

**SÜPERKRİTİK KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYON
YÖNTEMİ İLE KONSANTRE ÇEDAR VE KÜFLÜ
PEYNİR AROMASI ELDESİ**

**PRODUCTION OF CONCENTRATED CHEDDAR AND
MOULDED CHEESE AROMA BY USING
SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE EXTRACTION
METHOD**

MELİSA YALÇIN

PROF. DR. ALİ TOPCU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023

ÖZET

SÜPERKRİTİK KARBONDİOKSİT EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ İLE KONSANTRE ÇEDAR VE KÜFLÜ PEYNİR AROMASI ELDESİ

Melisa YALÇIN

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali TOPCU

Nisan 2023, 121 sayfa

Günümüzde tüketicilerin doğal ürün tüketimine yönelik artan farkındalıkları, katkı maddelerinin kimyasal/sentetik yollar vasıtasıyla elde edilmesinden ziyade doğal kaynaklardan eldesine yönelik çalışmalar üzerine yoğunlaşılmasına sebebiyet vermiştir. Son dönemlerde literatür incelendiğinde bu tür katma değeri yüksek katkı maddelerinin yenilikçi yollar vasıtasıyla eldesi ve optimizasyonu üzerinde durulsa da daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda gerçekleştirilmiş olan bu tez çalışması yaygın olarak kullanım potansiyeli bulunan Çedar ve küflü peynir aromasının doğal yollardan konsantre olarak eldesi ve alternatif bir çözüm sunma potansiyelinin gösterilmesi üzerine kurgulanmıştır. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında aroma bileşenlerinin kaynağı olarak peynir çeşitlerinden; Çedar peyniri ve Rokfor peyniri, enzim modifiye peynir (EMP) çeşitlerinden; EMP Rokfor peyniri ve EMP Çedar peyniri kullanılmıştır.

Süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu (SC- CO₂) belirtilen peynir çeşitleri için üç farklı sıcaklık (35, 45, 55 °C) ve basınç (100, 200, 300 bar) altında sabit süre (90 dk) ve CO₂ akış hızında (20 g/dk) gerçekleştirilmiştir. Peynir örneklerinde her bir parametrenin kombinasyonu olacak şekilde dört peynir örneği için toplam 36 ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Peynir hammaddesinde, ekstraktlarda ve ekstraksiyon sonrası peynir peletlerinde temel bileşim, üre-PAGE, toplam serbest amino asit, toplam serbest yağ asidi, aroma ve duyuusal analizler yapılmıştır.

Kuru madde analiz sonuçları göz önüne alındığında tüm peynir çeşitlerinde ekstraksiyon sonrasında kuru maddenin kısmen azaldığı tespit edilmiş olup, Çedar peyniri peletleri ve EMP çedar peyniri peletlerinde ortalama düşüş sırasıyla %12 ve %3 olarak belirlenmiştir. Rokfor ve EMP Rokfor peynirinde kuru madde değişiminin sınırlı olduğu görülmüştür. Çedar ve rokfor peyniri peletlerinde en yüksek % yağ değişimleri sırasıyla AXM (35 °C, 300 bar) ve DZM (55 °C, 300 bar) örneklerinde gözlemlenmiş olup, oranlar %53.71 ve %19.64 olarak tespit edilmiştir. EMP Çedar ve EMP Rokfor peyniri peletlerinde ise BYL (45 °C, 200 bar) ve CZK (35 °C, 100 bar) örneklerinde ki % yağ değişimleri en yüksek oranda belirlenmiş olup, sırasıyla %15.88 ve %12.72 oranlarında olduğu gözlemlenmiştir. Tüm peynir peletleri için pH değerlerinde sıcaklık ve basınca bağlı olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Çedar peyniri ve Rokfor peyniri peletlerinde % protein açısından peletlerde azalan % yağ miktarına bağlı olarak % protein değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Çedar peyniri peletlerinde % protein değerleri; AXK (35 °C, 100 bar) örneğinde %32.16, AYK (45 °C, 100 bar) örneğinde %33.05, AZK (55 °C, 100 bar) örneğinde ise %33.75 şeklindedir. Aynı basıncın artan sıcaklıklarında % protein değerlerinin arttığı bu durumun 200 bar ve 300 bar basınçta Rokfor peyniri peletlerinde de benzer olduğu tespit edilmiştir.

Üre-Poliakrilamid Jel Elektrofrezisi (Üre-PAGE) analizi ile ekstraksiyonun kazein fraksiyonları üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Peletlerde ve ekstraktlarda GC ile serbest yağ asidi analizi gerçekleştirilmiş ve tüm peletlerdeki serbest yağ asidi konsantrasyonunun hammaddeye kıyasla azaldığı belirlenmiştir. Peletlerdeki %

yağ değişiminin fazla olduğu örneklerde serbest yağ asidi konsantrasyonunun da genelde uyumlu olarak azaldığı gözlenmiştir.

Tüm peynirlerde hammaddeyle benzer duyusal nitelikler ekstraktlarda da saptanmış olup, bu durum benzer aroma profillerinin süperkritik ekstraksiyon yöntemi ile etkin bir şekilde elde edilebileceğini göstermektedir. Elde edilen tüm veriler incelendiğinde, SC-CO₂ yöntemi ile doğal Çedar ve küflü peynir aroması eldesinin sağlanabileceği görülmüş olup, gerçekleştirilen bu tez çalışmasının aroma maddelerinin endüstriyel ölçekli entegrasyon ve üretimine katkı sağlayabileceği ve ileriki dönemler de gerçekleştirilecek olan benzer çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enzim modifiye peynir (EMP), süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu (SC-CO₂), Peynir Aroması, Çedar peyniri, Küflü peynir

ABSTRACT

PRODUCTION OF CONCENTRATED CHEDDAR AND MOULDED CHEESE AROMA BY USING SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE EXTRACTION METHOD

Melisa YALÇIN

Master of Science Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali TOPCU

April 2023, 121 pages

The increasing awareness of consumers towards the consumption of natural products has led to the focus on obtaining additives in natural ways rather than through chemical/synthetic ways. Although recent studies have focused on the obtaining and optimization of such value-added additives through innovative ways, more detailed studies are needed. Therefore, this thesis was carried out in order to obtain natural Cheddar and mouldy cheese flavors which have the possibility to be widely used and show the potential in order to offer an alternative solution to industrial large-scale applications. Within the scope of the thesis, as raw materials; Cheddar cheese and Roquefort cheese, and enzyme-modified cheeses (EMCs); Cheddar and Roquefort were used.

Supercritical carbon dioxide extraction (SC- CO₂) were conducted under three different temperature (35, 45, 55 °C) and pressure (100, 200, 300 bar) conditions at a constant time

(90 min) and CO₂ flow rate (20 g/min). A total of 36 extractions were carried out for four cheese samples as a combination of each parameter. Basic composition, urea-PAGE, total free amino acid, total free fatty acid, flavor and sensory analyzes were made in cheese raw material, extracts and cheese pellets after extraction.

Considering the dry matter analysis results, it was determined that dry matter partially decreased after extraction in all cheese varieties, and the average decrease in Cheddar cheese pellets and EMC cheddar cheese pellets was determined as 12% and 3%, respectively. Dry matter change was observed limited in Roquefort and EMC Roquefort cheese. The highest fat changes (%) in Cheddar and Roquefort cheese pellets were observed in AXM (35 °C, 300 bar) and DZM (55 °C, 300 bar) samples, respectively, and the rates were determined as 53.71% and 19.64%. In EMC Cheddar and EMC Roquefort cheese pellets, the % fat changes in BYL (45 °C, 200 bar) and CZK (35 °C, 100 bar) samples were determined at the highest rate and were observed as 15.88% and 12.72%, respectively. Considering temperature and pressure, no significant differences were observed in pH values. In terms of % protein in Cheddar cheese and Roquefort cheese pellets, an increase in % of protein values were observed depending on the decreased % of the fat amount in the pellets. Protein values in cheddar cheese pellets were found 32.16%, 33.05%, and 33.75% in the samples AXK (35 °C, 100 bar), AYK (45 °C, 100 bar), and AZK (55 °C, 100 bar), respectively. It has been determined that the protein values increase at increasing temperatures of the same pressure, and this situation is similar in Roquefort cheese pellets at 200 bar and 300 bar pressure.

UREA-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (UREA-PAGE) analysis revealed that the effect of the extraction on the casein fractions was insignificant. Free fatty acid (FFA) analysis was performed by gas chromatography (GC) in pellets and extracts and found that FFA concentration was decreased in all pellets compared to the raw material. It was observed that FFA composition generally decreased in accordance with the samples with high-fat content (%) change in the pellets.

In all cheeses, similar sensory qualities to the raw materials were also detected in the extracts which shows that similar flavor profiles can be obtain effectively by using supercritical extraction method. As a result, according to data obtained within this thesis, it is seen that natural Cheddar and moldy cheese aromas can be obtained within the SC-CO₂ method and this study may contribute to the industrial-scale integration and production of aroma compounds, as well as shed light on similar studies to be carried out in the future.

Keywords: Enzyme modified cheese (EMC), supercritical carbon dioxide extraction (SC-CO₂), cheese flavour, Cheddar cheese, Moulded cheese

TEŞEKKÜR

Öncelikle tüm hayatımda ve kararlarımda olduğu gibi tez sürecim boyunca desteğini her daim hissettiğim, bu zorlu süreci beraber yürütebildiğimiz için çok şanslı olduğum, bana birçok konuda örnek olan, bakış açısıyla yolumu aydınlatan değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali TOPCU'ya,

Beraber çalışma imkanı bulduğum için çok mutlu olduğum, akademik bilgi ve deneyimine çok güvendiğim, beni her daim destekleyen ve her konudaki yardımlarıyla beni yönlendiren sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Tuğba BULAT'a,

Tez çalışmamın gerçekleşmesi için gerekli altyapıyı sağlayan, bana mezun olduğum ilk zamanlardan itibaren inanan ve her türlü desteği sağlayan Maysa Gıda San. ve Tic. A.Ş. yönetim kurulu üyeleri Sayın Süleyman MAVUK, Özkan ELİBÜYÜK, Ahmet MAVUK, Tahir Mert MAVUK ve Genel Müdür Nurdan BALOĞLU'na,

Aynı laboratuvarı paylaştığım, beraber olmaktan hep çok keyif aldığım ve bana bu dönemde her türlü desteği veren Dr. Öğr. Üyesi Nur YAZĞAN, Esra ÜNVER, Çiğdem ESMERTAŞ, Sattar EGHBALIAN, Fuat GÖKBEL, Dilek KELGÖKMEN, Altuğ ALAN, Nilgün GÜNAL, Ece ÇELEBİ ve tüm Dairy Research ekibine,

Bu çalışmayı, “2210-D Yurt İçi Sanayiye Yönelik Yüksek Lisans Burs Programı” ve “1511 Öncelikli Alanlar Ar-Ge Programı” kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a,

