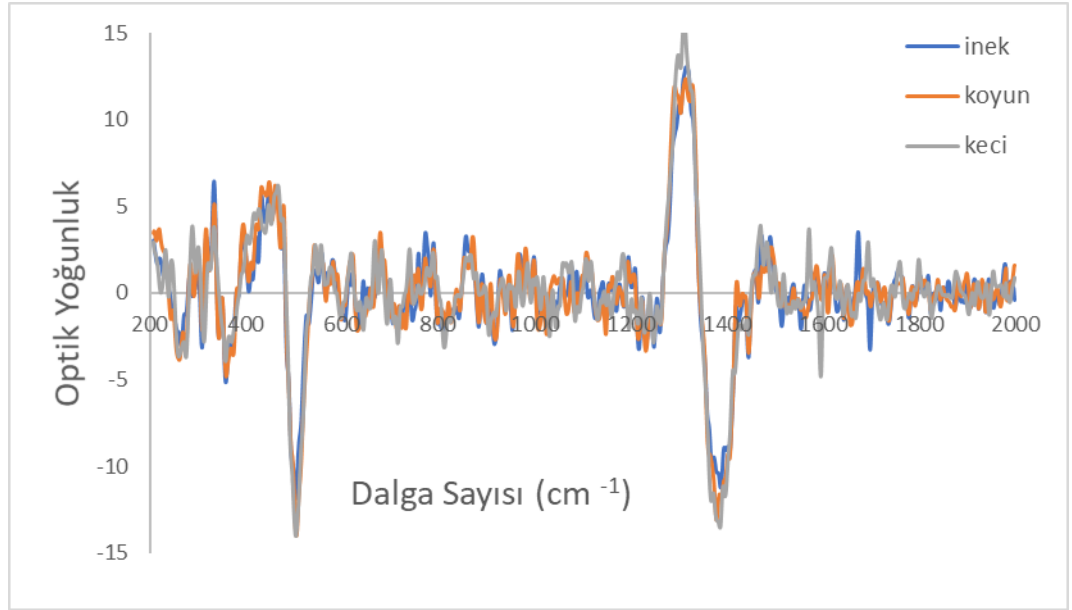


Şekil 4.12 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (532 nm)

Aynı örneklerin Raman spektrumları 785 nm lazer dalga boyuna sahip Raman sistemi kullanılarak üretilmiştir. Spektrumlar şekil 4.13 - 4.14'te verilmiştir. Spektrumlar ve spektrumların türevleri incelendiğinde bu sistemin örnekler arasındaki farklılığı analiz etmek için daha başarılı olduğu özellikle türev verisinde 400 ve 860  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayılarında önemli farklılıkların olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.13 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumları (785 nm)



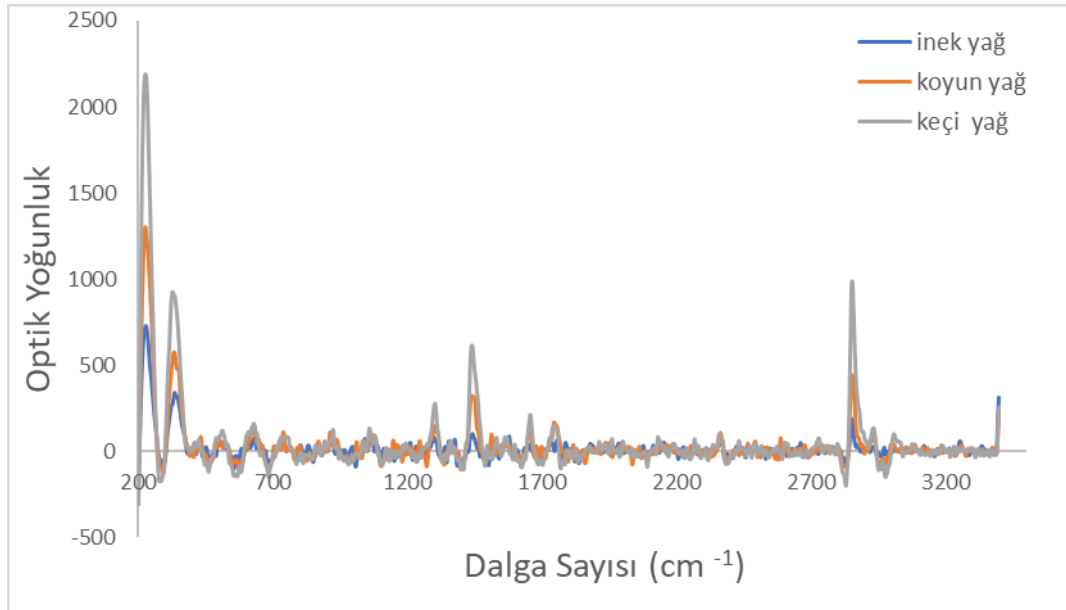
Şekil 4.14 Çiğ süt örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (785 nm)

### 4.3.1 Süt yağlarının Raman spektroskopi analizi

İnek, koyun ve keçi süt yağlarının yağ asidi bileşimlerinde farklılık olduğu bilinen bir durumdur. Raman sistemleri yağ asitlerindeki farklılıkların saptanmasında oldukça

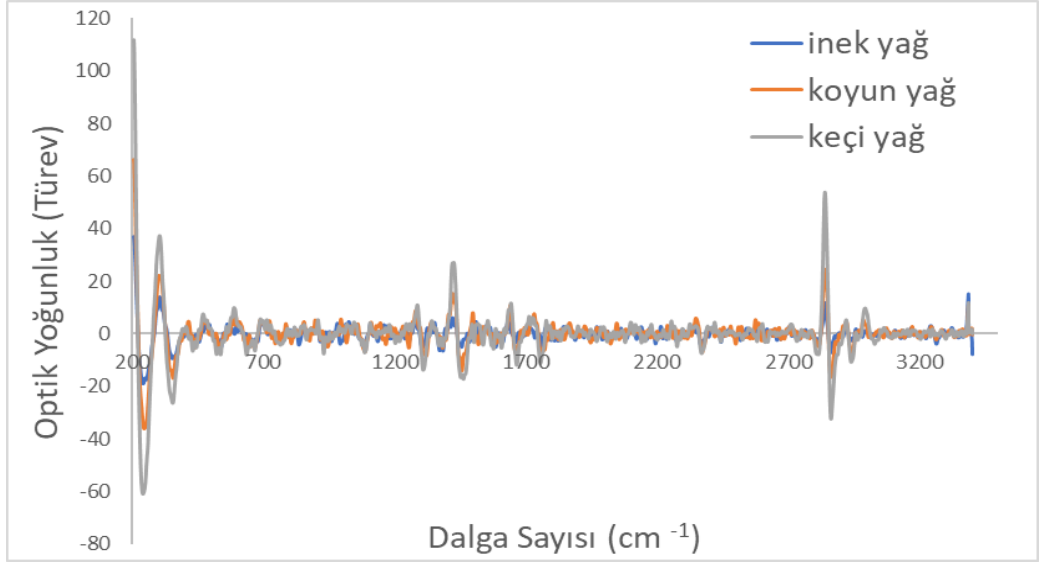
başarılı sistemlerdir. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda aynı tür hayvanların farklı cinsleri üzerine çalışmalara rastlanmıştır. Örneğin Raman sistemleri kullanılarak Zaanen ve Sarda keçilerinin sütlerinin birbirinden farklılıklarının belirlenmesine çalışılmıştır. Her iki cins hayvanın yağları elde edildikten sonra Etilendiamin tetraasetik asit-fosfat tamponu (EDTA-PBS) yardımıyla yıkanarak Raman spektrofotometresinde elde edilen spektrumlar incelenmiş ve farklılıklar belirlenmiştir (Pisanu vd. 2013).

Modifiye Folch yöntemiyle farklı tür hayvanlardan elde edilen yağların spektrumları üretilmiştir. Spektrumlar ve türevleri şekil 4.15 - 4.16'da verilmiştir. Birinci Raman sisteminin ürettiği sonuçlar karşılaştırıldığında süt örneklerindeki temel farklılıkların sütün bileşiminde bulunan yağdan kaynaklandığı söylenebilmektedir. Özellikle  $1200\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı bölgesinde örneklerin Raman bandı intensitelerinde değişim olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu verilerin türevlerinin alınmasıyla da farklılaşmaların, izlenebilirliğinin sağlandığı saptanmıştır.



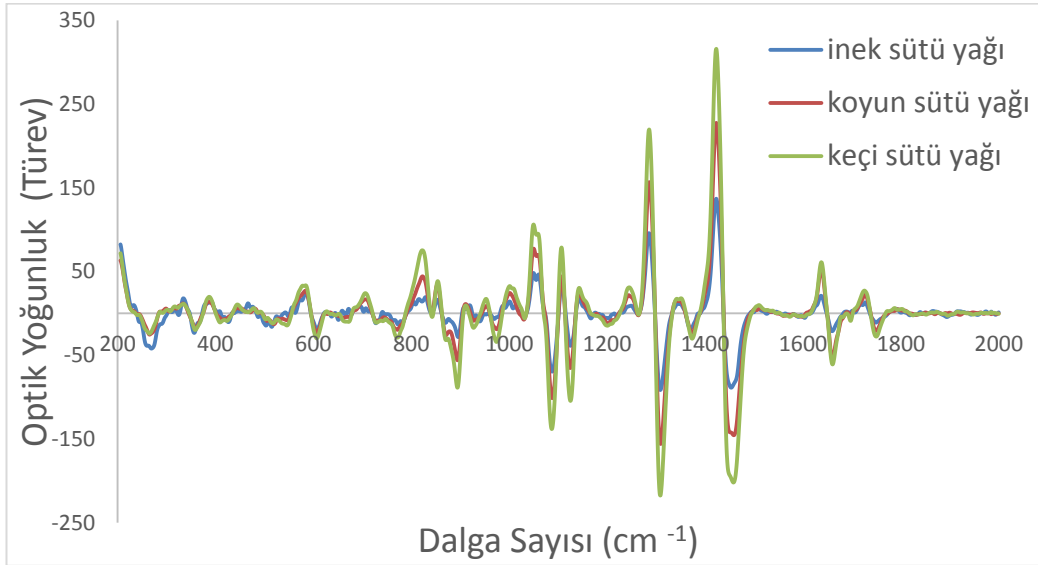
Şekil 4.15 Süt yağı örneklerinin normalize edilmiş Raman spektrumları (532 nm)



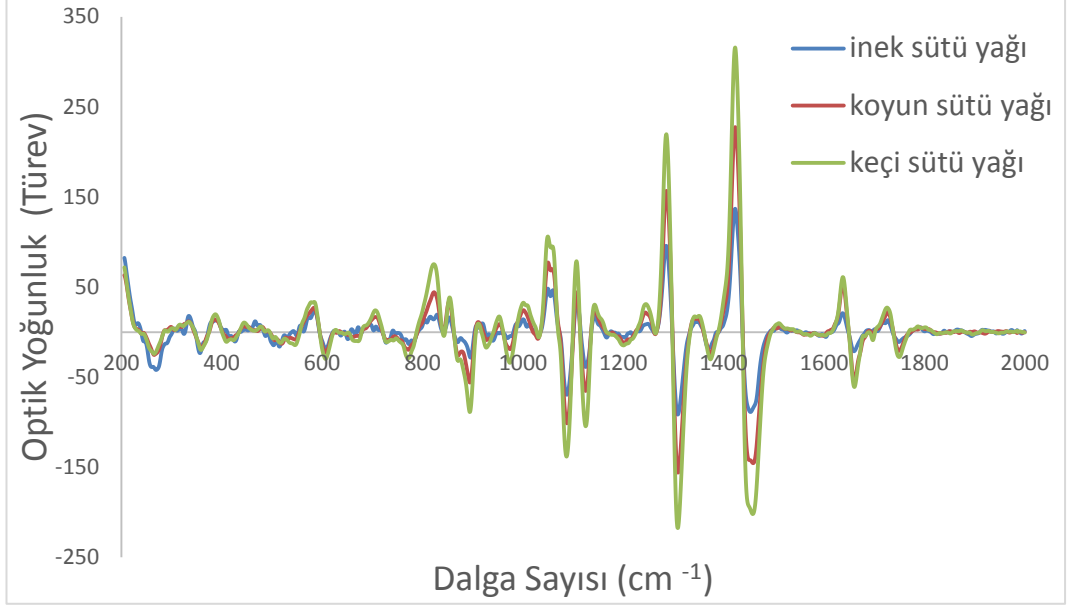


Şekil 4.16 Süt yağı örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (532 nm)

Aynı örnekler için ikinci Raman sisteminin (785 nm) sonuçları incelendiğinde örneklerin yağ profillerindeki farklılaşmanın izlenmesinde daha başarılı olduğu şekil 4.17 ve şekil 4.18 incelendiğinde gözlenmiştir. 1000-1200 ve 1600-1800  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı bölgeleri arasında belirgin farklılıklar görülmektedir. Bu sonuçları türev verileri de desteklemekte olup ilgili spektrumlar üzerinden örneklerin ayrıştırılabileceği söylenebilmektedir.



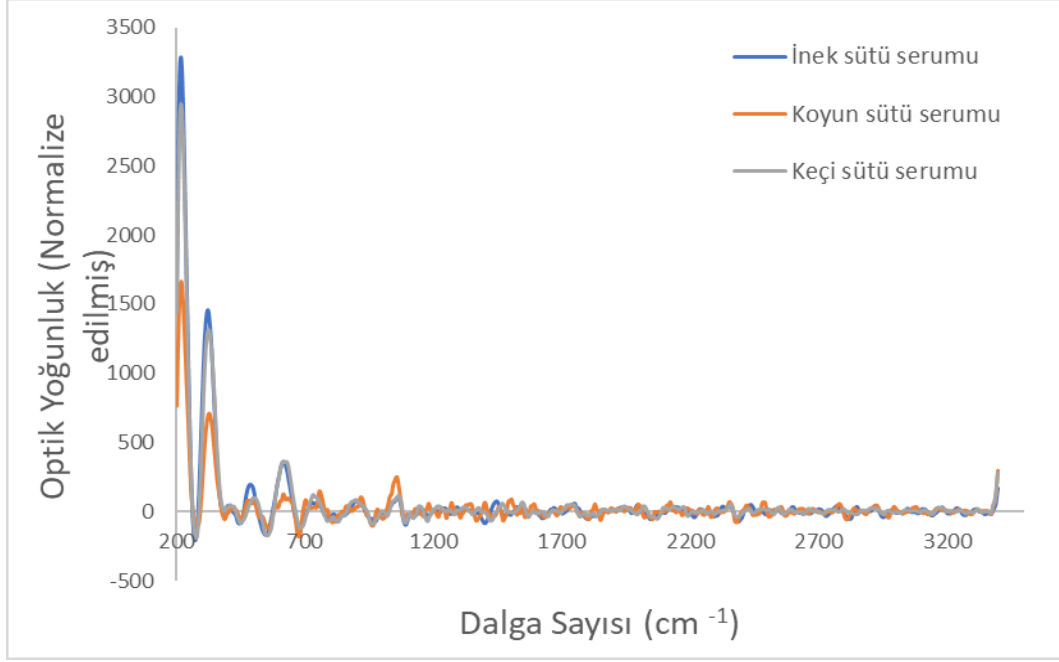
Şekil 4.17 Süt yağı örneklerinin Raman spektrumları (785 nm)



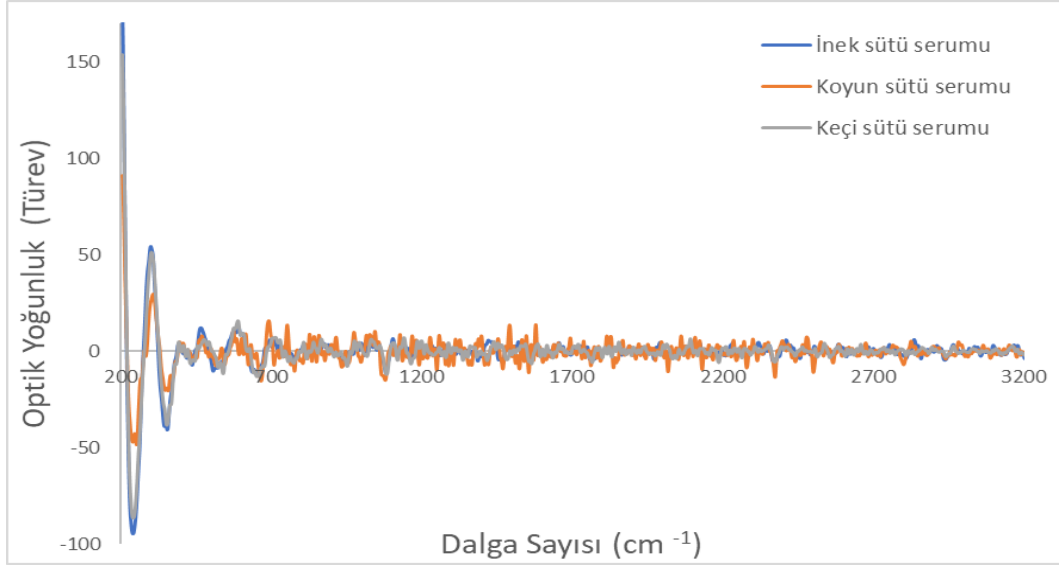
Şekil 4.18 Süt yağı örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (785 nm)

#### 4.3.2 Süt serum fazının Raman spektroskopi analizi

Bir sonraki aşamada, inek, koyun ve keçi sütü örneklerinden süt proteinleri çöktürülerek süt serumu ve kazein elde edilmiştir. Serum fazlarında 532 nm ve 785 nm Raman sistemlerinde spektrumlar üretilmiş ve karşılaştırılmıştır. Birinci Raman sistemi (532 nm) kullanılarak elde edilen spektrumlar şekil 4.19 - 4.20'de verilmiştir. Bu spektrumlarda belirgin bir şekilde farklılaşma görülmemiştir. Bu bulgu tez çalışmasında önceki analizlerde elde edilen sonuçlarımızı desteklemekte olup Raman spektrumlarındaki farklılaşmayı süt yağının sağladığı çıkarımı yapılmıştır. Yağın uzaklaştırılmasıyla örnek spektrumları birbirlerine benzemeye başlamıştır. Spektrumların türevlerinin alınmasıyla da farklılaşma sağlanamamıştır.

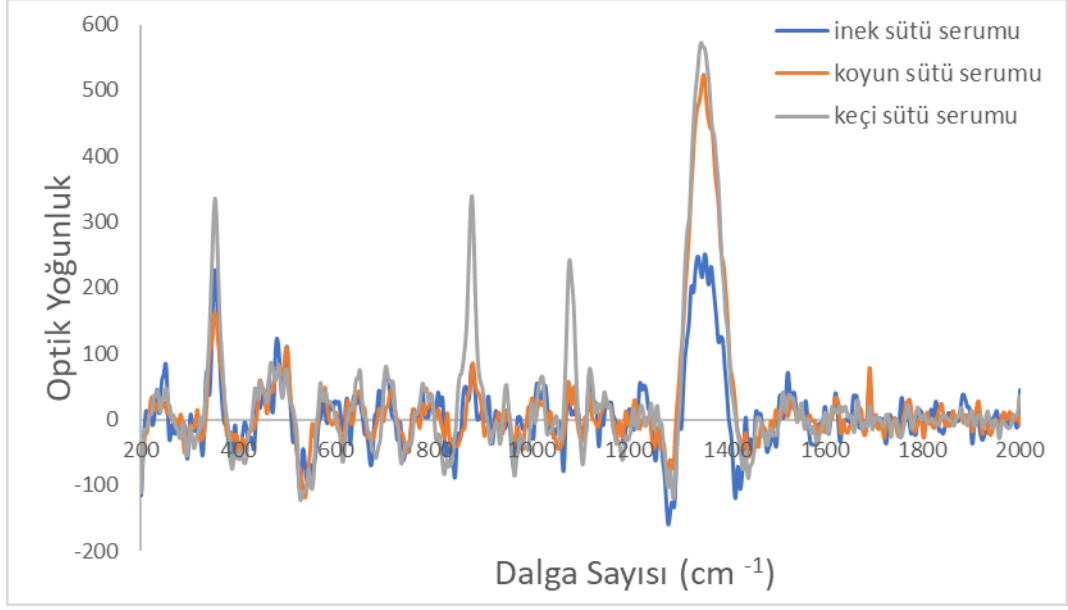


Şekil 4.19 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumları ( 532 nm)

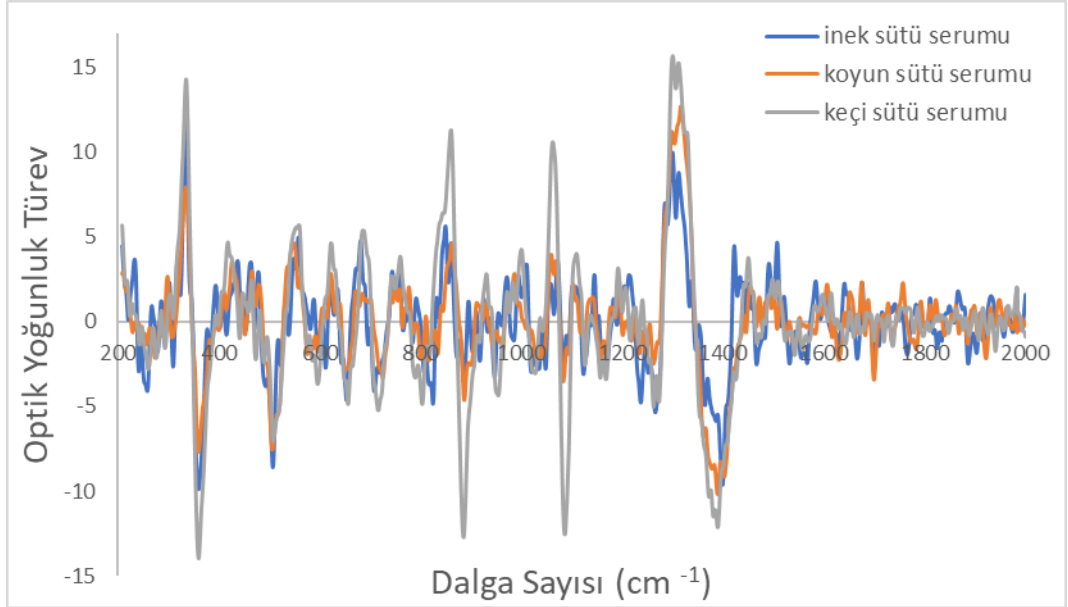


Şekil 4.20 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (532 nm)

Süt serumlarının 785 nm lazere sahip Raman sisteminin kullanılmasıyla üretilen spektrumlar şekil 4.21 – 4.22’de verilmiştir. 532 nm lazere sahip Raman sisteminden farklı olarak örneklere ait farklılaşmalar spektrumlarda gözlenebilmiştir. Bu sonuçlar 785 nm lazere sahip Raman sisteminin süt serumları üzerinden örneklerin ayrıştırılabileceği göstermektedir.



Şekil 4.21 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumları (785 nm)

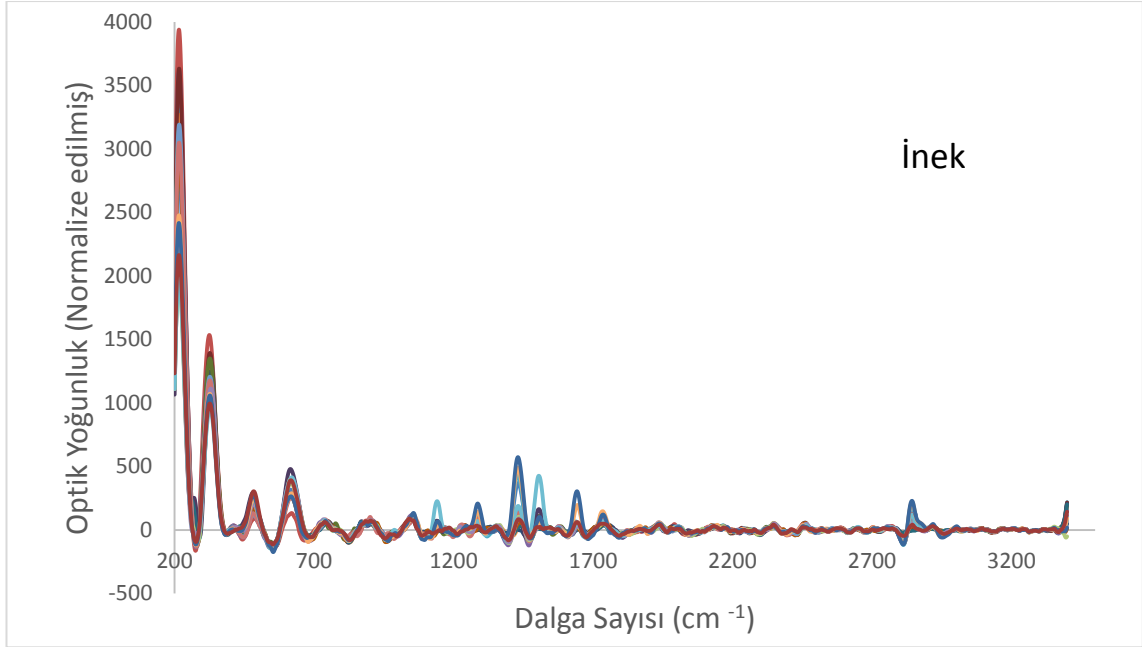


Şekil 4.22 Süt serumu örneklerinin Raman spektrumlarının türevi (785 nm)

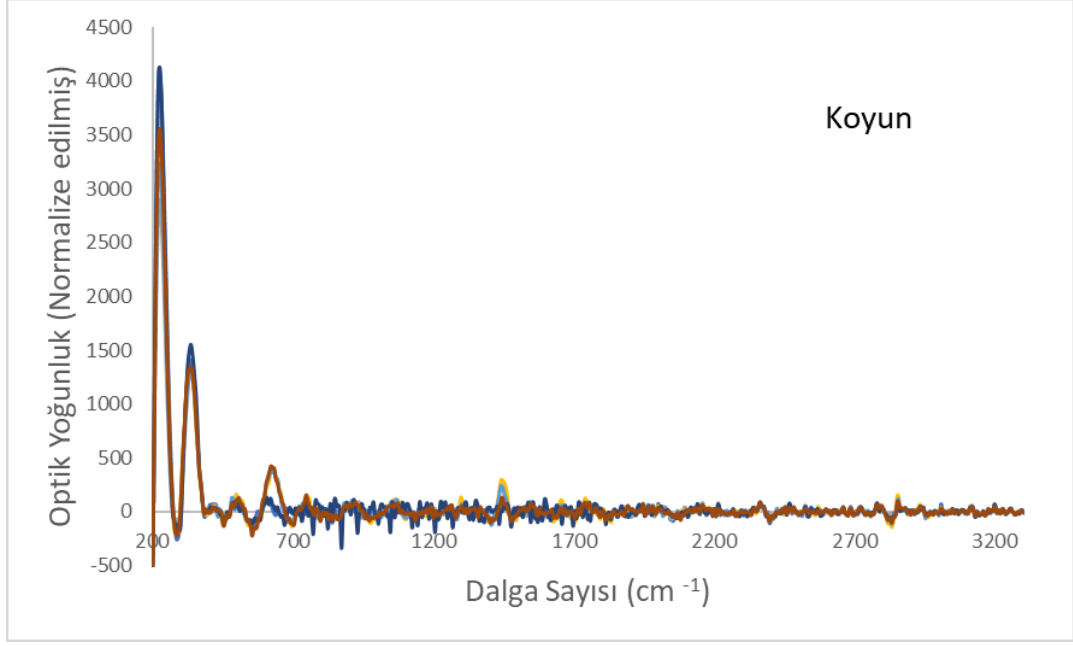
### 4.3.3 Çiğ sütlerin Raman spektroskopi analizi

İnek, koyun ve keçi sütlerine hiçbir işlem uygulanmadan doğrudan 532 nm Raman sisteminde alınan spektrumları üzerinden kemometrik analizler gerçekleştirilmiş olup örnekler sınıflandırılmıştır. İnek sütüne ait Raman spektrumları şekil 4.23'de, koyun

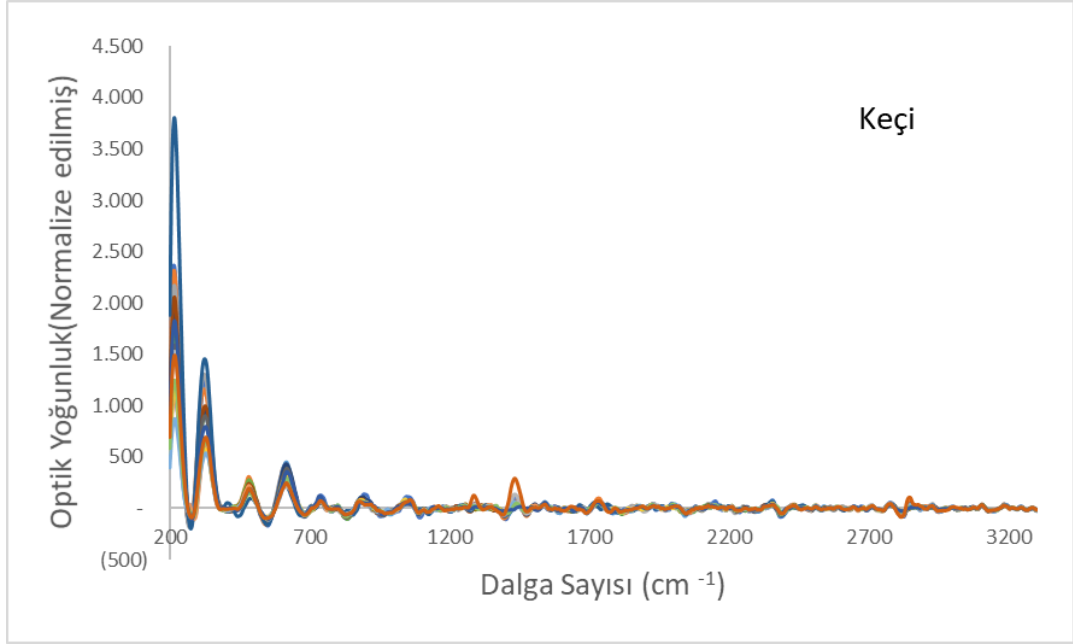
sütüne ait Raman spektrumları şekil 4.24’de keçi sütüne ait Raman spektrumları şekil 4.25’de ve her üç tür süte ait birinci ve ikinci temel bileşenler kullanılarak hazırlanan sınıflandırma grafiği şekil 4.26’da görülmektedir. Elde edilen PCA grafiğinde temel bileşen (PC) analizi gerçekleştirilmiş ve PC1-PC2 grafiğe geçirilmiştir. Şekil 4.26’dan da anlaşılacağı üzere üç farklı süt türüne ait örnekler üç farklı grup olduğu gözlenmiştir. Grafiğin değerlendirilmesi sonucu her üç türe ait sütlerin birbirinden ayrıştırılabildiği saptanmıştır. Koyun ve keçi sütlerindeki farklılaşmanın çok fazla olduğu buna karşın inek sütünde ise daha az bir farklılaşma olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda tür bazında süt örneklerinin 532 nm lazer kaynağı kullanılarak elde edilen Raman spektrumları üzerinden ayrıştırılabileceği saptanmıştır.



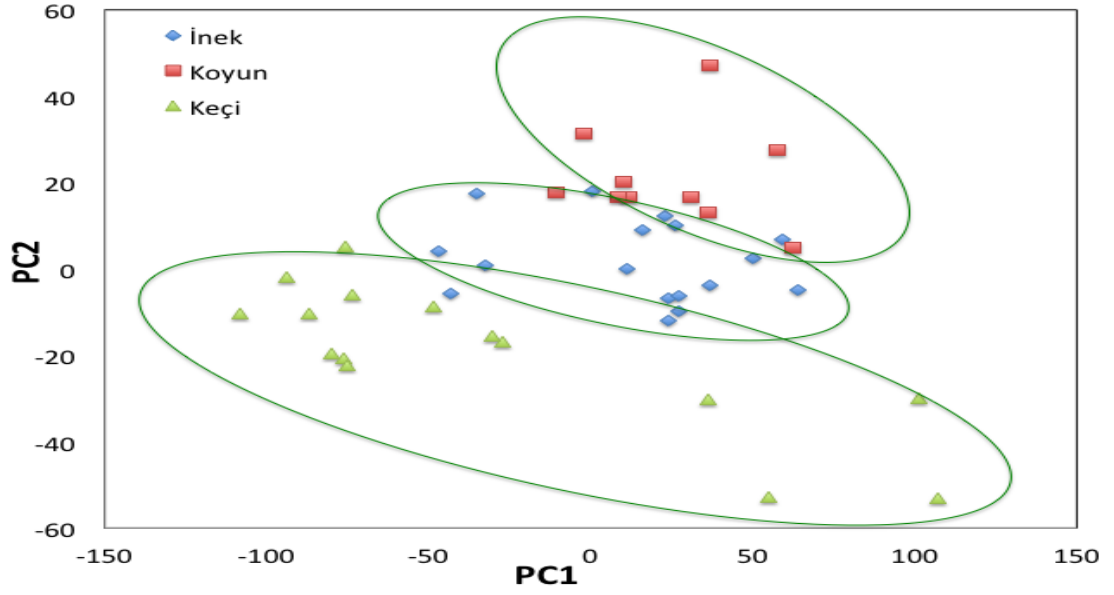
Şekil 4.23 İnek sütü örneklerine ait Raman spektrumları (532 nm)



Şekil 4.24 Koyun sütü örneklerine ait Raman spektrumları (532 nm)

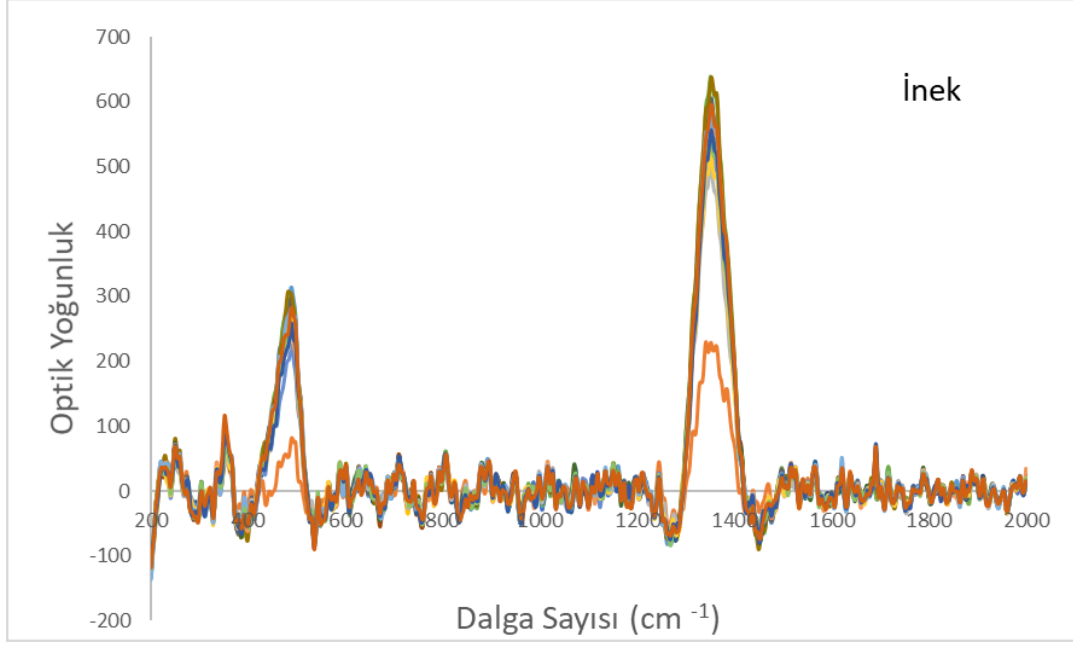


Şekil 4.25 Keçi sütü örneklerine ait Raman spektrumları (532 nm)

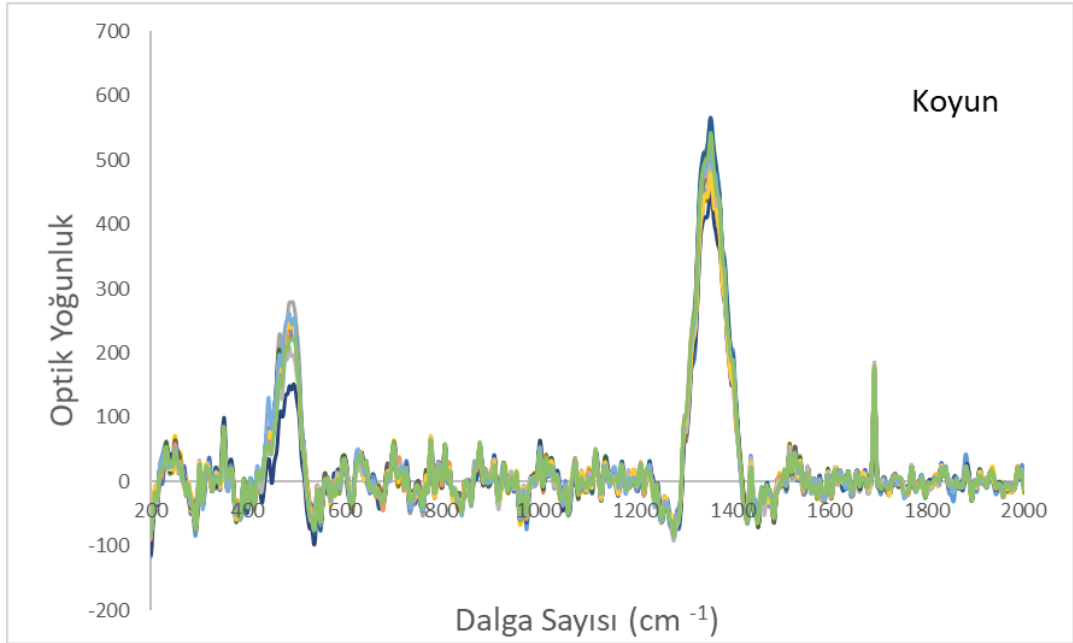


Şekil 4.26 Raman spektrumları üzerinden örneklerin sınıflandırılması (532 nm)

Çalışma kapsamında 785 nm lazer kaynağı kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda süt örneklerinin Raman spektrumları üretilmiştir. 785 nm lazer sistemine sahip Raman analizi ile elde edilen inek sütüne ait spektrumları şekil 4.27, koyun sütüne ait Raman spektrumları şekil 4.28 ve keçi sütüne ait Raman spektrumları şekil 4.29’da görülmektedir. Her üç tür süte ait 532 ve 785 nm dalga boyuna sahip Raman spektrofotometreleri kullanılarak hazırlanan PCA grafiği şekil 4.30’da sunulmaktadır. Spektrumlar genel olarak değerlendirildiğinde birbirine benzer olarak görülmesine rağmen detaylı incelemelerde önemli farklılıklar saptanmıştır. Özellikle koyun ve keçi sütlerinde  $1600\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı bölgesinden belirgin bir band varken bu band inek sütü örneklerinde görülmemektedir. İnek sütünde ise  $360\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı bölgesinde diğer örneklerde olmayan bandlar görülmektedir. Elde edilen PCA grafiğinde temel bileşen (PC) analizi gerçekleştirilmiş ve PC1-PC2 grafiğe geçirilmiştir. Şekil 4.30’dan da anlaşılacağı üzere üç farklı süt türüne ait örneklerde üç farklı grup oluştuğu gözlenmiştir.

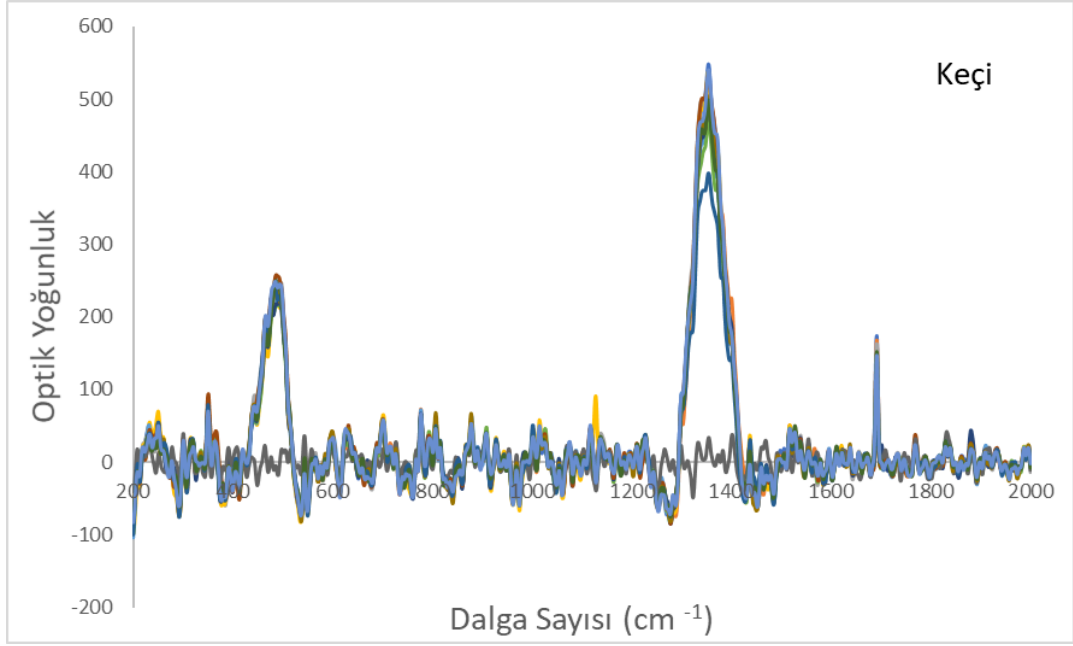


Şekil 4.27 İnek sütü örneklerine ait Raman spektrumları (785 nm)

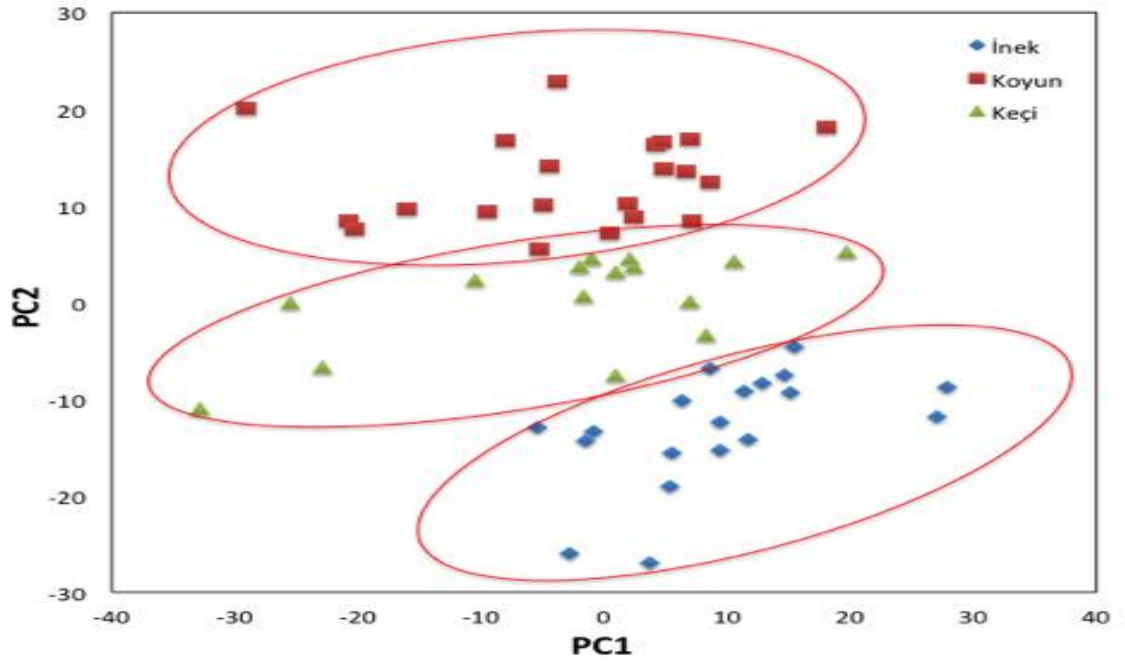


Şekil 4.28 Koyun sütü örneklerine ait Raman spektrumları (785 nm)





Şekil 4.29 Keçi sütü örneklerine ait Raman spektrumları (785 nm)



Şekil 4.30 Raman spektrumları üzerinden örneklerin sınıflandırılması (785 nm)

Tüm spektrumun birlikte değerlendirilmesi için kemometrik analiz yapılmış olup her üç süt grubunda 785 nm lazer kullanılarak elde edilen Raman spektrumları üzerinden gerçekleştirilebileceği ortaya konmuştur (Şekil 4.30). Şekilden de görüldüğü üzere inek

sütü örnekleri diğer örneklerden daha belirgin bir şekilde ayrıştırılmıştır. Şekil 4.26 ve Şekil 4.30'un karşılaştırılması sonucu 785 nm laser kullanılarak elde edilen Raman spektrumlarının çiğ süt örneklerinin sınıflandırılmasında daha başarılı olduğu taşış amaçlı olarak farklı tür sütlerin birbirine karıştırılarak yapılan hilelerin saptanmasında daha başarılı olacağı sonucu elde edilmiştir. Elde edilen PCA grafiğinde temel bileşen (PC) analizi gerçekleştirilmiş ve PC1-PC2 grafiğe geçirilmiştir. Şekil 4.30'dan da anlaşılacağı üzere üç farklı süt türüne ait örnekler üç farklı grup oluştuğu gözlenmiştir.

#### **4.4 Beyaz Peynirlerde Elde Edilen Bulgular**

Beyaz peynir ülkemizde en çok tüketilen peynir çeşidi olması ve farklı tür süt karışımından üretilen Beyaz peynirlerin çok fazla olması nedeni ile çalışmada Beyaz peynir tercih edilmiştir. Genellikle daha kıymetli olan koyun ve keçi sütlerinin içerisine inek sütü karıştırılmakta veya her üç tür süt farklı oranlarda karıştırılarak Beyaz peynir üretimi gerçekleştirilmektedir. Örneğin coğrafi olarak tescillenmiş Ezine tip Beyaz peynirde keçi sütü en az % 40, koyun sütü % 45 ila % 55, inek sütü en fazla % 15 oranlarında karıştırılmasıyla üretilen (TS 591'e uygun) Menşe adı tanımına uygun tam yağlı, muhtelif büyüklükte teneke tipi Beyaz peynirdir (Anonim, 2006). Ancak piyasaya sunulan Ezine peynirlerinde hangi süt türlerinin hangi oranlarda kullanıldığına dair etiket bilgisi bulunmamaktadır. Bu durum hem haksız rekabete hem de tüketicinin aldatılmasına neden olmaktadır. Bu sebeple bu tez kapsamında Beyaz peynirlerde kullanılan süt türünün belirlenmesi ve ayrıca önemli bir parametre olan olgunlaşma periyodunun izlenerek optimum olgunlaşma süresinin tayini için Raman spektrofotometresinin kullanımı araştırılmıştır.

Bu kapsamda, hammadde temininde titizlik gösterilerek Beyaz peynir üretimini olumsuz etkileyebilecek ilaç kalıntısı, tamponlayıcı madde gibi bileşikler içermeyen sütler kullanılmıştır. Tek türden üretilen veya farklı türlerin karışımından üretilen peynirlere işlenecek sütler hayvandan sağıldığı gün işlemeye alınmıştır. Böylece karşılaşılabilecek olası bozulmaların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Beyaz peynire işlenen sütlerin bileşimleri, toplam bakteri ve somatik hücre sayıları belirlenmiştir.

#### 4.4.1 Beyaz peynir bileşimleri

İlk olarak Beyaz peynire işlenen çiğ sütlerde bileşim analizleri gerçekleştirilmiş (Çizelge 4.3) ve toplam bakteri ve somatik hücre sayıları (Çizelge 4.4) verilmiştir.

Çizelge 4.3 Beyaz peynire işlenen sütlerin bileşimleri (n=2)

Tür	Yağ (%)	Protein (%)	Laktoz (%)	KM (%)
İnek	4,79±0,13	3,07±0,57	4,59±0,04	13,41±0,20
Koyun	7,35±0,35	6,47±0,81	5,53±0,04	20,85±0,32
Keçi	4,94±0,02	3,82±0,78	4,41±0,04	13,77±0,37
İnek + Koyun (50 + 50)	5,73±0,37	4,98±0,83	4,16±0,23	16,19±0,66
İnek + Keçi (50 + 50)	4,40±0,01	3,53±0,66	4,63±0,09	13,67±0,69
Koyun + Keçi (50 + 50)	6,46±0,85	5,40±0,85	4,58±0,28	17,66±0,45
İnek + Koyun + Keçi (34 + 33 + 33)	4,79±0,13	3,07±0,57	4,59±0,04	13,41±0,20

Çizelge 4.4 Beyaz peynire işlenen sütlerin toplam bakteri ve somatik hücre sayıları (n=2)

Örnek	Toplam B, (x1000/ml)	Somatik H, (x1000/ml)
İnek	8782	964
Koyun	131124	506
Keçi	17451	2449
İnek + Koyun	12706	950
İnek + Keçi	14982	1730
Koyun + Keçi	15547	1616
İnek + Koyun + Keçi	14681	1492

Elde edilen sütlerden Beyaz peynir üretimine geçmeden önce ayrı olarak asitlik ve pH değerleri açısından kontrol edilmiş, karışım şeklinde işlenen sütler ise karışım yapılmadan önce ve karışım hazırlandıktan sonra yine °SH ve pH değerleri kontrol edilmiştir. Elde edilen veriler çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Beyaz peynire işlenen sütlerin ortalama SH ve pH değerleri (n=2)

1. paralel				2. Paralel			
Tarih		°SH	pH	Tarih		°SH	pH
16.07.2014	Keçi	8,00	6,60	19.07.2014	Keçi	7,30	6,64
	Koyun	9,50	6,50		Koyun	8,60	6,56
	Karışım	9,20	6,50		Karışım	8,30	6,59
22.07.2014	İnek	6,70	6,69	06.08.2014	İnek	7,00	6,65
	Keçi	6,70	6,71		Koyun	11,00	6,49
	Koyun	8,50	6,64		Keçi	7,20	6,66
	Karışım	7,30	6,60		Karışım	8,00	6,64
01.08.2014	Koyun	8,00	6,65	16.08.2014	Koyun	8,30	6,64
02.08.2014	Keçi	8,10	6,40	18.08.2014	Keçi	6,50	6,72
	İnek	7,10	6,62		İnek	7,00	6,68
	Karışım	7,50	6,65		Karışım	6,80	6,71
04.08.2014	İnek	6,50	6,75	19.08.2014	Koyun	8,50	6,62
	Koyun	8,90	6,70		İnek	7,30	6,67
	Karışım	7,70	6,65		Karışım	7,50	6,65
14.07.2014	İnek	6,90	6,75	05.08.2014	İnek	6,70	6,71
15.08.2014	keçi	7,30	6,67	07.08.2014	Keçi	6,70	6,70

Beyaz peynir üretimi 3.2.4 Beyaz Peynir Üretim Metotları kısmında anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiş ve her peynirden ortalama 20 kg üretim yapılmış olup, % 15-18 randıman elde edilmiştir. Üretim sonrası ürünler (+6) – (+8) °C arasında analiz periyoduna kadar muhafaza edilmiştir. Daha sonra ise üretilen Beyaz peynirlerden numuneler alınarak gerekli referans analizler gerçekleştirilmiştir. Beyaz peynir örneklerine ait kurumadde (Çizelge 4.6), protein (Çizelge 4.7), toplam yağ (Çizelge 4.8), pH (Çizelge 4.9) ve tuz (Çizelge 4.10) analiz sonuçları ilgili çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama kurumadde oranları (%)  
(n=2)

Peynir Türü	Depolama süresi				
	0. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün
İnek Kültürlü Peynir	38,00	39,40	37,00	40,00	41,20
İnek Klasik Peynir	30,00	35,60	38,00	39,10	41,20
Koyun Kültürlü Peynir	43,40	47,20	47,80	50,40	47,30
Koyun Klasik Peynir	33,20	35,50	36,20	39,60	43,60
Keçi Kültürlü Peynir	45,60	43,10	45,85	46,20	48,60
Keçi Klasik Peynir	32,60	34,50	36,40	36,20	37,40
Koyun İnek Kültürlü Peynir	40,00	41,20	43,60	42,80	43,80
Koyun İnek Klasik Peynir	33,20	34,63	38,54	39,80	42,40
Keçi İnek Kültürlü Peynir	32,80	36,60	39,60	41,10	42,30
Keçi İnek Klasik Peynir	32,50	33,80	36,40	39,43	42,00
Koyun Keçi Kültürlü Peynir	42,20	43,00	44,40	43,60	43,80
Koyun Keçi Klasik Peynir	36,27	37,40	39,60	40,80	42,09
Koyun Keçi İnek Kültürlü Peynir	38,20	40,90	41,20	43,40	45,70
Koyun Keçi İnek Klasik Peynir	32,40	33,62	36,15	40,88	43,35

Çizelge 4.7 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama protein oranları (%) (n=2)

Peynir Türü	Depolama süresi				
	0. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün
İnek Kültürlü Peynir	12,30	16,01	15,51	15,65	16,01
İnek Klasik Peynir	11,63	15,66	13,30	14,78	14,90
Koyun Kültürlü Peynir	13,54	14,36	14,01	14,43	15,22
Koyun Klasik Peynir	13,22	11,85	12,83	12,59	13,59
Keçi Kültürlü Peynir	15,05	14,81	14,60	14,22	17,25
Keçi Klasik Peynir	13,02	12,91	12,56	12,07	12,62
Koyun İnek Kültürlü Peynir	13,46	12,54	14,36	13,92	14,07
Koyun İnek Klasik Peynir	11,24	13,41	14,45	13,84	14,10
Keçi İnek Kültürlü Peynir	10,17	11,89	12,85	13,01	12,63
Keçi İnek Klasik Peynir	12,74	10,49	10,05	10,46	9,84
Koyun Keçi Kültürlü Peynir	17,42	16,11	17,62	16,10	17,47
Koyun Keçi Klasik Peynir	13,96	11,17	11,70	12,37	10,95
Koyun Keçi İnek Kültürlü Peynir	13,53	14,05	13,98	14,02	12,61
Koyun Keçi İnek Klasik Peynir	11,66	11,92	12,40	12,53	12,69

Çizelge 4.8 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama yağ oranları (%) (n=2)

Peynir Türü	Depolama süresi				
	0. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün
İnek Kültürlü Peynir	28	27	28	29	27
İnek Klasik Peynir	28	27	29	28	27
Koyun Kültürlü Peynir	38	39	38	37	37
Koyun Klasik Peynir	37	39	38	36	36
Keçi Kültürlü Peynir	28	28	29	27	29
Keçi Klasik Peynir	27	28	29	29	28
Koyun İnek Kültürlü Peynir	33	32	34	34	33
Koyun İnek Klasik Peynir	33	34	32	34	32
Keçi İnek Kültürlü Peynir	27	28	29	28	28
Keçi İnek Klasik Peynir	29	29	28	28	27
Koyun Keçi Kültürlü Peynir	34	33	35	34	33
Koyun Keçi Klasik Peynir	34	34	34	33	33
Koyun Keçi İnek Kültürlü Peynir	32	32	31	31	32
Koyun Keçi İnek Klasik Peynir	31	33	32	32	32

Çizelge 4.9 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama pH değerleri (n=2)

Peynir Türü	Depolama süresi				
	0. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün
İnek Kültürlü Peynir	4,39	4,14	4,22	4,49	4,53
İnek Klasik Peynir	4,18	4,48	4,32	4,28	4,52
Koyun Kültürlü Peynir	4,48	4,42	4,33	4,27	4,53
Koyun Klasik Peynir	4,32	4,47	4,43	4,47	4,49
Keçi Kültürlü Peynir	4,30	4,40	4,45	4,46	4,40
Keçi Klasik Peynir	4,42	4,53	4,34	4,27	4,40
Koyun İnek Kültürlü Peynir	4,30	4,47	4,41	4,55	3,90
Koyun İnek Klasik Peynir	4,25	4,11	4,23	4,26	4,47
Keçi İnek Kültürlü Peynir	4,48	4,06	4,50	4,42	4,31
Keçi İnek Klasik Peynir	4,48	4,43	4,50	4,58	4,54
Koyun Keçi Kültürlü Peynir	4,51	4,34	4,24	4,43	4,59
Koyun Keçi Klasik Peynir	4,46	4,27	4,55	3,90	4,47
Koyun Keçi İnek Kültürlü Peynir	4,21	4,20	4,30	4,34	4,27
Koyun Keçi İnek Klasik Peynir	4,40	4,30	4,39	4,15	4,00

Çizelge 4.10 Depolama boyunca Beyaz peynirlerin ortalama tuz oranları (%) (n=2)

Peynir Türü	Depolama süresi				
	0. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün
İnek Kültürlü Peynir	4,34	4,12	4,47	4,29	4,30
İnek Klasik Peynir	5,00	5,70	5,17	5,41	4,82
Koyun Kültürlü Peynir	3,82	2,70	2,88	2,91	3,00
Koyun Klasik Peynir	3,59	3,98	4,41	4,07	3,94
Keçi Kültürlü Peynir	3,47	4,01	4,12	4,10	4,12
Keçi Klasik Peynir	5,64	5,40	5,06	5,55	5,82
Koyun İnek Kültürlü Peynir	4,82	4,97	5,23	5,10	4,70
Koyun İnek Klasik Peynir	4,06	4,75	5,29	5,03	5,12
Keçi İnek Kültürlü Peynir	5,47	5,30	5,53	5,35	5,29
Keçi İnek Klasik Peynir	5,88	6,01	6,41	6,32	6,17
Koyun Keçi Kültürlü Peynir	3,82	4,02	4,35	4,20	4,00
Koyun Keçi Klasik Peynir	4,17	4,25	4,47	4,37	4,43
Koyun Keçi İnek Kültürlü Peynir	4,47	4,63	4,74	4,57	4,35
Koyun Keçi İnek Klasik Peynir	4,94	5,14	5,36	5,24	4,88

#### 4.4.2 Proteolizin takibi

Beyaz peynirlerde olgunlaşmanın takibi için gerçekleştirilen yaklaşımlardan biri de proteoliz sürecinin takip edilmesidir. Tez kapsamında, HPLC ile proteoliz oranını belirlemek için alınan süpernatantın aynı zamanda Raman spektrumları da alınmaya çalışılmıştır. Fakat süpernatantların içerdiği suda çözünen protein konsantrasyonunun çok düşük olması nedeniyle görülmesi planlanan spektrumlar elde edilememiştir. 785 nm dalga boyundaki sistemde beklenen spektrumlar elde edilemeyince 532 nm dalga boyuna sahip olan Raman spektrofotometresi kullanılmıştır. Ancak bu sistemde de istenilen spektrumlar elde edilememiştir. Bu nedenle proteolizle ilgili çalışmalara HPLC

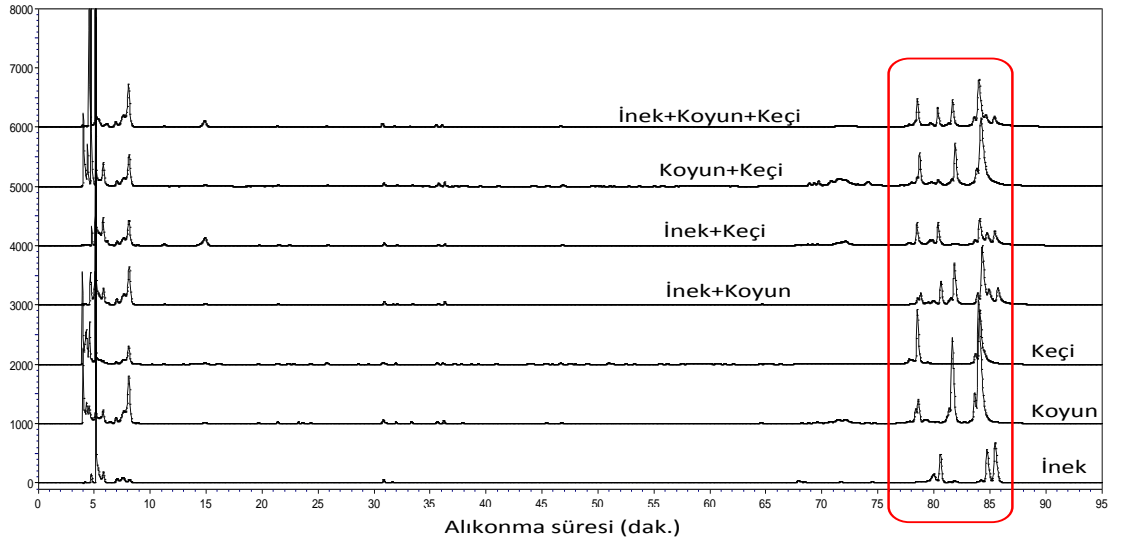
ile devam edilmiştir.

