

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI AMBALAJ MATERYALLERİNİN OLGUNLAŞMA SÜRECİNDE
ŞAVAK TULUM PEYNİRİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE KALİTE
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahman ÇELİK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Didem ŞAHİNGİL

TEMMUZ 2025

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI AMBALAJ MATERYALLERİNİN OLGUNLAŞMA SÜRECİNDE
ŞAVAK TULUM PEYNİRİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE KALİTE
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahman ÇELİK
(36203620010)

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Didem ŞAHİNGİL

TEMMUZ 2025

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Didem ŞAHİNGİL'e,

Tezimi değerlendirerek olumlu katkılarda bulunan jüri üyesi hocalarım Doç. Dr. Gökhan Kürşad İNCİLİ'ye ve çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen ve yardıma ve bilgisine ihtiyaç duyduğum her an yanımda olan Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU'na,

Tez çalışmalarım sırasında sahip oldukları bilgi ve deneyimleri ile sabır göstererek bana yardımcı olan Öğr. Gör. Ali TEKİN'e, başta bölüm hocalarım olmak üzere tüm LAB 315 Ekibine,

Yüksek Lisans eğitim sürecim boyunca izin ve gerekli tüm konularda anlayış gösteren ve yardımlarını esirgemeyen işyerim olan Elazığ Ticaret Borsası yöneticilerime teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarımnda ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmalarım süresince benden her türlü desteklerini esirgemeyen sevgili babam Hasan ÇELİK ve sevgili annem Remziye ÇELİK'e, hayatımın iyi kötü her anında yanımda olan sevgisi ve desteği bile bana güç katan canım eşim Sinem ÇELİK'e tarifi olmayan duygular ile teşekkürlerimi sunarım.

Bilhassa hayatımıza girdikten sonra dünyamızı güzelleştiren, varlığı ile her çalışmamda bana ilham veren ama maalesef yaşadığı kalp yetmezliği hastalığı sonrası uzun ve meşakkatli yoğun bakım sürecine binaen vefatı ile bizi derin bir teessür altında bırakan biricik kızım Hümeysra Hifa ÇELİK'e ve doğduğu ilk günden beri olduğu gibi yüksek lisans sürecine ilk adım attığım gün olan mülakat günümde de biricik kızım ile birlikte yanımda olan, fakat aynı hastalık nedeni ile kalp nakli olamayarak aynı meşakkatli ve uzun yoğun bakım sürecine binaen vefatı ile hayatımızda derin bir üzüntü bırakan sevgili yeğenim, kıymetlim Esra ÇELİK'e sonsuz şükranlarımı sunuyor ve meleklerimi rahmetle anıyorum.

Tezin uygulama aşamasında vermiş olduğu proje desteğinden (Proje No: FYL-2022-3134) dolayı, İnönü Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Doktora veya yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Farklı Ambalaj Materyallerinin Olgunlaşma Sürecinde Şavak Tulum Peynirinin Biyoaktif Özellikleri ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisinin Araştırılması**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığıma bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Abdurrahman ÇELİK



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1 Materyal.....	17
3.2 Yöntem.....	20
3.2.1 Bileşim analizleri.....	20
3.2.1.1 Kuru madde	20
3.2.1.2 Tuz.....	20
3.2.1.3 pH	21
3.2.1.4 Titrasyon asitliği.....	21
3.2.1.5 Yağ.....	22
3.2.1.6 Protein.....	22
3.2.2 Proteoliz.....	23
3.2.2.1 pH 4,6'da çözünen azot miktarı tayini.....	23
3.2.2.2 Trikloroasetik asitte çözünür azot miktarı tayini	24
3.2.2.3 Üre-PAGE elektroforezi analizi	25
3.2.2.4 Peptit profilinin belirlenmesi	25
3.2.2.5 Toplam serbest amino asit miktarının belirlenmesi.....	26
3.2.2.6 Yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile serbest amino asit düzeylerinin belirlenmesi	27
3.2.3 Lipoliz analizi (ADV: Asit derecesi değeri).....	27
3.2.4 ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite analizi.....	28
3.2.5 Gaz kromatografisi kütle spektrometrisi ile uçucu bileşen analizi.....	28
3.2.6 Tekstür profil analizi	29
3.2.7 Mikrobiyolojik analizler	29
3.2.8 Duyusal değerlendirme.....	30
3.2.9 İstatistiksel analiz	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	32
4.1 Şavak Tulum peynirlerine Ait Bileşim Analizleri	32
4.1.1 Kuru madde	32
4.1.2 Tuz içeriği.....	34
4.1.3 pH değeri	35
4.1.4 Titrasyon asitliği (% laktik asit)	35
4.1.5 Yağ	36
4.1.6 Toplam protein miktarı.....	37
4.2 Proteoliz.....	39
4.2.1 pH 4.6'da çözünebilen azot miktarı tayini.....	39
4.2.2 Trikloroasetik asitte çözünebilen azot miktarı tayini	40
4.2.3 Üre-PAGE elektroforez analizi	41
4.2.4 Peptit profilinin belirlenmesi.....	44
4.2.5 Toplam serbest amino asit (TSAA) analizi	46

4.2.6 HPLC ile belirlenen serbest amino asit (SAA) miktarları.....	48
4.3 Lipoliz Analizi (ADV: Asit Derece Değeri).....	59
4.4 Antioksidan Aktivite (ABTS Yöntemi ile).....	60
4.5 GC-MS ile Uçucu Aroma Profil Analizi	62
4.6 Tekstür Profili Analizi	76
4.7 Şavak Tulum peynirlerine Ait Mikrobiyolojik Özellikler	78
4.7.1 Toplam mezofilik aerobik bakteri miktarı.....	78
4.7.2 Koliform mikroorganizma miktarı	79
4.7.3 Toplam maya ve küf miktarı	80
4.8 Duyusal Değerlendirme	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEÇMİŞ	95



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1: Tulum peyniri çeşidi ve üretim yerleri	2
Çizelge 3.1: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde duyuşal değerdendirme formu	31
Çizelge 4.1: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecindeki bileşim özellikleri	33
Çizelge 4.2: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde proteoliz değerdeleri	37
Çizelge 4.3: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde belirlenen toplam serbest aminoasit profili (TSAA)	47
Çizelge 4.4: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde serbest aminoasit miktarları (mg 100 g ⁻¹ peynir)	49
Çizelge 4.5: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde asitlik derecesi değeri	59
Çizelge 4.6: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde ABTS radikal katyonunun süpürölme aktivitesine (mg L ⁻¹ TEAK) göre antioksidan aktivitesi	61
Çizelge 4.7: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen alkoller (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	64
Çizelge 4.8: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen asitler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	65
Çizelge 4.9: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen esterler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	66
Çizelge 4.10: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen hidrokarbonlar (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	68
Çizelge 4.11: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen terpenler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	70
Çizelge 4.12: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen aldehit ve ketonlar (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	72
Çizelge 4.13: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen çeşitli bileşikler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10 ⁻⁶)	73
Çizelge 4.14: Şavak Tulum peyniri örneklerininin tekstürel özellikleri	76
Çizelge 4.15: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma süresinde mikrobiyolojik miktarları (log ₁₀ kob/g)	79
Çizelge 4.16: Şavak Tulum peyniri örneklerininin olgunlaşma sürecinde duyuşal değerdendirmesi	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Şavak Tulum peyniri.....	3
Şekil 1.2: Şavak Tulum peynirinin şekillerde satışa sunulması.....	5
Şekil 3.1: Şavak Tulum peyniri üretim akış şeması.....	17
Şekil 3.2: Tulum peynirinin baskılanması	18
Şekil 3.3: Tulum peynirinin dolum ve depolama işlemi	18
Şekil 3.4: Tulum peynirinin ambalajlama işlemi	19
Şekil 3.5: Farklı konsantrasyonlarda Leu standardına karşı elde edilen absorbans değerleri	26
Şekil 3.6: Uçucu bileşen analizi için peynir örneklerinden uçucuların SPME fiberi ile absorbe edilmesi	29
Şekil 4.1: Şavak Tulum peyniri örneklerinin Üre-PAGE Elektroforezi	41
Şekil 4.2: Şavak Tulum peyniri örneklerinin Üre-PAGE Elektroforezinden elde edilen dendogram	43
Şekil 4.3: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde HPLC ile peptid profil analizi kromatogramı.....	45
Şekil 4.4: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde toplam serbest aminoasit profili (TSAA).....	47
Şekil 4.5: Plastik bidonda olgunlaşan Şavak Tulum peyniri örneklerinin bireysel serbest amino asit profili.....	53
Şekil 4.6: Vakumlu paket ambalajda olgunlaşan Şavak Tulum peyniri örneklerinin serbest amino asit profili.....	54
Şekil 4.7: Sosis kılıfında olgunlaşan Şavak Tulum peyniri örneklerinin serbest amino asit profili	55
Şekil 4.8: VIP Puanları (a) ve PLS-DA grafiği (b)	57
Şekil 4.9: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde ısı haritası kümeleme (heat map) analizleri sonuçları	58
Şekil 4.10: Lipoliz analizi (ADV: Asit derece değeri).....	60
Şekil 4.11: ABTS analizi (mg L ⁻¹ TEAK)	61
Şekil 4.12: Uçucu aroma gruplarına ait bileşen grafiği (%).....	63
Şekil 4.13: Uçucu bileşiklerin ısı haritası (heat map) ve kümeleme analizleri	74
Şekil 4.14: Uçucu bileşiklerin PLS-DA grafiği	75
Şekil 4.15: Şavak Tulum peynirlerine ait tekstür analiz profili	77

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

SEMBOLLER

μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
μg	: Mikrogram
L*	: Parlaklık İndisi
a*	: Kırmızılık/Yeşillik İndisi
b*	: Sarılık/Mavilik İndisi
°C	: Sıcaklık (Santigrat Derece)
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
N	: Normalite
nm	: Nanometre
P	: Güven Aralığı
%	: Yüzde

KISALTMALAR

PB	: Plastik bidon
VP	: Vakumlu paket
SK	: Sosis kılıfı
PC	: Plastic container
VP	: Vacuum package
SC	: Sausage casing
KM	: Kuru madde
SAA	: Serbest aminoasit
TSSA	: Toplam serbest aminoasit

TCA	: Trikloroasetik asit
ÇA	: Çözünen azot
VIP	: Variable importance in projection
RP-HPLC	: Reversed Phase - High performance liquid chromatography
SPME	: Solid phase microextraction
GC-MS	: Gas chromatography - Mass spectrometry
PLS-DA	: Partial Least Squares Discriminant Analysis)
PCA	: Principal component analysis
LAB	: Laktik asit bakterileri
TMAB	: Toplam mezofilik aerob bakteri
*	: $P < 0.05$
**	: $P < 0.01$
***	: $P < 0.001$

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI AMBALAJ MATERYALLERİNİN OLGUNLAŞMA SÜRECİNDE ŞAVAK TULUM PEYNİRİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI ABDURRAHMAN ÇELİK

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

95+X sayfa

2025

Danışman: Doç. Dr. Didem ŞAHİNGİL

Şavak Tulum peyniri tüketiciler tarafından oldukça beğenilen ve Türkiye'de sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan önemli bir peynir çeşididir. Ürünün kalitesi ambalaj türünden etkilenebilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, üç farklı ambalaj materyali (vakumlu paket: VP, plastik bidon: PB ve sosis kılıfı: SK) ile paketlenen Şavak Tulum peynirinin 150 gün boyunca fizikokimyasal, proteoliz, lipoliz, uçucu profil, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal değişimlerinin peynirin kalitesi üzerine olan etkisini değerlendirmektir. Şavak Tulum peynirinin olgunlaşmasında kullanılan ambalaj tipi, fizikokimyasal, proteoliz ve lipoliz özelliklerini desteklemiştir. VP ve SK ambalajı PB ambalaja göre daha az gözenekli yapıya sahip olması Tulum peynirlerin kuru madde, tuz, pH, laktik asit, yağ ve protein değerlerine önemli etkisi olmuştur. Oksijen geçirgenliği daha az olan SK ambalajlı örnekler daha düşük kuru madde ve tuz oranına sahip iken daha yüksek proteolitik aktiviteye sahip olmuştur. Uçucu aroma bileşen düzeyleri, incelenen faktörlere bağlı olarak peynirler arasında büyük ölçüde değişmiştir. Peynirlerdeki farklı bileşenleri (serbest amino asitler, uçucu bileşikler) olgunlaşma süresine ve ambalaj tipine göre ayırt etmek için temel bileşen analizi, kısmi en küçük kareler-ayırıcı analizi ve ısı haritası kümeleme analizi yapılmıştır. Toplam serbest amino asitler SK ve VP peynirlerinde depolamanın 120. gününden itibaren PB peynirlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresince sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri VP peynirlerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yarı sert yapısı ile SK ambalajlı örnekler daha fazla öne çıkmıştır. Sosis kılıfıyla paketlenen peynirler, duyuşal özellikleri (tat hariç) en yüksek ortalama değerleriyle karakterize edilmiştir. VP ambalajlı örnekler tat bakımından en beğenilen örnekler olmuştur. Koliform grubu mikroorganizmaların sayısı, vakum ve sosis kılıfıyla paketlenen peynirlerde olgunlaşmanın 90. gününden itibaren tespit edilmemiştir. Toplam maya-küf sayısı tüm örneklerde depolama boyunca azalmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ise depolama boyunca PB örneklerinde azalırken VP örneklerinde artmış, SK örneklerinde ise istatistiksel olarak fark gözlemlenmemiştir. Sonuç olarak, SK ve VP ambalaj materyali ile olgunlaştırılan peynirlerinin biyoaktif özellikleri ve kalite parametreleri açısından daha etkin sonuçlar verdiği, Şavak Tulum peynirinin ambalajlanmasında yaygın olarak kullanılan plastik bidona iyi bir alternatif olarak kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şavak Tulum peyniri, ambalaj materyali, proteoliz, uçucu, biyoaktivite.

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT PACKAGING MATERIALS ON BIOACTIVE PROPERTIES AND QUALITY PARAMETERS OF SAVAK TULUM CHEESE IN THE RIPENING PROCESS

ABDURRAHMAN ÇELİK

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Food Engineering

95+X sayfa

2025

Supervisor: Doç. Dr. Didem ŞAHİNGİL

Şavak Tulum cheese is a cheese variety that is highly appreciated by consumers and is socially, economically and culturally important in Turkey. The quality of the product can be affected by the type of packaging. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect on the quality of Şavak Tulum cheese packaged with three different packaging materials (vacuum package: VP, plastic container: PC and sausage casing: SC) as reflected physicochemical, proteolysis, lipolysis, volatile profile, microbiological, and sensory changes during 150 days. The type of packaging used in the ripening of Şavak Tulum cheese supported physicochemical, proteolysis and lipolysis characteristics. VP and SC packaging had a less porous structure compared to PB packaging, which had a significant effect on dry matter, salt, pH, lactic acid, fat, and protein values in Tulum cheeses. SC packaged samples, which had less oxygen permeability, had lower dry matter and salt content, but higher proteolytic activity. The levels of volatile aroma compounds varied greatly among the cheeses depending on the factors studied. Principal component analysis (PCA), partial least squares-discriminant analysis (PLS-DA), and heat map cluster analyses were performed to distinguish the different components (free amino acids and volatile compounds) in the cheeses according to ripening time and packaging type. Total free amino acids (TFAAs) were higher in SC and VP cheeses than in PC cheeses from the 120th day of storage. During storage, hardness, gumminess, and chewiness values were higher in the VP cheeses. The SC packaged samples stood out more with their semi-hard structure. The cheeses packed with sausage casing were characterized by the highest mean values of sensory attributes (except taste). VP packaged samples were the most popular in terms of taste. Counts of coliform group microorganisms were not detected in vacuum and sausage casing-packed cheeses from the 90th day of ripening. Total yeast-mold count decreased in all samples during storage. Total mesophilic aerobic bacteria counts decreased in PB samples, increased in VP samples, and no statistically significant difference was observed in SK samples. As a result, it was concluded that cheeses ripened with SC and VP packaging materials gave more effective results in terms of bioactive properties and quality parameters and could be used as a good alternative to the plastic container commonly used in the packaging of Şavak Tulum cheese.

Keywords: Şavak Tulum cheese, package material, proteolysis, volatile, bioactivity.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde peynir tüketimi giderek artmaktadır. Türkiye’de tüketilen süt ürünleri arasında peynir çeşitlerinin tüketim sırası incelendiğinde, Beyaz peynir, Salamura peynir, Kaşar peyniri ve ekonomik değeri daha yüksek olan Tulum peyniri ön plana çıkmaktadır (Çakmakçı ve diğ., 2008; Tarakçı ve diğ., 2015). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği Tulum peynirini; “tipine özgü karakteristik özelliklere sahip, şirden enzimi kullanılarak elde edilen telemenin fermantasyonu sonucu elde edilen, ardından ufalanıp tuzlanan, uygun bir ambalaj malzemesi veya deri tulum içerisine sıkıca bastırılan ve olgunlaştırıldıktan sonra piyasaya sunulan peynir” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2015).

2024 yılı verilerine göre Dünyada üretilen sütün %2.2’si Türkiye’de üretilmiştir. (FAO, 2024). TÜİK verilerine göre, 2024 yılında ülkemizde üretilen sütün %93.6’sı inek, %4’ü koyun, %2.1’i keçi ve %0.3’ü mandadan elde edilmektedir. Her mevsim bulunmamasına, süt verimi açısından da ineklere göre daha düşük olmasına rağmen koyun ve keçi sütleri Tulum peynirinin üretiminde daha fazla kullanılmaktadır. Türkiye süt üretiminin 2024 yılı itibarıyla %6.1’inin koyun ve keçi sütünden karşılandığı görülmektedir (TÜİK, 2024).

Tulum peyniri; keskin kokusuyla, yarı sert tekstür ve tereyağımsı yapısıyla, yüksek yağ içeriği ile, beyaz veya krem renginde olan peynir türüdür (Kurt ve diğ., 1991a). TSE (2006) Tulum peynir yapımında inek, koyun, keçi ve manda sütleri veya bu sütlerin karışımlarının kullanılmakta olduğunu belirtmektedir. Kullanılan süt pastörize edilerek veya pastörize süt tekniğine uygun olarak işlenir, gerektiği durumda katkı madde ilave edilerek olgunlaştırılır. Tekstürel olarak yarı sert ve yumuşak yapıya sahip bir peynir türüdür.

Önceleri yerel düzeyde ve küçük ölçekli işletmelerde üretilen Şavak Tulum peyniri, günümüzde daha büyük ölçekte üretilmekte ve ihracatı yapılan peynir türleri arasında yer almaktadır. Mayıs ayı ile başlayıp Eylül ayına kadar keçi ve koyun sütü üretiminin yoğun olduğu dönemlerde üretilmektedir (Tekin & Güler, 2019; Tomar ve diğ., 2020).

Tulum peyniri üretiminde tercih edilen çiğ veya pastörize edilmiş koyun, keçi ve inek sütleri 32-35 °C’de mayalanmakta ve daha sonra baskılama işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlem geleneksel yöntemler ile yapılan üretimlerde çuvallar içerisinde, endüstriyel

üretimlerde ise cendere bezi içerisinde gerçekleştirilerek pıhtının kurumadresi %45-50 olacak şekilde suyunun atması sağlanır. Deri tulum ambalajının kullanıldığı geleneksel yöntemle üretilen Tulum peynirinde, olgunlaşma sürecinde teleme suyunun deri gözeneklerden akması ve istenilen kuru madde oranının elde edilmesi mümkündür (Gün ve Seydim, 2011). Plastik bidon, cam gibi ambalajlarda teleme suyu dışarı atılamadığından duysal, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan bozulmalar gerçekleşebilmektedir. Bağırsak gibi gözenekli yapıya sahip ambalajlarda ise olgunlaşma süresince Tulum peynirinde kuruma gibi istenmeyen sonuçlar ile karşılaşmaktadır (Arslaner, 2008).

Olgunlaştırıldıktan sonra tüketilen Tulum peyniri, yapımında çiğ sütün kullanıldığı ve en az 3 ile 5 ay arasında olgunlaştırılan bir peynir türüdür. Üretildiği yöreye özgün olarak obruk, mahzen, mağara gibi yerlerde olgunlaştırılmaktadır (Kamber, 2005). Yapımında uygulanan farklı yöntemler sonucunda Tulum peynirlerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri de farklılık göstermektedir (Ateş ve Patır, 2001; Özpınar ve Gümüşsoy, 2013; Tekinşen ve Akar, 2017).

Tulum peyniri, ülkemizin farklı bölgelerinde çeşitli tiplerde üretilmektedir. Genel olarak Trakya Bölgesi dışında kalan yörelerde kuru ve salamura olarak üretimi yapılmaktadır. 2015 yılında üretim rakamları incelendiğinde 665.580 ton olan toplam peynir üretiminin yaklaşık %10'unu Tulum peyniri oluşturmakta olup yılda kabaca 70.000 ton Tulum peynirinin üretildiği ortaya çıkmaktadır. Tulum peynirleri başlıca iki tipte yapılmaktadır (Çizelge 1.1) (Tekinşen ve Akar, 2017).

Çizelge 1.1: Tulum peyniri çeşidi ve üretim yerleri

Tip	Çeşit	Üretim Yöresi
Kuru	İzmir Tulum peyniri	İzmir
	Afyon Tulum peyniri	Afyon
	Akçabelen (Çepni) Tulum peyniri	Beyşehir
	Çimi Tulum peyniri	Serik, Akseki ve Manavgat
	Divle Tulum peyniri	(Üçharman) Divle
	Ereğli Tulum peyniri	Ereğli
	Ermenek Tulum peyniri	Ermenek
	Erzincan (Şavak) Tulum peyniri	Erzincan ve Elazığ
	Giresun Tulum peyniri	Giresun
	Isparta Tulum Peyniri	Isparta
	Karaburun Lorlu Tulum peyniri	Karaburun
	Karın Kaymağı peyniri	Gümüşhane ve Sarıkamış
	Kayseri Tulum peyniri	Kayseri
	Konya Küflü peyniri	Konya
	Ordu Çökelekli Tulum peyniri	Ordu
	Pasinler Lorlu Tulum peyniri	Pasinler
	Tokat Tulum peyniri	Vakfikebir ve Sürmene

Erzincan yöresine özgü Tulum peyniri, Şavak Peyniri olarak da bilinmekte olup; Bingöl, Elazığ gibi farklı illerde de üretimi yapılmaktadır (Şekil 1.1). Örneğin, Elazığ Şavak Tulum peynirinde Akkaraman koyun sütü kullanılmaktadır (Çetinkaya, 2005; Tarakçı ve diğ., 2005). Elazığ ve çevresinde üretilen Şavak Tulum peyniri Akkaraman ırkı koyunların sütünden üretilmekte olup, üretiminin hiçbir aşamasında ısıtma işlemi uygulanmamaktadır. Türkiye'nin doğu bölgelerinde bulunan Elazığ, Bingöl, Tunceli ve Erzincan illerinde başta olmakla beraber, tüm yurttan üretilmektedir (Kara ve Akkaya, 2015). Şavak peynirinin yaygınlaşmasının temel sebeplerinden biri, Türkiye'nin birçok bölgesine hatta Avrupa ülkelerine kadar ulaşabilmiş olması ve coğrafi işaret almış bir ürün olmasıdır.



Şekil 1.1: Şavak Tulum peyniri

Tulum peynirinin geleneksel yöntemler ile üretimi için çoğunlukla koyun sütü tercih edilmekte olsa da koyun sütüne inek ve keçi sütü ilave edilerek de üretim yapılabilmektedir (Güler ve Uraz, 2004). Geleneksel yöntemle üretimde, sağılan sütler 2-3 kez süzildükten sonra, çiğ olarak 28-32 °C sıcaklıklarda mayalanmaktadır. Mayalamada genellikle ticari peynir mayaları kullanılmaktadır. Oluşan pıhtılar peynir altı suyunu uzaklaştırmak amacıyla elyaf torbalara alınmakta ve güneşsiz bir ortamda 14-16 saat arasında bekletilmektedir. Bu süreci hızlandırmak amacıyla 2-2.5 saatlik baskılama işlemi de tercih edilebilmektedir. Baskılama işlemi ile birlikte elde edilen telemin parçalama ve tuzlama işlemi yapılmaktadır. %2.5 oranında kuru tuzlama sonrası tekrar baskılama işlemi yapılarak peynir altı suyunun iyice uzaklaşması sağlanmaktadır (Kurt ve diğ., 1991; Güven, 1993). Baskılama sürecinde torbaların belirli aralıklarla yerleri değiştirilerek süzülme işlemi sağlanmaktadır. Doluma hazır hale gelen peynirler farklı ambalaj materyallerine hava boşluğu kalmayacak şekilde sıkıca doldurularak 3-6 °C, % 70-85 nispi nemde ve 90 ila 120 gün süreyle olgunlaşma sürecine bırakılmaktadır (Koca, 1996; Tekinşen ve Tekinşen, 2005).

Günümüzde Şavak Tulum peynirine karşı artan talep ile birlikte üreticiler gerek daha kolay üretim yöntemi olması gerekse daha az işçilik gerektirmesi nedeni ile kelle peynir olarak bilinen teleme peyniri kullanmaktadırlar. Bu ticari üretim tekniği ile peynir üreticileri süt üreticilerinden temin ettikleri 100 kg telemeden 60 kg peynir elde edebilmektedirler. Bu teknik ile, nohuttan küçük parçalara ufalanan teleme peynirlere ilk olarak %3-5 oranında kuru tuzlama yapılmakta ve daha sonra 40-50 kg miktarında bez çuvallara doldurulan peynirler 3-4 sıra istifleme yapılarak baskılama işlemine tabi tutulmaktadır. Baskılama işlemi güneşsiz ortamda ve 3-5 °C’de yapılmakta olup 10-15 gün süre ile bez çuvalların yeri düzenli olarak değiştirilmektedir. Baskılama işlemi sonrası peynirler yüksek devirli makine kullanımı ile tekrar nohuttan düşük tanelere parçalanarak tulum ya da plastik bidonlara hava boşluğu bırakılmayacak şekilde sıkıca doldurularak yaklaşık üç ay süreyle soğuk hava depolarında olgunlaştırılmaktadır. Olgunlaşan peynirler, pazar ihtiyacı doğrultusunda hem kendi ambalajında hem de farklı ambalajlarda ve gramajlarda piyasaya sunulabilmektedir (Tekinşen ve Akar, 2017).

Günümüzde peynirin ambalajlanmasında kullanılacak teknolojinin seçimi; ambalaj filminin bileşimi, bariyer özellikleri, ürün tipi ve maliyetler gibi faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir. Genellikle vakum teknolojisi, termal ve mekanik özellikleri belirli olan plastik filmle birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntemle ürünlerin daha uzun süre stabil kalması sağlanmaktadır. Ancak ambalaj içerisindeki havanın çıkarılması, filmin ürün yüzeyine yapışarak çökmesine neden olabilmekte ve bu durum ürünün nihai dokusunda olumsuz değişikliklere sebep olarak tüketici tercihlerini etkileyebilmektedir (Nájera ve diğ., 2021).

Adını ambalajlanmasında kullanılan deri tulumdan alan Tulum peyniri, dayanıklı yapısı nedeni ile genel olarak keçi ve koyun derisinde olgunlaştırılmaktadır. Geçirgenlik yapısının daha uygun olmasından dolayı bir yaşını doldurmamış kuzu/oğlak derileri de tercih edilmektedir (Tekinşen ve Uçar, 2007). Son yıllarda ise yasal zorunluluklar nedeniyle Tulum peynirinin ambalajlanmasında plastik bidonlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şavak Tulum peyniri genellikle plastik bidonlarda ambalajlanarak tüketime sunulmakta; bez ve deri ambalajlarda tüketimi ise daha sınırlı kalmaktadır. Bez, deri ve plastik bidon dışında; vakumlu paket ambalaj ve sosis kılıfı ambalaj gibi farklı yöntemler ile ambalajlamaya yönelik henüz yeterli çalışma bulunmamaktadır. Özellikle plastik geçirgen kapaklarla birlikte kullanılan bu ambalaj türleri ile düşük gramajlı, tek porsiyonluk ürünler üretilmekte, Ancak bu tür ambalajlamaların ürün kalitesi üzerindeki etkileri hakkında bilgi yetersizdir ve bu etkinin araştırılması gereklilik arz etmektedir.

Bu çalışmaya başlamadan önce Tulum peynirinin perakende satışında tüketicilerin düşük gramajlarda açık olarak Tulum peyniri aldığı görülmüş, özellikle Elazığ'da Kapalı Çarşı içerisinde yer alan işletmeler başta olmak üzere şarküterilerde daha çok düşük gramajlarda açık alım veya 1-2 kg'lık ambalajlı ürün tüketiminin yoğunlukta olduğu görülmüştür. 1-2 kg'lık ambalajlarda alınan Tulum peynirinde bile bidon açıldıktan sonra kısa sürede tüketilmediği zaman tekstürel yapısında bozulmalar ve aynı zamanda küflenmeler olduğu bu nedenle de tüketicilerin daha çok 1 kg altında düşük gramajlarda poşet veya polistiren malzemeden üretilen tek kullanımlık köpük tabaklarda alım yaptığı görülmüştür. Özellikle tüketicilerin yoğun alışveriş yaptığı Kapalı Çarşıda tüketicilerin talebi doğrultusunda düşük gramajlı satışlar için depolama sürecinde 20 veya 60 kg'lık deri tulum, bez veya sentetik çuval ve bidon gibi ambalajlara basılmış peynirlerin açık olarak satıldığı görülmüştür (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Şavak Tulum peynirinin şekillerde satışa sunulması

Halk sağlığı için de olumsuz etkileri olan bu durumun önüne geçilebilmesi için düşük gramajlı ambalaj ürünlerine olanak sağlayacak ambalaj türleri üzerinde çalışma yapılması önem arz etmiştir. Bu çalışmada Şavak Tulum peynirinin geleneksel yöntemler dışında farklı ambalaj malzemeleri (plastik bidon, vakumlu paket ambalaj ve sosis kılıfı) ile üretimi gerçekleştirilerek; peynirin fizikokimyasal, proteolitik ve antioksidan özellikleri, dokusal ve duyuşal özellikleri ile mikrobiyolojik özellikler açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu bağlamda, Elazığ'da faaliyet gösteren Tulum peyniri üreticisinden temin edilen dolma ve depolanmaya hazır peynir numuneleri plastik bidon, vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajlarında hiç boşluk kalmayacak şekilde doldurulup paketlenerek 4 °C'de 150 günlük olgunlaşma sürecine bırakılmıştır. Olgunlaşma sürecinde kullanılan plastik bidon, vakumlu paket ambalaj ve sosis kılıfı ile paketlenmiş türleri incelenerek farklı ambalaj türlerinin Tulum peynirinin biyoaktivite, oksidasyon, tekstür, reoloji, fiziksel ve duyusal özellikleri üzerinde ne tür etki oluşturacağı araştırılmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Dünyada farklı tat ve tekstür yapısına sahip 4000, Türkiye’de ise 100 peynir çeşidi bulunmaktadır. Anonim (2015)’e göre, Beyaz peynir üretimi %60 ile Türkiye’de en fazla üretilen peynir çeşidi iken onu %15 ile Tulum ile Mihaliç peynirleri, %15 ile Kaşar peyniri ve %10 ile diğer yöresel peynirler takip etmektedir (Hayaloğlu ve Özer 2011, Anonim 2016).

Erzincan Tulum peynirinin; yüksek rakımlı yaylalarda beslenen hayvanlardan elde edilen süt tipi, pıhtılaştırma metotları, sütün ısıl işleme tabi tutulup tutulmaması, yağ oranı, peynirin tekstürü, tuz oranı, katkı maddeleri, olgunlaştırma periyotları ve kullanılan toptancı/perakendeci ambalaj materyalleri gibi özelliklerinden dolayı tüketiciler tarafından tercih edilmesinde önemli özellikler olarak kabul edilmektedir (Topçu, 2016).

Tulum peyniri geleneksel yöntemler ile üretilen bir peynir çeşidi olup, Kaşar peyniri ve Peyaz peynir üretiminin yapılamadığı yaylalarda üretilmektedir. Artan tüketici talebi ile birlikte günümüzde mandıra ve süt işletmelerinde de üretimi başlamış ve bu üretimler her geçen gün artmaktadır. Geçmişte hijyenik olmayan koşullar altında hayvansal kökenli deri tulumlara basılan Tulum peynirleri, günümüzde yasal uygulamalar, üretim kolaylığı ve ucuz maliyet gibi nedenlerle plastik bidonlara basılarak pazara sunulmaktadır. Plastik bidona alternatif bir ambalaj materyali geliştirilememesi üretimde standardizasyon sağlanmasına sebep olmaktadır (Demir ve diğ. 2017).

Literatür araştırmaları incelendiğinde Tulum peynirinin ambalajlanmasında başta plastik bidon, deri ve bez tulum olmak üzere farklı materyaller kullanılmış fakat vakum ve sosis kılıfı ambalaj materyaline yönelik çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu bölümde Tulum peynirinin ambalaj materyalinin biyoaktivite, oksidasyon, reolojik, tekstürel ve fiziksel değişimler gözlemlenerek ambalaj türlerinin peynirin olgunlaşma sürecine etkisi araştırılmış ve kıyaslamalar yapılmıştır.

Tekinşen ve diğ. (1998), yarı sentetik kılıf ve vakum ambalajın Tulum peynirinin kalite özelliklerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, peynirin paketlenmesinde sentetik kılıfın kullanımının uygun olduğunu, ancak yüksek bağıl neme sahip alanlarda sentetik kılıf ambalajlı peynirlerin korunması gerektiğini, vakum ambalaj materyalinin ise kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal açıdan sentetik kılıfa kıyasen daha üstün niteliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Şengül ve diğ. (2001), farklı gramajlara sahip plastik bidon, tulum ile ahşap kutu ambalaj materyalinin ve olgunlaşma süresinin Tulum peynirinin mikrobiyal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Depolama süresince kullanılan ambalaj materyalinin maya ve küf sayılarını önemli derecede etkilediğini, ahşap kutuda olgunlaştırılan peynirlerin ise en düşük mikroorganizma sayısına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Tüm mikroorganizma sayılarının 90 günlük depolama süresi sonunda (Anonim, 2006) belirtilen seviyelere ulaştığını belirtmişlerdir.

Hayaloğlu ve diğ. (2007a), farklı iki mandırada çiğ koyun sütü kullanılarak üretildikten sonra keçi derisi ve plastik bidon ile ambalajlanan peynir örneklerini 150 gün süre ile olgunlaştırarak biyokimyasal, mikrobiyolojik değişimleri ve uçucu bileşen kompozisyonlarını incelemişlerdir. Gözenekli yapısı ile keçi derisinden olgunlaştırılan peynirlerin daha düşük nem oranına sahip olmasına karşın mikrobiyal içeriklerin plastik bidon peynirlerine göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ambalaj materyalinin serbest amino asit miktarı üzerinde dikkate değer bir fark oluşturmamasına karşın toplam serbest amino asit miktarında kayda değer bir artış sağladığını görmüşlerdir. SPME yöntemi ve GC-MS kombinasyonu ile olgunlaşmanın 90. gününde yaptıkları analizler sonucunda, peynir örneklerinde asit (11 adet), ester (16 adet), metil keton (12 adet), aldehit (7 adet), alkol (22 adet), azotlu bileşen (7 adet), terpen (6 adet) ve diğer bileşenlerden (19 adet) oluşan 100 adet uçucu bileşeni tespit etmişlerdir. Tüm örneklerde aynı aroma bileşenlerinin tespit edilmesine rağmen ambalaj materyalinin hava ve su geçirgenliğine bağlı olarak bileşenlerin farklı konsantrasyona sahip olduğunu bildirmişlerdir. Metil keton oranlarını mandıralardan birinde plastik ambalajlı peynirlerde yüksek iken diğerinde deri ambalajlı peynirlerde tespit etmişlerdir. Aynı şekilde alkoller mandıranın birinde her iki ambalaj türünde de aynı oranlarda bulurken diğerinde alkollerin oranını keçi derisinde olgunlaştırılan peynirlerde daha düşük oranda belirlemişlerdir. Aldıkları diğer sonuçlarda ise kullanılan ambalaj türünün terpen bileşenleri üzerine herhangi bir etkisini olmadığını görmüşlerdir.

Arslaner (2008), kullandığı iki farklı yöntem ile ürettiği Tulum peynirlerinden birini çiğ koyun sütü kullanarak geleneksel yöntemle, diğerini ise inek sütü ile koyun sütü kullanarak *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* ve *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis* türlerini içeren mezofilik aromatik starter kültürü kullanarak üretmiş ve farklı ambalajlarda 90 gün süre ile depolamıştır. Depolamanın sonunda koyun sütünden üretilerek suni kılıfta olgunlaştırılan peynirlerin en yüksek duyu analizi puanına sahip olduğunu belirlemiştir.

Bayar ve Özrenk (2011), farklı ambalaj türü kullanımının ve pastörizasyon işleminin Tulum peynirinde oluşturacağı kimyasal değişimler ile testürel ve duyuşal nitelikler üzerindeki etkisini incelediğı çalışmada, peynir örneklerini 5 farklı ambalaj türünde 90 gün süre ile depolamamışlardır. Kimyasal nitelikler açısından pastörüze süt kullanılarak üretilen peynir örneklerinin daha yüksek değerlere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ambalaj türünün ve pastörizasyonun peynirin duyuşal özelliklerine ise önemli bir etkisinin bulunmadığını rapor etmişlerdir. Bu bulgular ışığında, Tulum peyniri üretiminde pastörize sütün kullanılmasının çiğ süte uygun bir alternatif olarak önerilebileceğini ve hayvan derisi yerine bez ambalaj malzemesinin kullanılmasının da önerilebileceğini ifade etmişlerdir.

Çakmakçı ve diğ. (2011), plastik torba ve keçi derisinde olgunlaştırılan peynirlerde ambalajın proteolitik aktiviteye etkisini incelemişlerdir. Keçi derisinin gözenekli yapısı neden ile olgunlaşma süresince daha fazla nem kaybettiğini ve proteoliz düzeyinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Tulum peynirinin ambalajlanmasında yasal zorunluluklara bağılı olarak plastik bidon kullanımı daha yaygın olsa da, 2015 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğı ile birlikte deri tulumun yasal kullanımına zoonoz enfeksiyonlardan uzak, temiz ve kuru olma şartı ile izin verilmiştir (Anonim, 2015).