Bu zorlu dönemde bana destek olan canım arkadaşlarım; Kalben ŞAŞMAZ, Gözde ÖZALP, Saliha KARAN, Beyza ESEN, Mert ASLAN, Sena ve Özge KÖSE, Eda BAYRAK, Tuğba YAĞMUR, Elif TANIŞ, Fatma ve Ali KIRAÇ, Ceren ve Ecrin YALÇIN ile çalışma arkadaşlarım; Nagihan YILDIZ, Hilal ATA, Samet SÜMBÜL, Onur K. ve B., Zeynep SÖNMEZ, Yusuf CEBE, Çetin KARACA ve Kenan AKPOLAT'a,

Her kararında olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım boyunca beni destekleyen, sonsuz sevgilerinden güç aldığım beni bugünlere getiren canım annem Nuray YALÇIN, babam Fikret YALÇIN, babaannem Cennet YALÇIN, anneannem Ayşe SARAÇ, kardeşim Mehmet Efe YALÇIN ve varlığını hep kalbimde hissettiğim dedem Mehmet YALÇIN'a,

Son olarak her koşulda yanımda olan, bana her daim inanan, yapamayacağımı düşündüğüm her anda beni cesaretlendiren, ona rastladığım ilk günden beri hep çok şanslı hissettiğim yol arkadaşım Murat TAŞLI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Gıda Aromaları.....	4
2.2. Peynir Aroma Biyokimyası	7
2.3. Peynir ve Sınıflandırılması	10
2.3.1. Çedar Peyniri ve Aroma Biyokimyası.....	12
2.3.2. Küflü Peynir ve Aroma Biyokimyası	17
2.3.3. Enzim Modifiye Peynir.....	22
2.4. Ekstraksiyon Yöntemleri	24
2.4.1. Klasik Yöntemler.....	24
2.4.1.1. Distilasyon	24
2.4.1.2. Çözücü Ekstraksiyonu	25
2.4.1.3. Soğuk Presleme Yöntemi.....	26
2.4.1.4. Enfleuraj.....	26
2.4.2. Gelişmiş Yöntemler	26
2.4.2.1. Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu	27
2.4.2.2. Ultrason Destekli Ekstraksiyon	34
2.4.2.3. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon.....	35
2.4.2.4. Ohmik Destekli Hidrodistilasyon	35
2.4.2.5. Enzim Destekli Ekstraksiyon.....	36
2.5. Duyusal Tanımlayıcılar	36

2.6. Aroma Maddelerinin Gıdalara Eklenmesi	39
3. MATERYAL VE METOT	42
3.1. Materyal	42
3.2. Metot	43
3.2.1. Hammadde ve Peletlerdeki Analizler	43
3.2.1.1. Kuru Madde Analizi	43
3.2.1.2. Yağ Tayini	44
3.2.1.3. pH Tayini	44
3.2.1.4. Protein Analizi	44
3.2.1.5. üre-PAGE Analizi	45
3.2.1.6. Toplam Serbest Aminoasit Tayini	45
3.2.1.7. Serbest Yağ Asidi Analizi	46
3.2.1.8. Uçucu Bileşen Analizi	47
3.2.2. Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyonu	48
3.2.3. Ekstraktlara Uygulanan Analizler	50
3.2.3.1. Uçucu Bileşen Analizi	50
3.2.3.2. Serbest Yağ Asidi Analizi	51
3.2.3.3. Duyusal Analiz	51
3.2.3.4. İstatiksel Analizler	54
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	55
4.1. Hammadde ve Peletlerdeki Analiz Sonuçları	55
4.1.1. Kuru Madde	55
4.1.2. Yağ	57
4.1.3. pH	59
4.1.4. Protein	60
4.1.5. üre-PAGE	61
4.1.6. Toplam Serbest Amino Asit	64
4.1.7. Serbest Yağ Asidi	66
4.1.8. Uçucu Bileşen	72
4.2. Ekstraktlara Ait Analiz Sonuçları	78
4.2.1. Uçucu Bileşen	78

4.2.2. Serbest Yağ Asidi	87
4.2.3. Duyusal	91
5. YORUM	100
6. KAYNAKLAR.....	107
EKLER	117
EK 1. Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyusal değerlendirme tablosu	117
EK 2. EMP Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyusal değerlendirme tablosu.....	117
EK 3. Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyusal değerlendirme tablosu	118
EK 4. EMP Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyusal değerlendirme tablosu	118
ÖZGEÇMİŞ	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Peynir veya ilgili çeşitlerin sütün pıhtılaştırılması esasına dayalı sınıflandırılması.	11
Şekil 2.2. Çedar peyniri üretiminin temel basamakları.	13
Şekil 2.3. Kesikli süperkritik ekstraksiyon işlemi (katı-akışkan).	28
Şekil 2.4. Sürekli süperkritik ekstraksiyon işlemi (sıvı-akışkan).	28
Şekil 2.5. Süperkritik bölge diyagramı.	29
Şekil 2.6. Peynir tadını etkileyen bazı parametrelere bağlı olarak oluşan lezzet bileşenleriyle oluşturulan “Lezzet Çarkı”.	39
Şekil 3.1. Protein analizine ait görseller.	44
Şekil 3.2. üre-PAGE analizine ait görseller.	45
Şekil 3.4. Süperkritik akışkan ekstraktörü.	48
Şekil 3.6. Elde edilen ekstraktlardan bazılarına ait görsel.	49
Şekil 3.7. EMP peynirlere ait görsel.	51
Şekil 3.8. Doğal olarak hazırlanan duyuşal tanımlayıcılara ait görsel.	53
Şekil 3.9. Kimyasal bileşen olarak hazırlanan duyuşal tanımlayıcılara ait görsel.	53
Şekil 4.1. Çedar peynirine ve bu peynire; 100, 200, 300 bar basınç ve 35, 45, 55 °C sıcaklık parametrelerinde uygulanan süperkritik CO ₂ ekstraksiyon işlemi sonucu kalan peletlere ait üre-PAGE elektroforetogramları. (YST: Yağsız süt tozu)	62
Şekil 4.2. Rokfor peynirine ve bu peynire; 100, 200, 300 bar basınç ve 35, 45, 55 °C sıcaklık parametrelerinde uygulanan süperkritik CO ₂ ekstraksiyon işlemi sonucu kalan peletlere ait üre-PAGE elektroforetogramları. (YST: Yağsız süt tozu)	62
Şekil 4.3. EMP Çedar peynirine ve bu peynire; 100, 200, 300 bar basınç ve 35, 45, 55 °C sıcaklık parametrelerinde uygulanan süperkritik CO ₂ ekstraksiyon işlemi sonucu kalan peletlere ait üre-PAGE elektroforetogramları. (YST: Yağsız süt tozu)	63
Şekil 4.4. Çedar peyniri ve peletlerinin toplam serbest amino asit konsantrasyonu (mg löşin/g peynir).	65
Şekil 4.5. EMP Çedar peyniri ve peletlerinin toplam serbest amino asit konsantrasyonu (mg löşin/g peynir).	65
Şekil 4.6. Rokfor peyniri ve peletlerinin toplam serbest amino asit konsantrasyonu (mg löşin/g peynir).	66

Şekil 4.7. Çedar peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).	69
Şekil 4.8. EMP Çedar peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).	70
Şekil 4.9. EMP Rokfor peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir). ..	71
Şekil 4.10. Rokfor peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).....	72
Şekil 4.11. Çedar Peyniri, peletleri ve ekstraktlarına ait PCA grafikleri.	73
Şekil 4.12. EMP Çedar Peyniri, peletleri ve ekstraktlarına ait PCA grafiği.	75
Şekil 4.13. EMP Rokfor Peyniri, peletleri ve ekstraktlarına ait PCA grafiği.	76
Şekil 4.14. Rokfor Peyniri, peletleri ve ekstraktlarına ait PCA grafiği.	77
Şekil 4.15. Çedar Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi.	79
Şekil 4.16. EMP Çedar Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi	81
Şekil 4.17. EMP Rokfor Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi	82
Şekil 4.18. Rokfor Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi.	84
Şekil 4.19. Çedar Peyniri ve EMP Çedar Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi	85
Şekil 4.20. Rokfor Peyniri ve EMP Rokfor Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi	86
Şekil 4.21. Çedar grubunda yer alan; Çedar peyniri ve EMP Çedar duyuşal analiz sonuçlarının örümcek grafiği.	93
Şekil 4.22. Rokfor grubunda yer alan; Rokfor peyniri ve EMP Rokfor duyuşal analiz sonuçlarının örümcek grafiği.	94
Şekil 4.23. Hammadde olan Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.	95
Şekil 4.24. Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonucuna ait PCA bi-plot grafiği.	95
Şekil 4.25. Hammadde olan EMP Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.....	96
Şekil 4.26. EMP Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonucuna ait PCA bi- plot grafiği.....	96
Şekil 4.27. Hammadde olan EMP Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.....	97
Şekil 4.28. EMP Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonucuna ait PCA bi- plot grafiği.....	98

Şekil 4.29. Hammadde olan Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.....	99
Şekil 4.30. Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyuşal analiz sonucuna ait PCA bi-plot grafiği.....	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Birçok peynir çeşidinde ortak olarak bulunan aroma bileşikleri.	9
Çizelge 2.2. Çedar peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin oluşturduğu amino asit katabolitleri ve aromaya katkıları.	16
Çizelge 3.1. Uygulanan ekstraksiyon parametreleri için kullanılan harf karşılığı.	42
Çizelge 3.2. Hammaddelere uygulanan ekstraksiyon parametrelerine bağlı olarak oluşturulan örnek kodları.	43
Çizelge 3.3. Serbest yağ asidi analizi için kullanılan GC analiz koşulları.	47
Çizelge 3.4. Uçucu bileşiklerin analizinde kullanılan GC-MS koşulları.	48
Çizelge 3.5. Çalışmada Uygulanan Ekstraksiyon Parametreleri.	50
Çizelge 3.6. Çedar Grubu ve Rokfor grubu için duyuusal tanımlayıcılar ve duyuusal analiz için kullanılan ürünler.	52
Çizelge 3.7. Duyusal tanımlayıcılardan bazılarının hazırlığına ait bilgiler.	53
Çizelge 4.1. Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri ve peletlerinin % kuru madde, % yağ (kuru maddede), % yağ değişimi, protein ve pH değerleri.	56
Çizelge 4.2. Rokfor peyniri, EMP Rokfor peyniri ve peletlerinin % kuru madde, % yağ (kuru maddede), % yağ değişimi, protein ve pH sonuçları.	57
Çizelge 4.3. Çedar peyniri ve EMP Çedar peynirindeki SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).	67
Çizelge 4.4. EMP Rokfor peyniri ve Rokfor peynirindeki SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).	68
Çizelge 4.5. Çedar peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).	88
Çizelge 4.6. EMP Çedar peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).	89
Çizelge 4.7. EMP Rokfor peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).	90
Çizelge 4.8. Rokfor peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).	91

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	Santigrat derece
mg	miligram
g	gram
MPa	megapaskal
mL	mililitre
nm	nanometre
µL	mikrolitre
ppm	mg çözünen / litre çözelti