#### 4.4.2.1 Peynir ve süt örneklerinin çözümler azot fraksiyonlarının incelenmesi

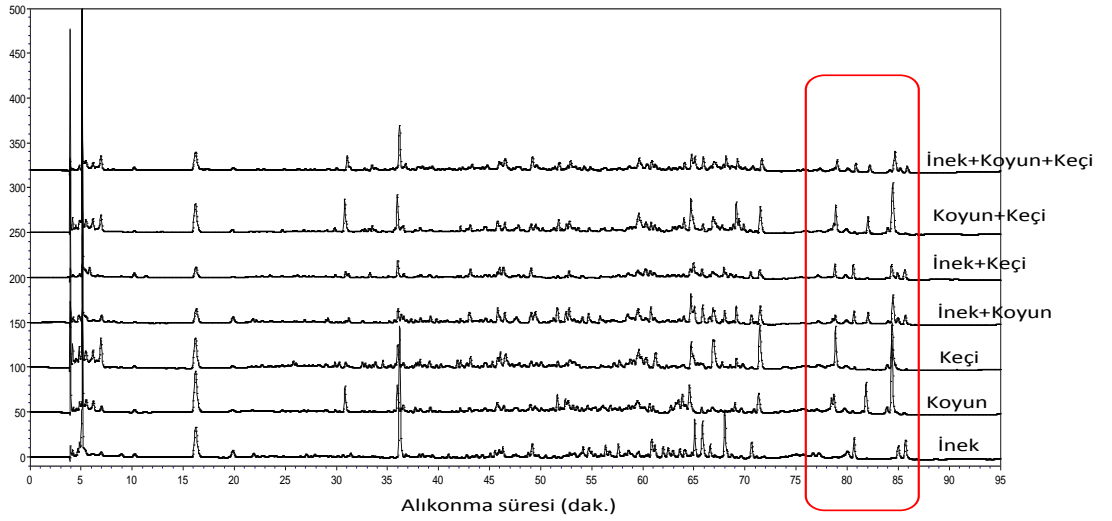
Beyaz peynirlerin üretiminde kullanılan herbir türe ait süt örnekleri ile eşit oranlarda karıştırılarak hazırlanan karışım süt örneklerinin pH 4.6'da çözümler fraksiyonları RP-HPLC ile analiz edilmiş ve çözümler azot fraksiyonlarına ait kromatogram profilleri Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Aynı sütlerden üretilen peynirlerin pH 4.6'da çözümler fraksiyonları RP-HPLC ile analiz edilmiş ve profilleri Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Kromatogramlarda yaklaşık, 17., 29. ve 37. dakikalarda gelen pikler, sırasıyla tirozin, fenilalanin ve triptofan aminoasitlerine karşılık gelirken, yaklaşık 75. dakikaya kadar gelen pikler  $\alpha$ 1- ve  $\beta$ -kazeinlerin degradasyonu sonucu oluşan peptitlere karşılık gelmektedir. İnek sütü içeren örneklerde 75. dakikadan sonra gelen büyük pikler ise sırasıyla  $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -la) ve  $\beta$ -laktoglobulinB ( $\beta$ -lgB) ve  $\beta$ -laktoglobulinA ( $\beta$ -lgA) karşılık gelmektedir. Koyun sütlerinde ise benzer sıralama bulunmaktadır. Keçi sütlerinde sadece sırasıyla  $\alpha$ -la ve  $\beta$ -lgB çıkmaktadır (Ferreira ve Caçote 2003b). Kromatogramlarda 37. dakikaya kadar gelen pikler hidrofilik, 37. dakikadan sonra gelen pikler ise hidrofobik karakterdeki peptitlere aittir (Topçu ve Saldamli 2006).

Bütün peynirlere ait kromatogramlarda, proteoliz ürünlerinin heterojen karışımına ait çok sayıda pik tespit edilmiştir. Olgunlaşma süresince, piklerin sayısında çok fazla bir değişim gözlenmezken, yüksekliklerinde değişimler tespit edilmiştir. Literatürde, tür identifikasyonunda HPLC sisteminin de kullanılacağı belirtilmiştir. Bu kapsamda HPLC analizleri yapılmış ve inek, koyun, keçi sütünün kromatografik olarak ayırımının öngörüldüğü şekilde yapılabilirliği belirlenmiştir. Analize ait kromatogram aşağıda verilmiştir.





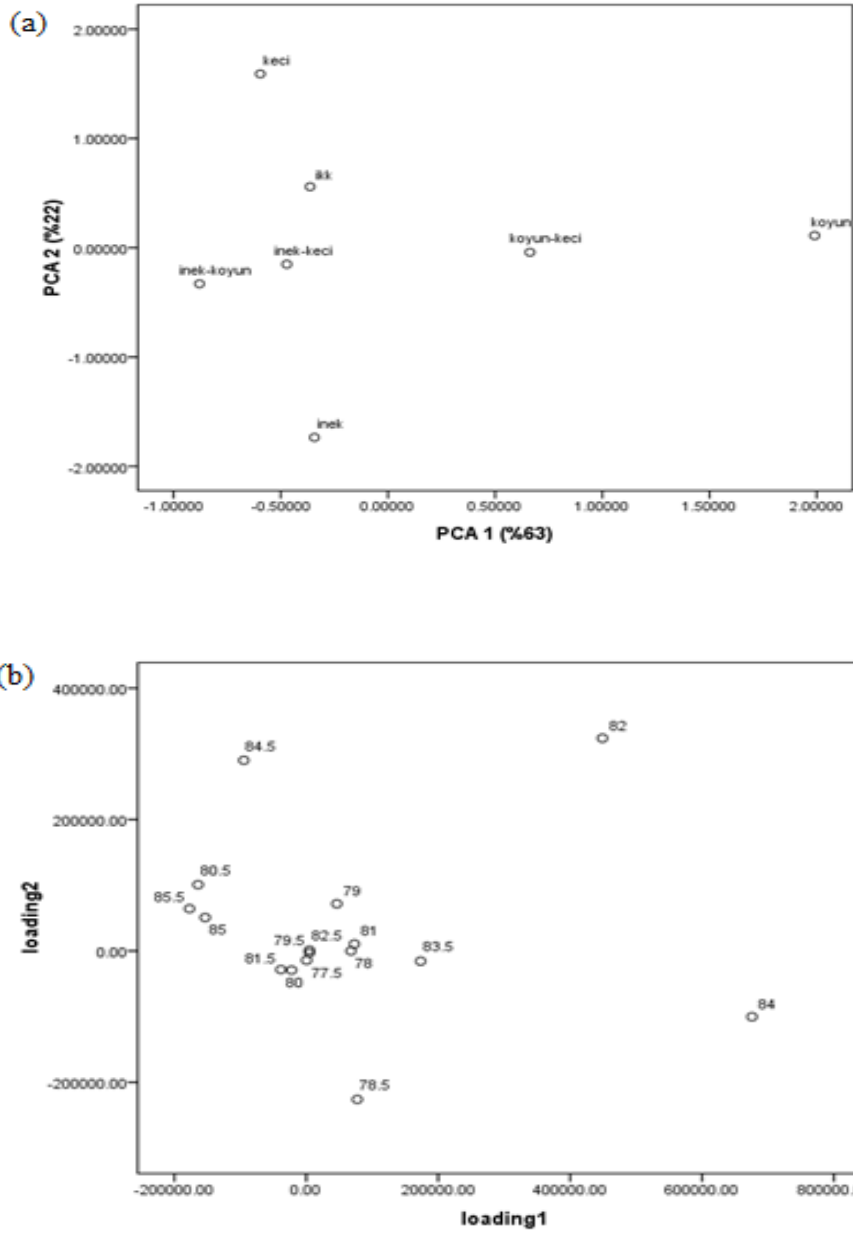
Şekil 4.31 Peynir üretiminde kullanılan inek, koyun, keçi sütü ve bunların karışımlarından oluşan sütlerin pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonlarına ait 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları



Şekil 4.32 İnek, koyun, keçi sütü ve bunların karışımlarından üretilen peynirlerin pH 4.6'da çözünür azot fraksiyonlarına ait 280 nm dalga boyunda elde edilen RP-HPLC kromatogramları

Ölçümler 214 nm'de de alınmış olmasına rağmen özellikle serum proteinlerinin ayırımı 280 nm'de daha belirgin görülmektedir. Bu nedenle sadece 280 nm'deki ölçümler dikkate alınmıştır. İlgili kromatogramlardan da görüleceği üzere HPLC ayırımının 75-90 dakikalığı aralığında gelen serum proteinleri (laktoalbumin ve laktoglobulinler) türler arası farkı ortaya koyabilmektedir. Bu nedenle kromatografik tanımlamada ya da

ayırırnda bu proteinler esas alınırıştır. Raman spektrumlarında da bu proteinlerin ayırırna katkı saęlayacaęı dűşünűlműştűr. Ancak yűksek floresans intensitesine baęlı olarak vibrasyonel ۆlçűmlerde umulan bařarı elde edilememiřtir. Serum proteinlerinin yer aldıęı 75-90. dakikalar arasında PCA uygulanırır ve ařaęıda verilen řekillerden de gűrűlebileceęi űzere, sűt tűrleri bařarı ile ayrılrırır. Elde edilen PCA grafięinde temel bileřen (PC) analizi gerçekteřtirilmiř ve PC1-PC2 grafięe geçirilmiřir (řekil 4.33 (a)). PCA grafięinden de gűrűldűęű űzere PC1 % 63 oranında kűműlatif varyans ve PC2 % 22 oranında kűműlatif varyans deęerlerine gűre daęılım gerçekteřmiřtir. İnek, koyun ve keçi sűtlerine ait ۆrnekler grafik űzerinde ayrı noktalarda bulunurken, karırřımlar birbirlerinden ayrılrırır ve ana bileřenlerin ortasında yer almırır. Bu sonuçlar doęrultusunda serum proteinleri űzerinden sűtlerin ve karırřımlarının ayrılrırırır ۆrtaya konmuřtur. Ayrıca řekil 4.33 b'de gűsterilen grafik HPLC sonuçlarında hangi pikin PCA daęılında etkili olduęunu ortaya koymaktadır. Bu analiz sonuçlarına gűre 84., 78,5. , 82. ve 84.5 dk.'lardaki piklerin belirleyicilik ačısından dięerlerinden daha etkili olduęu gűrűlmektedir. Bűtűn bu veriler ırřında, Raman ۆlçűmleri ile ayırırnda floresans intensiteleri azaltıldıęı ya da elimine edildięi taktirde bařarılı sonuç alınabileceęi ۆngűrűlmektedir.



Şekil 4.33 Süt örnekleri ve onlara ait karışımların HPLC peptid profillerine göre PCA analizleri (a), PCA ayırımlarında etkili olan piklerin alıkonma süreleri (b)

#### 4.4.3 Yağ asidi analizi

Tez kapsamında incelenen örneklerin yağ asidi kompozisyonları değişiklikler göstermektedir. Bunun nedeni süt türleri arası farklılıklardır. Bununla beraber tüm örneklerde süt yağında bulunması gereken temel yağ asitleri tespit edilmiştir. Bu

farklılıklar türler arası ayırım yapılmasına katkıda bulunmaktadır. Yapılan PCA analizlerinde inek, koyun ve keçi sütleri rahatlıkla ayrılmaktadır. Aşağıdaki tablolarda peynir üretiminde kullanılan sütlerin ve bunlardan üretilen peynirlerin yağ asidi % bileşim değerleri çizelge 4.11’te görülmektedir.

Çizelge 4.11 Peynir üretiminde kullanılan inek, koyun, keçi sütü ve bunların karışımlarına ait ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

Yağ asitleri	inek	koyun	keçi	inek- koyun	inek- keçi	koyun- keçi	İkk
C4:0 (Bütirik)	1,19	0,62	0,69	0,96	1,06	0,88	0,85
C6:0 (Kaproik)	0,52	0,92	0,84	0,70	1,07	0,78	0,77
C8:0 (Kaprilik)	0,57	0,69	1,19	0,66	1,16	0,91	0,87
C10:0 (Kaprik)	1,89	2,19	5,50	2,36	4,33	3,85	3,33
C11:0 (Undekanoik)	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03
C12:0 (Laurik)	1,79	2,65	3,04	2,24	2,89	2,60	2,39
C13:0 (Tridekanoik)	0,09	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06
C14:0 (Miristik)	9,84	8,34	10,05	9,72	9,86	10,20	9,35
C14:1 (Miristoleik)	0,95	0,23	0,20	0,44	0,48	0,26	0,36
C15:0 (Pentadekanoik)	0,94	1,10	0,79	1,15	0,84	1,12	1,01
C16:0 (Palmitik)	34,33	25,13	32,02	29,01	32,85	28,34	28,77
C16:1 (Palmitoleik)	1,78	1,37	0,99	1,56	1,33	1,35	1,39
C17:0 (Heptadekanoik)	0,50	0,83	0,64	0,74	0,57	0,76	0,72
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,23	0,36	0,34	0,32	0,26	0,35	0,31
C18:0 (Stearik)	9,47	12,71	8,27	12,02	9,01	11,18	11,52
C18:1n9 $t$ (Elaidik)	1,92	2,56	2,05	2,30	2,00	2,40	2,20
C18:1n9 $c$ (Oleik)	21,92	22,88	25,22	23,64	22,51	23,13	23,98
C18:2n6 $c$ (Linoleik)	3,97	2,38	2,53	2,73	3,25	2,26	2,77
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,30	1,12	0,44	0,86	0,37	0,88	0,80
C20:0 (Araşidik)	0,11	0,57	0,32	0,36	0,22	0,41	0,39
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,15	0,06	0,09	0,11	0,07	0,05	0,06
C22:0 (Behenik)	0,03	0,28	0,13	0,14	0,07	0,15	0,16

Süt ürünlerinden özellikle peynirlerin tat-koku özellikleri oldukça komplekstir ve üç faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bunlar; aroma, lezzet ve tekstürdür. Süt yağının yağ asidi kompozisyonu ve dağılımı, erime, sertleşme veya diğer tekstürel karakteristiklere dayalı özellikleri etkilemektedir. Süt yağından tat-koku bileşenlerinin izolasyonu ve tanımlanması özel bilgi gerektiren bir alandır. Bütirik asit sadece süt yağında bulunan ve tat-koku üzerinde etkili olan bir yağ asididir. Tereyağında bulunan az miktardaki alifatik laktonlar tereyağında istenen ve karakteristik olan tat-kokudan sorumludur. Örneğin tereyağı buzdolabı sıcaklığında depolandığında, toplam lakton miktarı artmakta ve kuvvetli tat-koku meydana gelmektedir. Sonuç olarak, uçucu yağ asitleri (C-4, C-10) ve laktonlar genel olarak süt yağının hoş, okside olmayan tat-koku karakteristiklerini içeren bileşikler olarak dikkate alınmaktadır. Trigliseritlerin fiziksel yapıları, buldukları yağ asitlerinin zincir uzunluğuna ve doymamışlık derecelerine bağlıdır. Çoklu doymamış yağ asitleri ve kısa zincirli yağ asitleri yağın erime noktasını düşürürler. Doymuş yağ asitlerinden oluşan trigliseritler oda sıcaklığında katı, doymamış yağ asidi oranı yüksek olanlar ise sıvı formdadır (Christie 1983).

Süt yağı bileşim olarak % 98,3 trigliserit (triacilgliserol), % 0,3 diaçilgliserol, % 0,03 monoaçilgliserol, % 0,1 serbest yağ asidi, % 0,8 fosfolipid ve % 0,3 sterollerden oluşmaktadır. Düşük düzeyde karotenoidler, yağda çözünür vitamin ve aroma maddelerinden oluşmaktadır. En yüksek miktara sahip olan trigliseritler süt yağının özelliklerini de (erime derecesi gibi) belirlemektedir. Bu da peynir ve tereyağı gibi son ürünlerin özelliklerini etkilemektedir (Christie 1983). Koyun ve keçi süt yağlarında kaproik, kaprilik ve kaprik yağ asitleri daha fazladır ve bu yağ asitleri peynirlerde hoş bir acılığın olduğu biberimsi bir tada sahip olmasını sağlamaktadır. Süt yağındaki yağ asidi bileşimi hayvan beslenmesine göre değişimler gösterebilmektedir. Linoleik asit (C18:2n6c), ve  $\alpha$ -Linolenik asit (C18:3n3), esansiyel yağ asitleri olup insan vücudu tarafından sentezlenemezler bunların dışarıdan alınması gereklidir. Meralarda ve otlaklarda beslenen hayvanların sütlerinde bu yağ asitlerinin oranlarının daha fazla olduğu bildirilmektedir. Örneklerde bu yağ asitleri toplamda yaklaşık % 2-4 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12 Süt yağında bulunan minör yağ asitleri ve bulunma oranları (n=2)

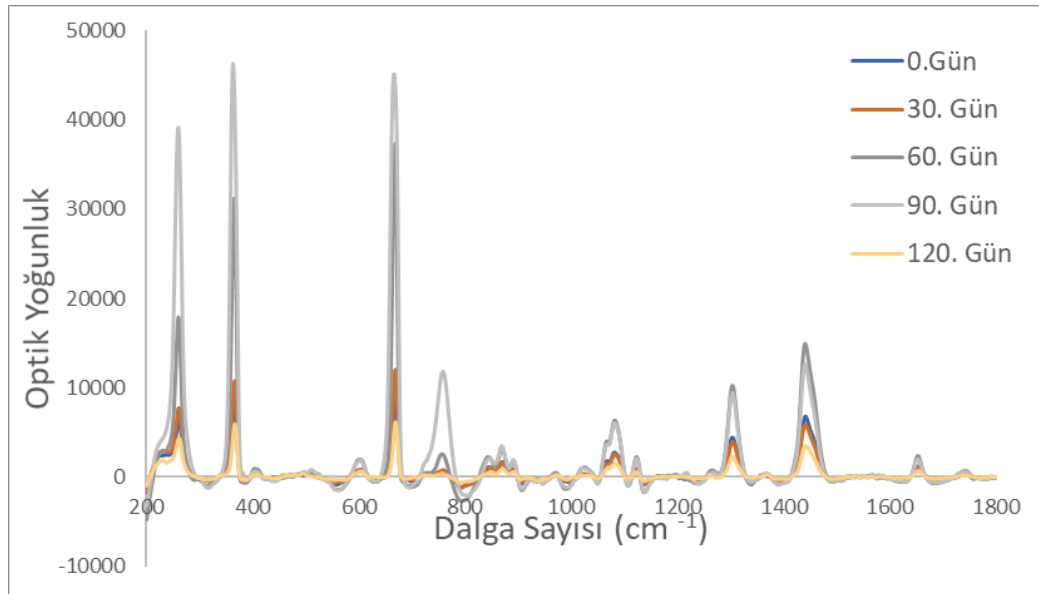
Minor Yağ Asitleri	Bulunma Oranları (%)
11:0	0,20
13:0	0,19
17:0	0,60
19:0	0,15
20:0	0,35
21:0	0,04
22:0	0,20
23:0	0,12
24:0	0,14
17:1	0,36
19:1	0,16
20:1	0,32
21:1	0,04
22:1	0,06
20:3	0,10
20:4	0,14

İnek sütlerinde bulunan trans yağ asitleri, trans- C18:1 ve trans-C18:2 yağ asitleri ve bunların izomerleri şeklindedir. trans- C18:1 içinde en fazla görülen trans yağ asidi izomeri vaksenik asit (11t-18:1) olup trans- C18:1'in yaklaşık % 30-60 bu trans yağ asidinden oluşmaktadır. Bunun haricinde elaidik asit (9t-18:1) bulunma oranı % 6-15 kadardır. Toplamda trans- C18:1 süt yağı içinde bulunma oranları % 2-6 arasında olduğu belirtilmektedir. Yazın otlaklarda beslenen hayvanların yağlarında kış sütleri ile kıyaslandığında daha yüksek düzeyde bulunmaktadır. Margarinlerde ve sertleştirilmiş yağlarda trans- C18:1 oranı % 7-42 arasında değişebilmektedir. Çizelge 4.11 incelendiğinde örneklerdeki trans-yağ asidi oranı % 3'ün altındadır. Süt yağında bulunan minör yağ asitleri ve bunların bulunma oranları (%) çizelge 4.12'de gösterilmiştir. İncelenen örneklerde minör yağ asitlerinin bazıları tespit edilmiştir.

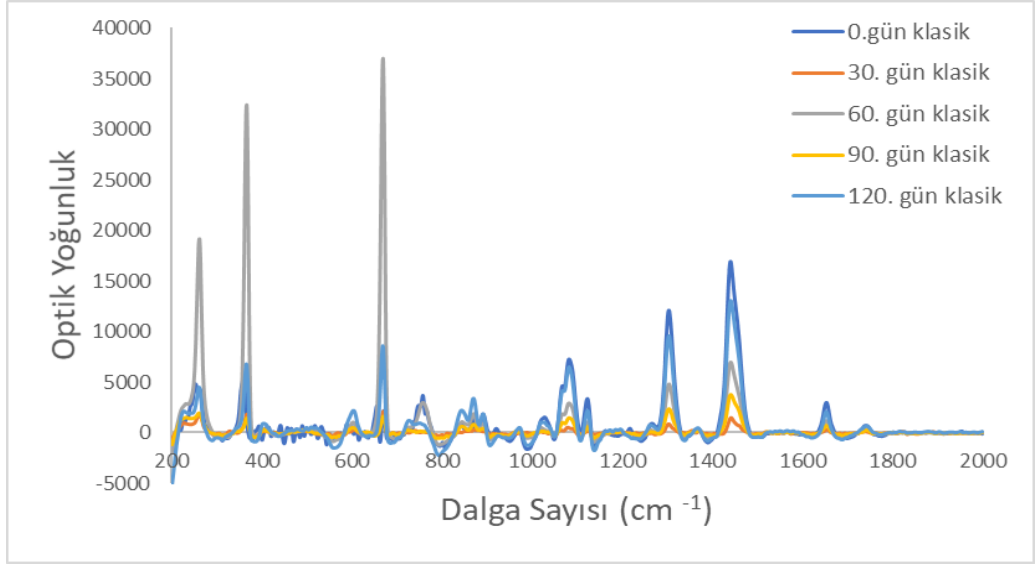
Modifiye Folch metoduyla üretilen Beyaz peynirlerden yağ ekstraksiyonu yapıldıktan sonra elde edilen saf yağın bir kısmı GC analizinde kullanılmak amacıyla saklanmış diğer kısmında ise Raman spektrumları alınmıştır. Raman ölçümleri 785 nm dalga boyuna sahip spektrofotometrede yapılmıştır.

#### 4.4.4 İnek Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

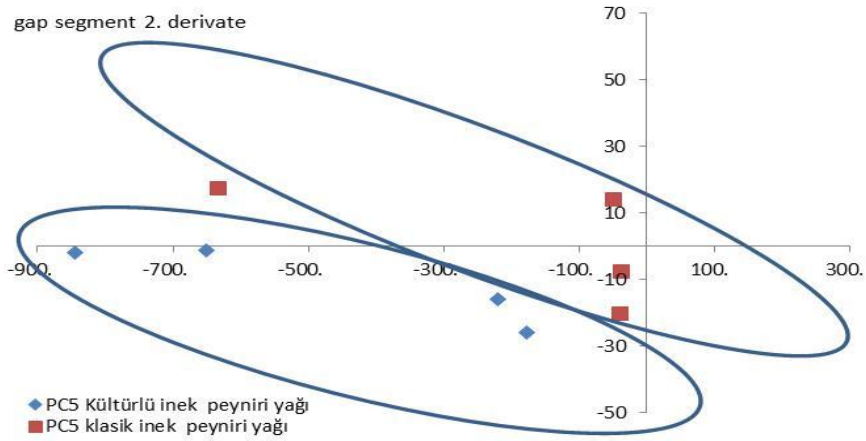
Tez kapsamında kültürlü ve klasik olmak üzere iki farklı tipte üretilen inek Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları Şekil 4.34 - 4.35'te verilmiştir. Peynir üretim prosesinde kültür kullanılıp kullanılmama durumuna bağlı olarak Raman spektrumları belirgin bir şekilde farklılaşmıştır. Bu farklılaşma kemometrik yöntemlerden PCA kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil 4.36). PCA grafiğinden de anlaşılacağı üzere kültür kullanılan ve kullanılmayan örnekler iki farklı küme oluşturmuştur. Analiz sonucunda kültürlü ve kültürsüz olarak üretilen peynirlerin Raman spektrumları ve kemometrik yöntem kullanılarak ayrılabilceği ortaya konmuştur. Olgunlaşma sürecine bağlı olarak spektrumlardaki değişimler belirgin bir şekilde izlenebilmektedir.



Şekil 4.34 Kültürlü inek Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



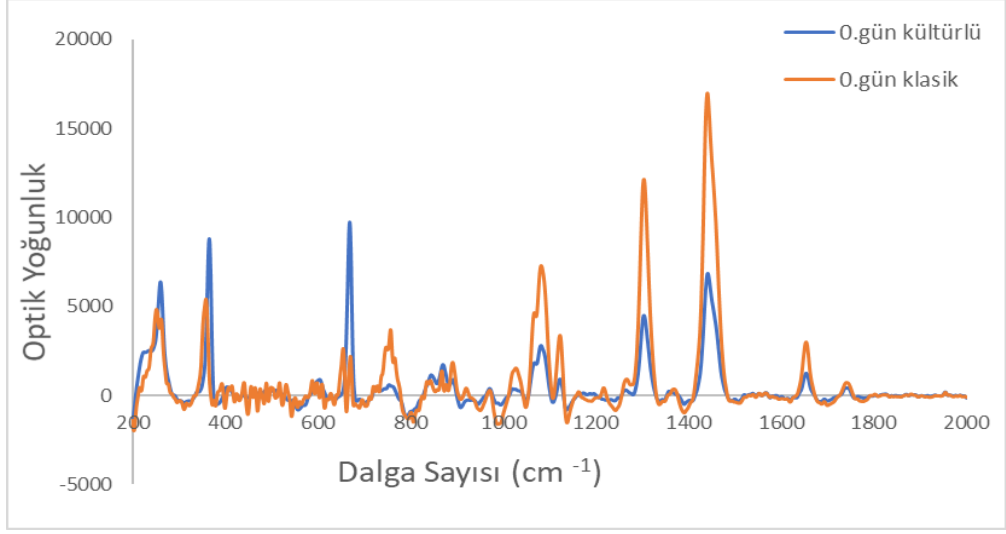
Şekil 4.35 Klasik inek Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



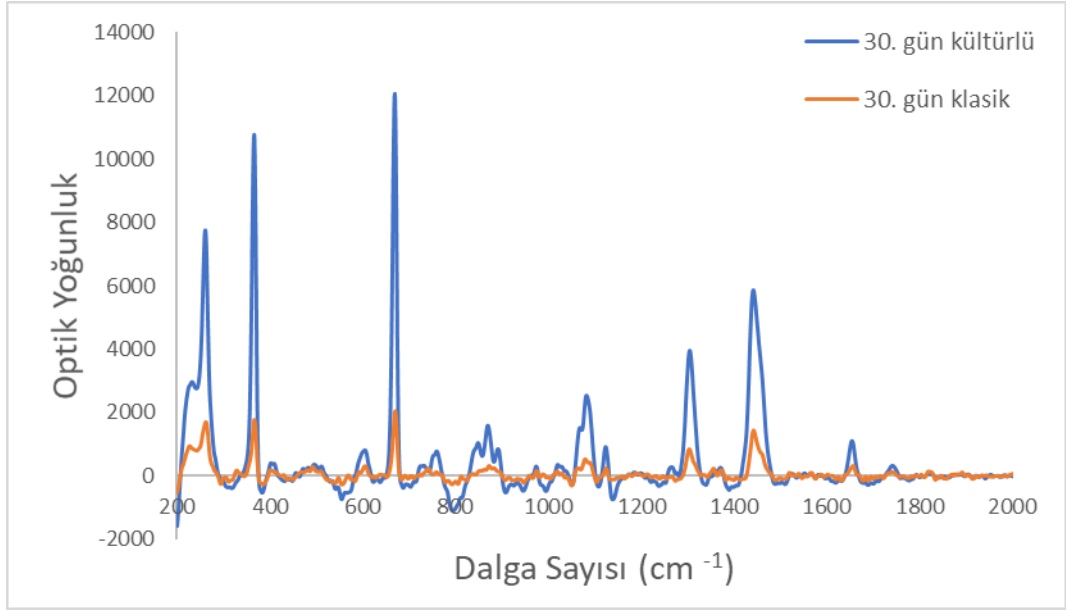
Şekil 4.36 Kültürlü ve klasik inek Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

Farklı depolama süresine sahip kültürlü ve klasik Beyaz peynirlerin Raman spektrumları şekil 4.37-4.41’de, inek sütünden üretilen kültürlü ve klasik peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerde yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.13’de verilmiştir. Raman spektrumları GC sonuçları detaylı olarak incelendiğinde olgunlaşma sürecinde üretim yöntemine bağlı olarak Raman spektrumlarında farklılaşma olduğu ve bu farklılaşmanın Raman spektrumları üzerinden yapılabileceği ortaya konmuştur. Raman spektrumlarının peynir yağ asidi bileşimleriyle ilişkilendirilmesi için çalışma kapsamında gaz kromatografisi ölçümleri de yapılmış olup olgunlaşma sürecindeki bileşim değişimleri GC sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır anlatılmıştır.

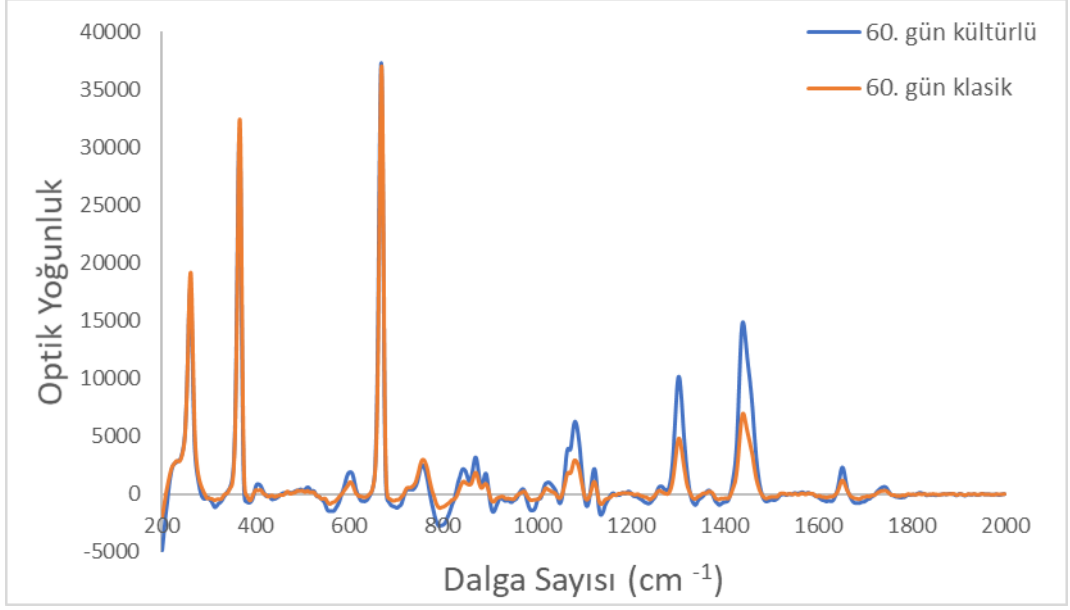




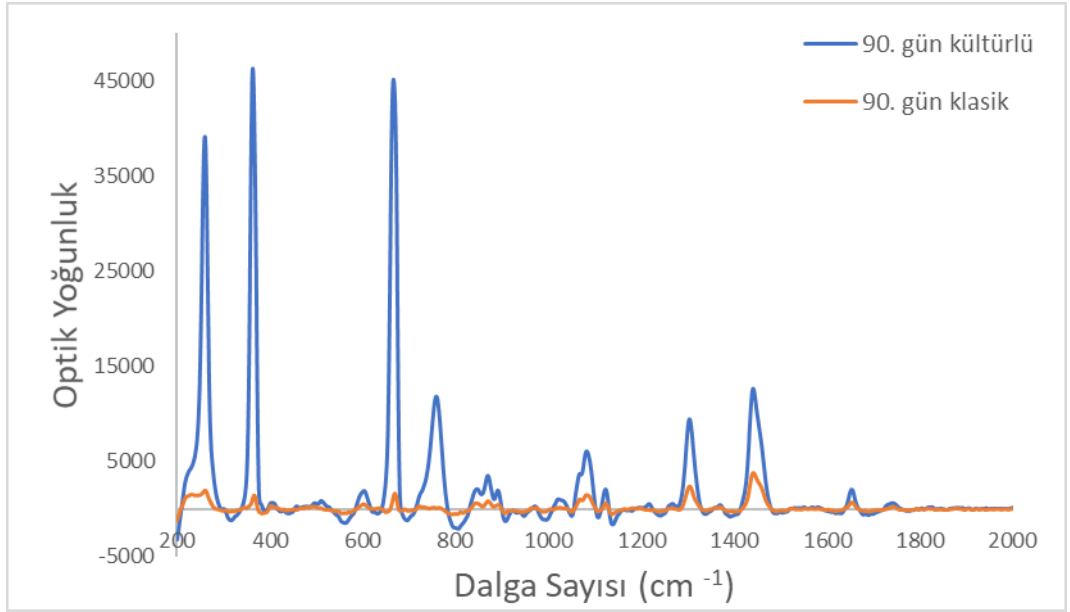
Şekil 4.37 İnek Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4.38 İnek Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları



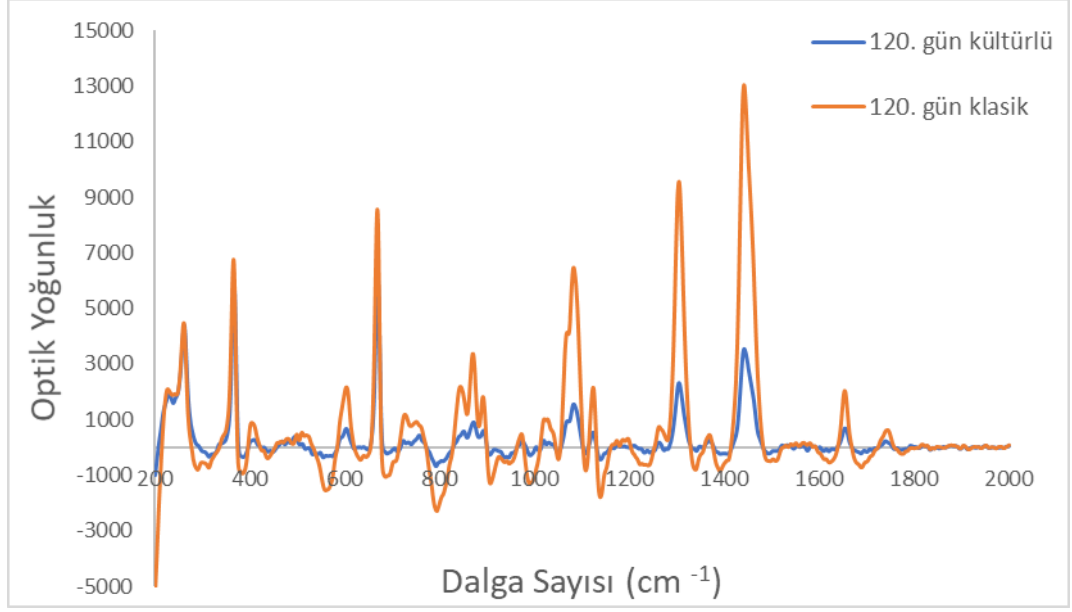
Şekil 4.39 İnek Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.40 İnek Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları

Çizelge 4.13 İnek sütünden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0, 60 ve 120. günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

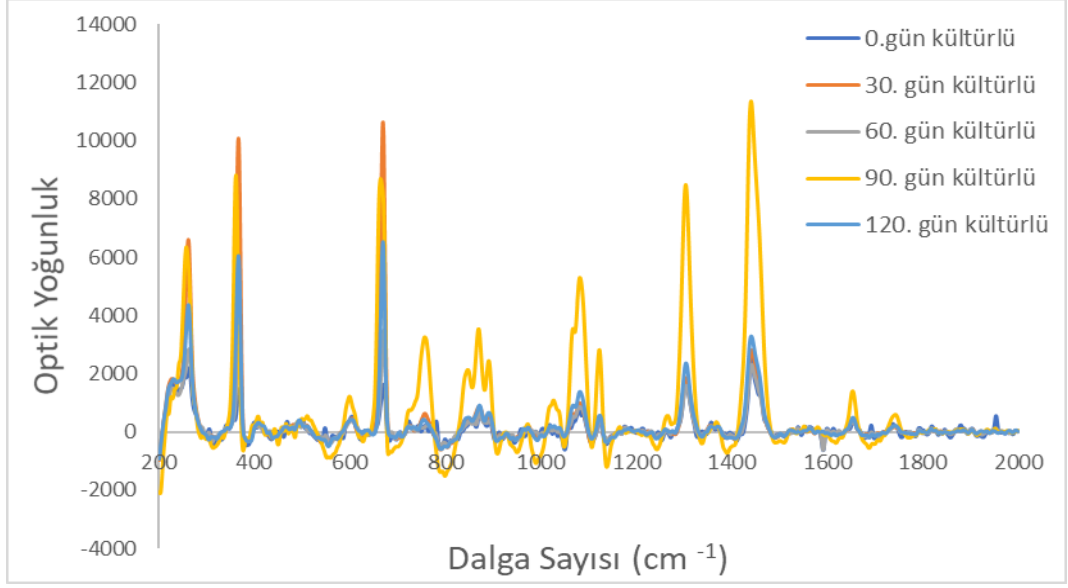
	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,21	1,80	1,08	1,39	1,32	1,06
C6:0 (Kaproik)	1,03	1,07	0,89	1,00	1,26	0,81
C8:0 (Kaprilik)	0,79	0,64	0,63	0,65	0,65	0,56
C10:0 (Kaprik)	2,16	1,59	1,57	1,70	1,79	1,52
C11:0 (Undekanoik)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
C12:0 (Laurik)	2,94	2,09	2,08	2,19	2,15	2,09
C13:0 (Tridekanoik)	0,08	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
C14:0 (Miristik)	9,39	9,00	8,83	9,24	8,51	9,07
C14:1 (Miristoleik)	0,86	0,67	0,67	0,69	0,56	0,65
C15:0 (Pentadekanoik)	1,15	0,96	0,96	0,99	0,94	0,99
C16:0 (Palmitik)	28,51	27,20	26,60	27,11	28,69	27,38
C16:1 (Palmitoleik)	1,36	1,26	1,25	1,26	1,12	1,17
C17:0 (Heptadekanoik)	0,65	0,67	0,69	0,65	0,70	0,68
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,28	0,27	0,29	0,27	0,20	0,27
C18:0 (Stearik)	12,20	13,98	14,04	14,00	15,61	14,51
C18:1n9 $t$ (Elaidik)	1,83	1,68	1,93	1,75	1,87	1,61
C18:1n9 $c$ (Oleik)	23,21	25,01	25,06	25,00	26,98	25,19
C18:2n6 $c$ (Linoleik)	2,35	2,62	2,69	2,62	2,67	2,58
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,20	0,22	0,23	0,22	0,18	0,21
C20:0 (Araşidik)	0,21	0,26	0,29	0,28	0,29	0,29
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,11	0,14	0,16	0,15	0,16	0,15
C22:0 (Behenik)	0,10	0,12	0,16	0,13	0,11	0,13



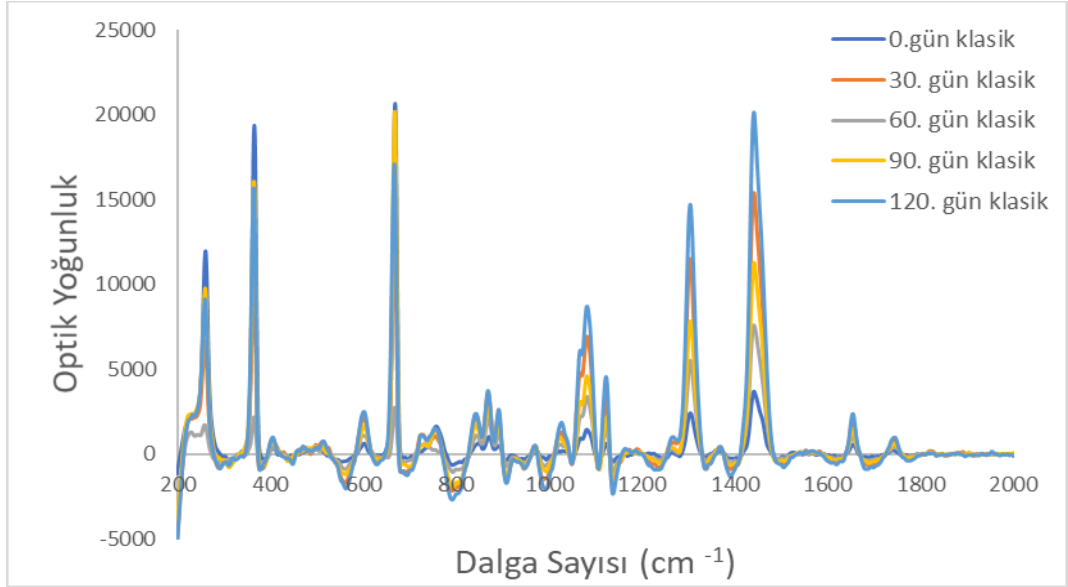
Şekil 4.41 İnek Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları

#### 4.4.5 Koyun Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

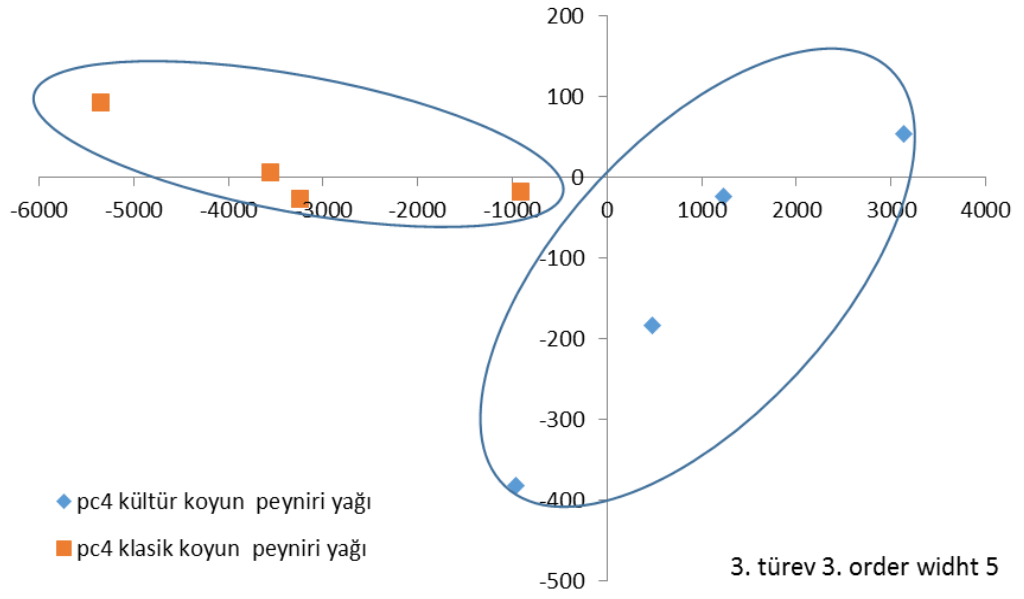
Tez kapsamında kültürlü ve klasik koyun Beyaz peynirlerinin olgunlaşma süresinceki Raman spektrumları şekil 4.42- 4.43'te, bu spektrumlara ait PCA grafiği şekil 4.44'de, koyun sütünden üretilen kültürlü ve klasik peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerde elde edilen yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.14'de verilmiştir. Yapılan kemometrik analiz sonucu olarak Raman spektrumları kullanılarak kültürlü Beyaz peynirler ile klasik Beyaz peynirlerin Raman spektrumları üzerinden ayrıştırılabileceği ortaya konmuştur.



Şekil 4.42 Kültürlü koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

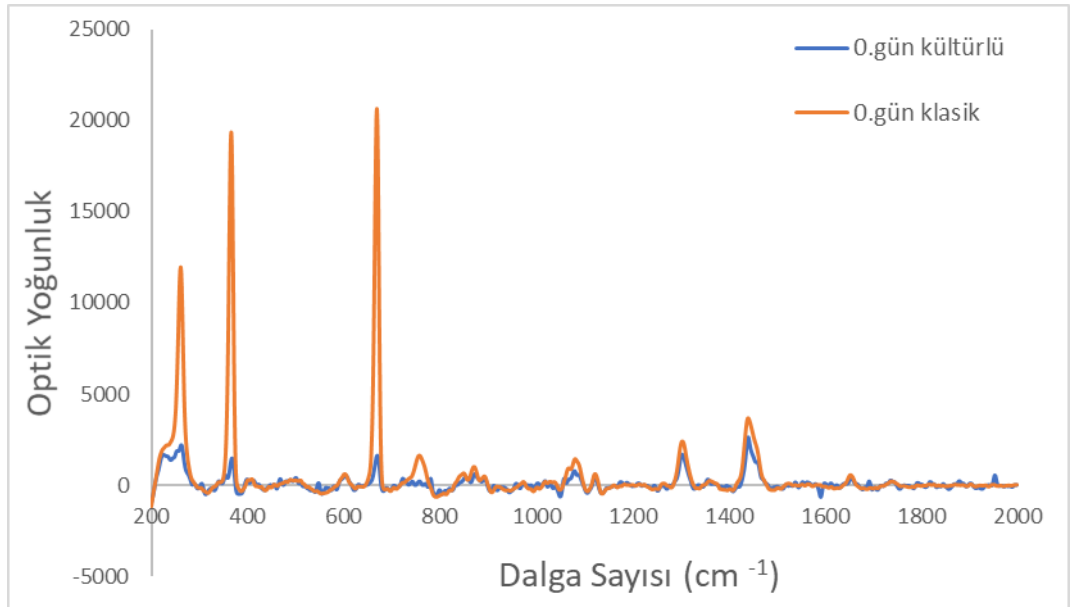


Şekil 4.43 Klasik koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

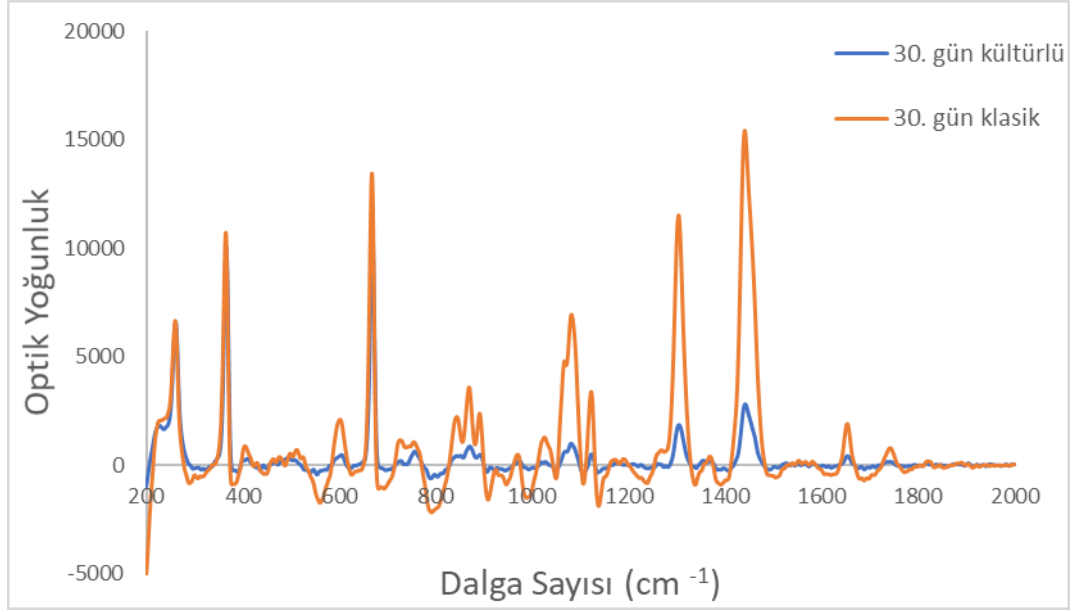


Şekil 4.44 Kültürlü ve klasik koyun Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

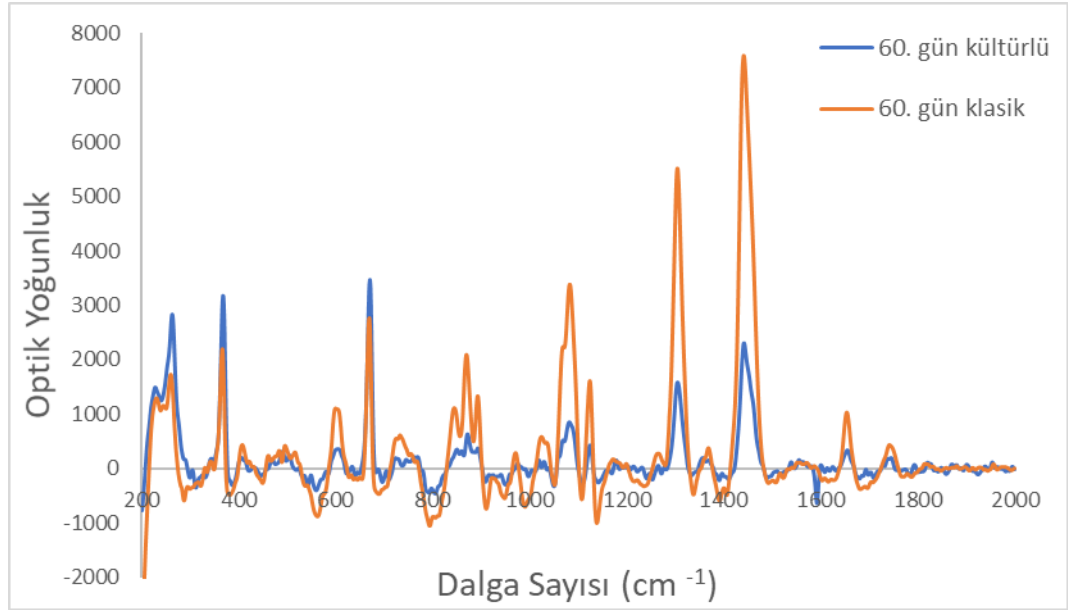
İnek Beyaz peynirlerine benzer şekilde üretim yöntemine ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında farklılaşma gözlenmiştir. Peynirlerin depolama süresince Raman spektrumlarında farklılaşma olduğu Şekil 4.45-4.49’da görülmektedir.



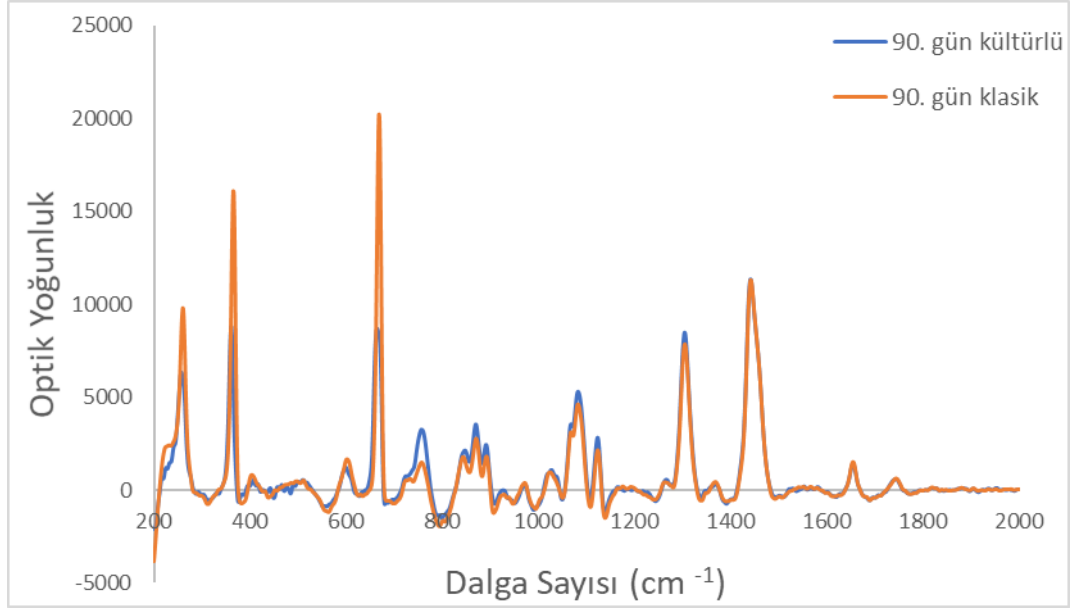
Şekil 4.45 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları



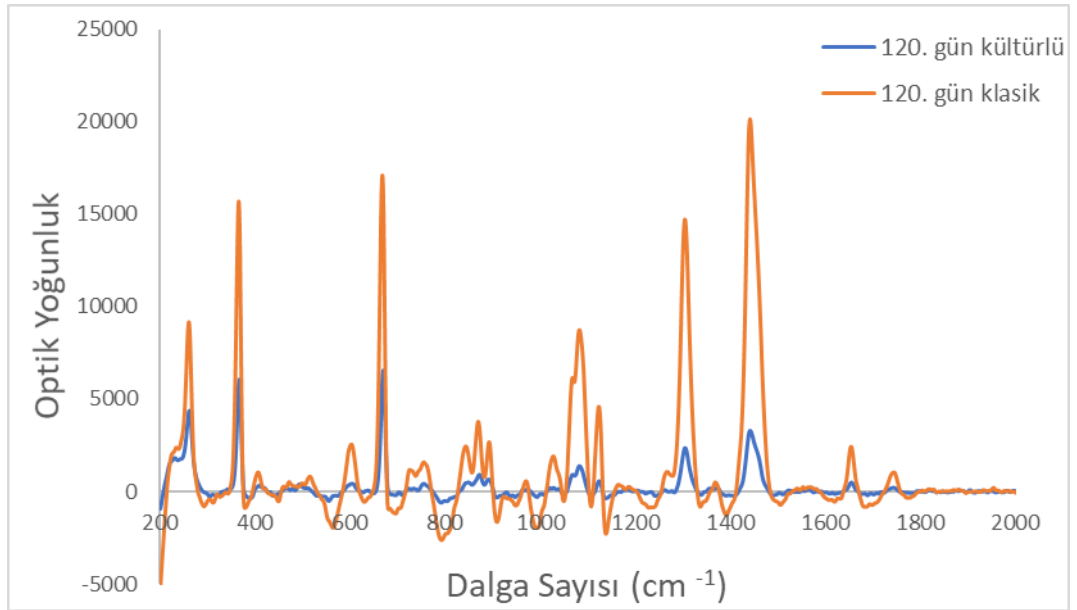
Şekil 4.46 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.47 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.48 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları



Şekil 4.49 Koyun Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları

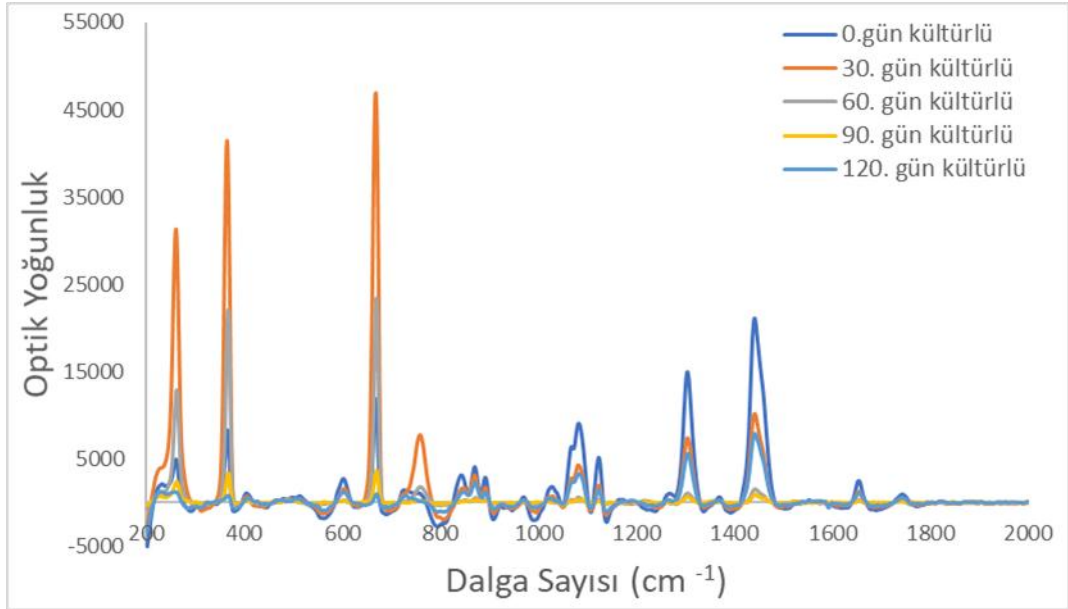


Çizelge 4.14 Koyun sütünden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0, 60 ve 120. günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

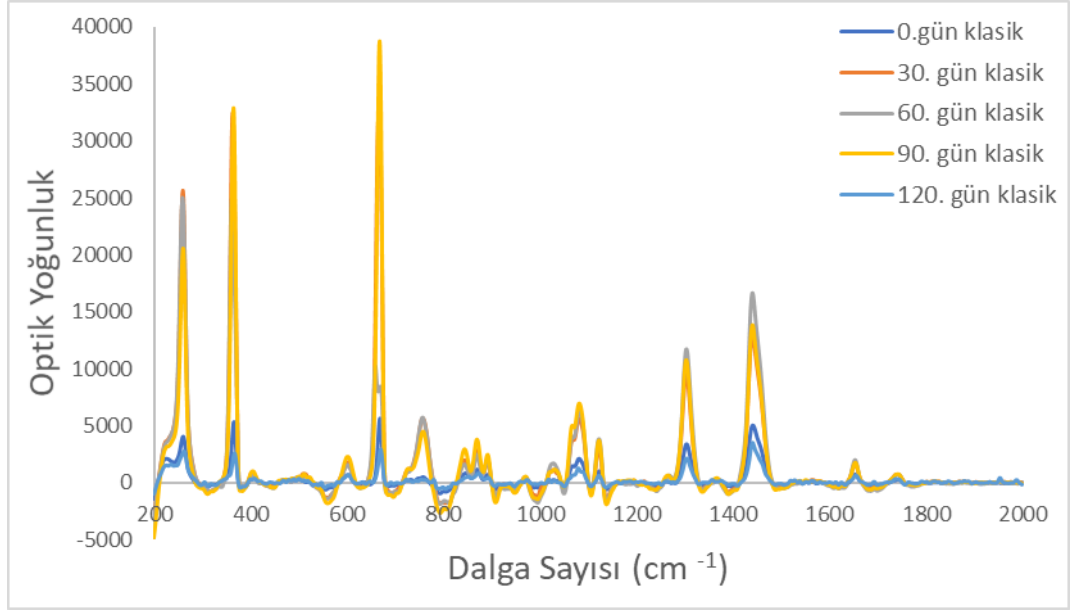
	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,11	1,58	1,36	0,93	1,68	0,94
C6:0 (Kaproik)	1,21	1,46	0,49	0,77	1,46	0,91
C8:0 (Kaprilik)	1,33	1,63	0,65	0,84	1,54	1,02
C10:0 (Kaprik)	4,04	3,04	3,15	3,87	6,15	4,25
C11:0 (Undekanoik)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03
C12:0 (Laurik)	2,11	2,20	2,63	3,06	3,93	3,01
C13:0 (Tridekanoik)	0,05	0,09	0,09	0,06	0,06	0,07
C14:0 (Miristik)	12,03	13,01	10,35	11,58	12,45	10,87
C14:1 (Miristoleik)	0,28	0,28	0,20	0,20	0,23	0,22
C15:0 (Pentadekanoik)	1,10	1,20	1,06	1,12	1,11	1,04
C16:0 (Palmitik)	29,81	29,29	30,93	30,81	29,66	30,35
C16:1 (Palmitoleik)	1,20	1,20	1,12	1,18	0,24	0,24
C17:0 (Heptadekanoik)	0,84	0,74	0,85	0,80	0,71	0,86
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,21	0,28	0,25	0,25	0,23	0,25
C18:0 (Stearik)	11,88	9,95	13,58	12,26	10,67	11,76
C18:1n9t (Elaidik)	2,42	2,56	2,45	2,72	2,65	2,56
C18:1n9c (Oleik)	16,17	16,67	21,48	19,98	17,89	19,66
C18:2n6c (Linoleik)	2,21	1,81	2,22	2,08	1,86	2,19
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,51	0,57	0,69	0,67	0,64	0,88
C20:0 (Araşidik)	0,43	0,33	0,52	0,43	0,35	0,47
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05
C22:0 (Behenik)	0,23	0,13	0,18	0,15	0,11	0,21

#### 4.4.6 Keçi Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

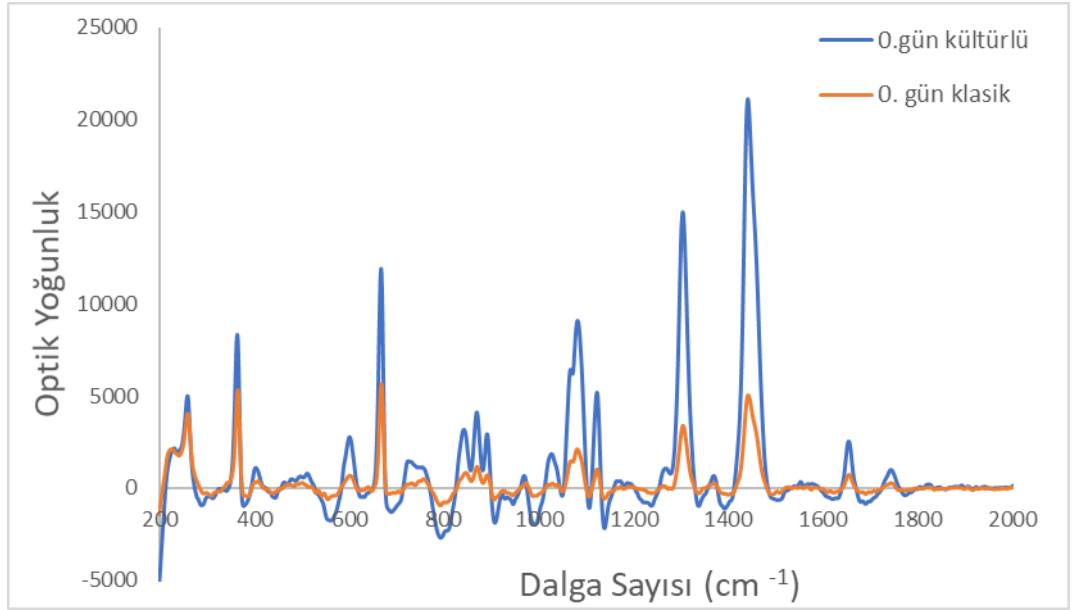
Tez kapsamında kültür kullanılarak üretilen keçi peyniri yağlarının 0., 30., 60., 90. ve 120. günlerdeki Raman spektrumları şekil 4.50’de, Klasik yöntem ile üretilen keçi peyniri yağlarının 0., 30., 60., 90. ve 120. günlerdeki Raman spektrumları şekil 4.51’de verilmiştir. Her iki üretim metoduna göre üretilen keçi beyaz peyniri yağlarının 0. depolama gününe ait Raman spektrumları şekil 4.52’de, 30. depolama gününe ait Raman spektrumları şekil 4.53’de, 60. depolama gününe ait Raman spektrumları Şekil 4.54’de, 90. depolama gününe ait Raman spektrumları şekil 4.55’de ve 120. depolama gününe ait Raman spektrumları şekil 4.56’de gösterilmiştir.