Yapraklı ve diğ. (2015), Erzincan ilinde etkin olan Tulum peyniri üreticilerinin ürünlerini piyasaya sunarken yaşadıkları temel sorunları ve piyasadan beklentilerini belirlemek ve bu doğrultuda alternatif çözümler üretmek amacıyla yaptıkları çalışmada, işletmelerin ürünle ilgili en büyük problemlerinden birinin Tulum peynirinin ambalajlama sorunu olduğunu rapor etmişlerdir. Hali hazırda plastik bidon ambalajında pazara sunulan peynirlerin, en büyük dezavantajının görsel anlamda tüketiciye hitap etmemesi ve uzun süreli tüketiminin olmaması olduğu belirtmişlerdir. Ambalajlamada belli bir standardın olmamasının aslında en temel sebep olduğu, bu durumda Tulum peynirinin ihracatında büyük bir sorun teşkil ettiğini bildirmişlerdir.

Farklı ambalaj türlerinin Tulum peynirinin karakteristik özellikleri üzerine etkisini araştıran Tarakçı ve Durmuş (2016), peynir örneklerinin kumaş, karın, deri, çömlek ve plastik ambalaj materyallerinde depolamışlar ve yapılan analiz sonuçlarında farklı ambalaj türlerinin olgunlaşma süresince Tulum peynirinin karakteristik özelliklerini önemli derecede etkilediğı sonucuna varmışlardır.

Arslaner ve Bakırcı (2016a), pastörize işlemine tabi tutulmuş inek ve koyun sütünden üretilen Tulum peynirlerini, dört farklı ambalaj türünde 90 gün süre ile olgunlaştırılmış ve depolama süresince örneklerin fizikokimyasal niteliklerini, duyuşal özelliklerini ve serbest yağ asidi (SYA) içeriğini değerlendirmişler, sonuçları ise geleneksel Erzincan Tulum peyniri ile karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, koyun sütünden üretilen peynirlerin C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C18:2 ve C18:3 yağ asitleri konsantrasyonu bakımından daha zengin olduğunu tespit etmişlerdir ($P<0.01$). Aynı süt tipinden yapılan peynirlerde farklı ambalaj malzemesi kullanılmasının SYA konsantrasyonlarını (C4:0-C18:3) etkilemediğini belirlemişlerdir. Pastörizasyonla üretilen peynir örneklerinin genel kabul edilebilirlik açısından farklı ambalaj materyalinden önemli derecede ($P<0.01$) etkilendiğini, duyuşal değerlendirme sonuçlarının, koyun sütü ile yapılan ve selüloz kılıfta olgunlaştırılan deneysel peynirlerin toplam puan açısından en yüksek puana sahip olduğunu ve selüloz kılıfın Erzincan Tulum peyniri üretiminde ambalaj materyali olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Arslaner ve Bakırcı (2016b), farklı ambalaj türlerinin Tulum peynirinin proteoliz sürecine etkisini incelemişlerdir. Suda-ÇA oranı, olgunlaşma indeksi ve protein olmayan azot oranı bakımından en yüksek değerlere, çiğ koyun sütü kullanılarak üretilen ve tulumda olgunlaştırılmış Erzincan Tulum peyniri örneğinde rastlamışlardır. Bu veriler ışığında, üretiminde koyun sütünün, olgunlaştırılmasında ise oğlak derisi kullanımının Tulum peynirinin karakteristik özelliklerinin şekillenmesinde dikkate değer bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Çakır ve diğ. (2016), siyah kimyon ilaveli ve siyah kimyonsuz Erzincan Tulum peynirinin olgunlaşma süresince kimyasal bileşim, proteoliz, duyuşal özellikler ve uçucu madde profilleri arasındaki farklılıklarını incelemişlerdir. Toplam protein ve azot içerikleri ile suda-ÇA konsantrasyonlarının siyah kimyon ilaveli peynir örneklerinde daha yüksek olduğunu, 90. günde yapılan duyuşal analizlerde genel kabul edilebilirlik açısından ise siyah kimyon ilavesinin bir farklılık oluşturmadığını tespit etmişlerdir. SPME ve GC-MS kombinasyonu kullanarak olgunlaşmanın süresince yaptıkları analizlerde belirledikleri 94 adet uçucu bileşenden esterler (31), alkoller (14), terpenler (12) tespit edilen en yoğun bileşenler olmuştur. Diğer bileşenler ise aldehitler (7), kükürt bileşikler (2), metil ketonlar (8), karboksilik asitler (10) ve muhtelif bileşikler (10) olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, siyah kimyon ilavesinin duyuşal puanlara ve peynirin proteolitik aktivitesine pozitif etki ettiğini, ayrıca peynirdeki uçucu bileşenleri nitel ve nicel açıdan artırdığını rapor etmişlerdir.

Demir ve Öksüztepe (2016), 100 adet Şavak Tulum peyniri üzerinde olgunlaşma sürecinde gerçekleşen mikrobiyal değişimleri inceledikleri çalışmada, *L.monocytogenes*'e herhangi bir örnekte rastlanılmamasına karşın 12 adet Tulum peyniri örneğinde *Salmonella* spp. tespit etmişlerdir. Bu sonuçların peynirin hijyenik olmayan koşullar altında üretilmesinden kaynaklandığını ve halk sağlığını tehlikeye sokan bu durumun önüne geçmek için pastörizasyon işleminin yapılması, uygun starter kültür kullanımı, gerekli hijyen koşullarının sağlanması ve üretim yapılan işletmelerin düzenli olarak denetlenmesinin büyük önem arz ettiğini belirtmişlerdir. Bu şartlar sağlandığında istenilen kalitenin ve güvenilir ürün üretiminin sağlanabileceği görüşünde bulunmuşlardır.

Akpınar ve diğ. (2017), sadece inek sütü (21) ile inek, koyun ve keçi sütü karıştırılarak (16) üretilen 37 farklı İzmir Tulum peynirinde depolama süresince gerçekleşen fiziksel ve kimyasal değişimler ile aroma içeriklerini incelemişlerdir. Alınan sonuçlar incelendiğinde kuru madde, yağ ve tuz oranının karışık süt ile üretilen peynir örneklerinde daha yüksek olduğunu ve suda-ÇA, TCA-ÇA, proteoz-pepton azotu gibi parametrelerinin örnekler arasında farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Tüm örneklerde SAA ile öne çıkan aroma fraksiyonlarının kullanılan süt türüne ve üretim metotlarına bağlı olarak etkilendiğini belirtmişlerdir.

Demir ve diğ. (2017), Şavak Tulum peynirinde potasyum sorbat kullanımının raf ömrüne etkisini belirlemek amacıyla potasyum sorbat ilave ettikleri peynir örneklerini vakum ambalajda olgunlaştırmışlardır. Sonuç olarak, vakum ambalaj kullanımının Tulum peynirinin küçük porsiyonlar halinde tüketimini sağladığı ve potasyum sorbatın *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üzerinde inhibe edici etki oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Erdem ve Patır (2017), Elazığ'da tüketime sunulan Tulum peynirlerinin kimyasal kalite parametreleri ile olgunlaşma düzeylerini ve histamin miktarlarının inceledikleri çalışmada, kimyasal analizler sonucunda %1.80 laktik asit, 5.10 pH, %54.94 kuru madde, %27.35 yağ ve %3.37 kül oranı tespit etmişlerdir. Azot fraksiyonları kullanarak yaptıkları analizler sonucunda ise %3.25 toplam azot, %20.76 protein, %0.795 suda-ÇA, %0.4982 TCA-ÇA ve %0.1743 PTA-ÇA oranı tespit etmişlerdir. Olgunlaşma indeksinin $\%24.58 \pm 5.48$ olarak belirlendiğini rapor etmişlerdir.

Demirtaş ve Coşkun (2018), farklı yöntemler ile ürettikleri peynir örneklerinde olgunlaşma sürecinde gerçekleşen değişimleri incelemişlerdir. Bu çalışmada kullanmak üzere keçi sütünü pastörize ettikten sonra, süt enzimle ve starter kültür ile pıhtılaştırdığı iki

farklı peynir üretmişlerdir. İlk 10 gün 10 °C’de beklettikleri peynirleri daha sonra +4 °C’de 90 güne kadar olgunlaştırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, kurumadde, protein ve yağ değerleri ile % suda-ÇA, % TCA-ÇA, % PTA-ÇA, ADV değerleri ve olgunlaşma indeksinin (%), süt enzimle pıhtılaştırılmış peynir örneklerinde daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Enzimle üretilen örneklerde mikroorganizma sayılarının daha yüksek çıktığını belirlemişlerdir ($P<0.05$). L^* değerlerinin starter kültürle pıhtılaştırılmış peynir örneklerinde yüksek ($P<0.05$), a^* değerlerinin ise süt enzimle pıhtılaştırılmış peynir örneklerinde düşük çıktığını tespit etmişlerdir ($P<0.05$). Starter kültürle pıhtılaştırılmış peynir örneklerinin duyu analizlerin yapıldığı her dönemde daha çok beğenildiğini görmüşlerdir.

Demir ve diğ. (2018), Elazığ’da farklı noktalarda satılan 100 adet Şavak Tulum peyniri örneğinin bazı mikrobiyolojik kalite parametrelerini inceledikleri çalışmada, toplam TAMB sayısının $6.85 \pm 2.11 \log_{10}$ kob/g, koliform grubu bakteri sayısı $4.49 \pm 0.12 \log_{10}$ kob/g, maya-küf sayısının ise $5.06 \pm 1.34 \log_{10}$ kob/g, olduğunu tespit etmişlerdir. *Staph. aureus* sayısının $1.42 \pm 0.14 \log_{10}$ kob/g, *E. coli* sayısının $1.10 \pm 0.09 \log_{10}$ kob/g ve *C. perfringens* sayısının ise $1.03 \pm 0.05 \log_{10}$ kob/g olarak tespit ettiklerini ve bu sayılarında gıda güvenliği açısından tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle peynir üretimine uygun pastörizasyon işleminin gerektiği, uygun starter kültür kullanılması gerektiği ve kalite şartlarının sağlanarak halk sağlığını tehlikeye atamayacak kaliteye sahip ürünlerin üretiminin sağlanması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Sulejmani ve Hayaloğlu (2018), Makedonya beyaz keçi sütü peyniri üretiminde çiğ ve pastörize süt kullanımını analiz ettikleri araştırmada, pastörizasyonun, olgunlaşma döneminde azot fraksiyonlarında, kazeinlerin üre-poliakrilamid jel elektroforezinde, peptit profillerinde ve uçucu maddelerde önemli bir azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. On iki asit, on dört ester, altı keton, üç alkol, dört terpen ve altı diğer bileşik dahil olmak üzere kırk beş uçucu bileşen tespit edilmiş olup, el yapımı beyaz salamura peynir üretimi için sütün pastörizasyonunun, peynirin benzersiz aromasıyla ilişkili olan uçucu maddelerin evrimini geciktirdiği sonucuna varmışlardır.

Tomar ve diğ. (2018), farklı ambalaj materyallerinin olgunlaşma sürecinde Tulum peynirinin kimyasal, mikrobiyolojik ve kalite özelliklerine etkisini incelemek için pastörize koyun sütü kullanarak ve probiyotik bakteri kültürleri ilave ederek Erzincan Tulum peyniri üretmiş ve üç farklı ambalaj türünde depolamışlardır. Depolama süresi boyunca peynir örneklerinde % asitlik oranının arttığını, buna karşılık pH ve su aktivitesi (a_w) değerlerinde azalma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca, toplam aerobik mezofilik ve

psikrofilik bakteri sayılarında; maya/küf, laktik asit bakterileri, lipolitik ve proteolitik bakteri sayılarında; *Lactococcus* spp. ile *Pseudomonas* spp. türlerine ait bakteri sayılarında da artış tespit edilmiştir. Buna karşın, toplam koliform bakteriler ile *Enterobacteriaceae* grubu bakteri sayılarında azalma olduğu bildirmişlerdir. Depolama sürecinde üretimde kullanılan probiyotik kültürlerin sayısında düşüş görüldüğünü, yapılan analizlerde ise *E.coli*, *Staph. aureus*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. ve *Brucella* spp. gibi mikroorganizmaların varlığına dair herhangi bir bulguya rastlanmadığını belirtmişlerdir.

Tekin ve Güler (2019), farklı ambalaj materyalinin olgunlaşma sürecinde peynirin kimyasal yapı değişiklikleri, organik asit, SAA ve SYA içeriklerini araştırmışlardır. Koyun sütü kullanarak ürettikleri Tulum peynirini iki farklı ambalaj türünde olgunlaştırmışlardır. Nem kaybının keçi derisinde olgunlaşan Tulum peynirinde daha yüksek olması ile birlikte tuz, yağ ve protein içeriğinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ambalaj türünün kompozisyon farklılıklarına neden olduğunu, toplam serbest yağ asidi ve toplam organik asit seviyelerinin deri kılıflardaki Tulum peynirlerinde daha yüksek olduğu tespit etmişlerdir.

Çakır ve Çakmakçı (2020), ticari sıvı peynir mayası kullanarak çiğ ve pastörize Akkaraman koyunu sütlerinden ürettikleri Erzincan Tulum peynirlerini 2 kg'lık plastik bidonlarda ambalajlamış ve 4 ± 1 °C sıcaklıkta 90 gün olgunlaştırılmışlardır. Olgunlaşma süresince örneklerdeki mikroorganizma sayılarındaki değişim ile kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Pastörize süttten üretilen örneklerde koliform bakteriye rastlamazken (<1 log kob/g), çiğ süttten örneklerinde daha fazla koliform bakteri tespit etmişlerdir. Tüm örneklerde *S. aureus* sayısını < 2 log kob/g olarak tespit ederken, maya ve küf sayılarında olgunlaşma süresince istatistiksel olarak benzerlik bulunduğunu tespit etmişlerdir. Çiğ süttten üretilen Tulum peynirlerde koliform bakteri sayıları sürekli azalırken maya ve küf sayıları tüm örneklerde devamlı azalmıştır. Çiğ süttten üretilen Tulum peynir örneklerinin duyuşal açıdan olgunlaşma süresince, pastörize süttten üretilen Tulum peyniri örneklerine benzer olduğunu ($P<0.05$), panelistler tarafından en çok tercih edilen peynirin 90 gün olgunlaştırılan çiğ süt örneği olduğunu belirlemişlerdir.

Tulukoğlu ve diğ. (2020), farklı inkübasyon sıcaklıklarında elde edilmiş peynir altı suyu kültürleri kullanılarak üretilmiş olan İzmir Tulum peynirlerinin olgunlaşma sürecindeki fiziksel ve kimyasal değişimlerini, bununla birlikte gelişen mikrobiyal gelişimlerini ve yapısal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Peynir altı suyu kültürü ilave edilerek üretilen peynir örneklerinde kuru madde oranının daha düşük olduğunu tespit ederken, yağ, protein ve toplam azot değerleri açısından kayda değer bir farklılık görülmediğini

belirtmişlerdir ($P>0.05$). Protein oranının 120. gün sonunda kontrol grubunda 22.69 ± 1.57 olarak en yüksek değere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Olgunlaşma süresince pH değerlerinin 5.50-5.77, % laktik asitin 0.56-0.73, suda-ÇA'nın % 0.12-0.27, %12'lik TCA-ÇA'nın ise %0.306-0.366 aralığında değişiklik gösterdiğini, suda-ÇA oranının kontrol örneğinde, %12 lik TCA-ÇA oranının ise mezofilik kültürle üretilen peynir örneğinde en fazla oranda saptandığını bildirmişlerdir. Kontrol grubu örneklerinde depolama boyunca *Lactococcus* bakterilerinin en düşük, maya/küf sayılarının ise en yüksek seviyelerde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca ilk gün mezofilik kültürle üretilen peynirlerin en sert yapıya sahip iken, depolamanın sonunda ise kontrol örneğinin en sert yapıya sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Evren ve Şıvgın (2021), Samsun ilinde pazara sunulan 63 adet Tulum peyniri örneğinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, 35'i deri tulumda ve 28'i plastik bidonda ambalajlanan peynir örnekleri incelenmiştir. İncelenen örneklerden deri tulumda muhafaza edilen peynir örneklerinin %46'sının (16 adet), plastik bidonda muhafaza edilen peynir örneklerinin ise %18'inin (5 adet) kuru madde açısından Türk gıda kodeksi peynir tebliğine uygun bulunduğunu tespit etmişlerdir. Aynı tebliğ uyarınca yağ miktarı bakımından deri Tulum peynir örneklerinin %26'sının (9 adet) yarı yağlı, %74'ünün (26 adet) az yağlı peynir grubunda, plastik bidon Tulum peyniri örneklerinin ise tamamının az yağlı peynir grubunda sınıflandırıldığını bildirmişlerdir. Tuz miktarı yönünden ise yalnızca deri Tulum peyniri örneklerinin %9'unu (3 adet) sınır değerin üzerinde bulmuşlardır. Sonuç olarak, ambalaj materyalinin Tulum peynirlerinde fizikokimyasal, mikrobiyal ve yapısal özellikler üzerinde belirgin farklılıklara yol açtığını, bu duruma ise peynir üretimindeki standardizasyon eksikliğinin sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Tüm bu veriler ışığında, güvenilir gıda tüketiminin sağlanabilmesi adına Tulum peyniri üretiminde standardizasyonun gerekli olduğunu vurgulamışlardır.

Rençber ve Çelik (2021), iki farklı ambalaj materyalinde olgunlaştırdıkları Muş Tulum peynirinin bazı karakteristik özelliklerini belirlemek ve gıda güvenliği açısından değerlendirilmek amacıyla, üç ayrı süt işletmesinden temin ettikleri deri tulum ile plastik bidonlara basılmış peynir örneklerini 6 ± 2 °C'de 4 ay süre ile olgunlaştırmışlardır. Olgunlaşma süresince ambalaj materyalinin etkisi ile peynir örneklerinin fizikokimyasal değişimleri ve mikrobiyal gelişimlerinde kayda değer farklılıkların oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Deri tulumda olgunlaştırılan peynir örneklerinde yüksek kuru madde, yağ, protein, kül, ve tuz değerleri ile koliform grubu, *E. coli* ve koagülaz (+) *Staph. aureus*

sayısına karşın, düşük pH ve lipoliz düzeyi ile maya ve küf sayısının bulunduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, farklı ambalaj materyali kullanılarak olgunlaştırılan Muş Tulum peynirinin Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'ne göre uygunluk arz ettiği, halk sağlığı ve güvenilir gıda açısından Muş Tulum peynirinin ambalajlanmasında deri tulum kullanımının güvenli olduğu sonucuna varmışlardır.

Keser ve diğ. (2024), Erzincan Tulum peynirinin aroma bileşikleri ve bazı fizikokimyasal özellikleri inceledikleri çalışmada, Tulum peynirinin nem oranını 36.6 ± 0.03 , kül miktarını 4.09 ± 0.02 , yağ miktarını 35.9 ± 0.13 ve protein miktarını 20.7 ± 0.33 olarak tespit etmişlerdir. Tulum peynirinde aroma bileşikleri olarak asit (7), ester (6), keton (5), aldehit (2), alkol (1) ve terpen (1) olmak üzere toplam 22 adet bileşik tespit etmişlerdir. Tespit edilen aroma bileşik grupları arasında miktarsal olarak en baskın aroma bileşik grubu asitler olmuş ve bunu esterler takip etmiştir. Asitler arasında en baskın olan bileşiklerin ise sırasıyla hekzanoik asit ve bütanoik asit (sırasıyla 5885 ve 4151 $\mu\text{g/kg}$) olduğu bildirmişlerdir.

Yapılan tüm bu çalışmalar incelendiğinde genel olarak Şavak Tulum peynirlerinin bazı mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve olgunlaşma özelliklerinin kullanılan farklı ambalaj türlerine bağlı olarak incelendiği, fakat Tulum peynirinin ambalajlanmasında kullanılan deri, bez ve plastik bidon dışında, vakum ve plastik geçirgen kılıf gibi ambalaj materyallerinin peynirin olgunlaşma sürecinde mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel süreci nasıl etkilediği, tekstürel yapısında ne gibi değişiklikler oluşturduğu gibi alanlarda çalışma yapılmadığı anlaşıldığından, bu alanda çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmuş ve bu çalışma bu çerçevede oluşturulmuştur.

Yapılacak olan bu çalışma için yapılan ön incelemede, Elazığ bölgesindeki Tulum peyniri işletmeleri ile ön görüşmeler yapılmıştır. Şavak Tulum peynirinde kullanılan Akkaraman sütlerinin temin edildiği yaylalardan soğuk zincir ile üretim tesislerine getirilmesi mümkün olmadığından üreticilerin Tulum peyniri üretimi amacıyla süt üreticilerinden süt yerine, sağım sonrası süte rennin enzimi ilavesi ile elde edilen teleme (kelle peyniri) aldıkları saptanmıştır.

Tulum peyniri üretimi yapan işletmeler temin ettikleri telemeleri güneşsiz bir ortamda ve büyük çuvallarda 1 ile 7 gün arasında bekletmekte ve suyunun süzülmesi sağlanmaktadır. Bu bekleme süresinden sonra telemeler ufalanarak yaklaşık %2.5 oranında kaya tuzu ilavesi yapılarak güneşsiz ortamda 1 ile 7 gün arasında bekletme işlemi tekrarlanır.

Bu süre içerisinde peynir çuvalları hergün alt st edilerek suyunun uzaklaşması sağlanmaktadır. Daha sonra üreticiler pazar ihtiyaı ve sipariş durumlarına göre uvallardaki peynirleri farklı ebatlardaki ambalaj materyallerine içerisinde hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurmaktadırlar.

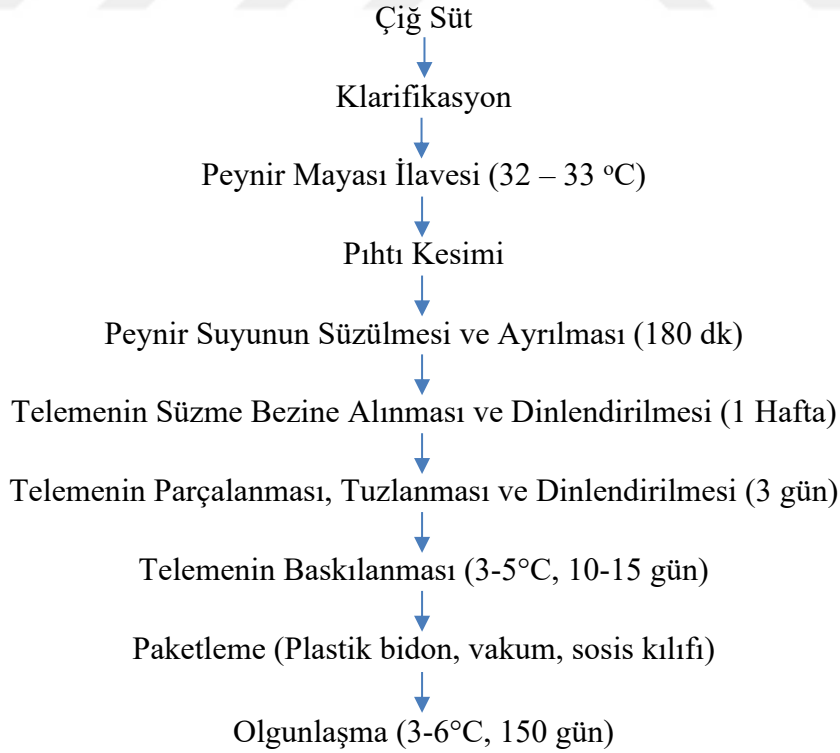
Bu çalışmada aynı partiden alınan şavak Tulum peynirleri farklı ambalaj materyallerine (plastik kap, vakum ambalaj ve sosis kılıfı) doldurulduktan sonra 4  C’de 150 günlük olgunlaştırmaya bırakılmıştır. Depolama boyunca peynir örneklerinin biyoaktif özellikleri ve kalite parametreleri açısından değişimleri incelenerek en uygun ambalaj materyalinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmaya başlamadan önce, Tulum peynirinin üretim süreci Elazığ Merkez’de faaliyet gösteren üretim tesisinde yerinde takip edilmiştir. Yapılan incelemede, Şavak ırkı Akkaraman koyunlarından sağılan sütlerin yaylalardan soğuk zincir vasıtası ile üretim tesislerine getirilmesi mümkün olmadığından, üretimde kullanılmak üzere süt üreticilerinden teleme peynir alındığı görülmüştür. Teleme peyniri üretiminde çiğ koyun sütü sağım sonrası çöktürücülerden geçirilerek, pıhtılaşma gücü 1:16000 MCU mL⁻¹ olan sığır eti renniti (Mysecoren 200-Maysa A.Ş., İstanbul, Türkiye) ile 32-33 °C’de 90 dk pıhtılaştırılmıştır. Temin edilen telemeler büyük pamuklu süzgeç bezlerinde oda sıcaklığında ve güneşsiz ortamda yaklaşık 1-7 gün bekletilerek suyunun süzülmesi sağlanmış, daha sonra telemeler nohut büyüklüğünde parçalara ufalanıp %2.5 oranında kaya tuzu ilave edilerek aynı ortamda 1 ile 7 gün arasında tekrar bekletilmiştir. Bekleme sürecinde çuvallar günlük olarak alt-üst edilmiştir. Tulum peynirini üretimine ait akış şeması Şekil 3.1’de belirtildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1: Şavak Tulum peyniri üretim akış şeması

1 ile 7 gün arasından baskılanan (Şekil 3.2) teleme peynir, bu işlemlerin ardından çuvallardan çıkartılarak nohut büyüklüğünde parçalara ufalandıktan sonra, farklı ebatlardaki bidonlara hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmaya hazır hale getirilmiştir. Çalışmada yapılan analizler aynı parti peynirden alınan numuneler ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2: Tulum peynirinin baskılanması

Peynir üretimi, Elazığ bölgesinde faaliyet gösteren Öz-Polatcanlar Peynircilik İmalat Paz. San. Tic.Ltd. Şti.'ye ait Tulum peyniri işletmesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Tulum peynirinin dolum ve depolama işlemi

PB (Şekil 3.4c) örneklerinin dolumu peynirin temin edildiği işletmede; SK (Şekil 3.4a) ve VP (Şekil 3.4b) örneklerinin dolumları ise sucuk üretimi yapılan bir işletmenin sucuk dolum makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4d). Sucuk üretimi nedeni ile oluşabilecek mikrobiyal kontaminasyonu engellemek amacıyla makine temizliği dikkatlice yapılarak dezenfeksiyon işlemi yapılmıştır. 30 günlük periyotlarda yapılacak analizler ve 150 gün olgunlaştırma süresi göz önünde bulundurularak her bir peynir için 500 g'lık 6 adet örnek dolumu yapılmıştır. Analizler 3 örnek için 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. 3 örnek ve her bir örnekten 6 adet (500 g) olmak üzere toplam 9 kg teleme peynir kullanılmıştır. Elde edilen numuneler daha sonra 4 °C'de 150 günlük olgunlaşma sürecine bırakılmıştır.



Şekil 3.4: Tulum peynirinin ambalajlama işlemi

3.2 Yöntem

3.2.1 Bileşim analizleri

Peynir örneklerinin bileşim analizleri Hayaloğlu ve diğ. (2005)'in belirledikleri yöntemler ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1 Kuru madde

Gravimetrik yöntem (Ardö ve Polychroniadou, 1999) kullanılarak gerçekleştirilen kuru madde tayini için, 3 örnek 2 tekrar olmak üzere 6 adet tartım için petri kapları hassas terazide tartılarak darası alınmış ve petri ağırlıkları kaydedilmiştir. Her örnek için 3 g peynir numunesi tartılarak alınan miktarlar kaydedilmiş, numune alımı yapılır yapılmaz petri kaplar desikatöre alınmıştır. Tartım işlemi tamamlandıktan sonra petriler 121 °C sıcaklığa gelmiş olan Etüv'e (Memmert model UN110, Almanya) konularak 6 saat arasında bekletilmiştir. 6 saat sonra petri kapları desikatöre alınarak kısa bir süre soğuması beklenmiş ve hızlı bir şekilde tartımları yapılarak kaydedilmiştir. Petri kapları tekrar Etüv'e konularak 30 dk –1 saat arasında bekletilmiş ve daha sonra 2. kez tartım yapılmıştır. İki tartım arası 0.05 – 0.1 g arası farklılığa erişince tartım işlemi sonlandırılmıştır. Kuru madde oranı aşağıda yer alan formülde belirtildiği şekli ile hesaplanmıştır. Peynirdeki kuru maddede yağ ve tuz oranları % cinsinden ifade edilmiştir.

$$KM (\%) = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

m_0 : Petri kabının darası, g

m_1 : Peynir örneği + petri kabının ağırlığı, g

m_2 : Kurutma sonrası petri kabının ağırlığı, g

3.2.1.2 Tuz

Peynir örneklerinde tuz oranı Mohr yöntemiyle (Bradley ve diğ., 1993) belirlenmiştir. Tayin için 3 örnek 2 tekrar olmak üzere 6 adet 10'ar g peynir örneği beher içerisine konularak hassas terazide tartılmıştır. Tartımı yapılan 40 °C sıcaklıktaki 40 mL saf su eklenerek Ultra-Turrax'da (IKA UltraTurrax T25, Almanya) 10.000 rpm, 2.5 dk süre ile homojen karışım sağlanmıştır. Numuneler falkon tüplerine dökülerek santrifüj (Hettich Universal 320 R santrifüjü, Tuttlingen, Almanya) cihazında 1500 rpm, 15 dk ve 4 °C'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası kapların üzerinde biriken yağ tabakası spatula ile

alınmış ve sıvı kısımlar 100 mL'lik mezürlere huni + kaba filtre kağıdından süzdürülmüştür. Süzüntü saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Numunelerden 5 mL alınarak erlene konulmuş ve üzerine 0.5 mL K₂CrO₄ çözeltisi eklenmiştir. Sarı rengi alan çözelti, 0.1 N AgNO₃ çözeltisi ile kiremit kırmızı renk oluşuncaya dek titre edilmiştir. Sarf edilen AgNO₃ miktarı kaydedilerek aşağıda yer alan formül ile tuz miktarı hesaplanmıştır. Titrasyon işlemi tanık çözelti içinde aynı şekilde yapılmıştır.

$$\%Tuz = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.585}{m}$$

V₁ = Peynir örneği için yapılan titrasyonda harcanan 0.1 N AgNO₃ miktarı, mL

V₂ = Tanık çözelti için yapılan titrasyonda harcanan 0.1 N AgNO₃ miktarı, mL

m = Peynir miktarı, g

3.2.1.3 pH

Peynir örneklerinde pH analizleri, Hayaloğlu ve diğ. (2005)'nin belirledikleri yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. 20 g peynir örnekleri 40 °C sıcaklıktaki 40 mL su ile karıştırıldıktan sonra homojenize edilmiş ve pH metrede (Mettler Toledo pH meter S210, USA) pH ölçümü yapılarak kaydedilmiştir.

3.2.1.4 Titrasyon asitliği

Peynir örneklerinde titrasyon asitliği, Hayaloğlu ve diğ. (2005) tarafından belirtilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. 3.2.1.2 başlığı altında belirtilen tuz tayini için yapılan ekstraksiyon işleminden elde edilen süzüntüden 10'ar mL alınarak erlenelere konulmuştur. Üzerine 2-3 damla % 1'lik fenolftalein indikatörü eklenmiş ve 0.1 N NaOH (0.0090 g laktik asite eşdeğer) ile titre edilmiştir. Sarf edilen NaOH miktarı kaydedilerek aşağıda yer alan formül ile asitlik miktarı % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır.

$$\% \text{ laktik asit} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times F_{\text{NaOH}} \times \text{Meşdeğer g laktik asit}}{\text{örnek miktarı (g)}} \times 100$$

V = Harcanan 0,1 N NaOH çözeltisinin hacmi (mL)

m = Örnek miktarı (g)

1 mol laktik asit = 90 g

3.2.1.5 Yağ

Yağ oranı Gerber yöntemiyle (Ardö ve Polychroniadou, 1999) belirlenmiştir. Bütirometreye, 0.005 g duyarlıkta 3 g peynir örneği (3 numune 2 tekrar) tartılmıştır. Bütirometrenin alt kısmına sıkıca yerleştirilmiştir. Bütirometrenin üst kısmından 10 mL H₂SO₄ çözeltisi (20 °C’de d=1.522±0.005 g/mL) konulmuş ve üstteki ağız özel tıkaç ile kapatılmıştır. Peynirin tamamen çözünmesi için bütirometre 65 °C’deki su banyosunda ara sıra alt üst edilmiştir. Çözünme sonrası, üst tıkaç çıkarılarak 1 mL amil alkol (d=0.82 g/mL) eklenmiş ve hafifçe çalkalanmıştır. Bir sonraki adımda bütirometrenin boynundaki skalada 35 taksimat çizgisine kadar H₂SO₄ çözeltisi (20 °C’de d=1.522±0.005 g/mL) ilave edilmiştir. Bütirometrenin üstteki ağız kısmı bir kurutma kağıdı ile kurutulurak tekrar su banyosuna konulmuş ve birkaç kez alt-üst edilmiştir. Bütirometreler Gerber (Funke Gerber 3670-5328, Germany) cihazına karşılıklı yerleştirilerek 1000 – 1200 devirde 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası Gerber butirometre skalasından direkt olarak yağ değeri okunmuştur. Skaladaki yağ değeri 100 g’daki yağ miktarı olarak belirlemiştir.

3.2.1.6 Protein

Peynir örneklerinde toplam protein miktarı mikro-Kjeldahl yöntemiyle (IDF, 1993) belirlenmiştir. 0.5 g peynir örneği (3 numune 2 tekrar) kjeldahl tüpü içerisine konularak hassas terazide tartılmıştır. Üzerine 10 mL %95-98’lik H₂SO₄ ile katalizör (30 g K₂SO₄.5H₂O + 1 g CuSO₄ ölçüsü ile hazırlanmıştır) ilave edilmiştir. Kjeldahl yakma ünitesinde 420 °C’de yakma işlemi başlatılarak berrak açık yeşil ton yakalanıncaya kadar yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma sonrası soğumaya bırakılan tüpler distilasyon cihazına alınmıştır. Her tüp için 250 mL’lik erlenlere %4’lük borik asitten 25 mL konularak üzerine 2-3-5 damla indikatör (0.01 g metil red ve 0.15 g bromocresol green 100 mL %70’lik etanolde çözündürülerek hazırlanır) eklenmiştir. Daha sonra 0.05 N HCL ile titre edilerek kullanılan HCL asit miktarları kaydedilmiştir. Azot miktarları hesaplanarak peynir örneklerinde bulunan protein değerleri “%” olarak belirlenmiştir. Bulunan yüzde azot miktarı, analizi yapılacak numunenin faktörü ile çarpılarak protein miktarı hesaplanır. Peynir örnekleri için bu faktör: 6.38’dir.

$$\% \text{ Toplam azot} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times F \times 0,0014 \times 100}{m}$$

V_o : Tanık denemede harcanan 0.05 N HCl miktarı, mL

V_1 : Örnek için harcanan HCl miktarı, mL

N : Titrasyonda kullanılan çözeltinin normalitesi

m : Tartılan örnek miktarı, g

F : HCl çözeltisinin faktörü

3.2.2 Proteoliz

Şavak peynirlerinde pH 4.6-ÇA ve %12 TCA-ÇA düzeyleri, Atasoy ve diğ. (2019) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. pH 4.6-ÇA fraksiyonlarının peptit profilleri ve üre-poliyakrilamid jel elektroforezi (Üre-PAGE), Sulejmani ve Hayaloğlu (2018) tarafından bildirilen yöntemlere göre uygulanmıştır. Peynir örneklerinde pH 4.6-ÇA fraksiyonundaki toplam ve bireysel serbest amino asit (SAA) düzeyleri sırasıyla spektrofotometrik (Folkertsma ve Fox, 1992) ve HPLC yöntemiyle belirlenmiştir (Uruc ve diğerleri, 2022).