Kısaltmalar

a/a	ağırlık/ağırlık
ACS	American Cheese Society
ASTM	American Society for Testing and Materials
Cit ⁺	Sitrat pozitif
CO ₂	Karbondioksit
EDE	Enzim Destekli Ekstraksiyon
EMP	Enzim Modifiye Peynir
FID	Flame ionization detection (Alev iyonlaştırma dedektörü)
GC	Gas Chromatography (Gaz kromatografisi)
GC-MS	Gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi
JAR	Just About Right (hızlı tüketici duyuşal testi), Tam Olması Gereken
LAB	Laktik Asit Bakterileri
LPA	Lezzet Profili Analizi

MDE	Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon
NSLAB	Starter dışı laktik asit bakterileri
ODHD	Ohmik Destekli Hidrodistilasyon
Pc	Kritik basınç
PCA	Principal Component Analysis (Temel bileşen analizi)
SAE	Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu
SC-CO ₂	Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyonu
SFE	Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu
SPME	Solid-Phase Micro Extraction (Katı faz mikroekstraksiyon)
Tc	Kritik sıcaklık
TCA	Trikloroasetik asit
TNBS	Trinitrobenzensülfonik asit
TPA	Tekstür Profili Analizi
UDE	Ultrason Destekli Ekstraksiyon
Üre-PAGE	Üre-Poliakrilamid Jel Elektroforezi

1. GİRİŞ

Bir gıda maddesi satın alınırken tüketici tercihini ve kabulünü etkileyen temel duyuşal özelliklerinden biri o ürünün lezzetidir. Uluslararası Duyusal Analiz Sözlüğü Standardı ISO 5492'ye (1992) göre tat; belirli çözüner maddeler tarafından uyarıldığında tat organı tarafından algılanan duyumlardır. Tat koku ile yakından ilişkilidir. Koku ve tat algısı trigeminal duyularla birleştğinde ise lezzet ile sonuçlanmaktadır. Lezzet, gıda kabulünü ve gıda alımının seçimini etkilemesinin yanı sıra potansiyel olarak zararlı bileşiklerin ayırt edilmesine de yardımcı olmaktadır. Tat duyusu, duyu alıcı seviyesinde başlayan ve diğer duyulardan gelen bilgilerle birleştikten sonra merkezi sinir sisteminde son bulan karmaşık bir süreçtir. Tatların hissedilme dereceleri; konsantrasyonlarına, rengine, viskozitelerine, kokusuna göre değişebilmektedir (Anand, Philip ve Mehendale, 2014). Olgunlaştırılan peynirlerde depolama süresince devam etmekte olan biyokimyasal reaksiyonlardan dolayı oluşan aroma bileşikleri düşük stabiliteye sahiptir. Bu durum peynirlerin direkt olarak farklı gıdalarda ingrediye olarak kullanımını sınırlamaktadır. Kullanıldığı son ürüne karakteristik peynir tat-kokusu kazandırılması için yüksek kullanım seviyesine ihtiyaç duyulmakta ve bu durum da ürünün maliyetini yükseltmektedir. Yaşanan bu olumsuzluklar, doğal biyokimyasal süreçlerle üretilen peynir aroması gelişimini tetiklemiştir.

Enzim modifiye peynir (EMP) gıda ürünlerinde uygulama açısından değerlendirildiğinde, maliyet olarak peynirin direkt olarak kullanımına göre uygun bir alternatiftir (Ünver, 2022). EMP; peynir lezzetinin geliştirilmesi, yoğunlaştırılması veya bir başka ifadeyle olgunlaşma süresinin kısaltılması için peynirin enzim ile işlenmesi sonucu elde edilen ürün şeklinde tanımlanabilmektedir. Enzim modifiye süt ürünlerinin üretiminde, kontrollü koşullarda olgunlaşma süreci taklit edilmekte ve bu amaçla substrata (taze peynir pıhtısı) bazı enzimler ilave edilmekte ve karışım inkübe edilmektedir. İlgili peynir lezzetine (olgun peynirlerden 15-30 kat kadar daha yoğun düzeyde) düşük maliyetli, besleyici ve doğal bir yolla ulaşılabilir (Kilcawley, Wilkinson ve Fox, 1998).

Aroma maddelerinin ekstraksiyonunda en çok kullanılmakta olan yöntemler sıvı-sıvı veya sıvı-katı ekstraksiyon yöntemleridir. Bu yöntemlerin prensibinde, ayrılması istenen

bileşenin bir çözen yardımıyla bulunduğu sistemden uzaklaştırılması veya ayrılması yer almaktadır. Gıda endüstrisinde kullanımı son yıllarda hızlı bir artış gösteren süperkritik akışkanlar sıvı çözenlerin yerini almıştır. Süperkritik akışkanların farklı kullanım alanları içinde gıda ürünleri de yer almakta ve bu grup içinde aroma maddelerinin ekstraksiyonu önemli bir paya sahiptir (Valcârcel ve Tena, 1997). Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu (SFE), bir çözücü olarak süperkritik akışkanların kullanıldığı bir ekstraksiyon yöntemidir. Süperkritik akışkanlar, belirli sıcaklık ve basınç koşullarında gaz ve sıvı fazları arasında bir geçiş durumunda olan maddelerdir. Bir süperkritik akışkan, basınç ve sıcaklık modifikasyonları ile belirli bir bileşiğin seçici olarak ekstraksiyonunda da kullanılabilir. SFE yöntemi, bitkisel materyallerden doğal bileşiklerin, özellikle uçucu yağların, kafein gibi uyarıcılar, antioksidanlar, aromalar ve çeşitli kimyasal bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılmaktadır. Bu yöntem, diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha verimli ve çevre dostu olarak kabul edilmektedir. Bu akışkanların en önemli özelliği süperkritik bölgelerindeki çözünme güçleridir (Raventos, Duarte ve Alarcon, 2002; Raines, 2012).

Özellikle karbon dioksit (CO₂) sıklıkla kullanılan bir süperkritik akışkandır. Mevcut taşıyıcılar arasında CO₂; kokusuz, renksiz, son derece saf, güvenli, uygun maliyetli, yanmaz ve geri dönüştürülebilir niteliktedir. Ayrıca CO₂, 31.1 °C (kritik sıcaklık) ve 73.9 bar (kritik basınç) üzerinde süperkritik bölgede yer almaktadır. Bu kritik sıcaklık ve basınç değerlerine kolay ulaşılabilir olması nedeniyle Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyon (SC-CO₂) yöntemi kullanımı yaygındır. Süperkritik CO₂, apolar bileşikler, düşük polariteye sahip moleküller ve düşük molekül ağırlıklı bileşikler için ideal bir çözücüdür. Bu nedenle, oleoresinler, lipofilik bileşikler, uçucu yağlar, aroma bileşikleri ve diğer kimi gıda bileşenlerinin ekstraksiyonunda kullanılabilir (Brunner, 2005; Capuzzo ve ark., 2013). CO₂ düşük kritik sıcaklığa sahip olması sayesinde oda sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta uygulama yapma imkânı sağlamakta ve bu durum ısıya duyarlı bileşenlerin ekstraksiyonunda avantaj sağlamaktadır (Amaral ve ark., 2017).

Gıda sanayinde dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla yaygın olarak kullanılan ve genellikle ithal edilen gıda katkı maddeleri ve yardımcı maddelerin gıda güvenliği açısından risk oluşturmadan teknoloji ve maliyet açısından rekabetçi ve sürdürülebilir bir

şekilde yerli olarak geliştirilmesi/üretilmesi önem arz etmektedir. Gıda katkı maddeleri ve/veya yardımcı maddeleri; gıdaların üretiminde, özelliklerinin iyileştirilmesinde, endüstriyel üretim tekniklerine adapte edilmesinde, raf ömürlerini uzatarak katma değerinin artırılmasında ve son ürünlerin duyu özelliklerinin korunmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda sanayinin girdileri arasında önemli bir maliyet kalemi oluşturan bu maddeler, ülkemizde yeterli üretimleri olmadığı için büyük oranda ithalatta karşılanmaktadır. Ülkemizde dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik gıda katkı maddeleri ve yardımcı maddelerin geliştirilmesi, üretilmesi ve iyileştirilmesi önem taşımaktadır. Diğer taraftan tüketici talepleri doğrultusunda, kimyasal/sentetik katkı maddeleri yerine doğal kaynaklardan elde edilen katkı maddelerinin geliştirilmesi hızla önem kazanmakta ve bu konulara yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Peynirlerin ve aroması yoğun peynirlerin (EMP gibi) unlu mamul ve birçok farklı son ürün uygulamasında direkt olarak kullanılmasında sıkça yaşanan problemler; ransit tat oluşumu, son üründe yaşanan yanık görüntü ve lezzet, peynir lezzetinin gıda ürününe uygulanan pişirme, pastörizasyon gibi sıcaklık prosesi sonrası farklı yönlere kayması, uçucu aroma bileşenlerinin proses sıcaklıklarında kısmi olarak kayba uğraması ve raf ömrü boyunca aroma stabilitesinin sağlanamaması şeklindedir. Olası bu sorunların önlenmesi ve gıda ürünlerinde peynir aromasını ve/veya lezzetini oluşturmada ingrediyen veya katkı maddesi olarak kullanılabilecek doğal bir aroma yoğun ekstrakta ihtiyaç bulunmaktadır. Atıştırmalık, sos gibi son ürünlerde tercih edilen peynir lezzetlerinin başında Çedar ve Rokfor peynir aroması/lezzeti gelmektedir. Bu çalışmanın amaçları:

- Çedar ve küflü peynir (Rokfor) aroması eldesinde kullanılan SC-CO₂ sistem koşullarının (sıcaklık, basınç) ekstraksiyona olan etkilerini incelemek,
- Enzim modifiye Çedar ve Rokfor peynirlerinden aroma yoğunluğu daha yüksek likit fazda ürün elde edilmesi,
- Hammadde ve son üründe uçucu bileşiklerin bileşimsel değerlerinin ve farklılıklarının belirlenmesidir.
- Peynir aroması üretimi konusunda bilgi birikiminin oluşturulabilmesidir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Gıda Aromaları

Aromanın sektörel farklılıklar sebebiyle standart bir tanımı yoktur. Ancak gıda endüstrisi için aroma; birçok farklı uçucu bileşiği içeren ve tat, koku ve yapısal özelliklerin bir arada algılandığı karmaşık bir duyuşal deneyimdir. Bu deneyim, tat ve koku reseptörleri aracılığıyla algılanmaktadır. Bileşenlerin oranları ve yapıları gibi çeşitli faktörler aroma profilinde etkili olmaktadır (Bölükbaşı, 2006). Aroma bileşikleri, tüketici tercihini ve kabulünü etkileyen temel gıda duyuşal özelliklerinden biridir. Bu tür bileşikler, fizyolojik ve/veya enzimatik işlemlerin sonucu olarak gıdalarda doğal olarak bulunabileceği gibi, fermentasyon işlemleri sırasında mikroorganizmalar tarafından da üretilebilmektedir. Aroma bileşikleri kimyasal, biyokimyasal veya mikrobiyal prosesler sonucu üretilebilir ve/veya değiştirilebilir ve aroma genel gıda kalitesini, duyuşal profilini ve raf ömrünü etkilemektedir. İşleme sırasında gıda aroması bileşikleri; enzimatik aktivite, fermentasyon, lipit oksidasyonu ve termal reaksiyonlar (Maillard reaksiyonu, karamelizasyon) ile üretilebilirler. Termal teknolojiler gıda güvenliğini arttırırken, bahsedilen kimyasal reaksiyonları hızlandırmakta, böylece makro ve mikro bileşenlerde çeşitli modifikasyonlara neden olabilmektedir. Isıl işlem sonrası oluşan aromalar aslında gıdalarda en fazla bulunan uçucu bileşik grubudur ve bunlardan bazıları proses belirteçleri olarak da kullanılabilir (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022).