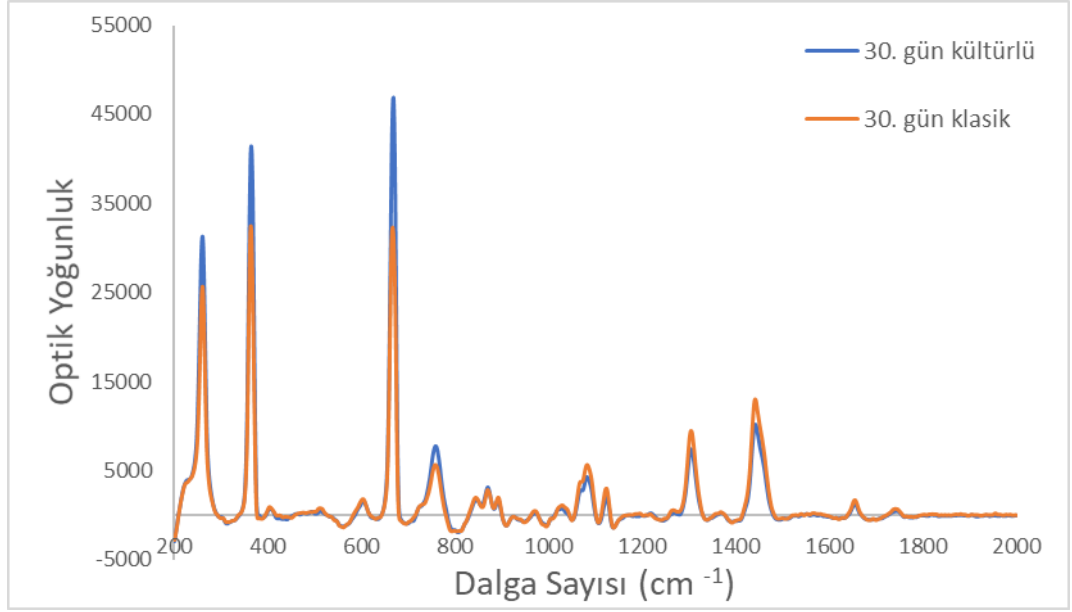
Şekil 4.50 Kültürlü keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



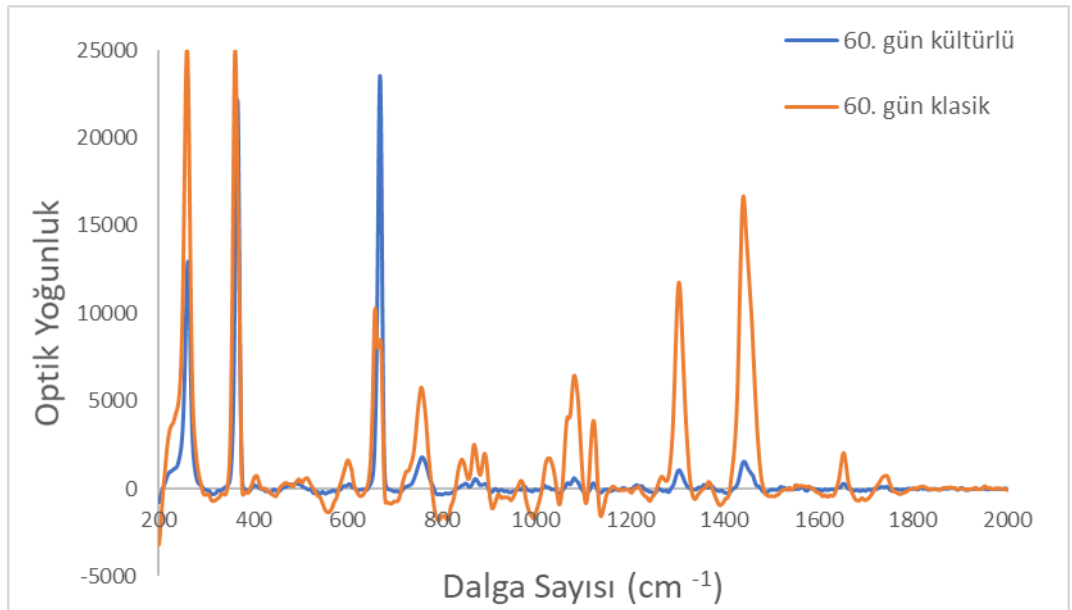
Şekil 4.51 Klasik keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



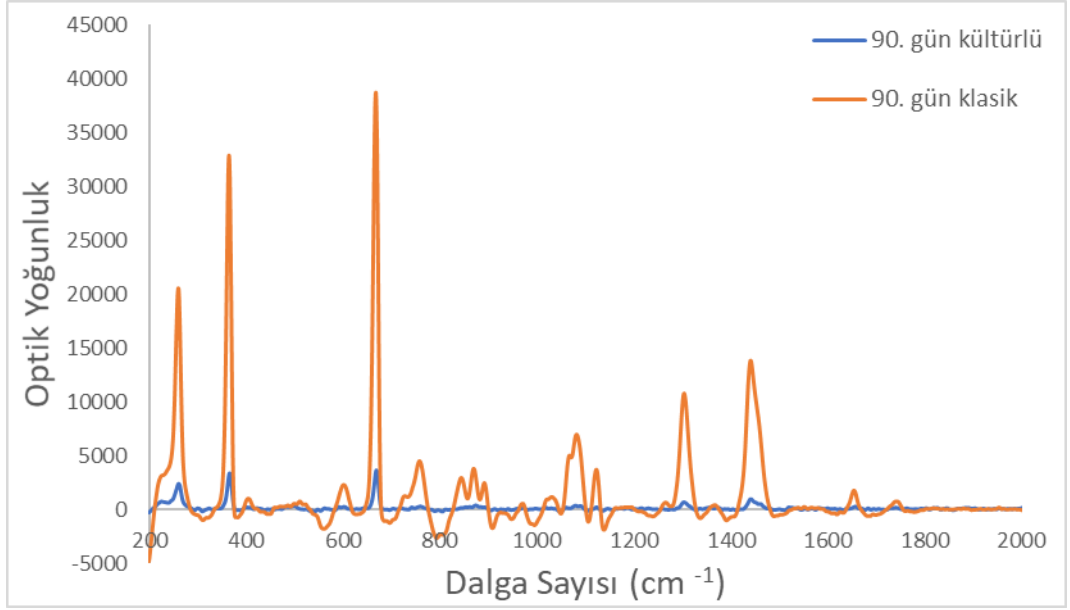
Şekil 4.52 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 0.gün Raman spektrumları



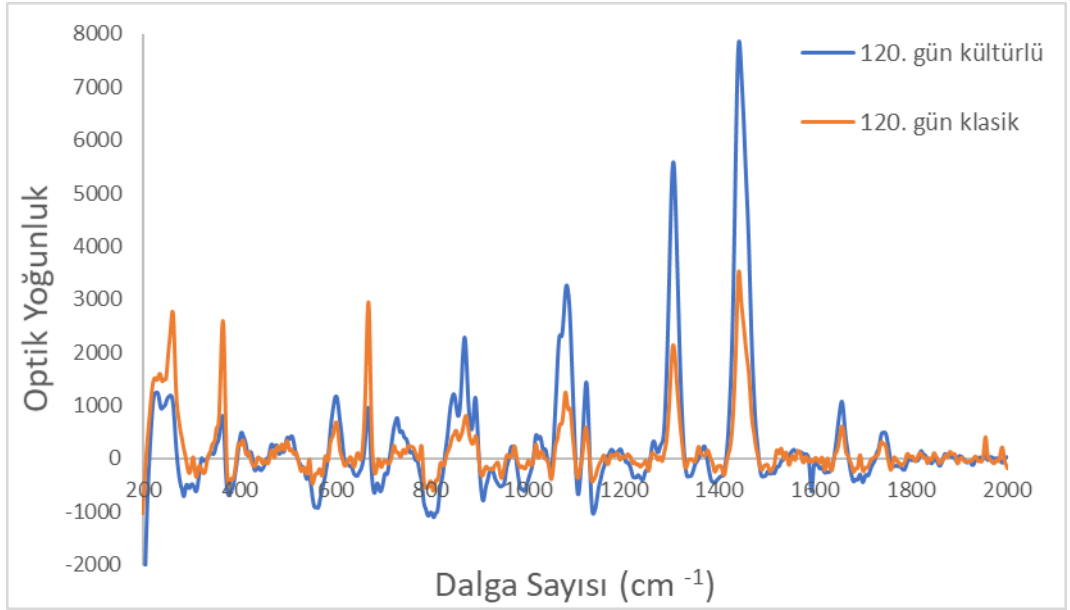
Şekil 4.53 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 30.gün Raman spektrumları



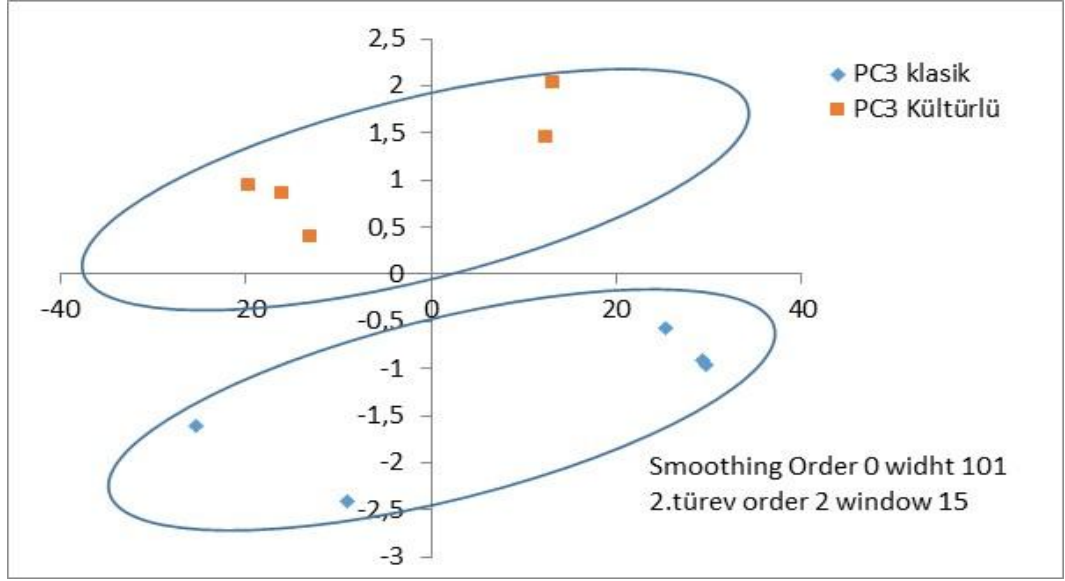
Şekil 4.54 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 60.gün Raman spektrumları



Şekil 4.55 Keçi Beyaz peyniri yağlarının 90.gün Raman spektrumları



Şekil 4.56 Keçi peyniri yağlarının 120.gün Raman spektrumları



Şekil 4.57 Kültürlü ve klasik keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

Keçi sütünden üretilen kültürlü ve klasik peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerde yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.15’de verilmiştir. Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Yapılan kemometrik analiz sonucunda Raman spektrumları üzerinden kültürlü ve klasik beyaz peynirlerin ayrılabilceği ortaya konmuştur (Şekil 4.57).

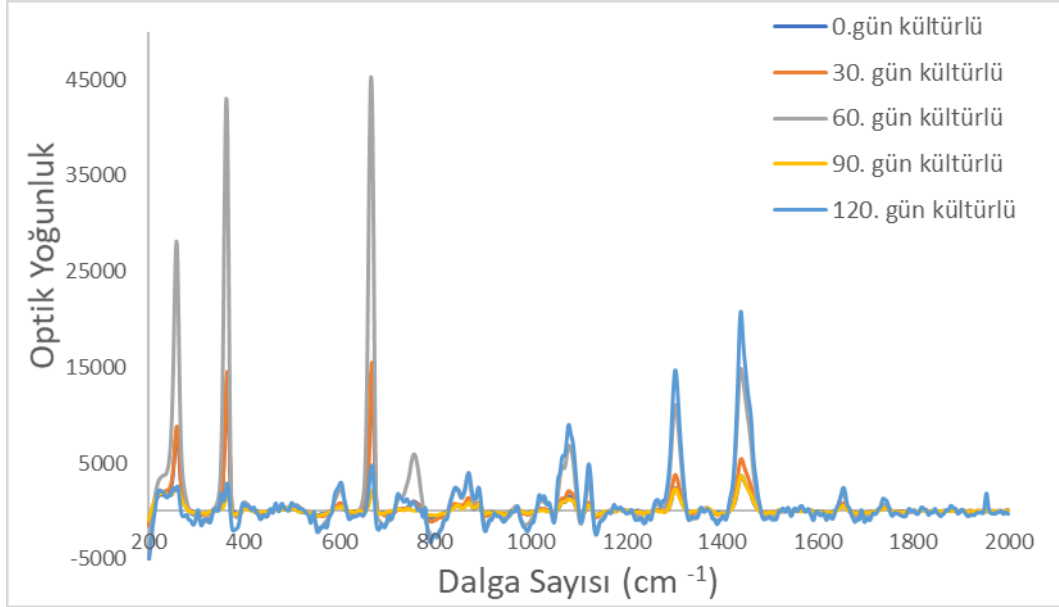
Çizelge 4.15 Keçi sütünden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0, 60 ve 120 günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,47	0,76	1,27	1,32	2,08	1,37
C6:0 (Kaproik)	1,25	0,92	1,30	1,60	1,47	1,28
C8:0 (Kaprilik)	1,28	1,23	1,41	1,96	1,31	1,33
C10:0 (Kaprik)	4,85	6,04	5,16	6,73	5,40	4,93
C11:0 (Undekanoik)	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
C12:0 (Laurik)	3,24	2,81	3,31	3,10	3,59	3,18
C13:0 (Tridekanoik)	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07
C14:0 (Miristik)	11,11	9,44	11,08	9,67	12,07	10,12
C14:1 (Miristoleik)	0,23	0,10	0,23	0,15	0,23	0,51
C15:0 (Pentadekanoik)	1,04	0,85	1,04	0,87	1,10	0,89
C16:0 (Palmitik)	29,86	33,32	29,26	31,69	30,48	33,19
C16:1 (Palmitoleik)	1,14	0,69	1,14	0,73	0,23	0,23
C17:0 (Heptadekanoik)	0,84	0,69	0,83	0,65	0,81	0,52
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,25	0,25	0,29	0,24	0,24	0,22
C18:0 (Stearik)	11,12	10,48	10,94	9,45	10,54	9,46
C18:1n9t (Elaidik)	1,99	2,01	2,08	2,02	1,98	1,97
C18:1n9c (Oleik)	19,13	21,43	18,94	19,99	19,38	21,10
C18:2n6c (Linoleik)	2,16	2,76	2,17	2,56	2,19	3,14
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,85	0,36	0,86	0,37	0,79	0,26
C20:0 (Araşidik)	0,41	0,36	0,43	0,33	0,37	0,19
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,05	0,13	0,05	0,11	0,07	0,07
C22:0 (Behenik)	0,18	0,10	0,20	0,11	0,14	0,14

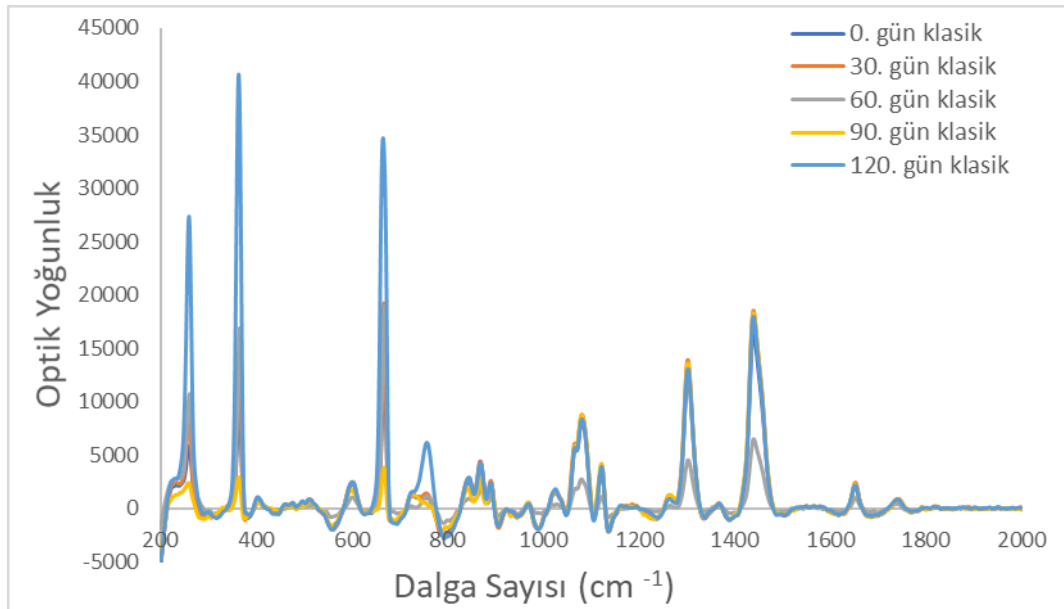
#### 4.4.7 İnek ve koyun sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

Tez kapsamında inek ve koyun sütünün 1:1 oranında karışımından üretilen Beyaz peynirlerin Raman spektrumları şekil 4.58 - 4.59'da gösterilmiştir. Bu spektrumlar doğrultusunda gerçekleştirilen PCA grafiği şekil 4.60'da gösterilmiştir. PCA

grafiğinden de anlaşılacağı üzere kültür kullanılan ve klasik olarak üretilen inek-koyun Beyaz peynirleri iki farklı küme oluşturarak başarılı bir ayırım gerçekleştirilmiştir.

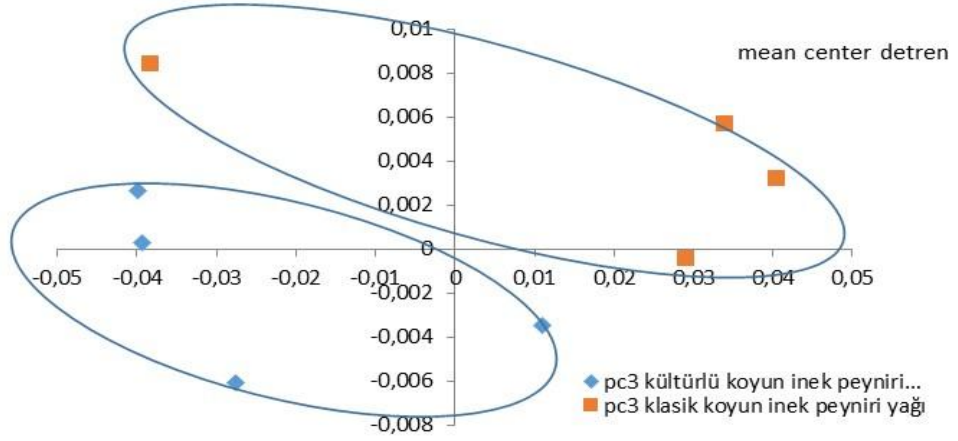


Şekil 4.58 Kültürlü inek-koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



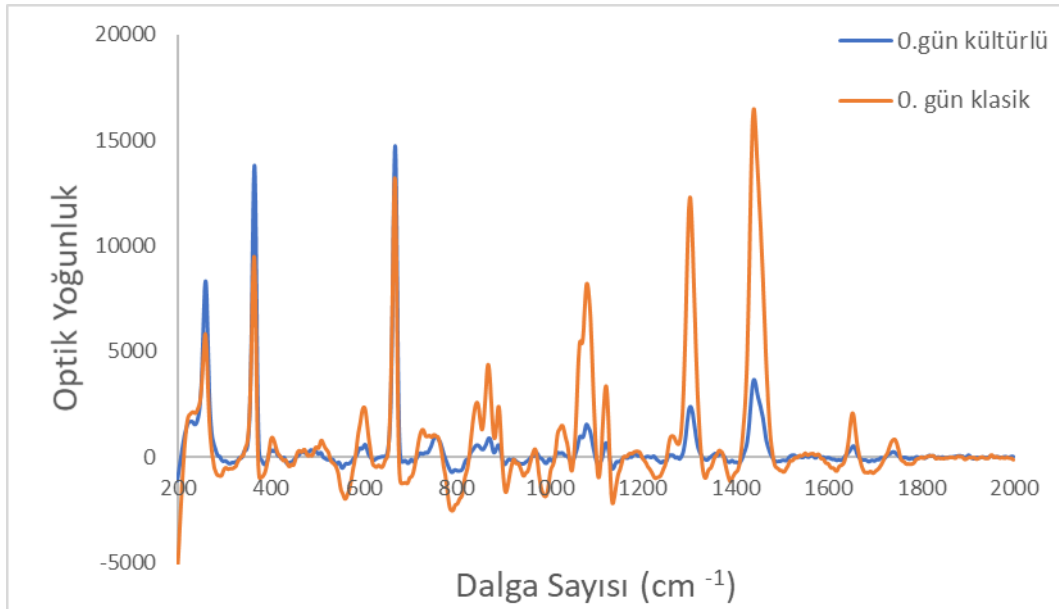
Şekil 4.59 Klasik inek-koyun Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



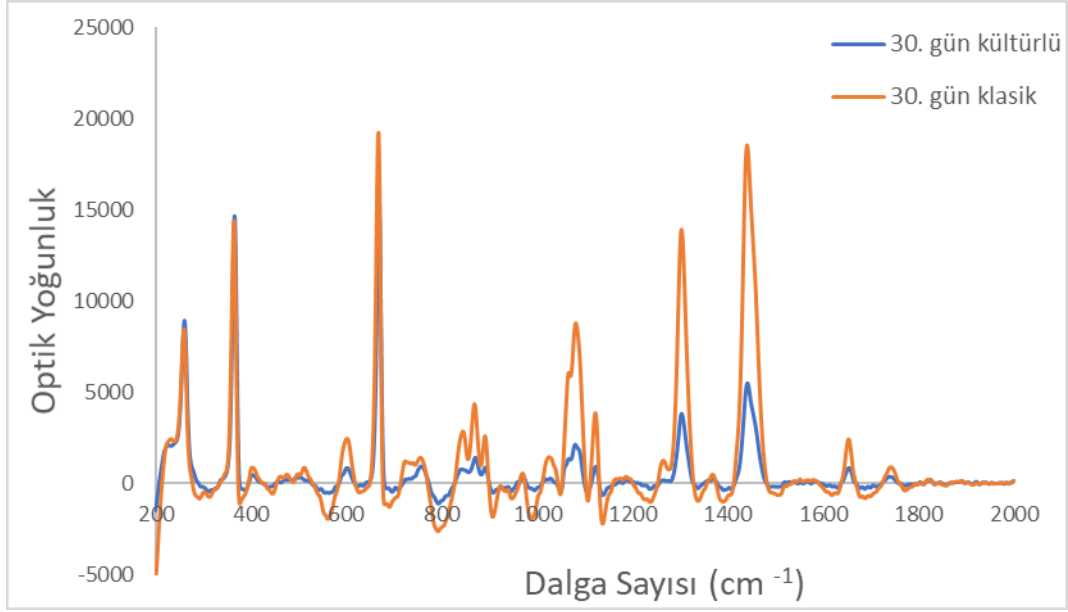


Şekil 4.60 Kültürlü ve klasik inek-koyun Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

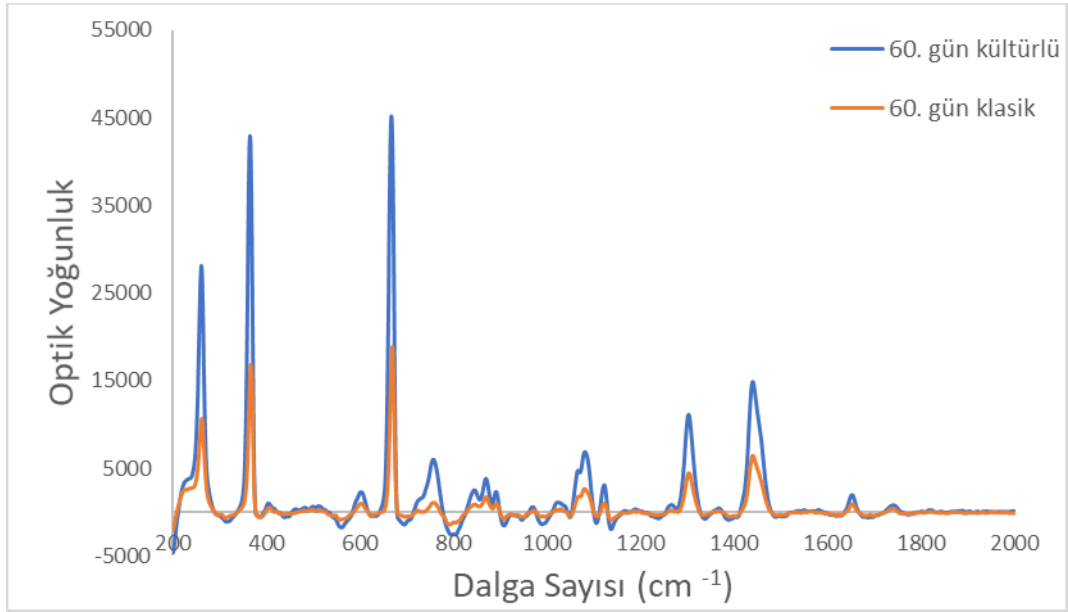
Ayrıca kültürlü ve klasik peynir örneklerinin 0., 60. ve 120. günlerdeki Raman spektrumları şekil 4.61 - 4.65 arasında gösterilmiş ve yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.16'da verilmiştir. Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Yapılan kemometrik analiz sonucunda Raman spektrumları üzerinden kültürlü ve klasik beyaz peynirlerin ayrılabilceği ortaya konmuştur.



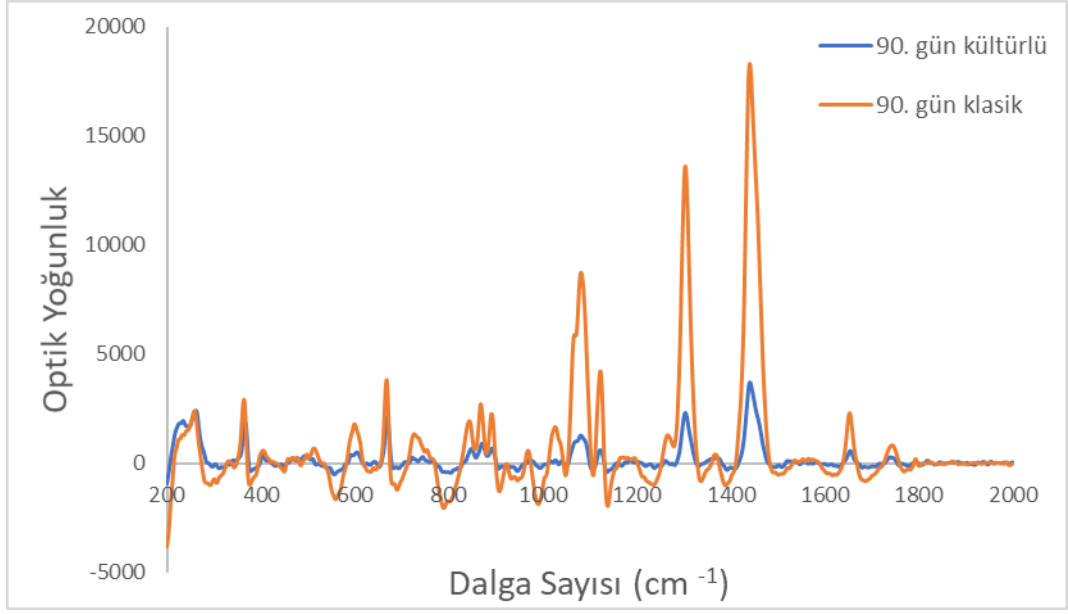
Şekil 4.61 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları



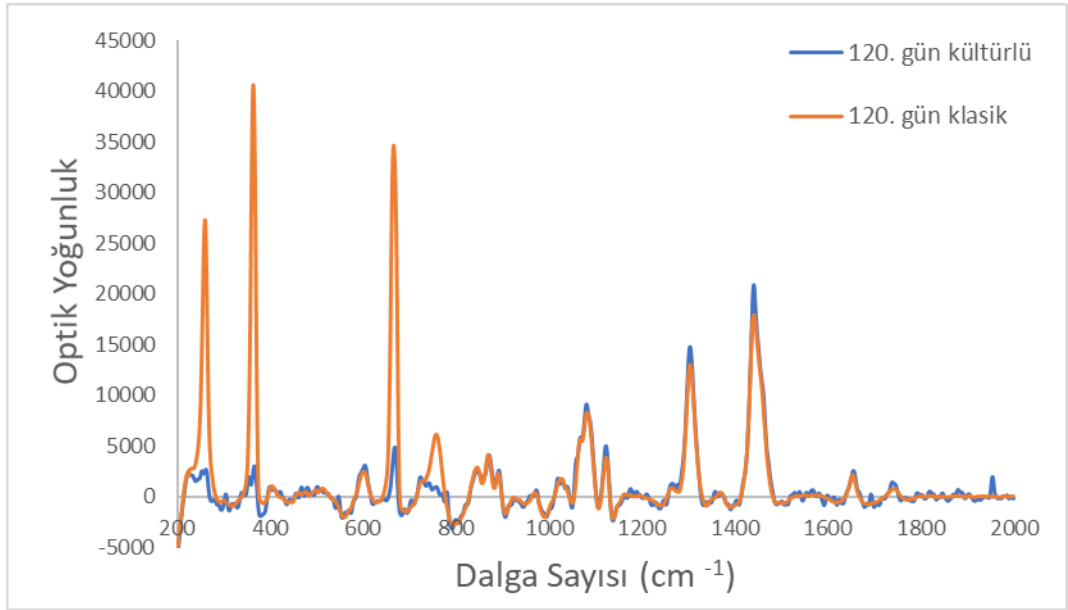
Şekil 4.62 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.63 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.64 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları



Şekil 4.65 İnek-koyun Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları

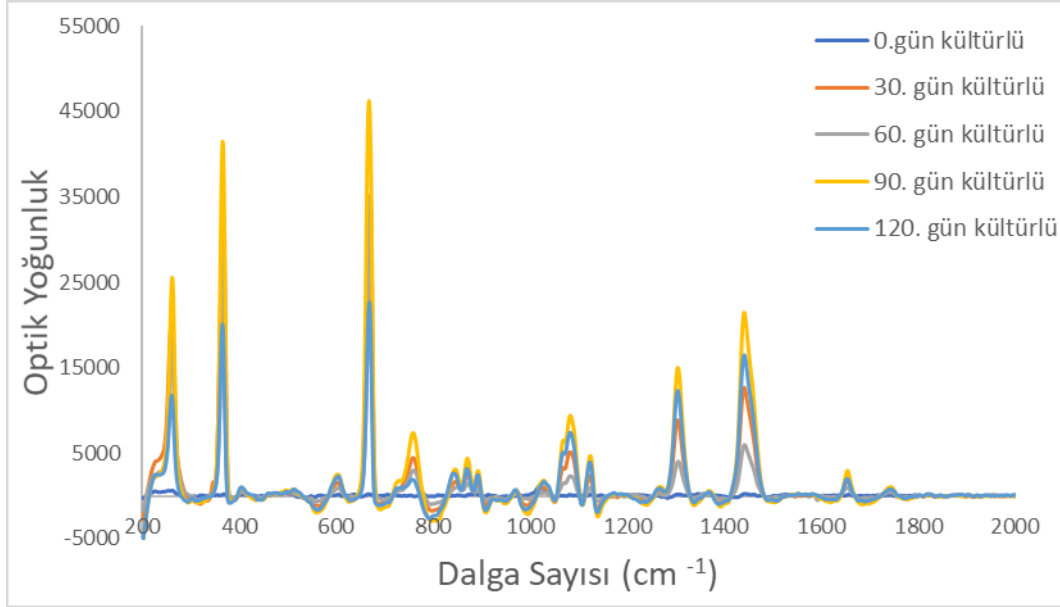
Çizelge 4.16 İnek ve koyun sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,26	1,10	1,09	1,02	1,16	1,03
C6:0 (Kaproik)	1,02	1,04	1,04	1,08	0,82	0,92
C8:0 (Kaprilik)	1,01	1,14	1,11	1,21	1,02	0,96
C10:0 (Kaprik)	3,92	3,97	4,23	4,76	4,01	3,91
C11:0 (Undekanoik)	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
C12:0 (Laurik)	3,26	3,22	3,42	3,02	3,36	3,31
C13:0 (Tridekanoik)	0,09	0,10	0,10	0,06	0,10	0,10
C14:0 (Miristik)	11,12	11,03	11,20	10,38	11,35	11,17
C14:1 (Miristoleik)	0,51	0,47	0,52	0,32	0,54	0,50
C15:0 (Pentadekanoik)	1,06	1,05	1,06	1,05	1,08	1,06
C16:0 (Palmitik)	30,30	31,10	29,64	31,34	30,24	30,26
C16:1 (Palmitoleik)	1,50	1,40	1,49	1,13	0,22	0,22
C17:0 (Heptadekanoik)	0,59	0,61	0,58	0,72	0,58	0,59
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,24	0,23	0,25	0,24	0,26	0,23
C18:0 (Stearik)	10,83	11,03	10,74	11,21	10,44	11,13
C18:1n9t (Elaidik)	2,10	2,15	2,12	2,08	2,11	2,40
C18:1n9c (Oleik)	21,91	21,84	21,70	20,66	21,94	22,06
C18:2n6c (Linoleik)	2,70	2,60	2,71	2,69	2,70	2,69
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,37	0,46	0,38	0,47	0,40	0,36
C20:0 (Araşidik)	0,28	0,29	0,30	0,37	0,26	0,31
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,04	0,06	0,05	0,07	0,04	0,05
C22:0 (Behenik)	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,11

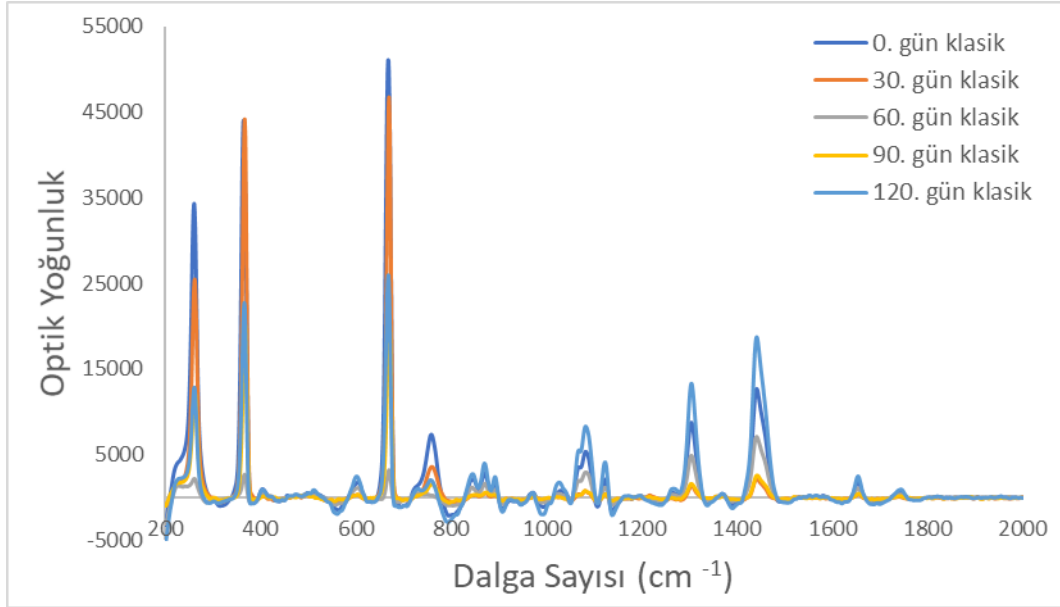
#### 4.4.8 İnek ve keçi sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

Tez kapsamında inek ve keçi sütünün 1:1 oranında karışımından üretilmiş Beyaz peynirlerin Raman spektrumları şekil 4.66 - 4.67'de verilmiştir. Bu spektrumlar doğrultusunda gerçekleştirilen PCA grafiği şekil 4.68'da sunulmuştur. PCA grafiğinden

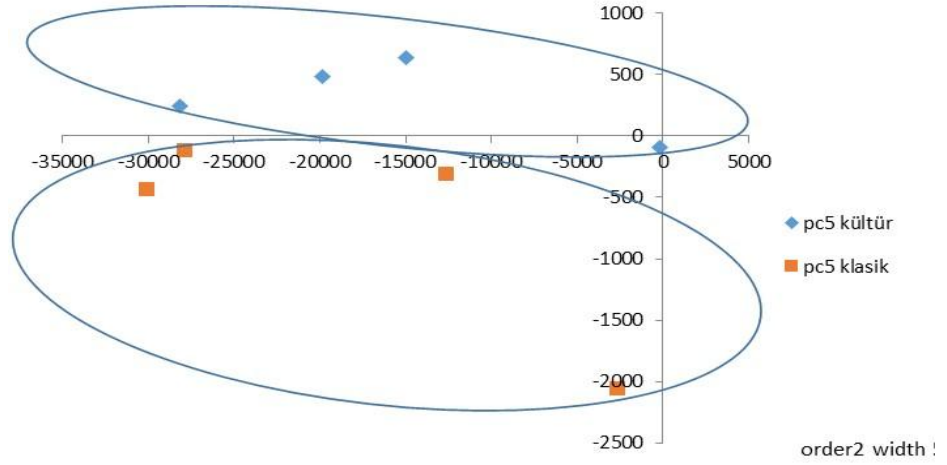
de anlaşılacağı üzere kültür kullanılan ve klasik olarak üretilen inek keçi Beyaz peynirleri iki farklı küme oluşturarak başarılı bir ayırım gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.66 Kültürlü inek-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

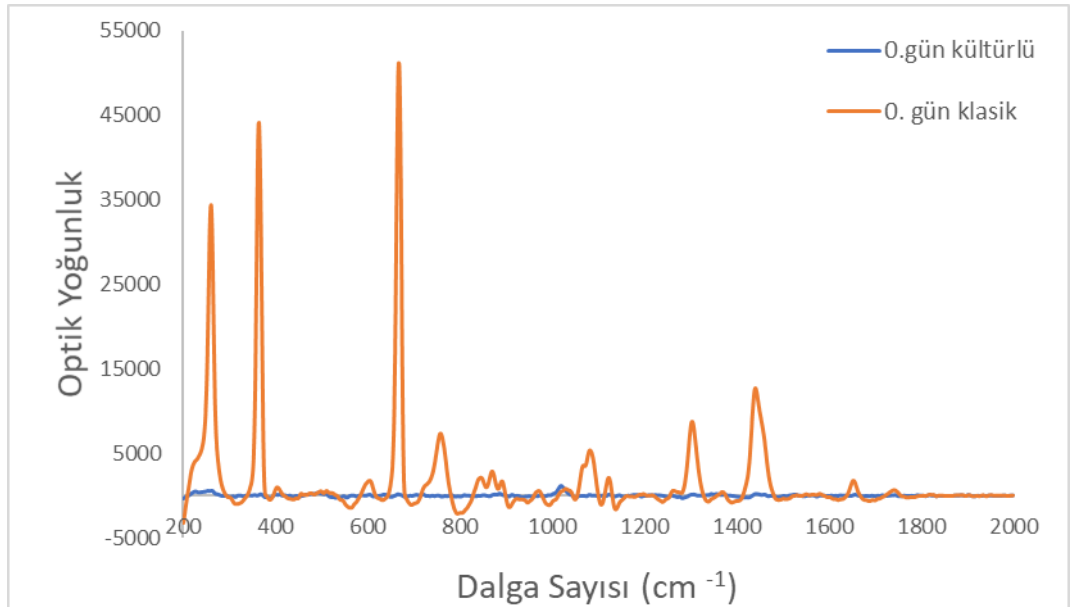


Şekil 4.67 Klasik inek-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

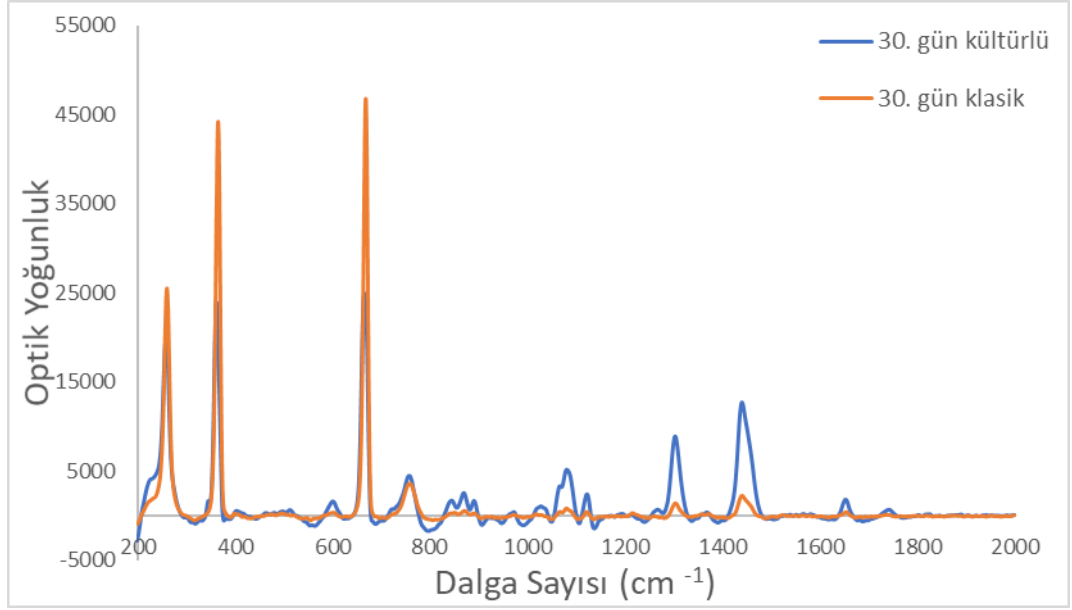


Şekil 4.68 Kültürlü ve klasik inek-keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

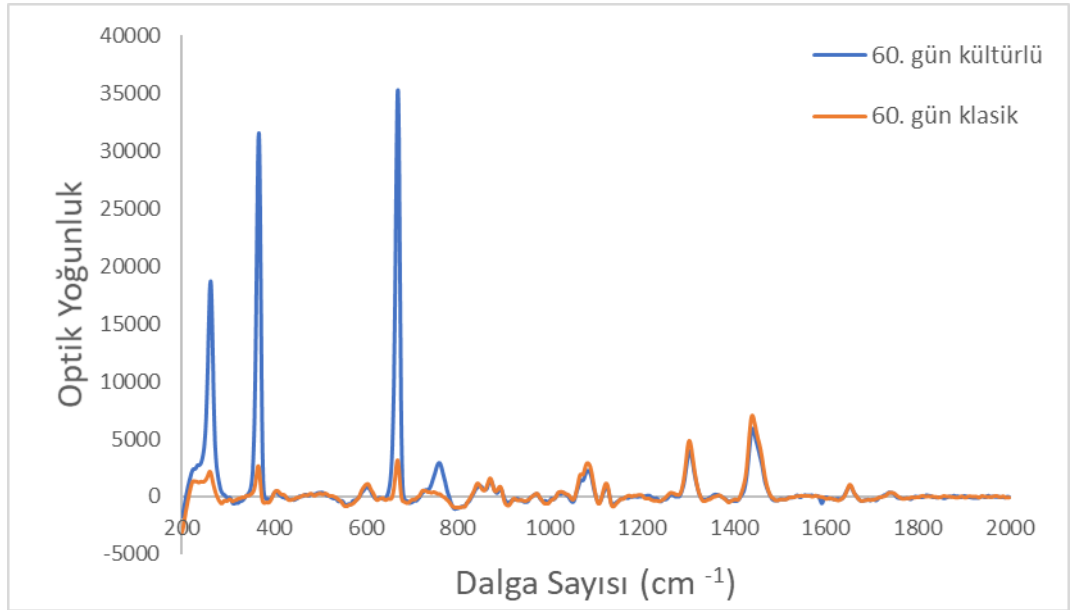
Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Ayrıca kültürlü ve klasik peynir örneklerinin 0., 60. ve 120. günlerdeki Raman spektrumları şekil 4.69 - 4.73 arasında gösterilmiş ve yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.17'de verilmiştir. Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Yapılan kemometrik analiz sonucunda Raman spektrumları üzerinden kültürlü ve klasik beyaz peynirlerin ayrılabilceği ortaya konmuştur.



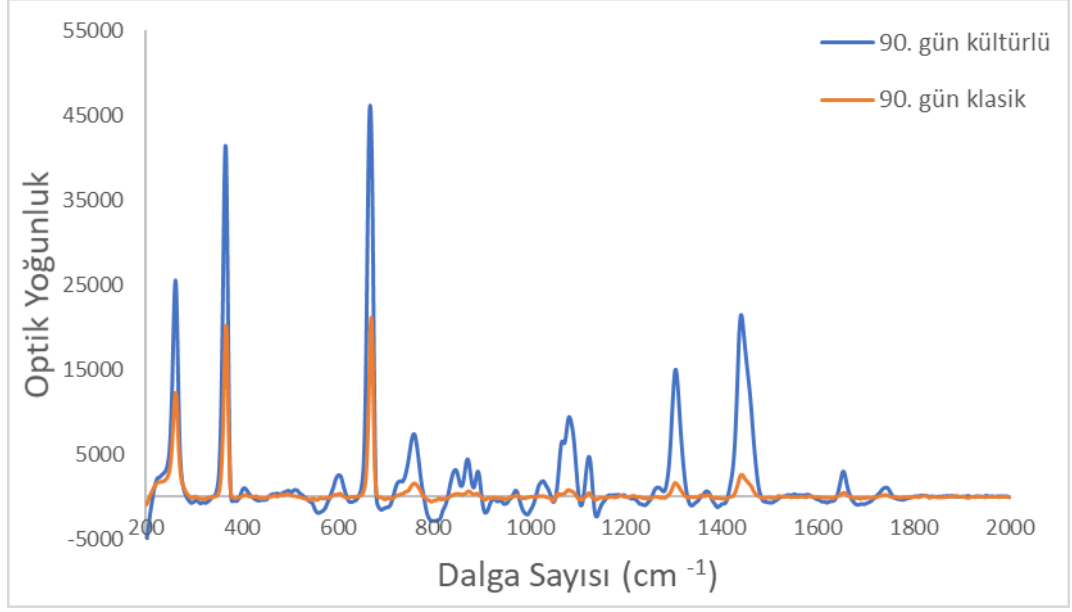
Şekil 4.69 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 0. Gün Raman spektrumları



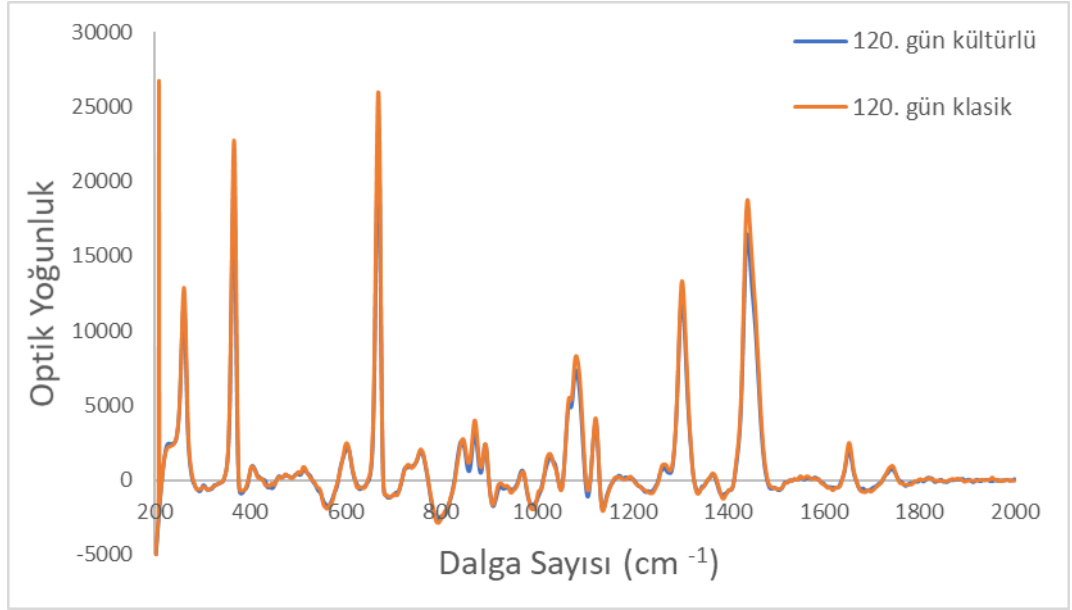
Şekil 4.70 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 30. Gün Raman spektrumları



Şekil 4.71 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 60. Gün Raman spektrumları



Şekil 4.72 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 90. Gün Raman spektrumları



Şekil 4.73 İnek-keçi Beyaz peyniri yağlarının 120. Gün Raman spektrumları

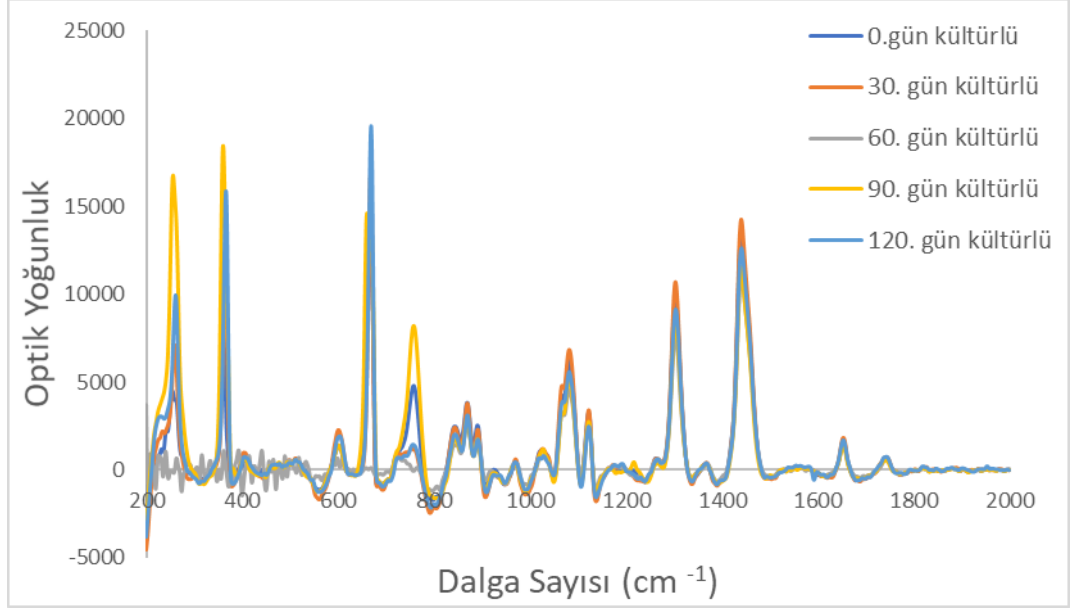


Çizelge 4.17 İnek ve keçi sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. Ve 120. Günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

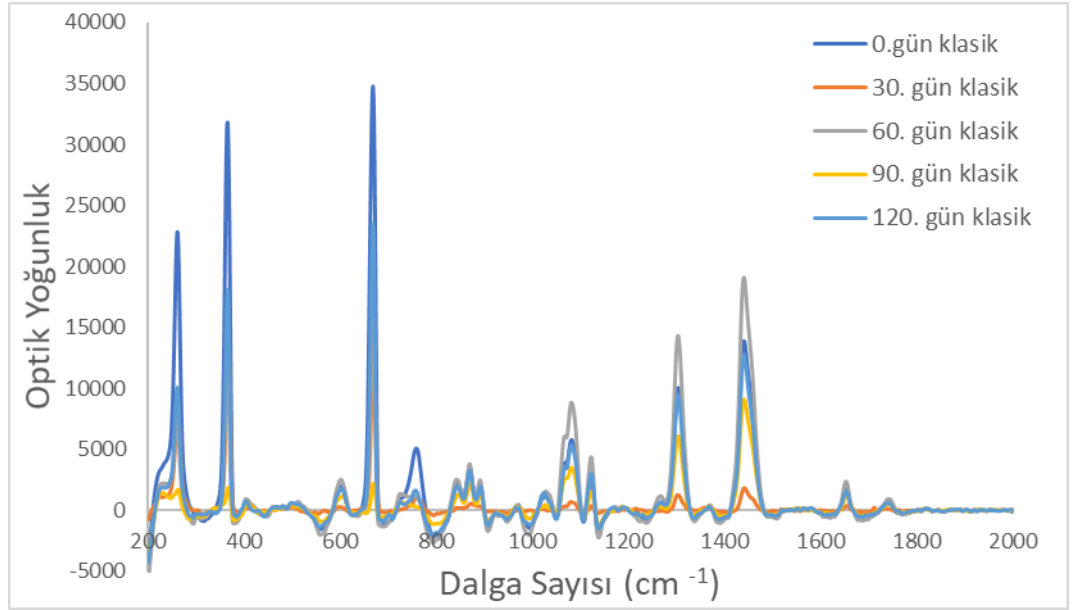
	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,00	1,00	0,77	1,22	1,57	1,20
C6:0 (Kaproik)	0,81	0,91	0,88	0,36	1,33	1,03
C8:0 (Kaprilik)	0,90	0,99	1,02	0,49	1,28	1,03
C10:0 (Kaprik)	3,56	3,76	3,86	3,00	4,76	4,03
C11:0 (Undekanoik)	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
C12:0 (Laurik)	2,54	2,59	2,64	2,44	3,10	2,77
C13:0 (Tridekanoik)	0,07	0,07	0,07	0,04	0,07	0,07
C14:0 (Miristik)	9,10	9,14	9,08	9,39	9,91	9,42
C14:1 (Miristoleik)	0,40	0,47	0,46	0,43	0,50	0,48
C15:0 (Pentadekanoik)	0,83	0,84	0,83	0,85	0,84	0,85
C16:0 (Palmitik)	32,14	32,64	32,45	34,86	32,57	32,69
C16:1 (Palmitoleik)	1,20	1,30	1,27	1,27	0,23	0,24
C17:0 (Heptadekanoik)	0,57	0,57	0,54	0,58	0,53	0,54
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,26	0,26	0,26	0,22	0,22	0,24
C18:0 (Stearik)	9,98	9,94	10,11	10,84	9,39	9,90
C18:1n9 $t$ (Elaidik)	1,74	1,94	1,86	2,01	1,95	1,87
C18:1n9 $c$ (Oleik)	22,65	22,97	23,02	24,45	22,06	22,68
C18:2n6 $c$ (Linoleik)	3,13	3,46	3,44	3,46	3,17	3,32
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,30	0,30	0,30	0,29	0,26	0,28
C20:0 (Araşidik)	0,20	0,21	0,22	0,23	0,19	0,22
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06
C22:0 (Behenik)	0,08	0,09	0,07	0,04	0,04	0,06

#### 4.4.9 Koyun ve keçi sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

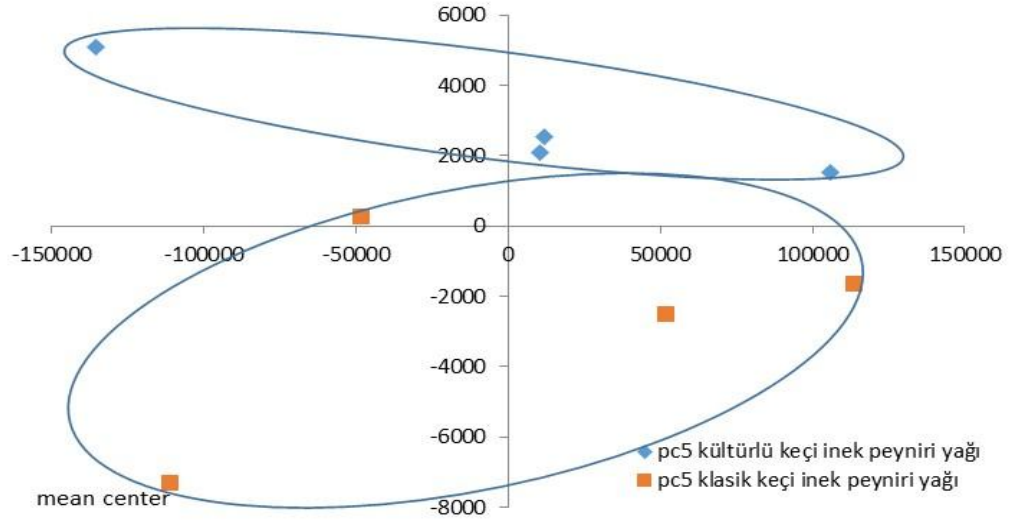
Tez kapsamında koyun ve keçi sütünün 1:1 oranında karışımından üretilmiş Beyaz peynirlerin Raman spektrumları şekil 4.74 - 4.75'te verilmiştir. Bu spektrumlar doğrultusunda gerçekleştirilen PCA grafiği Şekil 4.76'da sunulmuştur. PCA grafiğinden de anlaşılacağı üzere kültür kullanılan ve klasik olarak üretilen koyun keçi Beyaz peynirleri iki farklı küme oluşturarak başarılı bir ayırım gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.74 Kültürlü koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

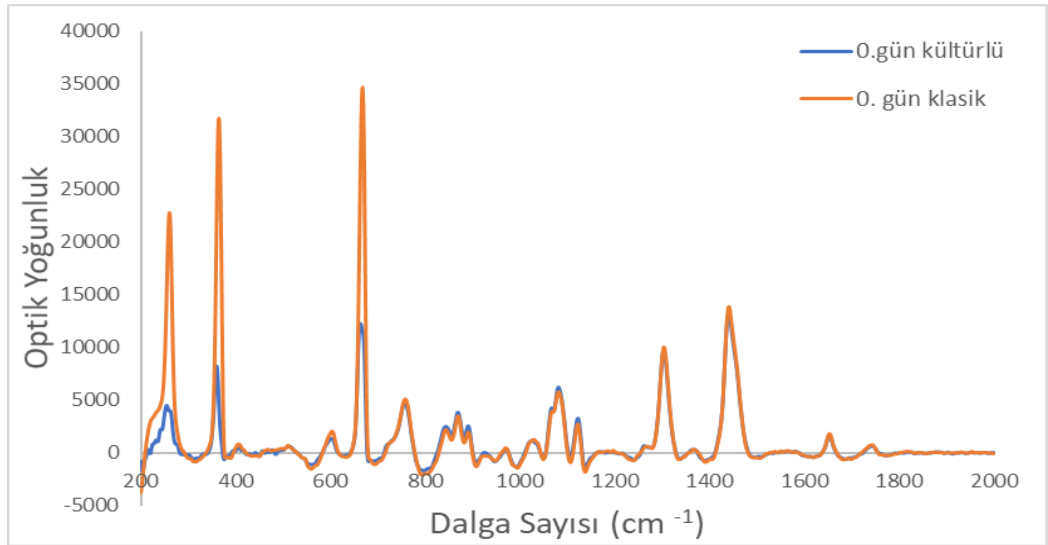


Şekil 4.75 Klasik koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

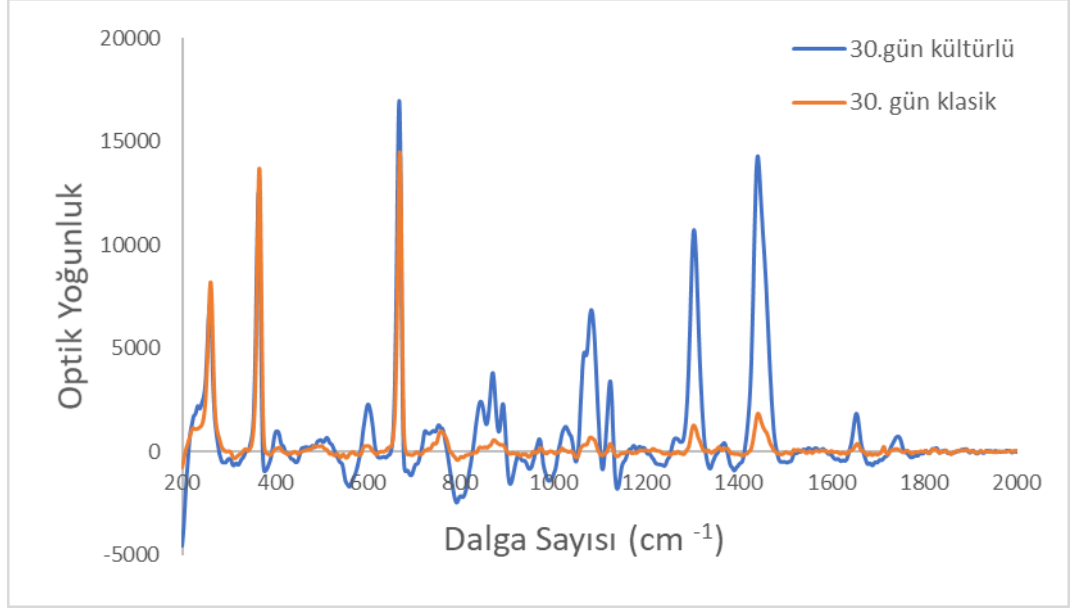


Şekil 4.76 Kültürlü ve klasik koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

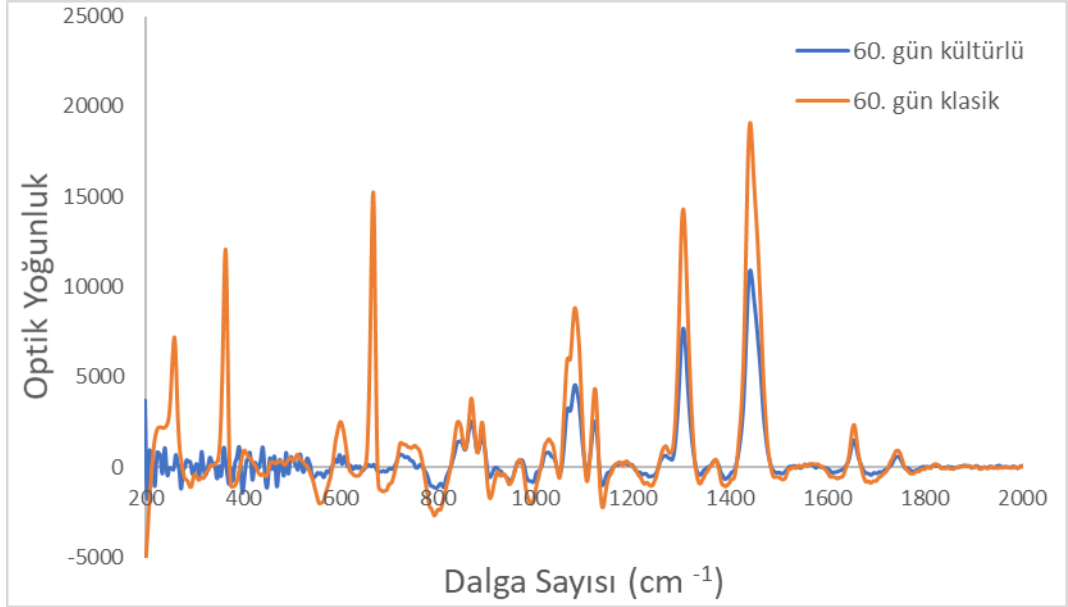
Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Ayrıca kültürlü ve klasik peynir örneklerinin 0., 60. ve 120. günlerdeki Raman spektrumları şekil 4.77 - 4.81 arasında gösterilmiş ve yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.18’de verilmiştir. Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Yapılan kemometrik analiz sonucunda Raman spektrumları üzerinden kültürlü ve klasik beyaz peynirlerin ayrılabilceği ortaya konmuştur.