3.2.2.1 pH 4,6'da çözünen azot miktarı tayini

Peynir numunelerinde pH 4.6'da çözünür azot oranının belirlenmesi için 20 g peynir örnekleri (3 numune 2 tekrar) beher içerisine konularak hassas terazide tartılmıştır. 40 °C sıcaklıktaki 40 mL saf su eklenerek Ultra-Turraks (IKA UltraTurrax T25, Almanya) cihazında 2.5 dk boyunca 10.000 rpm'de homojen karışım sağlanmıştır. pH metre (Mettler Toledo pH meter S210, USA) cihazına yerleştirilen beherler pH değeri ölçüldükten sonra damlalık ile 0.1 N HCl damlatılarak pH değerinin 4.6'ya gelmesi sağlanmıştır. Numuneler 40 °C'ye ayarlanmış çalkalamalı su banyosunda (Memmert, Schwabach, Germany) 1 saat bekletilmiş, su banyosundan çıkarılan numuneler santrifüj kaplarına dökülerek santrifüj (Hettich Universal 320 R santrifüjü, Tuttlingen, Almanya) cihazında 3000 g, 30 dk ve 4°C'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası kapların üzerinde biriken yağ tabakası spatula ile alınmıştır. Sıvı kısımlar 100 mL'lik mezürlere huni + filtre kağıdından (Whatman no.1) süzdürülmüş, santrifüj kabının altında kalan katı kısım ise elektroforetik analizlerde kullanılmak üzere dondurularak kurutulmuştur. Mezür içerisine süzülen sıvı kısım saf su ile 100 mL'ye tamamlanarak her numune için 10 mL alınarak mikro-Kjeldahl yöntemiyle (IDF, 1993) % azot değeri üzerinden belirlenmiştir.

$$\% \text{ Suda çözünen azot (w/w)} = \frac{[1.4 \times (V_1 - V_0) \times M \times F]}{m}$$

V_0 : Tanık denemede harcanan 0.05 N HCl miktarı, mL

V_1 : Örnek için harcanan HCl miktarı, mL

M : HCl'nin standart volumetrik çözeltisinin molaritesi, M

m : Tartılan örnek miktarı, g

F : HCl çözeltisinin faktörü

3.2.2.2 Trikloroasetik asitte çözünür azot miktarı tayini

Şavak peynirlerinde %12 trikloroasetik asitte çözünür azot (TCA-ÇA) düzeyleri, Atasoy ve diğ. (2019) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. Peynir numunelerinde TCA'da çözünen azot miktarı tayini belirlenirken, 3.2.2.1 başlığı altında belirtilen pH 4.6-ÇA miktarı tayini için filtre kağıdından süzme sekmesine kadar aynı işlemler olduğundan mezürde 100 mL'e tamamlanan numunelerden 25 mL alınarak erlenlere konulmuştur. Ardından %25'lik TCA konularak oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiş ve tam çözünme sağlanmıştır. TCA bu şekilde %12 çözünürlüğe getirilmiştir. 2 saat sonunda erlenler iyice çalkalanarak 100 mL'lik mezürlere filtre kağıdından (MN 640 m - 125 mm; Macherey–Nagel, Düren, Germany) süzdürülmüş, yaklaşık 48 mL süzüntü elde edilmiş olup saf su ile 50 mL'e tamamlanmıştır. Erlenlerde bulunan 50'şer mL numunelerden 25'şer mL 2 tüpe (2 tekrar için) alınarak kjeldahl tüpüne aktarılmış ve mikro-Kjeldahl yöntemiyle (IDF, 1993) % azot değeri üzerinden belirlenmiştir.

$$\%12 \text{ TCA'da çözünen azot (w/w)} = \frac{[1.4 \times (V_1 - V_0) \times M \times F]}{m}$$

V_0 : Tanık denemede harcanan 0.05 N HCl miktarı, mL

V_1 : Örnek için harcanan HCl miktarı, mL

M : HCl'nin standart volumetrik çözeltisinin molaritesi, M

m : Tartılan örnek miktarı, g

F : HCl çözeltisinin faktörü

3.2.2.3 Üre-PAGE elektroforezi analizi

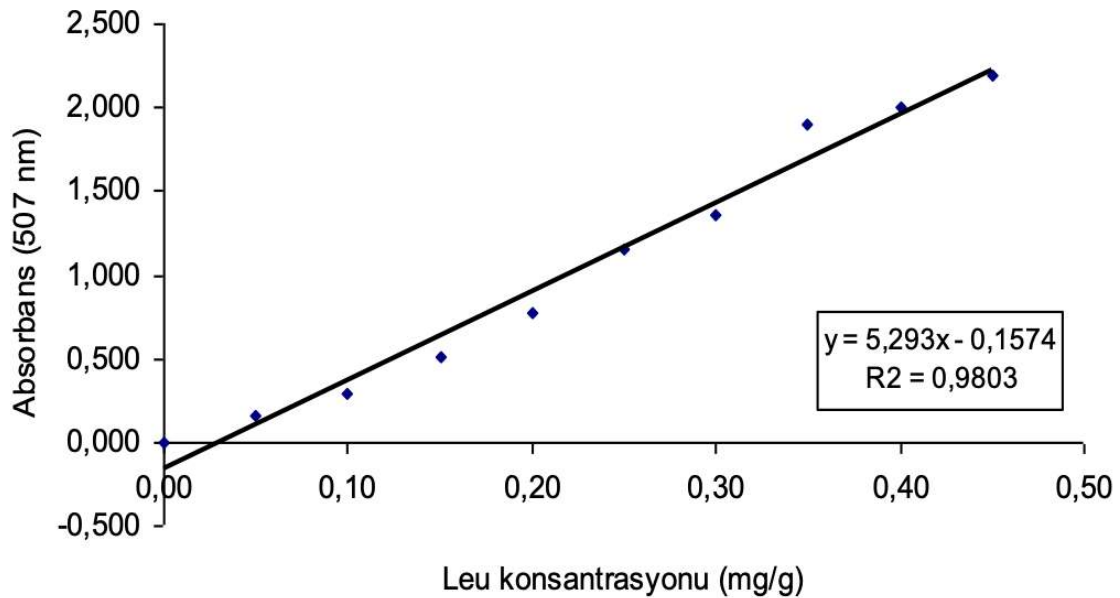
Şavak Tulum peyniri örneklerinin suda çözünmeyen fraksiyonlarının üre-PAGE analizi, Sulejmani ve Hayaloğlu (2018) tarafından açıklanan yöntemlerle belirlenmiştir. Her numuneden pH 4.6'da çözünmeyen fraksiyonun dondurularak kurutulmuş numuneleri (10 mg), 1 mL elektroforez örnek tamponunda (%49 (h/h) üre içeren) çözündürülmüş ve karıştırılmıştır. Jel üzerine 7 mikrolitre örnek yüklemesi yapılmıştır. Standart olarak sodyum kazein kullanılmıştır. Elektroforez, sırasıyla 280 ve 300 V'da sıralama ve ayırma jelleri aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Jeller, Blakesley ve Boezi (1977) yöntemine göre Coomassie Brilliant Blue G-250 ile damıtılmış su kullanılmadan doğrudan boyanmıştır. Boyanmadan sonra, jel levhalar bir tarayıcı (HP ScanJet yazılımı, ScanJet 6300C, Hewlett Packard, City, ABD) tarafından sayısallaştırılmıştır. Elektroforetogramların taramaları, densitometrik yazılım (Image Master TotalLab 1D Gel analysis v1.11 yazılımı, Amersham Pharmacia Biotech, Uppsala, İsveç) kullanılarak bantları ölçmek için kullanılmıştır. Kazeinler ve peptitler, densitometre kullanılarak pik hacimlerinin entegrasyonu yoluyla kantitatif olarak belirlenmiştir.

3.2.2.4 Peptit profilinin belirlenmesi

Şavak Tulum peyniri örneklerinin liyofilize suda çözünen protein fraksiyonlarında bulunan çeşitli peptitleri ayırmak için yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu LC 20 AD Prominence sistemi, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) kullanılmıştır. Ayırma işlemi C18 kolonu (250 mm × 4.6 mm × 5.0 µm; Zorbax 300SB, Agilent, Santa Clara, CA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan çözücüler: (A) %0.1 (h/h) trifloroasetik asit (TFA, dizileme sınıfı; Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH, Seelze, Almanya) deiyonize ultra saf suda (Milli-Q sistemi; Waters Corp., Molsheim, Fransa) ve (B) %0.1 (h/h) TFA asetonitrilde (HPLC sınıfı; Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) 0.75 mL/dk akış hızında. Örnekler başlangıçta 5 dk boyunca %100 A ile, ardından 55 dk boyunca %0 ila %30 B, 15 dk boyunca %30 ila %50 B, 5 dk boyunca %50 ila %60 B ve 5 dk boyunca %60 ila %95 B gradyanı ile elüe edilmiştir. 5 dk boyunca %95 B'de tutulmuş, ardından 5 dk boyunca %0 B'den doğrusal bir gradyan izlenmiştir ve 10 dk boyunca %0 B'de tutulmuştur. Ayırma 214 nm'de izlenmiştir (Sulejmani ve Hayaloğlu, 2018).

3.2.2.5 Toplam serbest amino asit miktarının belirlenmesi

TSAA miktarının belirlenmesinde, Folkertsma ve Fox (1992) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu doğrultuda, 0.8 g ninhydrin, 80 mL etanol ve 10 mL asetik asit karışımında çözündürülmüş ve elde edilen karışıma 1 mL suda çözündürülmüş CdCl_2 ilavesiyle hazırlanan Cd-Ninhydrin ile hazırlanan örneğin absorbansı 507 nm’de ölçülmüştür. Analiz için, suda çözünür azot ekstraktından örnek miktarı 10–100 mL (beklenen serbest amino asit düzeyine bağlı olarak) alınmış ve saf su ile 1 mL’ye tamamlanmıştır. Bu karışıma 2 mL Cd-Ninhydrin çözeltisi eklenmiş ve 84 °C’de 5 dk bekletildikten sonra soğutulmuştur. Soğutma sonrası karışımın 507 nm’deki absorbansı UV–spektrofotometrede (Shimadzu, UV–1201, Japan) okunmuştur.



Şekil 3.5: Farklı konsantrasyonlarda Leu standardına karşı elde edilen absorbans değerleri

Örneklerin toplam serbest amino asit içerikleri, Şekil 3.5’deki denklemde ifade edildiği üzere farklı konsantrasyonlarda (x) hazırlanan Leu standardına karşılık 507 nm’de okunan absorbans değerleri (y) grafiğe geçirilmiştir. Elde edilen standart eğri temel alınarak peynirlerde bulunan toplam serbest amino asit miktarları mg Leu/g peynir cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.2.6 Yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile serbest amino asit düzeylerinin belirlenmesi

Şavak Tulum peynirlerinin plastik bidon, vakum paket ve sosis kılıfında 150 gün olgunlaşma sürecinde GABA ve bireysel serbest amino asit içeriklerinin belirlenmesi için her numuneden (3 numune, 2 tekrar) 5 g alınarak vidalı kapaklı tüplerde iç standart olarak 0.1 N HCl'de hazırlanan 10 mL 0.4 mM metiyonin sülfon ile karıştırılmıştır. Karışım daha sonra 20 dk boyunca su banyosunda ultrasonikasyon işlemine tabi tutulmuş, ardından 4 °C'de 10 dk boyunca 3000 × g'de santrifüj edilmiştir (Hettich Universal 320 R santrifüjü, Tuttlingen, Almanya). Santrifüjden sonra, 1 mL üstteki sıvı 1 mL %40 trikloroasetik asit (TCA) ile karıştırılmış ve 10 dk boyunca 4 °C'de tutulmuştur. Daha sonra karışım 4 °C'de 10 dk boyunca 20.000 × g'de santrifüj edilmiş ve 25 µL deproteinize edilmiş üst sıvı dondurarak kurutulmuştur. Kurutulmuş numuneye 2:2:1 oranında 20 µL metanol, 1 M sodyum asetat ve trietilenamin içeren bir eşleştirme tamponu eklenmiş ve tekrar dondurarak kurutulmuştur. Daha sonra numuneye 7:1:1:1:1 (hacimce) oranında 20 µL metanol, trietilenamin, deiyonize su ve fenil izotiyosiyanat içeren bir türevlendirme tamponu eklenmiştir. Numune çalkalanmış ve 20 dk boyunca oda sıcaklığında tutulmuştur. En son dondurarak kurutma işleminden sonra 1 mL seyreltme tamponu eklenmiş ve çözelti 0.20 µm çapındaki bir filtreden süzölmüştür. Filtrelenmiş numune (40 µL), 150 mm x 4.6 mm boyutlarında bir Kromasil 100-5 C18 kolonu kullanılarak bir HPLC kolonuna enjekte edilmiştir (Uruc ve diğerleri, 2022). Asetik asit ile pH 6.55'e ayarlanmış %2.5 asetonitrilden oluşan Tampon A, mobil faz olarak kullanılmıştır. Tampon B, asetonitril, deiyonize su ve metanolün 9:8:3 (hacimce) oranında karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Her iki tampon da 10 mg/L disodyum etilendiamintetraasetik asit (Na₂EDTA) ile desteklenmiştir. Enjeksiyon 1 mL/dk akış hızıyla, 40 °C sıcaklıkta 254 nm'de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar mg/kg peynir olarak ifade edilmiştir (Uruc ve diğerleri, 2022).

3.2.3 Lipoliz analizi (ADV: Asit derecesi değeri)

Peynir örneklerinde lipoliz analizi, Aguilar Uscanga ve diğ. (2022) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. 10 g peynir örneği tartılarak lipoliz bütirometresine konmuş, üzerine 10 mL BDI çözeltisi (1 litre suda 30 g Triton X-100 ve 70 g sodyum tetrafosfat) eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. Örnekler sıcak çalkalamalı su banyosunda (Memmert, Schwabach, Germany) 15-20 dk bekletilmiştir. Daha sonra Gerber santrifüjünde (Funke Gerber 3670-5328, Germany) santrifüjlenmiş, üzerine sulu metil alkol (1:1, su-

metanol) eklenmiş ve tekrar 1 dk santrifüjlenmiştir. Lipoliz şişesinin boynunda toplanan yağ 1 mL enjektör ile alınmış ve küçük konik şişeye aktarılmıştır. Üzerine 5 mL yağ çözücüsü (petrol eteri + n-propanol, 4:1) ve 2-3 damla %1 fenolftalein eklenerek 0.02 N alkolik KOH ile pembe renk oluşana kadar titrasyon yapılmıştır.

ADV hesaplama formülü:

$$ADV = \frac{V_{\text{örnek}} (\text{mL}) - V_{\text{şahit}} (\text{mL}) \times 0.02 \times 100}{\text{örnek miktarı (g)}}$$

Lipoliz düzeyi, Asit Derecesi Değeri (ADV: meq KOH/100 g yağ) olarak belirlenmiştir.

3.2.4 ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite analizi

Örneklerin antioksidan aktiviteleri, 2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) radikal süpürme yöntemi ile belirlenmiştir. pH 4.6-ÇA fraksiyonu kullanılarak 734 nm’de ölçüm yapılmıştır (Şahingil ve diğ., 2019). Sonuçlar mg Trolox eşdeğeri/g örnek olarak ifade edilmiştir. ABTS radikali, ABTS’nin 7.8 mL 2.46 mM potassium peroxodisulfate içerisinde 7 mM olacak şekilde çözülüp 16 saat bekletmesiyle elde edilmiştir. Renklenen çözelti 734 nm’de 0.700 ± 0.010 absorbans verecek şekilde metanolle seyreltilmiştir. pH 4.6-ÇA analizi sonrasında eppendorf tüplerine ayrılan sıvı örnek ekstraktlarından 100 µL alınarak tüplere konmuş ve üzerine 2.4 mL seyreltilmiş ABTS çözeltisi eklenmiştir. 10 dk sonra 734 nm’de metanole karşı absorbans okunmuş ve sonuçlar trolox eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.5 Gaz kromatografisi kütle spektrometrisi ile uçucu bileşen analizi

Şavak peynirlerinin uçucu aroma profili, baş boşluk katı faz mikroekstraksiyonu ve gaz kromatografi-kütle spektrometresi sistemi (Shimadzu, QP2010, Kyoto, Japonya) ile belirlenmiştir (Sulejmani ve diğ., 2020). 3 g peynir örneği 15 mL’lik viallere (Supelco, Bellefonte, PA, ABD) konulmuştur. Analiz için her numuneden 2 tekrar için toplam 6 vial şişe hazırlanmıştır. 1, 30, 60, 90, 120 ve 150. gün için tüm Tulum peynir örnekleri analiz edilmiştir. Uçucu aroma maddeleri SPME fiberi (2 cm 50/30 µm DVB/Carboxene/PDMS; Supelco, ABD) ile 30 dk/40 40 °C’de absorbe edilen uçucular (Şekil 3.6) GC-MS sistemine (Shimadzu GC-2010/QP-2010 kütle spektrometre sistemi, Kyoto, Japan) enjekte edilmiştir. Uçucu bileşenlerin ayrımı DB-Wax kolon (60 m × 0.25 mm × 0.25 µm) kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. NIST ve Wiley kütüphaneleri, uçucuların tanımlanması için kullanılmıştır. Sonuçlar hem % olarak hem de pik alanı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.6: Uçucu bileşen analizi için peynir örneklerinden uçucuların SPME fiberi ile absorbe edilmesi

3.2.6 Tekstür profil analizi

Şavak peynirinin tekstür analizleri, Soltani ve diğ. (2024) tarafından belirtilen yöntemle göre, TA.XT2 tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, Godalming, İngiltere) ve 25 mm çapında paslanmaz çelik silindir prob kullanılarak yapılmıştır. Örnekler 18 ± 0.05 mm çap ve 10 ± 0.05 mm yükseklik ölçülerinde silindirler halinde hazırlanarak oda sıcaklığında bekletilmiştir. Analiz, 1 mm/s test ve ön test hızı, başlangıç yüksekliğinin %25'i kadar kompresyon ve 5 saniyelik bekleme süresi ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.7 Mikrobiyolojik analizler

Tulum peynirlerinde, toplam maya-küf, toplam aerofilik mezofilik bakteri ve koliform bakterilerin sayımı gerçekleştirilmiştir. Toplam maya-küf için 25 °C'de 5 gün boyunca Potato Dextrose Agar (PDA), toplam aerobik mezofilik bakteri için 33 °C'de 24 saat boyunca Plate Count Agar (PCA), koliform bakteriler için ise 37 °C'de 48 saat boyunca Violet Red Bile Agar (VRB) kullanılarak 10^{-1} 'den 10^{-6} 'ya kadar belirlenen dilüsyonlarda yayma plaka yöntemine göre yapılmıştır. Öncelikle sayımların yapılacağı besiyerleri ve daha sonra dilüsyonların hazırlanmasında kullanılacak $\frac{1}{4}$ Ringer çözeltisi hazırlanmıştır. Dilüsyonların hazırlanması sonrası ekim işlemleri yapılmıştır. Sayımlar en az 2 dilüsyon (3 numune 2 tekrar) yapılmış ve $\log_{10}$ kob/g olarak ifade edilmiştir (Harrigan, 1998, Hayaloğlu ve diğ., 2007).

Koliform Mikroorganizma Miktarının Belirlenmesi

Analizde kullanılmak üzere, 38.5 g/L olan toz halindeki VRBA (Merck, Almanya) kullanılarak saf su ile hazırlanan besiyeri çözünme sağlanarak karıştırıcıda (VELP Scientifica, ARE, Italy) bekletilmiştir. Erlenin ağzı pamuk ile kapatılarak mikrodalga fırında ısıtılmış ve 45 °C’de mikrobiyolojik güvenlik kabini içerisinde 15 mL halinde steril petri kaplarına dökülerek kullanılmıştır.

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Miktarının Belirlenmesi

Analizde kullanılmak üzere, 20.5 g/L olan toz halindeki PCA (Merck, Almanya) kullanılarak hazırlanan besiyeri otoklav (121 °C, 15 dk; Nüve, Türkiye) işleminden sonra mikrobiyolojik güvenlik kabini içerisinde 15 mL halinde steril petri kaplarına dökülerek kullanılmıştır.

Toplam Maya-Küf Miktarının Belirlenmesi

Analizde kullanılmak üzere, 39.0 g/L olan toz halindeki (Merck, Almanya) kullanılarak hazırlanan besiyeri otoklav (121 °C, 15 dk; Nüve, Türkiye) işleminden sonra 45 °C’de sıcaklığa gelince 4 mL tartarik asit konularak asitlendirme yapıldıktan sonra mikrobiyolojik güvenlik kabini içerisinde 15 mL halinde steril petri kaplarına dökülerek kullanılmıştır.

3.2.8 Duyusal değerlendirme

Peynirlerin duyusal değerlendirmesi, 60, 90 ve 150. günlerde İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde lisans üstü öğrenciler ve akademik personelin yer aldığı, iki kadın ve üç erkekten oluşan (25–40 yaş) yarı eğitilmiş beş kişilik panel tarafından gerçekleştirilmiştir. Çeşitli ambalajlarla paketlenmiş peynir örneklerinin duyusal ve yapısal özelliklerinin değerlendirileceği analiz öncesinde, panelistlere değerlendirme süreci ve örneklerdeki olası kusurlar hakkında bilgi verilmiştir. Her panelist gönüllü katılımını onaylayan aydınlatılmış onam formunu imzalamıştır. Çalışma, Helsinki Bildirgesi’nde belirtilen etik ilkelere uygun şekilde yürütülmüştür. Panelistler düzenli peynir tüketicisi olup genel duyusal analiz konusunda bilgi sahibidir. Analiz sırasında peynir örnekleri 10–15 °C’de muhafaza edilmiş, eşit parçalara kesilmiştir. Her örnek üç haneli rastgele kodlarla etiketlenerek rastgele sırayla sunulmuştur. Panelistler, örnekler arasında ağızlarını temizlemek için tuzsuz kraker ve su tüketmiş, değerlendirmelerini bireysel kabinlerde gerçekleştirmiştir. Değerlendirme sonuçları duyusal formlara kaydedilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde duyusal değerlendirme formu

Özellik	Puan (En fazla)	PB	VP	SK
<u>Kesit ve görünüş (iç ve dış)</u>				
• Bıçakla kesilince ufalanmayan, birbiri ile kaynaşmış, temiz görünümlü	20			
• Kumlu görünümlü	15			
• Dolum hatasından kaynaklanan yarık ve çatlaklar, donuk, mat renk, iki renklilik, kitlenin iyice kaynaşmaması	10			
• Küflü görünüm, anormal renk ve görünüm	5			
<u>Yapı</u>				
• Lekesiz, kendine özgü yapı	20			
• Ufalanmayan	15			
• Çok sert veya çok yumuşak	10			
• Fazla ufalanan	5			
<u>Koku</u>				
• Kokuda belli bir kusuru olmayan, kendine özgü koku	20			
• Yem veya hoşla gitmeyen koku	15			
• Küfümsü, meyvemsi koku	5			
<u>Tat</u>				
• Kendine özgü tat	20			
• Yavan tat, pişmiş tat, ekşi tat	15			
• Tuzlu tat, acımsı tat	10			
• Yanık tat veya hoşla gitmeyen tatlar	5			
<u>Genel Kabul Edilebilirlik</u>	Maksimum 20			

3.2.9 İstatistiksel analiz

Analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi için “SPSS 16.0 for Windows” yazılımı kullanılmıştır. Kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş, örnekler arasındaki farklar Duncan’ın çoklu karşılaştırma testi ile $P < 0.05$ önemlilik düzeyinde incelenmiştir. Duyusal analiz sonuçları non-parametrik test (Kruskal-Wallis H) ile değerlendirilmiştir. Uçucu aroma ve serbest amino asit verileri, MetaboAnalyst web tabanlı platformu kullanılarak ısı haritası ve temel bileşenler analizi (PCA) ile yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Şavak Tulum peynirlerine Ait Bileşim Analizleri

4.1.1 Kuru madde

Peynir örneklerinde kullanılan ambalaja materyalleri olgunlaştırma süresince kuru madde (KM) oranlarında farklı etki göstermiştir. Plastik bidonda olgunlaştırılan peynirlerde KM oranları olgunlaşmanın 1. ve 150. gününde sırasıyla 57.09 ± 0.12 ve 59.22 ± 0.51 olarak tespit edilmiş olup sürekli artış göstermiştir. Vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajlarında olgunlaştırılan peynirlerde ise 150. gün sonunda KM oranları sırasıyla 58.51 ± 0.48 ve 57.33 ± 0.32 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Plastik bidon, vakum paket ve sosis kılıfında ambalajlama yöntemiyle olgunlaştırılan Şavak Tulum peynirlerinin KM oranlarında (1, 60 ve 90. günlerde) önemli farklılık ($P < 0.05$) gözlenmiştir. Ambalaj materyali açısından, sosis kılıfı ambalajında olgunlaştırılan peynirlerdeki KM oranı, plastik bidonda olgunlaştırılan peynirlere kıyasen önemli oranda değişmemiştir ($P < 0.01$) (Çizelge 4.1). Bu durum, sosis kılıfı ile ambalajlanan peynirlerin olgunlaşma sürecinde nemin korunmasına katkı sağladığını göstermektedir. Kuru madde oranı Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'ne göre en az %55 olmalıdır (Anonim, 2015). Tüm ambalaj materyallerinde olgunlaştırılan Tulum peynirlerinin bu standardı karşıladığı belirlenmiştir.

PB ambalajlı peynir örneklerinde belirlenen KM oranı, Bitlis Tulum peyniri için bildirilen değerle (%59.34) uyumlu bulunmuştur (Sancak ve diğ., 2018). Ancak bazı araştırmacıların belirttiği çeşitli Tulum peynirlerindeki değerlerden yüksek (Tarakçı ve diğ., 2005; Karagözlü ve diğ., 2009; Morul ve İşleyici, 2012; Kara ve Akkaya, 2015; Tomar ve Akarca, 2019) ve Kargı Tulum peyniri için bildirilen değerden (%65.34) daha düşük çıkmıştır (Dinkçi ve diğ., 2012). Tekin ve Güler (2019)'in elde ettiği sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajı kullanılarak olgunlaştırılan örneklerin kuru madde oranının, Afyon Tulum peyniri için bildirilen değerden (%59.88) düşük olduğu (Tomar ve Akarca, 2019) ancak Divle Tulum peyniri için belirlenen oranla benzer olduğu (Keleş, 1995) görülmüştür. Bu, peynirlerin düşük nem geçirgenliğine sahip plastik torbalarda ambalajlanması ve olgunlaştırılmasıyla açıklanabilir. Bu durum, Frau ve diğ. (2020) ve Darnay ve diğ. (2019)'un sonuçlarıyla da örtüşmektedir.

Çizelge 4.1: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecindeki bileşim özellikleri

Özellikler	Gün	PB	VP	SK
pH	1	4.71±0.02 ^{b,A}	4.44±0.03 ^{a,A}	4.63±0.02 ^{b,A}
	30	5.12±0.05 ^{a,C}	4.73±0.00 ^{b,C}	4.67±0.01 ^{b,AB}
	60	4.85±0.01 ^{c,B}	4.67±0.01 ^{a,B}	4.74±0.01 ^{b,B}
	90	4.79±0.03 ^{ab,B}	4.82±0.01 ^{b,D}	4.70±0.05 ^{a,C}
	120	5.49±0.03 ^{c,D}	4.69±0.01 ^{a,B}	4.77±0.02 ^{b,BC}
	150	4.86±0.01 ^{a,B}	4.87±0.01 ^{a,D}	4.86±0.01 ^{a,C}
Titre edilebilir asitlik (% laktik asit)	1	0.81±0.00 ^A	0.95±0.19 ^A	0.86±0.06 ^A
	30	1.26±0.00 ^D	1.31±0.06 ^C	1.26±0.00 ^{BC}
	60	1.17±0.00 ^C	1.22±0.06 ^{BC}	1.17±0.00 ^B
	90	1.22±0.06 ^C	1.26±0.00 ^{BC}	1.22±0.06 ^{BC}
	120	1.26±0.00 ^D	1.22±0.06 ^{BC}	1.31±0.06 ^C
	150	1.09±0.01 ^{ab,B}	1.04±0.03 ^{a,AB}	1.15±0.03 ^{b,B}
Toplam Kuru Madde (%)	1	57.09±0.12 ^{a,A}	58.47±0.37 ^{b,B}	57.02±0.31 ^{a,A}
	30	57.11±0.10 ^{a,A}	58.33±0.8 ^{a,B}	57.06±0.2 ^{a,A}
	60	57.07±0.12 ^{ab,A}	57.74±0.28 ^{b,AB}	56.56±0.39 ^{a,A}
	90	57.72±0.2 ^{b,B}	56.86±0.26 ^{ab,A}	55.61±0.98 ^{a,A}
	120	58.81±0.00 ^{a,C}	57.07±0.4 ^{a,A}	56.92±1.28 ^{a,A}
	150	59.22±0.51 ^{b,C}	58.51±0.48 ^{ab,B}	57.33±0.32 ^{a,A}
Tuz (%)	1	1.11±0.08 ^A	1.17±0.00 ^A	1.2±0.04 ^A
	30	1.7±0.08 ^C	1.76±0.00 ^B	1.58±0.08 ^B
	60	1.52±0.00 ^B	1.58±0.08 ^B	1.64±0.00 ^B
	90	1.52±0.00 ^B	1.64±0.00 ^B	1.58±0.08 ^B
	120	1.93±0.08 ^D	1.7±0.08 ^B	1.81±0.08 ^C
	150	1.96±0.08 ^{b,D}	1.76±0.17 ^{a,B}	1.76±0.00 ^{a,BC}
Nemde tuz (%)	1	2.59±0.19 ^A	2.82±0.03 ^A	2.79±0.08 ^A
	30	3.96±0.18 ^C	4.21±0.08 ^{AB}	3.68±0.21 ^B
	60	3.54±0.01 ^B	3.74±0.17 ^B	3.77±0.03 ^B
	90	3.6±0.02 ^B	3.8±0.02 ^{AB}	3.56±0.26 ^B
	120	3.69±0.2 ^C	3.95±0.23 ^{AB}	4.21±0.07 ^C
	150	4.31±0.14 ^{b,C}	4.23±0.35 ^{a,AB}	4.11±0.03 ^{a,BC}
Kuru Maddede tuz (%)	1	1.95±0.15 ^A	2.00±0.01 ^A	2.1±0.08 ^A
	30	2.97±0.15 ^C	3.01±0.04 ^B	2.77±0.14 ^B
	60	2.67±0.01 ^{BC}	2.74±0.16 ^B	2.9±0.02 ^{BC}
	90	2.63±0.01 ^{a,B}	2.88±0.01 ^{b,B}	2.84±0.1 ^{b,B}
	120	2.83±0.14 ^C	2.97±0.12 ^B	3.19±0.22 ^C
	150	3.06±0.17 ^{b,C}	3.00±0.31 ^{a,B}	3.06±0.02 ^{a,BC}

^{a-c}: Bir satırda örnekler arasındaki soldan sağa farkı ifade eder ($P<0.05$).

^{A-D}: Bir sütunda örnekler arasındaki yukarıdan aşağıya farkı ifade eder ($P<0.05$). (Ortalama ± SS)

Keçi sütü kullanılarak ve farklı pıhtılaştırma yöntemleriyle Tulum peyniri üretimi yapılan başka bir çalışmada ortalama KM oranlarının %43.43 ile %50.93 arasında değiştiği bildirilmiştir (Demirtaş ve Coşkun, 2018). Vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajlarının gözeneksiz olması ve geçirgen yapıda olmaması kuru madde oranında 150 günlük olgunlaşma sürecinde yakın sonuçların elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

4.1.2 Tuz içeriği

Tulum peynirindeki tuz, mikrobiyal gelişimi ve enzimatik aktiviteyi kontrol eder, nem içeriğini azaltır, tat ve aromayı geliştirir, dokuyu etkiler. Peynirdeki suyun atımını sağlayarak sert dokunun oluşmasını sağlayarak tekstürel açıdan olumlu sonuçlar sağlar.

150. gün sonunda plastik bidonda olgunlaştırılan peynirlerde tuz %1.96, kuru maddede tuz %3.06, vakumlu paket ambalajda olgunlaştırılan peynirlerde tuz %1.76, kuru maddede tuz %3.00, sosis kılıfında olgunlaştırılan peynirlerde ise tuz %1.96 kuru maddede tuz %3.06 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). 150. gün sonunda tuz oranı VP ve SK ambalajda olgunlaştırılan peynirlerde benzer olup plastik bidonda daha yüksek tespit edilmiştir. Kuru maddede tuz ise 3.19 ± 0.22 ile olgunlaşmanın 120. gününde en fazla SK örneğinde görölmüştür.

Çizelge 4.1 incelendiğinde plastik bidon, vakumlu paket ambalaj ve sosis kılıfında olgunlaştırılan Elazığ ve çevresinde üretilen Şavak Tulum peynirlerinin tuz oranlarındaki fark, 150. gün dışında önemli bulunmamıştır. Olgunlaşma süresince KM oranındaki artış ile birlikte tuz içeriği de artmıştır ve istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($P < 0.05$).

Alınan sonuçlar Erdem ve Patır (2017)'ın, Akyüz (2010)'ün sonuçlarından düşük tespit edilmiştir. Deri çantada olgunlaştırılan Tulum peynirinde yapılan incelemede olgunlaşma süresince kuru madde oranında görölen belirgin artışla birlikte tuz oranı da bu çalışmada elde edilen sonuçlardan yüksek tespit edilmiştir (Öztürk ve Akın, 2021). Şen ve diğ. (2023)'nin farklı ambalaj materyalinde olgunlaştırılan İzmir Teneke Tulum peynirlerinde tespit ettikleri tuz oranından da düşük tespit edilen tuz oranının diğ. çalışmalara göre düşük olmasında farklılığın üretim yapılan işletmenin bilgi ve tecrübeleri doğrultusunda kullandığı tuz oranının da elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Sosis kılıfının vakumlu paket ve plastik bidon ambalaja göre düşük nem geçirgenliğine sahip olmasının da bu ambalaj türünde daha düşük tuz oranının görölmesinde etkili olabileceği düşünülmüştür.

Vakum ambalaj örneklerinde elde edilen sonuçlar İpek ve Erkan (2024)'ın sonuçları ile uyumludur. Vakum paketlemenin örgü peynirinde raf ömrüne etkisinin incelendiğı çalışmada vakum ambalaj ile paketlenen örgü peynirlerinde nem kaybının önlendiğı ve tuz miktarının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Bu da tüketicinin arzu ettiğı durum olmakla beraber raf ömrünün de uzamasını sağladığı tespit edilmiştir (İpek ve Erkan, 2024).

4.1.3 pH değeri

Olgunlaştırma süresi, numunelerin pH değerini etkilemiştir. Tüm Tulum peyniri numunelerinin pH değerleri, olgunlaştırma süresi boyunca artış göstermiştir ($P<0.05$). Olgunlaştırma sürecinin başlangıcında ve 120. gününde, en yüksek pH değerleri sırasıyla plastik bidonlara doldurulan numunelerde 4.71 ve 5.49 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Olgunlaşma sürecinde, mayalar ve küflerin laktik asidi etil alkole dönüştürmesi ve proteolitik parçalanma ürünleri nedeniyle açığa çıkan amonyak ile birlikte (protein hidrolizi serbest amino asitlerin açığa çıkmasına ve azotlu bileşiklerin oluşmasına yol açar), peynirde pH değeri artmaktadır (McSweeney ve diğ., 2006; Arslaner ve Bakırcı, 2016; Galli ve diğ., 2019; Łopusiewicz ve diğ., 2020). Ayrıca, proteinlerin parçalanması ve buna bağlı olarak tampon kapasitesinin artması, ambalaj materyalinin oluşan laktik ve karbonik asitlerin dış ortama geçişine izin vermesi de pH artışına sebep olabilir (Talevski ve diğ., 2017). Olgunlaşmanın 150. gününde, numunelerin pH değerleri benzer bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, de Almeida ve diğ. (2018)'in Mascarpone tipi peynir örnekleriyle benzerlik göstermekte ve pH artışı tespit edilmiştir.

4.1.4 Titrasyon asitliği (% laktik asit)

Olgunlaşmanın evrelerini belirlemede önemli bulgulardan biri olan titrasyon asitliği (laktik asit cinsinden) mikrobiyal gelişim, proteoliz ve lipoliz reaksiyonları için de önemli bir parametredir. Bu çalışmada asitlik değeri, tüm gruplarda depolamanın 0. gününden itibaren artış göstermiştir (150. gün hariç). Laktik asit suda çözünür olduğundan, ürünler olgunlaştıkça su kaybeder ve bu da laktik asit konsantrasyonunun artmasına neden olur. Tulum peynirinde titre edilebilir asitlik farkı, 150. günde $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuş, diğer günlerde önemli fark gözlenmemiştir. Bu değer %0.81 ile %1.31 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1).

Plastik bidon, vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajında olgunlaştırılan peynir örneklerinde elde edilen sonuçlar Demir ve diğ. (2017)'nin elde ettiği sonuçlardan yüksek (%0.25 - %0.62), Erdem ve Patır (2017)'in elde ettiği sonuçlardan düşük (%0.94 - %2.62), Evren ve Şıvgın (2021)'in elde ettiği sonuçlar ile uyumlu olarak tespit edilmiştir (%0.97). Laktik asit oranı 30. günde tüm örneklerde artış göstermiş, 150. gün dışında diğer günlerde benzer sonuçlar tespit edilmiştir. En yüksek değerler 120. günde PB ve SK ambalajlı peynir örneklerinde sırasıyla %1.26 ve %1.31, 90. günde VP ambalajlı örneklerde %1.31 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Akpınar ve diğ. (2017)'nin elde ettiği sonuçlar ile uyumludur.

Hayaloğlu ve diğ. (2008), Tulum peynirinin en fazla %1.53 ve en az %0.54 laktik asit içerdiğini belirlerken, Aslaner (2008), %0.594-1.296 arasında olduğunu belirlemiştir.

Laktik asit oranının yüksek olmasına peynir altı suyunun süzülmesi işlemi de etki etmektedir. Peynir üreticilerinin aldığı telemeler hazırlanırken yapılan yetersiz süzme işlemi de asitlik oranını artırabilmektedir. Kara ve Akkaya (2015), oluşan farklılıkların Tulum peyniri üretiminde tam bir standardizasyonun olmamasından kaynaklanabileceğini, standart üretim ve hijyenik ortam koşullarının peynir kalitesini artıracağını, bunun için de üretimin modernizasyonu ile standardizasyon sağlanması gerektiğini bildirmişlerdir. Peynirde asitlik düzeyi, büyük ölçüde işleme sürecinde kullanılan sütteki laktozun mikroorganizmalar tarafından laktik aside dönüştürülmesiyle oluşmaktadır. Olgunlaşma süreci boyunca gerçekleşen biyokimyasal tepkimelerde ortamın asitlik düzeyini belirlemede etkin rol oynamakta olup, bu durum peynirin genel kalitesini doğrudan etkilemektedir. Asitlik düzeyi; kullanılan starter kültür tipine, saklama koşullarına, ürünün nem oranına, içeriğindeki laktoz ve tuz miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Evren ve Şıvgın, 2021),

4.1.5 Yağ

Farklı ambalajlama materyalleriyle olgunlaştırılan Şavak Tulum peynirinin yağ içeriği Gerber yöntemiyle belirlenmiş olup, örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark gözlemlenmemiştir. Yağ oranı plastik bidonda ve vakumlu pakette olgunlaştırılan peynirlerde %33.50 olarak tespit edilirken ve en yüksek yağ oranı sosis kılıfında depolanan peynirde %34.00 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Tekin ve Güler (2019)'ın depolamanın başında elde ettiği sonuç (%34.14) ile benzer, Erdem ve Patır (2017)'in ve Sancak ve diğ. (2018)'nin elde ettiği sonuçtan yüksek, Demir ve diğ. (2017)'nin elde ettiği sonuçlardan ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Şavak Tulum peynirinde Akkaraman koyun sütü kullanılmaktadır (Çetinkaya, 2005; Tarakçı ve diğ., 2005). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde (Tebliğ No: 2015/6) belirtildiği üzere yağ oranı %45'ten az olduğundan, tüm gruplardaki peynir örnekleri yarım yağlı peynir olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan Elazığ ve çevresinde üretilen Tulum peynirlerinde tespit edilen yağ oranının yüksek olması koyun sütünün yağlı olması ile ilişkilendirilebilir. Özellikle bazı yörelerde inek sütünden üretilen Tulum peynirlerinde kullanılan sütün yağının alınması inek sütünden üretilen Tulum peynirlerinde daha düşük yağ oranlarına neden olmaktadır. Hayvanların beslenme düzeni ve kullanılan yemlerde süt sağlığı ve yağ oranı üzerinde etkilidir.

Şavak Tulum peyniri üretiminde kullanılan sütün elde edildiği Akkaraman ırkı koyunların Mayıs ve Eylül aylarında Elazığ, Bingöl, Tunceli ve Erzincan illeri başta olmak üzere zengin bitki örtüsüne yaylalarda otlaması üzere elde edilen süt verimi de üretilen Tulum peynirindeki yağ oranının yüksek olmasını sağlayabilmektedir.