Gıda aromaları endüstri içerisinde iki ana başlıkta yer almaktadır bunlar; koku yayan bileşikler ve tat oluşturan bileşiklerdir. Bu gruplar gıdadaki lezzet oluşumunda trigeminal duyuşlar aracılığı ile etkili olmaktadır. Trigeminal duyuş; yakıcı, serinletici ve büzücü duyuşlar olarak tanımlanmaktadır. Aroma gıdalarda lezzetin ana bileşeni olarak ele alınır çünkü bir gıdada koku potansiyeli sınırsızdır. Bir gıdanın tadı ise temel tatlar olan tatlı, ekşi, tuzlu, acı ve umami gibi tatlar ile sınırlıdır. Gıdalardaki tatları koku ile kolayca değiştirmek mümkündür. Benzer tatlara sahip ürünlerde farklı kokular kullanılarak önemli ölçüde tat değişimleri sağlanmış yapay olarak tatlandırılmış gıda ürünleri bunlara iyi bir örnektir (Anonim, 2023).

Dünyada gıda katkı maddeleri pazarda büyük bir hacme sahiptir. Bu pazar payı içerisinde gıda aromaları ortalama %25'lik bir kısma sahiptir. Gıda endüstrisinde birçok sektörde kullanılan gıda aromaları yaygın olarak; gazlı içecekler, meyve suları, bisküviler, kekler, patates cipsleri, şekerlemeler, sakız, hazır çorbalar ve pudinglerde kullanılırken aynı zamanda aromalar, gıda ve ilaç endüstrilerinde üretim sırasında oluşan istenmeyen tat ve kokuyu maskeleyen amacıyla da kullanılmaktadır (Yılmaztekin ve ark., 2008).

Aroma, aynı zamanda hoş bir çağrışımı olan bir kokudur. Koku alma organı aşırı derecede hassastır ve bu nedenle gıdalardaki aromaya (kokular) katkıda bulunan uçucu bileşiklerin konsantrasyonları çok düşük olabilmektedir. Uçucu bileşiklerin bu karmaşık yapıları; özütlenme, ardından ayırma ve karakterizasyon ile analiz edilebilmektedir (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022). Aroma maddeleri günümüze kadar uzun bir süre bitkilerin esansiyel yağları, meyve suları, sebze ekstraktları ve hayvansal kaynaklı gıdalar gibi doğal kaynaklardan elde edilmiştir. Günümüzde gelişmekte olan yöntemler ile biyoteknolojik ve kimyasal yöntemler ile de aroma üretimi sağlanmaya başlanmıştır. Bu üretim yöntemlerine göre aroma maddelerini çeşitlendirdiğimizde üç ayrı grup ortaya çıkmaktadır. Bunlar; doğal aromalar, doğala özdeş aromalar ve yapay aromalardır. **Doğal aromalar**, bitkisel veya hayvansal kaynaklardan elde edilen aromalardır. Bu aromalar; fiziksel, enzimatik veya mikrobiyolojik yöntemler ile üretilebilmektedir. Gıda ürünlerinde tercih edilmektedir ve bu durumun iki ana sebebi bulunmaktadır. Bunlardan ilki doğal aromaların ürünün kendi aroma desenini daha konsantre bir şekilde veriyor olabilmesidir. Bir diğer sebep ise doğal aroma maddelerinin farklı gıdaların ana aroma maddesini içeriğinde bulundurabilmesidir. **Doğala özdeş aromalar** doğal aromalar ile aynı kimyasal yapıya sahip olan maddelerdir fakat kimyasal sentez yoluyla veya izolasyonla elde edilmektedir. Doğal aromaların aksine mevsimsel değişikliklerden etkilenmemektedir. Bu tür aromalara örnek olarak aldehitler, alkoller, esterler, asitler, laktonlar, ketonlar ve sülfür bileşikleri verilebilmektedir. **Yapay aroma maddeleri** doğal aromalardan farklı bir kimyasal yapıya sahip olup, yalnızca kimyasal sentez yoluyla elde edilmektedir. Yapay aromalar tamamen sentetik kimyasallardan oluşmakta ve doğal bir kaynaktan bulunmamaktadır (Bölükbaşı, 2006).

Gıda endüstrisindeki son gelişmeler, gıdanın bileşimine ve mikro yapısına bağlı olarak gıda aroma bileşiklerini farklı şekilde etkileyebilen yeni işleme teknolojilerinin (örneğin, termal olmayan teknolojiler, nanoteknoloji) geliştirilmesine yol açmıştır. Yiyecek ve içeceklerde yaklaşık 10000 farklı uçucu bileşik tanımlanmaktadır (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022). Gıdalardaki aroma çalışmalarının birçoğu aroma bileşiklerinin tanımlanması ve miktarının belirlenmesi üzerinedir. Aroma maddeleri ile gıda matrisi arasındaki etkileşimleri belirlemede bu çalışmalar çok önemli olmasına rağmen, gıdanın gerçek tüketimi sırasında salınan aroma maddeleri bu teknikler ile belirlenemez. Bu sebeple elde edilen veriler ile duyuusal deneyim arasında bir ilişki elde etmek zordur. Bir gıdanın aroma bileşimi ile o gıdanın tüketilmesi esnasında salınmakta olan aroma maddelerinin aynı olmadığı bildirilmektedir (Eker ve Cabaroğlu, 2017).

Gıda endüstrisi aromalarında önemli bir yer tutan peynir aroması büyük ölçüde proteoliz ve lipoliz reaksiyonları sonucu oluşan bileşikler sonucu ortaya çıktığı belirtilmiştir. Peynirin olgunlaşması sırasında gerçekleşen proteoliz, peynirin karakteristik özelliklerinin oluşumunda kritik bir rol oynamaktadır. Bu süreç, özellikle olgunlaşmış peynir çeşitlerinde, peynirin dokusu, tadı ve aromasının gelişiminde belirleyici bir faktördür (Çelik ve Uysal, 2009). Peptitler ve amino asitler proteoliz sonucu oluşmakta ve peynir tatlarına doğrudan katkıda bulunmaktadır. Amino asitler; transaminasyon, dehidrojenasyon, dekarboksilasyon ve indirgeme gibi reaksiyonları ile fenilasetik asit, fenetanol, p-kresol, metantiol, dimetil disülfid, 3-metil bütirat, 3-metil bütanal, 3-metil gibi çeşitli aroma bileşiklerinin oluşumuna katkı sağlamaktadır (Marilley ve Casey, 2004). Peynir üretiminde gerçekleşen diğer bir reaksiyon olan lipoliz sonucu oluşan yağ fraksiyonları peynir aroma oluşumunda önemli bir yere sahiptir. Parmesan ve Romano gibi peynirlerde, serbest yağ asitleri peynirin lezzetinin önemli bir bileşenidir. Uzun zincirli yağ asitleri katkısı sınırlıdır ancak kısa zincirli yağ asitleri (örneğin; valerik asit) yüksek lezzet eşiklerine rağmen lezzetin belirginleşmesinde önemli bir rol oynar. Doymamış yağ asitleri, özellikle trans-2-bütanoik asit ve hekzanoik asit gibi bileşenler, keskin bir tat oluşturmaktadır (Cheetham, 2002). Birçok peynir çeşidi gram başına 100 milyara kadar bakteri içerir ve bunlar yağları, karbonhidratları ve/veya proteinleri metabolize ederek peynir aromasının oluşmasına yardım olurlar (Fox ve ark., 2017d).

2.2. Peynir Aroma Biyokimyası

Peynir aroması, peynir türüne bağlı olarak değişebilir ancak genel olarak peynirin olgunlaşma süreci boyunca üç ana biyokimyasal yol üzerinden gerçekleşir: (i) laktoz, laktat ve sitrat metabolizması ile laktozun glikolize edilmesi, (ii) lipoliz ve yağ asidi katabolizması, ve (iii) proteoliz ve amino asit katabolizması. Peynir aromasının oluşumunda önemli bir rol oynayan uçucu bileşenler, lipit ve protein metabolizması sonucu oluşmaktadır (McSweeney, 2007).

Pastörizasyon veya eşdeğeri ısı işlem uygulanan peynirlerin yapımı sırasında, sütte bulunan doğal enzimler, sonradan ilave edilen enzimler starter ve starter dışı laktik asit bakterilerinin ortak aktivitesi sonucu peynir aromasının oluşumu sağlanmaktadır. Laktoz, glukoz ve galaktoza hidrolize edilerek starter kültürler tarafından tüketilir ve oluşan laktik asit, peynirin pH değerinin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır (McSweeney, Ottogalli ve Fox, 2004). Ayrıca, sitrat pozitif laktik asit bakterileri tarafından metabolize edilen sitrat, peynirde tereyağimsı aromanın oluşumuna katkı sağlayan 2,3-Butandione (Diasetil), 3-Hidroksi-2-bütanon (asetoin) ve 2,3-bütandiol (asetoin) bileşiklerinin oluşumuna neden olur (Bulat, 2011). Peynir olgunlaşma sürecinde laktat, olgunlaşma süresinin başlangıcındaki laktozun katabolizasyonundan kaynaklanır ve peynirin aromasının oluşumunda kritik bir rol oynamaktadır (McSweeney, 2017).

Peynir aromasının oluşmasında önem arz eden bir diğer reaksiyon olan lipoliz ile trigliseritlerin hidrolizi sağlanmaktadır (Serbest yağ asitlerin oluşumu). İlerleyen reaksiyon aşamalarında peynir aroması için önemli olan aroma bileşenleri metil ketonlar, esterler, tiyoesterler, laktonlar ve diğer bazı uçucu bileşenler serbest yağ asitlerinin katabolizması ile meydana gelmektedir. Esterazlar ve lipazlar peynirdeki lipolizi gerçekleştirmektedir. Bu enzimlerin kaynağı süt, rennet preparatı, kültür veya enzim preparatları olabilmektedir. Peynir çeşidine göre lipoliz derecesi farklılık gösterebilmektedir. Örneğin; Rokfor peynirlerinde ileri lipoliz, Çedar peynirinde ise düşük seviyede lipoliz oluşmaktadır (Ünver, 2022).