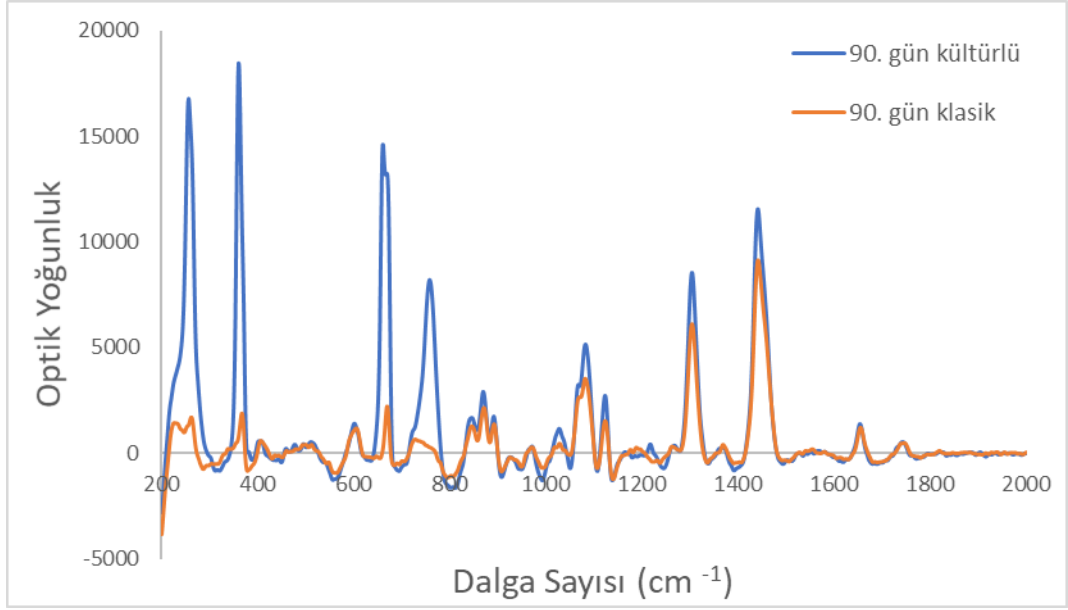
Şekil 4.77 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 0. gün Raman spektrumları



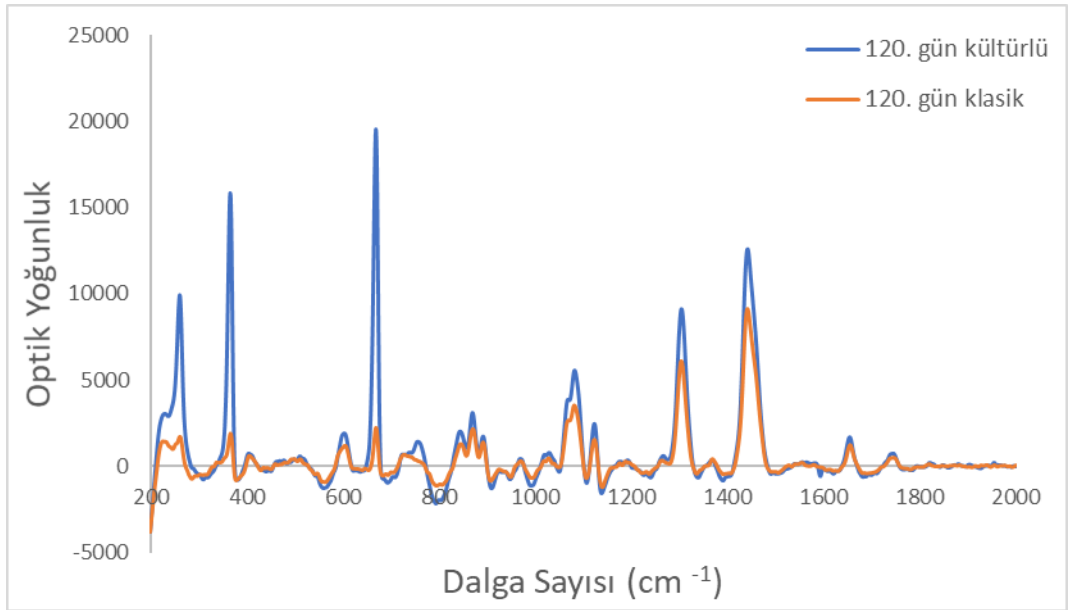
Şekil 4.78 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.79 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.80 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 90. gün Raman spektrumları



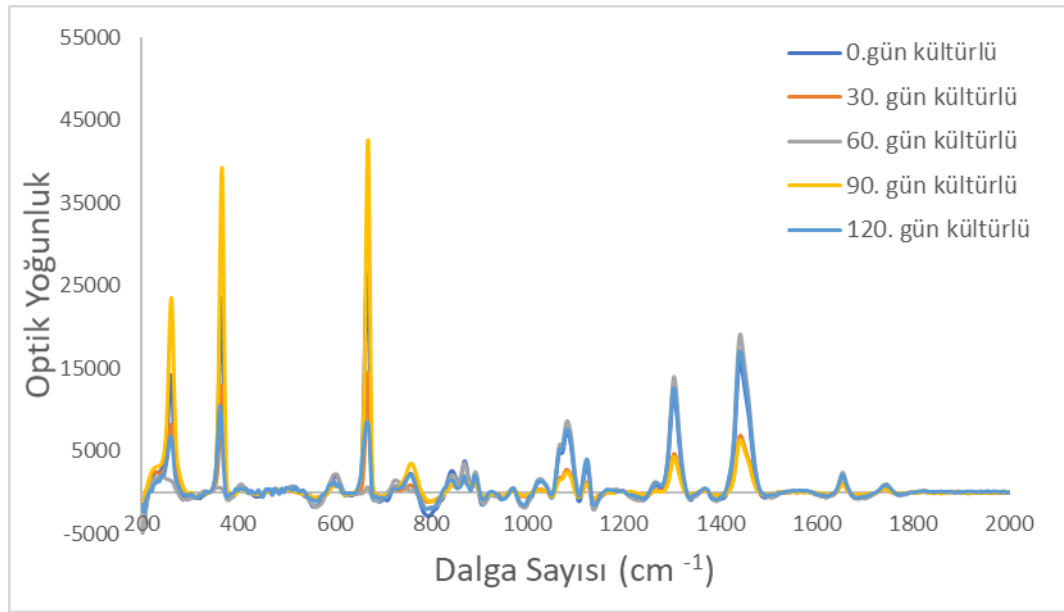
Şekil 4.81 Koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 120. gün Raman spektrumları

Çizelge 4.18 Koyun ve keçi sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. günlerde ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

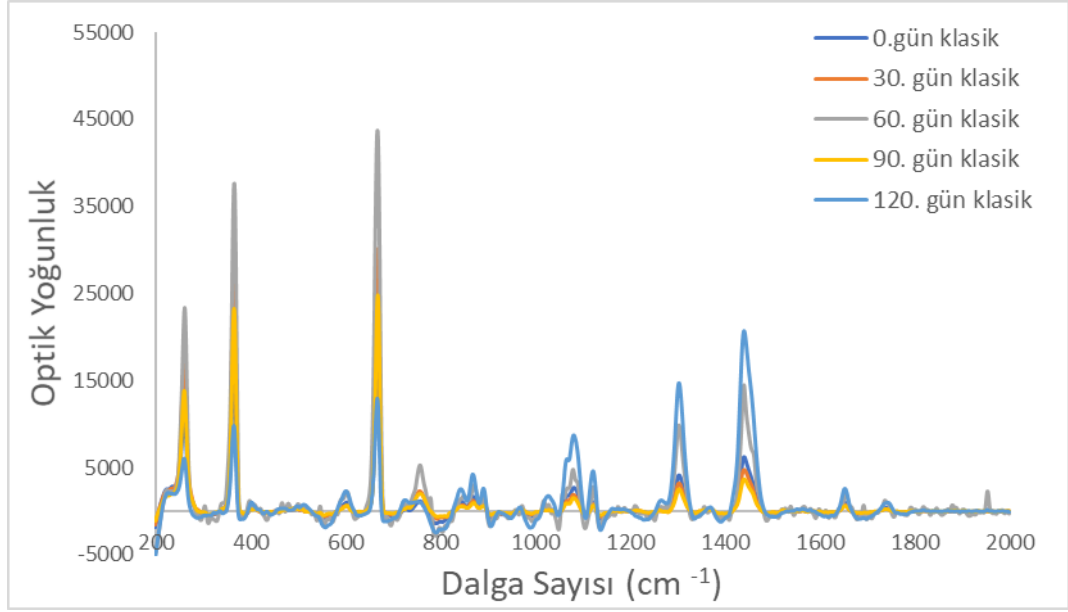
	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,23	1,62	1,15	0,95	1,25	1,50
C6:0 (Kaproik)	1,19	1,17	1,18	0,84	1,21	1,29
C8:0 (Kaprilik)	1,34	1,49	1,36	1,29	1,21	1,41
C10:0 (Kaprık)	5,26	5,38	5,44	4,66	5,13	5,53
C11:0 (Undekanoik)	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
C12:0 (Laurik)	3,20	3,18	3,26	2,98	3,15	3,39
C13:0 (Tridekanoik)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08
C14:0 (Miristik)	10,61	10,59	10,78	10,21	10,25	10,95
C14:1 (Miristoleik)	0,20	0,20	0,20	0,18	0,18	0,19
C15:0 (Pentadekanoik)	0,96	1,01	0,96	0,98	1,04	1,02
C16:0 (Palmitik)	30,00	29,28	29,95	29,63	29,15	29,45
C16:1 (Palmitoleik)	1,01	1,08	0,99	1,06	1,05	1,07
C17:0 (Heptadekanoik)	0,78	0,79	0,77	0,82	0,74	0,78
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,29	0,30	0,27	0,30	0,23	0,26
C18:0 (Stearik)	10,84	10,83	10,90	11,83	11,02	11,07
C18:1n9t (Elaidik)	2,32	2,42	2,23	2,35	2,26	2,26
C18:1n9c (Oleik)	20,20	19,48	20,23	20,58	19,82	19,42
C18:2n6c (Linoleik)	2,45	2,45	2,40	2,58	2,43	2,37
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,64	0,66	0,64	0,70	0,75	0,65
C20:0 (Araşidik)	0,43	0,40	0,43	0,47	0,40	0,41
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
C22:0 (Behenik)	0,17	0,14	0,17	0,18	0,11	0,15

#### 4.4.10 İnek, koyun ve keçi sütü karışımı Beyaz peynir yağlarının Raman spektrumları ve GC sonuçlarının değerlendirilmesi

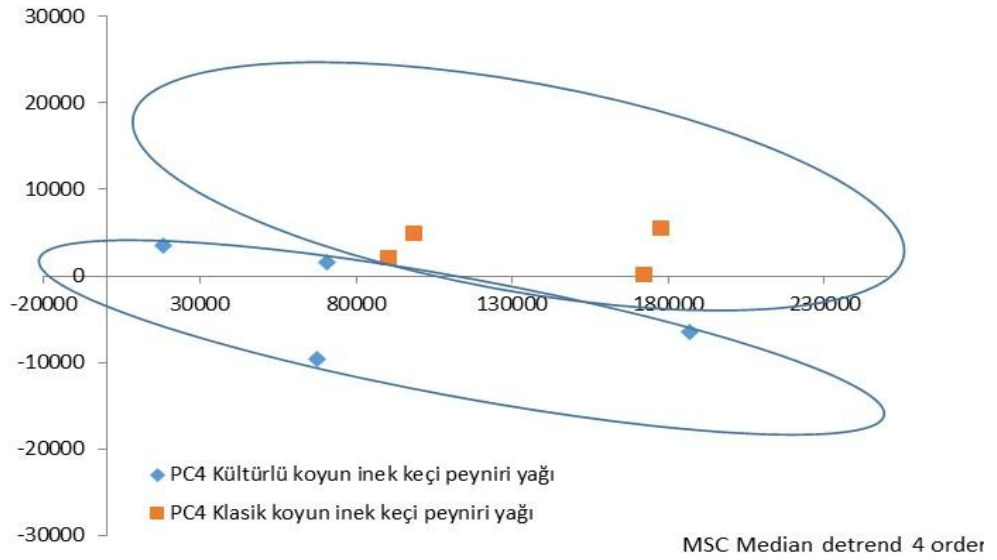
Tez kapsamında koyun, inek ve keçi sütünün karışımından üretilmiş Beyaz peynirlerin Raman spektrumları şekil 4.82 - 4.83'te verilmiştir. Bu spektrumlar doğrultusunda gerçekleştirilen PCA grafiği şekil 4.84'de sunulmuştur. PCA grafiğinden de anlaşılacağı üzere kültür kullanılan ve klasik olarak üretilen koyun-inek-keçi Beyaz peynirleri iki farklı küme oluşturarak başarılı bir ayırım gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.82 Kültürlü inek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları



Şekil 4.83 Klasik inek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının Raman spektrumları

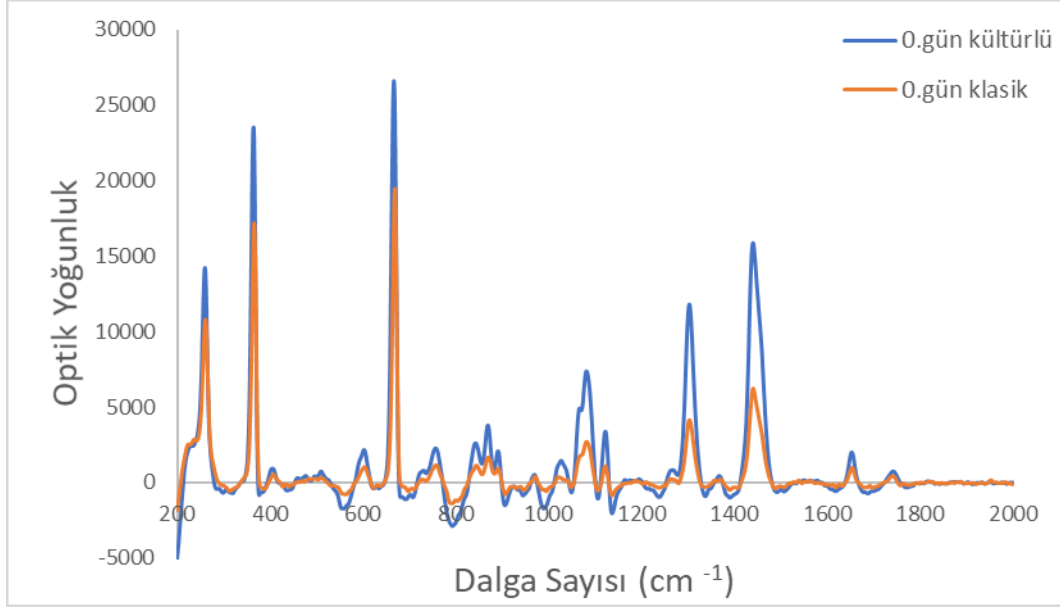


Şekil 4.84 Kültürlü ve klasik inek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının PCA sonuçları

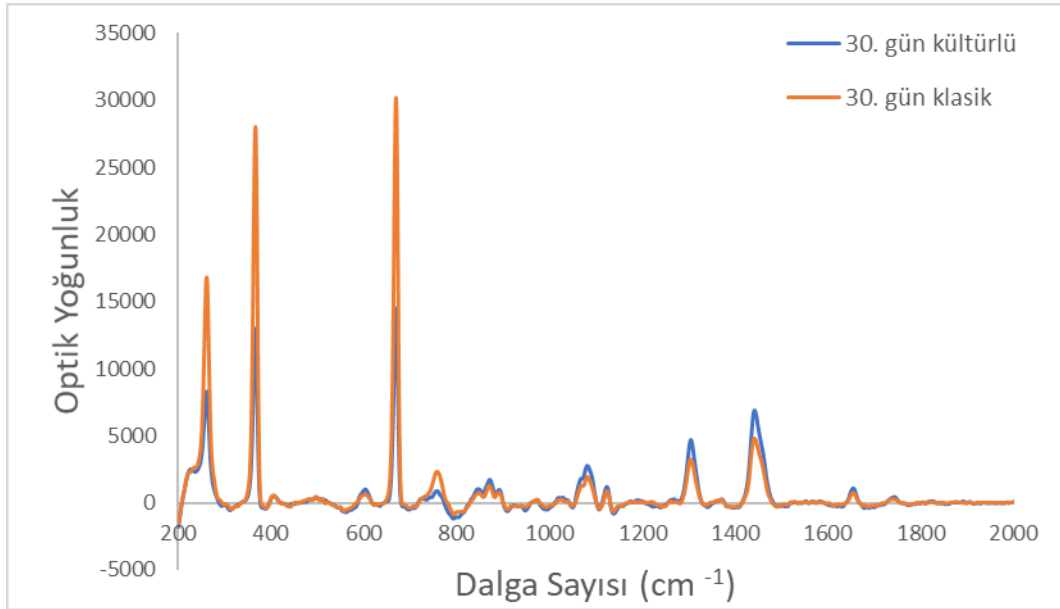
Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Ayrıca kültürlü ve klasik peynir örneklerinin 0., 60. ve 120. günlerdeki Raman spektrumları şekil 4.85- 4.89 arasında gösterilmiş ve yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.19’da verilmiştir. Üretim yöntemi ve depolama süresine bağlı olarak Raman spektrumlarında değişim gözlenmiştir. Yapılan kemometrik analiz sonucunda



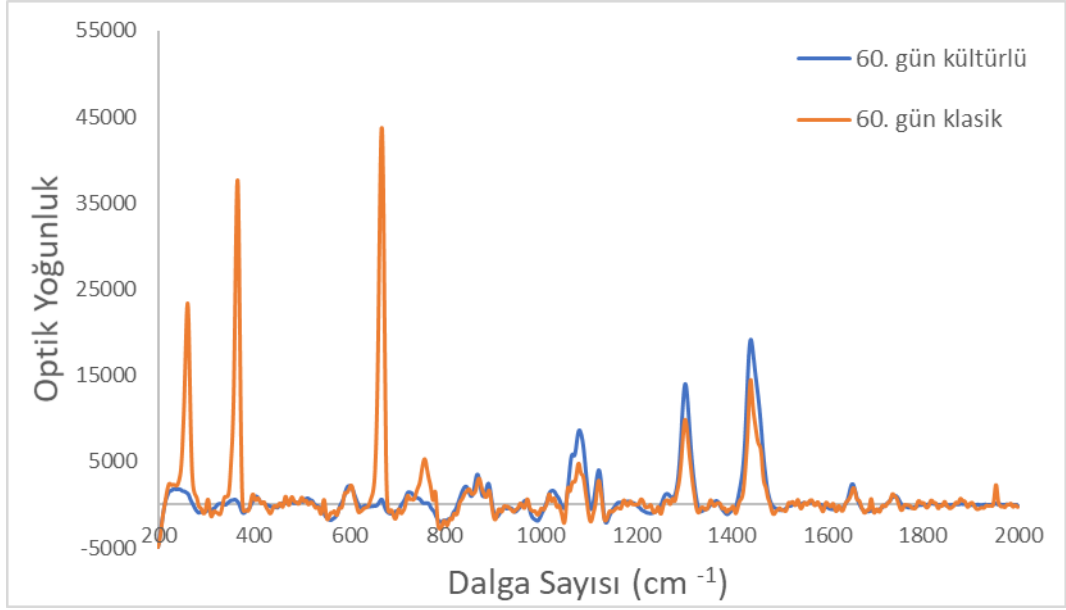
Raman spektrumları üzerinden kültürlü ve klasik beyaz peynirlerin ayrılabilceği ortaya konmuştur.



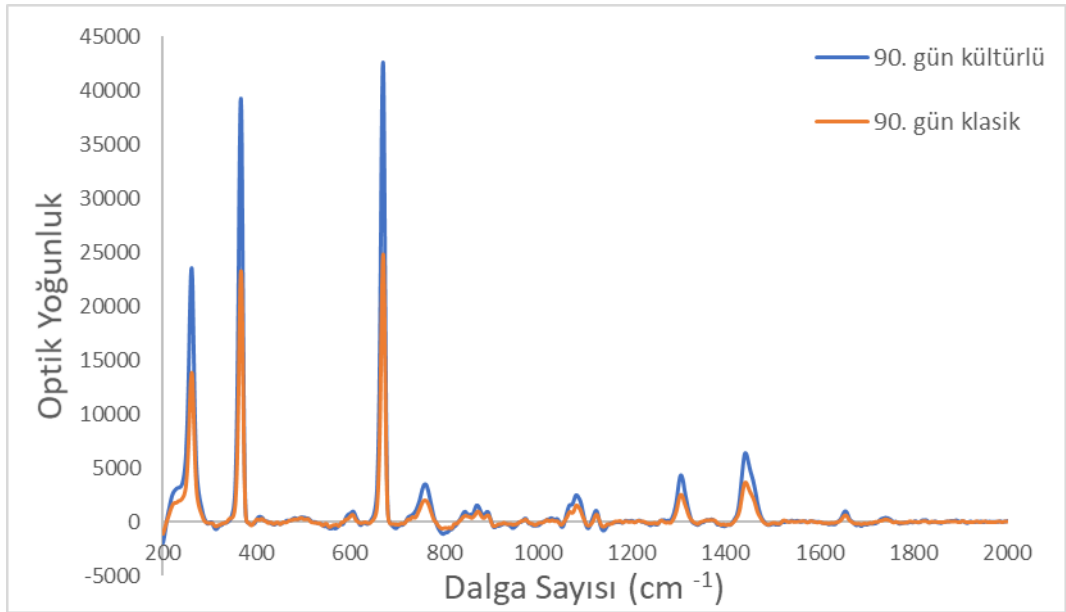
şekil 4.85 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 0.gün Raman spektrumları



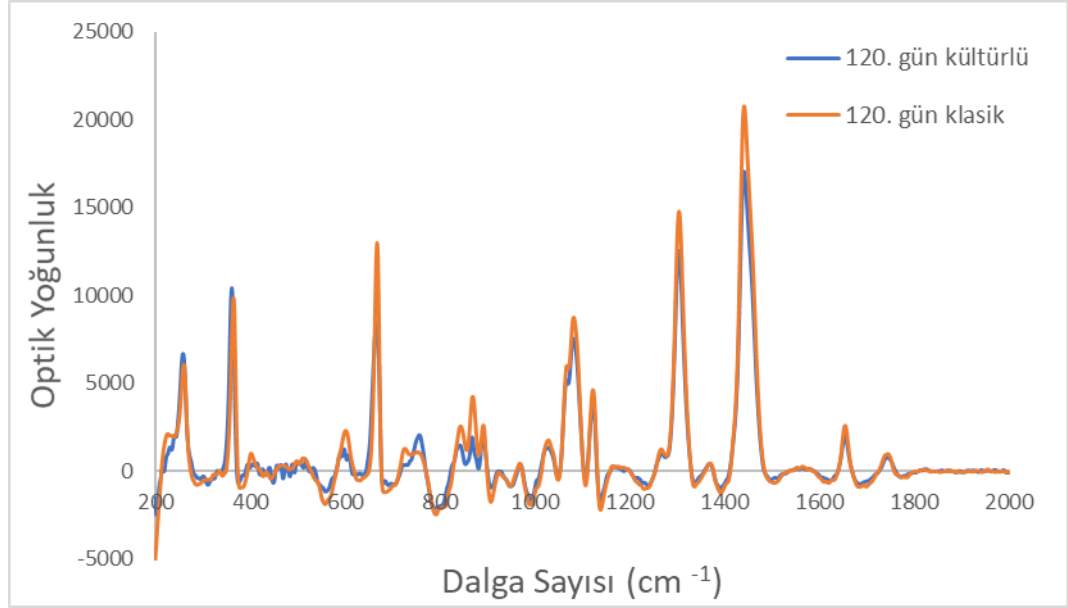
şekil 4.86 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 30.gün Raman spektrumları



Şekil 4.87 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 60.gün Raman spektrumları



Şekil 4.88 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 90.gün Raman spektrumları



Şekil 4.89 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri yağlarının 120.gün Raman spektrumları

Çizelge 4.19 İnek koyun ve keçi sütü karışımından üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 0., 60. ve 120. Günlerdeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

	0.gün		60.gün		120.gün	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0 (Bütirik)	1,30	0,85	1,18	0,87	1,13	1,03
C6:0 (Kaproik)	1,27	0,95	0,89	0,66	0,91	0,95
C8:0 (Kaprilik)	1,33	1,06	0,85	0,98	1,02	1,00
C10:0 (Kaprik)	4,98	3,77	3,00	3,82	3,70	4,00
C11:0 (Undekanoik)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
C12:0 (Laurik)	3,29	2,50	2,47	2,59	2,65	2,74
C13:0 (Tridekanoik)	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
C14:0 (Miristik)	11,62	8,59	9,81	9,83	9,56	10,25
C14:1 (Miristoleik)	0,38	0,44	0,36	0,33	0,36	0,34
C15:0 (Pentadekanoik)	1,16	0,78	1,03	1,05	1,02	1,08
C16:0 (Palmitik)	32,27	30,54	30,89	31,32	31,55	32,03
C16:1 (Palmitoleik)	1,23	1,21	1,28	1,22	1,05	1,15
C17:0 (Heptadekanoik)	0,67	0,51	0,73	0,74	0,74	0,75
C17:1 ( <i>cis</i> -10-heptadekanoik)	0,27	0,26	0,24	0,30	0,26	0,24
C18:0 (Stearik)	9,65	9,56	12,50	11,26	11,56	11,34
C18:1n9 $t$ (Elaidik)	2,10	1,95	2,05	2,00	2,03	1,98
C18:1n9 $c$ (Oleik)	17,95	21,80	21,59	21,26	21,52	20,98
C18:2n6 $c$ (Linoleik)	2,48	3,27	2,66	2,83	2,85	2,71
C18:3n3 (alfa-linoleik)	0,43	0,29	0,60	0,52	0,45	0,47
C20:0 (Araşidik)	0,26	0,21	0,38	0,37	0,34	0,37
C20:1 ( <i>cis</i> -11-eikosenoik)	0,05	0,07	0,04	0,06	0,09	0,11
C22:0 (Behenik)	0,10	0,08	0,16	0,13	0,13	0,12

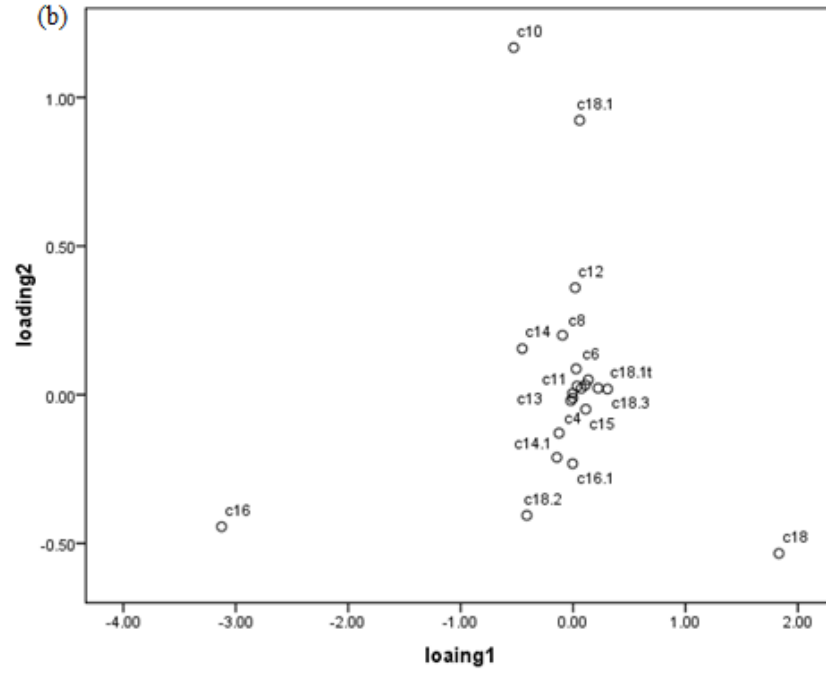
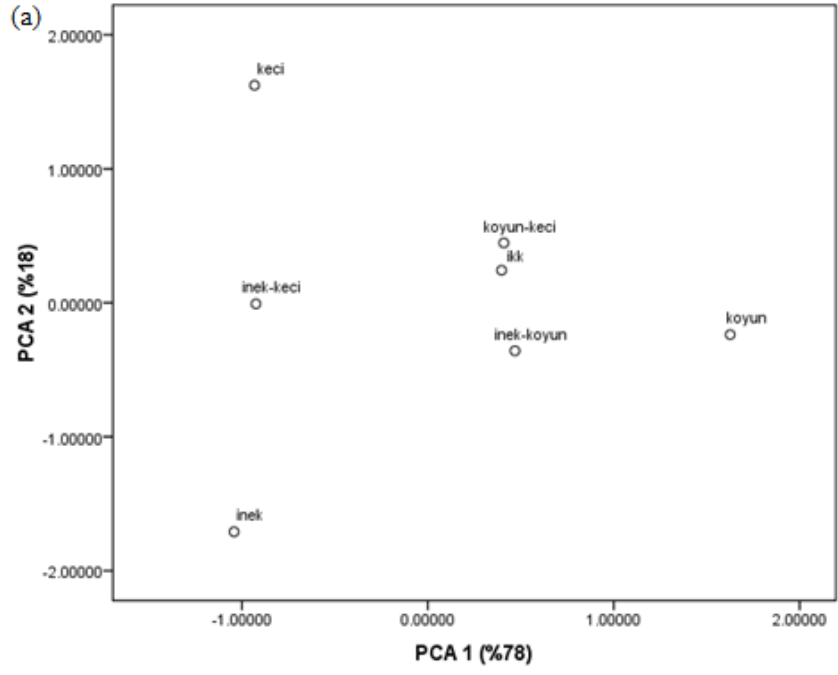
Farklı sütlerden üretilen kültürlü ve klasik peynir örneklerinin 60. Gün yağ asidi analizi sonuçları (%) çizelge 4.20 - 4.21'de verilmiştir. Peynir örneklerinden elde edilen yağ asidi profiline göre türlerin tanımlaması amacıyla PCA analizi gerçekleştirilmiştir. PCA grafiği Şekil 4.90'da verilmiştir. Peynir örneklerinden elde edilen yağ asidi profiline göre türlerin tanımlaması amacıyla PCA analizi gerçekleştirilmiştir. PCA grafiği şekil 4.91'da verilmiştir.

Çizelge 4.20 Farklı sütlerden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 60. gündeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

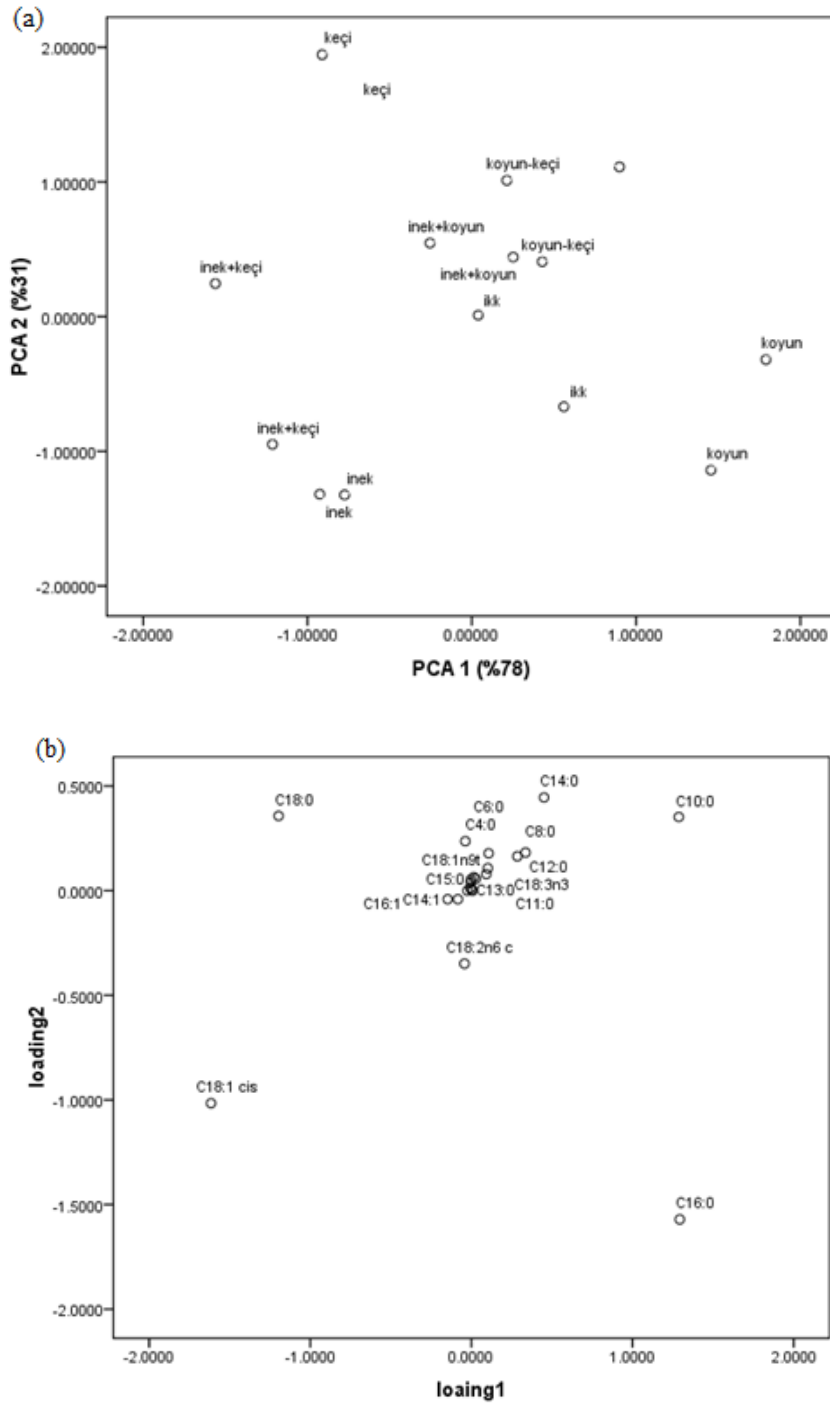
	İnek		Koyun		Keçi	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0	1,08	1,39	1,36	0,93	1,27	1,32
C6:0	0,89	1,00	0,49	0,77	1,30	1,60
C8:0	0,63	0,65	0,65	0,84	1,41	1,96
C10:0	1,57	1,70	3,15	3,87	5,16	6,73
C11:0	0,02	0,02	0,05	0,05	0,04	0,04
C12:0	2,08	2,19	2,63	3,06	3,31	3,10
C13:0	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,05
C14:0	8,83	9,24	10,35	11,58	11,08	9,67
C14:1	0,67	0,69	0,20	0,20	0,23	0,15
C15:0	0,96	0,99	1,06	1,12	1,04	0,87
C16:0	26,60	27,11	30,93	30,81	29,26	31,69
C16:1	1,25	1,26	1,12	1,18	1,14	0,73
C17:0	0,69	0,65	0,85	0,80	0,83	0,65
C17:1	0,29	0,27	0,25	0,25	0,29	0,24
C18:0	14,04	14,00	13,58	12,26	10,94	9,45
C18:1n9t	1,93	1,75	2,45	2,72	2,08	2,02
C18:1n9c	25,06	25,00	21,48	19,98	18,94	19,99
C18:2n6c	2,69	2,62	2,22	2,08	2,17	2,56
C18:3n3	0,23	0,22	0,69	0,67	0,86	0,37
C20:0	0,29	0,28	0,52	0,43	0,43	0,33
C20:1	0,16	0,15	0,05	0,05	0,05	0,11
C22:0	0,16	0,13	0,18	0,15	0,20	0,11

Çizelge 4.21 Farklı sütlerden üretilen kültürlü ve klasik Beyaz peynir örneklerinde 60 gündeki ortalama yağ asidi analizi sonuçları (%) (n=2)

	İnek-Koyun		İnek-Keçi		Koyun-Keçi		İnek-Koyun-Keçi	
	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik
C4:0	1,09	1,02	0,77	1,22	1,15	0,95	1,18	0,87
C6:0	1,04	1,08	0,88	0,36	1,18	0,84	0,89	0,66
C8:0	1,11	1,21	1,02	0,49	1,36	1,29	0,85	0,98
C10:0	4,23	4,76	3,86	3,00	5,44	4,66	3,00	3,82
C11:0	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
C12:0	3,42	3,02	2,64	2,44	3,26	2,98	2,47	2,59
C13:0	0,10	0,06	0,07	0,04	0,06	0,06	0,07	0,07
C14:0	11,20	10,38	9,08	9,39	10,78	10,21	9,81	9,83
C14:1	0,52	0,32	0,46	0,43	0,20	0,18	0,36	0,33
C15:0	1,06	1,05	0,83	0,85	0,96	0,98	1,03	1,05
C16:0	29,64	31,34	32,45	34,86	29,95	29,63	30,89	31,32
C16:1	1,49	1,13	1,27	1,27	0,99	1,06	1,28	1,22
C17:0	0,58	0,72	0,54	0,58	0,77	0,82	0,73	0,74
C17:1	0,25	0,24	0,26	0,22	0,27	0,30	0,24	0,30
C18:0	10,74	11,21	10,11	10,84	10,90	11,83	12,50	11,26
C18:1n9t	2,12	2,08	1,86	2,01	2,23	2,35	2,05	2,00
C18:1n9c	21,70	20,66	23,02	24,45	20,23	20,58	21,59	21,26
C18:2n6c	2,71	2,69	3,44	3,46	2,40	2,58	2,66	2,83
C18:3n3	0,38	0,47	0,30	0,29	0,64	0,70	0,60	0,52
C20:0	0,30	0,37	0,22	0,23	0,43	0,47	0,38	0,37
C20:1	0,05	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,04	0,06
C22:0	0,11	0,10	0,07	0,04	0,17	0,18	0,16	0,13



Şekil 4.90 Süt örnekleri ve onlara ait karışımların yağ asidi profillerine göre PCA analizleri (a), PCA ayırımlarında etkili olan yağ asitleri (b)



Şekil 4.91 60.gün Beyaz Peynir örnekleri ve onlara ait karışımların yağ asidi profillerine göre PCA analizleri (a), PCA ayırımında etkili olan yağ asitleri (b)

Farklı türlere ait sütlerin ve bunların karışımlarının yağ asidi metil esterleri konsantrasyonlarına temel bileşen analizi (PCA) uygulandığında, bu sütlerin (inek, koyun veya keçi) ve karışımlarının (inek-koyun, inek-keçi, koyun-keçi veya inek-

koyun-keçi) birbirinden ayrıldığı şekil 106'da gözlenmektedir. Bu ayırımın temel olarak C10:0, C16:0, C18:0 ve C18:1 yağ asitleri nedeniyle gerçekleştiği yine aynı alt şekilde görülmektedir. Peynir örneklerine ait yağ asidi metil esterleri konsantrasyonlarına ait veriler incelendiğinde olgunlaşma süresince önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Ayrıca, olgunlaşmanın 60. gününe ait yağ asidi metil esterlerine temel bileşen analizi uygulandığında farklı türlere ait sütler (inek, koyun veya keçi) veya bunların karışımları (inek-koyun, inek-keçi, koyun-keçi veya inek-koyun-keçi) kullanılarak üretilen peynirlerin, yağ asidi metil esterleri profilleri arasındaki farklılığa göre ayrıldıkları saptanmıştır (Şekil 4.91). Buna ek olarak, kültürlü ve klasik peynirlerin tamamının da birbirlerinden yağ asidi metil esterleri profillerindeki farklılığa göre ayrıldıkları belirlenmiştir (Şekil 4.91). Bu farklılığın çoğunlukla C10:0, C16:0, C18:0 ve C18:1 cis yağ asitlerinden kaynaklandığı şekil 4.91 (b)'de görülmektedir.

#### **4.4. 11 Lipoliz takibi**

Tez kapsamında incelenen tüm peynir örneklerinde depolama süresince C4:0 artışı rahatlıkla görülmektedir (Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23). Klasik yöntemlerle üretilen beyaz peynirlerde, çok düşük seviyelerde lipoliz gerçekleşebilmektedir. Üretim sırasında kullanılan tuzun konsantrasyonu arttıkça lipoliz seviyesi düşmektedir. Bu durum tuzun bakteri gelişimi ve enzimatik aktiviteyi önleyici etkisinden kaynaklanmaktadır (Katsiari vd. 2000). Salamura peynirlerde gelişen lipolizin, genellikle ikincil flora tarafından sentezlenen lipazlar, kalıntı lipoprotein lipazı ve eser miktarda küf ve maya kaynaklı lipaz tarafından gerçekleştirildiği de bildirilmektedir (Virto vd. 2003). Serbest yağ asitleri üzerine yapılan çalışmalarda, peynirlerin bütirik asit (C4:0) içeriklerinin olgunlaşma süresince artış gösterdiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Aydemir vd. 2001; Katsiari vd. 2000, Akın vd. 2003, Georgala vd. 2005).

Peynirin tat-kokusuna önemli katkı sağlayan bir diğer kısa zincirli serbest yağ asiti olan kaproik asit (C6:0) miktarının olgunlaşma süresi boyunca artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.22 - 4.23). Georgala ve ark. tarafından piyasadan elde edilen Feta peynirlerinde yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, olgunlaşma süresince peynirlerin

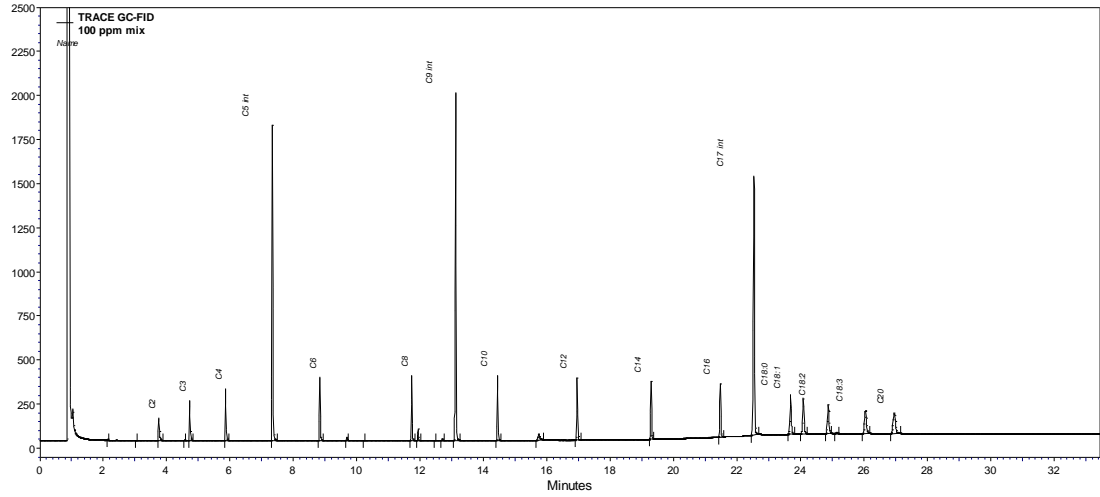


kaproik asit içeriklerinin arttığı belirlenmiştir (Georgala vd. 2005). Şekil 108 ve 109'da sırasıyla serbest yağ asidi standartlarına ve peynir numunesine ait gaz kromatografisi (GC) kromatogramları verilmiştir. Çalışmada bütirik asitten başlayan (C4:0) ve Linoleik aside (C18:2) kadar olan 10 adet serbest yağ asidinin konsantrasyonundaki değişimler numuneler arasında karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.22 - 4.23).

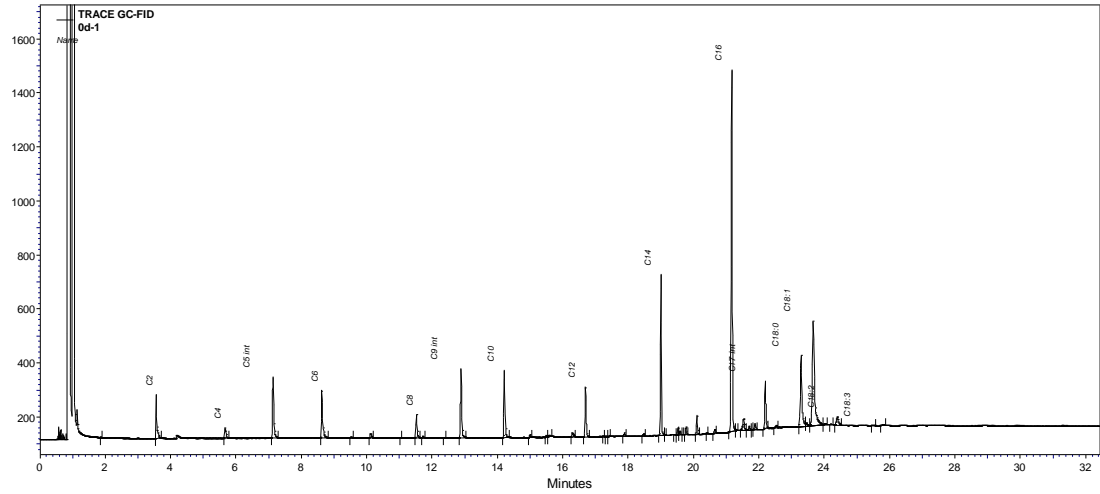
Ayrıca Şekil 4.92 - 4.93'te standart olarak kullanılan serbest yağ asitleri ve inek sütünden üretilmiş peynire ait GC kromatogramları verilmiştir. İlgili çizelge ve şekillerden görüleceği gibi olgunlaşma periyodu boyunca yağ asidi konsantrasyonları artmaktadır. Lipoliz sonucu en fazla açığa çıkan yağ asitleri C14:0, C16:0, C18:0 ve C18:1 yağ asitleridir. İnek, koyun, keçi ve bunların karışımından üretilen sütlerden elde edilen peynirler kendi aralarında kıyaslandığında toplam serbest yağ asidi konsantrasyonu en fazla keçi, sonra koyun ve daha sonra inek sütünde tespit edilmiştir. Bunun nedeni bu sütlerdeki lipaz aktivitesinin daha fazla olması olabilir. Ancak Tüm sütlerde belirgin olan uzun zincirli yağ asitlerinin konsantrasyonunun yüksek olmasıdır.

Peynirde, serbest yağ asitleri lipoliz sonucu serbest kalmakta ve özellikle, kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin düşük algı eşiklerine bağlı olarak peynirin tat-kokusuna direkt olarak katkıda buldukları düşünülmektedir (Molimard ve Spinnler 1996). Bunun yanı sıra, kısa zincirli yağ asitleri peynirde aroma bileşiklerinin (metil ketonlar gibi) oluşumunda öncül olarak da rol alabilmektedir (McSweeney ve Sousa 2000). Uzun zincirli serbest yağ asitlerinin (>12 karbon atomu) ise çok küçük bir role sahip oldukları kabul edilmektedir (Molimard ve Spinnler 1996). Her bir kısa zincirli serbest yağ asiti karakteristik bir tat-koku işareti vermektedir. Örneğin, C4:0 ransit ve peynirimsi tat-koku verirken, C6:0 keskin ve C8:0 sabunumsu, küflü, ransit ve meyvemsi tat-kokuya sahiptir (Collins vd. 2003). Uçucu yağ asitleri, konsantrasyonlarına ve tat-koku eşik değerlerine bağlı olarak, peynirin aromasına olumlu veya olumsuz yönde katkıda bulunabilmektedir. Peynirde lipoliz, trigliserit yapıda yer alan yağ asiti ile gliserol arasındaki ester bağına parçalayan lipolitik enzimlerin varlığında gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda, serbest yağ asitleri, mono- ve digliseritler açığa çıkmaktadır (Deeth ve Touch 2000).

Bu sürecin takip edilmesi ile istenen aromada standart üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen GC analizlerine ait sonuçlar bu tez içinde Raman spektroskopisinin lipoliz takibinde kullanılabilirliğini sorgulama amaçlı olarak birbiri ile ilişkilendirilmiştir.