4.1.6 Toplam protein miktarı

Farklı ambalajlama materyalleriyle olgunlaştırılan Şavak Tulum peynirinin protein içeriği Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş olup, bütün gruplarda depolama süresi boyunca en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla %21.12 ve %25.14 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). PB ve VP ambalajda olgunlaştırılan peynir örneklerinde 1. günden 150. güne kadar protein oranlarında azalma meydana gelirken SK ambalajda olgunlaştırılan peynir örneklerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Depolama sürecinde en yüksek değerler plastik bidonda (PB) ambalajlanan örneklerde 1. günde 23.43 ± 0.7 , vakumlu paket ambalajlı (VP) örneklerde 1. günde 25.14 ± 0.08 ve sosis kılıfı (SK) ambalajlı örneklerde 90. günde 23.2 ± 0.52 olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda ise plastik bidonda (PB) ambalajlanan örneklerde 22.82 ± 0.27 , vakumlu paket (VP) ambalajlı örneklerde 21.29 ± 0.36 ve sosis kılıfı (SK) ambalajlı örneklerde 21.14 ± 1.02 olarak ölçülmüştür. Plastik bidonda olgunlaştırılan peynirlerin depolama süreci boyunca protein oranlarının Çakır ve Çakmakçı (2020)'nin çiğ ve pastörize süttten ürettikleri Tulum peyniri örneklerindeki protein oranlarından yüksek, Bayar (2008)'in çiğ ve pastörize süttten ürettikleri Tulum peyniri örneklerindeki protein oranlarından ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde proteoliz değerleri

Özellikler	Gün	PB	VP	SK
Protein (%)	1	$23.43 \pm 0.7^{a,B}$	$25.14 \pm 0.08^{c,B}$	$21.67 \pm 0.14^{b,AB}$
	30	21.87 ± 1.03^A	23.26 ± 1.2^{AB}	22.62 ± 0.67^{AB}
	60	22.36 ± 0.2^{AB}	22.57 ± 1.7^A	21.26 ± 1.13^B
	90	$22.23 \pm 0.02^{b,AB}$	$21.12 \pm 0.08^{a,A}$	$23.2 \pm 0.52^{c,B}$
	120	22.45 ± 0.00^{AB}	21.74 ± 0.61^A	22.82 ± 0.00^{AB}
	150	22.82 ± 0.27^{AB}	21.29 ± 0.36^A	21.14 ± 1.02^A
pH 4.6'da Çözünen Azot/Toplam Azot (%)	1	$9.96 \pm 0.09^{a,A}$	$10.26 \pm 0.28^{a,A}$	$12.29 \pm 0.19^{b,A}$
	30	$12.91 \pm 0.59^{a,B}$	$12.49 \pm 0.01^{a,AB}$	$12.14 \pm 0.63^{a,A}$
	60	$12.61 \pm 0.21^{a,B}$	$13.19 \pm 0.6^{a,B}$	$12.11 \pm 1.19^{a,A}$
	90	$15.34 \pm 0.42^{b,C}$	$16.23 \pm 0.3^{b,C}$	$14.00 \pm 0.41^{a,B}$
	120	$14.91 \pm 0.93^{a,C}$	$15.36 \pm 0.43^{b,C}$	$16.37 \pm 0.57^{b,C}$
	150	$12.16 \pm 0.11^{a,B}$	$15.96 \pm 1.17^{b,C}$	$16.76 \pm 0.21^{c,C}$

	1	7.37±0.07 ^{a,A}	7.21±0.42 ^{a,A}	8.95±0.16 ^{b,A}
12 % TCA'da	30	9.30±0.29 ^B	9.08±0.39 ^B	9.24±0.07 ^A
Çözünen	60	11.27±0.55 ^{CD}	10.67±0.43 ^B	11.43±0.61 ^B
Azot/Toplam Azot	90	10.81±0.22 ^{a,ABC}	12.97±0.16 ^{b,C}	11.18±0.19 ^{a,BC}
(%)	120	11.46±1.21 ^{a,D}	12.13±0.14 ^{b,C}	12.41±1.05 ^{b,C}
	150	9.55±0.40 ^{a,BC}	11.69±0.32 ^{b,C}	12.37±0.62 ^{b,C}

^{a-c}: Bir satırda örnekler arasındaki soldan sağa farkı ifade eder ($P<0.05$).

^{A-D}: Bir sütunda örnekler arasındaki yukarıdan aşağıya farkı ifade eder ($P<0.05$). (Ortalama ± SS)

Akpınar ve diğ. (2017)'nin inek sütü ile üretilmiş Tulum peyniri örneklerinde tespit edilen ortalama protein değerlerinden (%24.8) ve karışık süttten elde edilen peynir örneklerinde tespit edilen ortalama protein değerlerinden (%24.65) düşük olmuştur. Olgunlaşma süresi ve depolama koşullarının protein oranının daha yüksek olmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Plastik bidonda olgunlaştırılan bazı Tulum peynirlerinin protein içerikleri ise şu şekildedir: Muş Tulum peyniri: %24 (Rençber ve Çelik, 2021); Kargı Tulum peyniri: %21.37 (Dinkçi ve diğ., 2012); Divle Tulum peyniri: %25.90 (Morul ve İşleyici, 2012).

Ortalama protein içeriği açısından %5.8 oran ile koyun sütünün, keçi (%4.6) ve inek sütüne (%3.3) kıyasen daha zengin protein içeriğine sahip olmasının (Önür, 2015) Akkaraman koyunlarından elde edilen süttten üretilen Şavak Tulum peyniri örneklerinde protein içeriğinin yüksek olmasını etkilediği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar pH-4.6-ÇA, TCA-ÇA sonuçlarıyla da tutarlılık göstermektedir.

Tekin ve Güler (2019), keçi derisi ve plastik bidonda olgunlaştırdığı Tulum peyniri örneklerinde yaptıkları incelemede keçi derisinde olgunlaştırılan peynir örneklerindeki protein oranı olgunlaşma süresince artarken, plastik bidonda olgunlaştırılan peynir örneklerindeki protein oranı düşmüştür. Keçi derisinin yarı geçirgen yapısı nedeni ile plastik bidona kıyasla daha fazla oksijen geçirgenliğine sahip olması protein oranının daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada da benzer sonuçlar gözlemlenmiş olup, SK ambalajlı örneklerde ambalajın gözeneksiz olması ve geçirgenliğinin düşük olması nedeni ile protein oranında olgunlaşma süresince önemli bir değişiklik gözlemlenmezken, PB ve VP ambalajlı örneklerde protein oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.

4.2 Proteoliz

4.2.1 pH 4.6'da çözünebilen azot miktarı tayini

pH 4.6'da çözünebilen azot oranı, peynirin olgunlaşma düzeyini belirlemede kullanılan önemli bir değerdir. Bu oran, proteoliz için bir kriter olarak kabul edilmekte olup, peynir kalitesi değerlendirilirken bilinmesi gereken bir parametredir. Ayrıca, pH 4.6'da çözünebilen azot içeriği, peynirde kazeinin hidrolizi sonucu oluşan düşük moleküler ağırlıklı azot fraksiyonlarının düzeyini açıklayan bir tanımlamadır. Olgunlaşma indeksi, peynirde toplam azot içindeki pH 4.6'da çözünebilen azot miktarını verdiğinden önemli bir değerdir.

Olgunlaşma süresi ve ambalaj materyali, peynir örneklerinin pH 4.6'da çözünebilen azot değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0.05$). Depolama süresi boyunca pH 4.6'da çözünebilen azot değerlerinde olgunlaşma derecesi sürekli olarak artış göstermiştir. Depolamanın başlangıcında pH 4.6'da çözünebilen azot miktarı için en düşük değerler sırasıyla plastik bidonda (PB) ambalajlanan örneklerde %9.96, vakumlu paket ambalajlı (VP) örneklerde %10.26 ve sosis kılıfı ambalajlı (SK) örneklerde ise %12.29 olarak belirlenmiştir. Tüm gruplar ve tüm depolama süresi dikkate alındığında en yüksek değerler ise PB grubunda 90. günde %15.34, VP grubunda 90. günde %16.23 ve SK grubunda ise 150. günde 16.76 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.2).

Depolama süresince tüm gruplar dikkate alındığında ortalama pH 4.6-ÇA değerleri için elde edilen sonuçlar, Çanak Tulum peynir örneklerinin ortalama pH 4.6-ÇA değerleri (%14.97±5.54) ile, Dil peyniri örneklerinin ortalama pH 4.6-ÇA değerleri (%11.50±4.86) ve Van Otlı peynir örneklerinin ortalama pH 4.6-ÇA değerleri (%19.28±5.06) ile uyumlu, diğer peynir türlerinin bazılarında yüksek bazılarında ise düşük (Hayaloğlu ve Karabulut, 2013), Çakır ve Çakmakçı (2018)'nin elde ettiği sonuçlardan ise düşük tespit edilmiştir.

PB ambalajlı peynir örneklerinde proteoliz 90. gün itibari ile en yüksek seviyeye çıkarken 120 gün ve sonrasında azalmaya başlamıştır. VP ambalajlı peynir örneklerinde proteoliz olgunlaşma süresince devam etmiş olup 90. günde en yüksek seviyeye ulaştıktan sonra 150. güne kadar önemli bir değişiklik olmamıştır. SK ambalajlı peynir örneklerinde ise pH 4,6-ÇA değerlerinde 150. güne kadar sürekli artış görülmüştür. Elde edilen bulgular TCA-ÇA sonuçları ile de uyumlu olup SK gruplarında olgunlaşmanın PB ve VP gruplarına göre daha geç tamamlandığı söylenebilir.

4.2.2 Trikloroasetik asitte çözünebilen azot miktarı tayini

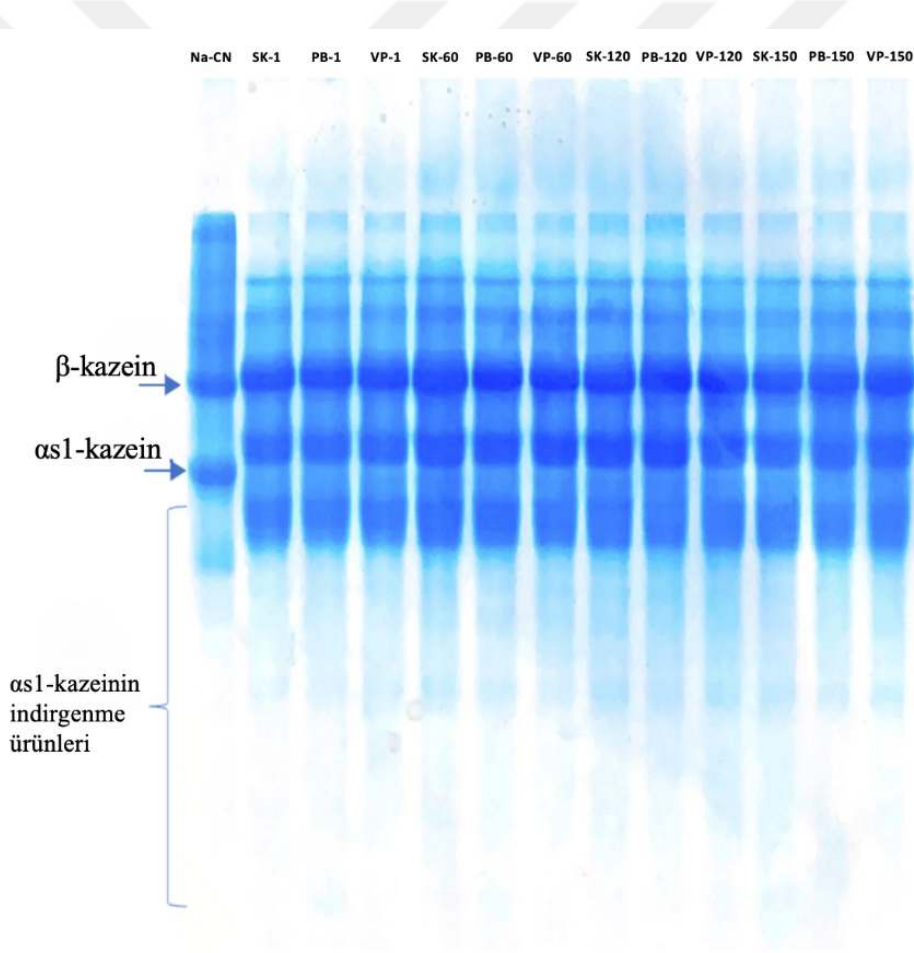
%12 Trikloroasetik asitte (TCA) çözünebilen azot değeri de olgunlaşma ve proteoliz derecesi hakkında bilgi vermektedir (Fox, 1989). %12 TCA'de çözünen veya diğer bir tanımlamayla protein olmayan azot oranları orta ve kısa zincirli peptitler ile aminoasitlerden oluşmaktadır (Hayaloğlu, 2003). Olgunlaşma süresi arttıkça daha fazla proteoliz gerçekleşmekte ve bu da daha yüksek TCA-ÇA verilerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Olgunlaşma süresi ve ambalaj materyali, peynir örneklerinin %12 TCA'da çözünebilen azot değerlerini de önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0.05$). Bu değerler, PB ve VP grubunun 150. günündeki hariç tutulmak üzere, depolamanın ilk gününden itibaren artış göstermiştir ($P<0.05$). Depolamanın başlangıcında %12 TCA'da çözünebilen azot miktarı için en düşük değerler sırasıyla plastik bidonda (PB) ambalajlanan örneklerde %7.37, vakumlu paket ambalajlı (VP) örneklerde %7.21 ve sosis kılıfı ambalajlı (SK) örneklerde %8.95 olarak belirlenmiştir. Tüm gruplar ve tüm depolama süresi dikkate alındığında en yüksek değerler ise PB grubunda 120. günde %11.46, vakumlu paket (VP) ambalajlı örneklerde 90. günde %12.97 ve SK grubunda 120. günde %12.41 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.2).

Depolama süresince tüm gruplar dikkate alındığında ortalama TCA-ÇA değerleri için elde edilen sonuçlar, Divle Tulum peynir örneklerinin ortalama TCA-ÇA değerleri ($\%12.29\pm2.54$) ile ve Van Otlı peynir örneklerinin ortalama TCA-ÇA değerleri ($\%10.03\pm3.68$) ile uyumlu, diğer peynir türlerinden ise yüksek (Hayaloğlu ve Karabulut, 2013), Çakır ve Çakmakçı (2018)'nin elde ettiği sonuçlardan ise düşük tespit edilmiştir.

Sosis kılıfında (SK) ambalajlanan peynir örneklerinde ölçülen %12 TCA'da çözünebilen azot değerinin, diğer ambalaj materyalleriyle ambalajlanan örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tarakcı & Durmuş (2016), deri ve plastik materyallerde olgunlaştırılan peynirlerin olgunlaşma indeksi değerlerinin; bez, hayvan midesi ve çömlek materyallerinde olgunlaştırılanlara göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Peynir yapımında kullanılan mayalar (şirden kaynaklı enzimler) da TCA-ÇA oranını artıran nedenler arasındadır ve diğer peynir örneklerinden yüksek değerler elde edilmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen bulgular pH 4.6-ÇA sonuçları ile de uyumlu olup SK gruplarında olgunlaşmanın PB ve VP gruplarına göre daha geç tamamlandığı söylenebilir. Peynirdeki nem oranının yüksek olması da TCA-ÇA değerinin yüksek olmasına neden olmakta olup, SK ambalajlı peynir örneklerinde elde edilen nem oranları ile uyumlu tespit edilmiştir.

4.2.3 Üre-PAGE elektroforez analizi

Peynirde Üre-PAGE (Üre-Poliakrilamid Jel Elektroforezi) analizi, özellikle protein yapılarının ayrıştırılması ve olgunlaşma sürecinin izlenmesi amacıyla yapılan bir tekniktir. Üre-PAGE, kazein alt fraksiyonlarının (α , β) moleküler büyüklüğü birbirine yakın olduğundan daha etkili ayırım yapılabildiğinden peynir analizinde özellikle kullanılmaktadır (Hayaloğlu ve Özer, 2011). Bu çalışmada kullanılan Tulum peyniri örneklerine ait Üre-PAGE desenleri Şekil 4.1’de sunulmuştur. Olgunlaşma sürecinin farklı günlerinde kazein fraksiyonlarındaki değişiklikler izlenmiştir. Şekil 4.1’de yer alan Üre-PAGE elektroforezinde yer alan ilk bant (Na-CN) Na-kazeinatı, sonrasında gelen bantlar ise sırasıyla SK, PB ve VP ambalajlı örneklerin 1, 60, 120 ve 150. günlük olgunlaşmadan sonra kazein fraksiyonlarının elektroforetik özelliklerini temsil etmektedir.



Şekil 4.1: Şavak Tulum peyniri örneklerinin Üre-PAGE Elektroforezi

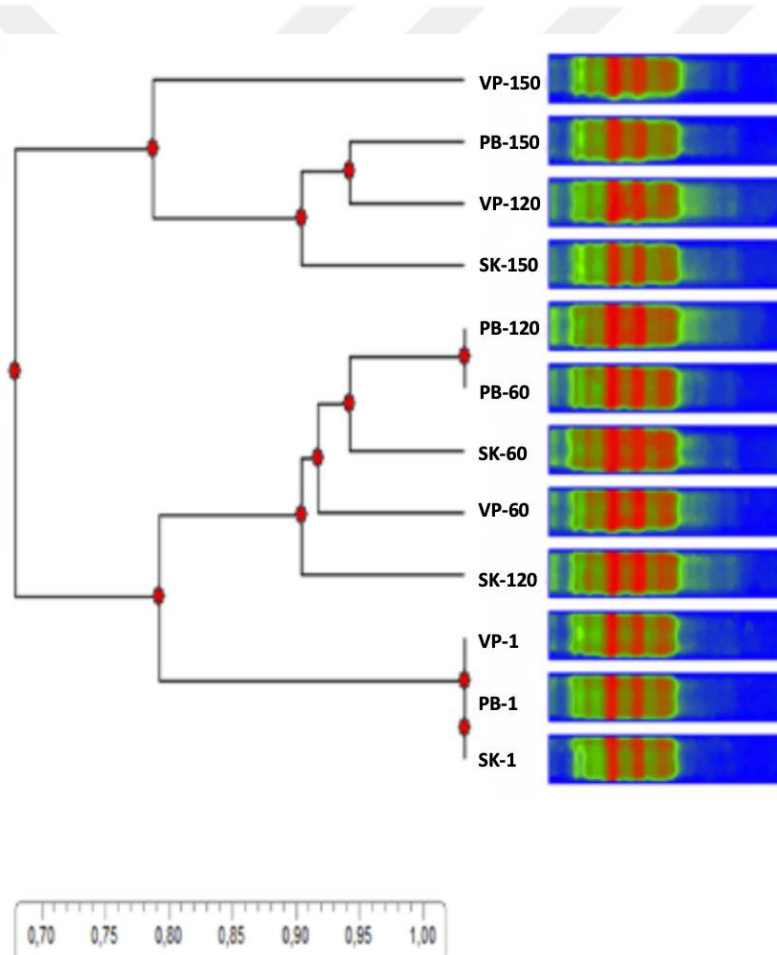
Üre-PAGE jelinde görüldüğü üzere, olgunlaşma boyunca örneklerin protein bantlarında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak sosis kılıfında olgunlaştırılan peynirlerde α_{s1} - ve β -kazeinlerin hidroliz düzeyinin diğer ambalajlardaki örneklerle göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Oluk ve diğ. (2014)'nın elde ettiği sonuçlar ile uyumlu tespit edilmiştir. SK ambalajlı örneklerde gerçekleşen yüksek proteoliz değerleri ile paralel olarak Üre-PAGE desenleri de α_{s1} - ve β -kazeinlerin hidroliz düzeyinin SK ambalajlı örneklerde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu elektroforetik sonuçlar, pH-4.6-ÇA, TCA-ÇA, HPLC peptit profili ve serbest amino asit içeriği gibi diğer proteoliz parametreleriyle tutarlılık göstermektedir.

Tarakçı ve Durmuş (2016), deri ambalajda olgunlaştırılan peynirlerde daha yüksek α_{s1} -kazein bozunumu tespit etmiştir. SK ambalajın PB ve VP ambalaja göre yarı geçirgenliğinin daha düşük olmasına bağlı olarak gerçekleşen daha yüksek proteolitik aktivite neticesinde α_{s1} - ve β -kazeinlerin hidroliz düzeyinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada kullanılan peynir örneklerinden SK ambalajlı peynir örneklerinde geçirgenliğin daha düşük olmasına bağlı olarak kuru madde ve tuz oranının düşük tespit edilmiş olup, bu durumun β -kazein ve α_{s1} -kazein fraksiyonlarının hidrolizinin daha yüksek gerçekleşmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Tuz oranının yüksek olması proteoliz hızının düşmesi ve β -kazein yıkımının yavaşlamasına neden olduğundan PB ve VP örneklerinde β -kazein ve α_{s1} -kazein fraksiyonlarının hidrolizi daha düşük seviyede gerçekleşmiştir. Elde edilen veriler, Yaşar ve diğ. (2025)'nin kaşar peynirinde NaCl'nin kısmen KCl ile ikame edilerek azaltılmış sodyumlu peynir formülasyonunun etkilerini araştırdıkları çalışmada, %8 NaCl ve %2 NaCl + %6 KCl içeren örneklerin β -kazein ve α_{s1} -kazein fraksiyonlarının diğer örneklerle kıyasla çok daha fazla hidroliz gösterdiğini tespit ettikleri bulgular ile uyumlu bulunmuştur. McCarthy ve diğ. (2016), tuzun β -kazeinin bozunması üzerindeki etkisine ilişkin, bunun pıhtılaştırıcının tipi/özgüllüğü, kazeinin çeşitli parametrelerden (örn. pH, nem içeriği, kalsiyum konsantrasyonu, protein ve yağ içeriği) etkilenen agregasyon derecesi ve hidrolize duyarlılığı gibi birçok faktörle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Tuncel ve diğ. (2010), ezine peynirinde β -kazein fraksiyonunda α_{s1} -kazeininkinden daha yavaş parçalanmanın olduğunu tespit etmiş, benzer çalışmalara kıyasen Ezine peynirin de kazein fraksiyonlarında parçalanma oranının düşük olmasının nedenlerini peynir sütüne uygulanan ısıtma işlemi, starter kültür kullanımına ve yüksek tuz konsantrasyonuna bağlamışlardır.

Hayaloğlu ve diğ. (2004), tuzlu Türk beyaz peynirinde erken olgunlaşma sırasında (1 veya 15 günde) yalnızca küçük farkların belirgin olduğunu, ancak 60 günlük olgunlaşmadan sonra Üre-PAGE desenlerinde önemli farklar bulunduğunu, peynirlerin pH 4.6'da çözünmeyen fraksiyonunun Üre-PAGE'si incelendiğinde α_{s1} -kazeinin β -kazeinden daha hızlı hidrolize olduğunu tespit etmişlerdir.

Şekil 4.2'de yer alan dendrogramda görülebileceği üzere, vakumlu paket ambalajda olgunlaştırılan peynirlerde 60. gün sonrası alınan örnekler diğer örneklerden ayrı bir kümeye ayrılmıştır. SK örneklerinin 60. gün sonrası, PB'nin 120. gün sonrası, VP'nin 120. gün sonrası ve SK'nın 150. gün sonrası jel örnekleri aynı grupta toplanmıştır. Ayrıca, 150. gün sonunda VP ve PB örneklerinin diğer örneklerden ayrılarak aynı grup içinde kümелendiği dikkat çekmektedir.



Şekil 4.2: Şavak Tulum peyniri örneklerinin Üre-PAGE Elektroferezinden elde edilen dendrogram

4.2.4 Peptit profilinin belirlenmesi

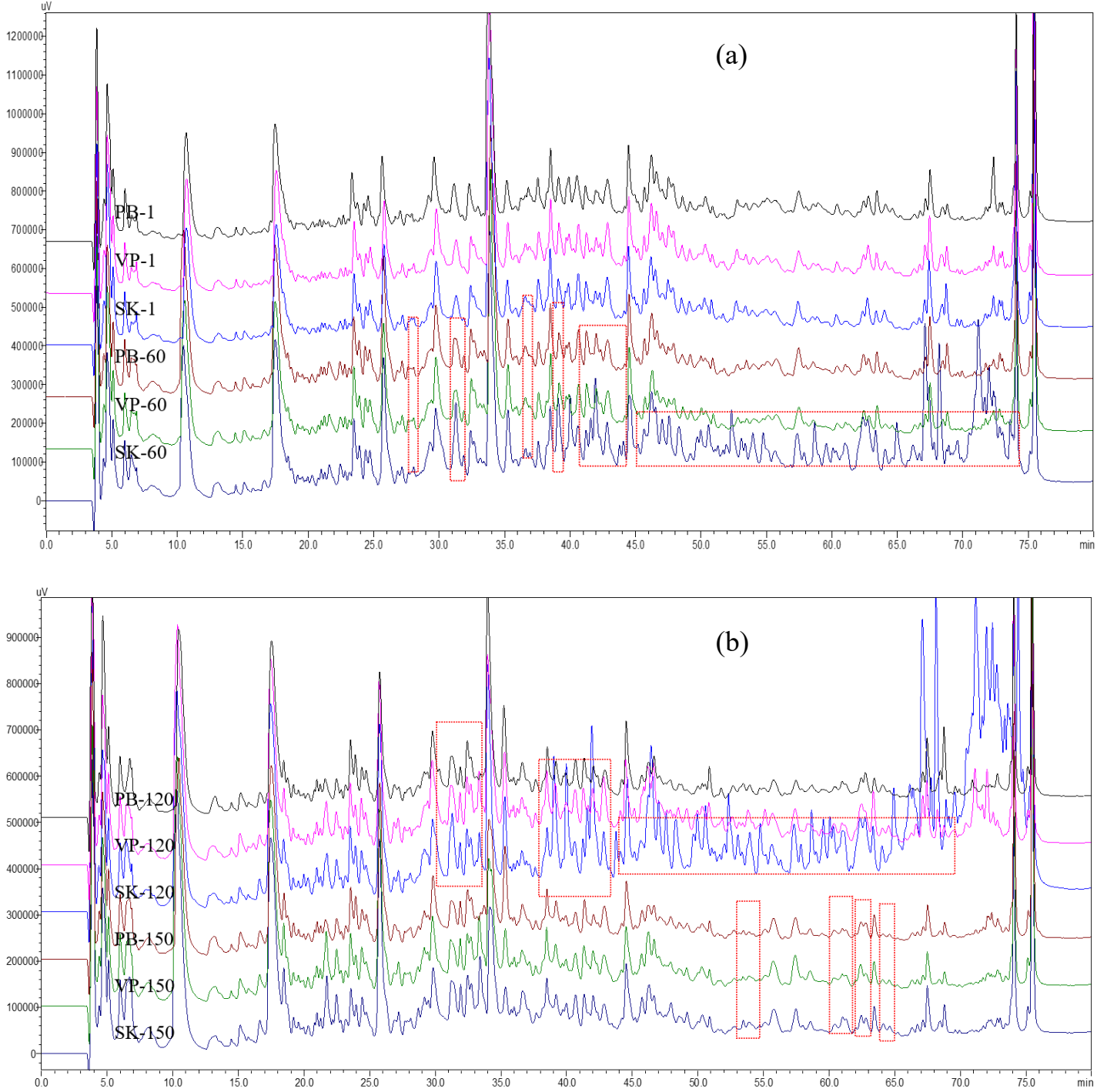
Peynirin ikincil proteolizin belirlenmesinde, genellikle suda çözünen ekstraktların HPLC ile analizi uygulanmaktadır (McSweeney ve Fox 1997, Hayaloğlu ve Karabulut 2013). Proteoliz, peynir örneklerinin peptit profilinin RP-HPLC ile analiz edilmesiyle de araştırıldı. Elazığ ve çevresinde üretilen Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinin farklı günlerine ait RP-HPLC peptit profillerindeki değişiklikler, Şekil 4.3 (a,b)'de izlenmiştir.

Amino asit bileşimi, öncelikle küçük peptitlerin (15 kalıntıdan az) tutulma süresini etkiler. Öte yandan, daha büyük peptitlerin ve proteinlerin tutulma süresi, konformasyonel etkiler ve moleküler ağırlık gibi ek faktörlerden etkilenir (Uğur & Öner, 2023). Genellikle, erken tutulma sürelerinde ayrımı yapılan peptitler düşük moleküler ve hidrofilik yapı ile karakterize edilir. Bununla birlikte, geç tutulma sürelerinde elüe edilen peptitler hidrofobiktir ve tepe yüksekliğinde azalma ile temsil edilen mikro peptitlere ve amino asitlere hidrolize olur (Fox ve diğ., 1996; Şahingil ve diğerleri, 2014).

Şekil 4.3 (a,b) bu çalışmada farklı materyallerle paketlenmiş peynirlerden elde edilen özütlerin peptit profillerini olgunlaşmanın 1., 60., 120. ve 150. günlerinde göstermektedir. Şavak Tulum peyniri özütlerinin RP-HPLC peptit kromatogramları (Şekil 4.3a) 1. günde son derece benzerdir; çoğu peptit tüm peynirlerde 10 ila 70 dakikalık tutulma süreleri arasında elüe edilmiştir. Pik sayıları SK peynirinde 30 ila 45. dakika arasında daha yüksekti ve bu, esas olarak α_{s1} - ve β -kazeinlerin bozunmasından türetilen peptitlere karşılık geliyordu. Olgunlaşmanın 60. gününde, SK ile PB ve VP peynirleri arasında, özellikle hidrofobik bölgenin pik görüntülerinde, dikkate değer farklılıklar gözlemlendi. Hidrofobik bölgede, daha büyük peptitlere karşılık gelen pikler 45 ile 75. dakikalar arasında belirlendi ve bunlar SK peynirinde olgunlaşmanın 120. gününde arttı. Tersine, bu pikler SK peynirinde olgunlaşmanın 150. gününde azaldı (Şekil 4.3b). SK örneklerinde 150. günde gerçekleşen bu azalmanın peptitlerin serbest amino asitlere parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. pH-4.6-ÇA, TCA-ÇA ve Üre-PAGE elektroforezi gibi diğer proteoliz parametreleriyle tutarlılık gösteren bu sonuçlar proteolizin 120. günde maksimum seviyeye ulaştığını göstermektedir.

Büyük peptitlerin daha küçük peptitlere ve aminoasitlere sürekli olarak parçalanması, piklerin alanlarını veya yüksekliklerini azaltarak bir etkiye sahiptir (Fox ve diğ., 1996). Hayaloğlu ve diğ. (2007), keçi derisi tulumu veya plastik ambalaj malzemesinde

olgunlaşmanın peptit profillerini belirgin şekilde değiştirmediğini; ancak, bazı piklerin 30 veya 120 günlük olgunlaşmada keçi derisi tulumunda olgunlaştırılan peynirlerde plastik bidonda olgunlaştırılan peynirlere göre daha düşük konsantrasyonlarda elüe edildiğini ve ilginç bir şekilde, peynirlerde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan peptitlerin bazılarının hidrofobik bölgede (60 ila 70 dk) ayırımının gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.



şekil 4.3: şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde HPLC ile peptid profil analizi kromotogramı

Kromatogramlarda, hidrofilik peptitler 10 ila 40. dakikalar arasında ve hidrofobik peptitler 40 ila 75. dakikalar arasında görülebilir (Çakır ve diğ., 2022). Sulejmani ve Hayaloğlu (2018), çiğ ve pastörize keçi sütünden üretilen Makedonya beyaz salamura peynir örneklerinden çiğ süttten yapılan peynir örneklerinde daha yüksek miktarlarda elüe edilen peptit fraksiyonları için bazı farklılıklar gözlemlemişler ve bunlar çoğunlukla çiğ süttten üretilmiş peynir örneklerinde 56. ve 76. dakikalar arasında elüe edilmiş ve pik yükseklikleri genellikle olgunlaşmanın 120. gününe kadar diğ er peynir örneklerinden çok daha yüksek tespit edilmiştir.

Hayaloğlu ve Karabulut (2013), Çivil ve Çanak peynirlerinde yüksek hidrofobik peptit konsantrasyonlarını 45 ile 51. dakikalar arasında, Dil peyniri örneklerinde ise yüksek peptit konsantrasyonlarını 19, 20, 26, 28, 31, 33. dakikalar ve benzeri sürelerde tespit etmişlerdir. Yaş ar ve diğ. (2025), kontrol ve azaltılmış sodyum/KCl-ikameli kaş ar peynirinin peptit profillerinin, olgunlaşmanın 30. gününde hem peptitlerin sayısı hem de yoğunluğu açısından önemli bir fark gösterdiğ ini, 60. günde ise, sodyum/KCl-ikameli kaş ar peyniri örneğinde yoğun peptitlerin dikkate değ er bir varlık göstermediklerini tespit etmişlerdir. Tuz içeriğ i, su aktivitesini, enzim ve mikrobiyal aktiviteyi ve kazeinlerin su bağ lama kapasitesini etkileyerek proteolizin seyrini etkileyebilir. Ancak, NaCl içeriğ i KCl ile değ iştirildiğ inde, böylece sodyum içeriğ i düş üröldüğ ünde, proteoliz üzerinde beklenen etkilerin oluş madiğ ı görölmektedir. Bu, sodyum yerine potasyum kullanımının proteolize olumlu bir katkı sağ ladiğ ını gösterebilir (Yaş ar ve diğ., 2025).

Literatür incelendiğ inde bu çalış mada kullanılan ambalaj materyallerindeki geç irgen yapı farklılığ ı peynirdeki tuz oranını etkilediğ i için ve kazeinlerin su bağ lama kapasitesini ve proteolizin seyrini etkileyebileceğ i, peynirin üretiminde çiğ süt kullanımının proteolizin seyrini etkileyebileceğ i düşünölmektedir.

4.2.5 Toplam serbest amino asit (TSAA) analizi

Depolama süreci boyunca meydana gelen en önemli değ iş imlerden biri proteolizdir. Peynir üretimini takiben (1. gün), sosis kılıfına paketlenen örnekler hariç, tüm örneklerdeki toplam serbest amino asit (TSAA) içeriğ i benzer seviyelerde bulunmuştur. Bu durum, önceki araşt ırmalarla da uyumludur (Adámek ve diğ., 2021; Adámek ve diğ., 2024). TSAA konsantrasyonundaki en belirgin artış, 90. ve 150. günler arasında gözlenmiş ve bu dönemde tüm örneklerde TSAA içeriğ i yaklaşık iki katına çıkmıştır (Çizelge 4.3) ($P>0.05$).

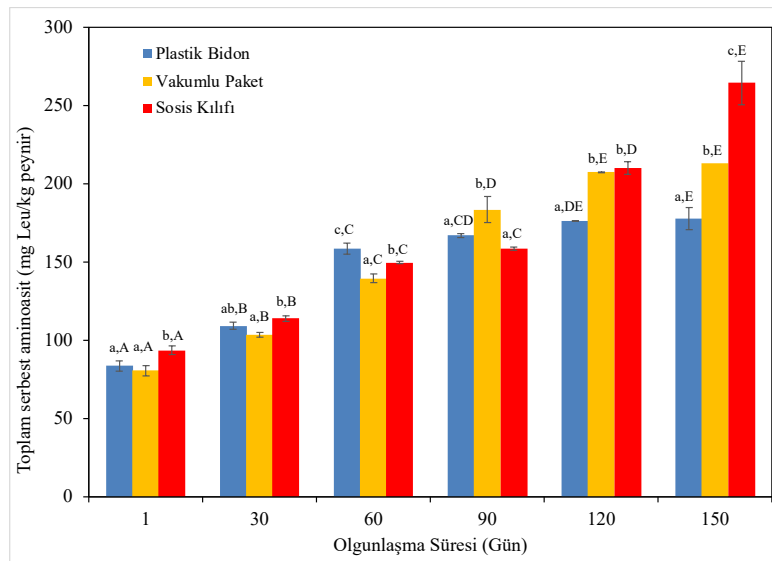
Çizelge 4.3: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde belirlenen toplam serbest aminoasit profili (TSAA)

Özellikler	Gün	PB	VP	SK
Toplam Serbest Amino Asit Miktarı (mg Leu kg⁻¹ peynir)	1	83.56±3.39 ^{a,A}	80.62±3.21 ^{a,A}	93.59±2.59 ^{b,A}
	30	109.14±2.38 ^{ab,B}	103.60±1.43 ^{a,B}	113.81±1.70 ^{b,B}
	60	158.28±3.56 ^{c,C}	139.47±2.81 ^{a,C}	149.46±0.78 ^{b,C}
	90	166.85±1.25 ^{a,CD}	183.36±8.37 ^{b,D}	158.71±1.01 ^{a,C}
	120	175.98±0.00 ^{a,DE}	207.64±0.07 ^{b,E}	209.91±3.99 ^{b,D}
	150	177.69±7.23 ^{a,E}	213.03±2.80 ^{b,E}	264.29±13.65 ^{c,E}

^{a-c}: Bir satırda örnekler arasındaki soldan sağa farkı ifade eder ($P<0.05$).

^{A-D}: Bir sütunda örnekler arasındaki yukarıdan aşağıya farkı ifade eder ($P<0.05$). (Ortalama ± SS)

Peynir örneklerinin farklı ambalaj malzemelerinde depolanması sırasında TSAA konsantrasyonlarında önemli farklılıklar görülmüştür. 150. günde SK örneklerindeki TSAA konsantrasyonu peptit profilinde görülen azalma ile birlikte artış göstermiştir. Hem olgunlaşma süresi hem de örnek tipi, TSAA düzeyleri üzerinde istatistiksel olarak önemli etki göstermiştir ($P<0.05$). Depolama boyunca tüm örneklerde TSAA konsantrasyonu kademeli olarak artmıştır. Şekil 4.4’de görüldüğü üzere, üç farklı ambalajlama yönteminde depolanan peynir örnekleri arasında proteoliz düzeyleri farklılık göstermekte olup, 150. gün sonunda en yüksek değerler sosis kılıfı ambalajında gözlenmiştir ($P<0.01$). Ayrıca, depolama süresi sonunda, vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajlarında saklanan örneklerin proteoliz seviyeleri, plastik bidonda saklanan örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, 0. ve 150. günler arasında proteolizde önemli bir artış olduğunu göstermektedir. Ambalajlama yöntemleri ve depolama süresi, proteoliz düzeylerini önemli ölçüde etkilemiştir ($P<0.05$).