Peynirin olgunlaşması aşamasında meydana gelen tüm biyokimyasal reaksiyonlar düşünüldüğünde en karmaşık aşama proteoliz ve buna bağlı olarak gelişen amino asit katabolizması aşamasıdır. Gerçekleşen çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar ile o peynire özgü aroma ve tat profili oluşturulmuş olmaktadır (McSweeney ve ark., 2017). Proteoliz, kazeinin peptitler ve amino asitlere parçalanması sonucu meydana gelmekte ve ilk olarak peynirin tekstürü üzerinde etki göstermektedir. Hidroliz sonucu serbest kalan amino grupları, peptit bağlarının kopmasına sebep olmaktadır ve bu da peynirin olgunlaşmasında önemli bir etkiye sahiptir. Diğer önemli reaksiyonlar proteoliz sonucu oluşan peptitler, amino asitler ve bunların dekarboksilasyon, transaminasyon, desülfürasyon, deaminasyon gibi reaksiyonlara girmesi sonucu oluşturduğu bileşenlerdir. Bu bileşenler peynirin tat, koku ve aromasına doğrudan katkı sağlamayabilmektedir. Amino asitler, aminler, aldehitler, alkoller gibi bileşenler öncülleri arasında yer almakta ve bu bileşenler peynir aromasının oluşmasında anahtar rol oynamaktadır (McSweeney, 2004). Peptitler ve amino asitler tatlı, acı (bitter) gibi karakteristik lezzete sahiptir. Bu bileşenler peynirde temel tat ve kokuya katkıda bulunmaktadır (Smit ve ark., 2005). Amino asitlerin ikinci aşamada aminlere ve α -ketoasitlere dönüşümü gerçekleşmekte ve bu bileşenler aldehitlere ve oksidasyon sonucu asitlere dönüşmektedir. Metiyonin, sistein gibi kükürt içermekte olan aminoasitlerin metabolizması ile belirli peynir çeşitleri için karakteristik aromaların oluşumu sağlanmaktadır (McSweeney ve Sousa, 2000). Çeşitli peynirlerde farklı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ve aroma olarak izole edilen bileşikler Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Birçok peynir çeşidinde ortak olarak bulunan aroma bileşikleri (Marilley ve Casey, 2004).

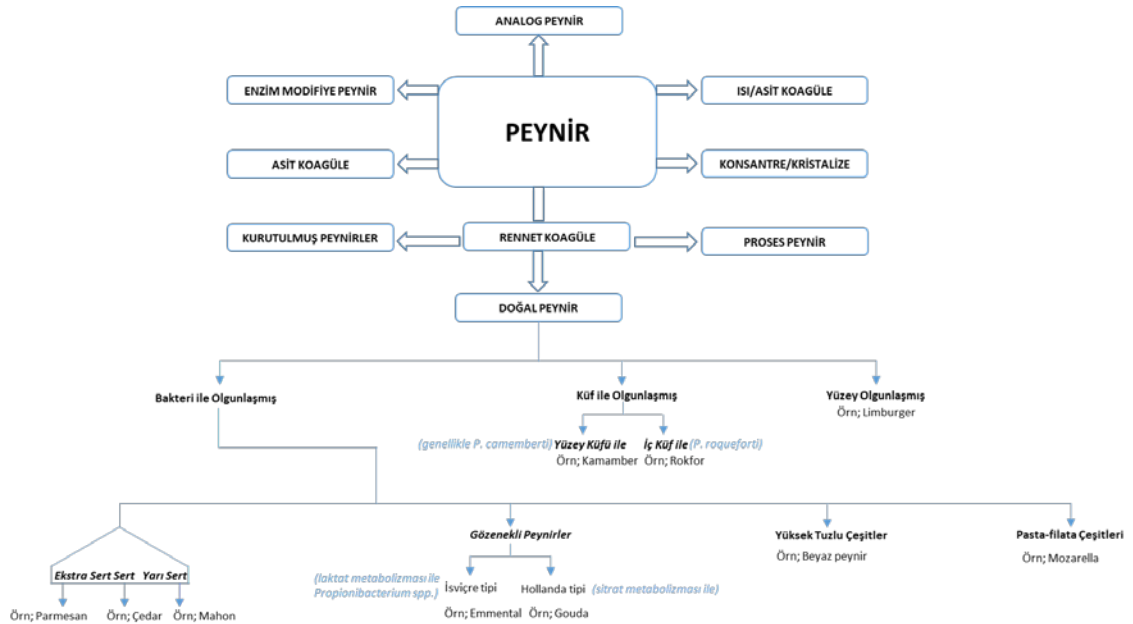
Alkoller	izoheksanal	Esterler	metilsülfit
1,2-bütandiol	2-metilbütanal	etil asetat	hekzanetiol
2-bütanol	3-metilbütanal	etil benzoat	N-bileşenler
etanol	2-metilpropanal	etil bütirat	2-asetil-1-pirrolin
2-etilbütanol	nonanal	etil hekzanoat	Pirazinler
2-etilheksanol	(E,E)-2,4-nonadienal	etil izobütanoat	2,3-dietil-5-metilpirazin
2-heptanol	(Z)-2-nonenal	etil oktanoat	2-etil,3-5-dimetil-pirazin
hekzanol	(E)-2-nonenal	etil 2-metilbütanoat	2-metoksi-3-izopropilpirazin
izobütanol	oktanal	etil 3-metilbütanoat	Furanlar
			2-etil-4-hidroksi-5-metil-3-
2-metilbütanol	pentanal	izobütil bütanoat	(2H)furanon
3-metilbütanol	propanal	3-metilbütil asetat	3-hidroksi-4,5-dimetil-2-(5H)furanon
		metil-2-metil	
2-metilpropanol	propenal	bütanoat	4-hidroksi-2,5-dimetil-3-(2H)furanon
2-nonanol	tiofen-2-aldehit	3-oktil asetat	tetrahidrofuran
(Z)-1,5-oktadien-			
3-ol	Ketonlar	pentil asetat	Fenolik Ürünler
2-oktanol	asetoin	fenil asetat	p-kresol
1-okten-3-ol	aseton	propil bütirat	Yağ Asitleri
	2,3-bütandion		
2-pentanol	(diasetil)	Laktonlar	asetat
feniletanol	2-bütanon	δ -dekalakton	bütirat
2-feniletanol	b-damaeskenon	γ-dekalakton	kaproat
1-propanol	2-heptanon	δ -dodekalakton	dekanoat
2-propanol	2-heksanon	δ -oktalakton	izobütirat
		(Z)-6-dodeken-γ-	
Aldehitler	3-metil-2-bütanon	lakton	metil asetat
asetaldehit	2-nonanon	S-bileşenler	2-metilbütirik asit
dekanal	3-oktanon	dimetil disülfit	3-metilbütirik asit
heptanal	1-okten-3-on	dimetil sülfit	oktanoat
(Z)-4-heptenal	2-pentanon	dimetil trisülfit	fenilasetat
hekzanal	2-tridekanon	metantiyol	propionat
2-hekzenal	2-undekanon	metiyonal	valerat

2.3. Peynir ve Sınıflandırılması

Peynir, dünya çapında çok çeşitli şekillerde üretilen fermente süt bazlı gıda ürününün genel adıdır. Peynir yapımının temel amacı sütün temel bileşenlerini korumak olsa da peynir; son derece besleyici olmasının yanı sıra atıştırılabilir hale gelmiştir (Pietkiewicz ve ark., 2008). Sütün temel bileşenlerini peynire dönüştürme yeteneğinden elde edilen avantajlar, depolama stabilitesi, taşıma kolaylığı ve diyet çeşitlendirmenin bir aracı olarak göz önüne alındığında çok fazla olduğu görülmektedir (Varming ve ark., 2013). Peynir yapımı Orta Doğu’da tarım devrimi sırasında ve yaklaşık 8000 yıl önce ortaya çıkmıştır. Peynir üretimi ve tüketimi ülkeler ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermekle birlikte geleneksel üretim yapan ülkeler artmakta ve yeni alanlara doğru yayılmaktadır (Fox ve ark., 2015). Dünya peynir üretimi yıllık $\sim 19 \times 10^6$ tondur (toplam süt üretiminin $\sim 35\%$) ve son 30 yılda yıllık ortalama $\sim 4\%$ oranında artış göstermektedir. Yılda $\sim 11 \times 10^6$ ton üretimle Avrupa, en büyük üreticidir (Fox ve ark., 2017b). İsimlendirilmiş yaklaşık 2000 peynir çeşidi bulunmakta ve çoğunluğu çok sınırlı şekilde üretilmektedir. Özellikle “Cheddar”, “Dutch”, “Swiss” ve “Mozzarella” çeşitleri toplam peynir üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Fox ve ark., 2015). Aynı hammaddelerden (genellikle sığır, koyun, keçi veya manda sütü, laktik asit bakterileri (LAB), pıhtılaştırıcı ve NaCl) çok çeşitli peynirler üretilebilmektedir. Bir kaynaktan “Her tat tercihinin uygun bir peyniri ve her peynirin bir tat tercihi vardır” denilmektedir. Peynir yapımı eski bir sanat olmasına rağmen, modern peynir üretimi; endüstriyel enzimlerin kullanımı, karmaşık fermantasyonlar, mühendislik ve olgunlaşma sırasında dinamik bir biyokimya dahil olmak üzere birçok bilim ve teknolojinin uygulanmasına dayanmaktadır (McSweeney, Ottogalli ve Fox, 2017). Tüm özellikleri değerlendirildiğinde peynirlerin üç büyük gruba ayrıldığı söylenebilir. Bu gruplara ayrımda sütü pıhtılaştırma durumu esas alınmakta ve bu durumlar sütün rennet ile koagüle edilmesi (toplam peynir üretiminin yaklaşık 75% ’i bu şekildedir), asit ile koagüle edilmesi ve ısı-asit ile birlikte koagüle edilmesi şeklindedir (Şekil 2.1) (Fox ve ark., 2015).

Tüm peynir çeşitlerinin üretimi genel olarak benzer aşamalar içermektedir. İstenen niteliklere sahip bir ürün elde etmek için çeşitli adımlar değiştirilebilmektedir. Peynir üretiminde temel adımlar genel olarak şu şekildedir; Sütün seçimi, standardizasyonu ve çoğu durumda pastörizasyonu, asidifikasyon (laktik asit bakterileri aracılığıyla), koagülasyon (asidifikasyon veya limitli bir protelaz ile), çeşide özgü olmakla birlikte