Şekil 4.92 Standart olarak kullanılan serbest yağ asitlerine (100 ppm) ait GC kromatogram



Şekil 4.93 İnek sütünden üretilmiş peynir örneğine ait serbest yağ asidi GC kromatogramı

Çizelge 4.22 Peynir örneklerine ait ortalama serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)  
(n=2)

Serbet Yağ Asitleri	Olg, süresi (gün)	<u>İnek</u>		<u>Koyun</u>		<u>Keçi</u>		
		Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	
Bütirik asit C4:0	0	89,2	82,5	31,2	41,9	60,8	65,4	
	60	105,3	106,3	64,0	68,7	154,9	163,1	
	120	150,7	136,3	88,8	95,3	195,9	185,3	
Kaproik asit C6:0	0	62,8	74,8	65,0	51,3	59,0	47,7	
	60	99,6	90,0	75,4	76,2	93,5	102,8	
	120	120,0	103,2	87,9	92,8	134,6	120,7	
Kaprilik asit C8:0	0	77,9	56,8	44,1	40,2	47,6	45,3	
	60	104,8	73,6	74,6	86,0	146,0	160,7	
	120	91,6	95,2	91,1	101,8	196,4	262,0	
Kaprik asit C10:0	0	113,9	93,5	111,4	125,4	96,8	98,8	
	60	206,6	139,6	152,2	149,9	292,5	228,2	
	120	222,4	164,7	209,2	216,8	454,4	476,9	
Laurik asit C12:0	0	106,6	100,6	117,3	137,0	90,1	90,2	
	60	148,9	175,5	235,6	232,9	267,2	246,7	
	120	245,5	200,7	349,4	339,8	334,9	366,0	
Miristik asit C14:0	0	420,7	488,3	534,8	507,8	546,6	511,9	
	60	625,7	679,4	605,3	589,8	688,9	740,0	
	120	781,9	746,0	737,0	701,9	866,9	903,2	
Palmitik asit C16:0	0	1348,2	1383,9	1189,9	1292,1	1268,9	1227,6	
	60	1618,1	1599,6	1620,5	1516,8	1745,8	1548,5	
	120	1926,2	1805,1	1881,6	1905,4	2061,7	2066,8	
Stearik asit C18:0	0	296,4	266,4	454,4	432,2	430,2	504,3	
	60	495,5	407,5	641,2	675,9	602,5	638,5	
	120	643,4	629,5	800,1	897,9	834,1	890,3	
Oleik asit C18:1	0	587,6	538,5	1156,4	1150,5	1163,5	1120,9	
	60	822,5	866,2	1280,3	1323,5	1697,8	1815,9	
	120	1226,2	1203,8	1477,2	1511,8	2151,2	2053,1	
Linoleik asit C18:2	0	100,3	131,9	68,7	85,6	99,1	98,9	
	60	186,0	233,2	95,7	100,5	121,7	138,5	
	120	258,5	248,6	146,2	136,6	250,3	304,5	
TOPLAM	ΣC4-C18:2	0	3203,5	3217,1	3773,1	3863,9	3862,7	3810,9
		60	4413,0	4371,0	4844,8	4820,2	5810,9	5782,9
		120	5666,4	5333,2	5868,4	6000,1	7480,4	7628,6

Çizelge 4.23 Beyaz peynir örneklerine ait ortalama serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) (n=2)

Serbet Yağ Asitleri	Olg.süresi (gün)	İnek-Koyun		İnek-Keçi		Koyun-Keçi		İlk*		
		Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	Kültürlü	Klasik	
Bütirik asit	C4:0	0	66,2	68,4	78,7	77,6	66,2	68,4	56,2	58,8
		60	93,1	96,3	110,6	114,5	93,1	96,3	109,1	113,8
		120	131,7	127,4	178,5	165,6	131,7	127,4	137,9	132,0
Kaproik asit	C6:0	0	70,3	69,3	63,9	64,3	70,3	69,3	57,9	53,9
		60	96,3	91,4	82,1	81,9	96,3	91,4	90,4	90,6
		120	114,4	107,8	131,2	115,3	114,4	107,8	108,5	100,3
Kaprilik asit	C8:0	0	67,1	53,3	65,9	53,6	67,1	53,3	52,6	44,1
		60	98,7	87,8	106,6	99,6	98,7	87,8	109,6	107,9
		120	100,5	108,4	148,4	184,0	100,5	108,4	120,1	145,4
Kaprik asit	C10:0	0	123,9	120,4	110,6	100,9	123,9	120,4	99,9	98,5
		60	197,3	159,2	212,1	156,3	197,3	159,2	219,3	174,3
		120	237,4	209,8	348,5	330,4	237,4	209,8	280,5	271,8
Laurik asit	C12:0	0	123,1	130,7	103,3	100,2	123,1	130,7	97,3	101,6
		60	211,5	224,6	176,8	179,4	211,5	224,6	219,4	220,5
		120	327,2	297,3	298,9	291,8	327,2	297,3	294,5	287,0
Miristik asit	C14:0	0	525,5	547,8	507,8	525,1	525,5	547,8	465,7	467,5
		60	677,1	698,1	558,7	603,3	677,1	698,1	646,4	676,4
		120	835,4	796,3	849,1	849,3	835,4	796,3	755,5	744,5
Palmitik asit	C16:0	0	1395,9	1471,8	1374,0	1371,0	1395,9	1471,8	1180,1	1210,1
		60	1681,3	1714,0	1429,7	1337,9	1681,3	1714,0	1678,1	1570,5
		120	2094,3	2040,8	2053,7	1994,0	2094,3	2040,8	1858,7	1829,5
Stearik asit	C18:0	0	413,0	384,2	381,5	404,6	413,0	384,2	366,1	372,9
		60	625,2	595,9	466,7	444,6	625,2	595,9	585,5	579,7
		120	793,9	840,1	760,9	782,7	793,9	840,1	721,2	765,6
Oleik asit	C18:1	0	959,2	929,0	919,3	871,2	959,2	929,0	901,3	871,1
		60	1156,5	1204,4	1071,1	1139,9	1156,5	1204,4	1279,5	1348,6
		120	1486,8	1493,6	1739,4	1677,3	1486,8	1493,6	1537,3	1510,1
Linoleik asit	C18:2	0	92,9	119,6	104,7	121,2	92,9	119,6	83,1	98,1
		60	155,0	183,6	130,8	158,0	155,0	183,6	135,8	159,0
		120	222,6	211,9	262,0	284,9	222,6	211,9	207,4	218,4
TOPLAM	ΣC4-C18:2	0	3837,1	3894,6	3709,7	3689,7	3837,1	3894,6	3360,2	3376,5
		60	4991,8	5055,2	4345,1	4315,4	4991,8	5055,2	5073,1	5041,3
		120	6344,2	6233,3	6770,6	6675,3	6344,2	6233,3	6021,5	6004,6

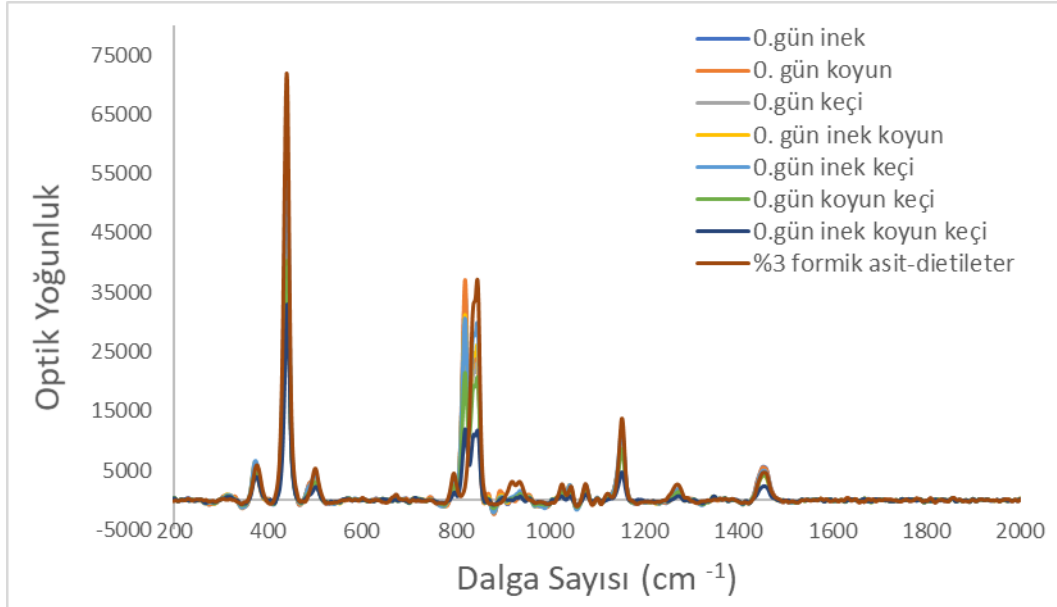
\* İnek+koyun+keçi

#### 4.4.11.1 Lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

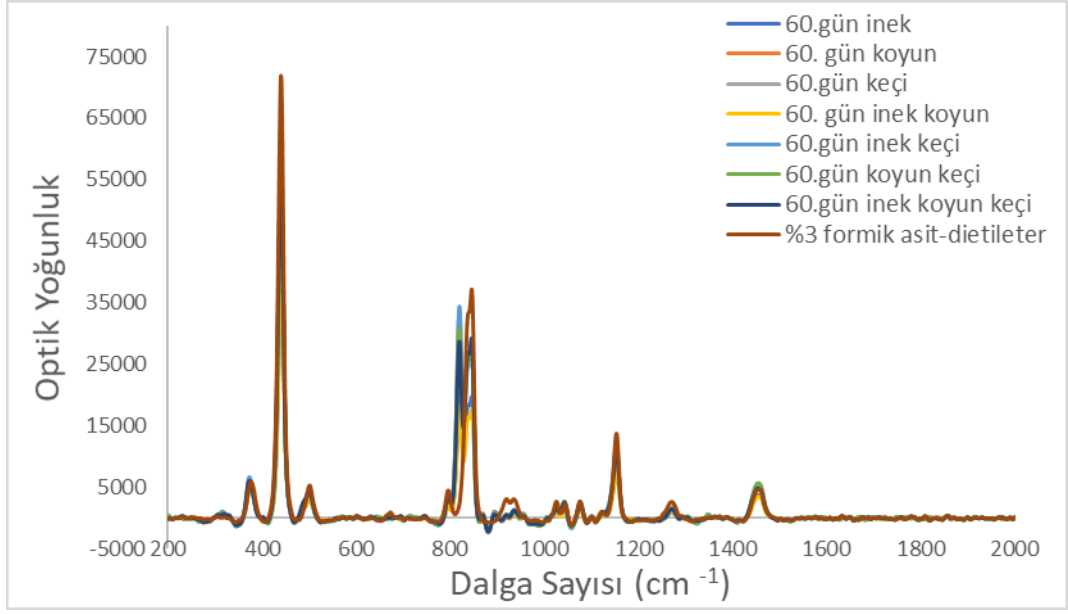
Gaz kromatografisinde yağ asidi bileşimini belirlemek amacıyla elde edilen süpernatantların ayrıca Raman spektrofotometresinde de spektrumları alınmıştır. Bunun için 785 nm dalga boyuna sahip Raman sistemi kullanılmıştır. Raman spektrumları ile GC’de elde edilen veriler aşağıda incelenmiştir. Lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumlarının incelenmesinde farklı tür peynirlerin bu işlemle birbirlerinden

farklılıklarının belirlenemeyeceği sonucuna varılmıştır. Farklı tür sütlerden üretilen peynirlerin süpernatantları birbirleriyle aynı dalga sayısında spektrumlar vermişlerdir. Elde edilen spektrumlar üzerinden türler hakkında tanımlama yapılamamıştır. Ancak farklı üretim metoduyla üretilen peynirlerin birbirinden farklı dalga sayılarında spektrum oluşturdıkları tespit edilmiştir. Kültür kullanılarak üretilen Beyaz peynirlerin 816-818  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında, klasik metotla üretilen peynirlerin ise 833-834  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında spektrum oluşturdıkları görülmüştür. Buradan hareketle lipoliz süpernatantları üzerinden tür ayırımının yapılamamış olmasına rağmen oluşan spektrumlar üzerinden peynirin üretim şeklinin tanımlanabileceği tespit edilmiştir. Lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumlarına ait grafikler aşağıda sırasıyla gösterilmiştir. Şekil 4.94 - 4.96 arasında kültür kullanılarak üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatant Raman spektrumları 0., 60. ve 120. gün için gösterilmiştir. Şekil 4.97 - 4.99 arasında ise klasik yöntem ile üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatant Raman spektrumları 0., 60. ve 120. gün için gösterilmiştir.

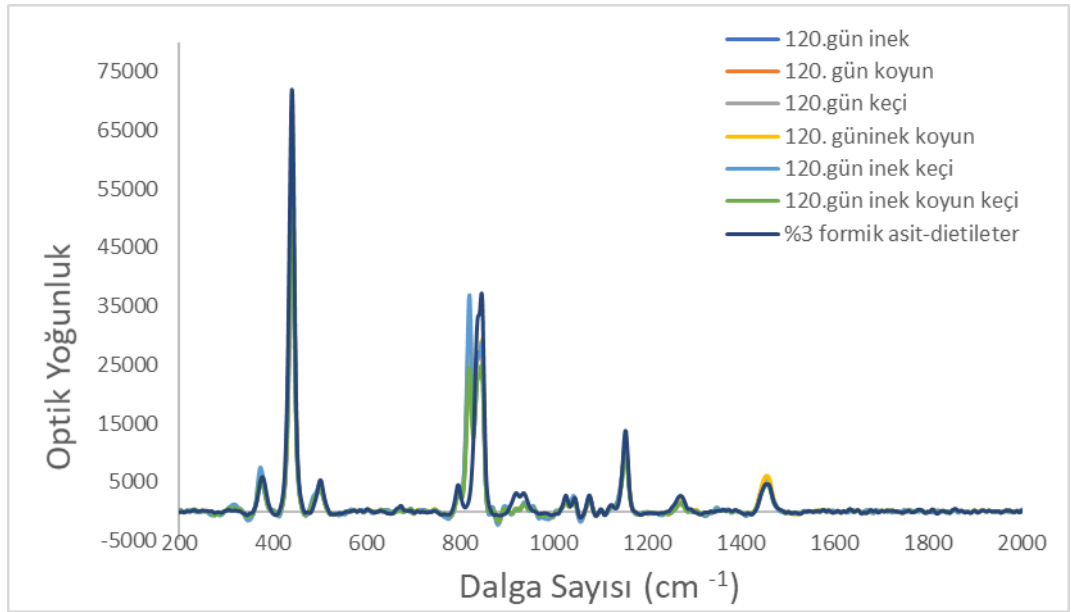
#### 4.4.11.1 Kültürlü Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



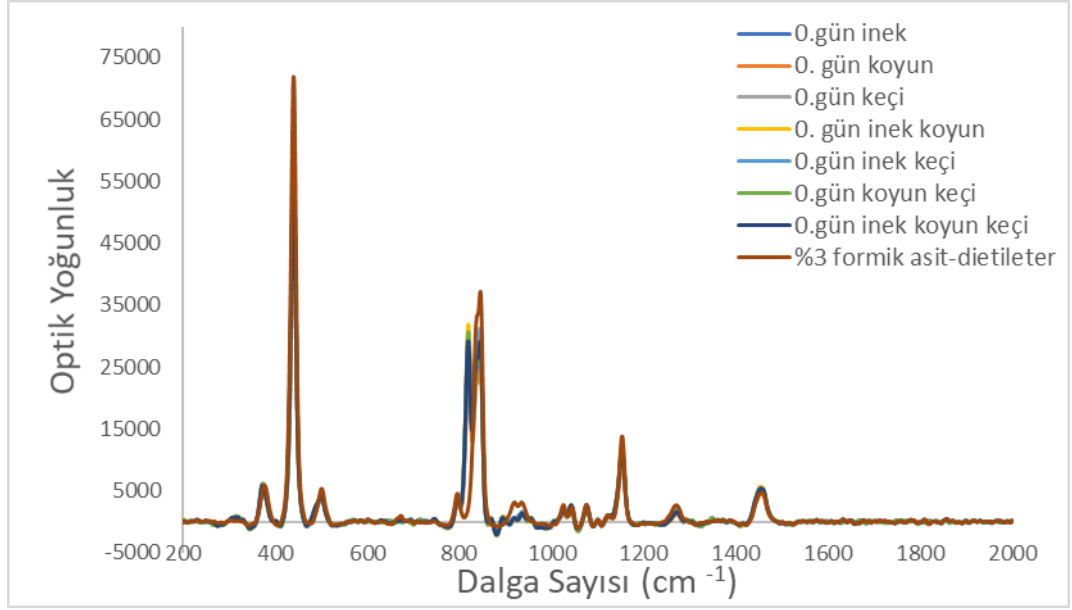
Şekil 4.94 Kültürlü Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



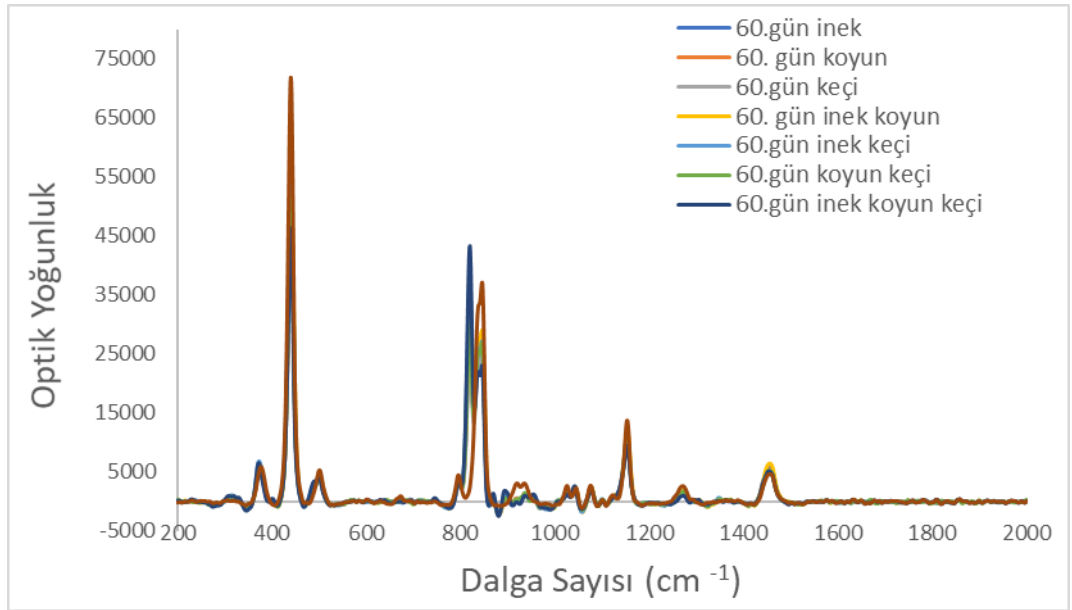
Şekil 4.95 Kültürlü Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



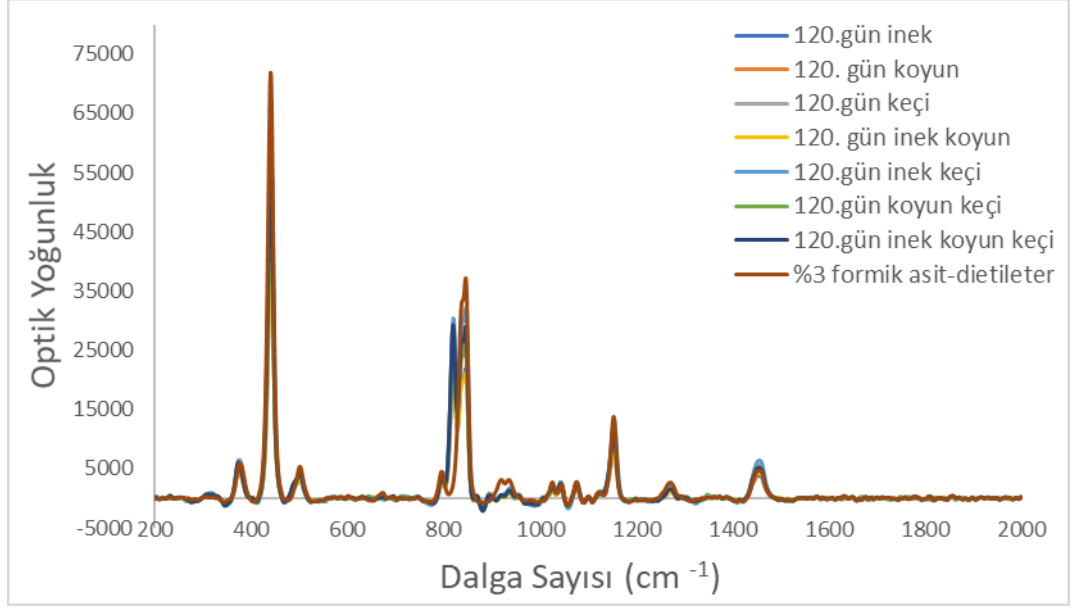
Şekil 4.96 Kültürlü Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları



Şekil 4.97 Klasik Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4.98 Klasik Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları

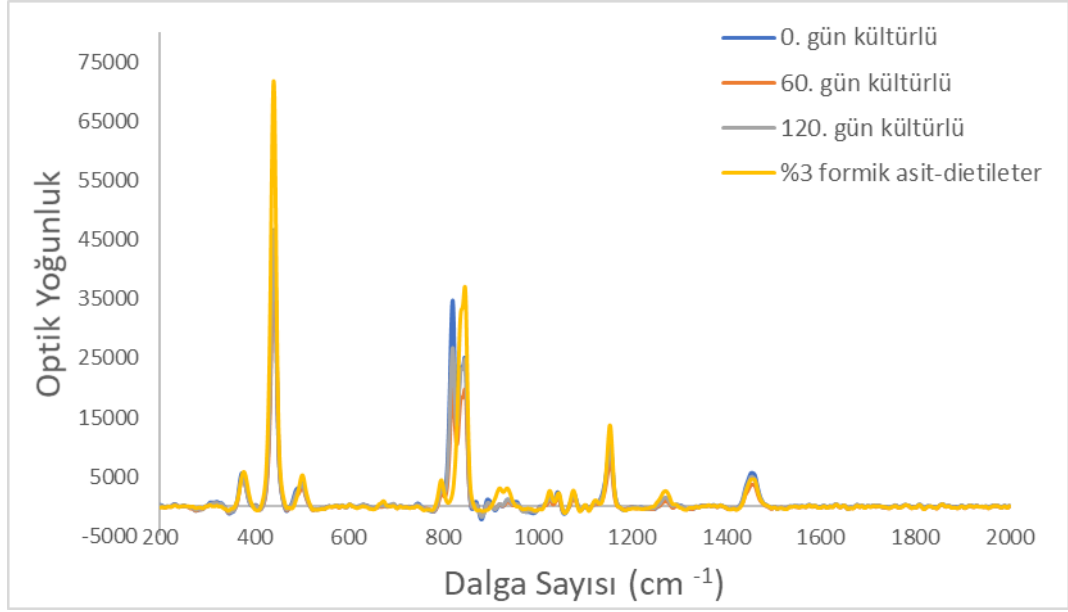


Şekil 4.99 Klasik Beyaz peynir lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

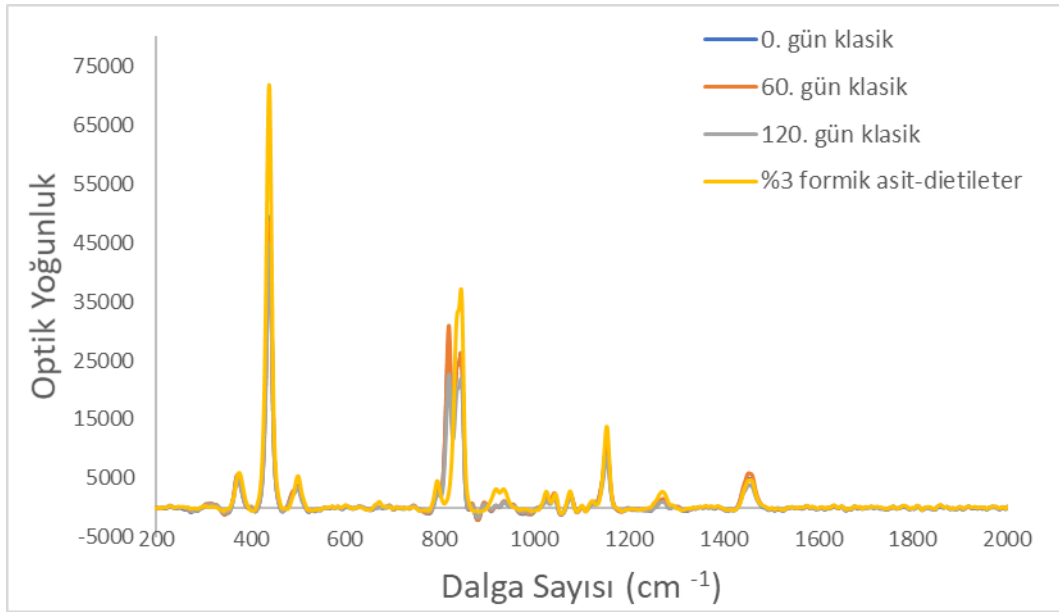
#### 4.4.11.1.2 İnek peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

Şekil 4.100-Şekil 4.101 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.102 - 4.104 arasında 0., 60. ve 120. gün için inek peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.105'te inek peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.

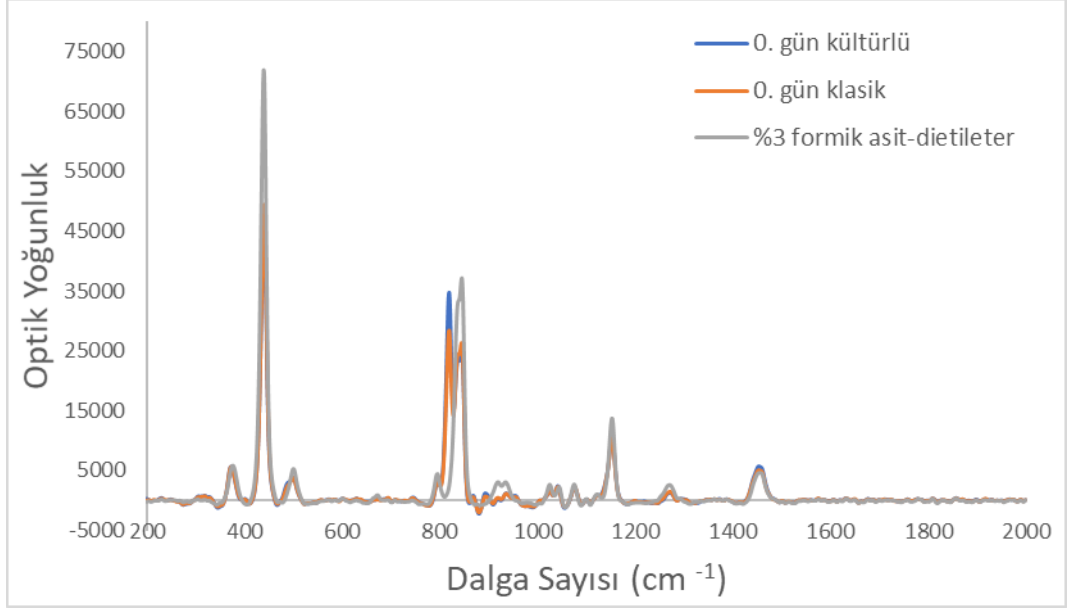




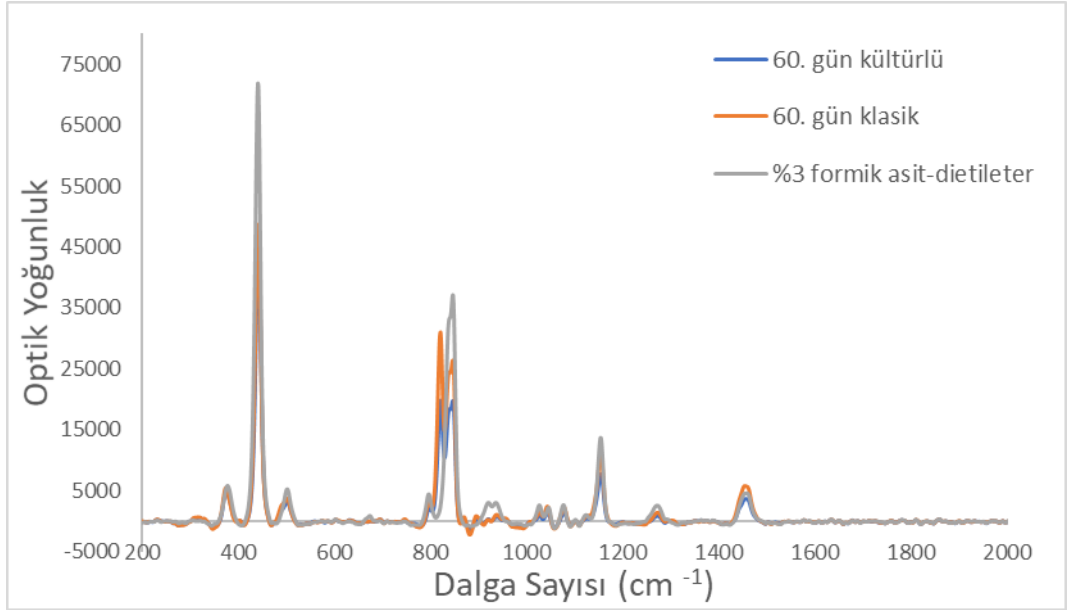
Şekil 4.100 Kültürlü inek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



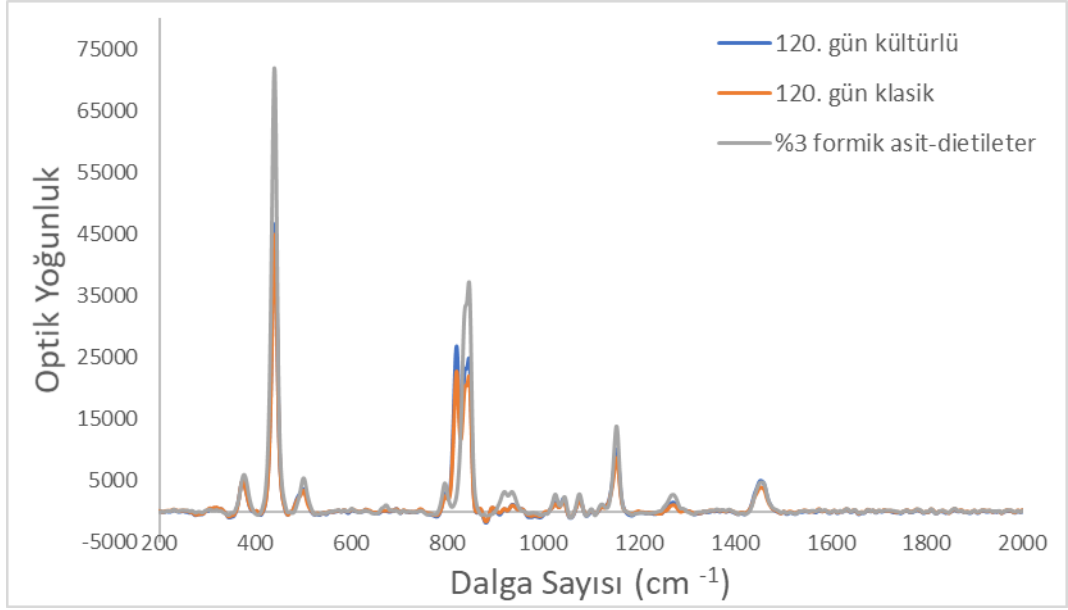
Şekil 4.101 Klasik inek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



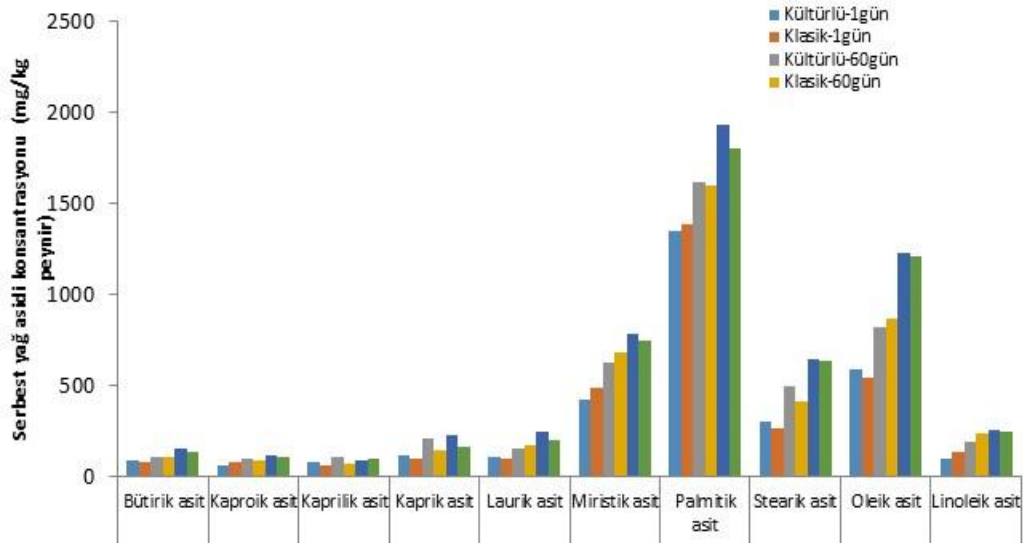
Şekil 4.102 İnek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4.103 İnek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.104 İnek Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

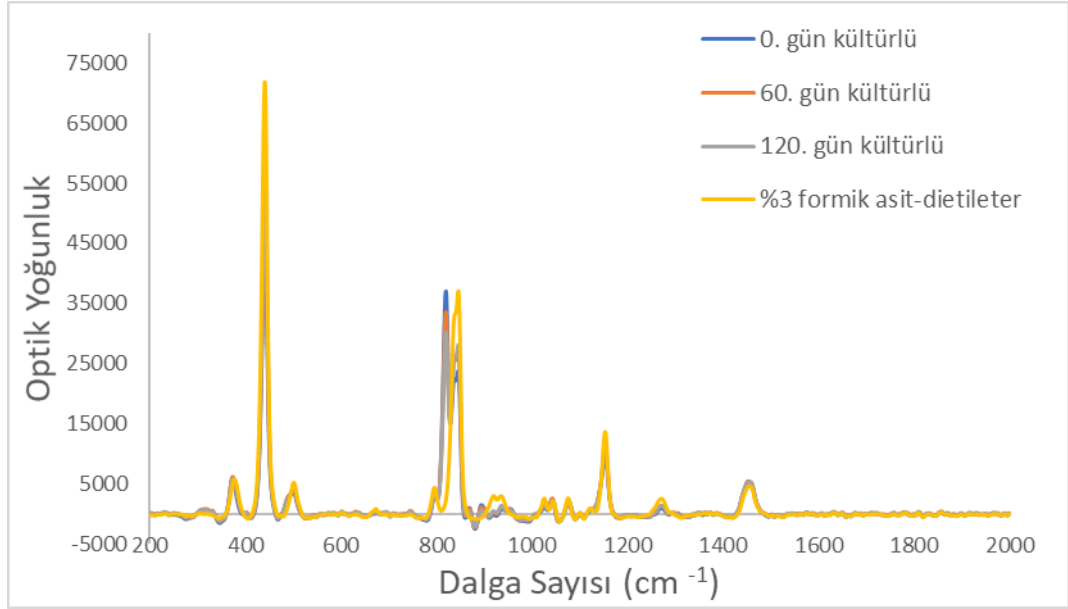


Şekil 4.105 İnek Beyaz peyniri örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

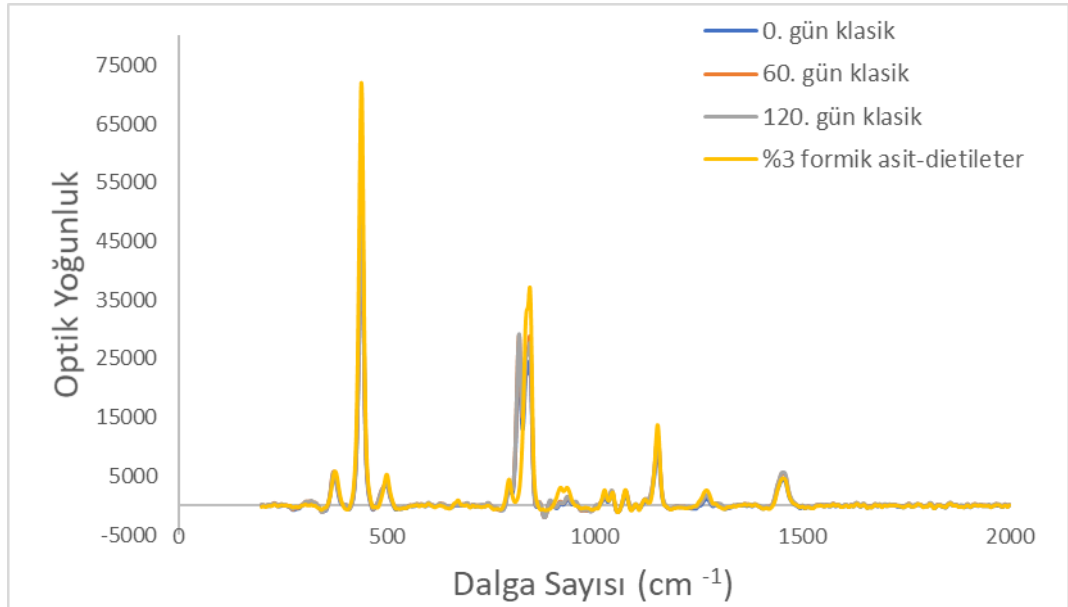
#### 4.4.11.1.3 Koyun peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

Şekil 4.106 - 4.107 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.108 - 4.110 arasında 0., 60. ve 120. gün için koyun peyniri lipoliz

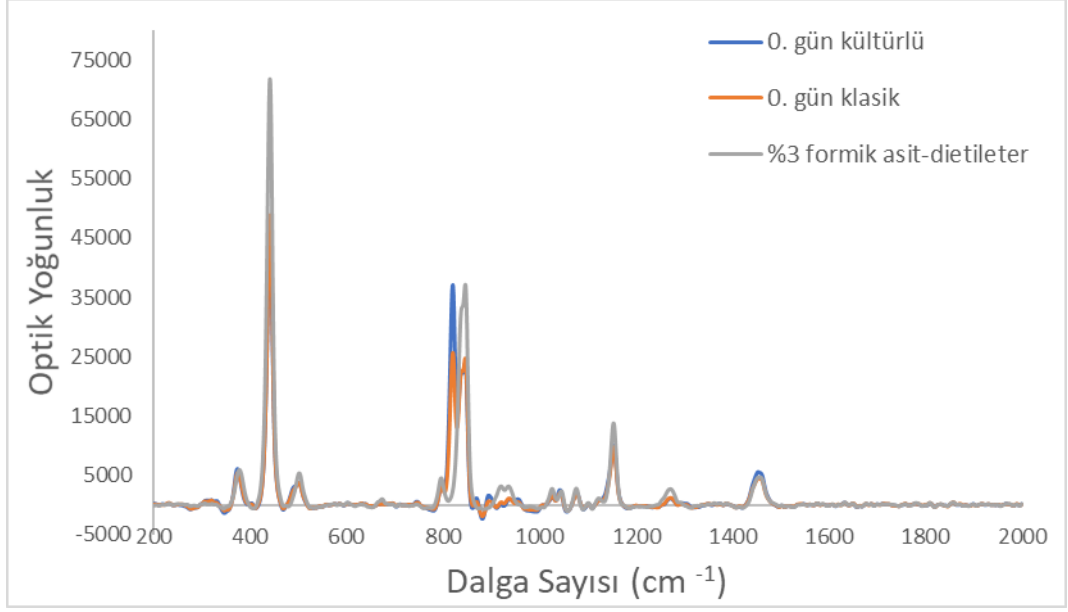
süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.111’te koyun peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.



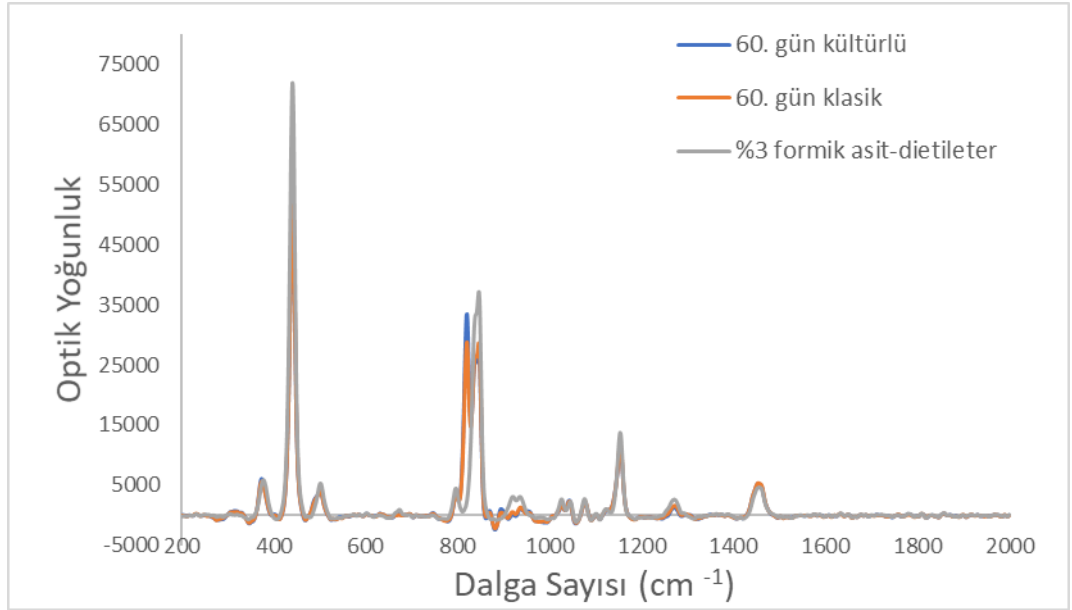
Şekil 4.106 Kültürlü koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



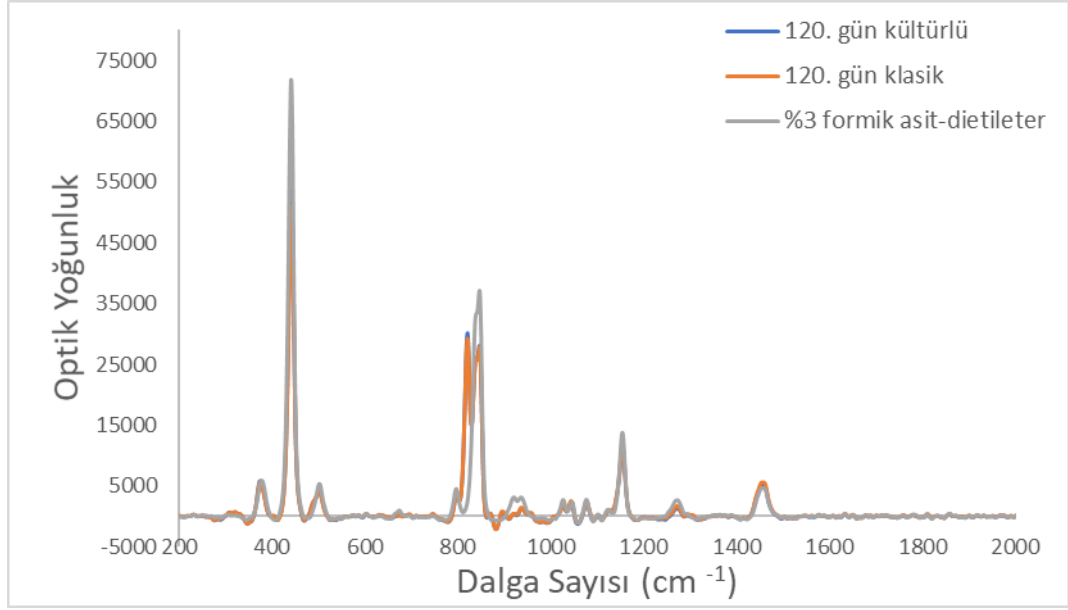
Şekil 4.107 Klasik koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



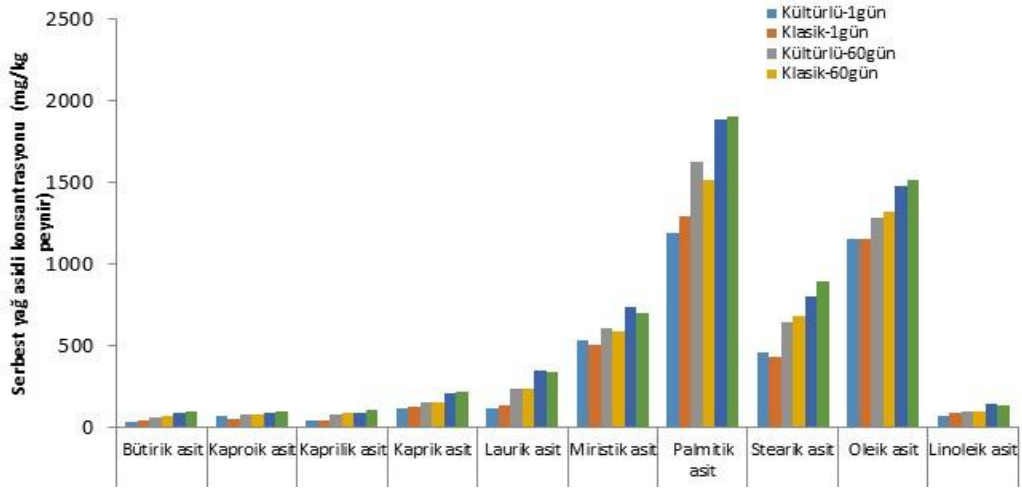
Şekil 4.108 Koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0.gün Raman spektrumları



Şekil 4.109 Koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.110 Koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

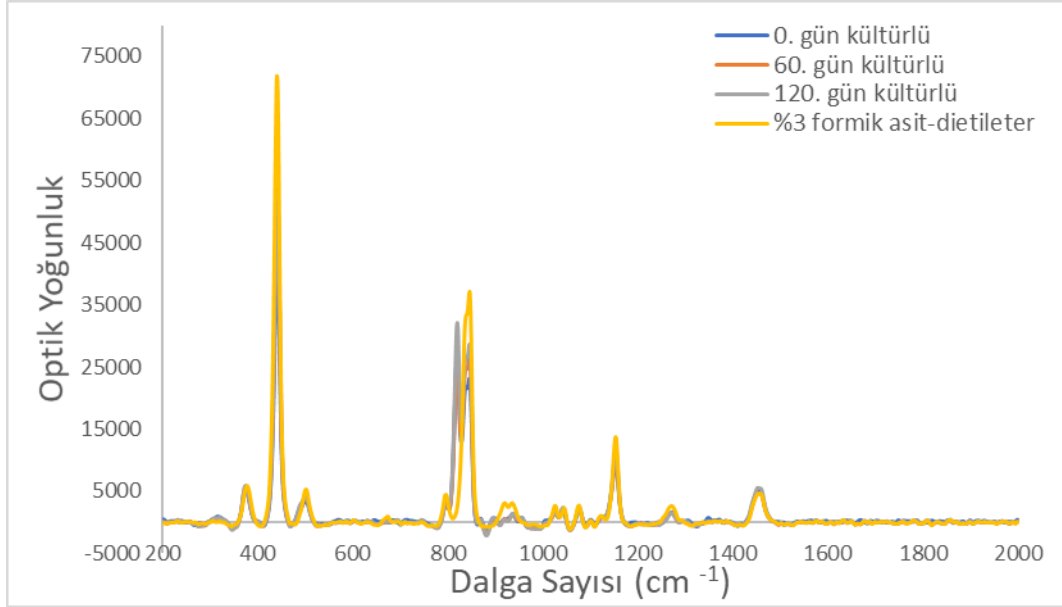


Şekil 4.111 Koyun Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

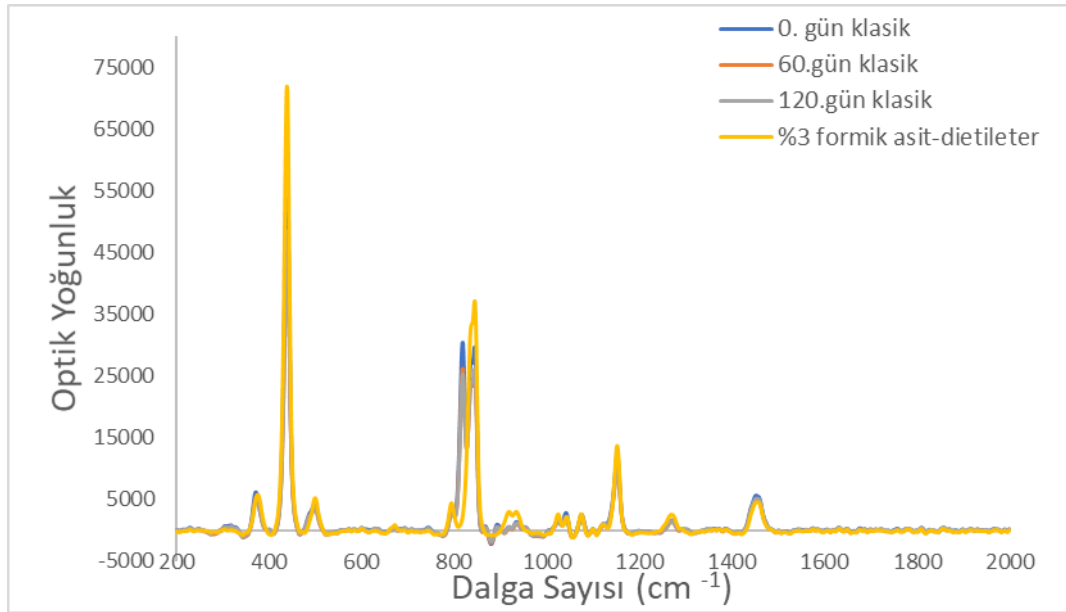
#### 4.4.11.1.4 Keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantların Raman spektrumları

Şekil 4.112 - 4.113 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.114 - 4.116 arasında 0., 60. ve 120. gün için keçi peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman

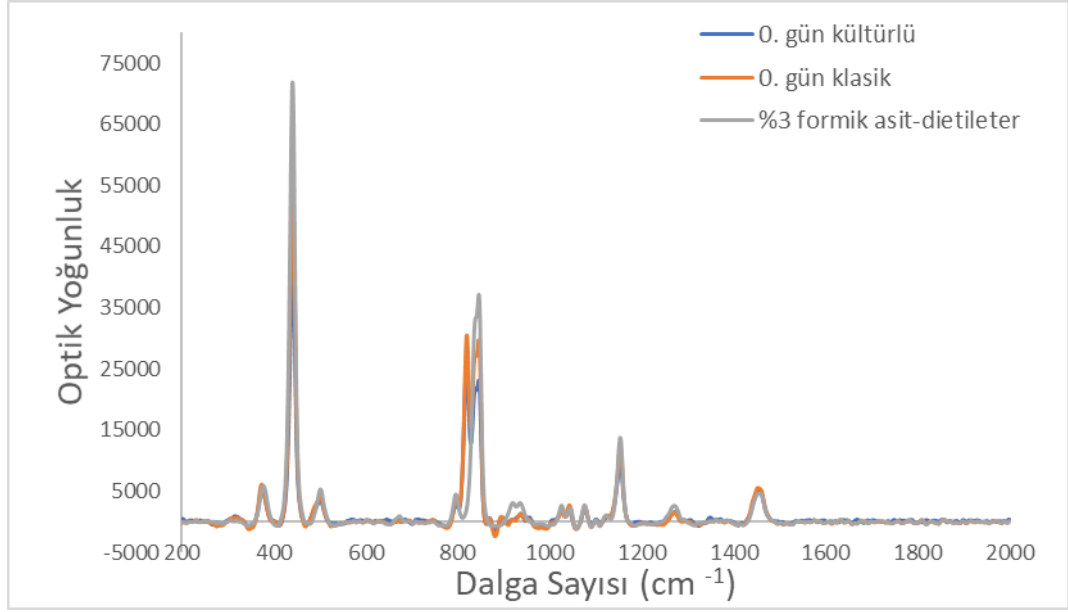
spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.117’te keçi peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.



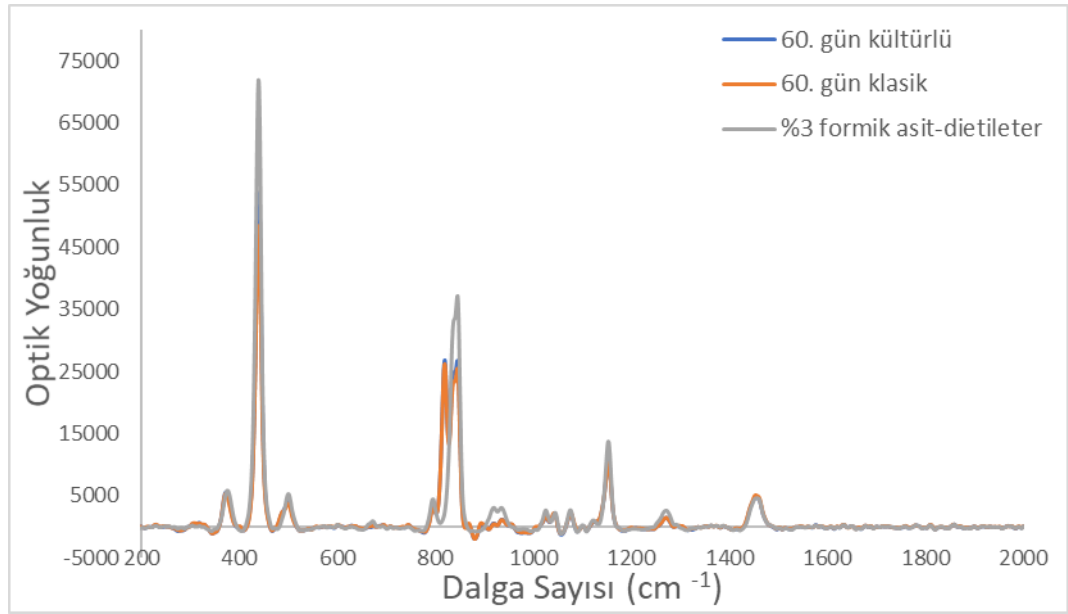
Şekil 4.112 Kültürlü keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



Şekil 4.113 Klasik keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

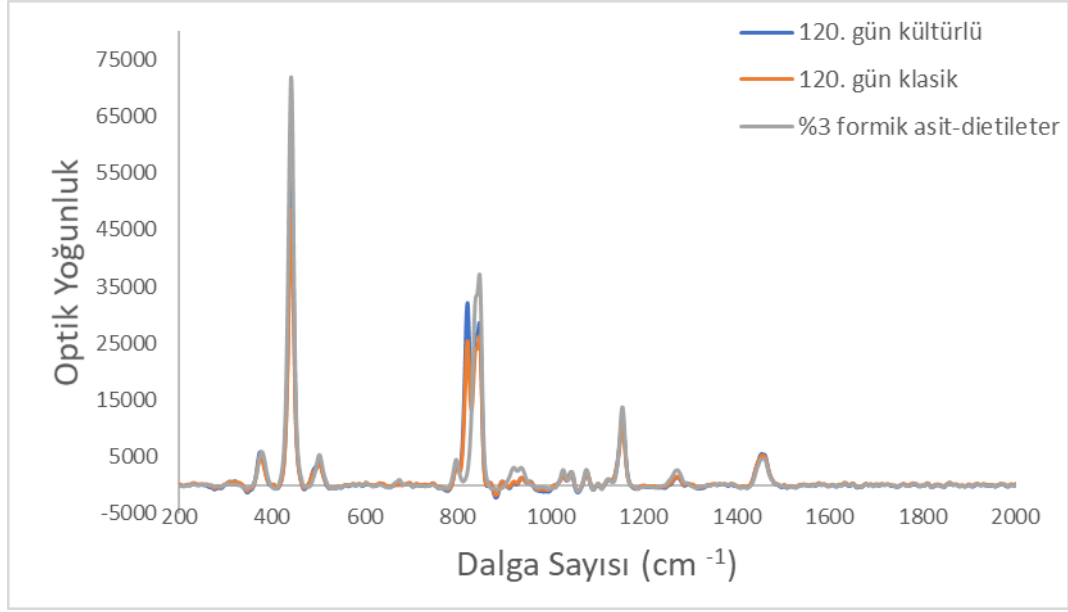


Şekil 4.114 Keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları

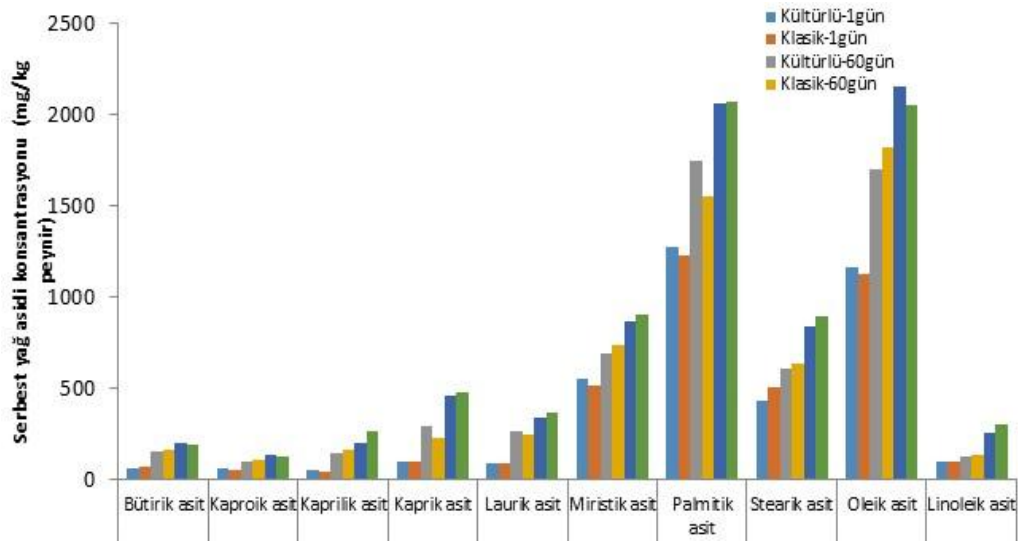


Şekil 4.115 Keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları





Şekil 4.116 Keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

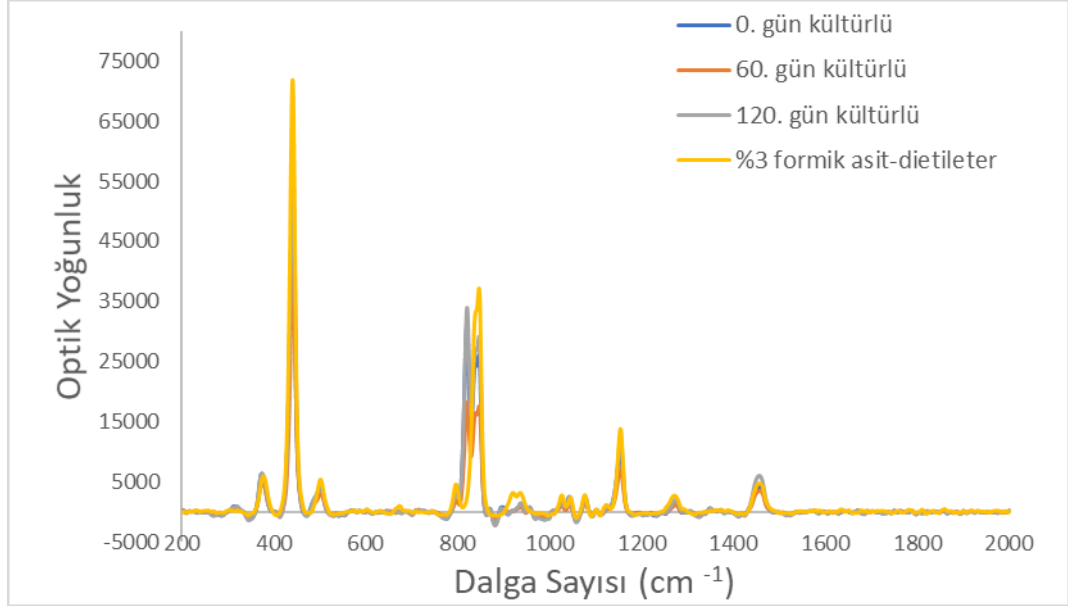


Şekil 4.117 Keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

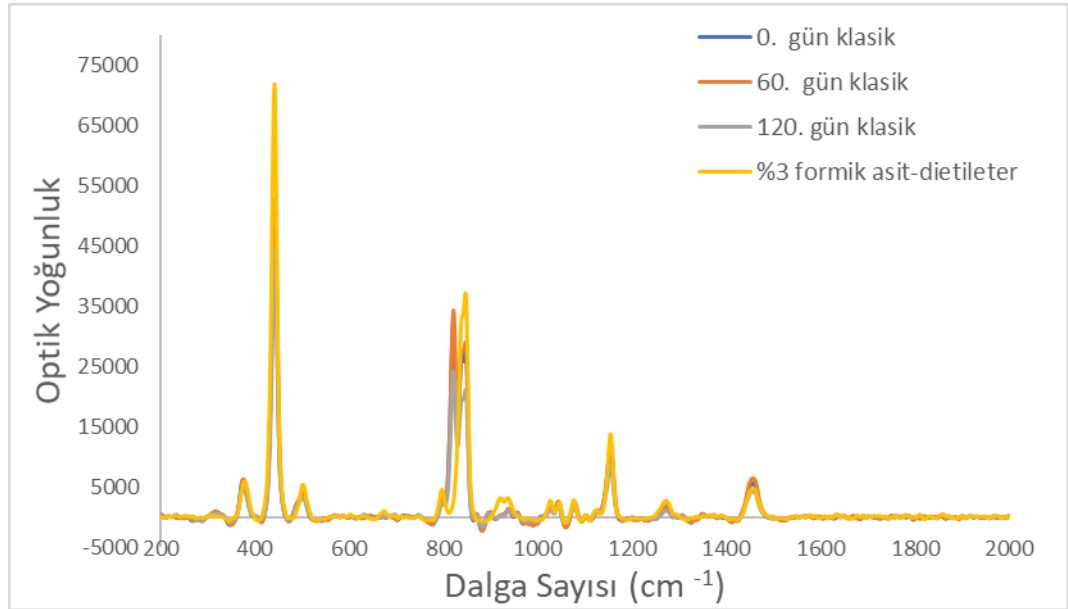
#### 4.4.11.1.5 İnek koyun peynirlerinin lipoliz süpernatantların Raman spektrumları

Şekil 4.118 - 4.119 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.120 - 4.122 arasında 0., 60. ve 120. gün için inek koyun peyniri lipoliz süpernatantlarının

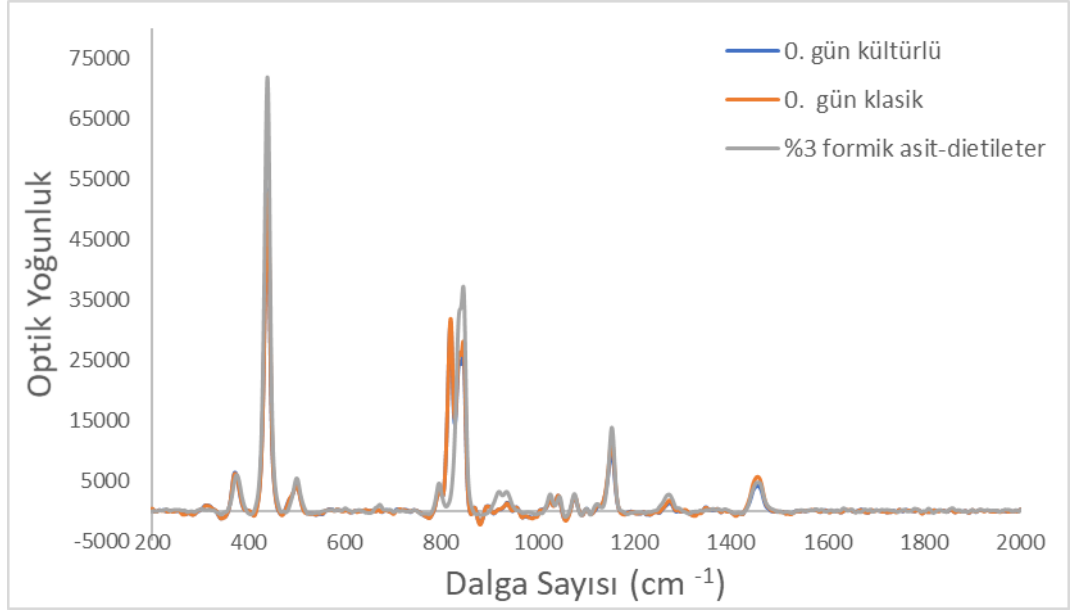
Raman spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.123'te inek koyun peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.