Şekil 4.4: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde toplam serbest aminoasit profili (TSAA)

Ambalaj materyallerinin proteoliz üzerindeki etkisi daha önce Hayaloğlu ve diğ. (2017) tarafından da araştırılmış, plastik kaptaki saklanan örneklerde keçi derisi torbaya kıyasla daha düşük TSAA içeriği rapor edilmiştir. Ambalaj materyalleri arasındaki bu farklar, kullanılan malzemelerin geçirgenliğine ve bu nedenle olgunlaşma süresince oluşan su aktivitesindeki değişimlere bağlanabilir. Bu sonuçlar, yüksek proteoliz seviyelerinin daha yüksek nem içeriği ve su aktivitesi ile ilişkili olduğunu belirten Adamek ve diğ. (2024) ile de uyumludur. Aynı zamanda, Gürsoy (2009), Simona (2012) ve Thodis ve diğ. (2023) tarafından yapılan çalışmalarla da desteklenmektedir.

Ek olarak, TSAA ve düşük moleküler ağırlıklı peptitlerin genellikle kimozen, başlatıcı kültür bakterileri ve başlatıcı olmayan bakteriyel enzimlerin etkisiyle açığa çıktığı bilinmektedir (El Soda ve diğ., 2000). Bu nedenle, TSAA seviyelerinde meydana gelen değişimlerin; yüksek nem, düşük pH gibi kimozen aktivitesini etkileyen faktörlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Atallah ve diğ., 2022).

4.2.6 HPLC ile belirlenen serbest amino asit (SAA) miktarları

Tulum peynirlerindeki proteoliz derecesi, olgunlaştırmanın 1, 30, 60, 90, 120 ve 150. günlerinde bireysel SAA konsantrasyonlarının belirlenmesiyle izlenmiştir (Çizelge 4.4). Tüm gruplarda peynirlerdeki toplam bireysel SAA konsantrasyonları artış göstermiştir. Vakumlu paket (VP) ve sosis kılıfı (SK) ambalajında olgunlaştırılan peynirlerde, Lys hariç çoğu SAA'nın konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur. Örneğin, vakumlu paket ambalajında olgunlaştırılan peynirlerde 150. gün sonunda Lys düzeyi 15.60 mg/kg'dan 13.20 mg/kg'a düşerken, S örneklerinde bu değerler 17.39 mg/100g ve 13.44 mg/100g olarak kaydedilmiştir. Plastik bidonda (PB) saklanan örneklerde ise, Asn, Gly, His, Arg, Thr, Ala, Tyr, Trp dışındaki SAA'larda bir azalma gözlenmiştir.

Çizelge 4.4: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde serbest aminoasit miktarları (mg 100g⁻¹ peynir)

Bileşen	Gün	PB	VP	SK
ASP	1	4.03±0.03	8.68±0.12	6.69±0.14
	30	19.02±0.05	21.49±0.12	14.92±0.37
	60	33.05±0.01	37.25±0.03	35.42±0.07
	90	43.48±0.20	67.71±0.48	44.76±0.18
	120	61.33±0.01	69.05±0.09	63.89±0.02
	150	51.84±0.01	89.55±0.16	91.76±0.12
GLU	1	4.53±0.06	10.02±0.03	8.01±0.44
	30	24.25±0.07	22.79±0.16	15.49±0.77
	60	49.95±0.02	45.11±0.23	48.64±0.07
	90	59.31±0.11	76.77±0.14	62.00±0.16
	120	62.13±0.11	66.80±0.17	87.93±0.09
	150	30.34±0.07	102.89±0.17	100.05±0.12
ASN	1	0.41±0.04	2.18±0.05	0.59±0.00
	30	3.18±0.00	1.92±0.08	1.92±0.18
	60	2.31±0.11	3.54±0.29	2.74±0.02
	90	2.48±0.02	3.22±0.02	1.80±0.02
	120	3.43±0.01	4.41±0.25	3.84±0.29
	150	8.27±0.12	5.20±0.20	3.75±0.24
SER	1	0.21±0.01	0.74±0.08	0.21±0.00
	30	1.56±0.05	0.68±0.10	0.99±0.12
	60	1.69±0.10	1.35±0.19	1.30±0.04
	90	1.30±0.06	1.59±0.01	1.42±0.05
	120	1.27±0.02	1.10±0.22	1.79±0.23
	150	0.87±0.19	1.66±0.15	1.75±0.18
GLN	1	1.85±0.06	5.70±0.02	2.54±0.01
	30	9.95±0.01	8.48±0.09	6.87±0.31
	60	13.80±0.04	16.05±0.10	13.01±0.02
	90	16.59±0.09	25.24±0.03	17.70±0.10
	120	20.35±0.05	23.65±0.06	24.04±0.02
	150	19.91±0.19	30.59±0.04	29.40±0.09
GLY	1	0.56±0.04	2.31±0.01	0.78±0.02
	30	3.01±0.01	2.62±0.12	2.60±0.14
	60	3.63±0.02	4.03±0.12	4.39±0.22
	90	4.70±0.15	6.47±0.85	5.37±0.07
	120	5.81±0.01	7.30±0.03	7.77±0.08
	150	6.74±0.05	9.30±0.07	9.11±0.13
HIS	1	0.24±0.05	1.55±0.05	0.25±0.03
	30	1.01±0.07	2.79±0.01	0.89±0.30
	60	1.42±0.09	3.58±0.02	1.73±0.66
	90	1.28±0.11	2.68±1.82	1.52±0.17
	120	2.00±0.02	1.26±0.13	1.45±0.13
	150	8.02±0.04	1.78±0.05	2.33±0.36
ARG	1	20.09±0.03	63.08±0.60	27.12±0.00
	30	93.80±0.17	91.39±0.04	76.99±0.43
	60	134.52±0.02	134.77±0.02	114.75±0.16

	90	143.49±0.21	252.82±0.19	159.02±0.06
	120	201.00±0.74	236.70±0.36	213.40±0.46
	150	205.57±0.18	288.85±0.39	238.33±0.24
THR	1	5.87±0.05	17.75±0.18	7.19±0.01
	30	26.16±0.04	24.33±0.07	20.78±0.20
	60	38.73±0.05	35.20±0.02	32.53±0.02
	90	39.41±0.03	60.62±0.04	41.74±0.00
	120	48.87±0.03	54.71±0.09	56.26±0.23
	150	39.50±0.07	72.43±0.20	60.13±0.17
ALA	1	3.01±0.03	10.66±0.11	3.72±0.07
	30	12.30±0.07	12.38±0.00	11.70±0.16
	60	15.95±0.15	18.08±0.00	14.65±0.03
	90	17.16±0.02	30.29±0.11	20.04±0.00
	120	23.18±0.05	26.12±0.06	27.48±0.07
	150	25.13±0.21	35.27±0.04	34.68±0.06
PRO	1	1.44±0.01	13.89±0.13	2.35±0.02
	30	11.58±0.05	26.16±0.01	26.87±0.07
	60	29.25±0.49	64.07±0.04	31.28±0.11
	90	37.52±0.34	27.36±0.07	27.06±0.23
	120	44.78±0.16	75.40±0.13	41.04±0.53
	150	36.94±0.44	88.04±0.00	45.81±0.12
TYR	1	2.71±0.11	17.74±0.01	3.66±0.05
	30	16.01±0.05	89.47±0.16	44.38±0.05
	60	53.05±0.02	63.36±0.03	70.62±0.05
	90	30.23±0.07	28.34±1.23	49.60±0.10
	120	50.16±0.00	72.06±0.01	32.18±3.71
	150	65.55±0.13	72.62±0.07	97.43±2.27
VAL	1	8.95±0.07	29.52±0.06	9.41±0.05
	30	36.18±0.11	38.36±0.10	34.14±0.06
	60	50.19±0.13	54.16±0.07	45.59±0.02
	90	52.90±0.04	77.05±0.16	49.00±0.07
	120	69.93±0.12	80.05±0.12	70.67±0.91
	150	49.32±0.15	98.19±0.13	74.95±0.60
MET	1	3.20±0.02	7.51±0.07	4.51±0.00
	30	15.55±0.02	15.55±0.09	12.11±0.05
	60	24.77±0.05	24.52±0.00	21.45±0.03
	90	27.82±0.10	42.96±0.08	27.85±0.06
	120	34.14±0.01	40.96±0.07	39.65±0.54
	150	27.64±0.05	51.39±0.13	43.33±0.30
CYS	1	8.42±0.00	4.91±0.00	2.49±0.03
	30	6.08±0.00	6.95±0.01	3.97±0.02
	60	8.68±0.04	8.63±0.02	9.37±0.01
	90	8.35±0.01	10.38±0.14	8.94±0.03
	120	8.43±0.03	11.20±0.05	12.95±0.08
	150	7.90±0.06	13.73±0.09	13.71±0.02
ILE	1	2.68±0.01	10.33±0.04	3.56±0.04
	30	14.04±0.00	15.05±0.09	15.51±0.41
	60	21.46±0.01	33.25±0.25	18.33±0.20

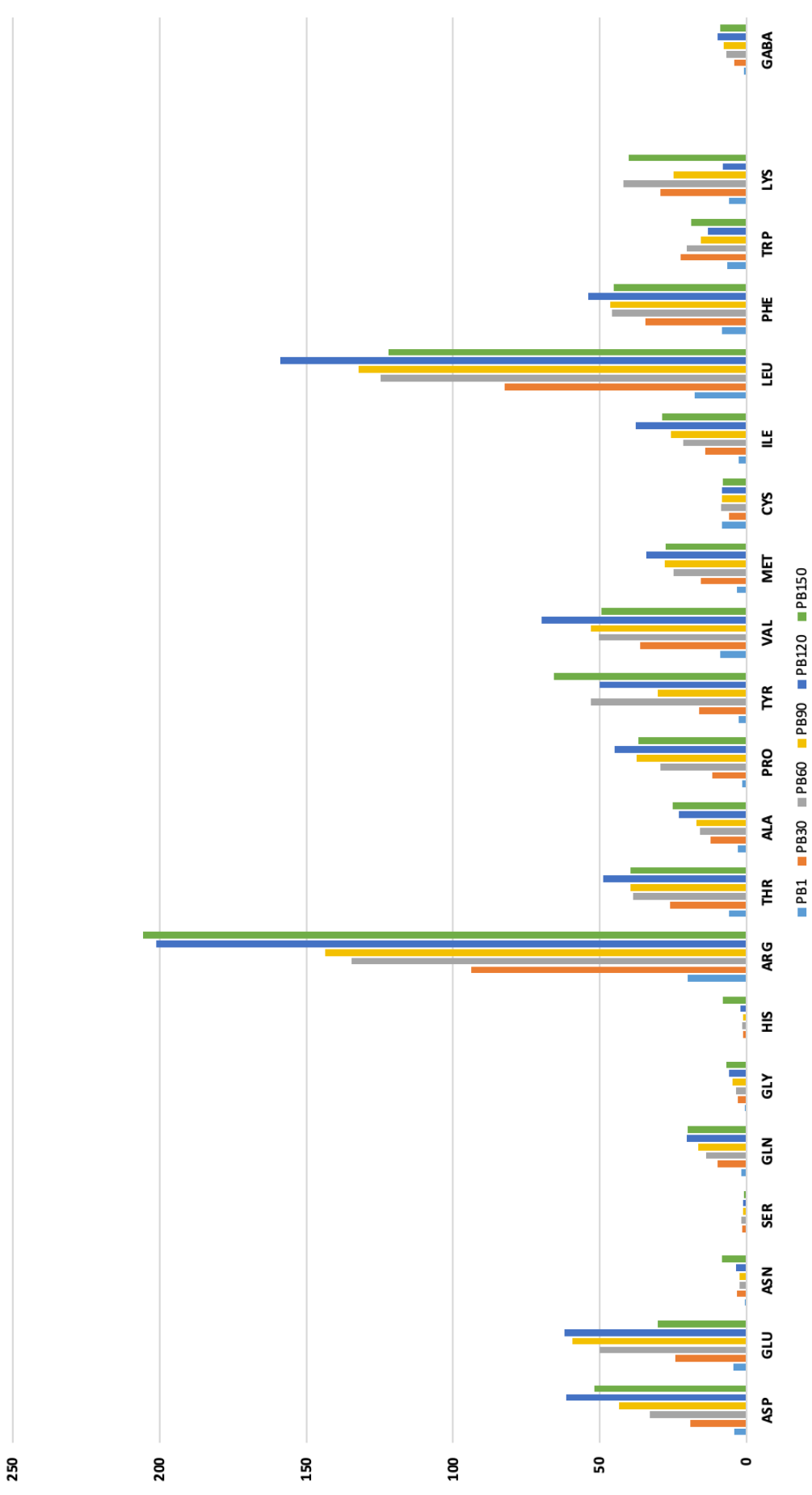
	90	25.70±0.00	45.67±0.06	24.66±0.11
	120	37.79±0.02	42.78±0.06	37.19±0.01
	150	28.60±0.08	57.46±0.12	45.61±0.26
LEU	1	17.50±0.03	56.07±0.09	23.29±0.07
	30	82.52±0.16	80.33±0.35	65.98±0.03
	60	124.81±0.54	114.63±0.04	103.68±0.05
	90	132.16±0.38	206.76±9.28	131.58±0.02
	120	158.96±0.01	193.36±2.33	178.75±0.19
	150	121.91±0.74	237.65±0.04	182.47±0.19
PHE	1	8.33±0.12	27.05±0.02	9.74±0.05
	30	34.52±0.07	35.02±0.15	32.08±0.34
	60	45.78±0.32	47.74±0.40	40.57±0.37
	90	46.43±0.03	63.97±0.18	46.64±0.09
	120	53.85±0.19	65.18±0.06	58.58±0.01
	150	45.24±0.11	77.24±0.41	64.51±0.14
TRP	1	6.66±0.02	23.47±0.10	6.53±0.04
	30	22.42±0.06	24.27±0.27	27.92±0.03
	60	20.35±0.13	27.80±0.02	25.28±0.15
	90	15.43±0.02	13.09±0.06	18.31±0.09
	120	13.25±0.08	19.16±0.04	17.39±0.05
	150	18.76±0.07	20.03±0.13	13.44±0.04
LYS	1	5.89±0.03	19.78±0.61	8.90±0.03
	30	29.37±0.09	30.01±0.04	22.64±0.01
	60	42.02±0.02	39.96±0.05	42.03±0.00
	90	24.94±0.22	9.51±0.02	43.64±0.10
	120	7.96±0.05	15.60±0.07	30.15±0.02
	150	40.05±0.06	13.20±0.01	6.06±0.02
GABA	1	0.87±0.01	2.59±0.10	1.12±0.00
	30	4.22±0.10	3.54±0.07	3.00±0.13
	60	6.73±0.01	6.24±0.02	5.42±0.06
	90	7.80±0.04	13.20±0.21	8.32±0.05
	120	9.75±0.05	12.07±1.02	13.10±0.23
	150	8.92±0.18	15.39±0.11	15.70±1.45

Serbest amino asit profili (Şekil 4.5, 4.6, 4.7), Glu, Arg, Val, Tyr, Ile, Leu ve Phe'nin başlıca serbest amino asitler olduğunu ortaya koymuştur. Toplam SAA konsantrasyonu bakımından en yüksek değer vakumlu paket ambalajında olgunlaştırılan peynirlerde (1382.46 mg/kg peynir) görülürken, plastik bidon (847.03 mg/kg) ve sosis kılıfında (1159.20 mg/kg) daha düşük düzeyler ölçülmüştür (Çizelge 4.4). Hayaloğlu (2007) da Tulum peynirinde en bol bulunan SAA'ların Glu ve Leu olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar, Arg, Tyr, Ile, Leu ve Trp'nin öne çıktığı Ayag ve diğ. (2022) çalışmasıyla da uyumludur. Tekin ve Güler (2019) da yaptıkları çalışmada da Tulum peynirindeki amino asitlerin çoğunluğunun Val, Pro, Tyr, Met, Leu, Trp, Phe, Lys ve Glu'dan oluştuğunu tespit etmişlerdir.

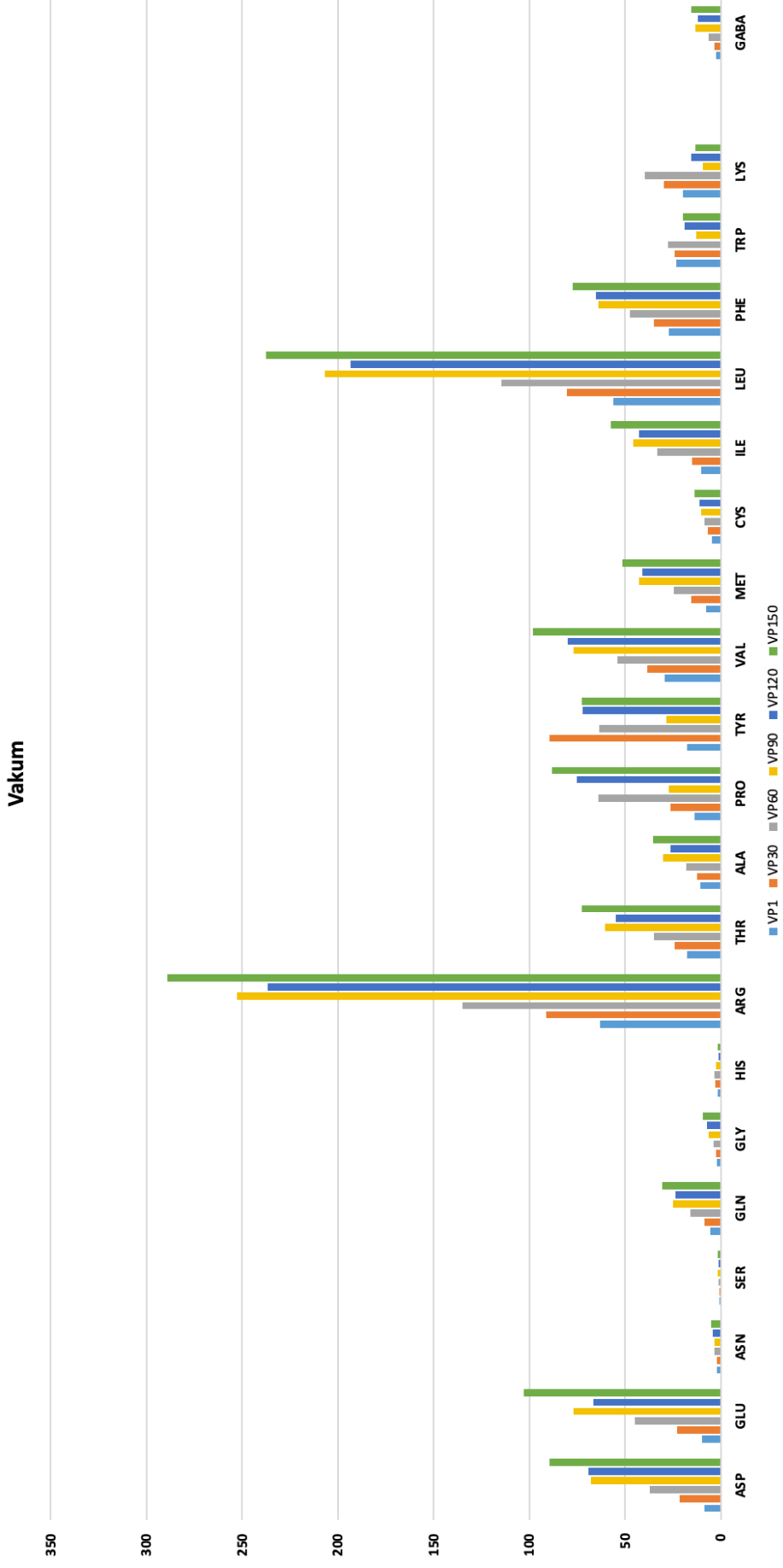
Vakum ambalajlamanın olgunlaşma sırasında proteoliz ve lipoliz üzerine etkisi tartışmalı olsa da, olgunlaşma sürecinde yoğun biyokimyasal değişimlere yol açabildiği bilinmektedir (Hayaloğlu & McSweeney, 2012; Miloradovic ve diğ., 2018). Anaerobik koşulların mikrobiyal proteolitik enzimleri etkileyebileceği, çünkü ortamın oksijen içeriğine göre farklı mikroorganizmaların baskın hale geleceği, birçok çalışmada rapor edilmiştir (Galli ve diğ., 2024; Nogueira ve diğ., 2021).



Plastik Bidon

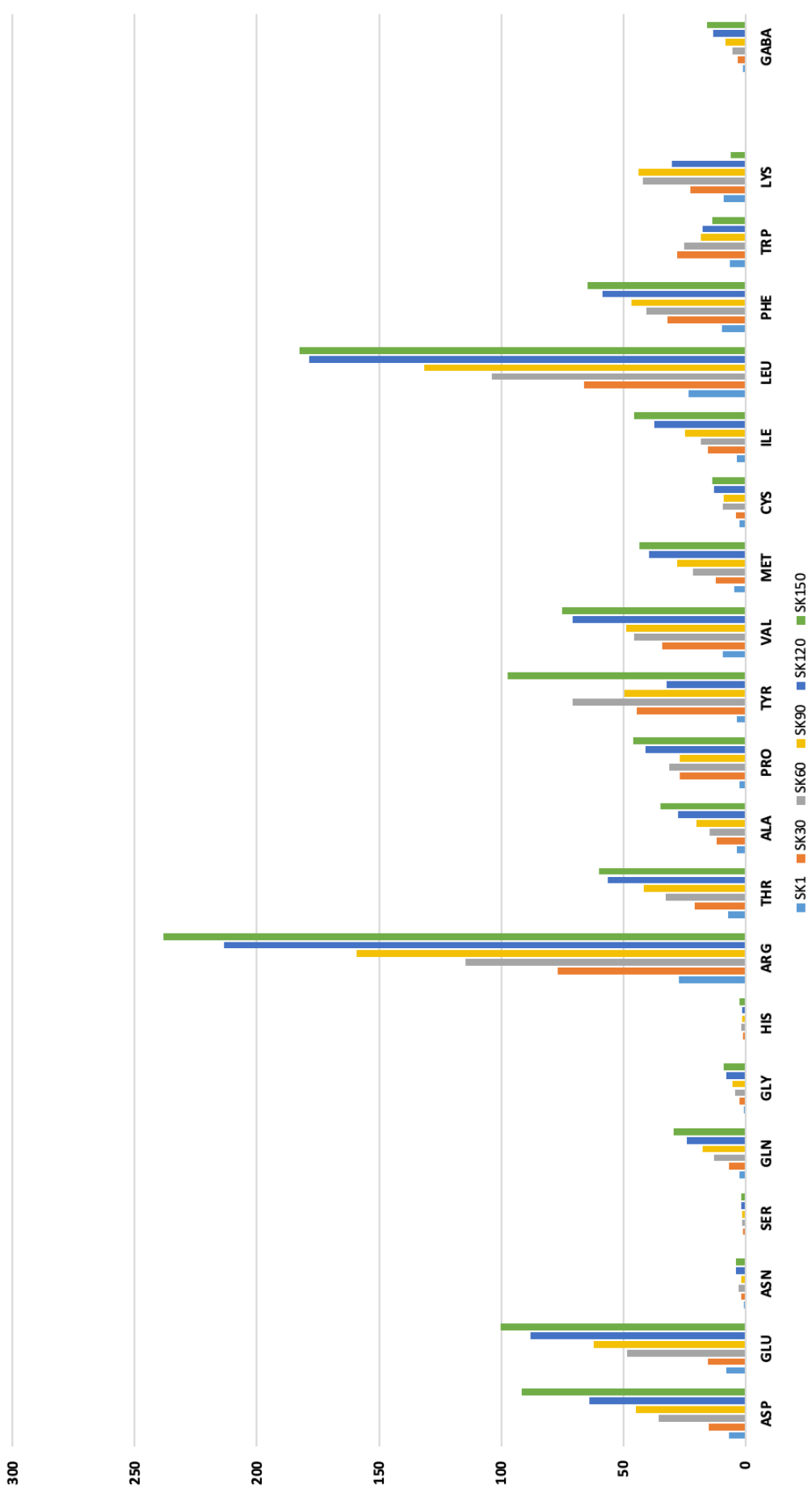


Şekil 4.5: Plastik bidonda olgunlaşan Şavak Tulum peyniri örneklerinin bireysel serbest amino asit profili



Şekil 4.6: Vakumlu paket ambalajda olgunlaşan Şavak Tulum peyniri örneklerinin serbest amino asit profili

Sosis Kılıfı

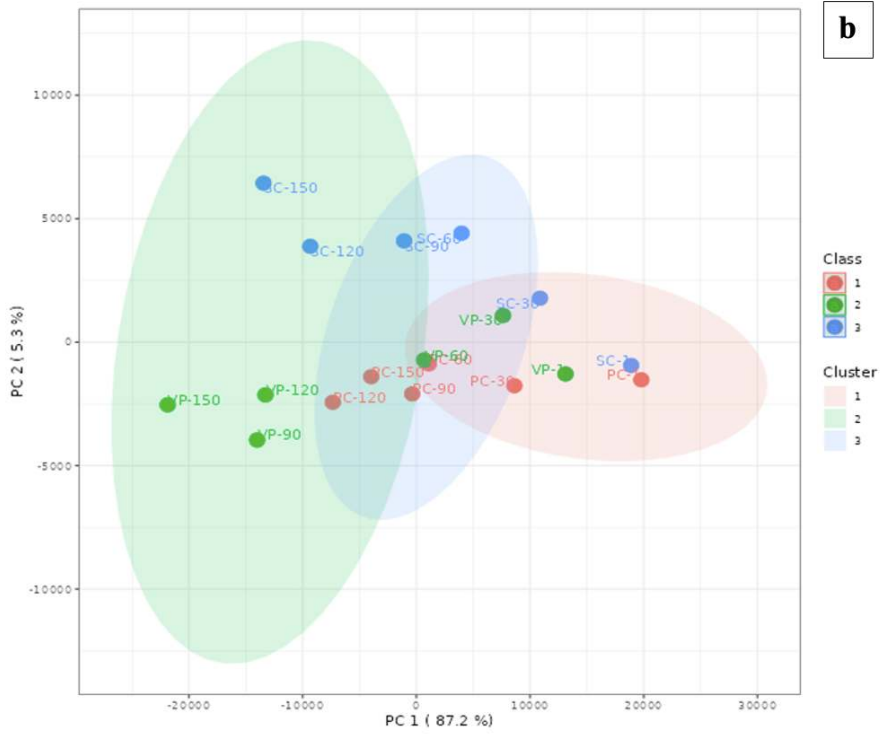
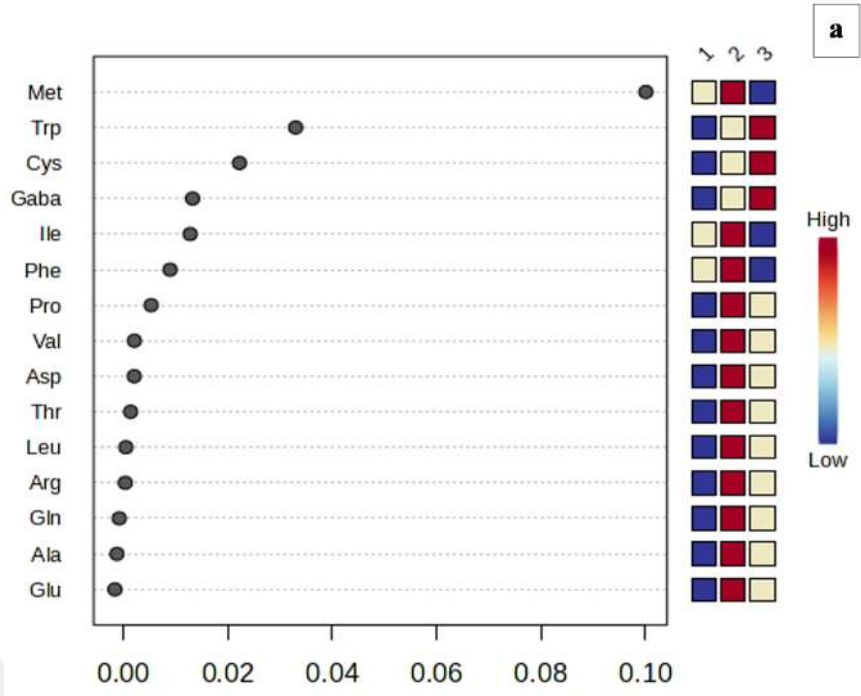


Şekil 4.7: Sosis kılıfında olgunlaşan Şavak Tulum peyniri örneklerinin serbest amino asit profili

Serbest amino asit düzeylerindeki değişimleri nicel olarak yorumlamak ve örnekler arasındaki benzerlik/farklılıkları görmek amacıyla Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) ve ısı haritası analizleri yapılmıştır. Toplam 18 örnekten oluşan veri setine uygulanan PLS-DA sonucunda, SAA içeriği ile örnekler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Şekil 4.9'da SAA profiline göre örnekler, özellikle depolama günlerine göre üç büyük kümeye ayrılmıştır. Serbest amino asit içerikleri ile örnekler arasındaki ilişkileri belirlemek için PLS-DA yapılmıştır (Şekil 4.8b). PLS-DA analizi, Şavak Tulum peyniri örneklerinin ilk iki PC'ye göre üç kümeye ayrılabilceğini ve toplam varyansın sırasıyla %87,2'sini ve %5,3'ünü açıkladığını ortaya koymuştur. Toplamda %92,5'lik varyans, örnekler arasındaki ayrımın başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir. PC1'in (yatay düzlem) büyük bir ağırlığa sahip olduğu ve bu düzlem boyunca örneklerin en büyük farklılaşmasına yol açtığı bulunmuştur. Olgunlaşma süreci boyunca PC ekseninde soldan sağa doğru SAA profilinde aşamalı bir değişim gözlenmiş, bu da sürekli bir fermantasyon sürecine işaret etmektedir. En belirgin değişiklikler VP ve SC örneklerinde görülmüştür.

Şekil 4.8(b)'de gösterildiği gibi, olgunlaşma döneminde PLS-DA grafiğinin soldan sağa doğru profilinde kademeli bir değişim gözlemlenmiş ve bu da sürekli bir fermantasyon olduğunu göstermiştir. En belirgin değişimler VP ve SC örneklerinde gözlemlenmiştir. PC 1'deki pozitif yüklemeler, örneklerdeki amino asit bolluğunu içermiştir. 1. gündeki peynir örnekleri PC 1'in negatif alanında ve PC 2'nin pozitif alanında yer almıştır. 120. ve 150. günlerdeki peynirler PC 1'in pozitif alanında yer almıştır. Sonuçlar, örneklerin SAA içeriklerinin paketlenme malzemesine bağlı olarak farklılık gösterdiği anlamına gelmektedir.

PLS-DA analizi ile oluşturulan VIP puan grafiği, çoğunlukla örnekleri kümelere ayırmaya katkıda bulunan ve bu örneklerde yüksek oranda bulunan VIP puanı > 1.0 olan 15 amino asidi göstermektedir (Şekil 4.8a). Bu 15 amino asit arasında, Trp, Cys ve Gaba'nın (SC örneğinde); Met, Ile ve Phe'nin (VP örneğinde) ve diğer 9 amino asidin (sırasıyla VP ve SC örneğinde) en yüksek VIP değerlerini göstermektedir. Bu sonuçlara dayanarak, peynirler arasındaki SAA içeriğindeki farklılıkların öncelikle ambalaj tipi ve olgunlaşma süresinden kaynaklandığı sonucuna varabiliriz.

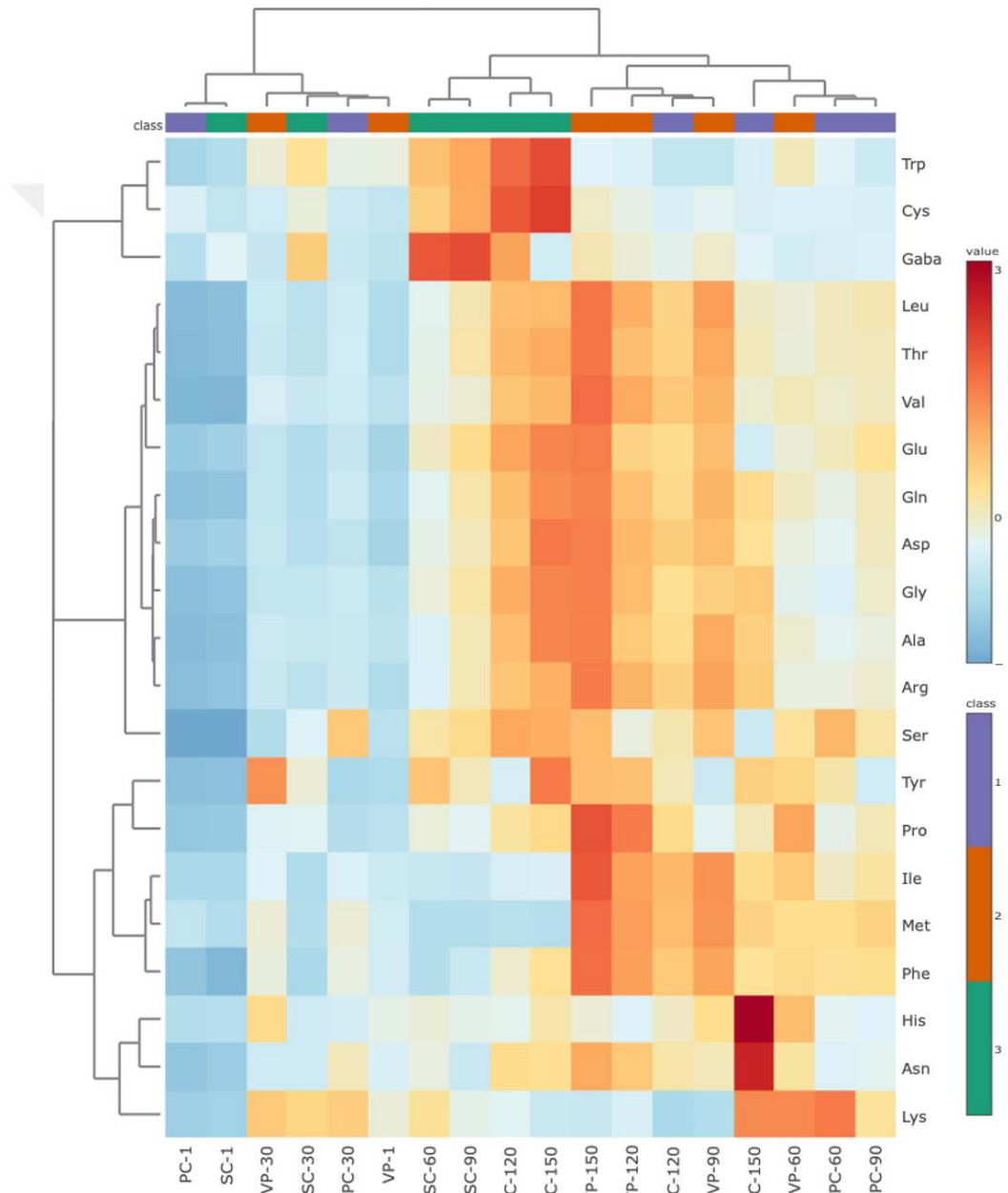


PC: Plastik Bidon (PB), VP: Vakumlu Paket Ambalaj (VP), SC: Sosis Kılıfı (SK)

Şekil 4.8: VIP Puanları (a) ve PLS-DA grafiği (b)

Isı haritasında, kırmızı renkler daha yüksek, mavi renkler daha düşük SAA içeriklerini temsil etmektedir. Şekil 4.9’da görüldüğü üzere, toplamda 20 amino asit tespit edilmiş olup, bu amino asitler içeriklerine göre iki ana grup ve üç alt gruba ayrılmıştır. Dendrogramın alt kısmı, vakumlu paket (VP) ve sosis kılıfı (SC) ambalajlı peynir

örneklerinin 150. gün SAA dağılımının benzer olduğunu açıkça göstermektedir. Farklı olgunlaşma dönemlerinden gelen peynirler, farklı kümelerde toplanmıştır. Birinci kümede, 1. günde SC ve PC paketlenmiş Tulum peynirleri birlikte gruplanırken, üçüncü kümede VP90 ve SC120 peynirlerinin yanı sıra VC120 ve PC120 peynirleri birlikte kümelendirilmiştir. İkinci kümede VP60 ayrı bir alt küme oluşturmuştur. Ayrıca, küme analizi (Şekil 4.9), SAA içeriğinin olgunlaşma zamanlarının örnekler arasında farklılık gösterdiğini ve maksimum SAA içeriğinin 120. ve 150. günlük örneklerde bulunduğunu göstermiştir.



PC: Plastik Bidon (PB), VP: Vakumlu Paket Ambalaj (VP), SC: Sosis Kılıfı (SK)

Şekil 4.9: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde ısı haritası kümeleme (heat map) analizleri sonuçları

4.3 Lipoliz Analizi (ADV: Asit Derece Değeri)

Lipoliz sürecinde oluşan çeşitli serbest yağ asitleri, peynirde esterler, aldehitler ve laktonlar gibi uçucu bileşiklerin üretimine öncülük eder ve bu bileşikler, peynirin aroma gelişiminde önemli rol oynar (Lopez ve diğ., 2006). Tulum peynirine özgü hafif keskin ve acımsı tadın oluşmasında, bu serbest yağ asitlerinin katkısı büyüktür (Hayaloğlu ve diğ., 2007; Öztürkoğlu-Budak ve diğ., 2018).

Süt yağındaki serbest yağ asitlerinin miktarını belirlemek amacıyla kullanılan ADV, lipoliz düzeyini nicel olarak ifade eden önemli bir parametredir. Bu çalışmada, olgunlaşma süresi boyunca lipoliz değerlerinde artış gözlenmiş ve değerler 2.36 ile 30.14 meq KOH/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). En yüksek lipoliz değeri (30.14 meq KOH/100 g) olgunlaşmanın sonunda plastik bidonda muhafaza edilen Tulum peynirinde tespit edilmiştir ve bu değer diğer örneklerle kıyasla istatistiksel olarak önemli şekilde daha yüksektir ($P<0.05$). Hem olgunlaşma süresi hem de ambalaj malzemesi lipoliz değerlerini önemli ölçüde etkilemiştir ($P<0.05$).