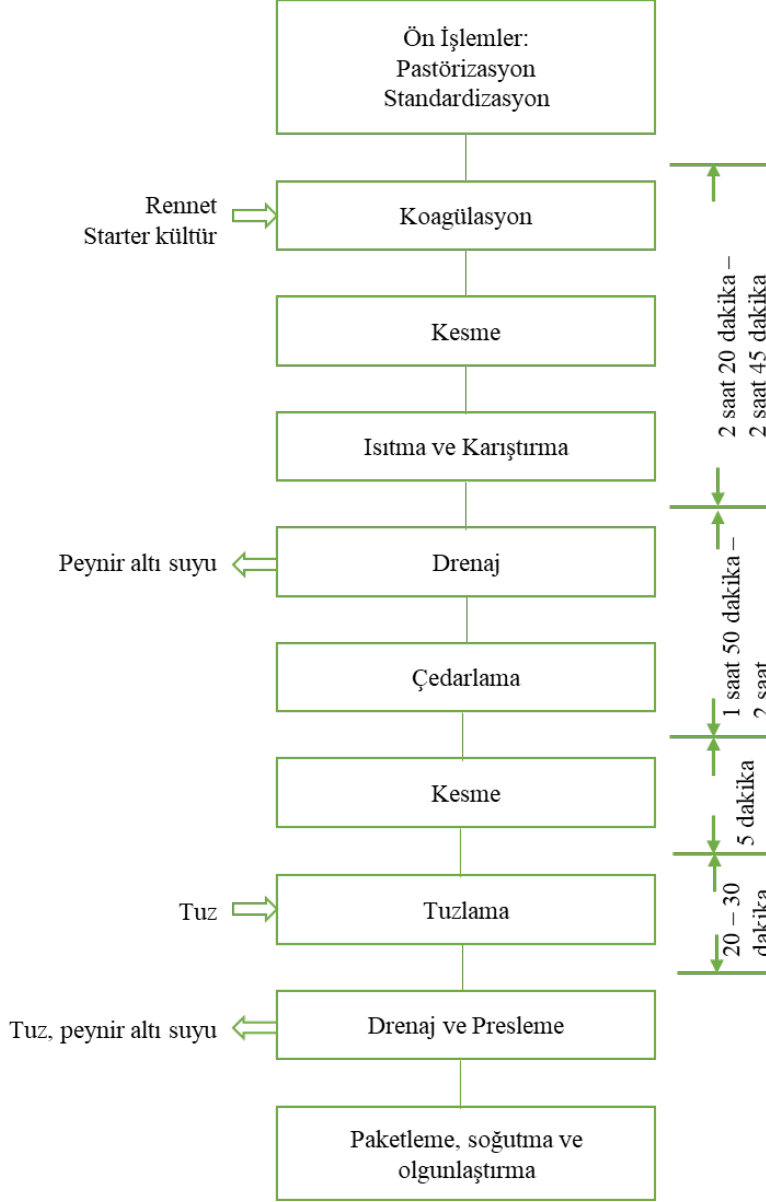
koagülanttan suyun uzaklaştırılması, peynir pıhtısına şekil verilmesi, birçok çeşitte olmakla birlikte olgunlaşma aşaması (çeşide özgü lezzet ve kokunun sağlanması için) şeklindedir (Fox ve ark., 2017c). Pıhtılaştırma (asit veya rennet ile), koşullar ve pıhtılaştırma kombinasyonları ile farklı görünüm, doku, lezzet/aroma ve raf ömrüne sahip çok sayıda peynir çeşidiyle sonuçlanmaktadır. Çoğu peynir çeşidi olgunlaşmak üzere belirli bir sıcaklık ve nem koşullarında tutulmaktadır. Peynir çeşitlerinin sınıflandırılması açık değildir ve çeşitli kriterlere göre yapılabilmektedir. Örneğin verim, raf ömrü, nem içeriği, peynir yapımı ve olgunlaştırılması sırasında uygulanan spesifik işlemlere göre sınıflandırılabilir (Khattab ve ark., 2019). Fox ve ark. (2000) ve McSweeney ve ark. (2004) peynirlerin sınıflandırılması için bir temel oluşturmuştur (Şekil 2.1). Bu sınıflandırmada peynirler, peynir bazlı ürünler (peynir tozları, enzimle modifiye edilmiş peynir), peynir analogları ve peynir ikameleri yer almaktadır. Proses peynirlerin, dünya peynir üretiminin yaklaşık %14'ünü temsil ettiği belirtilmekte ve bu oran “Cheddar”, “Gouda”, “Mozzarella” ve “Camembert” dışındaki çoğu doğal peynir çeşidinin üretimini geride bırakmaktadır. Diğer sınıflandırma şemaları proses peynirler ve peynir bazı ürünleri içermemektedir. Fakat bu grubun hammadde, proses teknolojisi ve bileşim açısından çok çeşitli bir ürün grubu olduğu bilinmektedir (McSweeney, Ottogalli ve Fox, 2017).



Şekil 2.1. Peynir veya ilgili çeşitlerin sütün pıhtılaştırılması esasına dayalı sınıflandırılması (Fox ve ark., 2015; McSweeney, Ottogalli ve Fox, 2004).

2.3.1. Çedar Peyniri ve Aroma Biyokimyası

Peynir yapımı 19. yüzyılın öncesine kadar standardize edilmemiştir. İlk girişim ise 19. yüzyılın ortalarında Joseph Harding tarafından İngiliz peynir çeşitlerinden olan “Cheddar” ve “Cheshire” için yapılmıştır. Standardize edilmeden önce köy çevresinde üretilmekte olan bir peynirdir. Cheddar, Somerset, İngiltere’de yer almaktadır; üreticiye ve diğer faktörlere bağlı olarak üretimi önemli ölçüde değişmektedir. Peynir üretiminin o zamana kadar bir çiftlik işletmesi şeklinde ilerlediği belirtilmektedir (Fox ve ark., 2017b). İngiltere kökenli olan Çedar peyniri dünya çapında yapılan en önemli peynir çeşitlerinden biridir. Genellikle pastörize, standartlaştırılmış inek sütünden yapılan ve buzağı rennet veya rennet ikamesi kullanılarak pıhtılaştırılan sert bir peynirdir. Sütün asitliğini düşürebilmek için bir mezofilik starter kültür (genellikle tanımlanmış *Lactococcus* türleri) kullanılmaktadır. Oluşturulan pıhtı kesilmekte ve 37–39 °C’de pişirilmektedir (Nassar ve ark., 2015). Süzölmüş pıhtılar, geleneksel olarak teknenin kenarları boyunca süzölmüş pıhtı yataklarının oluşturulmasını, yatakların bloklar halinde kesilmesini ve pıhtı bloklarının düzenli aralıklarla ters çevrilmesini ve istiflenmesini içeren işleme üretimi yapılmakta ve bu aşamaya özel olarak "çedarlama" denilmektedir. Çedarlama işlemi, pıhtılarda asitliğin oluşabilmesi için zaman tanımaktadır (pH yaklaşık 6.1’den 5.4’e düşmektedir) ve pıhtılardan hafif basınç ile peynir altı suyu drenajı olmaktadır. Peynir pıhtısı, çedarlama sırasında kaynaşmakta ve teleme kütesinin dokusu lastiksi ve esnek hale gelmektedir. pH 5.4’ e ulaştığında ise peynir telemesi blokları küçük parçalar halinde öğütülerek kuru tuzlama işlemi yapılmaktadır. Tuzlanarak kalıplanmakta ve gece boyunca preslenmektedir. Sonrasında Çedar peyniri; olgunluğa bağlı olarak ~3 aydan 2 yıla kadar değişen bir süre boyunca 4-8°C’de (bazen 14°C) olgunlaştırılmaktadır (McSweeney, Ottogalli ve Fox, 2017). Standart bir Çedar üretimine ait temel basamaklar Şekil 2.2.’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Çedar peyniri üretiminin temel basamakları (Ong ve ark., 2017).

Çedar Aroması

Çedar peynirinde olgunlaşma; mikrobiyolojik, biyokimyasal ve kimyasal bir dizi reaksiyonu içeren yavaş bir süreçtir. Peynir pıhtısındaki farklılıklar daha önce belirgin hale gelmesine rağmen karakteristik tat, aroma ve tekstür olgunlaşma sırasında gelişmektedir. Çedar peynirinin olgunlaşması, birçok peynirde olduğu gibi üç temel biyokimyasal işlem sürecini içermektedir ve bunlar: glikoliz, lipoliz ve proteolizdir. Bu birincil reaksiyonları ikincil reaksiyonlar takip etmektedir ve bunlara örnek olarak; deaminasyon, dekarboksilasyon, amino asitlerin desülfürilasyonu, yağ asitlerinin

oksidasyonu örnek verilmektedir. Peynir telemesinde olgunlaşma sırasında meydana gelen birincil reaksiyonlar tekstürden ve ayrıca temel lezzetten büyük ölçüde sorumludur. Fakat bununla birlikte, ikincil dönüşümler esas olarak peynir lezzetinin daha ince yönlerinden sorumludur ve peynir dokusunu da spesifik hale getirmektedir (Singh, Drake ve Cadwallader, 2003).

Glikoliz ve İlgili Reaksiyonların Çedar Aromasına Katkısı

Glikoliz reaksiyonu sonucu oluşan bileşenler tipik Çedar aromasının oluşturulmasında etkili değildir ancak laktat oksidasyonu etkilidir. Laktat oksidasyonu sırasında laktat, asetat ve CO₂'ye dönüştürülmektedir. Bu oksidatif aktivite peynir bloklarının boyutuna ve ambalajın oksijen geçirgenliği ile starter dışı laktik asit bakterisi (NSLAB) popülasyonu ve O₂'nin kullanılabilirliğine bağlıdır. Asetat, Çedar peynirinde yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır ve peynir aromasına katkıda bulunmaktadır, ancak bazı zamanlarda yüksek konsantrasyon tat bozukluğu olarak da algılanabilmektedir. Çedar peyniri %0.2-0.5 (a/a) sitrat içermektedir; ve sitrat *Lc. lactis* biovar. *diacetylactis* ve *Leuconostoc* türleri tarafından metabolize edilerek diasetil ve CO₂ üretimi gerçekleştirilmektedir. Hollanda tipi peynirlerde yer alan gözler bu şekilde oluşmaktadır ve sitrattan oluşturulan diasetil ve asetat Hollanda tipi ve Çedar tipi peynirlerin lezzetine katkıda bulunmaktadır. Sitrat metabolizması ile üretilen başlıca aroma bileşikleri asetat, diasetil, asetoin ve 2,3-bütandiol'dür. Diasetil genellikle küçük miktarlarda üretilmekte, ancak asetoin genellikle çok daha yüksek konsantrasyonda üretilmektedir (diasetil konsantrasyonundan yaklaşık 10-50 kat daha yüksek şekilde) (Singh, Drake ve Cadwallader, 2003).