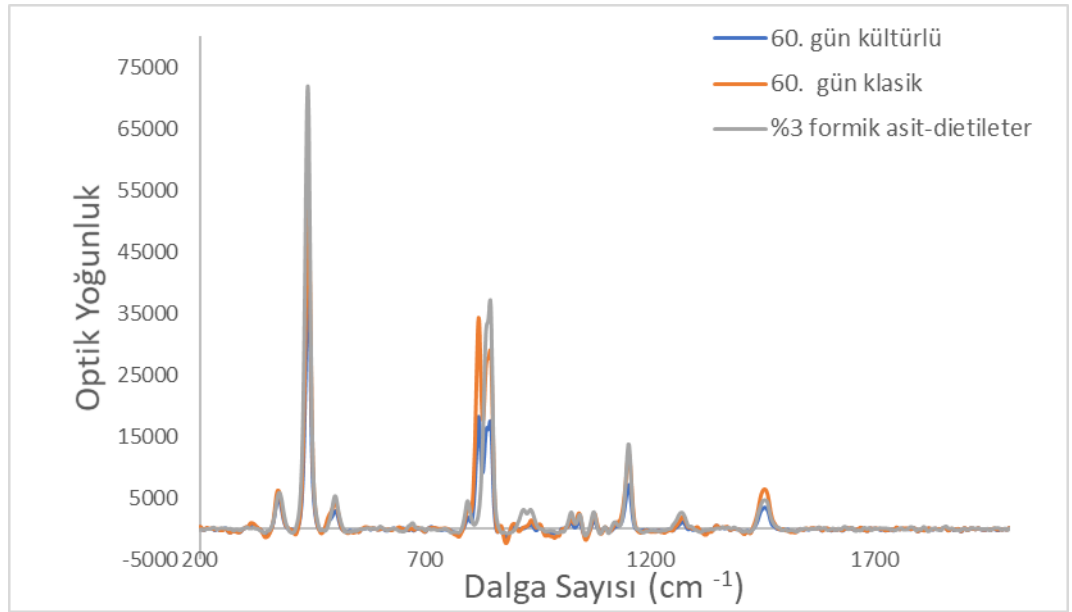
Şekil 4.118 Kültürlü inek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



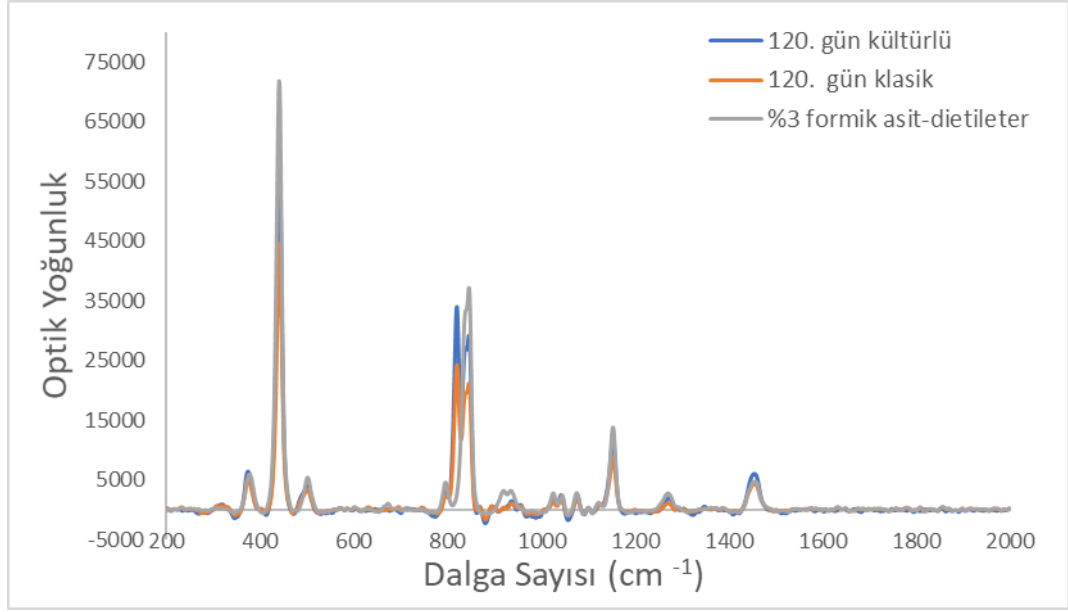
Şekil 4.119 Klasik inek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



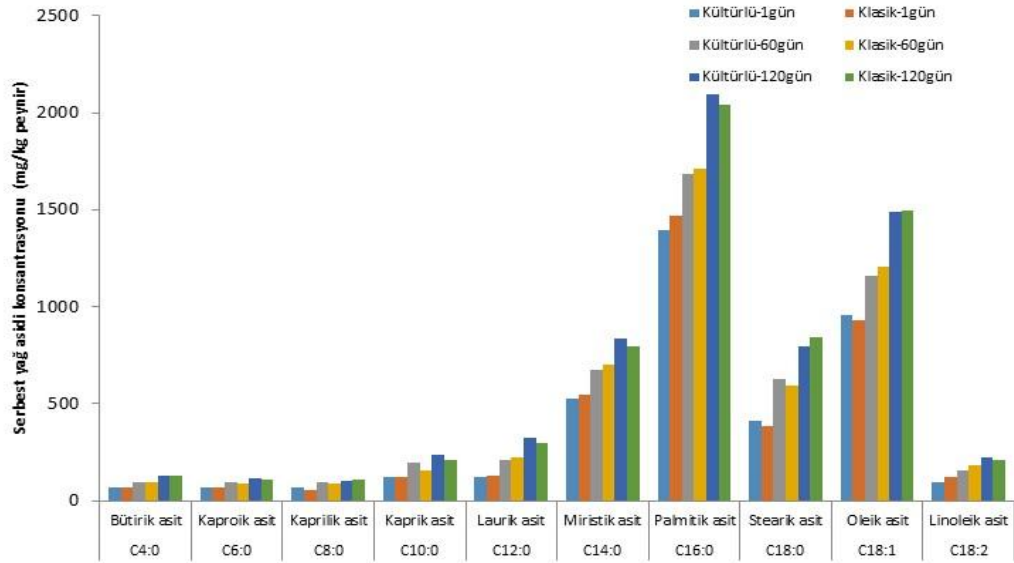
Şekil 4.120 İnek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4.121 İnek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.122 İnek-koyun Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

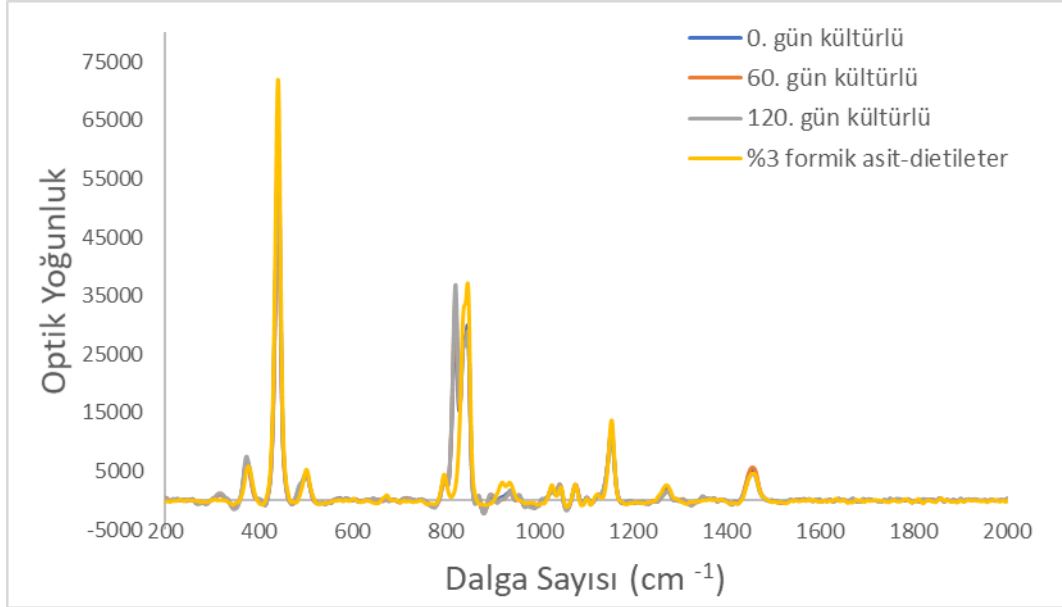


Şekil 4.123 İnek-koyun Beyaz peynir örneklerinin GC analizinden elde edilen ait serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

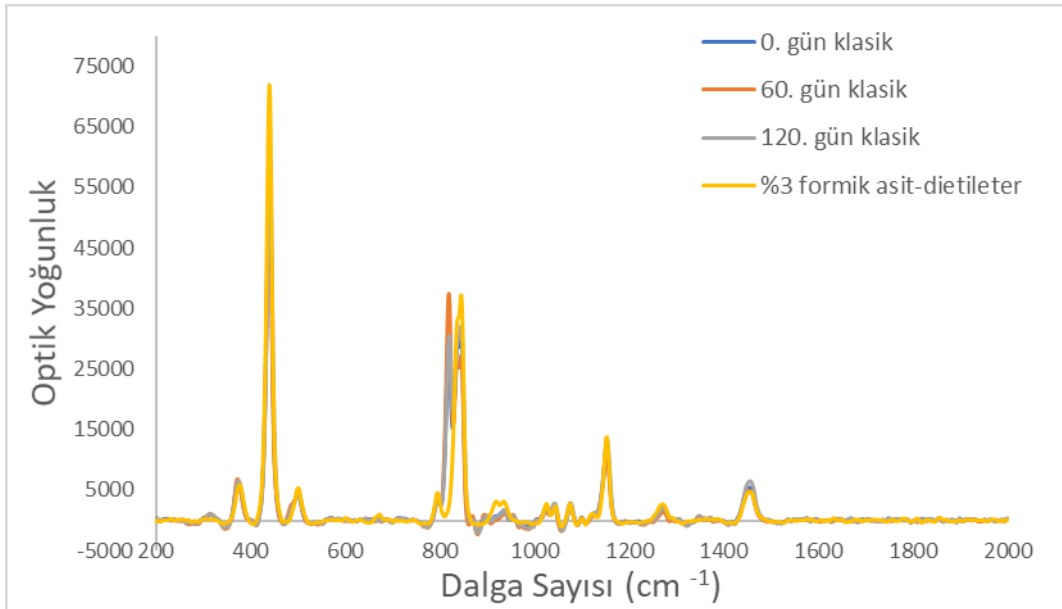
#### 4.4.11.1.6 İnek keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantların Raman spektrumları

Şekil 4.124 - 4.125 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.126 - 4.128 arasında 0., 60. ve 120. gün için inek keçi peyniri lipoliz süpernatantlarının

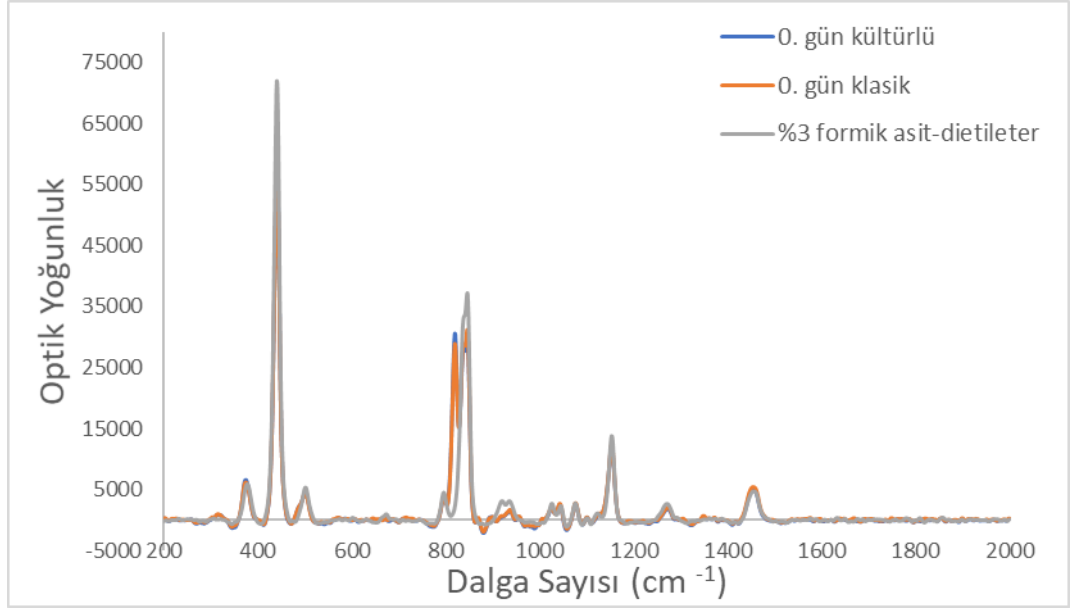
Raman spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.129’da inek keçi peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.



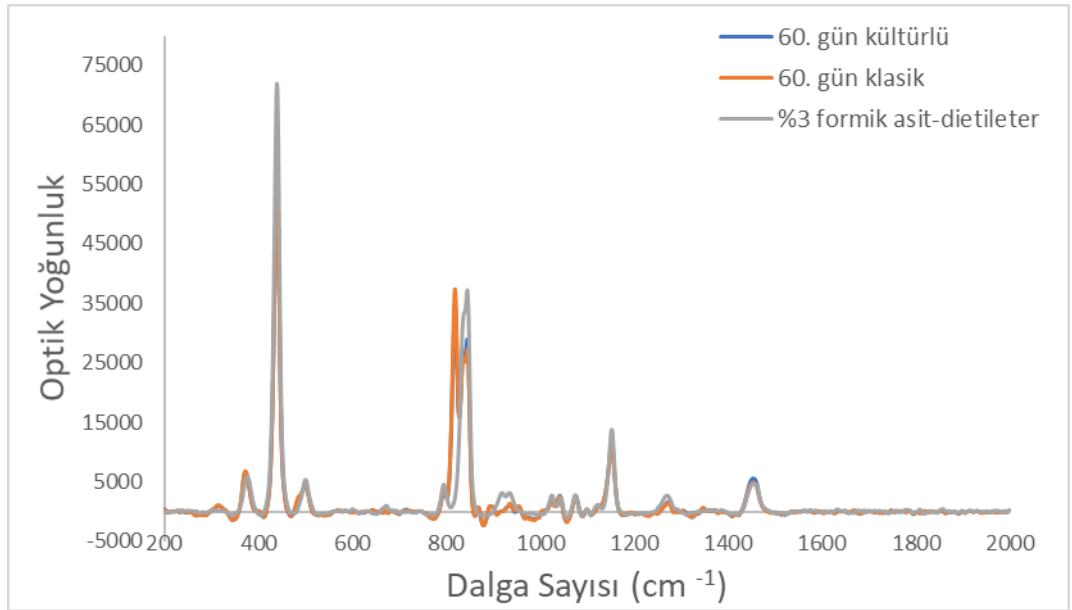
Şekil 4.124 Kültürlü inek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



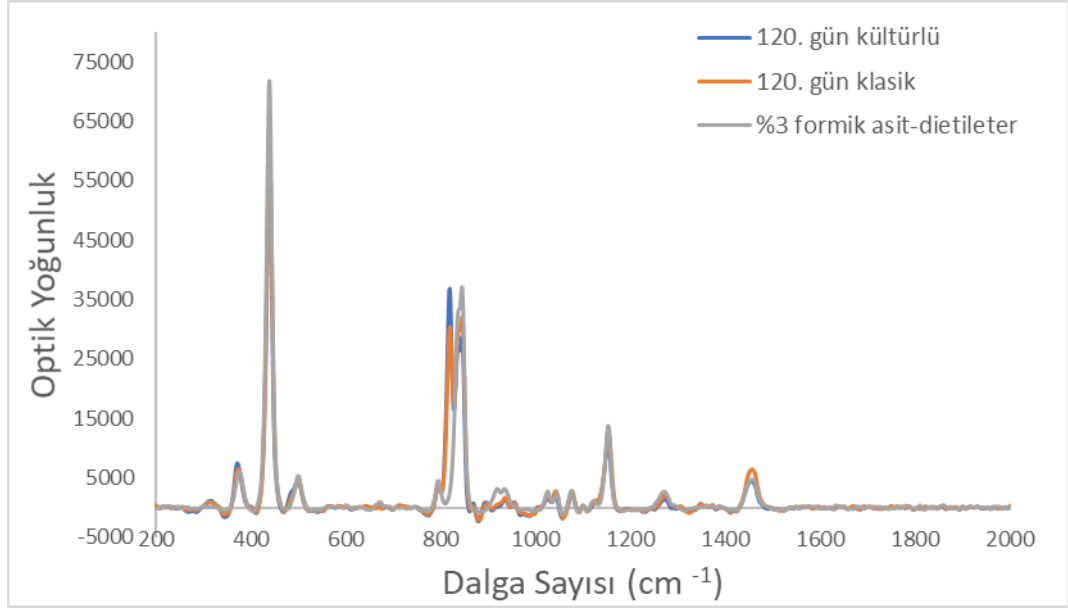
Şekil 4.125 Klasik inek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



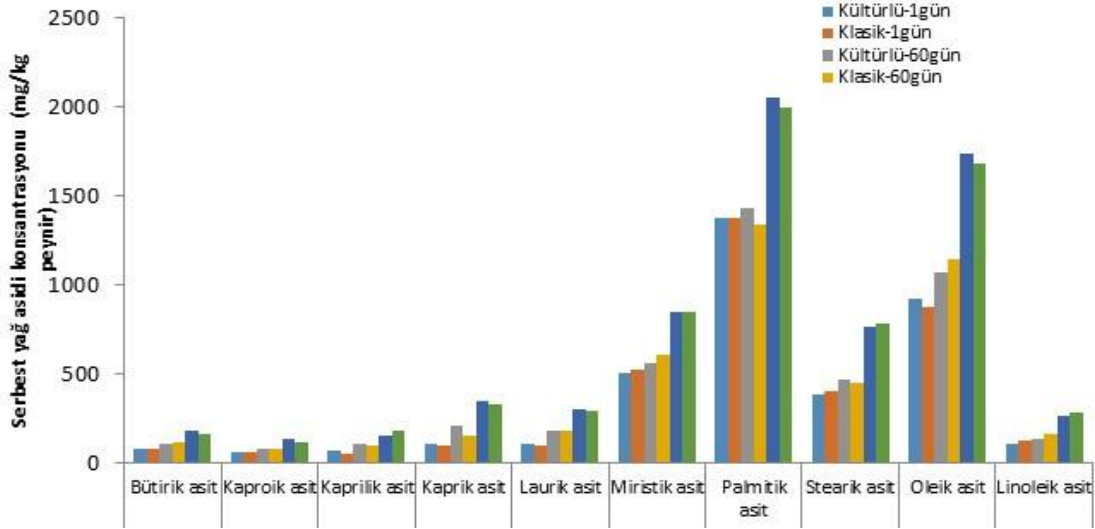
Şekil 4.126 İnek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4. 127 İnek-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.128 İnek-keçi peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

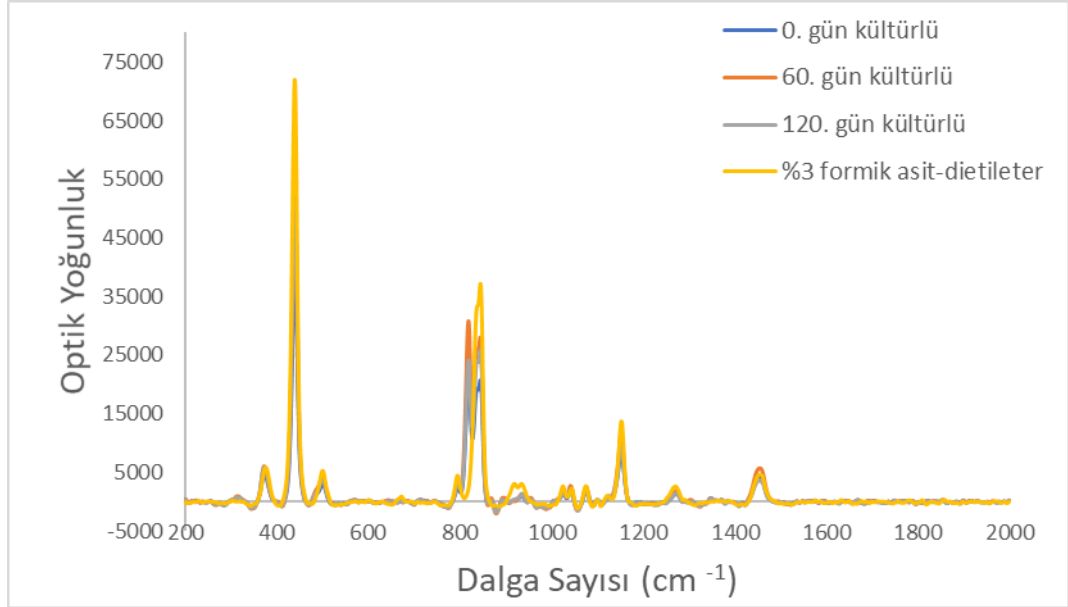


Şekil 4.129 İnek-keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

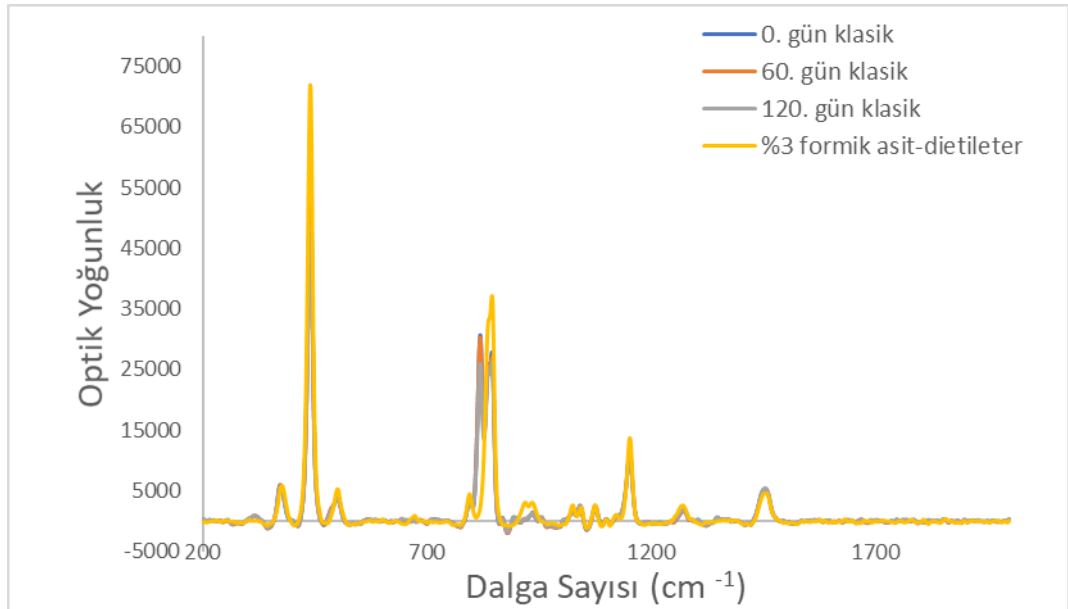
#### 4.4.11.1.7 Koyun keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantların Raman spektrumları

Şekil 4.130 - 4.131 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantların Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.132 - 4.134 arasında 0., 60. ve 120. gün için koyun keçi peyniri lipoliz süpernatantların

Raman spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.135'te koyun keçi peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.

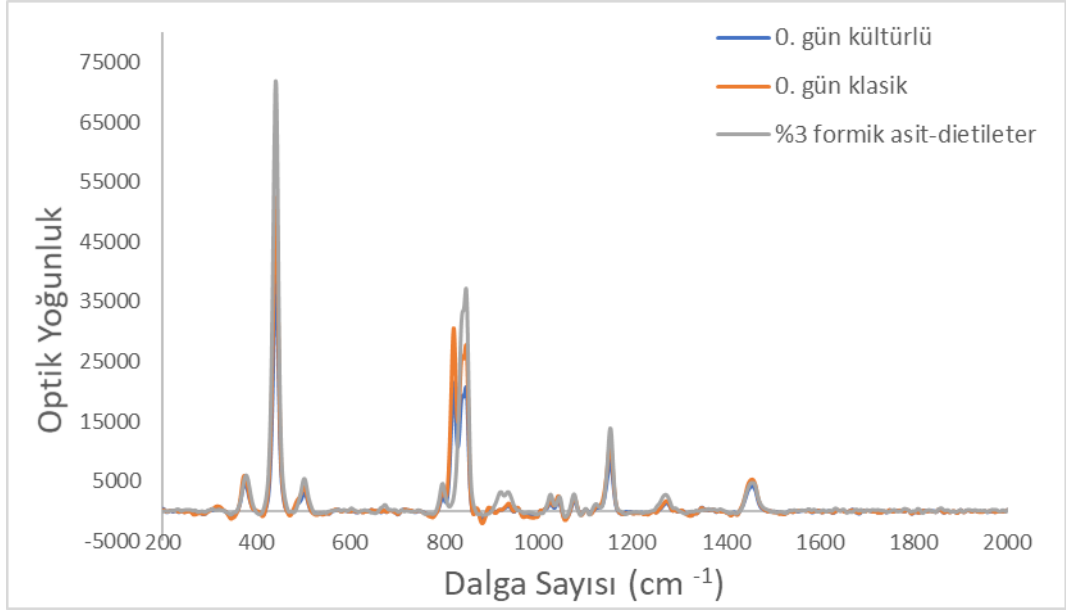


Şekil 4.130 Kültürlü koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

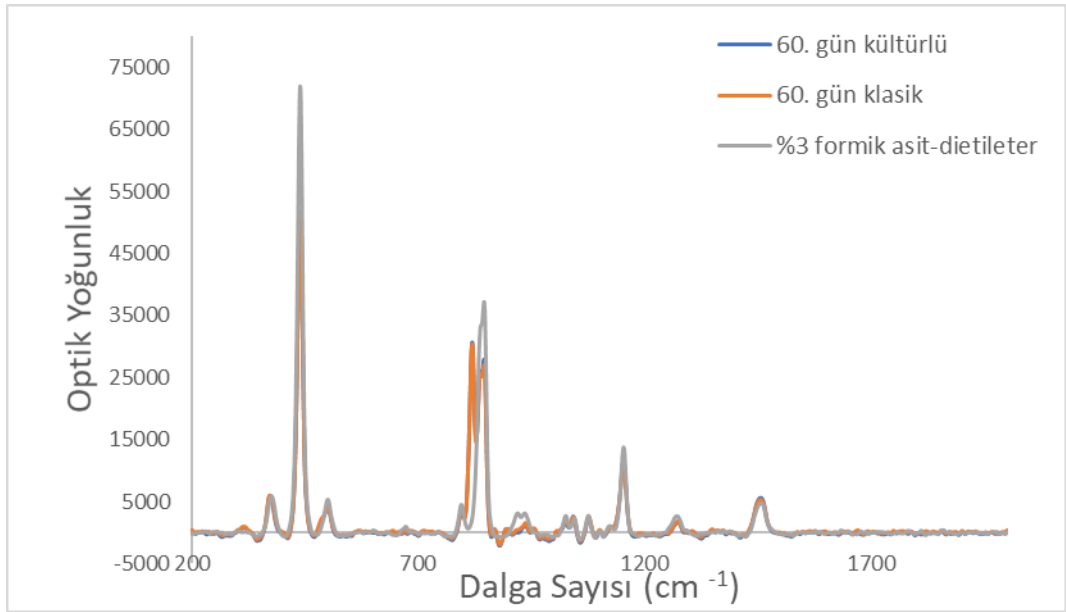


Şekil 4.131 Klasik koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

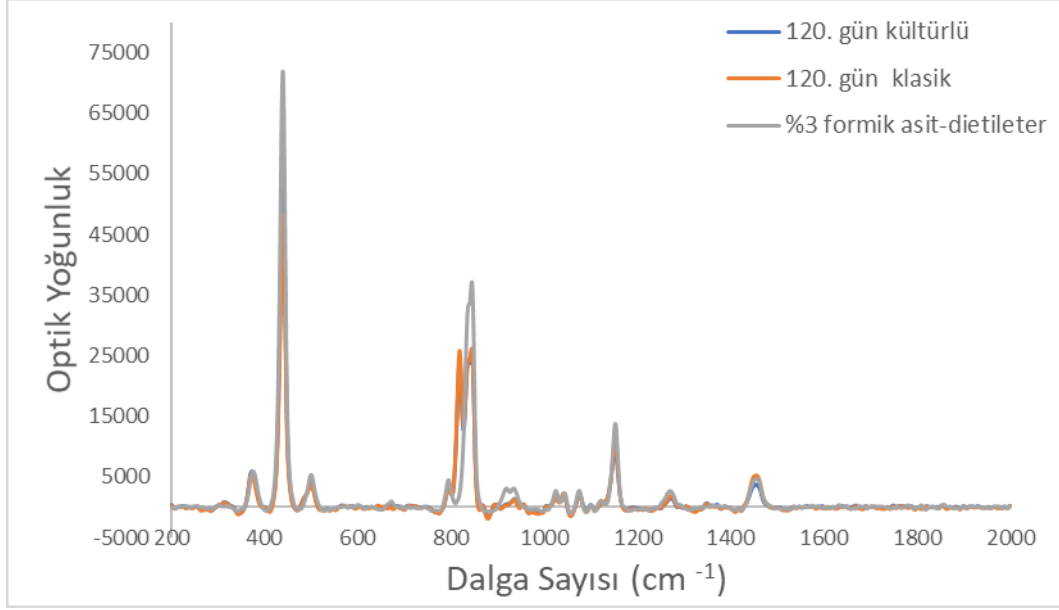




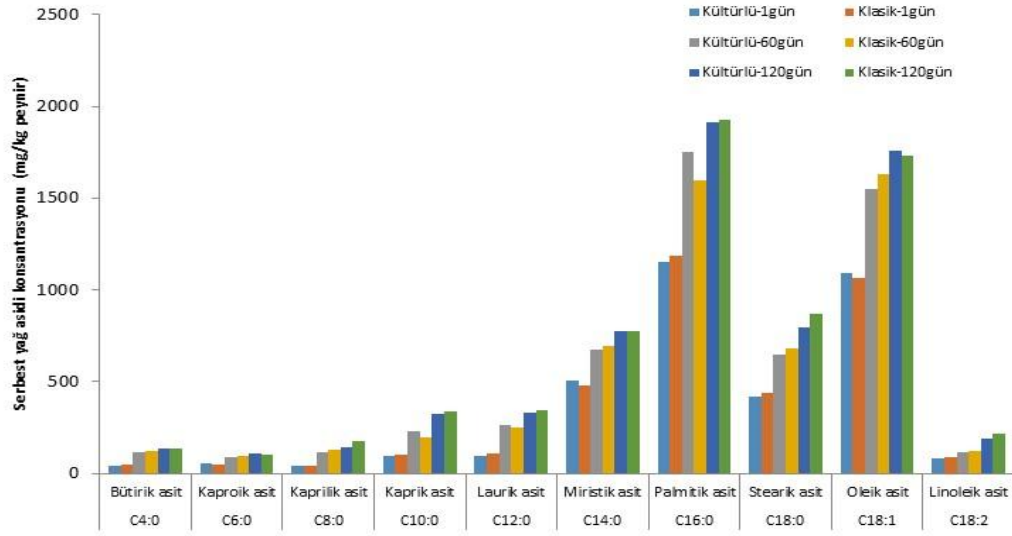
Şekil 4.132 Koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4.133 Koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.134 Koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

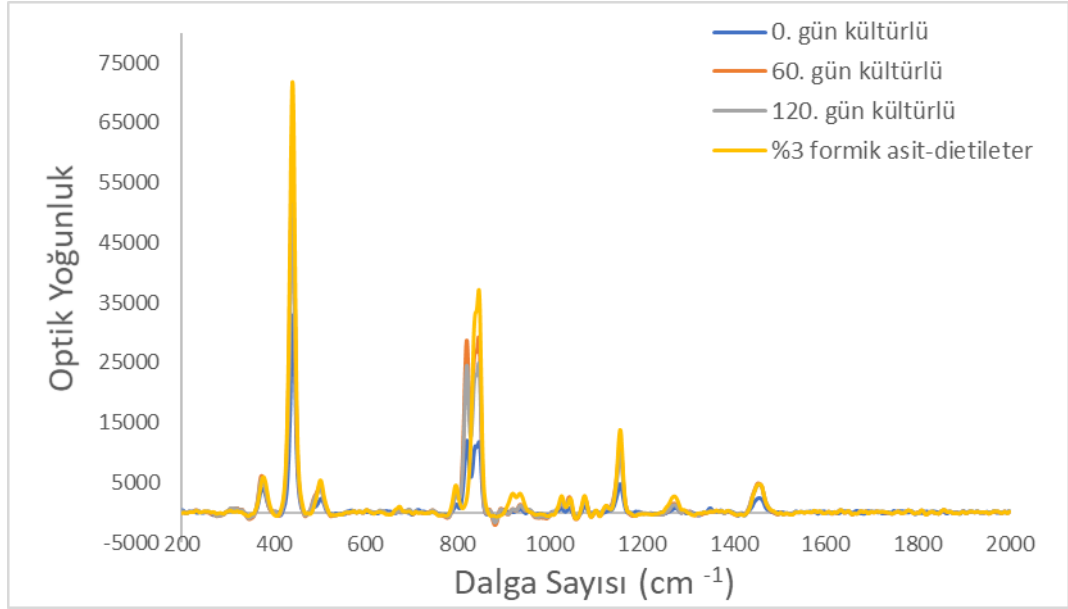


Şekil 4.135 Koyun-keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

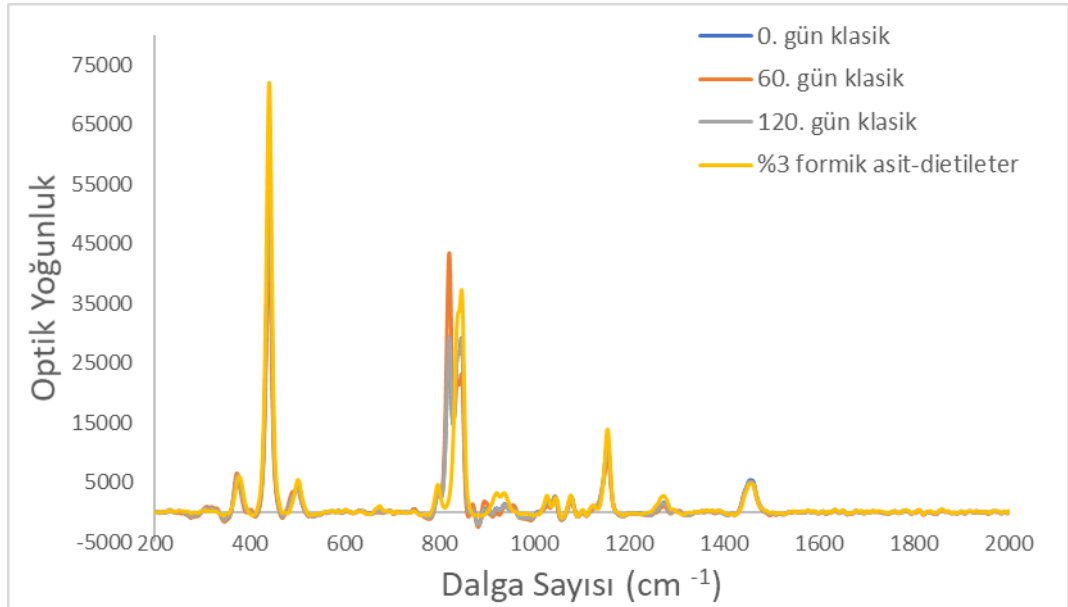
#### 4.4.11.1.8 İnek koyun keçi peynirlerinin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları

Şekil 4.136 - 4.137 arasında sırasıyla kültür kullanılarak ve klasik yöntemle üretilen Beyaz peynirlerin lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Şekil 4.138 - 4.140 arasında 0., 60. ve 120. gün için inek koyun keçi peyniri lipoliz

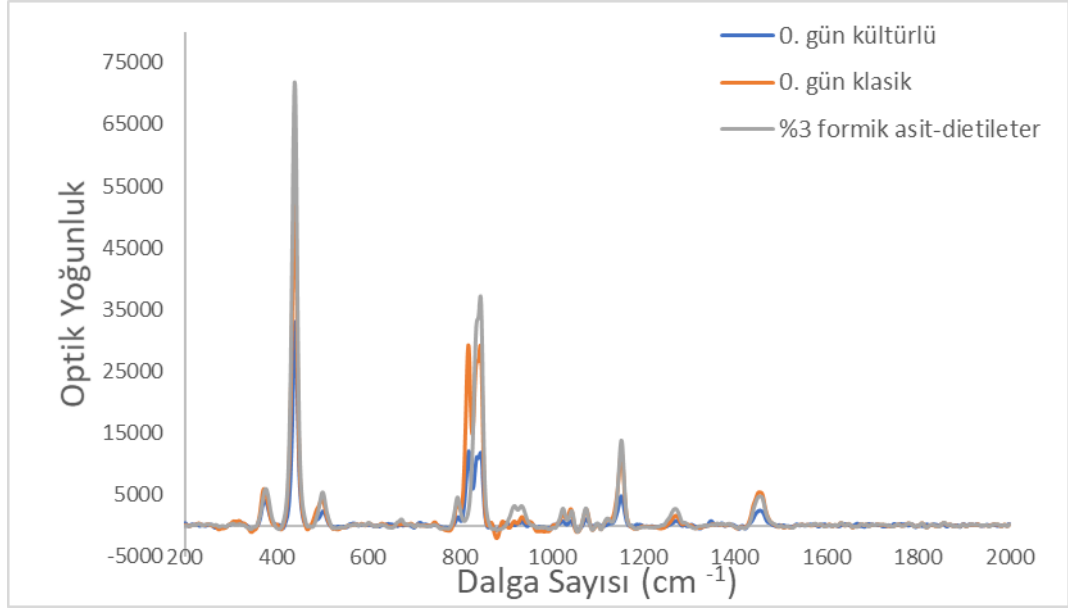
süpernatantlarının Raman spektrumları verilmiştir. Ayrıca şekil 4.141’te inek koyun keçi peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir) verilmiştir.



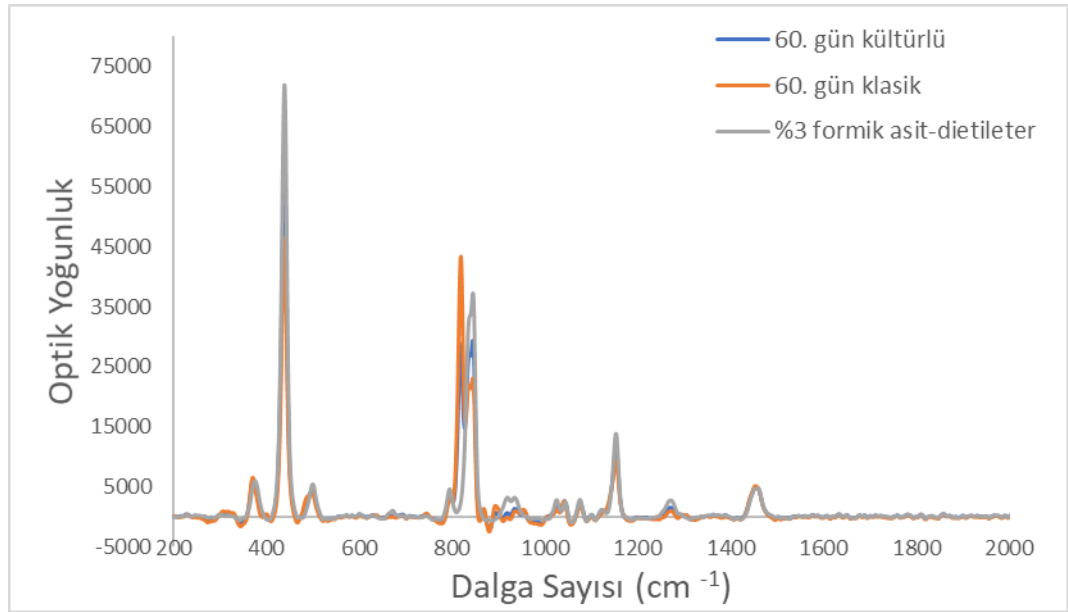
Şekil 4.136 Kültürlü inek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



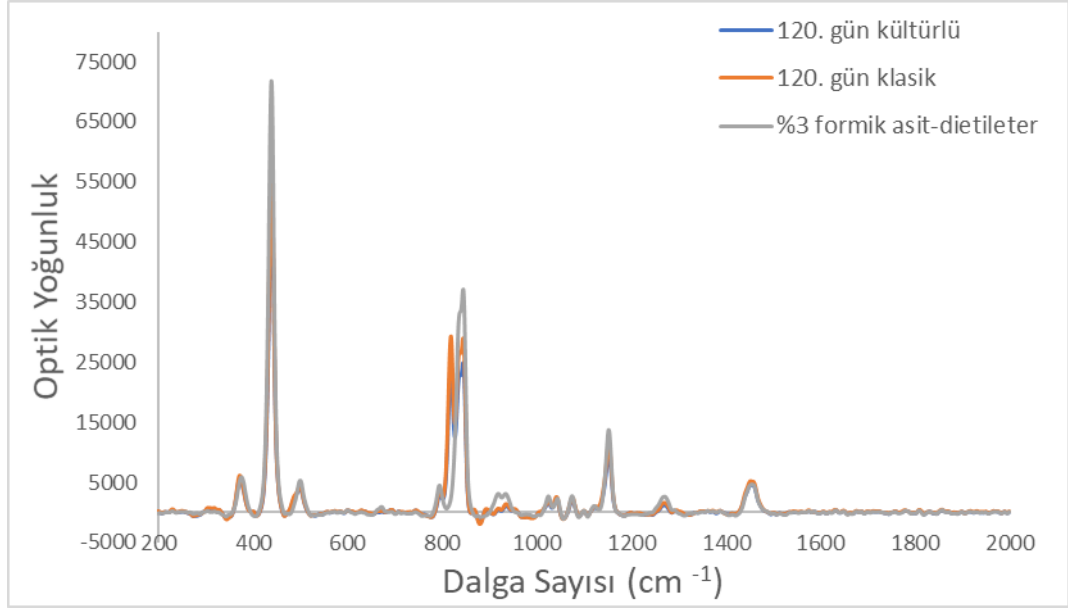
Şekil 4.137 Klasik inek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının Raman spektrumları



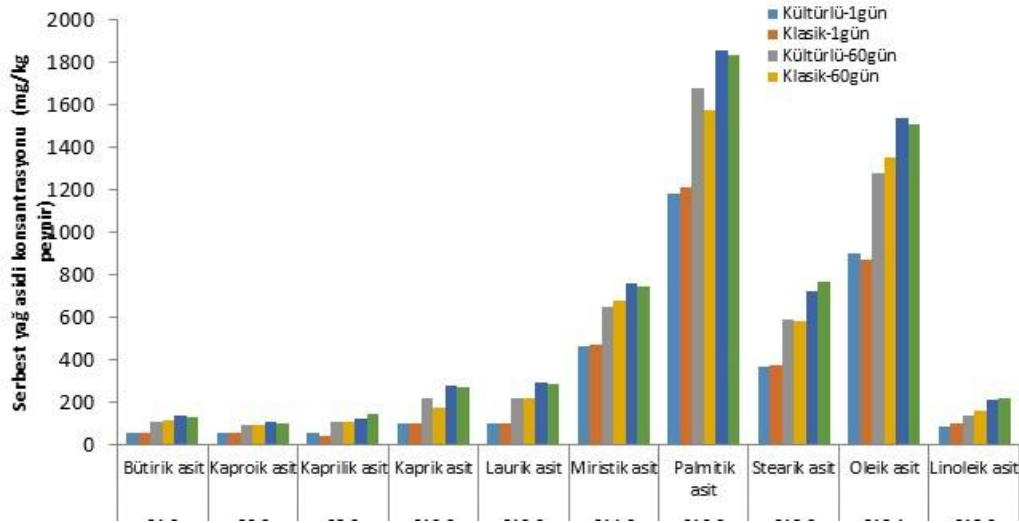
Şekil 4.138 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 0. gün Raman spektrumları



Şekil 4.139 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.140 İnek-koyun-keçi Beyaz peyniri lipoliz süpernatantlarının 120. gün Raman spektrumları

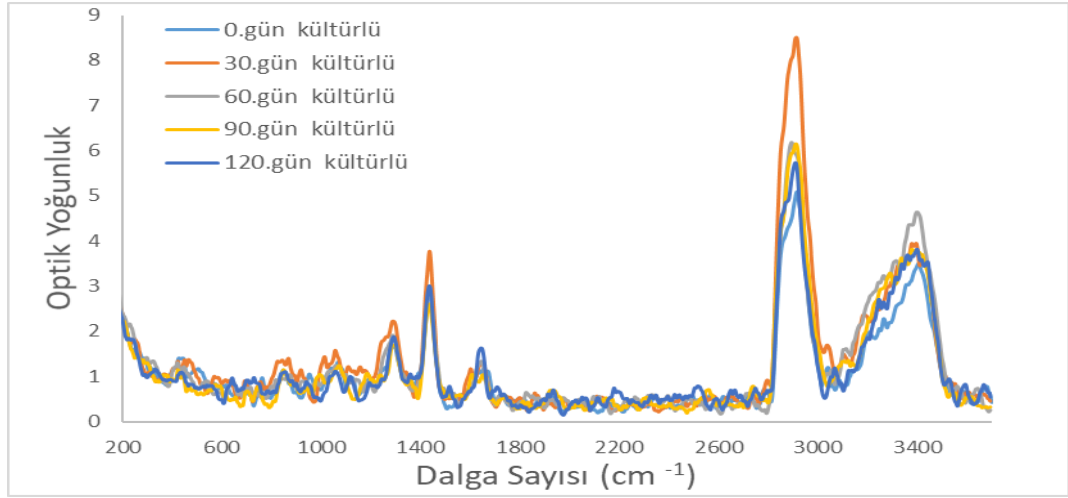


Şekil 4.141 İnek-koyun-keçi Beyaz peynir örneklerine ait GC analizinden elde edilen serbest yağ asidi konsantrasyonu (mg/kg peynir)

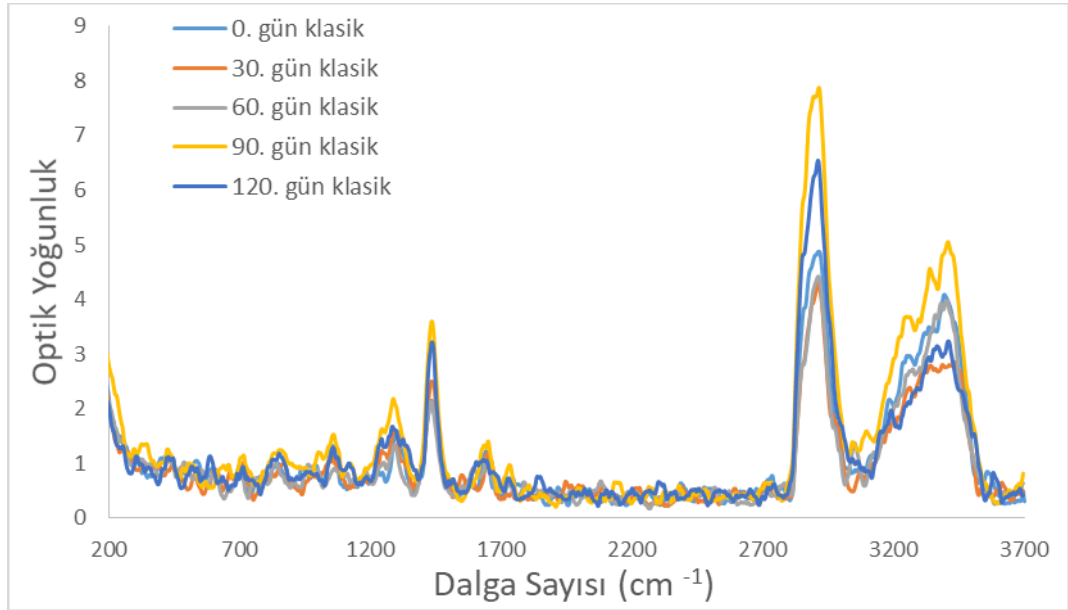
#### 4.4.12 Beyaz peynirlerin Raman spektrumları

Tez kapsamında üretilen peynir örnekleri diğer referans yöntemlerle analiz edilirken aynı zamanda Raman spektrumları alınarak işlenmiştir. Beyaz peynirlerin kurumaddelerinin yüksek olmasından dolayı 1064 nm dalga boyuna sahip FT-Raman

spektrofotometresi kullanılarak peynirlere herhangi bir ön işlem uygulanmadan spektrumları alınmıştır. Bu işlemdeki amaç peynir bileşenlerinin incelenmesine gerek olmadan farklı peynir türlerinin ve farklı üretim metodu ile üretilen peynirlerin birbirinden ayrılıp ayrılamayacağını ortaya konması içindir. Elde edilen spektrumlara baseline düzeltilmesi yapmadan ham veriler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Farklı iki üretim tekniği ile üretilmiş inek Beyaz peynirlerinin depolama süresince Raman spektrumları şekil 4.142 - 4.143'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



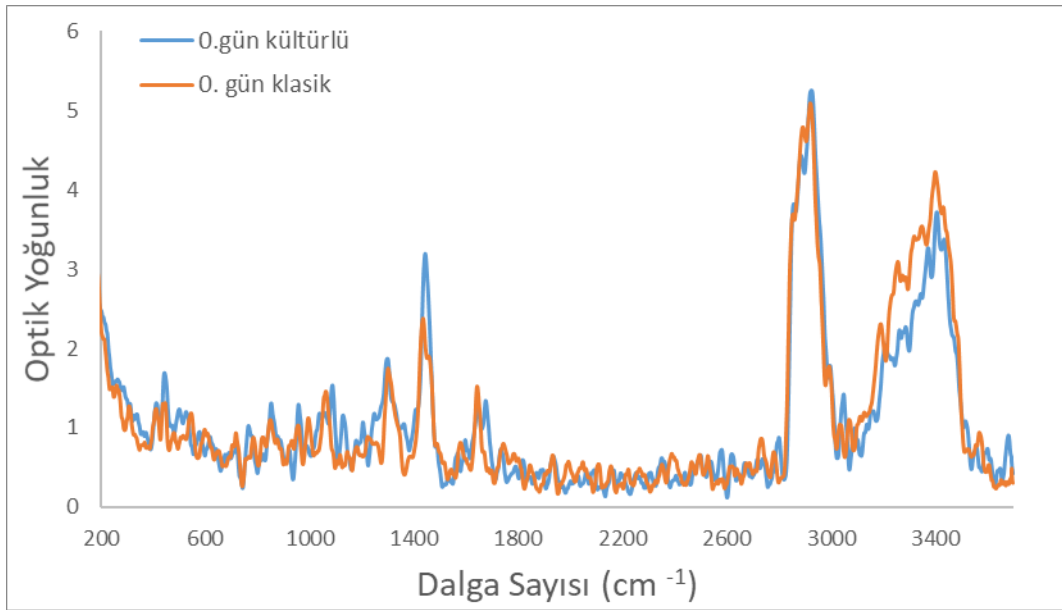
Şekil 4.142 Kültürlü inek Beyaz peynirinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları



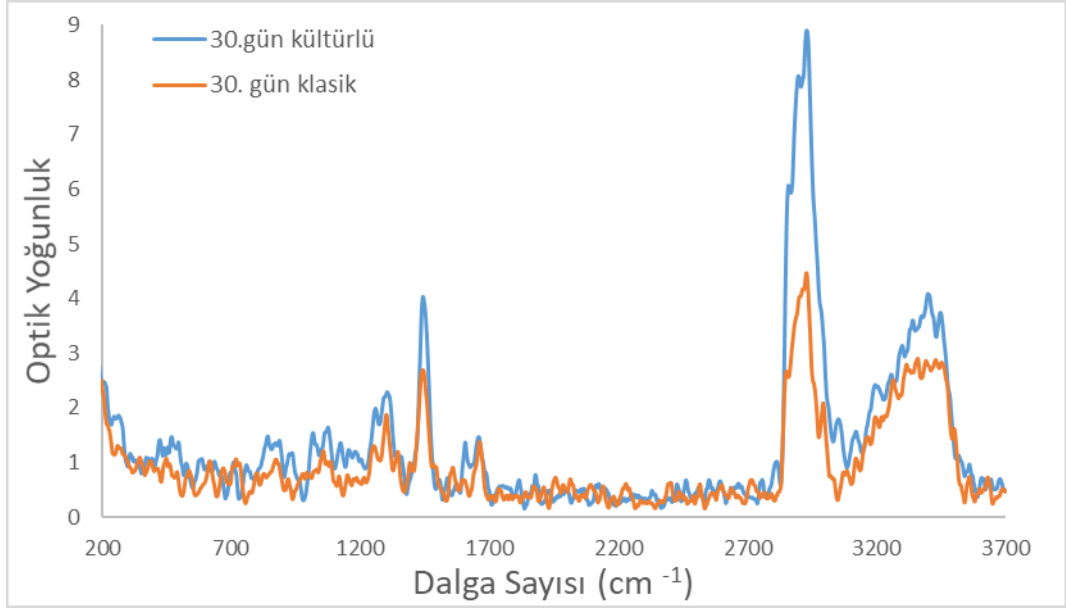
Şekil 4.143 Klasik inek Beyaz peynirinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları

Şekil 4.142 - 4.143 incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği ancak bu farklılıkların hangi bileşenden veya hangi biyokimyasal değişimlerden kaynaklandığının belirlenebilmesi için daha dar kapsamlı spesifik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

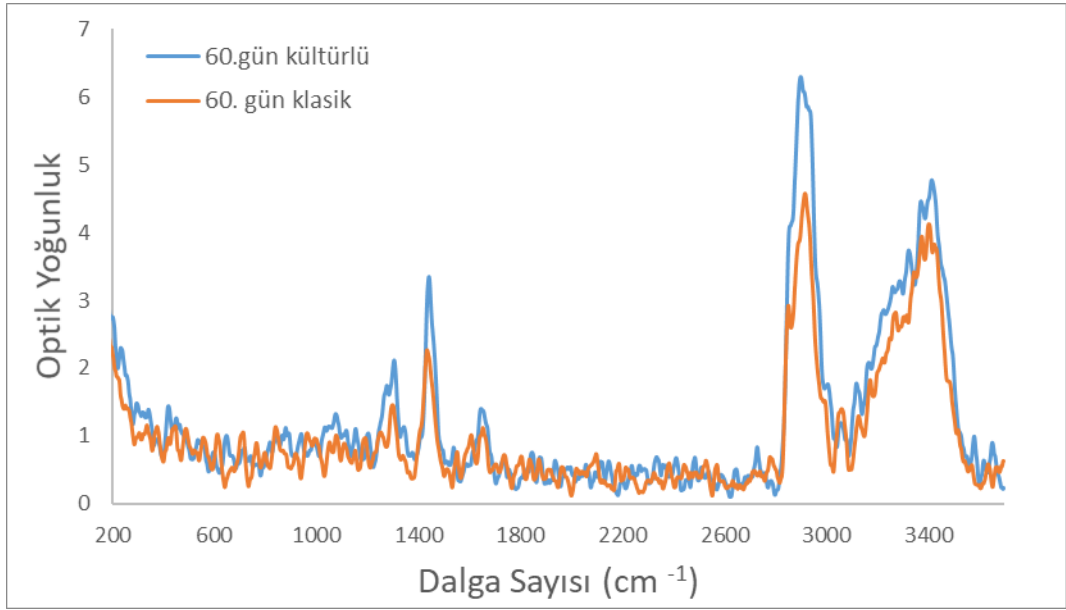
Şekil 4.144 - 4.148 arasında gösterilen inek peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir. Bu duruma kültürlü Beyaz peynir üretiminde kullanılan starter kültürün etkisiyle meydana gelen biyokimyasal değişimlerin neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.144 İnek Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları

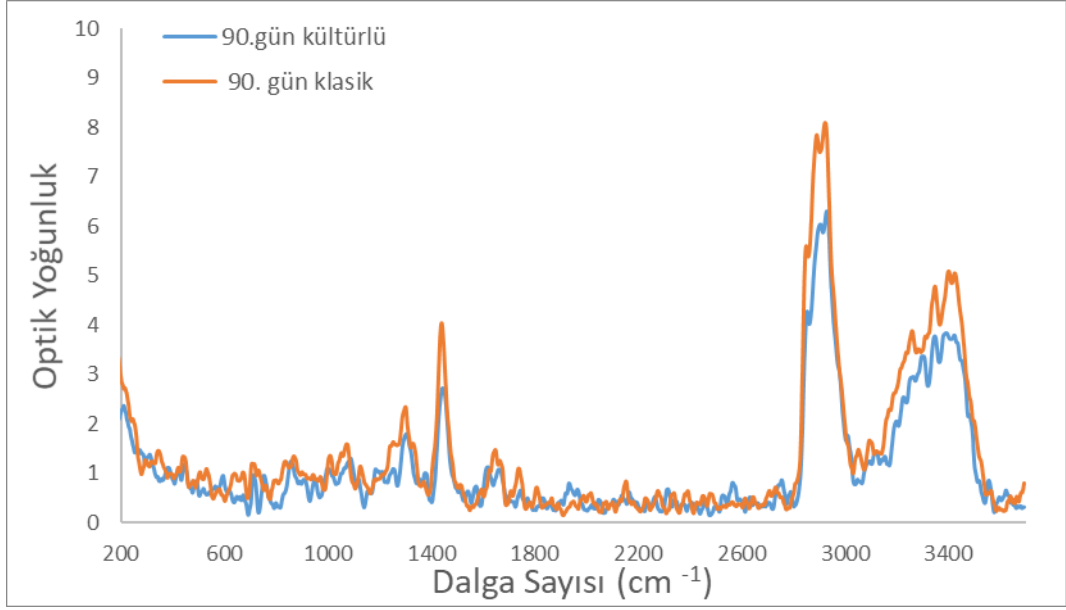


Şekil 4.145 İnek Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları

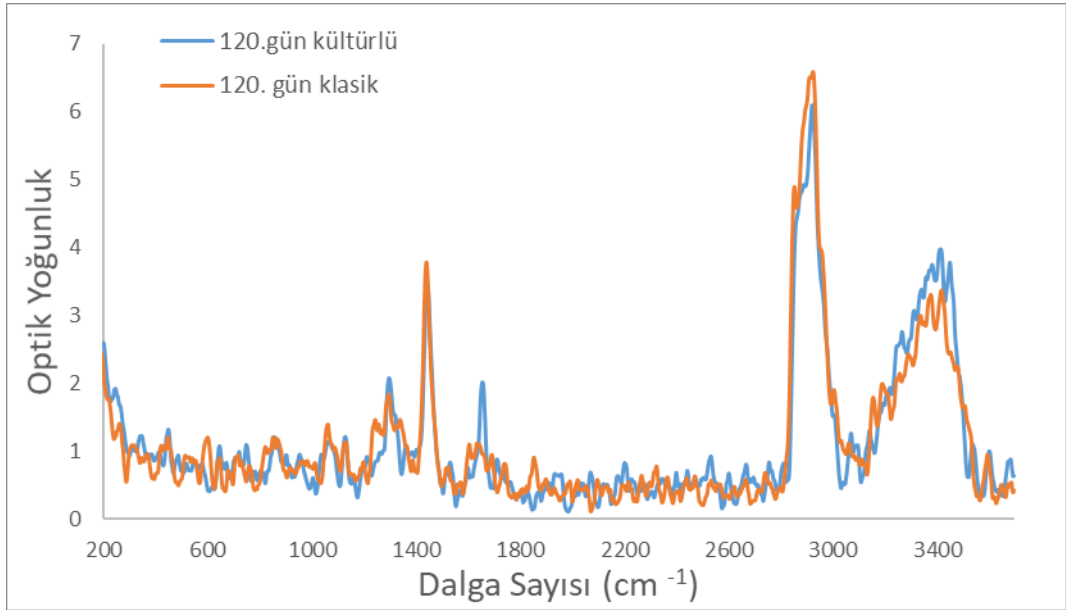


Şekil 4.146 İnek Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları





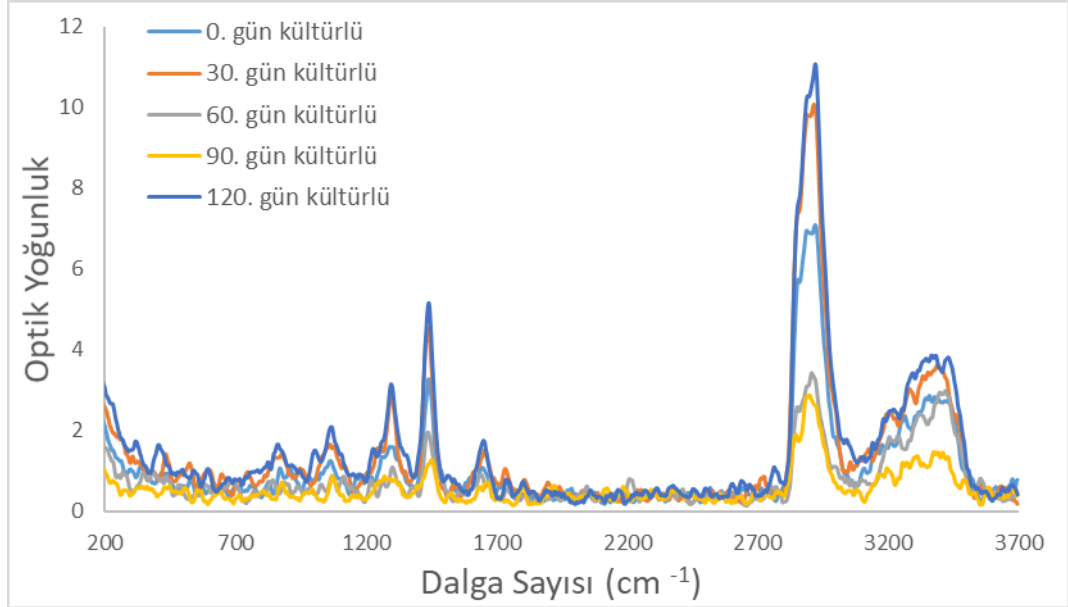
Şekil 4.147 İnek Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları



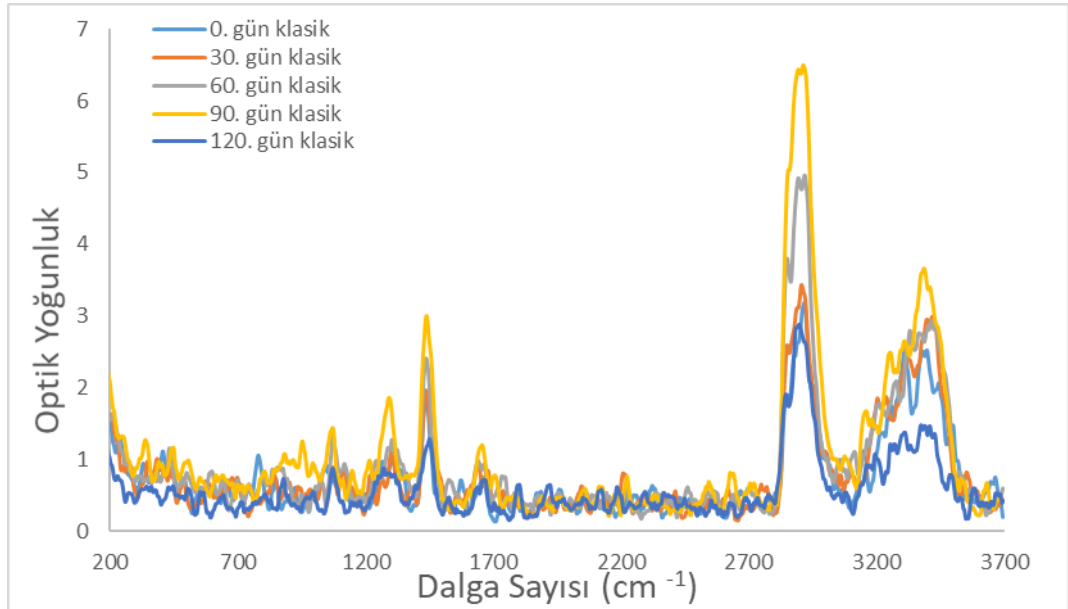
Şekil 4.148 İnek Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman Spektrumları

Şekil 4.149 - 4.150'da iki farklı üretim metodu ile üretilen koyun Beyaz peynirlerinin depolama süresi boyunca geçirdikleri değişim spektral olarak izlenmektedir. Detaylı incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği ancak bu farklılıkların hangi bileşenden veya hangi

biyokimyasal değişimlerden kaynaklandığının belirlenebilmesi için daha ileri analizlere ihtiyaç duyulduğu görülmüştür.