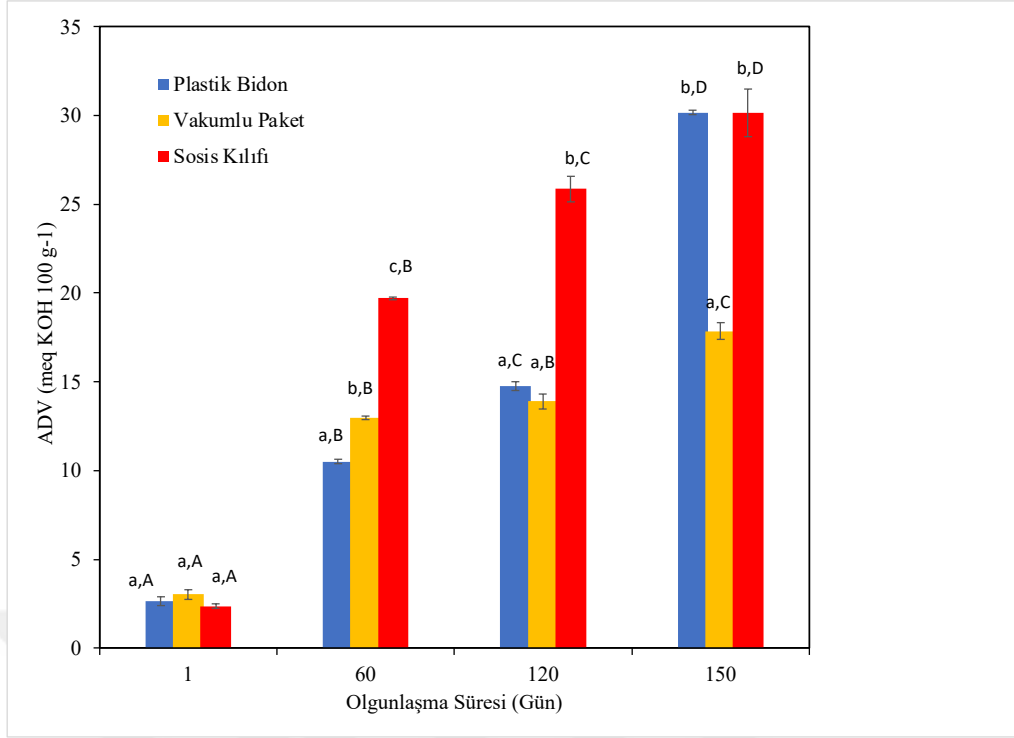
Çizelge 4.5: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde asitlik derecesi değeri

Özellikler	Gün	PB	VP	SK
Lipoliz Analizi (Asit Derecesi Değeri) (meq KOH 100 g⁻¹)	1	2.66±0.23 ^{a,A}	3.02±0.25 ^{a,A}	2.36±0.13 ^{a,A}
	60	10.50±0.12 ^{a,B}	12.98±0.10 ^{b,B}	19.70±0.06 ^{c,B}
	120	14.76±0.25 ^{a,C}	13.90±0.42 ^{a,B}	25.86±0.74 ^{b,C}
	150	30.14±0.12 ^{b,D}	17.84±0.48 ^{a,C}	30.13±1.34 ^{b,D}

^{a-c}: Bir satırda örnekler arasındaki soldan sağa farkı ifade eder ($P<0.05$).

^{A-D}: Bir sütunda örnekler arasındaki yukarıdan aşağıya farkı ifade eder ($P<0.05$). (Ortalama ± SS)

Vakumlu paket ambalajlı peynirlerdeki lipoliz değerleri, sosis kılıfı ve plastik bidonda ambalajlanmış örneklerle göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, 60. ve 120. günlerde ADV değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir; ancak 150. gündeki artış, diğer örneklerle göre daha düşük kalmıştır (Şekil 4.10). Tüm örneklerde elde edilen sonuçlar aşırı lipolizin göstergesi olmuştur. PB ve SK örneklerinde VP örneklerine kıyasen daha yüksek görülen lipoliz seviyesi bu örneklerde acımsı tat oluşmasına sebep olacağından duyu analizi sonuçlarında tat bakımından daha düşük sonuçların elde edilmesinde etkili olacağı düşünülmüştür.



Şekil 4.10: Lipoliz analizi (ADV: Asit derece değeri)

Bu çalışmada belirlenen ortalama lipoliz değerlerinin, Karagöl & Tarakçı (2024) tarafından bildirilen Tulum peyniri ADV değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu fark, çalışmada kullanılan ambalaj materyallerinin geçirgenlik özellikleri, olgunlaşma koşulları ve başlangıç mikrobiyal yük gibi çeşitli faktörlerle ilişkili olabilir.

4.4 Antioksidan Aktivite (ABTS Yöntemi ile)

Peynir örneklerinin antioksidan aktiviteleri **ABTS yöntemi** ile belirlenmiştir. Üç farklı ambalajlama yöntemiyle olgunlaştırılmış peynirlerin analiz sonuçları Çizelge 4.6'de gösterilmiştir. ABTS analizi, hem lipofilik hem de hidrofilik antioksidanların tayininde kullanılabilen bir **renksizleşme testi** olup yaygın şekilde tercih edilmektedir (Re ve diğ., 1999).

ABTS analizine göre, 150. günde en yüksek potansiyel antioksidan aktivite vakumlu paket ambalaj (VP) ve sosis kılıfı (SK) ile olgunlaştırılmış peynir örneklerinde sırasıyla 63.92 ± 0.85 mg/L TEAK ve 64.2 ± 0.31 mg/L TEAK olarak belirlenmiştir. Bu örnekleri, plastik bidonda (PB) olgunlaştırılmış peynirler 58.12 ± 0.48 mg/L TEAK değeriyle takip etmiştir (Çizelge 4.6).

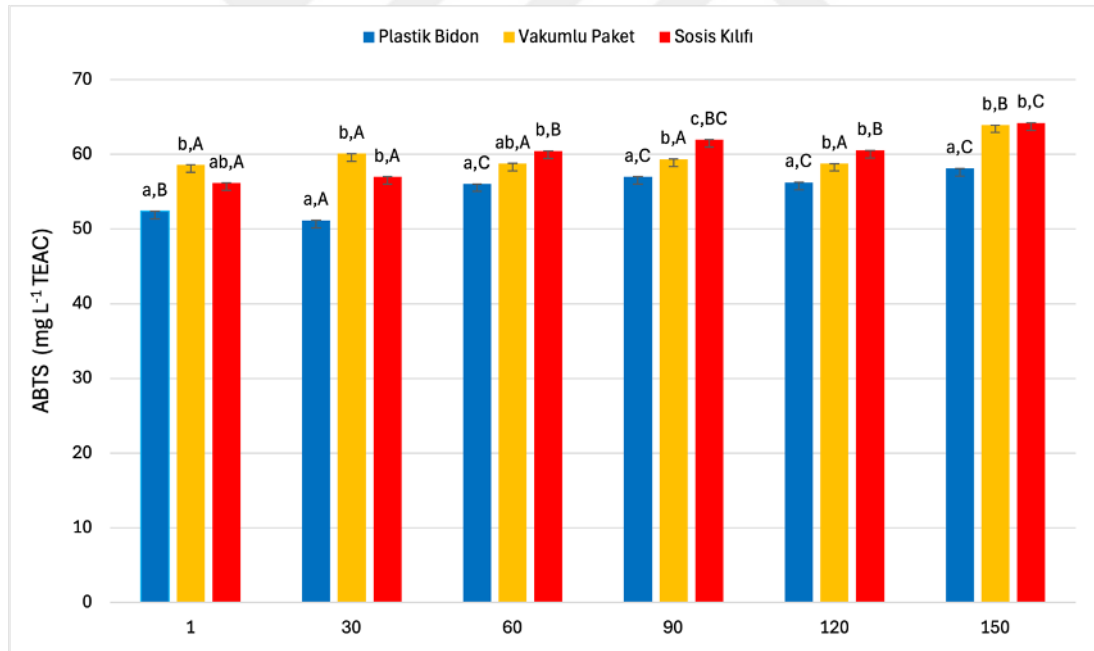
Çizelge 4.6: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde ABTS radikal kationunun süpürülme aktivitesine (mg L^{-1} TEAK) göre antioksidan aktivitesi

Özellikler	Gün	PB	VP	SK
ABTS (mg L^{-1} TEAK)	1	$52.37 \pm 1.05^{a,B}$	$58.59 \pm 0.79^{b,A}$	$56.17 \pm 1.64^{ab,A}$
	30	$51.16 \pm 1.88^{a,A}$	$60.09 \pm 0.77^{b,A}$	$57.00 \pm 0.34^{b,A}$
	60	$56.03 \pm 0.07^{a,C}$	$58.78 \pm 0.41^{ab,A}$	$60.46 \pm 1.93^{b,B}$
	90	$57.00 \pm 0.52^{a,C}$	$59.37 \pm 0.13^{b,A}$	$61.96 \pm 0.32^{c,BC}$
	120	$56.26 \pm 0.21^{a,C}$	$58.77 \pm 1.74^{b,A}$	$60.54 \pm 0.93^{b,B}$
	150	$58.12 \pm 0.48^{a,C}$	$63.92 \pm 0.85^{b,B}$	$64.20 \pm 0.31^{b,C}$

^{a-c}: Bir satırda örnekler arasındaki soldan sağa farkı ifade eder ($P < 0.05$).

^{A-D}: Bir sütunda örnekler arasındaki yukarıdan aşağıya farkı ifade eder ($P < 0.05$). (Ortalama $\pm$ SS)

VP ve SK örneklerinde olgunlaşmanın 150. gününde ABTS radikal süpürücü aktivitesinin önemli ölçüde arttığı ($P < 0.05$); ancak PB örneğinde 30. günden sonra artışın önemsiz hale geldiği ($P < 0.05$) gözlemlendi. Proteolizin bir sonucu olarak, küçük peptitler salınır ve olgunlaşma ilerledikçe daha önemli hale gelir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: ABTS analizi (mg L^{-1} TEAK)

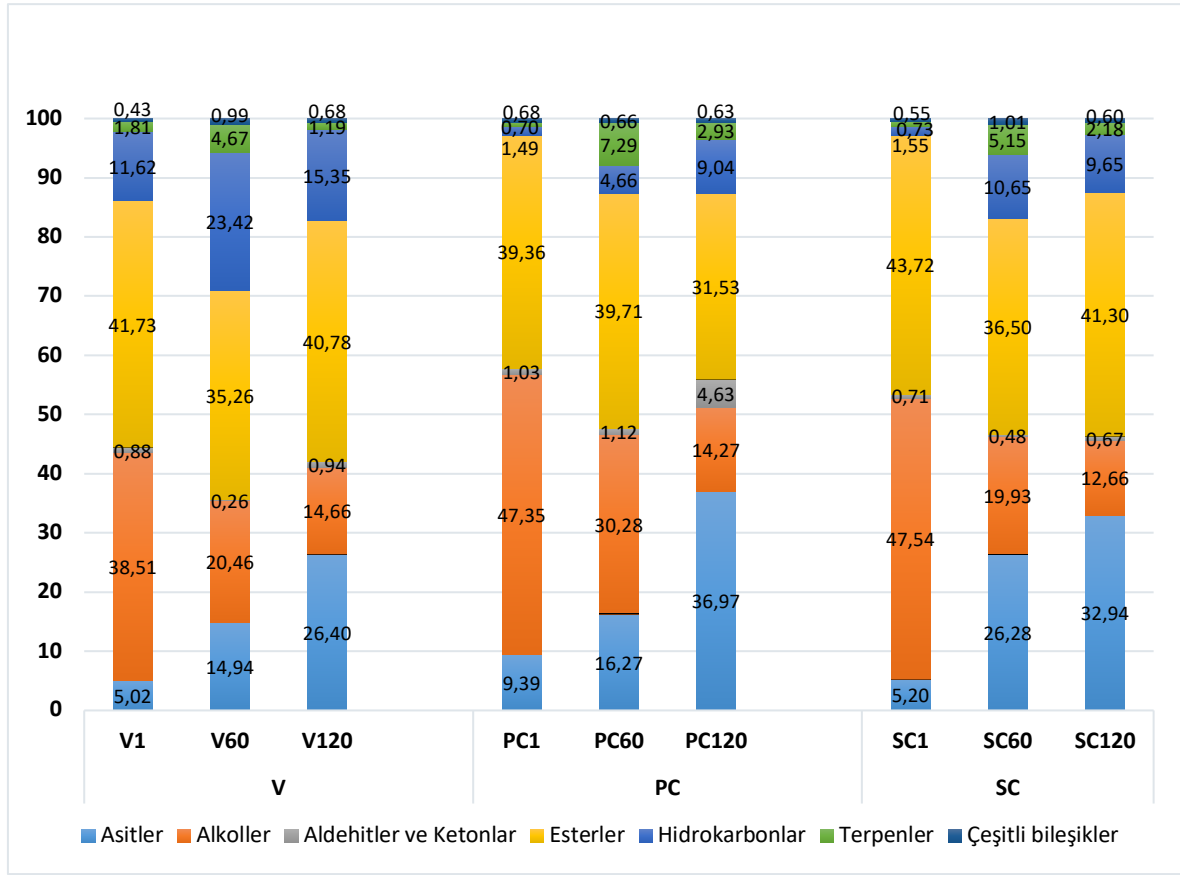
Olgunlaşmış peynirdeki suda çözünen peptitlerin sentezinin antioksidan özelliklerle yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir (Torres-Salas ve diğ., 2024). Özellikle antioksidan özelliklere sahip gıda kaynaklı peptitlerin N-terminal ucu Val veya Leu gibi hidrofobik amino asit kalıntıları ve Pro, His, Tyr, Trp, Phe, Gly, Met ve Cys dizilerini içerir (Yang, 2024). Şekil 4.11'de gözlemlenen sonuçlara dayanarak, antioksidan aktivite, Tulum peyniri

özütlerindeki bu amino asitlerin her birinin varlığına bağlı olarak etkilenebilir. Bu amino asitlerin Tulum peyniri ekstraktlarında bulunması, gözlenen antioksidan aktivitenin moleküler temeline işaret etmektedir. Antioksidan aktiviteyi etkileyebilen Glu, Gly, Lys ve sülfür içeriği ile serbest radikalleri nötralize eden Cys ve Met gibi majör serbest amino asitlerin varlığı VP ve SK örneklerinde daha fazla bulunduğundan (Çizelge 4.4) antioksidan aktivite bu örneklerde daha yüksek tespit edilmiştir.

Ambalajlama yöntemleri, olgunlaşma süresi ve koşulları ile fermantasyon süreci, peynirlerin antioksidan kapasiteleri üzerinde etkili olan faktörler arasında yer almaktadır (Santiago-López ve diğ., 2018). Bu çalışmada, Tulum peynirlerinin antioksidan aktiviteleri olgunlaşma sonunda artış göstermiştir (Öner & Sarıdağ 2018; Öztürk ve Akın 2017). PB ile paketlenmiş peynirlerde, 60. günden sonra antioksidan aktivitede önemli bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$). Benzer şekilde, Bottesini ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada, olgunlaşma boyunca antioksidan aktivitenin sabit kaldığı bildirilmiş ve bu durum, antioksidan aktiviteden sorumlu amino asit yan zincirlerinin kapasitelerini koruyabilmesine bağlanmıştır.

4.5 GC-MS ile Uçucu Aroma Profil Analizi

SPME tekniği ile yapılan uçucu bileşik analizleri sonucunda peynir örneklerinde asitler (6), alkoller (8), aldehytler ve ketonlar (6), esterler (17), hidrokarbonlar (21), terpenler (5) ve çeşitli bileşikler (4) olmak üzere toplam 67 uçucu bileşik tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). En fazla bileşikte belirlenen uçucu bileşik grubu hidrokarbonlar (21) olmasına rağmen, Tulum peynirlerinin karakteristik uçucu bileşik gruplarını toplam uçucu bileşikler arasında en yüksek yüzdeye sahip olan alkoller ve esterler oluşturmuştur (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: Uçucu aroma gruplarına ait bileşen grafiği (%)

Alkoller Tulum peynirinin lezzeti üzerinde önemli etkiye sahiptir ve Tulum peyniri üretiminde çığ süt kullanılması yüksek alkol konsantrasyonunda etkili olabilir (Hayaloğlu ve diğ., 2007). Fernández-García ve diğ. (2002), çığ ve pastörize koyun sütünden üretilen Manchego peynirlerinin alkol içeriği arasında önemli bir fark olduğunu ve çığ süttten üretilen peynirlerin alkol içeriğinin pastörize süttten üretilen peynirlerden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çığ sütte bulunan nonstarter laktik asit bakterileri, enterokoklar ve mayalar alkol üretimini teşvik edebilir (Tekin ve Güler, 2021). Mevcut çalışmada, depolama süresince toplam alkol içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, çığ süttten üretilen Erzincan Tulum (Çakır ve diğ., 2016) ve Manchego (Fernández-García ve diğ., 2002) peynirlerinde, depolamanın başlangıcında yüksek olan alkol içeriğinin, depolama süresince azaldığı belirlenmiştir. Saremnezhad ve diğ. (2024), çığ koyun ve keçi sütünden üretilen peynirler arasında koyun sütü peynirlerinin daha yüksek alkol içerdiğini ve alkol içeriğinin olgunlaşmayla azaldığını belirlemiştir. Lösin amino asit katabolizmasının bir ürünü olan 3-metil-1-bütanol (Tekin ve Güler, 2021) ve laktoz fermantasyonu, amino asit katabolizması veya asetaldehitten üretilen etanol (Tekin ve Hayaloğlu, 2023), peynir örneklerinde en bol bulunan tanımlanmış bileşiklerdir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen alkoller (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PC	VP	SK
<i>Alkoller</i>				
Etanol	1	92.74±1.69	89.84±7.62	107.28±4.54
	60	81.47±5.30	90.92±4.00	89.23±1.32
	120	79.54±1.31	88.47±4.75	82.40±12.30
1-Propanol	1	0.39±0.04	0.35±0.06	0.38±0.12
	60	0.11±0.00	T.E.	T.E.
	120	T.E.	0.30±0.00	0.15±0.00
2-Metil-1-propanol	1	31.27±4.42	42.94±3.69	43.72±4.29
	60	21.96±3.41	11.98±2.89	6.02±5.87
	120	8.58±0.02	1.04±0.18	0.88±0.19
3-Metil-1-bütanol	1	134.77±6.68	160.41±7.32	153.32±6.18
	60	45.26±1.41	30.22±0.12	19.89±1.90
	120	18.99±0.46	14.05±0.58	9.93±2.73
2-Metil-1-bütanol	1	14.33±1.09	13.07±1.07	15.91±0.09
	60	8.29±0.93	3.95±0.45	3.14±0.39
	120	3.31±0.01	2.27±0.00	1.35±0.49
2,3-Bütandiol	1	1.18±0.35	3.03±0.08	3.00±0.79
	60	6.99±1.80	4.05±1.60	14.16±1.96
	120	5.59±0.16	2.98±0.28	4.49±0.10
3-Metil-2-hekzanol	1	T.E.	1.27±0.00	1.07±0.00
	60	4.65±0.00	2.58±1.25	3.98±0.00
	120	3.03±0.00	T.E.	T.E.
3-(2,2-Dimetilpropoksi)-2-bütanol	1	T.E.	T.E.	T.E.
	60	0.28±0.00	0.43±0.00	0.87±0.00
	120	1.81±0.00	2.03±0.42	1.68±0.18
Toplam (8)	1	274.68	310.92	324.68
	60	169.00	144.14	137.29
	120	120.86	111,15	100,89

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

Olgunlaşma ilerledikçe asitler Tulum peynirlerinde keskin ve eşsiz bir aromanın oluşumuna katkıda bulunur. Toplam uçucu bileşik bileşimindeki asit oranı olgunlaşmayla birlikte önemli bir artış gösterdi (Şekil 4.12, Çizelge 4.8). Tekin ve Güler (2021), Karaman Tulum peynirlerinde bütanoik, hekzanoik, oktanoik ve dekanoik gibi kısa zincirli doğrusal asitlerin depolama ile düzenli bir artış gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca, çiğ koyun ve keçi sütünden üretilen Ligvan peynirlerinde özellikle 90 günlük olgunlaşmanın ardından C4-C8 asit bileşiklerinin arttığı bulunmuştur (Saremnezhad ve diğ., 2024). Bu sonuçlar, bu çalışmada 60 ve özellikle 120 gün sonra önemli artışlar gösteren bütanoik, hekzanoik ve oktanoik asit miktarlarıyla tutarlıdır. Kısa ve orta zincirli serbest yağ asitleri, peynir

aromasına doğrudan katkıda bulunmanın yanı sıra, sekonder alkoller, esterler, metil ketonlar, alkanlar ve laktonlar gibi aroma bileşiklerinin üretimi için de öncülerdir (Tekin & Güler, 2019).

Çizelge 4.8: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen asitler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PB	VP	SK
Asitler				
Asetik asit	1	45.60±2.72	27.77±12.57	27.70±4.07
	60	45.50±5.10	52.26±17.87	75.58±15.84
	120	68.02±2.85	54.11±4.09	55.53±15.62
Butanoik asit	1	3.48±0.61	1.78±0.91	T.E.
	60	31.84±1.21	30.04±6.67	67.16±3.73
	120	132.15±7.38	88.49±3.89	137.06±18.44
3-Metilbütanoik asit	1	3.20±0.43	8.46±0.97	5.92±0.13
	60	6.05±1.35	11.31±0.36	12.47±1.38
	120	11.68±0.00	7.89±2.38	5.23±0.00
2-Metilbütanoik asit	1	0.48±0.21	1.50±0.14	0.71±0.07
	60	1.14±0.00	4.22±0.00	T.E.
	120	T.E.	1.34±0.00	T.E.
Hekzanoik Asit	1	1.72±0.58	1.02±0.31	1.17±0.02
	60	6.32±0.00	7.43±1.10	23.50±2.68
	120	93.15±12.82	44.56±0.33	61.12±4.28
Oktanoik Asit	1	T.E.	T.E.	T.E.
	60	T.E.	T.E.	2.30±0.16
	120	8.17±1,46	3.80±0.00	3.67±0.14
Toplam (6)	1	54.47	40.53	35.50
	60	90.84	105.25	181.02
	120	313.16	200.18	262.61

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

Çizelge 4.8 incelendiğinde, başlangıçta yakın olan toplam asit bileşiklerinin miktarının SK örneklerinde 60 gün sonunda daha fazla arttığı, ancak PB örneğindeki asit miktarının 120 gün sonunda en yüksek seviyeye ulaştığı, bunu SK ve VP örneklerinin izlediği görülmektedir. Bu sonuç, lipoliz seviyesini gösteren ADV sonuçlarıyla paraleldir (Şekil 4.5). Buna göre, vakumlu paket ambalajda saklanan VP örneklerinde lipoliz ve bunun sonucunda oluşan asit bileşiklerinin daha düşük miktarlarda oluştuğu söylenebilir (Şekil 4.12, Çizelge 4.8).

Peynirde meyvemsi aroma veren ve alkoliz ve esterifikasyonla üretilen esterler (Hayaloğlu ve diğ., 2007), tüm peynir örneklerinde ve depolama günlerinde yüksek seviyelerde belirlenen bir diğer uçucu bileşik grubudur. Etil asetat, etil bütanoat, etil hekzanoat ve 3-metil-1-bütül asetat, esterler arasında en yüksek pik alanlarına sahip bileşikler olup, bu bileşiklerde olgunlaşma boyunca azalma görülmüştür (Çizelge 4.9). Elde edilen sonuçlar Saremnezhad ve diğ. (2024)'in sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Etil asetatın varlığı tulumda (Atik ve diğ., 2021) ve Türk Beyaz peynirlerinde (Oluk, 2023) belgelenmiştir. PB ambalajlı örneklerde etil asetat olgunlaşma süresince düşerek 120. gün sonunda görülmemiştir. VP ambalajlı örneklerde olgunlaşma süresince azalmış, SK ambalajlı örneklerde ise olgunlaşmanın 60. gününde azalırken 120. gün sonunda tekrar yükselmiştir ve 120. günde SK ambalajlı örneklerde VP ambalajlı örneklere kıyasen daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Ambalaj materyalinin türü olgunlaşma boyunca peynirdeki ester bileşenlerinin varlığını önemli derecede ($P<0.01$) etkilemiştir.

Esterler, karşılık gelen alkollerin ve asitlerin esterifikasyonu ile oluşur ve söz konusu esterler, özellikle depolamanın sonunda peynir örneklerinde önemli bir artış gösteren karşılık gelen asitlere paraleldir. Çiğ koyun sütünden yapılan Türk Divle Mağarası peynirinde etil bütanoat, etil oktanoat ve etil hekzanoat'ın varlığı tespit edilmiştir (Öztürkoğlu-Budak ve diğ., 2016).

Çizelge 4.9: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen esterler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PB	VP	SK
Esterler				
Metil asetat	1	0.75±0.06	0.47±0.04	0.35±0.03
	60	1.07±0.10	0.95±0.12	0.84±0.15
	120	0.82±0.33	0.88±0.14	0.96±1.04
Etil asetat	1	150.62±6.74	223.88±10.47	205.96±14.00
	60	135.05±12.36	109.55±0.97	111.07±0.81
	120	T.E.	103.19±26.27	141.45±7.99
Etil propanoat	1	1.48±0.16	2.22±0.20	1.69±0.16
	60	0.49±0.01	0.62±0.37	0.36±0.01
	120	T.E.	0.61±0.33	0.71±0.25
Propil asetat	1	2.94±0.44	4.86±0.59	3.58±0.30
	60	0.91±0.07	0.90±0.14	0.66±0.05
	120	3.58±0.00	1.16±0.43	1.24±0.26
Metil bütanoat	1	T.E.	T.E.	T.E.
	60	0.58±0.10	0.52±0.07	0.97±0.00
	120	T.E.	0.65±0.00	1.46±0.00
Etil-2-metil-propanoat	1	0.78±0.33	0.80±0.19	0.52±0.28

	60	0.47±0.00	0.38±0.00	0.25±0.00
	120	0.78±0.06	0.93±0.00	0.64±0.08
	1	7.38±0.56	12.91±1.85	8.08±0.26
2-Metilpropil asetat	60	2.88±0.26	4.72±2.44	3.93±0.10
	120	2.92±0.60	3.44±0.53	4.81±1.52
	1	14.05±0.17	10.66±0.22	29.08±0.00
Etil bütanoat	60	22.94±0.30	27.12±4.72	27.01±6.68
	120	41.39±8.33	49.30±2.37	74.75±9.35
	1	6.52±2.29	4.28±0.00	8.37±0.57
Etil laktat	60	T.E.	27.19±0.00	25.46±0.00
	120	T.E.	22.56±0.00	3.12±0.00
	1	36.40±3.98	68.07±18.84	36.29±2.09
3-Metil-1-bütil asetat	60	19.19±0.04	35.42±9.35	34.65±0.00
	120	22.27±0.00	21.44±0.07	27.55±0.00
	1	2.03±0.32	1.23±0.00	2.16±0.15
2,3-Butandioldiasetat	60	0.44±0.05	1.32±0.12	1.33±0.49
	120	2.60±0.00	0.36±0.00	0.50±0.00
	1	0.56±0.05	0.93±0.22	T.E.
Metil-2-hidroksi-4-metil-pentanoat	60	0.39±0.13	0.74±0.00	T.E.
	120	9.60±0.86	1.38±0.80	T.E.
	1	3.20±0.26	3.05±0.23	2.21±0.07
Etil heksanoat	60	31.44±2.14	27.59±0.00	35.90±3.11
	120	70.13±0.00	89.93±14.92	60.08±9.87
	1	0.20±0.01	2.20±0.79	0.14±0.00
3-Metil bütil bütanoat	60	1.09±0.29	4.82±0.52	1.51±0.14
	120	3.28±0.21	4.83±2.41	2.77±0.00
	1	0.38±0.10	T.E.	0.18±0.00
Etil oktanoat	60	2.28±0.60	2.96±1.05	3.71±0.20
	120	6.52±0.00	5.13±1.96	5.76±0.75
	1	1.08±0.12	1.41±0.00	T.E.
2-Fenil etil asetat	60	2.02±0.32	2.81±0.85	2.80±0.42
	120	3.16±0.00	2.08±0.74	1.96±0.14
	1	T.E.	T.E.	T.E.
Etil dekanoat	60	0.42±0.00	0.82±0.38	0.99±0.00
	120	1.55±0.33	1.37±0.42	1.45±0.08
	1	228.37	336.96	298.60
Toplam (17)	60	221.66	248.43	251.43
	120	267.02	309.24	329.20

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

Keser ve diğ. (2024), Erzincan Tulum peynirinde 6 adet ester tespit etmiş olup, etil oktanoat en yüksek miktara sahip ester olarak bulunmuş, onu etil heksanoat ve etil dekanoat takip etmiştir.

Peynir örneklerinde bol miktarda bulunan bir diğer uçucu bileşik grubu ise hidrokarbonlar olup 21 adet hidrokarbon tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Hidrokarbonlar, hayvansal besinlerde bulunan bitkilerden gelen yağ asitlerinin ve klorofilin parçalanmasıyla oluşan bileşiklerdir ve yüksek algı eşikleri nedeniyle çoğu hidrokarbon peynir aromasına katkıda bulunmaz (Tekin ve Güler, 2021). Ancak lipid otoksidasyonunun sekonder ürünleri olarak da oluşabilirler ve aromatik bileşiklerin öncülleridirler (Hayaloğlu ve diğ., 2007). Bu açıklamalara dayanarak, PB ve SK örneklerinde depolamanın başlangıcındaki düşük miktardaki hidrokarbonlar, hayvan beslenmesine bağlı olarak hammadde olarak kullanılan süttten kaynaklanmış olabilir ve her iki peynirde olgunlaşmayla birlikte artış, lipolitik aktivite ile ilişkili olabilir. VP örneğinde ise depolamanın başlangıcından itibaren yüksek miktarda hidrokarbon bileşiği saptanmış olup, olgunlaşmayla birlikte bu oran daha da artmıştır. ADV sonuçları açısından lipoliz derecesi en düşük olan VP örneğinde en fazla miktarda ve sayıda hidrokarbon bulunması, diğer örneklerle göre daha az da olsa yeterli serbest yağ asidi varlığının ve bu yağ asitlerinin vakum ortamında yüksek oranda parçalandığının göstergesi olabilir. Peynirde lezzet gelişimi glikoliz, proteoliz ve lipoliz gibi biyokimyasal reaksiyonlar yoluyla gerçekleşir ve bu reaksiyonlar Tulum peyniri gibi çiğ süttten üretilen peynirlerde olgunlaşmayla birlikte artar (Tekin ve Güler, 2019).

Çizelge 4.10: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen hidrokarbonlar (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PB	VP	SK
<i>Hidrokarbonlar</i>				
2,3-Dimetil-bütan	1	3.41±0.06	0.91±0.27	1.00±0.53
	60	7.90±2.42	10.32±0.44	7.49±1.68
	120	9.12±0.68	5.59±0.76	3.65±0.99
3-Metil-pentan	1	1.21±0.04	T.E.	0.32±0.26
	60	3.38±1.09	4.69±0.87	2.98±0.96
	120	4.25±0.74	2.15±0.42	1.09±0.36
Metil-siklopentan	1	T.E.	T.E.	T.E.
	60	T.E.	16.32±0.00	11.24±3.11
	120	13.84±0.33	12.73±0.00	16.82±0.00
Sikloheksan	1	0.83±0.12	0.70±0.14	0.55±0.00
	60	1.97±0.00	2.61±0.00	2.33±0.00
	120	2.13±0.33	1.77±0.62	2.47±0.00
Heptan	1	1.16±0.12	3.11±0.51	4.52±0.74
	60	1.59±0.48	1.51±0.22	1.86±0.20
	120	0.88±0.24	1.04±0.19	1.21±0.41
1-Okten	1	T.E.	T.E.	1.03±0.45
	60	T.E.	T.E.	1.15±0.75

	120	T.E.	T.E.	4.63±0.00
	1	0.42±0.14	0.48±0.29	0.38±0.00
m-Ksilen	60	7.55±0.18	8.56±0.00	31.37±0.00
	120	35.19±0.00	0.18±0.00	29.52±0.00
	1	T.E.	0.58±0.00	T.E.
o-Ksilen	60	1.67±0.00	1.67±0.00	T.E.
	120	7.23±0.00	4.96±0.00	5.07±0.00
	1	0.71±0.10	T.E.	0.77±0.03
2,5-Dimetil-1,6-oktadien	60	0.80±0.10	T.E.	0.95±0.07
	120	1.61±0.30	T.E.	0.67±0.16
	1	T.E.	5.46±2.22	T.E.
2,2,4-Trimetil-heptan	60	T.E.	5.58±2.54	T.E.
	120	T.E.	3.83±1.27	T.E.
	1	0.91±0.11	1.49±0.51	0.97±0.04
3,7-Dimetil-2-okten	60	1.17±0.61	1.18±0.41	1.56±0.34
	120	2.33±0.33	1.01±0.21	1.32±0.75
	1	T.E.	1.83±0.66	T.E.
2,2,3-Trimetil-hekzan	60	T.E.	2.50±0.80	T.E.
	120	T.E.	2.00±0.75	T.E.
	1	T.E.	2.45±0.50	T.E.
2,2-Dimetil-undekan	60	T.E.	3.51±0.00	T.E.
	120	T.E.	1.10±0.00	T.E.
	1	T.E.	46.31±0.00	0.84±0.00
2,2-Dimetil-dekan	60	T.E.	62.45±0.00	12.47±0.99
	120	T.E.	50.63±0.00	10.50±0.00
	1	T.E.	1.54±0.41	T.E.
2,2,3-Trimetil-nonan	60	T.E.	3.72±0.37	T.E.
	120	T.E.	3.50±0.00	T.E.
	1	T.E.	11.23±5.23	0.20±0.08
3,7-Dimetil-nonan	60	T.E.	16.78±4.92	0.20±0.08
	120	T.E.	8.09±0.00	0.20±0.08
	1	T.E.	3.09±1.45	T.E.
2,5-Dimetil-undekan	60	T.E.	2.29±0.00	T.E.
	120	T.E.	T.E.	T.E.
	1	T.E.	0.61±0.16	T.E.
5,6-Dimetil-dekan	60	T.E.	1.02±0.79	T.E.
	120	T.E.	0.64±0.02	T.E.
	1	T.E.	7.36±3.49	T.E.
5-Etil-2,2,3-trimetil-heptan	60	T.E.	10.68±2.95	T.E.
	120	T.E.	9.67±1.24	T.E.
	1	T.E.	6.37±3.10	T.E.
2,2,5-Trimetil-hekzan	60	T.E.	8.40±2.24	T.E.
	120	T.E.	6.42±1.32	T.E.
	1	T.E.	0.29±0.00	T.E.
9-Metil-3-undekan	60	T.E.	1.19±0.00	T.E.

	120	T.E.	1.12±0.00	T.E.
	1	8.66	93.82	10.60
Toplam (21)	60	26.03	164.99	73.39
	120	76.56	116.42	76.96

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

Hayvanların beslenmesinde bitkilerden ve meralardan elde edilen terpenler, özellikle dağlık bölgelerde süt ürünlerinde önemli bir aromatik rol oynar (Curioni ve Bosset, 2002). Süt ürünlerindeki terpen profili, büyük ölçüde elde edilen sütün içerdiği terpen bileşenlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu durum, terpenlerin bitkisel kaynaklardan süt yoluyla süt ürünlerine kadar taşınabildiğini göstermektedir (Valdivielso ve diğ., 2016). Bu çalışmada, peynir örneklerinin uçucu fraksiyonunda α -pinen, α -sitronellol, β -Ocimene, p-Kimen ve l-limonen olmak üzere 5 terpen tanımlanmış olup, α -pinen ve l-limonen birincil bileşikler olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen terpenler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PB	VP	SK
Terpenler				
α -Pinen	1	0.63±0.08	0.48±0.05	0.76±0.05
	60	2.70±0.16	1.94±0.65	3.39±0.12
	120	2.23±1.07	1.47±0.50	2.11±0.98
α -Sitronellol	1	T.E.	1.28±0.18	T.E.
	60	T.E.	1.74±0.57	T.E.
	120	T.E.	1.18±0.44	T.E.
β -Ocimene	1	1.72±0.18	1.85±0.09	1.94±0.03
	60	2.23±0.54	2.17±0.00	3.53±0.24
	120	T.E.	T.E.	T.E.
p-Kimen	1	0.40±0.00	0.60±0.05	0.37±0.05
	60	0.72±0.00	0.52±0.00	T.E.
	120	T.E.	T.E.	T.E.
l-limonen	1	1.31±0.23	10.42±4.36	1.93±0.42
	60	35.05±9.27	26.53±6.71	28.58±3.27
	120	22.61±4.63	6.41±0.00	15.28±3.43
Toplam (5)	1	4.06	14.63	5.00
	60	40.70	32.91	35.50
	120	24.83	9.05	17.38

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

α -sitronellol yalnızca VP örneklerinde tespit edilmiş ve ancak konsantrasyonlarında olgunlaşma sırasında önemli bir değişiklik olmamıştır. ($P<0.05$). β -Ocimene ve p-Kimen ise tüm gruplarda olgunlaşmanın 60. gününden itibaren tespit edilememiştir. Esterler arasında en birincil bileşik olarak tespit edilen l-limonen konsantrasyonu olgunlaşmanın 60. gününde artış gösterirken 120. günde tekrar azalmıştır. En yüksek l-limonen değerleri PB ambalajlı örneklerde olgunlaşmanın 60. gününde 35.05 ± 9.27 olarak, en düşük değer ise VP ambalajlı örneklerde 6.41 ± 0.00 olarak tespit edilmiştir.

L-limonen peynirde doğal bir fermentasyon ürünü değildir. Ancak sütün elde edildiği koyun, keçi veya ineklerin yedikleri yemden, peynirin üretildiği işletmelerde üretim hatlarında kullanılan temizlik ürünleri kaynaklı kontaminasyonlardan veya başta plastik ambalajlar olmak üzere kullanılan ambalaj materyallerinden geçebilir. D-limonen kadar yaygın değildir. D-limonen portakal, limon veya diğer narenciye ürünlerinde bulunan doğal bir bileşen olup normal şartlarda peynir ürünlerinde yüksek miktarlarda bulunmaz. Terpenler genellikle bitkiler ve meralar gibi hayvanların beslenme alanları kaynaklıdır ve peynir aroma üzerine önemli etkileri vardır (Arslaner ve Türkmen, 2024). Tespit edilen diğer bileşenler ise Akkaraman ırkı koyunların otladıkları yaylalarda bulunan bitki kaynaklıdır. Keser ve diğ. (2024), Erzincan Tulum peynirindeki baskın ikinci grup aroma bileşikleri olarak terpenleri tespit etmişler ve D-limonen bu grupta belirlenen terpen bileşiği olmuştur.