Lipoliz ve İlgili Reaksiyonların Çedar Aromasına Katkısı

Peynir, yüksek yağlı bir besindir; taze Çedar peynirleri %30.5 veya daha fazla yağ içermektedir. Yağ, Çedar peynirinin tipik lezzet ve doku gelişimi için önem arz etmektedir. Yağsız süttten yapılan Çedar peynirinde tipik aromanın tam olarak gelişmediği belirtilmiştir. Yüksek yağ içeriğine sahip tüm gıda türleri gibi peynirlerde de, lipolitik (enzimatik lipazlar ve esterazlar tarafından hidroliz) ve oksidatif (kimyasal) değişiklikler olmaktadır. Peynir yağının %98'den fazlasını oluşturan trigliseritlerin hidrolizi olgunlaşma sırasında başlıca gerçekleşen biyokimyasal dönüşümdür. Ayrıca bu

durum serbest yağ asitlerinin (SYA), di- ve monogliseritlerin ve gliserolün oluşumuna yol açmaktadır. SYA, peynirin aromasına katkıda bulunmaktadır ve özellikle C_{4:0} ve C_{12:0} arasındaki asitlerin kendine özgü lezzetleri (ransit, keskin, keçimsi, sabunlu, hindistan cevizi gibi) bulunmaktadır. SYA'nın lezzet yoğunluğu sadece konsantrasyona değil, aynı zamanda sulu ve yağ fazları arasındaki dağılıma, pH'ya, belirli katyonların varlığına (Na⁺, Ca²⁺ gibi) ve protein degradasyonu ürünlerine bağlıdır. Çedar peynirindeki lipazlar ve esterazlar süttten, starter ve starter olmayan bakterilerden kaynaklı olmaktadır. Farklı tat yoğunluğuna sahip Çedar peynirlerindeki SYA konsantrasyonları arasında sadece küçük farklar bulunmaktadır. SYA'ların göreceli oranları, C_{6:0} ile C_{18:3}, süt yağındakilere benzerdir. Serbest bütirik asit ise süt yağındaki orana göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmakta ve bu durum seçici olarak hidrolize edilmesi ve/veya peynir mikroflorası tarafından sentezlenmesine bağlanmaktadır. Metil ketonlar, yağ asitlerinin oksidatif degradasyonu ile üretilmektedir. Metil ketonlar mavi damarlı peynirlerin karakteristik aromasından sorumludur ancak Çedar peynirinin lezzetindeki rolü oldukça sınırlıdır. Metil ketonlar ikincil alkollere indirgenebilmektedir ve bu durum da tipik Çedar peyniri aromasına katkı sağlamamaktadır. Alifatik ve aromatik esterler aromada önemli bir rol oynamaktadır ve bazen Çedar peynirdeki tat bozukluğuna da sebep olabilmektedirler. Esterlerin oluşması için gereken sentez esas olarak kısa veya orta zincirli yağ asitleri ve alkoller [alifatik (etanol), aromatik (feniletanol veya tioller (metantiyol)] ile ilgilidir. Lakton çeşitlerinden γ - ve δ - laktonların da Çedar peyniri aromasında etkili olduğu bilinmektedir (Singh, Drake ve Cadwallader, 2003).

Proteoliz ve İlgili Reaksiyonların Çedar Aromasına Katkısı

Çedar peynirinin üretimi ve olgunlaşması sırasında kazeinlerin kademeli olarak parçalanması çeşitli proteolitik enzimlerin etkisiyle olmaktadır. Bu enzimler genellikle pıhtılaştırıcı enzim, süt, starter kültür, starter olmayan laktik asit bakterileri ve ikincil starter kültürden kaynaklanabilmektedir. Kabul edilebilir bir Çedar peyniri lezzetinin geliştirilmesi için, kazeinin hidrolizi; yani peptitlere ve aminoasitlere parçalanması gereklidir. Bu proteoliz ürünlerinin direkt olarak tada katkıda bulunduğu bilinmektedir. Çedar peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin oluşturduğu amino asit katabolitlerinin sahip oldukları tipik aromalar Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Çedar peynirinden izole edilen laktik asit bakterilerinin oluşturduğu amino asit katabolitleri ve aromaya katkıları (Singh, Drake ve Cadwallader, 2003).

Katabolik Ürün	Öncü	Aroma
2-metil propanoik asit	Valin	ransit, tatlı, elmamsı, terli
2-metil-1-propanol	Valin	şarabımsı, alkol
2-metil propanol	Valin	malt
3-metil bütanoik asit	Lösin	peynirimsi, çorap, ransit, fekal, çürük meyve
3-metil-1-bütanol	Lösin	meyvemsi, alkol
3-metil bütanal	Lösin	bitter çikolata, malt
2-metil bütanoik asit	İzolösin	meyvemsi, mumsu, yağlı
2-metil-1-bütanol	İzolösin	—
2-metil bütanal	İzolösin	bitter çikolata, malt
3-(metiltio) propanal	Metiyonin	pişmiş, haşlanmış patates
3-(metiltio) propanol	Metiyonin	pişmiş, haşlanmış patates
Metantiyol	Metiyonin/sistein	lahana, sülfür, haşlanmış lahana
Metil sülfid	Sülfür içeren	lahana, sülfür
Dimetil disülfid	Sülfür içeren	soğan
Dimetil trisülfid	Sülfür içeren	sarımsak
Dimetil tetrasülfid	Sülfür içeren	lahana
Asetofenon	Fenilalanin	badem, küflü
Benzaldehit	Fenilalanin	badem, bitter
Fenil asetaldehit	Fenilalanin	gül, menekşe
Feniletil alkol	Fenilalanin	gül, menekşe, bal
Fenil asetik asit	Fenilalanin	çiçeksi, gül, plastik
Fenol	Tirozin	medikal
p-OH-fenil aldehit	Tirozin	—
p-OH-fenil laktat	Tirozin	—
p-OH-fenil asetat	Tirozin	—
p-kresol	Tirozin	kirli
İndol	Triptofan	kirli, naftalin
Skatol	Triptofan	kirli, naftalin
Benzaldehit	Triptofan	badem

Toplam aminoasit miktarı ve bileşimi peynirdeki olgunlaşmanın indeksi olarak kullanılmaktadır. Peynirin uçucu fraksiyonu birkaç farklı kükürtlü bileşen içerir ve örnek olarak; metantiol, metional, dimetil sülfid gibi bileşikler, dimetildisülfid, dimetiltrisülfür, dimetiltetrasülfür, karbonil sülfid ve hidrojen sülfid verilebilmektedir. Bu bileşenler aromaya katkıda bulunmaktadır ve iyi kalitede arzu edilen Çedar tipi peynirlerde kükürt notaları bulunduğu bilinmektedir. Ancak tek başına veya fazla metantiol, tipik Çedar peyniri aroması üretmemektedir. Birçok peynir çeşidinde sorun olarak görülen bitter (acı) tat Çedar peynirinde görülen ve beklenen bir lezzet yönüdür. Olgun Çedar peynirinde

sıklıkla rastlanmakta ve hidrofobik peptitlerin birikmesi nedeniyle oluşmaktadır. Bu peptitler; 2 ile 23 amino asit kalıntısından oluşmakta ve 500 ile 3000 Da ağırlık aralığına sahip olmaktadır. Peynir tadının normal bir bileşeni olarak kabul edilse de aşırı acılık tüketicinin peynir kabulünü sınırlayabilmektedir (Singh, Drake ve Cadwallader, 2003).

2.3.2. Küflü Peynir ve Aroma Biyokimyası

Rennet ile pıhtılaştırılmış peynirlerin üretimi, temel olarak iki aşamaya ayrılmaktadır. Bunlar; (1) sütün teleme haline dönüştürülmesi ile (2) olgunlaştırılmasıdır (Fox ve ark., 2015). Yumuşak peynir çeşitleri, tipik özelliklerinin üzerinde önemli bir etkiye sahip olan karakteristik bir ikincil mikrofloraya sahip olduklarından, genellikle bakteriyel olarak olgunlaştırılmış peynirler grubuna dahil edilmemektedir. Küfle olgunlaştırılmış peynirler; küf oluşumu yüzeyde ise *Penicillium camemberti*'nin çoğalmasıyla karakterize edilmektedir; bu gruptaki peynirlere Camemberti, Brie peynirleri örnek verilebilmektedir. Küf oluşumu iç kısımda ise *Penicillium roqueforti*'nin çoğalmasıyla karakterize edilmektedir ve bu peynirler mavi küflü peynir grubunu oluşturmaktadır. Yüzeyde-olgunlaşmış (smear-ripened) peynirler ise, olgunlaşma sırasında peynir yüzeyinde mayalardan ve daha sonra bakterilerden (özellikle Coryneform grubu) oluşan karmaşık bir mikrofloranın gelişimi ile karakterize edilmektedir (McSweeney, Ottogalli ve Fox, 2017).

Mavi veya mavi damarlı peynirler, *Penicillium roqueforti* küfünün büyümesi ile karakterize edilmekte ve tipik görünüm ve lezzet bu şekilde sağlanmaktadır. Mavi peynir, dünyanın her yerinde her biri farklı özelliklere sahip ve birçok ülkede farklı üretim yöntemleriyle üretilen bir peynir çeşididir. Bugün dünya çapında en iyi bilinen çeşitler “Gorgonzola”, “Roquefort”, “Stilton” ve “Danablu” olarak kabul edilmektedir ve bunların hepsine Korumalı Menşe Tanımı/Korumalı Coğrafi İşaret statüsü verilmiştir. Gorgonzola, 879'da literatürde adı geçen ilk mavi küflü peynirdir ve Rokfor'un, 1070'de gümrük kağıtlarında tanımlandığı bilinmektedir. Ancak, 8. yüzyılda, manastır çalışanları, Rokfor'un Alpler boyunca taşındığından bahsetmektedir (Cantor ve ark., 2017).

Bu gruptaki birçok çeşidin olgunlaşması, birincil starter kültür kullanımının değil, ikincil kültür olarak adlandırılan diğer mikroorganizmaların (bu grup için küf) eylemiyle karakterize edilmektedir. Küflü peynirlerde bulunan mikroorganizmalara ise; İsveç tipi peynirlerde *Propionibacterium freudenreichii*, mavi peynirlerde *Penicillium roqueforti*, yüzey olgunlaştırılmış peynirlerde *Penicillium camemberti*, (örn., Camembert ve Brie), yüzeyde-olgunlaşmış peynirlerde oldukça karmaşık bir Gram-pozitif mikrofloraya sahip *Brevibacterium linens*, Hollanda tipi peynirlerde sitrat pozitif (Cit+) *Lactococcus* ve *Leuconostoc spp.* örnek verilebilmektedir. Örneğin; geleneksel olarak, Çedar tipi peynirlerde ikincil bir kültür kullanılmamaktadır. Ancak günümüzde yardımcı (ilave) kültür olarak adlandırılan mezofilik *Lactobacillus spp.* veya laktoz-negatif *Lactococcus spp.* aromayı yoğunlaştırma, değiştirme veya olgunlaşmayı hızlandırma amacı ile Çedar peynirinde de tercih edilebilmektedir (Fox ve ark., 2015).

Mavi küflü peynirin lezzeti, peynir pıhtısında yer alan karbonhidrat, protein ve süt yağının parçalanması yoluyla geliştirilmektedir. Bu çeşitli karmaşık biyokimyasal reaksiyonlar, mavi küflü peynirin ve bu gruptaki tipik peynirlerin güçlü, baharatlı, keskin tatlarını oluşturmaktadır. Bu lezzeti oluşturan ve/veya etkileyen aromatik bileşiklerin ana sınıfları ketonlar, yağ asitleri, alkoller, esterler, laktonlar, aldehitler ve uçucu sülfür bileşikleridir (Raines, 2012).

Ketonlar

Metil ketonlar, mavi küflü peynirde en bol bulunan aroma bileşikleridir. Ayrıca bu peynirin karakteristik kokusu için en önemli bileşikler olarak kabul edilmektedir. Bunlardan, tek sayılı karbon zincirlerine sahip metil ketonlar tipik olarak en fazla olanıdır ve mavi küflü peynir aroması üzerinde en büyük etkiye sahip durumdadır. 2-heptanon ve 2-nonanon, tipik olarak en bol bulunan metil ketonlardır. 2-pentanon ve 2-undekanon da önemli kabul edilmektedir. Bazı doymamış metil ketonlar da mavi küflü peynirlerde bulunur ve en dikkate değer olanı 8-nonen 2-on bileşenidir. Mavi küflü peynirdeki metil ketonlar; yağ asitlerinde klasik olarak gerçekleşen β -oksidasyon yoluyla *P. roqueforti* tarafından üretilmektedir. Oksijenin varlığında, *P. roqueforti* tipik olarak serbest yağ asitlerini bir karbon eksik metil ketonlara dönüştürmektedir. Bununla birlikte, β -oksidasyon döngüsü devam ederse daha küçük zincirli metil ketonlar üretilmektedir.