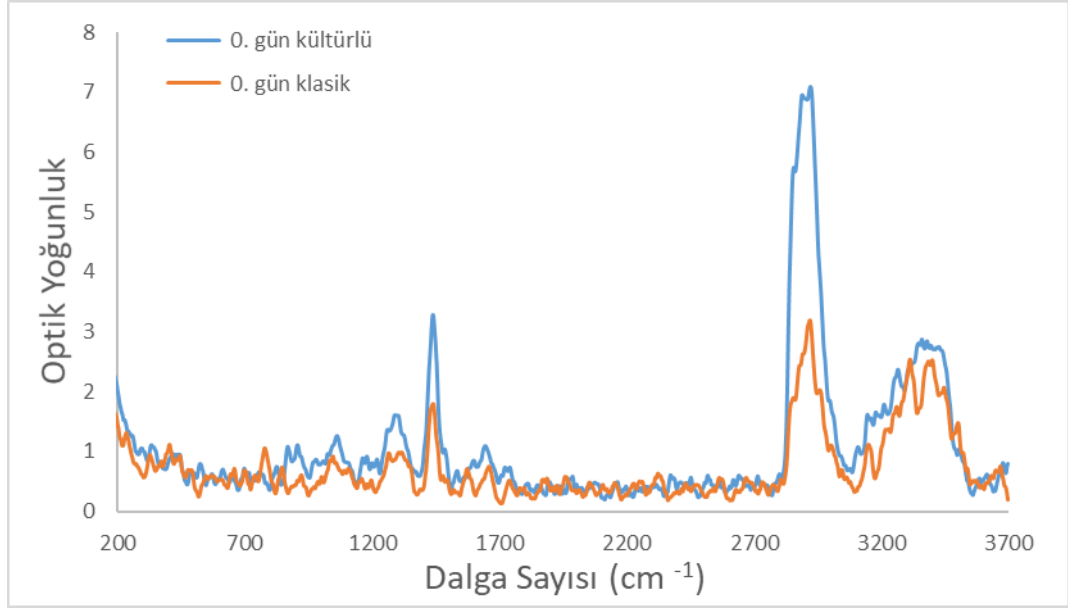


Şekil 4.149 Kültürlü koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

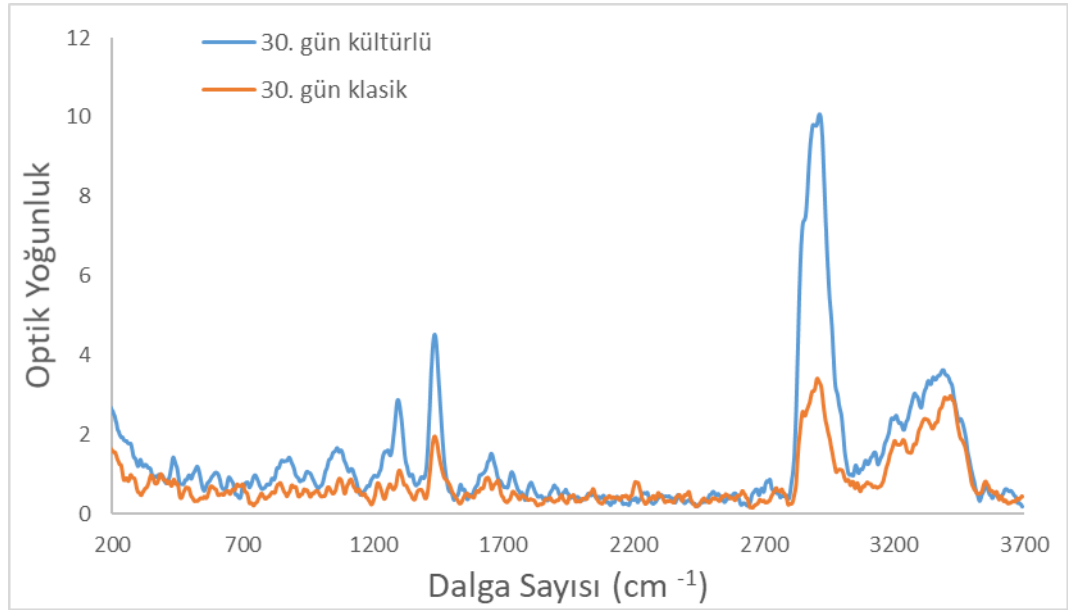


Şekil 4.150 Klasik koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

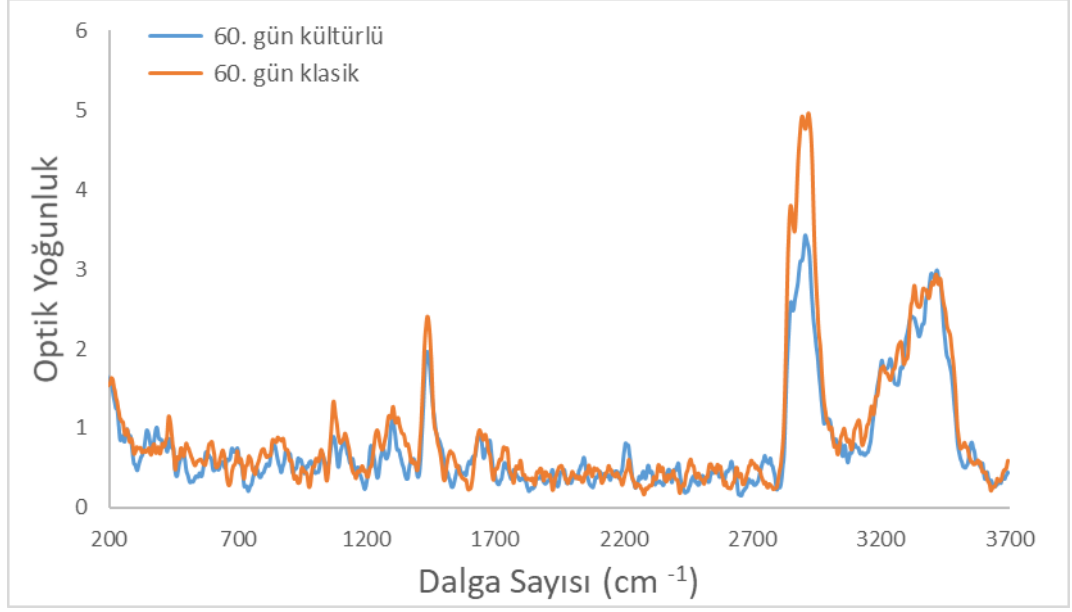
Şekil 4.151 - 4.155 arasında gösterilen koyun peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir.



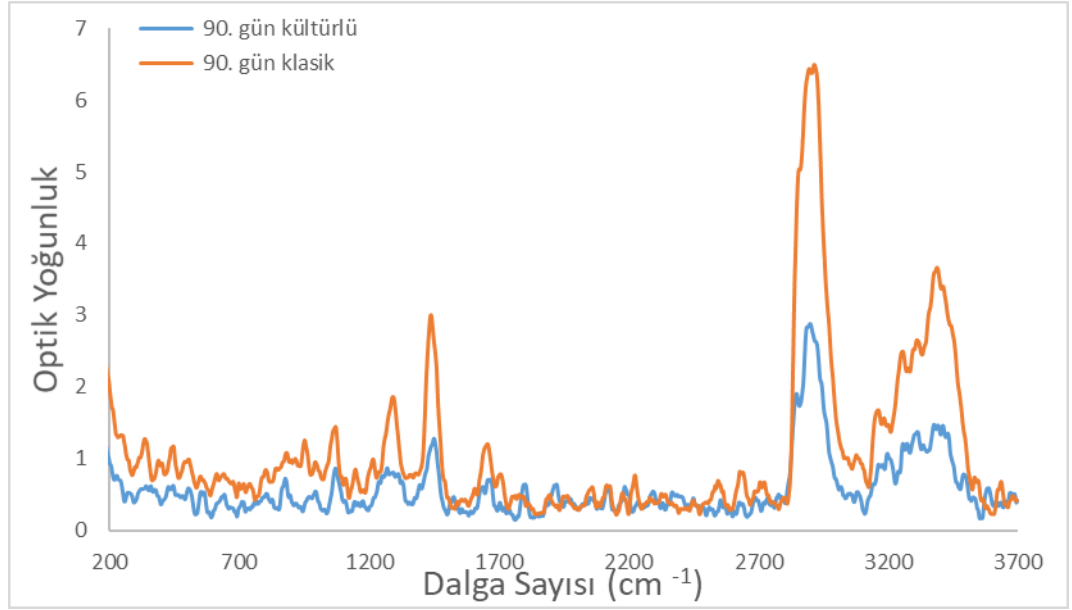
Şekil 4.151 Koyun Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları



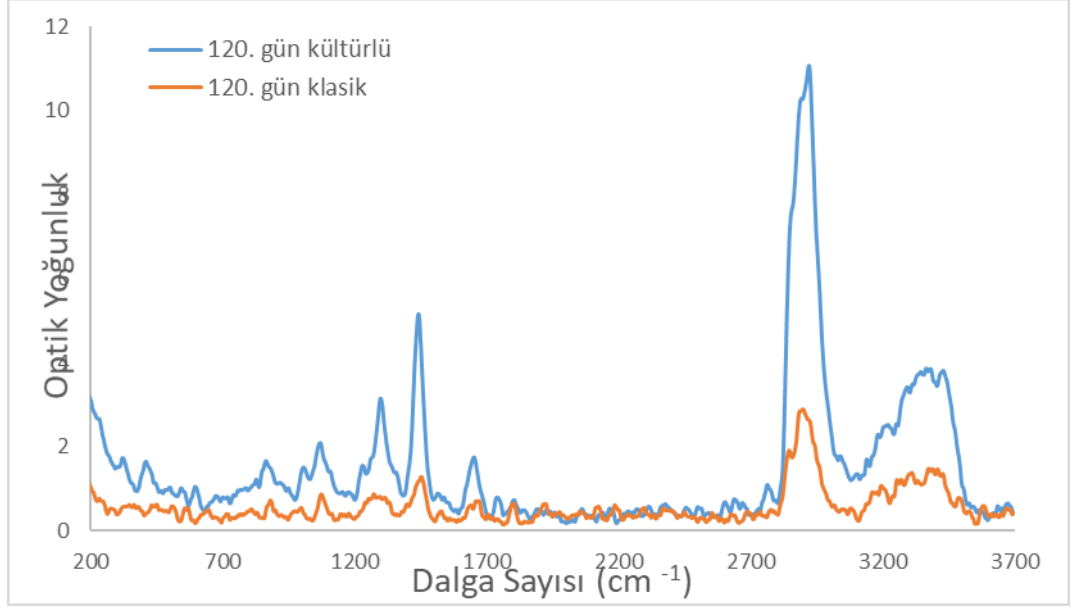
Şekil 4.152 Koyun Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.153 Koyun Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları

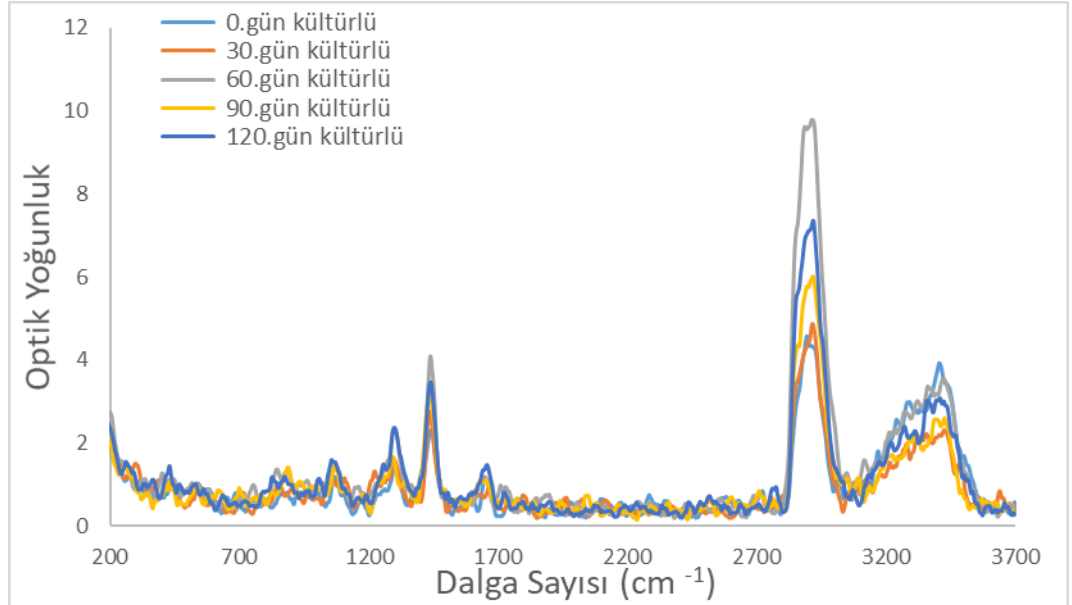


Şekil 4.154 Koyun Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları

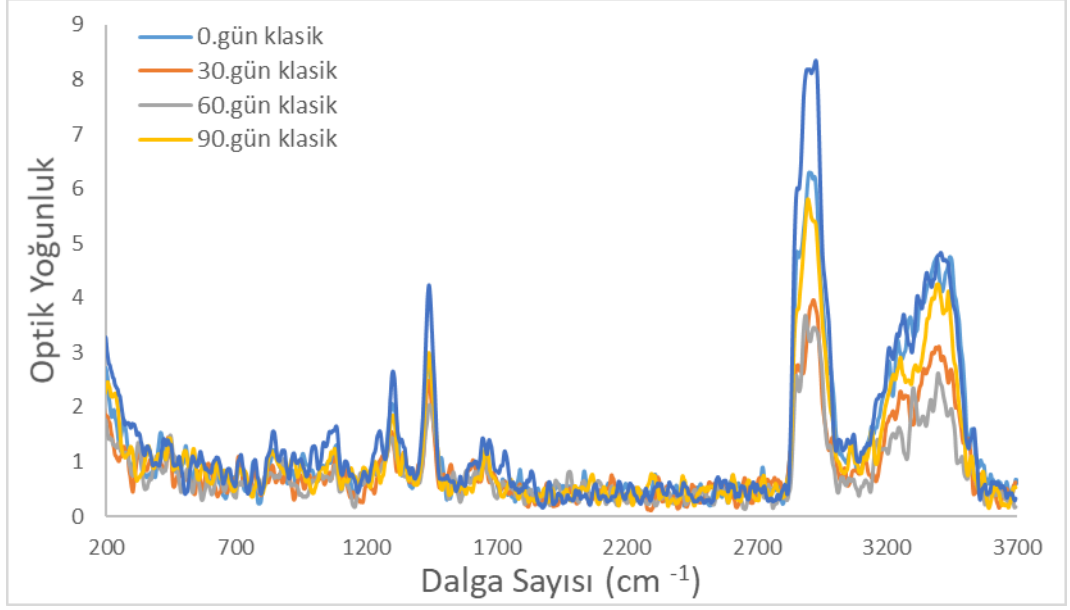


Şekil 4.155 Koyun Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları

Şekil 4.156 - 4.157'de iki farklı üretim metodu ile üretilen keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresi boyunca geçirdikleri değişim spektral olarak izlenmektedir. Detaylı incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği görülmüştür.

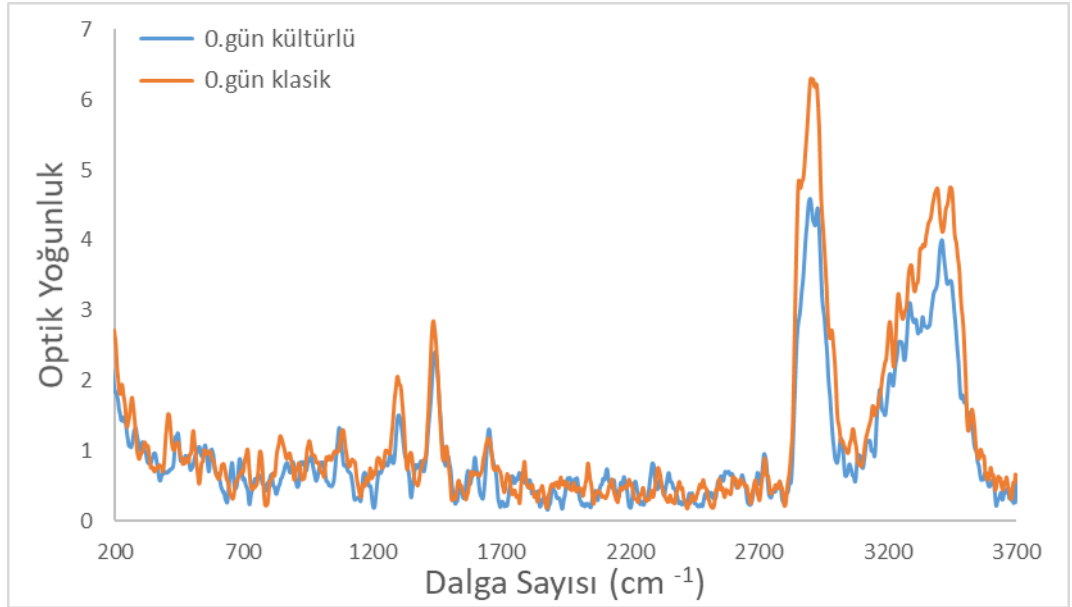


Şekil 4.156 Kültürlü Beyaz keçi peynirlerinin Raman spektrumları

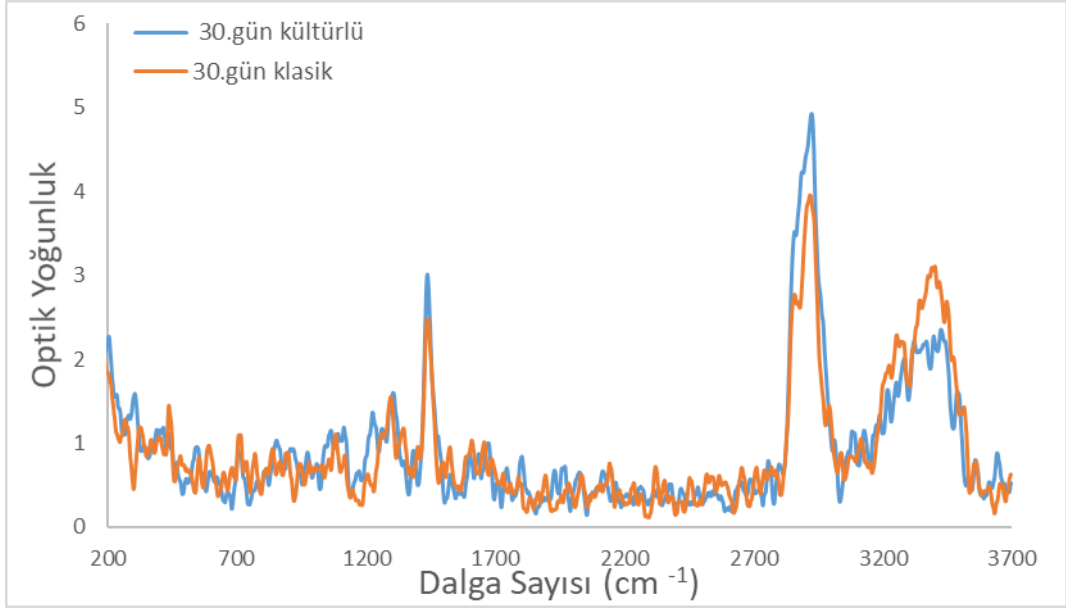


Şekil 4.157 Klasik keçi Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

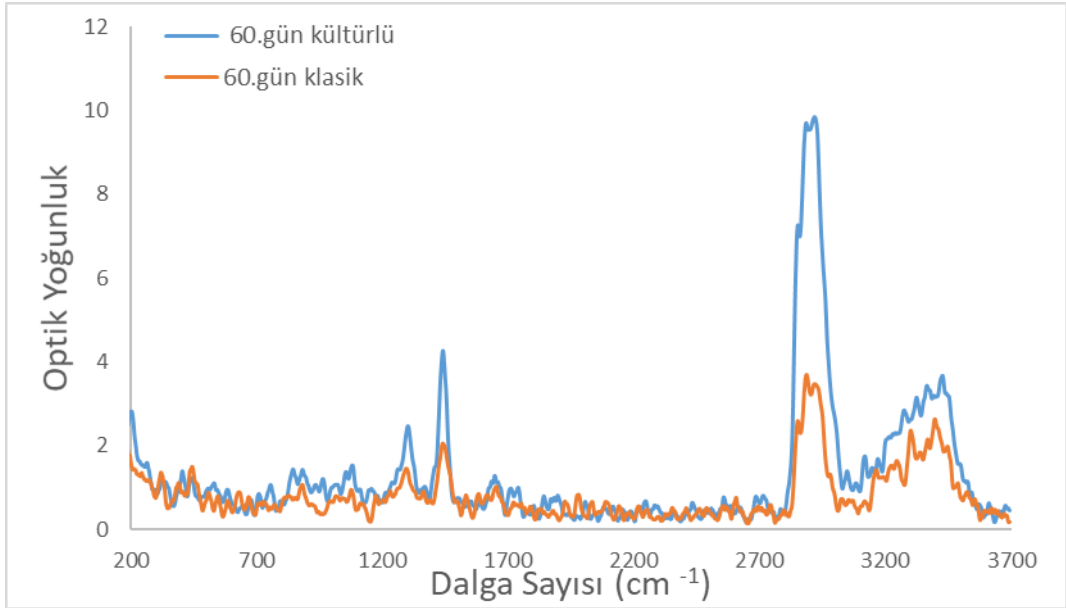
Şekil 4.157 - 4.161 arasında gösterilen keçi peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir.



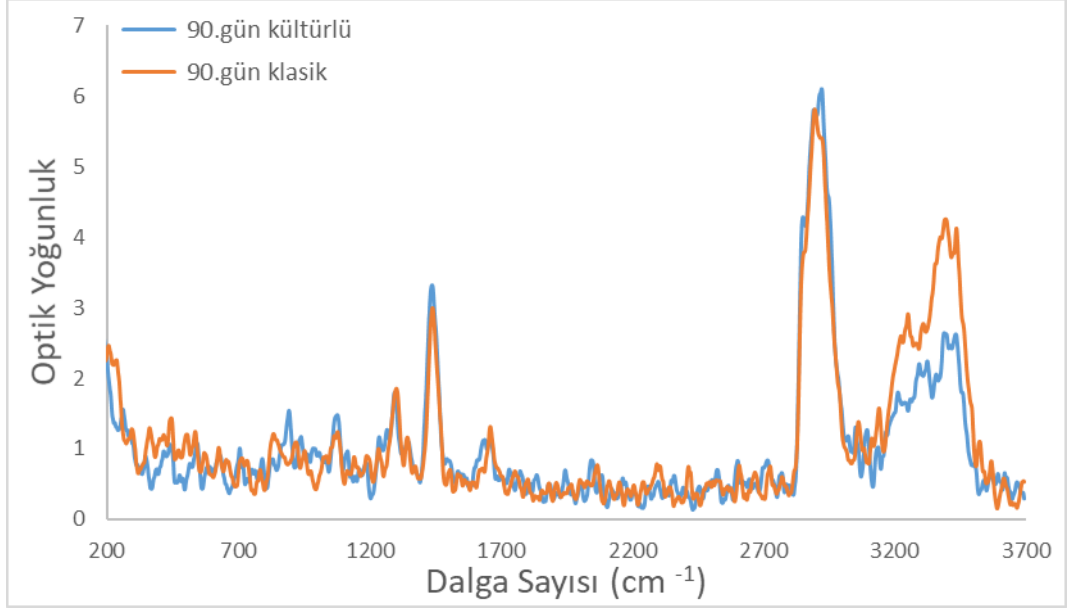
Şekil 4.158 Keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları



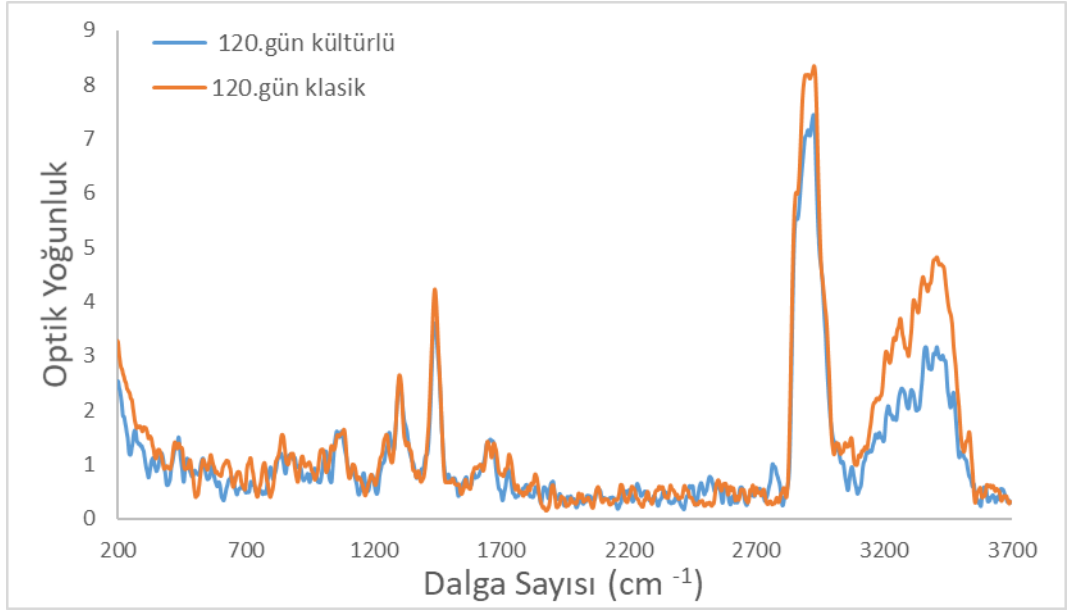
Şekil 4.159 Keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.160 Keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları



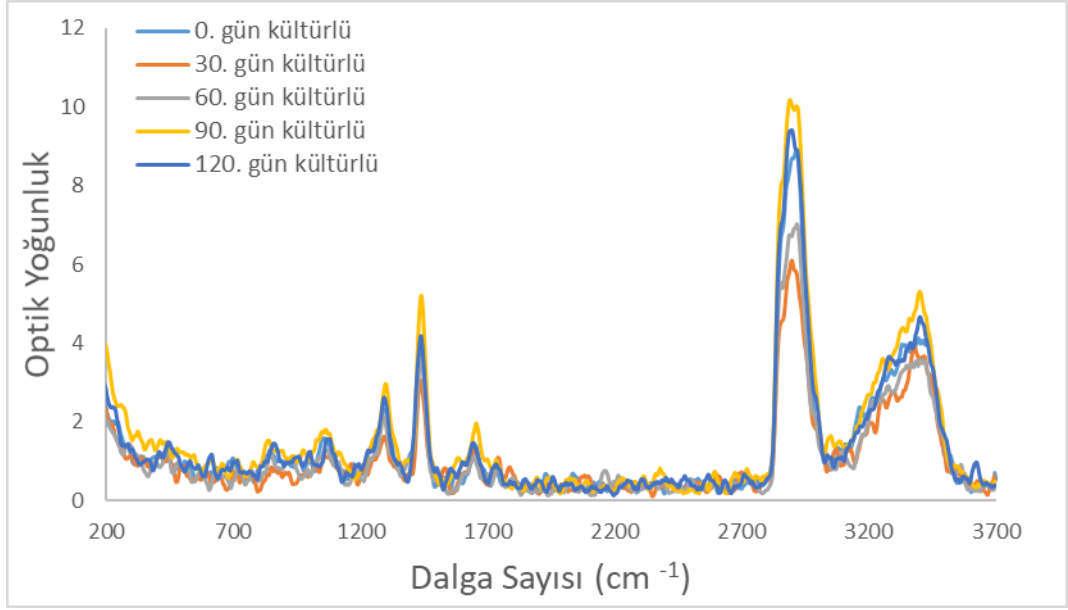
Şekil 4.161 Keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları



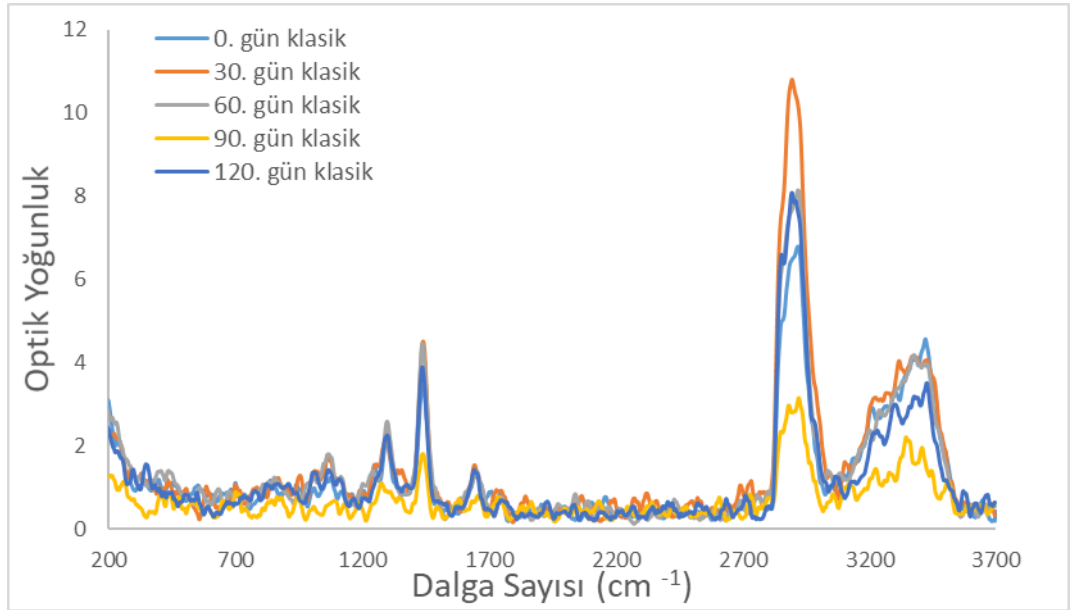
Şekil 4.162 Keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları

Şekil 4.163 - 4.164'te iki farklı üretim metodu ile üretilen inek koyun beyaz peynirlerinin depolama süresi boyunca geçirdikleri değişim spektral olarak izlenmektedir. Detaylı incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği görülmüştür.



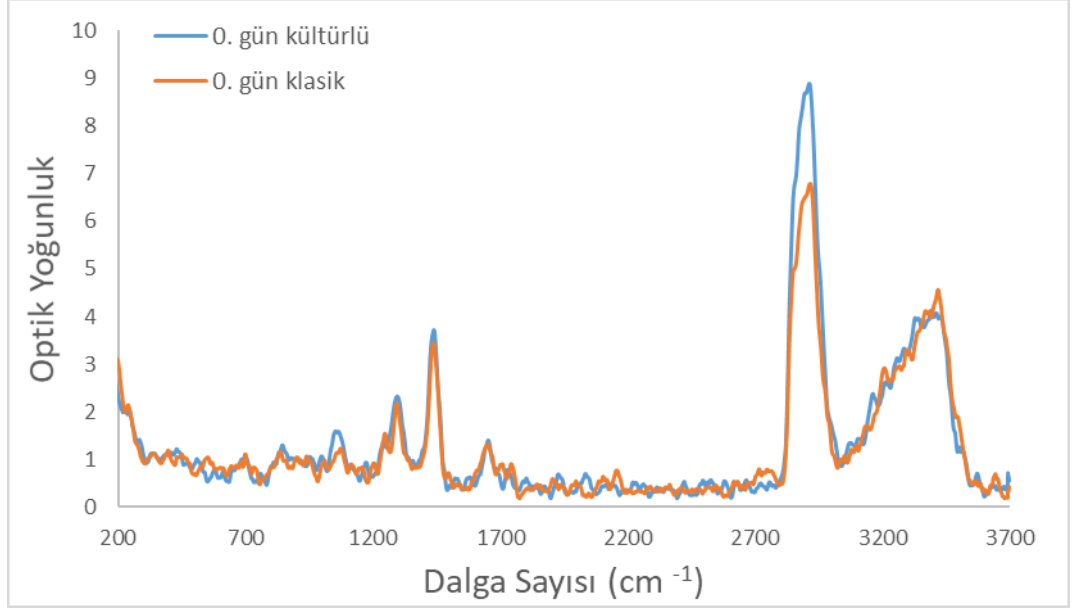


Şekil 4.163 Kültürlü inek-koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

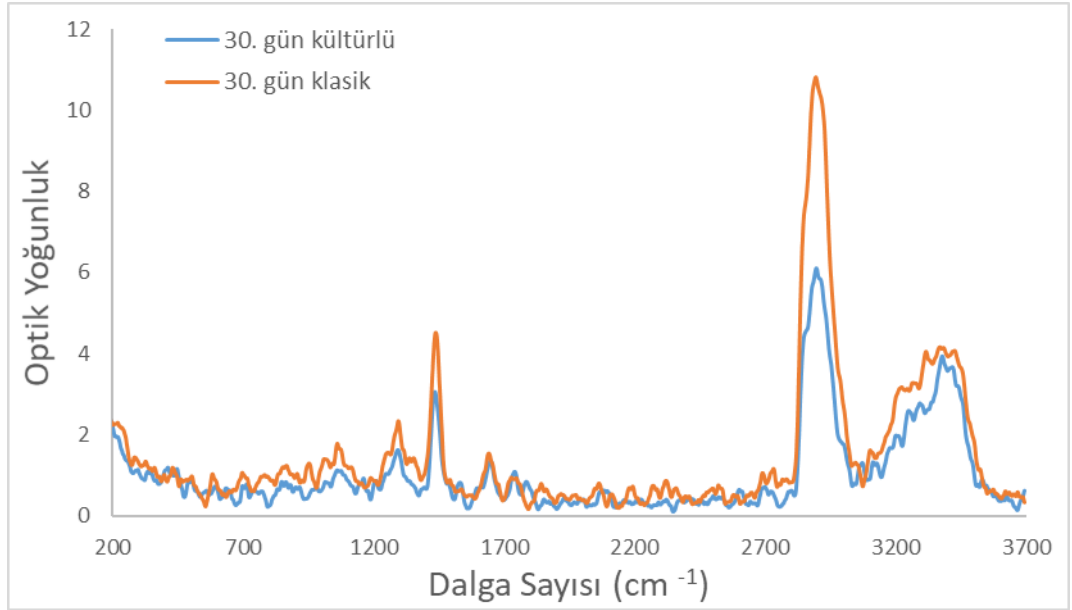


Şekil 4.164 Klasik inek-koyun Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

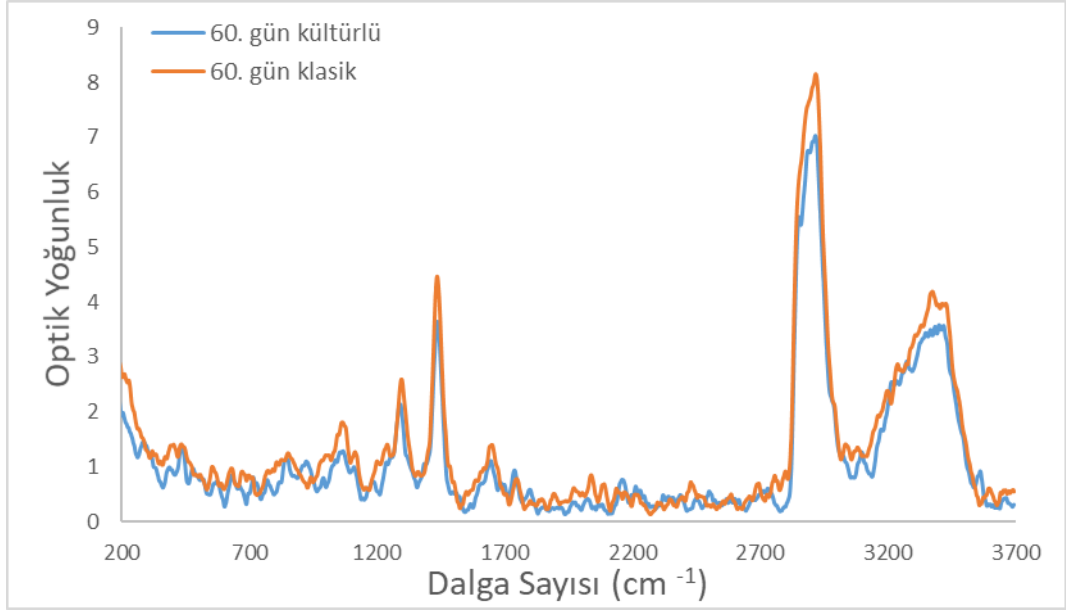
Şekil 4.165 - 4.169 arasında gösterilen inek koyun peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir.



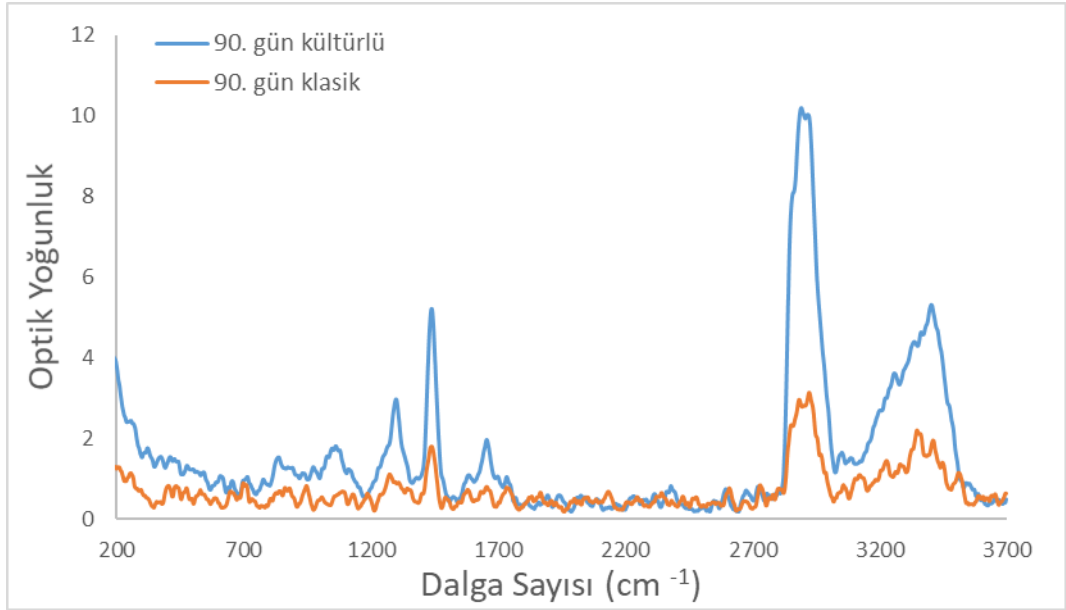
Şekil 4.165 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları



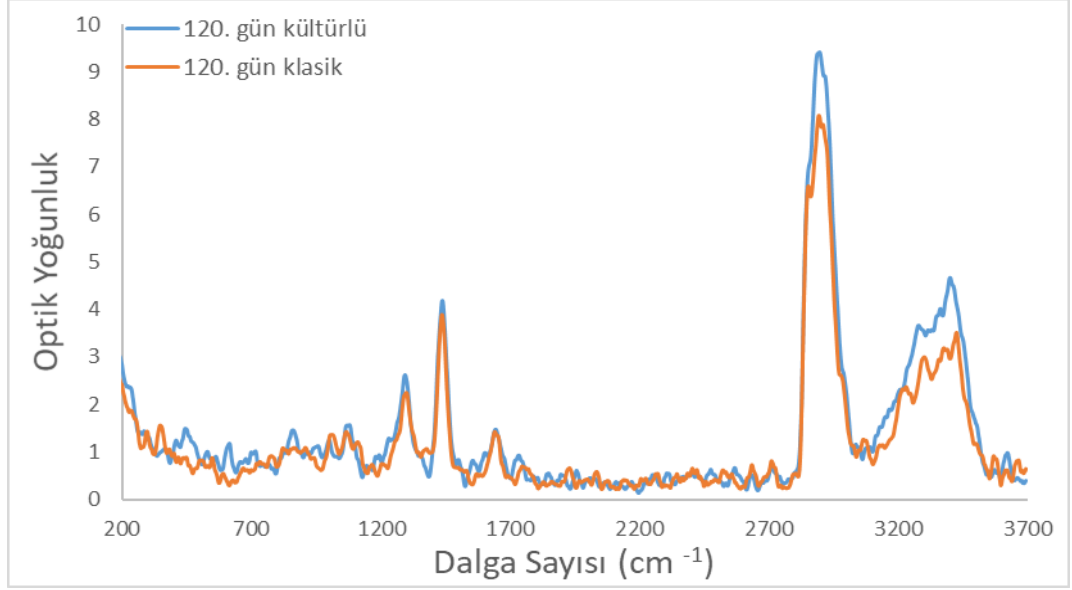
Şekil 4.166 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.167 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları

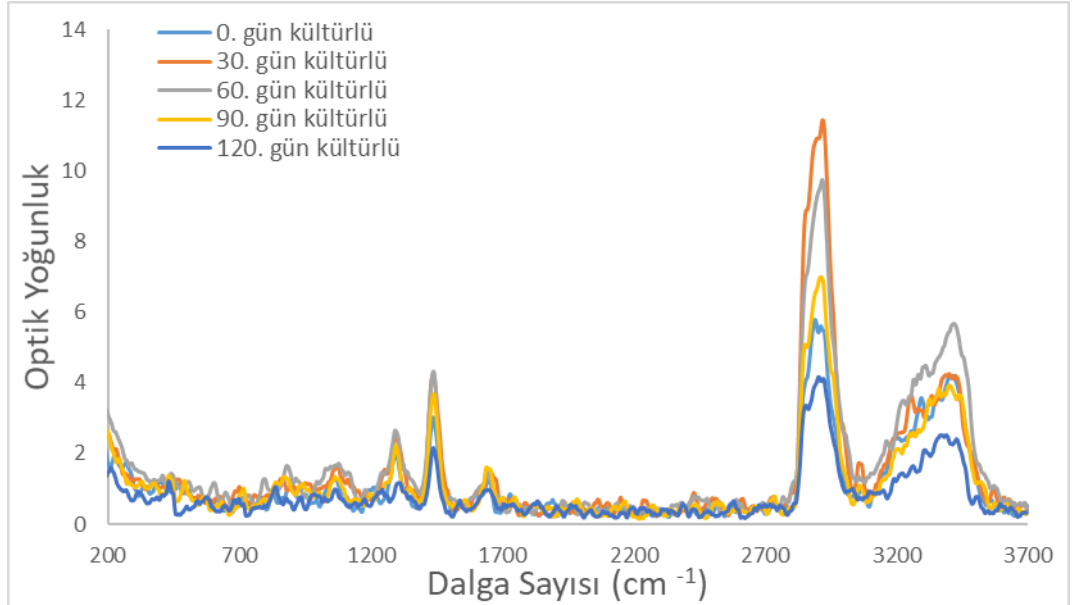


Şekil 4.168 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları

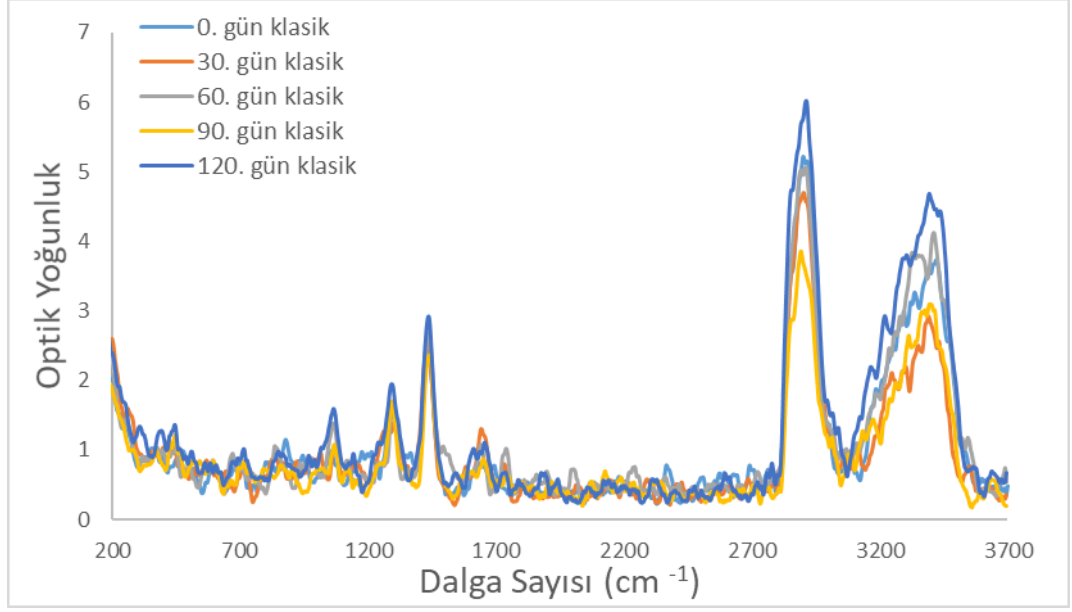


Şekil 4.169 İnek-koyun Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları

Şekil 4.170 - 4.171’da iki farklı üretim metodu ile üretilen inek keçi beyaz peynirlerinin depolama süresi boyunca geçirdikleri değişim spektral olarak izlenmektedir. Detaylı incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği görülmüştür.

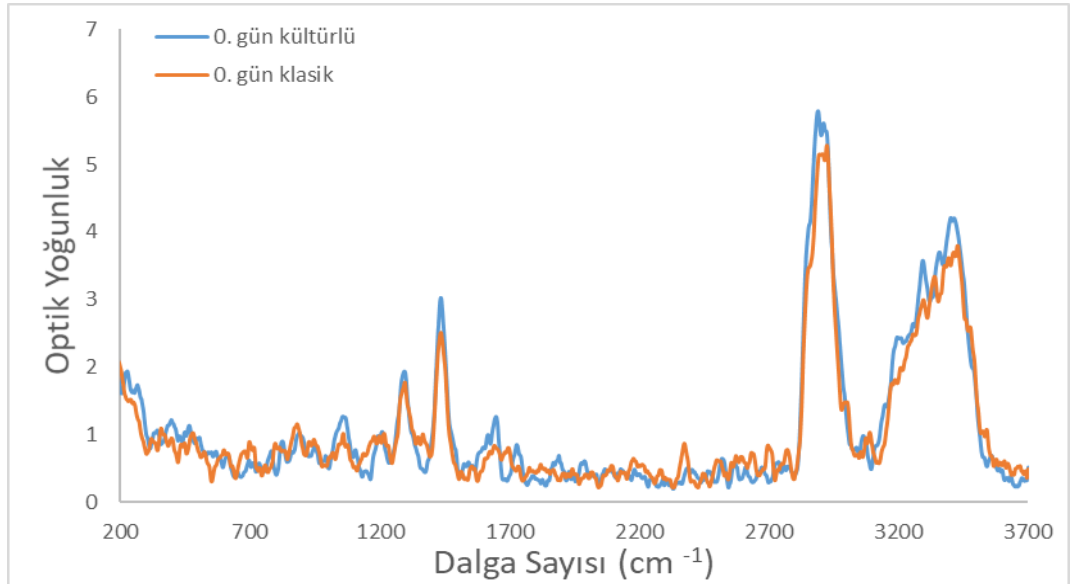


Şekil 4.170 Kültürlü inek-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları

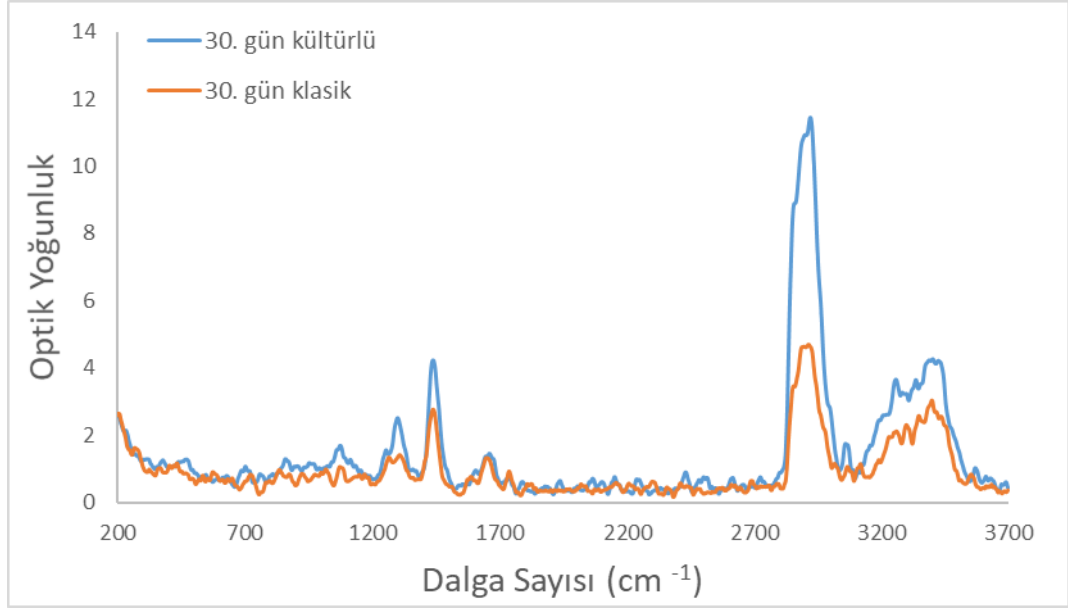


Şekil 4.171 Klasik inek-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları

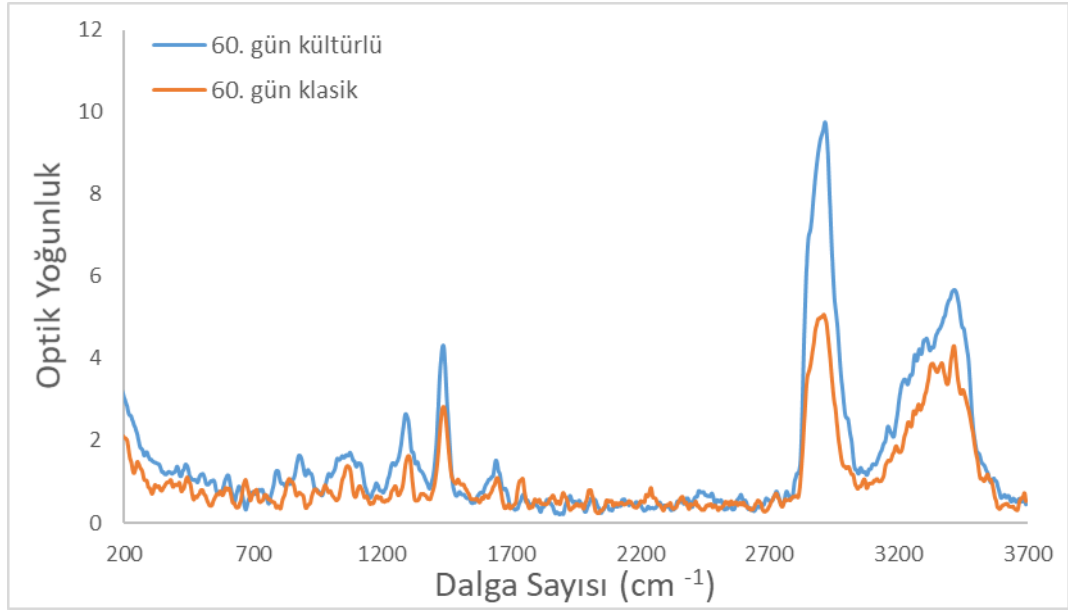
Şekil 4.172 - 4.176 arasında gösterilen inek keçi peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir.