Terpenler, hayvanların yedikleri besinlerden ya da peynir üretiminde kullanılan suşlar tarafından üretilmekte ve peynir aromasına katkıda bulunmaktadırlar (Calzada ve diğ., 2014). Uzkuç diğ. (2023), pastörize keçi sütü kullanarak, hayvansal rennet ve bitkisel pıhtılaştırıcı olarak da *Cynara cardunculus* L. proteazı ile üretilen peynirlerde yaptıkları analizler sonucunda, limonenin tüm örneklerde en yüksek düzeyde bulunan uçucu bileşik olduğu belirlemişler, en yüksek limonen konsantrasyonunu ise, bitkisel pıhtılaştırıcı kullanılan örnekte 90. gün sonunda $3152.00 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen bu verinin, peynir üretimi sürecinde teleme peynirinin üretildiği yaylalarda üreticilerin sahip olduğu ortamdan veya peynir işletmesindeki dolum işlemleri sürecindeki olası bir kontaminasyondan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ambalaj kaynaklı aroma geçişi düşünüldüğünde plastik bidon (PB) ambalajın etkisinin sosis kılıfı (SK) ve vakumlu paket (VP) ambalaja kıyasen daha yüksek etki gösterdiği söylenebilir.

Aldehitler ve ketonlar, peynirin olgunlaşma sürecinde oluşan uçucu aroma bileşenleri arasında yer alan bileşikler olup, yağların ve amino asitlerin mikrobiyal veya enzimatik yıkımı sonucu ortaya çıkar ve peynirin karakteristik aroma ve tat profilini şekillendirirler. Bu çalışmada toplam 6 adet aldehit ve keton bileşeni tespit edilmiş olup, 3-Hidroksi-2-bütanon (Asetoin) en birincil bileşen olarak görülmüştür (Çizelge 4.12). Peynirde 3-Hidroksi-2-bütanon (Asetoin) yüksekliği peynirin kalitesini gösteren parametrelerdendir. Peynir örneklerinde kullanılan ambalaj materyali bu değerleri önemli ölçüde etkilemiş olup, PB ambalajlı peynir örneklerinde VP ve SK ambalajlı örneklerle kıyasla daha yüksek asetoin tespit edilmiştir. Aldehitlerin olgunlaşma sırasında hızla alkollere ve asitlere dönüştüğü önceki çalışmalarla ortaya konmuştur (Çakır ve diğ., 2016). Başka bir çalışmada ise, keton bileşiklerinin kaşar peynirlerinin karakteristik aromasının oluşumunda önemli aroma maddeleri olduğu bildirilmiştir (Tian ve diğ., 2024).

Çizelge 4.12: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen aldehit ve ketonlar (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PB	VP	SK
<i>Aldehitler ve Ketonlar</i>				
Asetaldehit	1	2.53±0.29	3.75±0.75	3.09±0.00
	60	1.55±0.00	T.E.	0.07±0.02
	120	1.61±1.01	3.27±0.26	1.97±0.21
3-Metil-bütanal	1	1.92±0.00	2.17±0.00	1.59±0.66
	60	2.28±0.00	T.E.	1.25±0.00
	120	T.E.	T.E.	1.92±0.00
Nonanal	1	0.27±0.00	0.29±0.00	T.E.
	60	0.90±0.78	0.87±0.24	T.E.
	120	T.E.	T.E.	T.E.
2,3-Bütanedion (Diasetil)	1	0.28±0.04	0.57±0.28	T.E.
	60	0.65±0.49	0.21±0.00	0.29±0.00
	120	9.01±1.56	1.28±0.25	0.23±0.22
2-Pentanon	1	0.14±0.04	0.30±0.03	0.20±0.03
	60	0.56±0.45	0.26±0.00	0.32±0.04
	120	0.94±0.08	0.26±0.01	0.27±0.20
3-Hidroksi-2-bütanon (Asetoin)	1	0.82±0.00	T.E.	T.E.
	60	0.32±0.00	0.51±0.00	1.41±0.00
	120	27.69±3.19	2.29±0.49	0.94±0.15
Toplam (6)	1	5.96	7.07	4.88
	60	6.27	1.84	3.34
	120	39.25	7.10	5.32

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

Çalışmada metantiol, dimetil disülfür, metil-benzen ve benzenetanol olmak üzere 4 adet bileşende iz miktarda bulunmuştur (Çizelge 4.13). Bunlardan metil-benzen bileşeni diğer bileşenlere kıyasen daha yüksek tespit edilmiştir. Metil benzen oranı tüm gruplarda olgunlaşmanın 60. gününde artarken 120. günde tekrar azalmıştır. PB ve SK ambalajlı örneklerde VP ambalajlı örneklerle kıyasen daha yüksek bulunmuştur. Ambalaj türü bileşenlerin Yapılan bazı çalışmalarda dimetil disülfid uçucu bileşeni (Hayaloğlu ve diğ., 2007a; Çakır ve diğ., 2016; Öztürkoğlu-Budak ve diğ., 2016) ortak sülfür bileşeni olarak tespit edilmiştir.

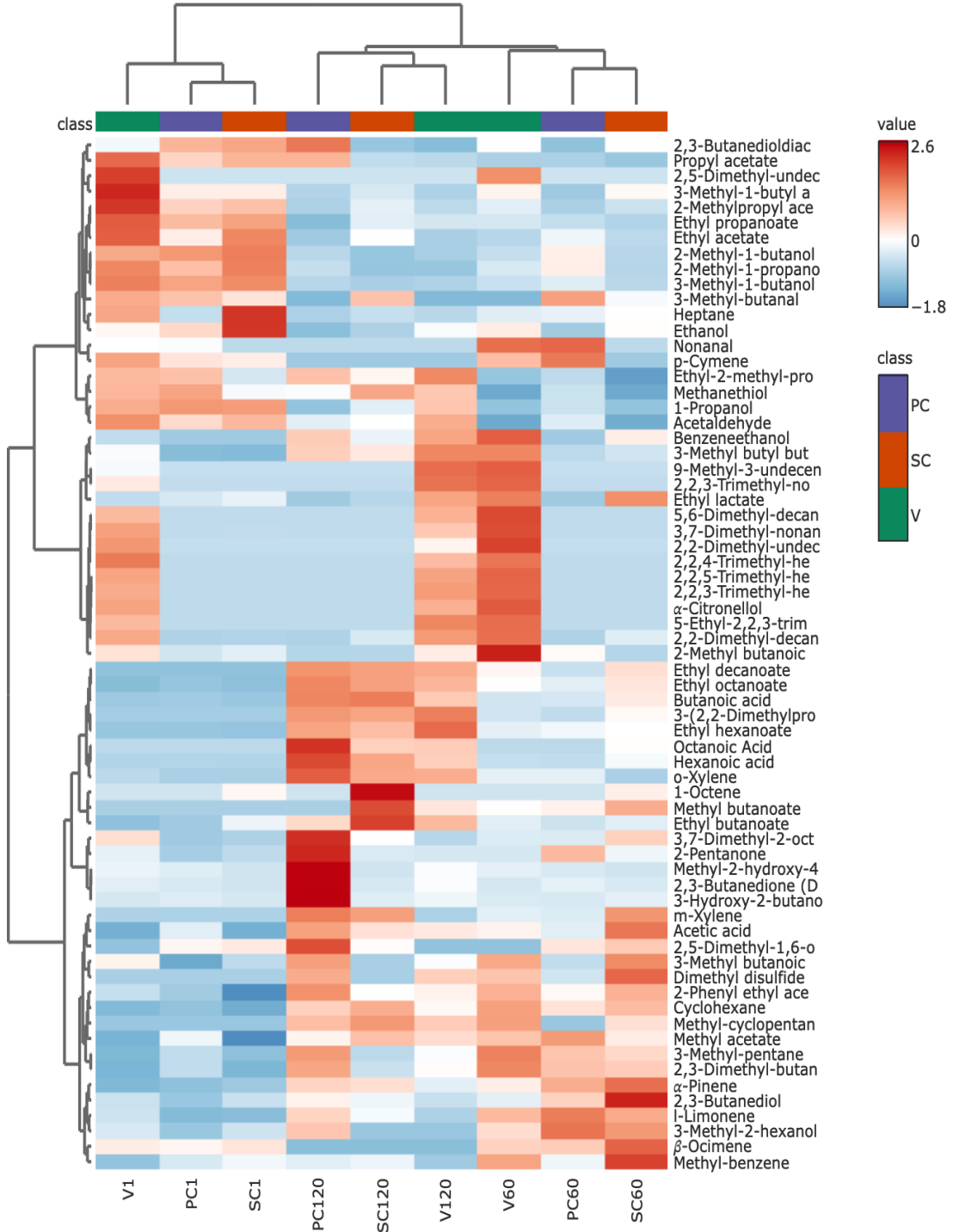
Çizelge 4.13: Şavak Tulum peyniri örneklerinde olgunlaşma sürecinde belirlenen çeşitli bileşikler (toplam uçucu bileşen, Pik alanı 10^{-6})

Bileşikler	Gün	PB	VP	SK
Çeşitli bileşikler				
Metantiol	1	1.08±0.03	0.99±0.00	0.63±0.64
	60	0.46±0.51	T.E.	T.E.
	120	0.64±0.00	0.91±0.12	1.06±0.01
Dimetil disülfür	1	T.E.	T.E.	T.E.
	60	0.11±0.03	0.35±0.00	0.57±0.00
	120	0.41±0.05	0.32±0.00	T.E.
Metil-benzen	1	2.86±0.95	2.17±0.05	3.12±0.02
	60	3.09±0.11	4.35±0.70	5.39±0.38
	120	2.95±0.85	2.28±0.46	3.08±0.77
Benzenetanol	1	T.E.	0.34±0.08	T.E.
	60	T.E.	2.27±0.00	0.97±0.14
	120	1.30±0.00	1.67±0.70	0.66±0.00
Toplam (4)	1	3.94	3.50	3.75
	60	3.66	6.97	6.93
	120	5.3	5.18	4.8

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama ± SS)

Numunelerdeki uçucu bileşiklerin olgunlaşma süresi ve işlemiden nasıl etkilendiğini görmek için ısı haritası (Şekil 4.13) ve PLS-DA (Şekil 4.14) grafikleri çizildi. Şekil 4.13 incelendiğinde, örneklerin depolama günlerine göre taze ve olgunlaşmış peynirler olmak üzere iki grupta kümelendiği görülmektedir. Olgunlaşmış peynirlerin de benzer şekilde iki gruba ayrıldığı, 60 gün olgunlaştırılmış peynirlerin ve 120 gün olgunlaştırılmış peynirlerin ayrı gruplar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu, yukarıda belirtildiği gibi, biyokimyasal değişikliklerin örneklerin uçucu bileşik kompozisyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu gruplar kendi içlerinde değerlendirildiğinde, VP örneğinin

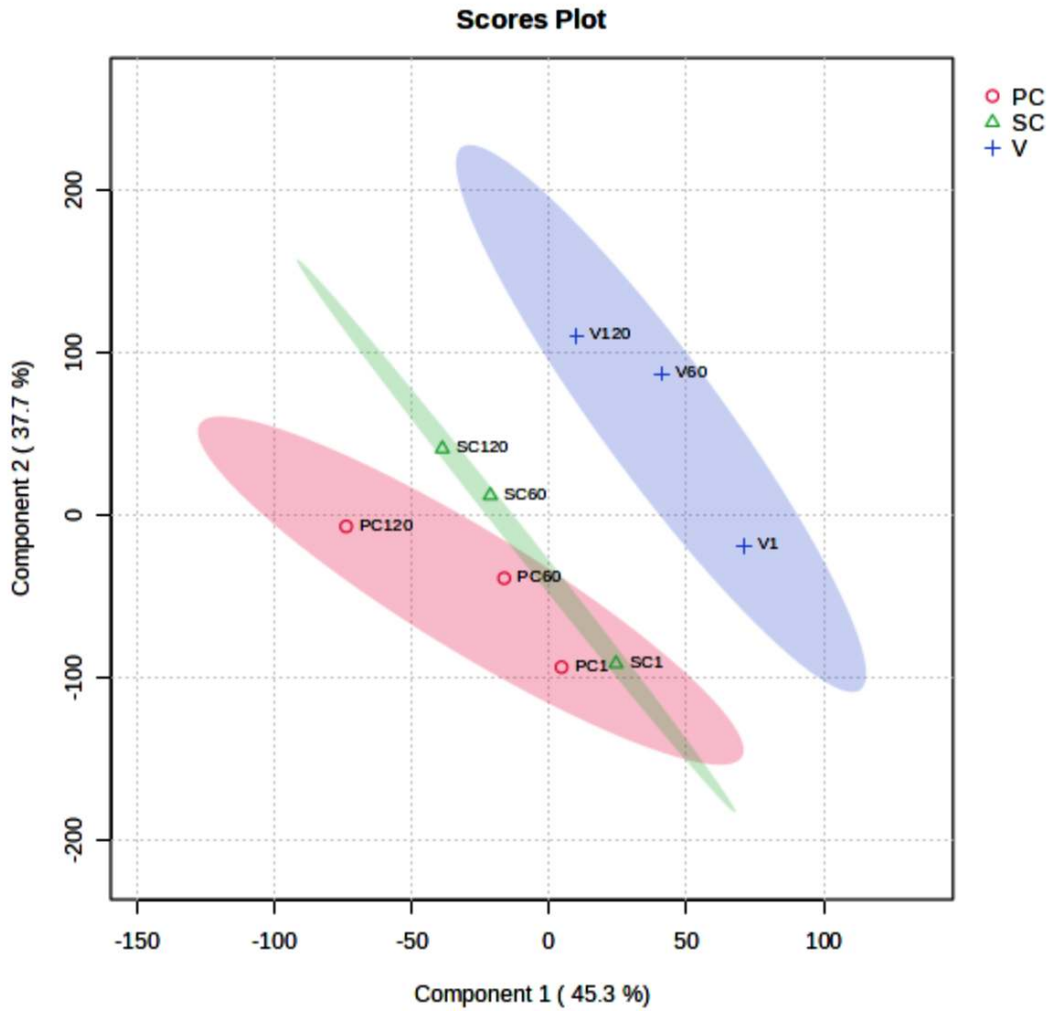
depolamanın başında ve ortasında PB ve SK örneklerinden ayrıldığı ve PB örneğinin 120 günün sonunda diğer iki peynirden ayrıldığı görülmektedir. Bu, plastik bidonlarda olgunlaştırılan peynirlerde depolamanın son gününde tespit edilen daha yüksek asit bileşikler seviyeleri ve artan aldehit ve keton seviyelerinden kaynaklanıyor olabilir (Şekil 4.12).



PC: Plastik Bidon (PB), VP: Vakumlu Paket Ambalaj (VP), SC: Sosis Kılıfı (SK)

Şekil 4.13: Uçucu bileşiklerin ısı haritası (heat map) ve kümeleme analizleri

PLS-DA grafiği incelendiğinde, Bileşen 1 (%45.3) ve Bileşen 2 (%37.7) toplam varyansın %83'ünü oluşturduğu tespit edilmiştir. Buna göre, örnekler temel olarak üç gruba ayrılırken, depolama başlangıcında PB ve SK peynirlerinin ısı haritası grafiğinde olduğu gibi grafikte birbirine yakın konumlandığı görülmektedir (Şekil 4.14). VP örneği, Bileşen 1'e göre grafiğin sağında, PB ve SK örnekleri ise grafiğin solunda yer alır. Bileşen 2'ye göre olgun VP ve SK peynirleri grafiğin en üstünde, olgun PB peyniri ise grafiğin en altında yer alır. Tüm bu sonuçlara göre olgunlaşma döneminin peynir örneklerinin uçucu bileşik kompozisyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, farklı pakitleme işlemlerinin de peynirdeki uçucu bileşik kompozisyonunu etkilediği söylenebilir.



PC: Plastik Bidon (PB), VP: Vakumlu Paket Ambalaj (VP), SC: Sosis Kılıfı (SK)

Şekil 4.14: Uçucu bileşiklerin PLS-DA grafiği

4.6 Tekstür Profili Analizi

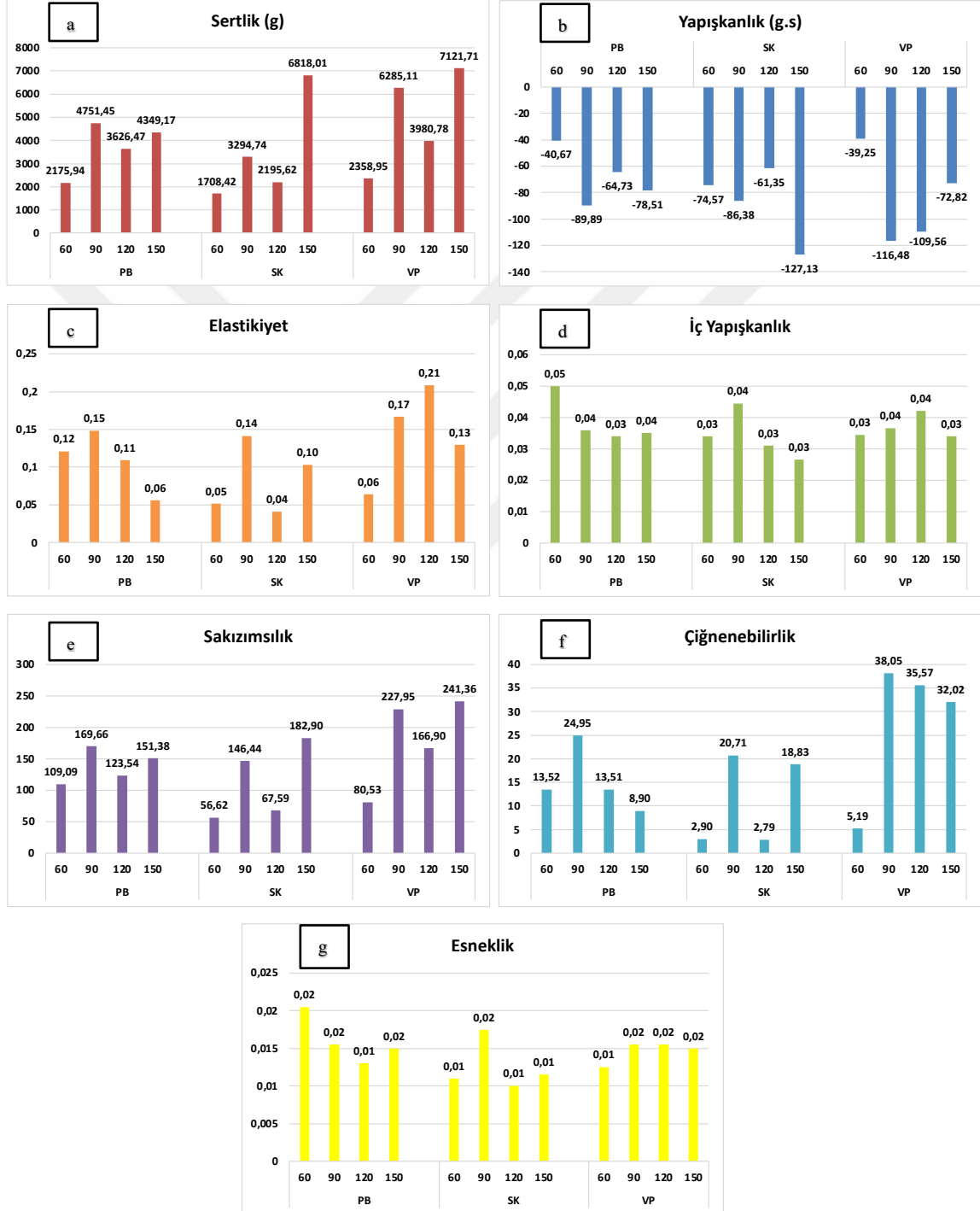
Proteolitik olaylar, genellikle peynirin olgunlaşma sürecinde dokusunun yumuşamasından sorumludur, çünkü kazein matrisi proteinazlar ve peptidazlar tarafından kademeli olarak hidrolize edilir (Ardö ve diğ., 2017). Çalışmada plastik bidon, vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajında olgunlaştırılan Şavak Tulum peynir örneklerinin tekstür analizleri depolama boyunca gerçekleştirilerek sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, iç yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri incelenmiştir. Tüm gruplar ve depolama süreci dikkate alındığında en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla; sertlik için 2175.94 ± 25.18 g ve 7121.71 ± 89.27 g, yapışkanlık için -127.13 ± 21.06 g.s ve -39.25 ± 4.68 g.s, sakızımsılık için 56.62 ± 4.70 ve 241.36 ± 53.07 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14: Şavak Tulum peyniri örneklerinin tekstürel özellikleri

Tekstürel Özellikler	Gün	PB	VP	SK
Sertlik (g)	60	2175.94 ± 25.18	2358.95 ± 311.16	1708.42 ± 272.56
	90	4751.45 ± 173.60	6285.11 ± 262.73	3294.74 ± 125.72
	120	3626.47 ± 230.60	3980.78 ± 54.53	2195.62 ± 61.83
	150	4349.17 ± 231.37	7121.71 ± 89.27	6818.01 ± 702.84
Yapışkanlık (g.s)	60	-40.67 ± 8.14	-39.25 ± 4.68	-74.57 ± 49.17
	90	-89.89 ± 4.65	-116.48 ± 1.07	-86.38 ± 30.64
	120	-64.73 ± 13.46	-109.56 ± 29.60	-61.35 ± 5.15
	150	-78.51 ± 30.51	-72.82 ± 16.55	-127.13 ± 21.06
Elastikiyet	60	0.12 ± 0.04	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.00
	90	0.15 ± 0.03	0.17 ± 0.00	0.14 ± 0.01
	120	0.11 ± 0.02	0.21 ± 0.13	0.04 ± 0.01
	150	0.06 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.10 ± 0.01
İç Yapışkanlık	60	0.05 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.03 ± 0.01
	90	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00
	120	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00
	150	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.00
Sakızımsılık	60	109.09 ± 14.40	80.53 ± 0.31	56.62 ± 4.70
	90	169.66 ± 8.72	227.95 ± 4.28	146.44 ± 7.99
	120	123.54 ± 12.81	166.90 ± 12.82	67.59 ± 5.14
	150	151.38 ± 42.86	241.36 ± 53.07	182.90 ± 13.35
Çiğnenebilirlik	60	13.52 ± 6.52	5.19 ± 0.62	2.90 ± 0.35
	90	24.95 ± 3.29	38.05 ± 1.31	20.71 ± 0.27
	120	13.51 ± 3.31	35.57 ± 24.01	2.79 ± 0.24
	150	8.90 ± 5.13	32.02 ± 13.59	18.83 ± 0.90
Esneklik	60	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
	90	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
	120	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00
	150	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00

(Ortalama $\pm$ SS)

Tekstür analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm gruplarda 120. gün hariç $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Sertlik (Şekil 4.15a) ve sakızimsılık (Şekil 4.15e) tüm gruplarda 120. gün hariç depolama süresince artarken, yapışkanlık (Şekil 4.15b) ise 120. gün hariç azalmıştır. Depolamanın 120. gününde yüksek proteoliz seviyesi ile birlikte peynirlerde yumuşama görülmüş ve sertlik değerlerinde azalma tespit edilmiştir.



a: Sertlik, b: Yapışkanlık, c: Elastikiyet, d: İç yapışkanlık, e: Sakızimsılık, f: Çiğnenebilirlik, g: Esneklik

Şekil 4.15: Şavak Tulum peynirlerine ait tekstür analiz profili

Depolamanın 60. gününde 2358.95 ± 311.16 g ile 150. gününde ise 7121.71 ± 89.27 g ile sertlik derecesi en yüksek peynir örneği VP ambalajlı peynir örnekleri olmuştur. Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri sertlik değeri ile doğru orantılıdır (Çınar, 2015). Sertlik değeri en yüksek VP ambalajlı peynir örnekleri depolama sonunda sakızimsılık ve çiğnenebilirlik açısından da en yüksek değerlere sahip olmuştur. Bu açıdan elde edilen sonuçlar Şen ve diğ. (2023)'ün İzmir Teneke Tulum peynirinde elde ettikleri sonuçlar ile uyumlu bulunmuştur.

PB ambalajında olgunlaştırılan peynir örneklerinin sertlik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet değerleri VP ve SK ambalajlı peynir örneklerine göre daha düşük tespit edilmiştir. Tuz oranı arttıkça sakızimsılık değeri azalmaktadır (Soltani, 2013). Tuz oranı ile sakızimsılık arasında ters orantı olduğu düşünüldüğünde, 150 günlük olgunlaşma sürecinde en yüksek tuz oranına sahip olan PB grubu örnekler 150. gün sonunda 151.38 ± 42.86 ile en düşük sakızimsılık değerine sahip olmuştur.

Peynirlerdeki sertlik değeri nem ve yağ oranlarından etkilenmekte ve bu değerler arasında ters bir orantı olduğu belirtilmektedir (Hayaloğlu ve Özer, 2011). Bu çalışmada depolama süresince PB ambalajlı örnekler en yüksek kuru madde miktarına sahip olmasına rağmen Şekil 4.15(a)'da görüldüğü üzere sertlik değeri VP ve SK ambalajlı örneklerle kıyasen düşük tespit edilmiştir. Tulum peyniri yarı sert bir yapıda tercih edilmekte olup, tüketici tarafından kolay kesilebilir fakat dağılmayan bir yapı istenir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde SK ambalajlı örneklerin daha ideal değerlere sahip olduğu söylenebilir. Bu da 4.8 başlığı altında belirtilen duyusal değerlendirme sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

4.7 Şavak Tulum peynirlerine Ait Mikrobiyolojik Özellikler

4.7.1 Toplam mezofilik aerobik bakteri miktarı

VP grubunda (vakum ambalaj) TMAB sayısı, muhafazanın başlangıcında 6.19 ± 0.02 $\log_{10}$ kob/g iken, 150. günde sürekli artarak 7.84 ± 0.00 $\log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşmıştır. Diğer gruplarda 0. gün TMAB sayısı PB grubunda 7.45 ± 0.03 $\log_{10}$ kob/g, SK grubunda 7.67 ± 0.05 $\log_{10}$ kob/g olarak belirlenmiştir. 1. günde PB grubunda 7.9 ± 0.0 $\log_{10}$ kob/g, 150. günde VP grubunda 7.84 ± 0.00 $\log_{10}$ kob/g, 60. günde SK grubunda 7.81 ± 0.03 $\log_{10}$ kob/g seviyesine ulaşmıştır (Çizelge 4.15). Bu sonuçlar, depolama sürecinde TMAB sayısının arttığını bildiren çalışmalarla (Juric ve diğ., 2003; Hayaloğlu ve diğ., 2007; Demir ve diğ., 2017; Demir ve diğ., 2023) benzerlik göstermektedir. PB grubunda depolama süresince

görülen artış Demir ve diğ. (2018)'nın Elâzığ'da ilinde satışa sunulan Şavak Tulum peynirlerinde ortalama olarak $6.85 \pm 2.11 \log_{10}$ kob/g düzeyinde buldukları TAMB sayısından yüksek tespit edilmiştir. VP grubunda ise depolama süresince önemli bir değişiklik izlenmemiştir ($P < 0.05$).

Çizelge 4.15: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma süresinde mikrobiyolojik analiz sonuçları ($\log_{10}$ kob/g)

Özellikler	Gün	PB	VP	SK
Toplam Koliform	1	6.02 ± 0.03^A	6.58 ± 0.03^D	6.9 ± 2.68^B
	30	$5.54 \pm 0.09^{b,D}$	$5.48 \pm 0.00^{b,C}$	$5.00 \pm 0.00^{a,B}$
	60	$4.00 \pm 0.00^{a,C}$	$5.29 \pm 0.05^{b,B}$	$5.38 \pm 0.08^{b,B}$
	90	3.53 ± 0.09	T.E.	T.E.
	120	T.E.	T.E.	T.E.
	150	T.E.	T.E.	T.E.
Toplam Maya-Küf	1	$6.39 \pm 0.12^{b,DE}$	$5.15 \pm 0.21^{a,AB}$	$5.98 \pm 0.03^{b,C}$
	30	$5.84 \pm 0.09^{a,CD}$	$6.18 \pm 0.04^{b,C}$	$5.93 \pm 0.04^{ab,C}$
	60	$4.54 \pm 0.09^{a,A}$	$5.6 \pm 0.15^{b,BC}$	$5.43 \pm 0.1^{b,B}$
	90	$5.39 \pm 0.2^{b,B}$	$4.5 \pm 0.71^{a,A}$	$4.83 \pm 0.18^{a,A}$
	120	$5.1 \pm 0.14^{b,B}$	$5.27 \pm 0.05^{b,AB}$	$4.5 \pm 0.28^{a,A}$
	150	$4.59 \pm 0.16^{a,A}$	$5.27 \pm 0.22^{b,AB}$	$4.48 \pm 0.00^{a,A}$
Toplam Mezofilik Aerob Bakteri	1	$7.9 \pm 0.00^{c,D}$	$6.19 \pm 0.02^{a,A}$	$7.6 \pm 0.0^{b,AB}$
	30	$7.85 \pm 0.01^{b,CD}$	$7.58 \pm 0.04^{a,C}$	$7.8 \pm 0.01^{b,B}$
	60	$7.4 \pm 0.02^{a,A}$	$7.54 \pm 0.1^{a,C}$	$7.81 \pm 0.03^{b,B}$
	90	$7.79 \pm 0.00^{c,BC}$	$7.01 \pm 0.01^{a,BC}$	$7.68 \pm 0.01^{b,AB}$
	120	7.74 ± 0.05^B	7.5 ± 0.00^C	7.42 ± 0.25^B
	150	$7.45 \pm 0.03^{a,A}$	$7.84 \pm 0.00^{c,D}$	$7.67 \pm 0.05^{b,AB}$

^{a-c}: Bir satırda örnekler arasındaki soldan sağa farkı ifade eder ($P < 0.05$).

^{A-D}: Bir sütunda örnekler arasındaki yukarıdan aşağıya farkı ifade eder ($P < 0.05$).

T.E.: Tespit edilemedi, (Ortalama $\pm$ SS)

4.7.2 Koliform mikroorganizma miktarı

Koliform grubu mikroorganizmalar hijyen göstergesi olarak bilinir. Bu mikroorganizmalar, depolama süresi boyunca sürekli bir azalma göstermiştir. VP ve SK gruplarında 90. günden itibaren, PB grubunda ise 120. günden itibaren üreme göstermemiştir, yani tespit edilebilir seviyenin altındadır ($< 1.0 \log_{10}$ kob/g). PB grubunda 1. günde $76.02 \pm 0.03 \log_{10}$ kob/g iken 90. günde $3.53 \pm 0.09 \log_{10}$ kob/g seviyesine inmiştir. VP grubunda 1. günde $6.58 \pm 0.03 \log_{10}$ kob/g iken 60. günde $5.29 \pm 0.05 \log_{10}$ kob/g seviyesine inmiştir. SK grubunda ise 1. günde $6.9 \pm 2.68 \log_{10}$ kob/g iken 60. günde $5.38 \pm 0.08 \log_{10}$ kob/g seviyesine inmiştir (Çizelge 4.15). PB grubunda elde edilen sonuçlar Evren ve Şıvgın

(2021)'ın elde ettiği sonuçlar ile benzer, Çakır ve Çakmakçı (2020)'nin elde ettiği sonuçlardan yüksek tespit edilmiştir. PB grubunda elde edilen sonuçlar Demir ve ark (2018), sonuçları ile benzer (ortalama olarak $4.49 \pm 0.12 \log \text{ kob g}^{-1}$), VP ve SK gruplarında ise yüksek tespit edilmiştir. Demir ve diğ. (2017), üretildikten sonra vakum paketler içerisinde olgunlaştırılan Tulum peynirlerinde ortalama $3.69 \log \text{ kob g}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir ancak kontrol grubunda olgunlaşmanın 90. gününden itibaren koliform tespit edilmezken, potasyum sorbat kullanılarak vakumla paketlenen diğer örneklerde depolamanın 150. gününe kadar düşük miktarlarda koliform tespit etmişlerdir.

Koliform grubu bakteriler hijyen indikatörü olarak kabul edilmekte ve genellikle peynirlerde lezzet ve yapı bozukluklarına neden olmaktadır (Demir ve diğ., 2018). Koliform mikroorganizmaların yüksek çıkmasında Tulum peynirinin ısı işlem görmeden çiğ süttten üretilmesi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca Akkaraman koyunların yaylalarda otlağı Mayıs ve Eylül aylarında sağılan sütlerde oluşan bulaşlar da bunda etkilidir. Özellikle bu dönemde elde edilen sütlerin soğuk zincir ile üretim tesislerine getirilmesi mümkün olmadığından teleme peynir üretiminin yaylalarda gerçekleşmesi, hijyenik olmayan koşullar nedeni ile kontaminasyonların oluşmasında etkilidir. Çizelge 4.15 incelendiğinde Tulum peynirlerinin minimum 90 gün olgunlaşma süresini tamamladıktan sonra tüketilmesinin gerektiği anlaşılmaktadır.

4.7.3 Toplam maya ve küf miktarı

Depolamanın başlangıcından itibaren, VP grubu hariç tüm gruplarda maya ve küf sayısında sürekli bir azalma gözlenmiştir. VP dışındaki tüm gruplarda minimum değer $4.50 \pm 0.28 \log_{10} \text{ kob/g}$, maksimum $6.39 \pm 0.12 \log_{10} \text{ kob/g}$; VP grubunda ise minimum $4.50 \pm 0.71 \log_{10} \text{ kob/g}$, maksimum $6.18 \pm 0.04 \log_{10} \text{ kob/g}$ olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, depolama süresince maya ve küf sayısının arttığını belirten çalışmalarla (Esmer ve diğ., 2009) benzerdir. SK grubunun maya ve küf sayılarının, depolamanın son günlerine doğru diğer gruplara kıyasla yaklaşık 1 log daha düşük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.15). Bu durum, sosis kılıfı ambalajında ortamda bulunan oksijen miktarının azalmasına bağlı olarak maya ve küf sayısının azalması eğilimi gösterdiğini düşündürmektedir. Bu da sosis kılıfı ambalajının, yaygın kullanıma sahip olan plastik bidona alternatif ambalaj materyali olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ambalaj materyalleri gazlara belirli ölçüde geçirgendir. Bu nedenle ambalaj materyalinin özelliğı, kalınlığı, sıcaklık, bağıl nem ve materyal

yüzeylerinde bulunan gaz konsantrasyonu gradyanına bağlı olarak değişkenlik gösterir (Ilić ve diğ., 2016).

Tomar ve Karaca (2019), inek, koyun ve keçi sütünden üretilen ve tulum, bidon ve çuval ambalajda olgunlaştırılan Afyonkarahisar Tulum peynir örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonucunda tüm peynir gruplarında en düşük maya küf sayılarının tulum ambalajda olgunlaştırılan peynir örneklerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Çakır ve Çakmakçı (2020), çiğ sütte ortalama 6.08 ± 0.51 log kob/g ve pastörize sütte ortalama 5.91 ± 0.63 log kob/g olarak yakın sonuçlar tespit etmiş olup, bu çalışmada tüm örneklerde elde edilen verilerden yüksek sonuçlar elde etmişlerdir. Hayaloğlu ve diğ. (2017), depolama süresince tüm peynir örneklerinde maya ve küf sayısında artış tespit ederken, bu çalışmada PB ve SK ambalajlı peynir örneklerinde azalma tespit edilmiş, VP ambalajlı örneklerde ise olgunlaşmanın 30. günü hariç önemli bir değişiklik görülmemiştir. Bu durumun yukarıda belirtildiği gibi, PB ve SK ambalajlı örneklerde VP ambalajlı örneklere kıyasen maya ve küf sayısındaki azalmanın ortamda bulunan oksijen miktarının azalması kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.8 Duyusal Değerlendirme

150 günlük depolama süresi boyunca, peynir örnekleri veya depolama süreleri arasında beş özellikten üçü için önemli farklar gözlemlenmemiştir. Ancak, 150. günde, SK örneklerinde yüzey görünümü parametresi, PB ve VP peynirlerine kıyasla önemli derecede daha yüksek değerler göstermiştir ($P < 0.01$) (Çizelge 4.16).

SK ambalajlı peynir örnekleri depolamanın 150. gününde yüzey görünümü (iç ve dış) parametresinde 19.8 ± 0.4 , doku parametresinde 18.4 ± 1.5 , koku parametresinde 18.6 ± 1.6 ve genel kabul edilebilirlik parametresinde 18.6 ± 1.2 puan ile en yüksek değerlere sahip olarak panelistler tarafından en beğenilen peynir örneği olmuştur. VP ambalajlı peynir örnekleri depolamanın sonunda tat açısından 19.3 ± 1.5 puan ile en yüksek değere sahip iken, PB ambalajlı örneklere kıyasla daha fazla beğenilmiştir.

PB örneğinde, koku parametresi için puanlar depolama süresi boyunca azalmıştır ($P < 0.05$). Bu azalma, özellikle kısa zincirli yağ asitlerinin (Hayaloğlu ve diğ., 2007; Delgado ve diğ., 2009; Tekin & Güler, 2021) konsantrasyonundaki artışla ilişkilendirilebilir. Serbest yağ asitleri, β -oksidasyonla keto asitlere dönüşür, daha sonra karboksilleme işlemi ile metil-ketonlara dönüşür ve sonrasında alkol haline gelir. ADV değerleri, serbest yağ asitlerindeki artışın en belirgin olduğu örneklerin PB peynirleri olduğunu doğrulamaktadır (Şekil 4.16).

Bununla birlikte, Çakmakçı ve diğ. (2011) peynirlerdeki tat yoğunluğu ile azot fraksiyonları ve serbest amino asitlerin konsantrasyonu arasında doğrudan bir ilişki olduğunu öne sürmüştür. PB örnekleri ile SK ve VP peynirleri arasındaki tat farkı, VP ve SK örneklerinin daha yüksek nem içeriği ve aroma koruyan ambalajın etkisi ile açıklanabilir. PB ve SK örneklerinin tat bakımından VP örneklerinden daha az beğenilmesinde, PB ve SK peynirlerinde gerçekleşen aşırı lipoliz nedeni ile oluşan acımsı tadın etkisi görülmüştür. Genel kabul edilebilirlik puanı, 120. ve 150. depolama günlerinde VP ve SK örneklerinde, PB örneklerine kıyasla daha yüksek olmuştur. Mevcut veriler, ambalaj materyalinin duyuşal değerlendirme üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bildiren Nogueira ve diğ. (2021) tarafından elde edilen verilerle tutarlıdır.

Çizelge 4.16: Şavak Tulum peyniri örneklerinin olgunlaşma sürecinde duyuşal değerlendirmesi

	Gün	PB	VP	SK	P
Yüzey Görünümü (İç ve Dış)	90	16.5±1.3	18.3±2.4	19.3±1.5	0.142
	120	16.5±1.0	18.8±1.9	17.8±0.5	0.036*
	150	17.2±0.8	17.0±1.5	19.8±0.4	0.009**
<i>P</i>		0.506	0.042*	0.388	
Doku	90	16.0±2.7	17.3±1.5	17.5±3.3	0.683
	120	17.3±2.5	18.3±1.5	19.3±0.9	0.680
	150	17.8±1.6	17.4±2.3	18.4±1.5	0.672
<i>P</i>		0.477	0.664	0.565	
Koku	90	20.0±0.0	19.0±1.1	18.8±0.8	0.069
	120	18.8±1.5	18.0±1.7	18.7±1.5	0.768
	150	17.8±1.3	18.2±2.4	18.6±1.6	0.529
<i>P</i>		0.039*	0.315	0.796	
Tat	90	16.8±1.5	17.5±3.1	17.3±2.6	0.772
	120	19.3±0.9	18.5±2.3	17.5±1.9	0.293
	150	18.0±0.8	19.3±1.5	18.5±1.7	0.047*
<i>P</i>		0.062	0.273	0.146	
Genel Kabul Edilebilirlik	90	17.0±1.4	18.5±2.3	16.0±3.5	0.336
	120	17.8±1.1	18.8±1.6	18.0±2.1	0.426
	150	17.1±1.3	17.8±0.9	18.6±1.2	0.316
<i>P</i>		0.765	0.590	0.430	

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, (Ortalama $\pm$ SS)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın sonuçları, Şavak Tulum peynirinin üç farklı ambalaj materyali ile 150 günlük depolama süresince gösterdiği fizikokimyasal, proteoliz, lipoliz, uçucu profil, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşsal değişimleri ile bu değişimlerin peynirin kalite ve duyuşsal özelliklerini nasıl etkilediğini göstermektedir.

150 günlük depolama süresince peynirin fizikokimyasal değişimleri incelendiğinde kuru madde, tuz, laktik asit, pH, yağ ve protein içerikleri bakımından literatür çalışmaları ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Kuru madde oranı VP ve SK ambalajlı peynir örneklerinde ambalaj materyalinin düşük nem geçirgenliğine sahip olması nedeni ile depolama süresince önemli şekilde değişmemekle beraber, bu örneklerde PB örneklerine göre nem miktarının daha yüksek, tuz miktarının ise daha düşük olmasını sağlamıştır.

Proteolitik aktivite, ambalaj tipinden etkilenmiş ve kontrol örnekleri için elde edilenlerden daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Toplam SAA konsantrasyonu bakımından PB örneklerde (847.03 mg/kg), VP örneklerde (1382.46 mg/kg) ve SK örneklerde (1159.20 mg/kg) olarak belirlenmiştir. VP ambalajlı örneklerde proteolitik aktivitenin yüksek olmasının nedeni ambalaja bağlı olarak örneklerdeki oksijen miktarlarının farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Antioksidan aktivite sonuçları da VP ve SK ambalajlı örneklerde daha yüksek tespit edilmiştir. Depolama süresince üç ambalaj türünde de antioksidan aktiviteler artış gösterirken PB ambalajlı örneklerde daha düşük sonuçlar bulunmuştur. Alınan sonuçlar benzer çalışmalar ile uyumlu olup, bu çalışmada pH-4.6-ÇA, TCA-ÇA ve Üre-PAGE elektroforezi gibi diğer proteoliz parametreleriyle tutarlılık göstermiştir. Ancak depolama sırasında SK ve VP peynirleri, muhtemelen farklı mikrobiyal metabolizmaların teşvik edilmesi ve uçucu bileşiklerin üretimi nedeniyle kontrol örneklerine kıyasla farklı uçucu profiller göstermiştir.

Uçucu bileşen analizleri sonucunda peynir örneklerinde asitler (6), alkoller (8), aldehitler ve ketonlar (6), esterler (17), hidrokarbonlar (21), terpenler (5) ve çeşitli bileşikler (4) olmak üzere toplam 67 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Alkol oranı depolamanın başında en fazla SK ambalajlı örneklerde iken depolamanın sonunda ise PB ambalajlı örneklerde, toplam asit oranı depolama süresince en fazla PB ambalajlı örneklerde, toplam ester oranı depolamanın başında en fazla VP ambalajlı örneklerde iken depolamanın sonunda ise SK ambalajlı örneklerde, bol miktarda bulunan uçuculardan hidrokarbonlar depolama boyunca en fazla VP ambalajlı örneklerde, aldehit ve ketonlar ise depolama boyunca en fazla VP

ambalajlı örneklerde görülmüştür. Peynir örneklerinde uçucu bileşen oranları kullanılan ambalaj materyalinden önemli derecede etkilenmiştir.

Mikrobiyolojik sonuçlar incelendiğinde tüm örneklerde koliform mikroorganizma sayıları depolama süresince azarak 90. gün itibari ile görülmemiştir. Maya ve küf oluşumu da PB ve SK örneklerinde depolama boyunca sürekli azalırken depolamanın 30. günü hariç önemli bir değişiklik görülmemiştir. Toplam mezofilik aerob bakteri sayılarında ise tüm örneklerde depolama süresince önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Şavak Tulum peynirinin üretiminde kullanılan Akkaraman koyun sütünün yaylalardan soğuk zincir ile üretim tesislerine getirilememesi ve bu nedenle teleme peynir üretimi yapılarak tesislere getirilmesi, bu süreçte olası bulaşlara ve hijyenik olmayan koşullara yol açtığından koliform bakteri tespitinde önemli bir etken oluşturmaktadır.

Tulum peynirinde plastik bidon, deri, bez tulum ve çuval en yaygın kullanılan ambalaj materyalleridir. Tüketicilerin büyük miktarda alıp hızlı bir şekilde tüketemedikleri bu ürünlerin satışı açıkta ve küçük porsiyonlar halinde poşet veya köpük tabaklarda yapılmakta olup, alınan ürünlerin hızlı bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Aksi halde tüketim sürecinde duyuşal ve tekstürel değişimler çok hızlı olmaktadır. Yapılan duyuşal analizler SK ve VP ile ambalajlanan peynirin yapısal özelliklerinin ve tadının Şavak Tulum peyniri için uygun olduğunu ortaya koymuştur. Tekstürel özellikler olarak da sertlik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özellikleri en uygun örnekler SK ve VP ile ambalajlanan örnekler olup duyuşal analizler ile uyumluluk göstermiştir. Literatür incelendiğinde ambalaj türüne bağlı olarak tespit edilen kuru madde, nem, tuz ve yağ ile tekstürel özellikleri arasındaki ilişki bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile uyumlu bulunmuştur.

VP ve SK ambalaj materyalinin PB ambalaj materyaline kıyasla daha gözeneksiz yapıya sahip olması Şavak Tulum peynirlerinde tüketici tarafından istenen yarı sert yapının korunmasını sağlayacaktır. Literatür çalışmalarına bakıldığında deri tulum, bez tulum, çuval gibi diğer ambalaj türlerinde depolama süresince kuru madde oranının daha fazla artması, tekstürel özellikler açısından vakumlu paket ve sosis kılıfı ambalajında daha kaliteli ürünlerin tüketiciye sunulmasını sağlayacaktır.

Toplam koliform miktarı bakımından mikrobiyolojik bulgular incelendiğinde; VP ve SK ambalajlı örneklerde en az 60 gün, PB ambalajlı örneklerde ise en az 90 gün olgunlaşma süresi sonrasında tüketimin uygun olacağı görülmüştür.

Tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, Şavak peynirlerinin üretiminde ambalajlanan teknolojilerinin geliştirilmesi, hem bu peynirlerin kalite standartlarını artıracak hem de ürünleri uluslararası peynir sektörüne kazandıracaktır.

KAYNAKLAR

- Adámek, R., Pachlová, V., Salek, R. N., Němečková, I., Buňka, F., & Buňková, L. (2021). Reduction of biogenic amine content in Dutch-type cheese as affected by the applied adjunct culture. *LWT*, 152, 112397.
- Adámek, R., Salek, R. N., Haruštíaková, D., Kůrová, V., Buňková, L., & Pachlová, V. (2024). The effect of packaging material and adjunct culture on the biogenic amine content, microbiological and textural properties of Dutch-type cheese. *Food Bioscience*, 61, 104464.
- Aguilar Uscanga, B. R., Calderón Santoyo, M., Ragazzo Sánchez, J. A., Alemán Duarte, M. I., Pérez Montaña, J. A., Balcázar-López, E., & Solís Pacheco, J. R. (2022). Effect of the application of cold plasma energy on the inactivation of microorganisms, proteins, and lipids deterioration in adobera cheese. *Journal of Food Quality*, 2022(1), 8230955.
- Akyüz, N. (2010). Erzincan (Şavak) Tulum Peynirinin Yapılışı ve Bileşimi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1).
- Akpınar, A., Yerlikaya, O., Kınk, Ö., Korel, F., Kahraman, C., & Uysal, H. R. (2017). Farklı süt çeşitleri ile üretilen İzmir Tulum peynirlerinin bazı fizikokimyasal özellikleri ve aroma bileşikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(1), 27-35.
- Anonim, 2015. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6). Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2016. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2016/46). Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Ardö, Y., & Polychroniadou, A. (Eds.). (1999). *Laboratory manual for chemical analysis of cheese*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Ardö, Y., McSweeney, P. L., Magboul, A. A., Upadhyay, V. K., & Fox, P. F. (2017). Biochemistry of cheese ripening: Proteolysis. In *Cheese* (pp. 445-482). Academic Press.
- Arslaner, A. (2008). Geleneksel yöntem ve farklı sütlerden ısı işlem uygulanarak üretilen ve farklı ambalaj materyallerinde olgunlaştırılan Erzincan Tulum peynirinde bazı kalite niteliklerinin tespiti. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 165s.
- Arslaner, A., & Bakırcı, İ. (2016a). Effect of milk type, pasteurization and packaging materials on some physicochemical properties and free fatty acid profiles of Tulum cheese. *Akademik Gıda*, 14(2), 98-104.
- Arslaner, A., & Bakırcı, İ. (2016, September). Proteolysis of tulum cheeses ripened in different packaging material. In *International Erzincan Symposium, Erzincan* (Vol. 28, pp. 815-824).
- Arslaner, A., & Türkmen, Ö. (2024). Biochemical and physicochemical characteristics and volatile profiles of Erzincan Tulum cheese coagulated by herb-fortified artisanal lamb rennet. *Small Ruminant Research*, 240, 107368.

- Atallah, A. A., Ismail, E. A., Yehia, H. M., Elkhadragey, M. F., & Khater, E. S. G.** (2022). Proteolytic development and volatile compounds profile of Domiati Cheese under modified atmosphere packaging. *Fermentation*, 8(8), 358.
- Atasoy, A. F., Hayaloglu, A. A., & Ceylan, H. G.** (2019). Effects of partial substitution of goat's milk for sheep's milk, cured scalding and dry salting on proteolysis in Urfa cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14157.
- Ateş, G., & Patır, B.** (2001). Starter kültürlü Tulum peynirinin olgunlaşması sırasında duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerinde meydana gelen değişimler üzerine araştırmalar. *FÜ Sağ Bil Derg*, 15(1), 45-46.
- Atik, D. S., Akın, N., Akal, H. C., & Kocak, C.** (2021). The determination of volatile profile during the ripening period of traditional Tulum cheese from Turkey, produced in Anamur in the Central Taurus region and ripened in goatskin. *International Dairy Journal*, 117, 104991.
- Ayag, N., Dagdemir, E., & Hayaloglu, A. A.** (2022). Comparison of γ -aminobutyric acid and free amino acid contents of some common varieties of Turkish cheeses. *International Dairy Journal*, 128, 105285.
- Bayar, N.** (2008). *Compare of tulum cheese by traditional methods and its production as technologically with using of different package materials* (Doctoral dissertation, Master Thesis, YY Ü. Fen Bil. Ens. Gıda Müh. ABD Van.(in Turkish)).
- Bayar, N., & Özrenk, E.** (2011). The effect of quality properties on Tulum cheese using different package materials. *African Journal of Biotechnology*, 10(8), 1393-1399.
- Bottesini, C., Paoletta, S., Lambertini, F., Galaverna, G., Tedeschi, T., Dossena, A., ... & Sforza, S.** (2013). Antioxidant capacity of water soluble extracts from Parmigiano-Reggiano cheese. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(8), 953-958.
- Bradley, R. L., Arnold, E., Barbano, D. M., Semerad, R. G., Smith, D. E., & Vines, B. K.** (1993). Chemical and physical methods. *Standard methods for the examination of dairy products*. Washington, DC: American Public Health Association. 16, 433-531.
- Cakir, Y., Cakmakci, S., & Hayaloglu, A. A.** (2016). The effect of addition of black cumin (*Nigella sativa* L.) and ripening period on proteolysis, sensory properties and volatile profiles of Erzincan Tulum (Şavak) cheese made from raw Akkaraman sheep's milk. *Small Ruminant Research*, 134, 65-73.
- Cakmakci, S., Dagdemir, E., Hayaloglu, A. A., Gurses, M., & Gundogdu, E.** (2008). Influence of ripening container on the lactic acid bacteria population in Tulum cheese. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, 293-299.
- Cakmakci, S., Gurses, M., & Gundogdu, E.** (2011). The effect of different packaging materials on proteolysis, sensory scores and gross composition of tulum cheese. *African Journal of Biotechnology*, 10(21), 4444-4449.
- Calzada, J., del Olmo, A., Picon, A., & Nuñez, M.** (2014). Effect of high-pressure-processing on lipolysis and volatile compounds of Brie cheese during ripening and refrigerated storage. *International Dairy Journal*, 39(2), 232-239.

- Curioni, P. M. G., & Bosset, J. O.** (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*, 12(12), 959-984.
- Çakır, Y., & Çakmakçı, S.** (2018). Some microbiological, physicochemical and ripening properties of Erzincan Tulum cheese produced with added black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of food science and technology*, 55(4), 1435-1443.
- Çakır, Y., & Çakmakçı, S.** (2020). Comparison of some quality properties of Erzincan Tulum Cheeses produced from raw and pasteurized Akkaraman sheep milk. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 972-982.
- Çakır, Y., Çakmakçı, S., & Hayaloğlu, A. A.** (2022). Proteolysis and lipolysis in Tulum cheeses ripened in plastic barrels and goat skin bags made using *Penicillium roqueforti* 41 strain. *Small Ruminant Research*, 216, 106810.
- Çetinkaya, A.** (2005). *Yöresel Peynirlerimiz*, abp-Acedemic Book Production.
- Çınar, K.** (2015). Membran filtrasyonun beyaz peynir üretiminde bileşim ve kalite üzerine etkisinin incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü *Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye*, 72 s.
- Darnay, L., Németh, Á., Koncz, K., Monspart-Sényi, J., Pásztor-Huszár, K., Friedrich, L., & Laczay, P.** (2019). Effect of different O₂/CO₂ permeable foils on aging of semi-hard goat cheese. *International Dairy Journal*, 90, 114-118.
- de Almeida, J. D. S. O., Dias, C. O., Pinto, S. S., Pereira, L. C., Verruck, S., Fritzen-Freire, C. B., ... & Amboni, R. D.** (2018). Probiotic Mascarpone-type cheese: Characterisation and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 195-203.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Ladero, L., Cava, R., & Ramírez, R.** (2009). Free fatty acids and oxidative changes of a Spanish soft cheese (PDO 'Torta del Casar') during ripening. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1721-1728.
- Demir, P., & Öksüztepe, G.** (2016). Şavak Tulum peynirlerinde *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella* spp'nin varlığı. *FÜ Sağ. Bil. Vet. Derg.*, 30(2), 119-122.
- Demir, P., Öksüztepe, G., İncili, G. K., & İlhak, O. İ.** (2017). Vakum paketli Şavak Tulum peynirlerinde potasyum sorbatın kullanımı. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(1).
- Demir, P., Erkan, S., & Öksüztepe, G.** (2018). Elazığ'da satılan Şavak Tulum peynirlerinin mikrobiyolojik kalitesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 15-20.
- Demir, P., İlhak, O. İ., & Öksüztepe, G.** (2023). The impact on shelf life of Tulum cheese of modified atmosphere packaging.
- Demirtaş, M., & Coşkun, H.** (2018). Keçi sütünden farklı pıhtılaştırma yöntemleri ile üretilen Tulum peynirlerinin olgunlaştırılması esnasında meydana gelen değişimler. *Gıda: The Journal of Food*, 43(5).

- Dinkçi, N., Ünal, G., Sibel Akalın, A., Varol, S., & Gönç, S.** (2012). Kargı Tulum peynirinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(3), 287-292.
- El Soda, M., Madkor, S. A., & Tong, P. S.** (2000). Adjunct cultures: recent developments and potential significance to the cheese industry. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 609-619.
- Erdem, G., & Patır, B.** (2017). Elazığ'da Tüketime Sunulan Tulum Peynirlerinde Histamin Düzeyleri ile Bazı Kimyasal Kalite Parametreleri Üzerine Araştırmaya. *Firat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 31(3).
- Esmer, O. K., Balkir, P., Seckin, A. K., & Irkin, R.** (2009). The effect of modified atmosphere and vacuum packaging on the physicochemical, microbiological, sensory and textural properties of Crottin de Chavignol cheese. *Food science and technology research*, 15(4), 367-376.
- Evren, M., & Şıvgın, E. T.** (2021). Samsun piyasasında deri ve plastik bidonda satışa sunulan Tulum peynirlerinin bazı kalite özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2), 334-345.
- FAO**, 2024. Food and Agriculture Organization Statistical Database (FaoStat). URL: <http://faostat.fao.org/> Erişim tarihi: 14.07.2025.
- Fernández-García, E., Carbonell, M., & Nuñez, M.** (2002). Volatile fraction and sensory characteristics of Manchego cheese. 1. Comparison of raw and pasteurized milk cheese. *Journal of Dairy Research*, 69(4), 579-593.
- Folkertsma, B., & Fox, P. F.** (1992). Use of the Cd-ninhydrin reagent to assess proteolysis in cheese during ripening. *Journal of Dairy Research*, 59(2), 217-224.
- Fox, P. F.** (1989). Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy science*, 72(6), 1379-1400.
- Fox, P. F., O'connor, T. P., McSweeney, P. L. H., Guinee, T. P., & O'brien, N. M.** (1996). Cheese: physical, biochemical, and nutritional aspects. *Advances in food and nutrition research*, 39, 163-328.
- Frau, F., Carate, J. N. L., Salinas, F., & Pece, N.** (2020). Effect of vacuum packaging on artisanal goat cheeses during refrigerated storage. *Food Science and Technology*, 41, 295-303.
- Galli, B. D., Baptista, D. P., Cavalheiro, F. G., Negrão, F., Eberlin, M. N., & Gigante, M. L.** (2019). Peptide profile of Camembert-type cheese: Effect of heat treatment and adjunct culture *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Food Research International*, 123, 393-402.
- Galli, B. D., Trossolo, E., Carafa, I., Squara, S., Caratti, A., Filannino, P., ... & Di Cagno, R.** (2024). Effectiveness of modified atmosphere and vacuum packaging in preserving the volatile of Stelvio PDO cheese over time. *Food Chemistry*, 444, 138544.
- Güler, Z., & Uraz, T.** (2004). The quality and chemical properties of market Tulum cheeses. In *Recent Developments in Dairy Science and Technology. International Dairy Symposium Proceedings, May* (pp. 24-28).
- Gün, İ., & Güzel-Seydim, Z. B.** (2011). Ülkemizde üretilen Tulum peynirleri ve bazı özellikleri. *Süt Dünyası*, 6(31), 56-59.

- Gürsoy, A.** (2009). Effect of using attenuated lactic starter cultures on lipolysis and proteolysis in low fat Kaşar cheese. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(03), 285-292.
- Güven, M.** (1993). İnek, koyun ve keçi sütlerinden üretilen ve farklı materyallerde olgunlaştırılan Tulum peynirlerinin özellikleri üzerine karşılaştırılmalı bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana*.
- Hayaloğlu, A. A.** (2003). Starter olarak kullanılan bazı Lactococcus suşlarının beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşmaları üzerine etkileri. Doktora Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- Hayaloglu, A. A., Guven, M., Fox, P. F., Hannon, J. A., & McSweeney, P. L. H.** (2004). Proteolysis in Turkish White-brined cheese made with defined strains of Lactococcus. *International Dairy Journal*, 14(7), 599-610.
- Hayaloglu, A. A., Guven, M., Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H.** (2005). Influence of starters on chemical, biochemical, and sensory changes in Turkish white-brined cheese during ripening. *Journal of dairy science*, 88(10), 3460-3474.
- Hayaloglu, A. A., Cakmakci, S., Brechany, E. Y., Deegan, K. C., & McSweeney, P. L. H.** (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.
- Hayaloglu, A. A., Ozer, B. H., & Fox, P. F.** (2008). Cheeses of Turkey: 2. Varieties ripened under brine. *Dairy Science and Technology*, 88(2), 225-244.
- Hayaloğlu, A. A., & Özer, B.** (2011). Peynir biliminin temelleri. *Sidas Medya Ltd*, 643.
- Hayaloglu, A., & Mcsweeney, P.** (2012). Influence of brine immersion and vacuum packaging on the chemistry, biochemistry, and microstructure of Mihalic cheese made using sheep's milk during ripening. *Dairy science & technology*, 92(6), 671-689.
- Hayaloglu, A. A., & Karabulut, I.** (2013). Primary and secondary proteolysis in eleven Turkish cheese varieties. *International journal of food properties*, 16(8), 1663-1675.
- Hayaloglu, A. A., Altay, K., Yigitvar, I., & Dirim, N.** (2017). Food processing & technology. *Food Technology*, 2017.
- Harrigan, W. F.** (1998). Laboratory methods in food microbiology, (3rd edition). London: Academic Press, 532.
- IDF, M.** (1993). Determination of the nitrogen (Kjeldahl method) and calculation of the crude protein content, IDF Standard 20B. *International Dairy Federation, Brussels, Belgium*.
- Ilić, M., Milanović, S., Carić, M., Lazić, V., Lončar, E., Malbaša, R., ... & Hromiš, N.** (2016). Application of common packaging materials in the probiotic fresh cheese production. *Dairy/Mljekarstvo*, 66(2).
- İpek, M., & Erkan, M. E.** (2024). Vakum Paketlemenin Örgü Peynirlerinin Raf Ömrü, Mikrobiyolojik, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Farklı Muhafaza Koşullarındaki Etkileri. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(Özel Sayı (1)), 11-17.

- Juric, M., Bertelsen, G., Mortensen, G., & Petersen, M. A.** (2003). Light-induced colour and aroma changes in sliced, modified atmosphere packaged semi-hard cheeses. *International Dairy Journal*, 13(2-3), 239-249.
- Kamber, U.** (2005). Geleneksel Anadolu Peynirleri. Ankara: Miki Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Kara, R., & Akkaya, L.** (2015). Afyon Tulum peynirinin mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal özellikleri ile laktik asit bakteri dağılımlarının belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 1-6.
- Karagozlu, C., Kilic, S., & Akbulut, N.** (2009). Some characteristics of Cimi Tulum cheese from producing goat milk. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15(4), 292-297.
- Karagol, M. A., & Tarakci, Z.** (2024). Turkish artisanal Tulum cheese ripened in tripe: The importance of the milk type and changes with ripening. *Journal of Central European Agriculture*, 25(1), 81-93.
- Keleş, A.** (1995). Çiğ ve pastörize süttten üretilen Tulum peynirinin farklı ambalajlarda olgunlaştırılmasının kaliteye etkisi üzerine araştırmalar.
- Keser, D., Güçlü, G., & Sevindik, O.** (2024). Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 39(2), 542-549.
- Koca, N.** (1996). Çeşitli Starter Kültür Kombinasyonlarının İzmir Teneke Tulum Peynirlerinin Nitelikleri Üzerine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kurt, A., Çağlar, A., & Çakmakçı, S.** (1991). Erzincan (Şavak) Tulum peynirinin mikrobiyolojik özellikleri üzerinde bir araştırma. *Doğa Tr J of Vet and Anim Sci*, 16, 41-50.
- Lopez, G., Brueck, S., Ista, L., & O'brien, M.** (2006). *U.S. Patent Application No. 11/050,424*.
- Lopusiewicz, L., Drozłowska, E., Tarnowiecka-Kuca, A., Bartkowiak, A., Mazurkiewicz-Zapałowicz, K., & Salachna, P.** (2020). Biotransformation of flaxseed oil cake into bioactive camembert-analogue using lactic acid bacteria, *Penicillium camemberti* and *Geotrichum candidum*. *Microorganisms*, 8(9), 1266.
- McCarthy, C. M., Wilkinson, M. G., Kelly, P. M., & Guinee, T. P.** (2016). Effect of salt and fat reduction on proteolysis, rheology and cooking properties of Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 56, 74-86.
- McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F.** (1997). Chemical methods for the characterization of proteolysis in cheese during ripening. *Le lait*, 77(1), 41-76.
- McSweeney, P. L. H., Hayaloglu, A. A., O'Mahony, J. A., & Bansal, N.** (2006). Perspectives on cheese ripening. *Australian Journal of Dairy Technology*, 61(2), 69.
- Miloradovic, Z., Smigic, N., Djekic, I., Tomasevic, I., Kljajevic, N., Nedeljkovic, A., & Miocinovic, J.** (2018). The influence of NaCl concentration of brine and different packaging on goat white brined cheese characteristics. *International Dairy Journal*, 79, 24-32.

- Morul, F., & İşleyici, Ö.** (2012). Divle Tulum peynirinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(2), 71-76.
- Nájera Ortigosa, A. I., Nieto, S., Rodríguez Barrón, L. J., & Albisu Aguado, M. M.** (2021). A Review of the Preservation of Hard and Semi-Hard Cheeses: Quality and Safety.
- Nogueira, T. S., Lacorte, G. A., de Oliveira Paciulli, S. D., & Rodrigues, J. F.** (2021). Different types of packaging influence sensory profile of Canastra artisanal cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100673.
- Oluk, A. C., Güven, M., & Hayaloglu, A. A.** (2014). Proteolysis texture and microstructure of low-fat Tulum cheese affected by exopolysaccharide-producing cultures during ripening. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 435-443.
- Oluk, A. C.** (2023). Effect of production variations on the composition, textural and microstructural properties, and volatile compounds of Turkish white cheese during ripening. *Lwt*, 173, 114348.
- Ozpınar, N., & Gumussoy, K.S.** (2013). Phenotypic and genotypic determination of antibiotic resistant and biofilm forming *Staphylococcus aureus* isolated in Erzincan tulum cheese. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(3).
- Ozturkoglu-Budak, S., Gursoy, A., Aykas, D. P., Koçak, C., Dönmez, S., de Vries, R. P., & Bron, P. A.** (2016). Volatile compound profiling of Turkish Divle Cave cheese during production and ripening. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5120-5131.
- Ozturkoglu-Budak, S., Aykas, D. P., Kocak, C., Dönmez, S., Gursoy, A., De Vries, R. P., & Bron, P. A.** (2018). Temporal microbiota and biochemical profiles during production and ripening of Divle Cave cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 99-106.
- Öner, Z., & Sarıdağ, A. M.** (2018). Identification of bioactive peptides in kashar cheese and its antioxidant activities. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 2(2), 44-49.
- Önür, Z. Y.** (2015). Keçi ve koyun sütlerinin kimyasal bileşimleri. *Gıda*, 40(6), 363-371.
- Öztürk, H. İ., & Akin, N.** (2017). Comparison of some functionalities of water soluble peptides derived from Turkish cow and goat milk Tulum cheeses during ripening. *Food Science and Technology*, 38, 674-682.
- Öztürk, H. İ., & Akın, N.** (2021). Effect of ripening time on peptide dynamics and bioactive peptide composition in Tulum cheese. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 3832-3852.
- Rençber, F., & Çelik, Ş.** (2021). Farklı ambalaj materyalinde olgunlaştırılan Muş Tulum peynirinin bazı karakteristik özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 1-10.
- Sancak, H., İşleyici, Ö., Tuncay, R., & Sancak, Y.** (2018). Geleneksel olarak üretilen Bitlis Tulum peyniri ve kimyasal kalite nitelikleri. *Bitlis Eren üniversitesi fen bilimleri dergisi*, 7(2), 380-389.

- Sahingil, D., Hayaloglu, A. A., Kirmaci, H. A., Özer, B., & Simsek, O.** (2014). Changes of proteolysis and angiotensin-I converting enzyme-inhibitory activity in white-brined cheese as affected by adjunct culture and ripening temperature. *Journal of Dairy Research*, 81(4), 394-402.
- Sahingil, D., Gokce, Y., Yuceer, M., & Hayaloglu, A. A.** (2019). Optimization of proteolysis and angiotensin converting enzyme inhibition activity in a model cheese using response surface methodology. *LWT*, 99, 525-532.
- Santiago-López, L., Aguilar-Toalá, J. E., Hernández-Mendoza, A., Vallejo-Cordoba, B., Liceaga, A. M., & González-Córdova, A. F.** (2018). Invited review: Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of dairy science*, 101(5), 3742-3757.
- Saremnezhad, S., Soltani, M., Tekin, A., Kanmaz, H., Sahingil, D., Kaya, B., ... & Hayaloglu, A. A.** (2024). Influence of the Blends of Sheep's and Goat's Milk on the Functional Properties and Volatile Compounds of Lighvan Cheese During Ripening: A Comparative Study. *Food Science & Nutrition*, 12(11), 9764-9776.
- Simona, Z. N.** (2012). Research regarding accelerated ripening of pasta filata cheeses. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 36(1), 26-38.
- Soltani, M.** (2013). İran'da üretilen Ultrafiltre Beyaz peynirin özellikleri üzerine tuz oranı ve depolama süresinin etkileri. Çukurova Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 168s, Adana.
- Soltani, M., Saremnezhad, S., Kanmaz, H., Tekin, A., Gökçe, Y., Kaya, B., ... & Hayaloglu, A. A.** (2024). Influence of using different ratios of small ruminants (ovine and caprine) milk on compositional and proteolytic changes during ripening of raw milk lighvan cheese. *International Dairy Journal*, 149, 105821.
- Sulejmani, E. I., & Hayaloglu, A. A.** (2018). Characterisation of Macedonian white-brined cheese: Effect of raw or heat-treated caprine milk. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 408-416.
- Sulejmani, E., Sahingil, D., & Hayaloglu, A. A.** (2020). A comparative study of compositional, antioxidant capacity, ACE-inhibition activity, RP-HPLC peptide profile and volatile compounds of herbal artisanal cheeses. *International Dairy Journal*, 111, 104837.
- Sengul, M., Turkoglu, H., Cakmakci, S., & Con, A. H.** (2001). Effect of casing materials and ripening period on some microbiological properties of Tulum cheese. *Pakistan J. Biol. Sci*, 4, 854-857.
- Şen, C., Doğan, M. A., & Yuceer, Y.** (2023). Teneke Tulum peynirlerinin bazı fizikokimyasal ve duyu özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda*, 48(6), 1160-1171.
- Talevski, G., Srbinovska, S., Santa, D., & Mateva, N.** (2017). Influence of packaging materials on Kashkaval quality. *Dairy/Mljekarstvo*, 67(1).
- Tarakçı, Z., Ekıcı, K., Sagdic, O., & Kucukoner, E.** (2005). The effect of black cumin on ripening of Tulum cheese.

- Tarakçı, Z., Küçüköner, E., Sancak, H., & Ekici, K. (2005).** İnek sütünden üretilerek cam kavanozlarda olgunlaştırılan Tulum peynirinin bazı özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(1), 9-14.
- Tarakçı, Z., Bölük, M., & Karaağaç, M. (2015).** Ordu ilinde tüketicilerin peynir tüketim alışkanlıkları. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 55-62.
- Tarakçı, Z., & Durmuş, Y. (2016).** Effects of packaging materials on some ripening characteristics of Tulum cheese.
- Tekin, A., & Güler, Z. (2019).** Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: Effect of ripening materials. *Food chemistry*, 286, 160-169.
- Tekin, A., & Guler, Z. (2021).** The effect of ripening medium (goat skin bag or plastic barrel) on the volatile profile, color parameter and sensory characteristics of Tulum cheese. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), 19-38.
- Tekin, A., & Hayaloglu, A. A. (2023).** Understanding the mechanism of ripening biochemistry and flavour development in brine ripened cheeses. *International Dairy Journal*, 137, 105508.
- Tekinşen, O. C., Nizamlıoğlu, M., Keleş, A., Güner, A., & Atasever, M. (1998).** Tulum peyniri üretiminde yarı sentetik kılıfların kullanılabilme imkanları ve vakum ambalajlamanın kaliteye etkisi.
- Tekinşen, O. C., & Tekinşen, K. K. (2005).** *Süt ve süt ürünleri: Temel bilgiler teknoloji kalite kontrolü*. Selçuk Üniversitesi Basımevi.
- Tekinşen, K. K., & Uçar, G. (2007).** Konya yöresinde üretilen mahalli Tulum peynirleri. *Akademik Gıda*, 4(6), 33-37.
- Tekinşen, K. K., & Akar, D. (2017).** Erzincan Tulum Peyniri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 12(2), 218-226.
- Thodis, P., Kosma, I. S., Nesseris, K., Badeka, A. V., & Kontominas, M. G. (2023).** Evaluation of a New Bulk Packaging Container for the Ripening of Feta Cheese. *Foods*, 12(11), 2176.
- Tian, H., Zheng, G., Yu, H., Yuan, H., Lou, X., Sun, Y., Wang, M. & Chen, C. (2024).** Investigation of the interaction between lactones and ketones in a Cheddar cheese matrix using Feller's additive model, σ - τ plots, U-models, and aroma addition experiments. *Journal of Dairy Science*, 107(8), 5496-5511.
- Tomar, O., Akarca, G., Beykaya, M., & Çağlar, A. (2018).** Some characteristics of Erzincan Tulum cheese produced using different probiotic cultures and packaging material Farklı probiyotik kültür ve ambalaj malzemesiyle üretilen Erzincan Tulum peynirlerinin bazı özelliklerinin incelenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(5).
- Tomar, O., & Akarca, G. (2019).** Afyonkarahisar ilinde farklı sütlerden üretilip, değişik ambalaj malzemeleri içerisinde satışa sunulan Tulum peynirlerinin kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(2), 151-157.
- Tomar, O., Akarca, G., Gök, V., & Çağlar, M. Y. (2020).** The effects of packaging materials on the fatty acid composition, organic acid content, and texture profiles of Tulum cheese. *Journal of Food Science*, 85(10), 3134-3140.

- Topçu Y.** (2016). Tüketicilerin Erzincan Tulum peyniri Tüketim Motivasyonu. Erzincan Üniversitesi Uluslararası Erzincan Sempozyumu, Cilt: 2, 28 Eylül-1 Ekim 2016, 779-790.
- Torres-Salas, V., Hernández-Rodríguez, B. E., Vioque-Peña, J., Girón-Calle, J., Alaiz, M., Hernández-Montes, A., & Zuleta-Prada, H.** (2024). Amino Acid Composition, Antioxidant and Antihypertensive Activity in Extracts from Mexican Añejo Cheese. *Food Technology and Biotechnology*, 62(3), 373-383.
- Tulukoglu, G. B., Kınık, Ö., & Akan, E.** (2020). İzmir Tulum Peyniri Üretiminde Peynir Altı Suyu Kültürünün Kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(3), 441-453.
- Tuncel, N. B., Güneşer, O., Engin, B., Yaşar, K., Zorba, N. N., & Karagül-Yüceer, Y.** (2010). Ezine peyniri II. olgunlaşma süresince proteoliz düzeyi. *Gıda*, 35(1), 1-6.
- Uğur, E., & Öner, Z.** (2023). Effects of coagulants on peptide profiles and ACE-inhibitory activity in ultrafiltered white (Beyaz) cheese. *Journal of Food Composition and Analysis*, 123, 105622.
- Uruc, K., Tekin, A., Sahingil, D., & Hayaloglu, A. A.** (2022). An alternative plant-based fermented milk with kefir culture using apricot (*Prunus armeniaca* L.) seed extract: Changes in texture, volatiles and bioactivity during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, 103189.
- Uzkuç, H., Uzkuç, N. M. Ç., & Yuceer, Y.** (2023). Cynara cardunculus proteazı kullanılarak üretilen keçi peynirinin duysal özellikleri ve uçucu bileşen profili. *Gıda*, 48(4), 683-697.
- TÜİK**, 2024. Çiğ Süt Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. URL: <https://data.tuik.gov.tr/> Erişim tarihi: 14.07.2025.
- Valdivielso, I., Albusu, M., de Renobales, M., & Barron, L. J. R.** (2016). Changes in the volatile composition and sensory properties of cheeses made with milk from commercial sheep flocks managed indoors, part-time grazing in valley, and extensive mountain grazing. *International Dairy Journal*, 53, 29-36.
- Yang, W.** (2024). Evaluation of the antioxidant activity and identification of potential antioxidant peptides in commercially available probiotic Cheddar cheese. *LWT*, 205, 116486.
- Yapraklı, Ş., Uçan, Ö. F., & Çamurcu, F.** (2015). Erzincan Tulum peyniri imalatçı ve toptancılarının pazarlama sorunları ve çözüm önerileri üzerine bir uygulama. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 105-114.
- Yaşar, K., Şahingil, D., & Hayaloglu, A. A.** (2025). Reducing sodium in Kashar cheese by partial substitution of NaCl with KCl: Proteolysis, texture, meltability and sensory characteristics. *International Dairy Journal*, 166, 106239.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : **Abdurrahman ÇELİK**

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Gaziantep Üniversitesi, Gıda Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- Temmuz 2013 – Nisan 2014
Akanlar İç ve Dış Tic.Gıda San. Ve Nak.Ltd.Şti. – İhracat Uzmanı
- Şubat 2015 – Ekim 2015
Hasyalçın Dış Ticaret ve Gıda San. Ltd. Şti. – Gıda Mühendisi
- Kasım 2015 – Kasım 2016
Şölen Çikolata Gıda San. Ve Tic. A.Ş. – Üretim Mühendisi
- Aralık 2016 – Mart 2017
Elazığ Ticaret Borsası – Proje Mühendisi
- Mart 2017 –
Elazığ Ticaret Borsası – Genel Sekreter Yardımcısı