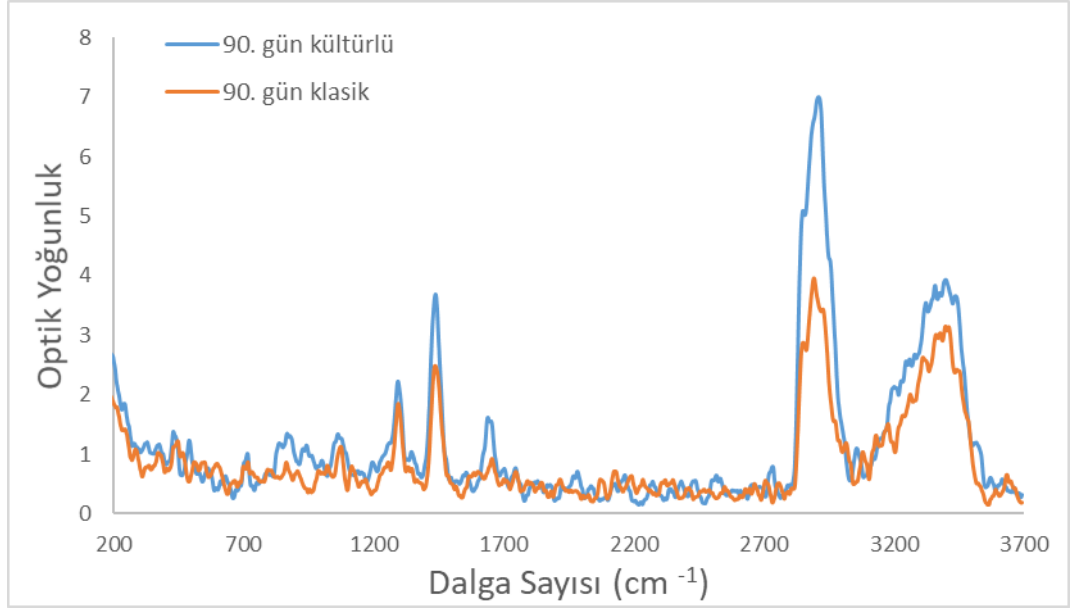
Şekil 4.172 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları



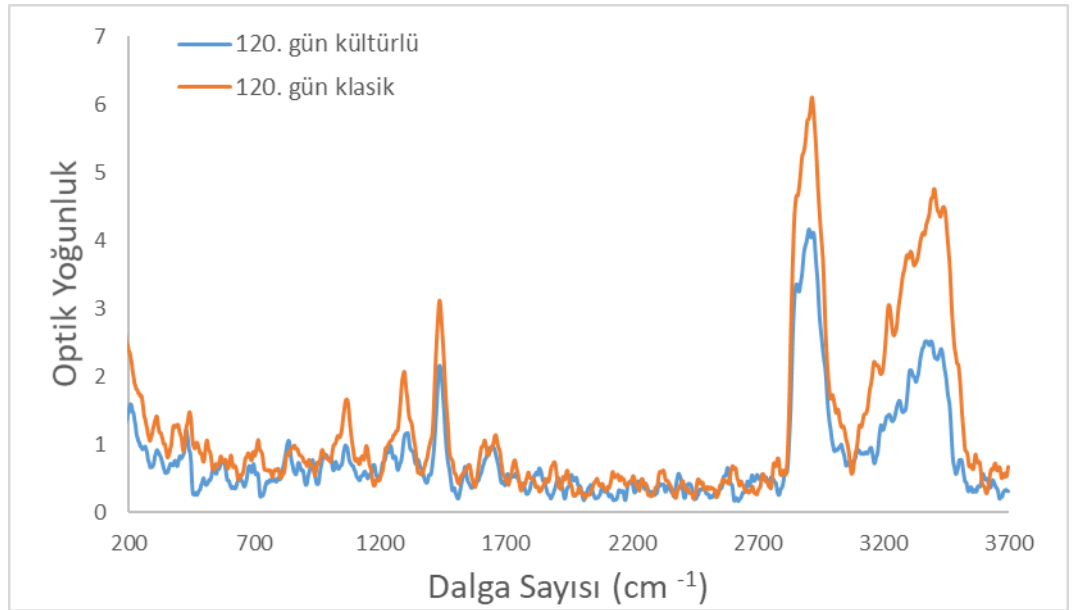
Şekil 4.173 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.174 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları

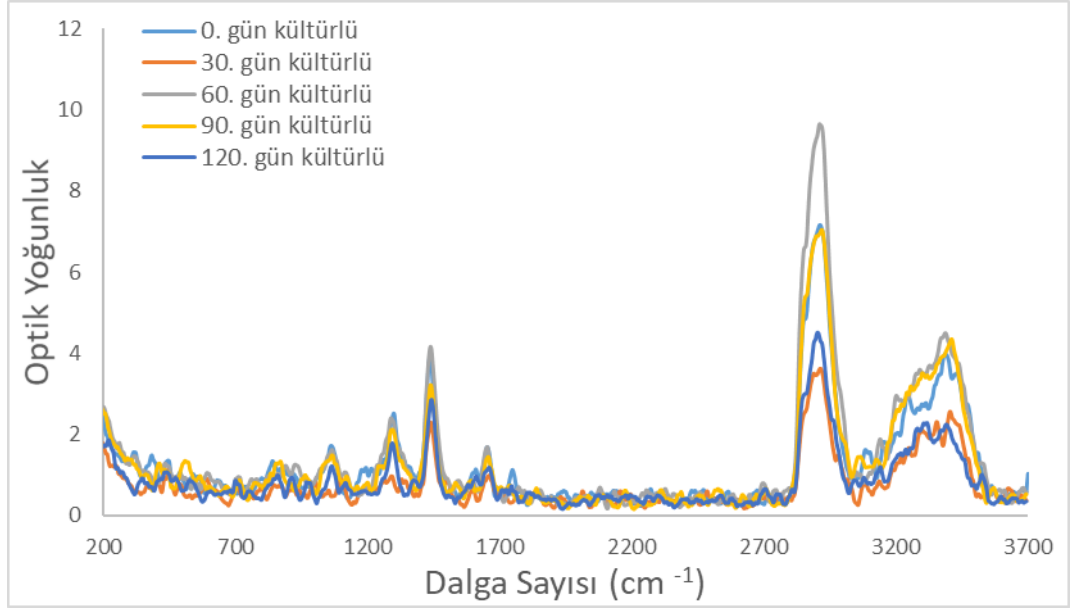


Şekil 4.175 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları

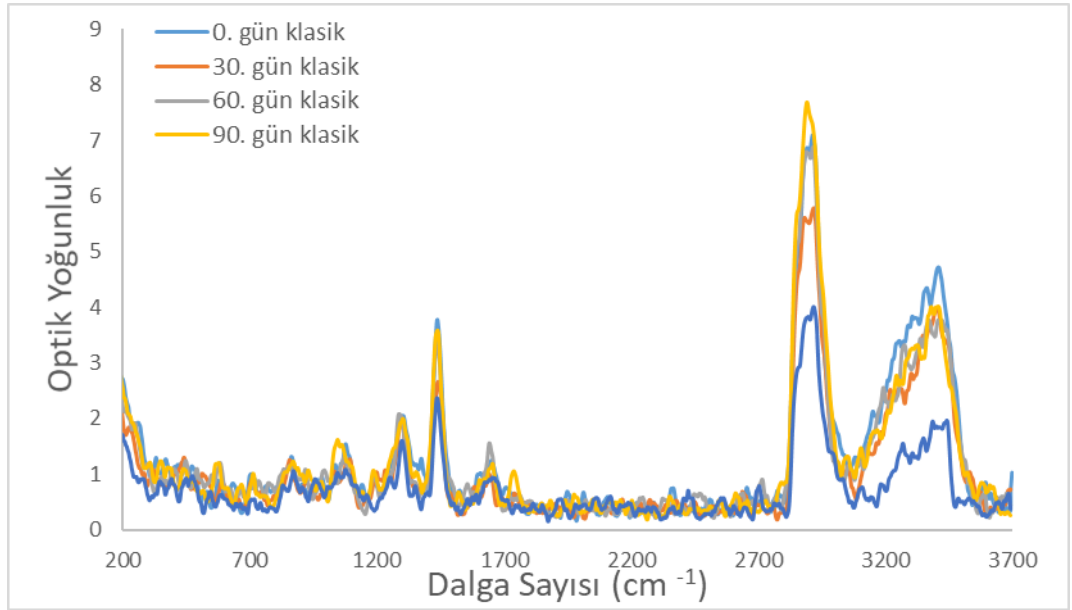


Şekil 4.176 İnek-keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları

Şekil 4.177 - 4.178'de iki farklı üretim metodu ile üretilen koyun keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresi boyunca geçirdikleri değişim spektral olarak izlenmektedir. Detaylı incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği görülmüştür.



Şekil 4.177 Kültürlü koyun-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları

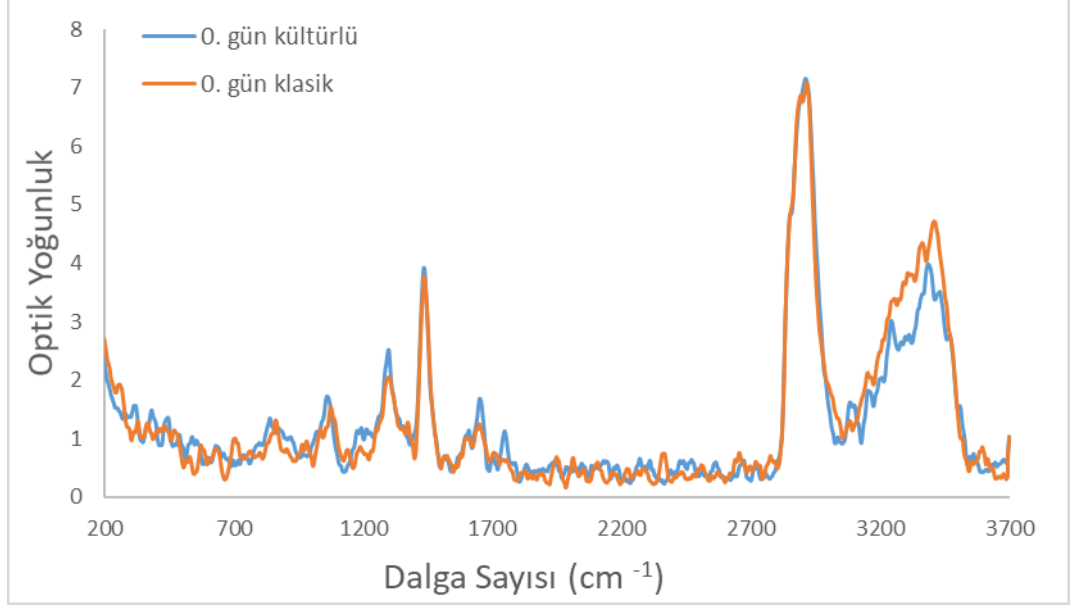


Şekil 4.178 Klasik koyun-keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresince oluşan Raman spektrumları

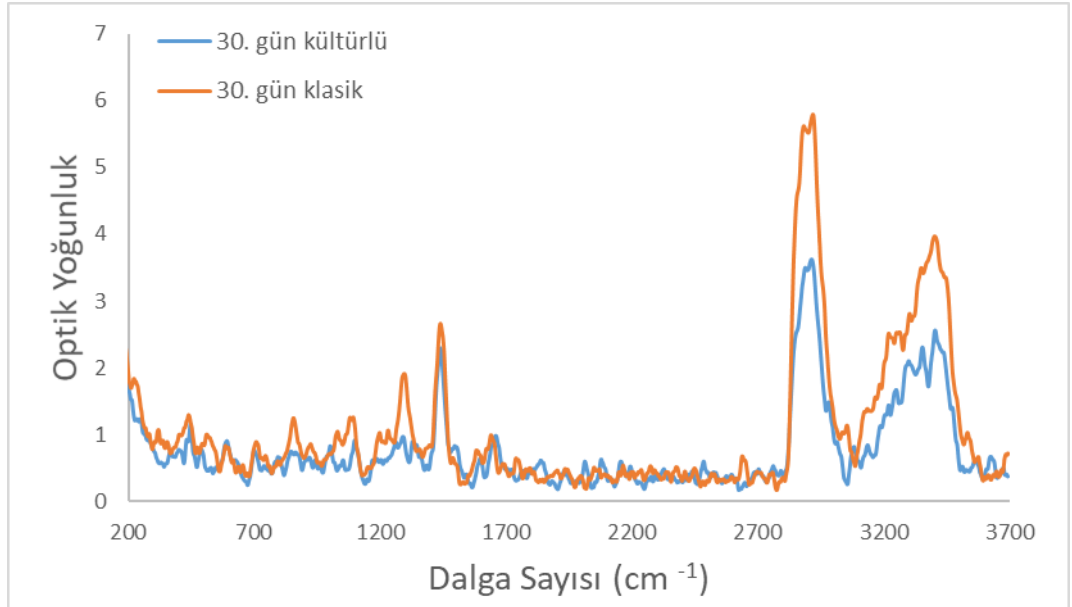
Şekil 4.179 - 4.183 arasında gösterilen koyun keçi peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve



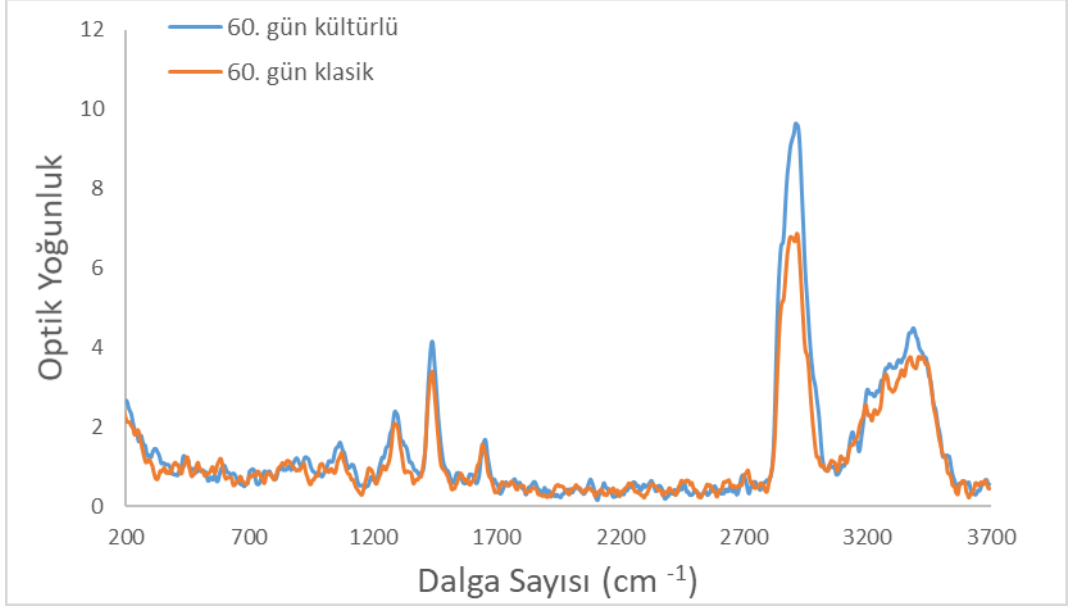
değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir.



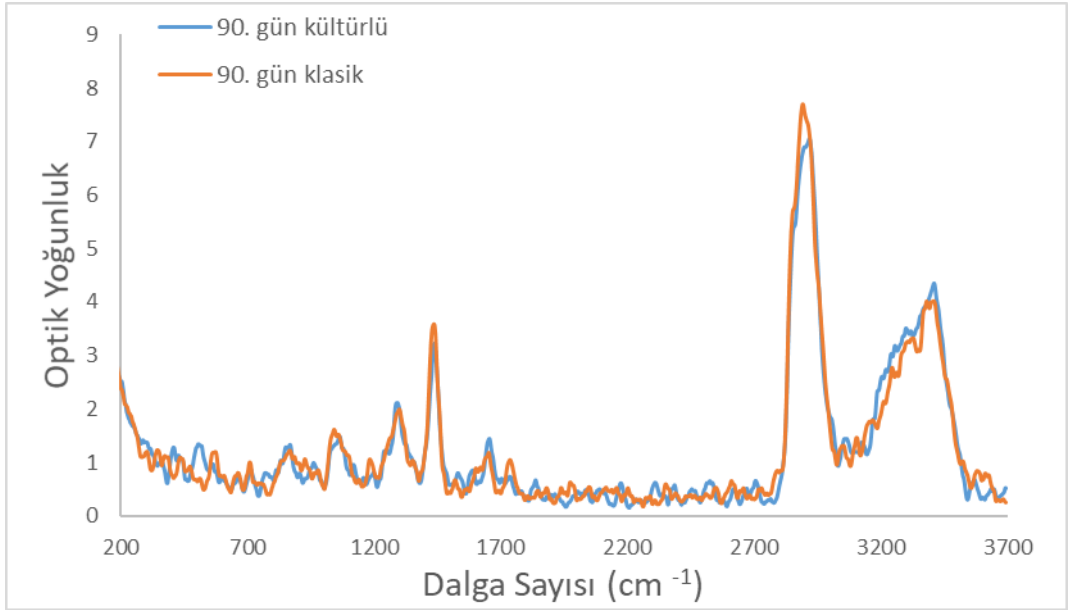
Şekil 4.179 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları



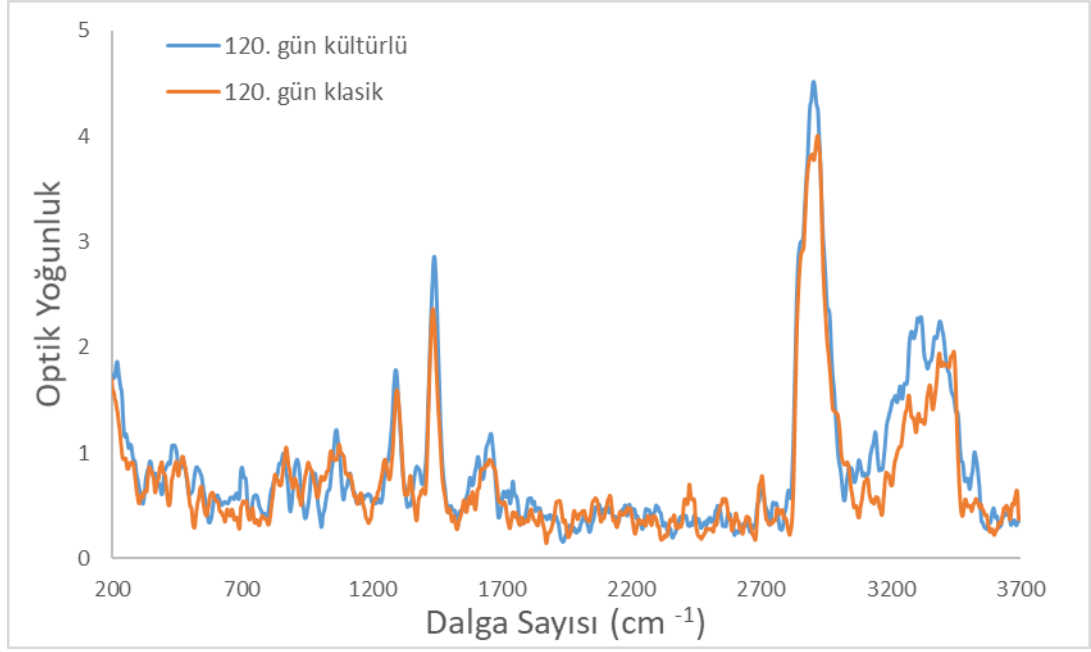
Şekil 4.180 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.181 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları

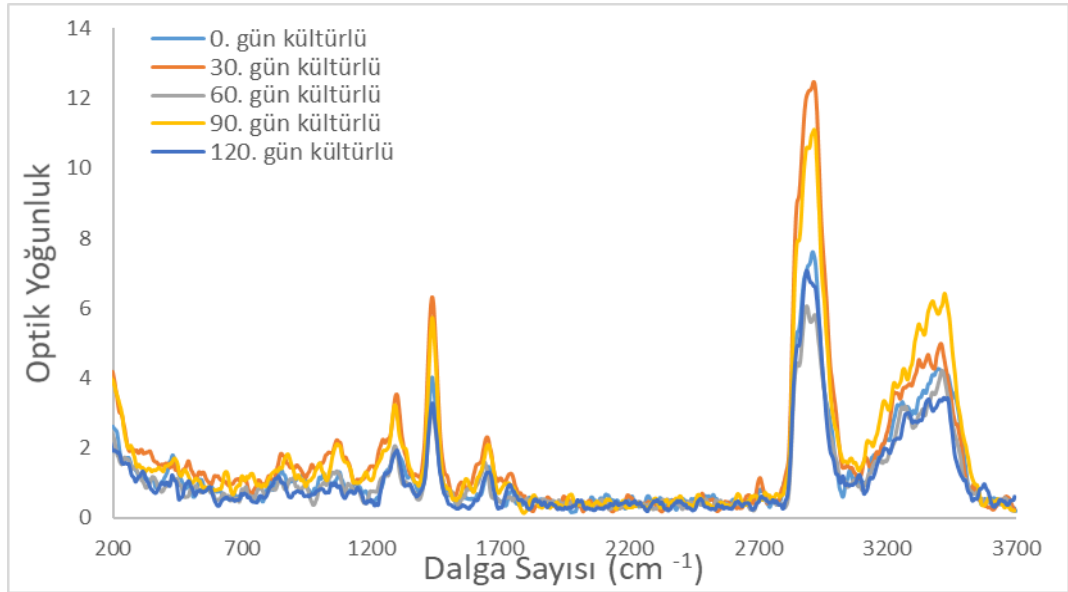


Şekil 4.182 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları

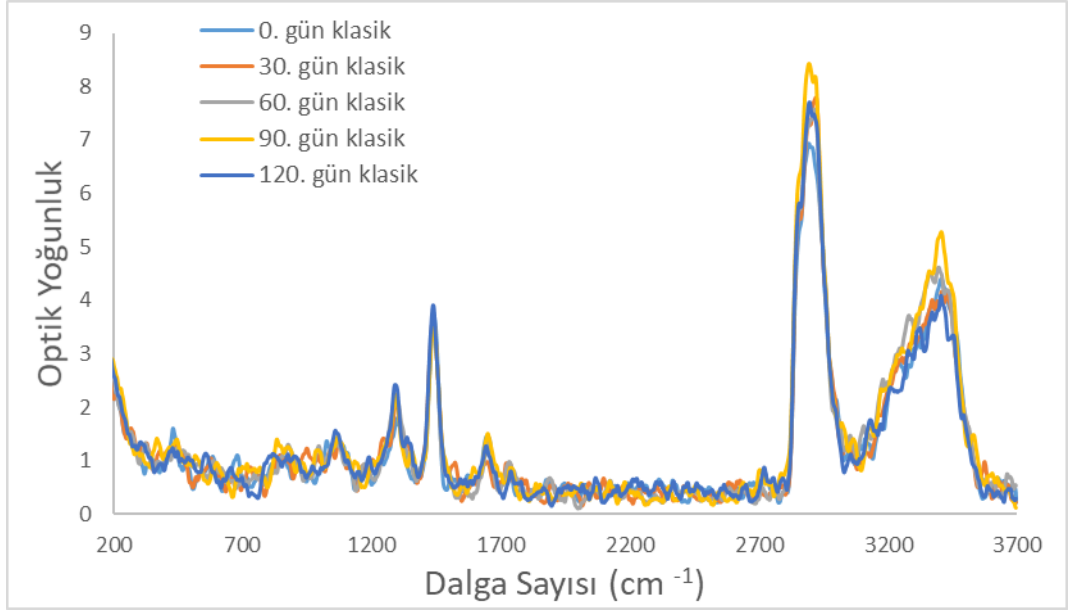


Şekil 4.183 Koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları

Şekil 4.184 - 4.185'te iki farklı üretim metodu ile üretilen inek koyun keçi Beyaz peynirlerinin depolama süresi boyunca geçirdikleri değişim spektral olarak izlenmektedir. Detaylı incelendiğinde aynı üretim metoduyla üretilen peynirlerin depolama süresince birbirinden ayrıştırılabildiği görülmüştür.

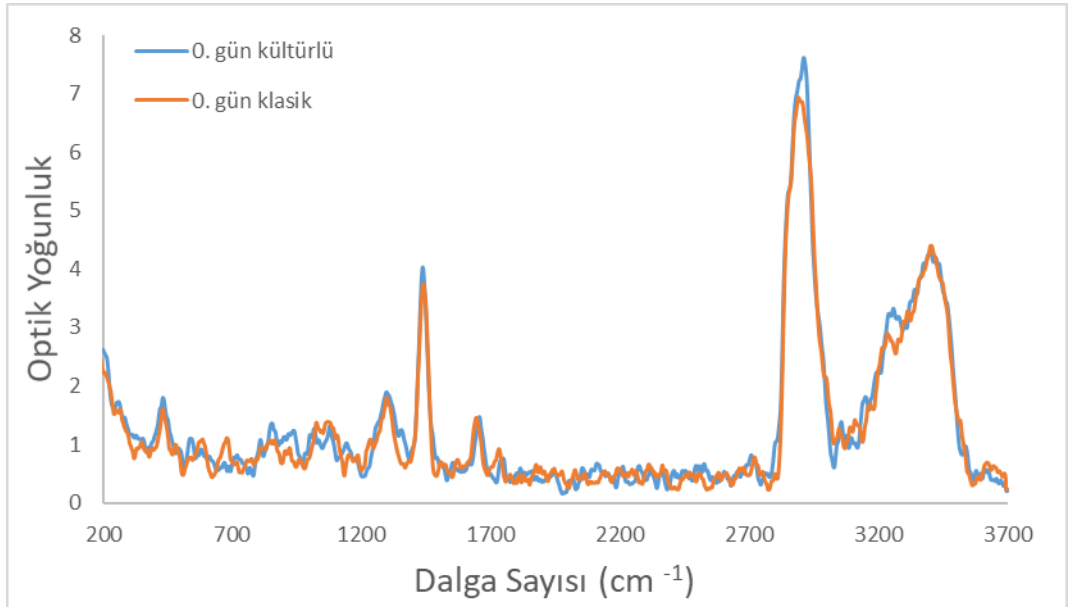


Şekil 4.184 Kültürlü inek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

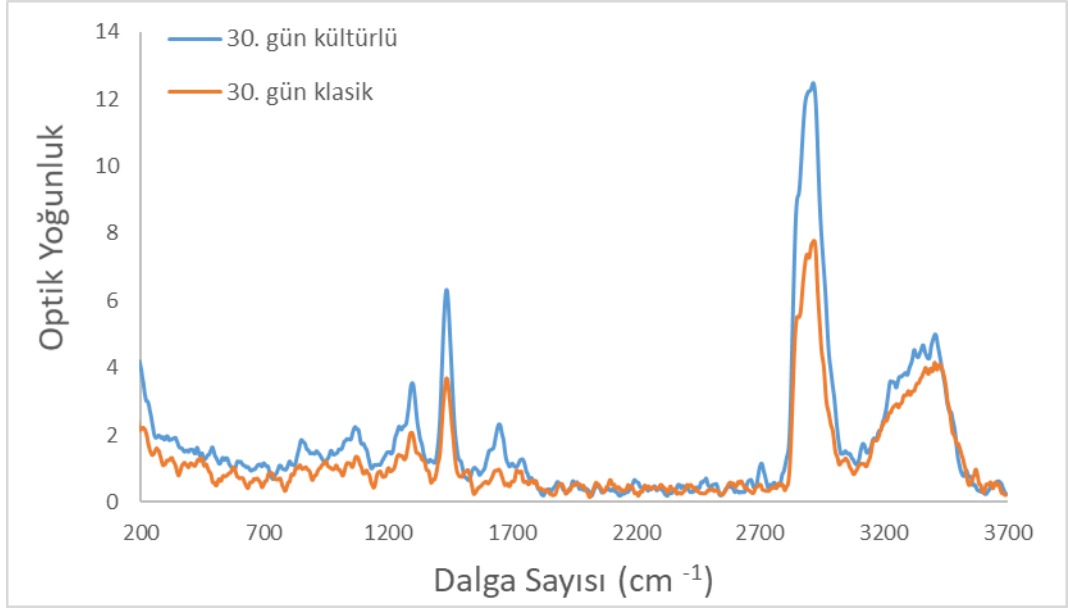


Şekil 4.185 Klasik inek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin Raman spektrumları

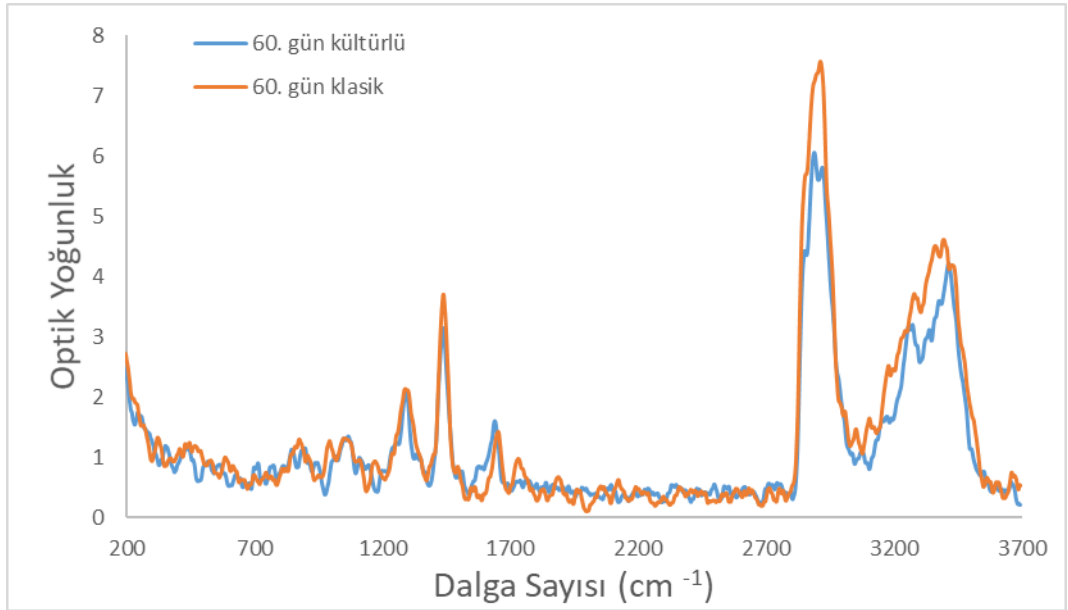
Şekil 4.186 - 4.190 arasında gösterilen inek koyun keçi peynirlerine ait grafikler incelendiğinde kültürlü Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzenli ve değerlendirilebilir nitelikte olduğu görülmektedir. Ancak klasik Beyaz peynirlere ait Raman piklerinin daha düzensiz olduğu görülmektedir.



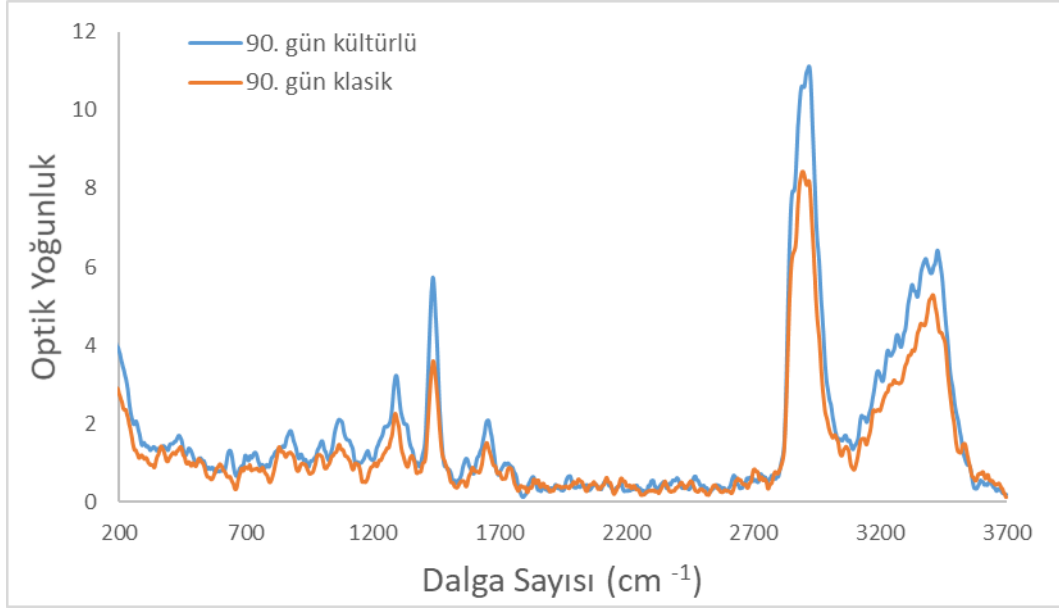
Şekil 4.186 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 0. gün Raman spektrumları



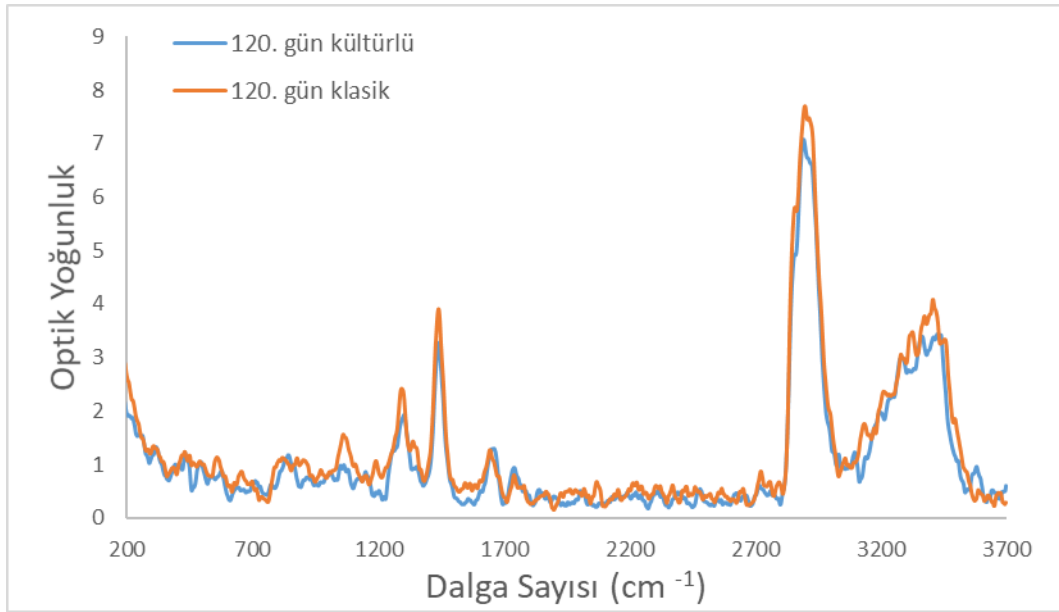
Şekil 4.187 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 30. gün Raman spektrumları



Şekil 4.188 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 60. gün Raman spektrumları



Şekil 4.189 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 90. gün Raman spektrumları



Şekil 4.190 İnek-koyun-keçi Beyaz peynirlerinin 120. gün Raman spektrumları

## 5. YORUM

Sunulan tez çalışması kapsamında, Raman sistemi ile inek, koyun ve keçi sütü ve bu sütlerden üretilen peynirlerde tür tayini ve Beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma periyodunun incelenerek optimum olgunlaşma zamanının bulunması alanındaki kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Geliştirilen alternatif yöntem, referans yöntemlerle karşılaştırılarak Raman sisteminin potansiyeli ortaya konmuş, güvenilirliği ve hassasiyeti tartışılmıştır. Ayrıca sistemin performansını arttırmak amacıyla sistem parametreleri, örnek hazırlama ve veri işleme yöntemleri üzerine optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan tez çalışmasına temel teşkil eden araştırma soruları aşağıda maddeler halinde verilmiş olup tez kapsamında bu soruların cevapları bilimsel olarak verilmiştir.

- Raman spektrometresi kullanılarak süt ve süt ürünlerinin üretildiği hayvan türü ve süt ve süt ürünlerine ait geleneksel yöntem karakterizasyon verilerinin üretilmesinde kullanılabilir mi?
- Raman spektrumlarının kullanılması sütün elde edildiği ve peynirin üretildiği türün belirlenmesinde avantaj sağlar mı?
- Ön veri işleme tekniklerinin analiz başarısı üzerine etkisi var mıdır?
- Veri analiz yöntemlerinin analiz başarısı üzerine etkisi nedir?
- Kemometrik yöntemler kullanılarak üretilen temel bileşenlerin yapay sinir ağına girdi olarak beslenmesi durumunda yapay sinir ağının performansında bir iyileşme sağlanabilir mi?
- Geliştirilecek spektrofotometrik yöntem kullanılarak sahada analiz yapılması sağlanabilir mi?

Gıda hileye ve tağşişe açık bir üründür. Özellikle ürünün maliyetini azaltmak ve ekonomik olması amacıyla gıda ürünlerinde gerçekleştirilen tağşiş olayı, sıkça yaşanan sorunlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Süt ve süt ürünleri teknolojik olarak taklit edilemese de maalesef süt sektöründe tağşiş yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Tez

kapsamında süt ve süt ürünlerinden Beyaz peynirde yaygın olarak karşılaşılan hilelerden bazılarının saptanmasına yönelik alt yapı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Tez kapsamında Beyaz peynir üretiminde kullanılan sütlerin hangi hayvan türüne ait olduğu tespit edilmesine yönelik yöntem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda öncelikle süt ve süt türlerinin spektrofotometrik teknikler kullanılarak menşei saptanmış, bu süt ve süt karışımlarından Beyaz peynir üretilmiş ve olgunlaşma sürecinde analizler tekrarlanarak Beyaz peynir üzerinden üretildiği sütün türünün saptanmasına çalışılmıştır. Proje kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Öncelikle süt örneklerinin üç farklı sistem (Raman sistemi-532 nm lazer kaynaklı, Raman sistemi-785 nm lazer kaynaklı ve Raman 1064 lazer kaynaklı) kullanılarak spektrumları elde edilmiş ve spektrumlar farklı veri işleme yöntemleri (spektrum bantlarının analizi, kemometrik yöntemler, yapay sinir ağları ve son olarak kemometrik yöntemlerin yapay sinir ağlarıyla birlikte kullanılması) kullanılarak analiz edilmiştir. Veri analiz uygulamalarında PCA metodu kullanılarak yapılan ayırımlarda yüksek başarı sağlanmıştır. Spektrumlar üzerinden yapılan çalışmalar sonucunda her üç spektrofotometrik yöntemin de süt örneklerinde sütün kaynağının saptanması amacıyla kullanılabilmesi ortaya konmuştur. Yapılan çalışma her üç spektrofotometrik yöntemin aynı örnekleme grubunda çalışıldığı ilk çalışma olması nedeniyle literatürde önemli bir yere sahiptir. Bu aşamayla ilgili olarak her hangi bir çiğ süt örneğinin gelmesi durumunda Raman spektrumları elde edilerek sütün elde edildiği hayvanın türünün belirlenmesinin mümkün olabileceği ortaya konmuştur. Süt örneklerinde ikili karışımlar yapılmış fakat aynı türe ait örnekler arası dağılımın fazla olması nedeniyle başarılı sonuçlar elde edilememiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında inek, koyun, keçi sütleri ve bu sütlerin karışımlarından kültürlü ve klasik yöntem olmak üzere toplam 14 farklı peynir üretilmiştir. Bu peynirler 0, 30, 60, 90 ve 120 gün olmak üzere toplam beş farklı depolama süresi sonucunda analiz edilerek değişimler izlenmeye çalışılmıştır. Peynir örnekleri iki paralelli olarak çalışılmıştır. Sonuç olarak proje çalışmasında 140 peynir örneğiyle çalışılmış olup bu



durum deneysel çalışmayı zorlaştırmakla birlikte veri analizinde de oldukça kompleks bir veri grubu ile çalışılmasına neden olmuştur.

Peynir örnekleri analiz edilirken öncelikle kültürlü ve klasik peynirler üretim yöntemine bağlı olarak farklılaşma olup olmadığı saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca peynirin olgunlaşma sürecindeki değişimlerin bu farklılaşmaya nasıl yansıdığı izlenmiştir. Tüm bu değerlendirmeler yapıldıktan sonra da projenin temel sorusu olan peynirin üretildiği süt türünün hızlı tayininin spektrofotometrik yöntemler üzerinden yapılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca örnekler arasındaki değişimin izlenmesine yönelik klasik yöntem analizleri de yapılmış olup spektrofotometrik yöntem sonuçlarıyla ilişkilendirilmiştir. Özellikle 785 nm laser kullanılarak elde edilen Raman spektrumları üzerinde kültürlü ve klasik yöntemle üretilen peynirlerin birbirlerinden ayrıştırılabileceği ortaya konmuştur.

Olgunlaşma sürecinde peynir örneklerinin Raman spektrumları üretilmiştir. Spektrumların analiz edilmesi sonucu olgunlaşma sürecine bağlı olarak örneklerin Raman spektrumlarının farklılaştığı belirgin şekilde ortaya konamamıştır. Peynirin olgunlaşması sürecinde meydana gelen değişimler Raman spektrumları kullanılarak izlenmiş olmakla birlikte, olgunlaşmadaki biyokimyasal süreçler sürekli değişimlere neden olduğu için sağlıklı sonuç elde edilememiştir. Bu aşamada örneklerde meydana gelen değişimler üzerinden olgunlaşma süresinin izlenmesi proje kapsamında elde edilen veriler üzerinden saptanamamıştır. Bu nedenle 90 günün sonunda örneklere ait veriler detaylı olarak analiz edilmiş, peynirin elde edildiği süt türünün saptanması için veri analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca HPLC de serum proteinlerine dayalı ayırım başarılı sonuç vermekte iken aynı başarı Raman sisteminde elde edilememiştir. Bu konuda çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu gruptaki örneklerin spektrumları ve kromatogramları ayrı ayrı analiz edilmiş ve tür ayırımına çalışılmıştır. Spektrofotometrik veriler üzerinden yapılan çalışmalar sonucunda öncelikle kültürlü ve klasik peynir üretim yöntemine göre ayırım yapılması gerektiği ortaya konmuştur. Sonrasında her bir grup kendi içinde değerlendirilmiş ve PCA analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda her iki üretim yöntemine göre inek, koyun ve keçi sütlerinden üretilen peynirlerin birbirlerinden 785 nm laser kullanılarak

Üretilen Raman spektrumları üzerinden ayrıştırılabileceği ortaya konmuştur. Ayrıca ikili karışım sütlerinden üretilen peynirler ise PCA grafiği üzerinde karışımı oluşturan türlerin arasında konumlanmıştır. Bu sonuçlar peynirlerin üretiminde kullanılan süt türünün peynirin Raman spektrumu kullanılarak belirlenebileceğini göstermiştir. İkili karışım sütlerden üretilen peynirin Raman spektrumlarının inek, koyun ve keçi sütlerinden farklılaşması sayesinde peynirin üretildiği süte başka bir süt karıştırılıp karıştırılmadığının saptanmasına olanak sağlanmıştır. Ayrıca Raman spektrumlarıyla elde edilen PCA grafiğine benzer grafikler kromatografik verilerin değerlendirilmesi sonucu da elde edilmiştir. Kromatografik yöntemler proje kapsamında kullanılan spektrofotometrik yöntemlerden çok daha zor ve pahalı yöntemlerdir. Tez kapsamında geliştirilen spektrofotometrik yöntem sayesinde peynirin üretildiği sütün saptanabiliyor olması tezin hedeflerine ulaşıldığını göstermektedir. Özellikle Folch ekstraksiyonu sonucu elde edilen yağ numunelerinden faydalanılarak tür ayırımına gidilmesi çok daha belirleyici olmuştur.

Buna ek olarak aroma ile vibrasyonel spektroskopi ilişkilendirilememiştir. Bunun nedeni uçucu haldeki aroma bileşenlerinin Raman lmeleri için çok seyreklik olmasıdır. Aroma bileşenleri sıvı halde ekstrakte edildiği takdirde bu sorunun aşılacağı düşünülmektedir. Bu ekstraksiyon yöntemi için uygun donanım tedarik edildiğinde Raman kullanarak ilişkilendirme yapılabileni n görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abbas, O., Pierna, J. F., Codony, R., von Holst, C., & Baeten, V. 2009. Assessment of the discrimination of animal fat by FT-Raman spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*, 924, 294-300.
- Abdel-Rahman, S., & Ahmed, M. 2007. Rapid and sensitive identification of buffalo's, cattle's and sheep's milk using species-specific PCR and PCR-RFLP techniques. *Food Control*, 18(10), 1246-1249.
- Akın, N., Aydemir, S., Koçak, C., & Yıldız, M. A. 2003. Changes of free fatty acid contents and sensory properties of white pickled cheese during ripening. *Food Chemistry*, 80(1), 77-83.
- Anonim 2006.  
<http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2006/08/20060805.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2006/08/20060805.htm>. Accessed 25 Nisan 2018.
- Anonim 2010. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100613-12.htm>. Accessed 5 Mayıs 2018.
- Anonim 2015. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150208-16.htm>. Accessed 5 Mayıs 2018.
- Anonim 2017a. <http://www.ulusalsutkonseyi.org.tr/kategori/sut-uretimi/>. Accessed 23 Mart 2017.
- Anonim 2017b.  
<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do;jsessionid=NmDvYSpZSbDF9prR0RChMG9vSfL1m3vBLn8Fy94YKD4wyKpG46lJ!1177633900?id=24655>. Accessed 22 Mart 2017.
- Anonymous 1999. Preparation Of Fatty Acid Methyl Esters. In I. D. Federation (Ed.), *International IDF Standart 182*. Square Vergote, Belgium.
- Anonymous 2011. Operator's Manual. In B. I. B. IBC-M: (Ed.), (pp. 1-35).
- Anonymous 2013. Combifoss TM FT+ User Manual. Cross-references updated Date og Issue 2013-10-2013. FOSS Analytical A/S, Foss Alle1, DK-3400 Hillerod, Denmark
- Ardö, Y., & Polychroniadou, A. 1999. Laboratory manual for chemical analysis of cheese: improvement of the quality of the production of raw milk cheeses: Publications Office.

- Arslan, S., Topcu, A., Saldamli, I., & Koksall, G. 2010. Utilization of interesterified fat in the production of Turkish white cheese. *Food Science and Biotechnology*, 19(1), 89-98.
- Aydemir, S., Akin, N., & Kocak, C. 2001. Effect of lipase enzyme on the ripening of white pickled cheese. *Journal of Food Lipids*, 8(3), 205-213.
- Azad, T., & Ahmed, S. 2016. Common milk adulteration and their detection techniques. *International Journal of Food Contamination*, 3(1), 22.
- Barron Jr, L., Redondo, Y., Aramburu, M., Pérez-Elortondo, F. J., Albisu, M., Nájera, A. I., ve ark. 2005. Variations in volatile compounds and flavour in Idiazabal cheese manufactured from ewe's milk in farmhouse and factory. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(10), 1660-1671.
- Bottero, M., Civera, T., Anastasio, A., Turi, R., & Rosati, S. 2002. Identification of cow's milk in "buffalo" cheese by duplex polymerase chain reaction. *Journal of food protection*, 65(2), 362-366.
- Boyaci, I. H., Temiz, H. T., Uysal, R. S., Velioglu, H. M., Tamer, U., Yadegari, R. J., ve ark. Discrimination of beef and horsemeat by taking the advantage of Raman spectroscopy. In *Abstracts Of Papers Of The American Chemical Society, 2014 (Vol. 248): Amer Chemical Soc 1155 16th St, Nw, Washington, DC 20036 USA*
- Bulat, T, Topcu, A. 2019. The effect of oxidation-reduction potential on the characteristics of UF white cheese produced using single strains of *Lactococcus lactis*. *LWT*. 109, 296-304
- Bumbrah, G. S., & Sharma, R. M. 2016. Raman spectroscopy–Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(3), 209-215.
- Celik, S., Bakirci, I., & Ozdemir, S. 2005. Effects of high heat treatment of milk and brine concentration on the quality of Turkish white cheese. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 60(2), 147-150.
- Christie, W. W. 1983. The composition and structure of milk lipids. In *Developments in dairy chemistry—2* (pp. 1-35): Springer.
- Cinbas, T., & Kilic, M. 2006. Proteolysis and lipolysis in White cheeses manufactured by two different production methods. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(5), 530-537.
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L., & Wilkinson, M. G. 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841-866.

- Çakmakçı, S., & Kurt, A. 1993. Salamura tuz oranı ve olgunlaşma süresinin CaCl<sub>2</sub> ve lesitin ilavesiyle üretilen beyaz salamura peynir kalitesine etkisi. *GIDA/The Journal of FOOD*, 18(1).
- Çelik, Ş., & Uysal, Ş. 2009. Beyaz peynirin bileşim, kalite, mikroflora ve olgunlaşması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 141-151.
- Dağdemir, E. f., Celik, S. n., & Ozdemir, S. h. 2003. The effects of some starter cultures on the properties of Turkish White cheese. *International journal of dairy technology*, 56(4), 215-218.
- Dalmia, A. 2017. Rapid Measurement of Food Adulteration with Minimal Sample Preparation and No Chromatography Using Ambient Ionization Mass Spectrometry. *Journal of AOAC International*, 100(2), 573-575.
- de Almeida, M. R., de Sá Oliveira, K., Stephani, R., & Cappa de Oliveira, L. F. 2012. Application of FT-Raman spectroscopy and chemometric analysis for determination of adulteration in milk powder. *Analytical Letters*, 45(17), 2589-2602.
- De Jong, C., & Badings, H. T. 1990. Determination of free fatty acids in milk and cheese procedures for extraction, clean up, and capillary gas chromatographic analysis. *Journal of High Resolution Chromatography*, 13(2), 94-98.
- Deeth, H. C., & Touch, V. 2000. Methods for detecting lipase activity in milk and milk products. *Methods*, 5(5), 555.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., García-Parra, J., & Ramírez, R. 2010. Characterisation by SPME–GC–MS of the volatile profile of a Spanish soft cheese PDO Torta del Casar during ripening. *Food Chemistry*, 118(1), 182-189.
- Dent, G., & Smith, G. 2005. *Modern Raman spectroscopy: a practical approach*: Wiley.
- Dinç, E. 2007. Kemometri çok değişkenli kalibrasyon yöntemleri. *Hacettepe Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 27(1), 61-92.
- Domingo, E., Tirelli, A. A., Nunes, C. A., Guerreiro, M. C., & Pinto, S. M. 2014. Melamine detection in milk using vibrational spectroscopy and chemometrics analysis: A review. *Food Research International*, 60, 131-139.
- Efrima, S., & Zeiri, L. 2009. Understanding SERS of bacteria. *Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering*, 40(3), 277-288.

- El Abassy, R., Donfack, P., & Materny, A. 2009. Rapid determination of free fatty acid in extra virgin olive oil by Raman spectroscopy and multivariate analysis. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(6), 507-511.
- El Abassy, R., Eravuchira, P., Donfack, P., Von der Kammer, B., & Materny, A. 2011. Fast determination of milk fat content using Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 56(1), 3-8.
- El Salam, M. A., Alichanidis, E., & Zerfiridis, G. 1993. Domiati and Feta type cheeses. In *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (pp. 301-335): Springer.
- Ferreira, I., & Caçote, H. 2003a. Detection and quantification of bovine, ovine and caprine milk percentages in protected denomination of origin cheeses by reversed-phase high-performance liquid chromatography of beta-lactoglobulins. *Journal of Chromatography A*, 1015(1), 111-118.
- Ferreira, I., & Caçote, H. 2003b. Detection and quantification of bovine, ovine and caprine milk percentages in protected denomination of origin cheeses by reversed-phase high-performance liquid chromatography of beta-lactoglobulins. *Journal of Chromatography A*, 1015(1-2), 111-118.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*, 226(1), 497-509.
- Fox, P. 1963. Potentiometric determination of salt in cheese. *Journal of Dairy Science*, 46(7), 744-745.
- Fox, P. 1989. Proteolysis During Cheese Manufacture and Ripening<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 72(6), 1379-1400.
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. 2000. Cheese flavor. *Fundamentals of Cheese Science*. J. Colilla, ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, 236-278.
- Fox, P., & McSweeney, P. 1996. Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*, 12(4), 457-509.
- Fox, P., & Wallace, J. 1997. Formation of flavor compounds in cheese. *Advances in applied microbiology*, 45, 17-86.
- Georgala, A., Moschopoulou, E., Aktypis, A., Massouras, T., Zoidou, E., Kandarakis, I., & Veerkamp, R. 2005. Evolution of lipolysis during the ripening of traditional Feta cheese. *Food Chemistry*, 93(1), 73-80.
- Guler, Z., & Uraz, T. 2004. Relationships between proteolytic and lipolytic activity and sensory properties (taste--odour) of traditional Turkish white cheese. *International journal of dairy technology*.

- Gürsoy, A., Şenel, E., Gürsel, A., Deveci, O., Karademir, E., & Yaman, Ş. 2001. Yağ İçeriği Azaltılmış Beyaz Peynir Üretiminde Isıl İşlem Uygulanan *Lactobacillus helveticus* ve *Lactobacillus bulgaricus* Kültürlerinin Kullanımı. *GIDA/The Journal of FOOD*, 26(5).
- Hayaloglu, A., Cakmakci, S., Brechany, E., Deegan, K., & McSweeney, P. 2007. Microbiology, biochemistry, and volatile composition of Tulum cheese ripened in goat's skin or plastic bags. *Journal of Dairy Science*, 90(3), 1102-1121.
- Huang, H., Yu, H., Xu, H., & Ying, Y. 2008. Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: A review. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 303-313.
- Kamthania, M., Saxena, J., Saxena, K., & Sharma, D. 2014. Milk Adultration: Methods of Detection & Remedial Measures. *Int. J. Engg. and Technical Res*, 1, 2321-0869.
- Kandpal, S., Srivastava, A., & Negi, K. 2012. Estimation of quality of raw milk (open & branded) by milk adulteration testing kit. *Indian Journal of Community Health*, 24(3), 188-192.
- Karoui, R., & De Baerdemaeker, J. 2007. A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products. *Food Chemistry*, 102(3), 621-640.
- Katsiari, M., Voutsinas, L., Alichanidis, E., & Roussis, I. 2000. Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. *International Dairy Journal*, 10(5-6), 369-373.
- Kavas, G., Oysun, G., Kinik, O., & Uysal, H. 2004. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry*, 88(3), 381-388.
- Kneipp, K., Kneipp, H., Corio, P., Brown, S., Shafer, K., Motz, J., ve ark. 2000. Surface-enhanced and normal Stokes and anti-Stokes Raman spectroscopy of single-walled carbon nanotubes. *Physical review letters*, 84(15), 3470.
- Kuchroo, C., & Fox, P. 1982. Fractionation of the water-soluble-nitrogen from Cheddar cheese: chemical methods. *Milchwissenschaft= Milk science international*.
- Kurt, A., & Ozdemir, S. 1995. Fakli dozlarda Hidrojen Peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve Potasyum Sorbat katılarak muhafaza edilmiş koyun sutlerinden yapılan Beyaz peynirlerin randimani ve bilesimi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 19(1), 51-57.
- Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., & Cho, B.-K. 2015. A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 85-98.

- Mayer, H. 2005. Milk species identification in cheese varieties using electrophoretic, chromatographic and PCR techniques. *International Dairy Journal*, 15(6), 595-604.
- McSweeney, P. L., & Sousa, M. J. 2000. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80(3), 293-324.
- Metin, M., & Öztürk, G. F. 2010. Süt ve mamülleri analiz yöntemleri:(duyusal, fiziksel ve kimyasal analizler): Ege Üniversitesi.
- Moldenhauer, J., & Yvon, P. 2005. Environmental monitoring using Scan RDI Polym'air. *Environmental Monitoring: A Comprehensive Handbook*. PDA/DHI, River Grove, IL and Bethesda, MD, 249-260.
- Molimard, P., & Spinnler, H. 1996. Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: Origins and properties. *Journal of Dairy Science*, 79(2), 169-184.
- Muehlhoff, E., Bennett, A., & McMahon, D. 2013. Milk and dairy products in human nutrition: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Muik, B., Lendl, B., Molina-Díaz, A., & Ayora-Cañada, M. J. 2005. Direct monitoring of lipid oxidation in edible oils by Fourier transform Raman spectroscopy. *Chemistry and physics of lipids*, 134(2), 173-182.
- Nicolaou, N., Xu, Y., & Goodacre, R. 2010. Fourier transform infrared spectroscopy and multivariate analysis for the detection and quantification of different milk species. *Journal of Dairy Science*, 93(12), 5651-5660.
- Öner, Z., Karahan, A. G., & Aloğlu, H. 2006. Changes in the microbiological and chemical characteristics of an artisanal Turkish white cheese during ripening. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5), 449-454.
- Park, Y., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 68(1-2), 88-113.
- Pisanu, S., Marogna, G., Pagnozzi, D., Piccinini, M., Leo, G., Tanca, A., ve ark. 2013. Characterization of size and composition of milk fat globules from Sarda and Saanen dairy goats. *Small ruminant research*, 109(2-3), 141-151.
- Polat, E. 2014. Sağlam Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu.
- Popelka, P., Popelka, P., Horská, D., Golian, J., & Marcinčák, S. 2002. Detection of sheep milk and cheeses adulteration using enzyme immunoanalysis (ELISA). *Slovak Veterinary Journal*, 27(3), 36-37.



- Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. 2007. Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 347-356.
- Reid, L. M., O'donnell, C. P., & Downey, G. 2006. Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in Food Science & Technology*, 17(7), 344-353.
- Sağun, E., Sancak, H., & Durmaz, H. 2001. Van'da kahvaltı salonlarında tüketime sunulan süt ürünlerinin mikrobiyolojik ve kimyasal kaliteleri üzerine bir araştırma. *YYÜ Vet. Fak. Derg.*, 12, 108-112.
- Saldamli, I., & Kaytanli, M. 1998. Utilisation of Fromase, Maxiren and Rennilase as alternative coagulating enzymes to rennet in Turkish white cheese production. *Milchwissenschaft*, 53(1), 22-25.
- Santos, P., Pereira-Filho, E., & Rodriguez-Saona, L. 2013. Rapid detection and quantification of milk adulteration using infrared microspectroscopy and chemometrics analysis. *Food Chemistry*, 138(1), 19-24.
- Schrader, B., & Moore, D. 1997. Laser-based molecular spectroscopy for chemical analysis-Raman scattering processes. *Pure Appl. Chem*, 69(7), 1451-1468.
- Shah, R. B., Tawakkul, M. A., & Khan, M. A. 2007. Process analytical technology: Chemometric analysis of Raman and near infra-red spectroscopic data for predicting physical properties of extended release matrix tablets. *Journal of pharmaceutical sciences*, 96(5), 1356-1365.
- Shin, E.-C., Craft, B. D., Pegg, R. B., Phillips, R. D., & Eitenmiller, R. R. 2010. Chemometric approach to fatty acid profiles in Runner-type peanut cultivars by principal component analysis (PCA). *Food Chemistry*, 119(3), 1262-1270.
- Singuluri, H., & Sukumaran, M. 2014. Milk adulteration in Hyderabad, India-a comparative study on the levels of different adulterants present in milk. *Journal of Chromatography & Separation Techniques*, 5(1), 1.
- Skoog, D. A., Holler, F., & Nieman, T. 1998. Raman spectroscopy. *Principles of Instrumental Analysis*, 5th Ed.; Harcourt Brace & Co.: Orlando, FL, 429-443.
- Şenel, E., Atamer, M., & Öztekin, F. Ş. 2011. The oxidative and lipolytic stability of Yayık butter produced from different species of mammals milk (cow, sheep, goat) yoghurt. *Food Chemistry*, 127(1), 333-339.
- Terin, M. 2014. Dünya Süt ve Süt Ürünleri Üretim, Tüketim, Fiyat ve Ticaretindeki Gelişmeler. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(3), 53-63.

- Topçu, A., & Saldamli, I. 2006. Proteolytical, chemical, textural and sensorial changes during the ripening of Turkish white cheese made of pasteurized cows' milk. *International Journal of Food Properties*, 9(4), 665-678.
- Tuncel, N. B., Güneşer, O., Engin, B., Yaşar, K., Zorba, N. N., & Karagül-Yüceer, Y. 2010. Ezine Peyniri II. Olgunlaşma Süresince Proteoliz Düzeyi. *Gıda Dergisi*, 35(1).
- Uraz, T., & Şimşek, B. 1998. Ankara piyasasında satılan Beyaz peynirlerin proteoliz düzeylerinin belirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 23(5).
- Uysal, R. S., Boyacı, I. H., Genis, H. E., & Tamer, U. 2013. Determination of butter adulteration with margarine using Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 141(4), 4397-4403.
- Üçüncü, M. 2005. Süt ve mamulleri teknolojisi: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Ünal, G., & Akalın, A. S. 2006. Koroner kalp hastalığında süt ve ürünlerinin önemi. *Gıda Dergisi*, 31(5).
- Van Asselt, E., van der Fels-Klerx, H., Marvin, H., Van Bokhorst-van de Veen, H., & Groot, M. N. 2017. Overview of food safety hazards in the European dairy supply chain. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 59-75.
- Virto, M., Chávarri, F., Bustamante, M., Barron, L., Aramburu, M., Vicente, M., ve ark. 2003. Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture. Lipolysis and flavour. *International Dairy Journal*, 13(5), 391-399.
- Yang, D., & Ying, Y. 2011. Applications of Raman spectroscopy in agricultural products and food analysis: A review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 46(7), 539-560.
- Yerlikaya, O., & Karagözlü, C. 2008. İnsan Beslenmesinde İnek Sütü. Paper presented at the Türkiye 10 Gıda Kongresi, Erzurum.
- Yetişmeyen, A., Sezgin, E., Atamer, M., Koçak, C., Gürsel, A., & Gürsoy, A. 2007. Süt Teknolojisi. (Vol. 11). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Zemel, M. B. 2005. The role of dairy foods in weight management. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(sup6), 537S-546S.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şahin DURNA

Doğum Yeri : Sivas

Doğum Tarihi: 07/04/1970

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

### **Eğitim Durum Kurum ve Yılı**

Lise : Halil Rıfat Paşa Lisesi – Sivas (1988)

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi (1995)

Yüksek Lisans : Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı ( 1998)

Doktora : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı ( Ocak-2020)

### **Çalıştığı Kurum ve Yılı:**

Atatürk Orman Çiftliği Süt fabrikası Müdürlüğü (2001-2009)

Atatürk Orman Çiftliği Mayalandırma Sanatları fabrikası Müdürlüğü (2009-2016)

Atatürk Orman Çiftliği Süt fabrikası Müdürlüğü (2016- halen)

### **Bilimsel Projeler:**

Vibrasyonel spektroskopik yöntemler kullanılarak süt ve süt ürünlerinde menşei (tür) tayini. Prof. Dr. İsmail Hakkı Boyacı, Prof. Dr. Atila Yetişemiyen, Doç. Dr. Ali Topcu, Yük. Müh. Şahin Durna. Tagem Projesi (TAGEM-13/ARGE 5). 2013-2016.

### **Bilimsel Yayınlar:**

- Sezer, B., **Durna, S.**, Bilge, G., Berkkan, A., Yetisemiyen, A., Boyacı, I. H. 2018. Identification of milk fraud using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). *International Dairy Journal*, 81, 1-7.
- Genis, D. O., Bilge, G., Sezer, B., **Durna, S.**, Boyacı, I. H. 2019. Identification of cow, buffalo, goat and ewe milk species in fermented dairy products using synchronous fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry*, 2019, 60-66.
- Durna, S.**, Yetisemiyen, A., Genis, H. E., Boyacı, I. H. 2016. Discrimination of sheep, goat and cow milks by near infrared (NIR) spectroscopy. *Akademik Gıda*; 14(4), 382-387.
- Genis, D. O., Bilge, G., Sezer, B., **Durna, S.**, Boyacı, I. H. 2020. Development of synchronous fluorescence method for identification of cow, goat, ewe and buffalo milk species. *Food Control*, 2020(108)