Tercihen oktanoik ve dekanoik asitler, *P. roqueforti* tarafından metil ketonların üretimi için substratlar olarak seçilmektedir. Bu durum çoğu mavi küflü peynirde görülen yüksek 2-heptanon ve 2-nonanon konsantrasyonlarını açıklamaktadır. Peynirde metil ketonların oluşumunda lipaz aktivitesi önemli rol oynamaktadır. Serbest yağ asitlerinin konsantrasyonunu, *P. roqueforti* 'nin metil keton üretimini etkilediği bilinmektedir. Düşük seviyelerde serbest yağ asitleri, karbondioksite tam oksidasyona neden olmakta; yüksek seviyelerde serbest yağ asitleri ise metil ketonlara dönüşümünün uyarılmasını sağlamaktadır. Çok yüksek seviyelerde serbest yağ asitleri, *P. roqueforti* için toksiktir ve metil keton üretiminin yanı sıra hücre büyümesini de engellemektedir. Düşük lipaz aktivitesi, mavi küflü peynirde zayıf organoleptik kalite ile ilişkilendirilmiştir. Metil ketonların aroma özellikleri arasında meyvemsi, baharatlı, çiçeksi ve otsu bulunmaktadır. Metil ketonlar aroma bileşeni olarak değerlendirildiğinde sıklıkla “Mavi küflü peynir”, “Gorgonzola peyniri”, “Rokfor peyniri” vb. şeklinde adlandırılmaktadır. 2- heptanon; meyveli, baharatlı, yağlı, otsu, hayvansal, mavi peynir ve küflü olarak tanımlanmaktadır. 2-nonanone mavi küflü peynir, sıcak süt, malt, tütsülenmiş peynir, Gorgonzola peyniri, meyveli, çiçeksi, çimensi ve küflü olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer lezzeti etkileyen keton olan 2-undekanon; çiçeksi, meyveli, küflü, portakallı, güllü, otsu, şeftalili ve tatlı olarak tanımlanmaktadır. 2- pentanon ise tatlı, portakal kabuğu, malt, meyveli, eterik ve aseton olarak tanımlanmaktadır (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Fox ve ark., 2015; Cantor ve ark., 2017).

Yağ Asitleri

İnek sütünün yaklaşık olarak %3.5-5.0'ini süt yağı oluşturmaktadır. Bunların büyük bir kısmı (~%98) trigliseritlere dahil edilmektedir. Doğal süt lipazları ile mikrobiyal lipazlar, süt yağı trigliseritini parçalamak ve yağ asitlerini peynir matrisine salmak için birlikte hareket etmektedir. Pastörizasyon doğal olarak sütte bulunan lipazı yok etmektedir. Homojenizasyon, süt yağı globül membranının parçalanması yoluyla lipazlara daha fazla trigliserit erişimi sağlamaktadır. *P. roqueforti* oldukça lipolitik ve bununla birlikte, lipolitik aktivite suşlar arasında önemli ölçüde değişebilmektedir. *P. roqueforti* lipazları tipik olarak daha kısa zincirli yağ asitlerinin (C_{4:0}-C_{12:0}) oluşturulması için seçicidir. Daha kısa zincirli yağ asitleri oldukça uçucudur ve peynir aroması üzerinde daha büyük bir etkiye sahiptir. Serbest yağ asitleri; mavi küflü peynire peynirimsi, keskin ve terli lezzet notaları vermektedir. Hekzanoik ve oktanoik asitler (sırasıyla C_{6:0} ve C_{8:0}), mavi küflü

peynirin aroma profilindeki en önemli yağ asitlerinden ikisidir. Serbest yağ asidi konsantrasyonu, metil keton konsantrasyonu ile birlikte mavi küflü peynirin tipik peynir lezzet yoğunluğunu ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Hekzanoik asit için terli, peynirimsi, keskin, mavi peynir, ekşi, ransit, ağız kokusu ve keçimsi gibi tanımlayıcılar verilmektedir. Oktanoik asit ise ekşi, keçimsi, mumsu, sabunsu, küflü, meyveli, ekşimiş, terli, vücut kokusu, peynirimsi, yağlı ve keskin şeklinde tanımlanmaktadır. Bütanoik (bütirik) asit, birçok peynirin aromasında önemli bir bileşiktir. Bütanoik asit, birçok mavi küflü peynir tipinde yaygın olarak bulunmaktadır. Bütanoik asit tipik olarak terli, peynirimsi ve ransit olarak tanımlanmaktadır. Mavi küflü peynir için önemli olan diğer serbest yağ asitleri ise şunlardır: dekanoik asit, dodekanoik asit ve asetik asit. Bunların yanı sıra bazı küçük zincirli yağ asitleri de önem arz etmektedir. Serbest yağ asitleri ayrıca metil ketonlar, sekonder alkoller, laktonlar, alkoller ve aldehitler dahil olmak üzere mavi küflü peynir aroması bileşikleri için önemli öncülerdir (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Fox ve ark., 2015; Cantor ve ark., 2017).

Alkoller

Mavi küflü peynirlerdeki aroma profilinin %15-30'unu alkollerin oluşturduğu belirtilmiştir. Bu peynirlerde tipik olarak birincil ve ikincil alkoller olmak üzere iki sınıf alkol bulunmaktadır. Çoğu mavi küflü peynir için, ikincil alkoller birincil alkollerden daha fazla bulunmaktadır. Bunun sebebi ise ikincil alkollerin metil ketonların indirgenmesi yoluyla *P. roqueforti* tarafından üretilmesidir. Mavi küflü peynirdeki en önemli ikincil alkoller 2-pentanol, 2-heptanol ve 2-nonanol'dür. Bu aroma bileşikleri peynire; taze (2-pentanol), yağlı, yeşil (2-heptanol ve 2-nonanol), otsu ve topraksı (2-heptanol) notalar vermektedir. Birincil alkoller laktoz veya amino asit metabolizması yoluyla üretilmektedir. Laktoz fermantasyonu ile pentoz fosfat yoluyla etanol üretebilmektedir. Etanol, mavi küflü peynirin lezzet profili için çok önemli olmasa da, mavi tip peynirlerde bulunan esterler için önemli bir öncüdür. Birincil alkoller, amino asitlerden Strecker degradasyonu veya Erlich yolu ile oluşturulmaktadır. Bu duruma iyi bir örnek olarak mayalı bir tat veren feniletanol verilmektedir. 3-metil-1-bütanol, 2-metil-1-propanol ve 1-pentanol, mavi tip peynirlerde gözlemlenen diğer bazı birincil alkollerdir (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Cantor ve ark., 2017).

Esterler

Esterler birçok mavi küflü peynir çeşidinde bulunmakla birlikte ve özellikle Gorgonzola peynirinde yaygındır. Esterler, bir yağ asidi ile bir alkolün birleşmesiyle oluşmaktadır. Bu grup peynirde, esterlerin toksik yağ asitleri ve alkollerin ortadan kaldırılması bir araç olduğu ve mikrobiyal esteraz aktivitesi ile üretildiği düşünülmektedir. Birçok farklı kaynaktan mavi küflü peynir kalıplarının ester üretebileceğini öne sürülmüştür. Yine de, mavi küflü peynirdeki çoğu ester biyosentezi mayalara, özellikle de *Geotricum candidum* kaynaklı olduğu bilinmektedir. Laktik asit bakterileri, özellikle *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, esterleri sentezleme yetenekleri olduğu bilinmektedir. Esterler tipik olarak muz, ananas, armut, kayısı, elma, kavun, tatlı, çiçek, üzüm ve şarap gibi tanımlayıcılarla meyvemsi bir kokuya sahip olarak tanımlanmaktadır. Bu meyvemsi notaların mavi tip peynirlerde keskinliği ve acılığı azaltmaya yardımcı olduğu öne sürülmüştür. Mavi küflü peynirlerde bildirilen en yaygın esterler, kısa ila orta zincirli SYA'ların ve etanolün esterleşmesiyle oluşan etil esterlerdir. Bunlara örnek olarak: etil asetat, etil bütanoat, etil heksanoat, etil oktanoat ve etil dekanoat verilebilmektedir. Mavi tip peynirde bulunan metil esterler: metil bütanoat, metil heksanoat, metil oktanoat, metil dekanoat ve metil dodekanoat olarak belirtilmiştir. Tiyoesterler, bazı mavi tip peynirler de dahil olmak üzere çok çeşitli peynirlerin tadı için önemli bir ester sınıfıdır. Bu bileşikler, tipik olarak sarımsak, lahana, ransit olarak tanımlanan kükürtlü notalara katkıda bulunmaktadır (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Cantor ve ark., 2017).

Laktonlar

Laktonlar tipik olarak meyvemsi (şeftali, kayısı, hindistancevizi, vb.) ve tereyağlı aroma özelliklerine sahip olarak tanımlanmaktadır. Peynirin kremsi, tereyağlı karakterini arttırmak için diğer peynir aroma bileşikleriyle sinerjist olarak hareket ettikleri düşünülmektedir. Mavi küflü peynir aromasında laktonlar nispeten küçük bir oranda bulunmaktadır. Bununla birlikte, laktonlar genellikle bu peynir tiplerinde Çedar peynirinden daha yüksek seviyelerde bulunur. Lipoliz lakton gelişimi ile pozitif olarak ilişkili olduğundan, Çedar peyniri ile karşılaştırıldığında Mavi peynirde daha yüksek lakton oluşumu beklenmektedir. Lakton öncüleri; hidroksiasitler, süt hayvanlarının meme bezlerinde oluşan süt yağının doğal bileşenleridir. Laktonlar α , β , γ ve δ (alfa, beta, gama ve delta) konformasyonlarında meydana gelmekte; bununla birlikte, peynir matrisinde

yalnızca γ ve δ formları kararlıdır. γ -laktonlar, δ -laktonlardan daha düşük tespit eşiklerine sahiptir (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Cantor ve ark., 2017).

Aldehitler

Aldehitler mavi küflü peynirde tanımlanmıştır, ancak bunların tipik aromadaki önemi bilinmemektedir. Aldehitler; karakteristik olarak yeşil, çimenli ve bazen malt notalarıyla bilinmektedir. Nispeten yüksek aldehit seviyelerinde ise bu tip peynirlerde “kirli” tat bozukluklarına neden olduğu düşünülmektedir. Aldehitler, amino asitlerden (transaminasyon veya Strecker bozunması yoluyla) ve doymamış yağ asitlerinden (β -oksidasyon yolları yoluyla) yoluyla oluşmaktadır. Ayrıca LAB, glikozu parçalayarak kısa zincirli aldehitlere, özellikle asetaldehite dönüşümünü sağlamaktadır (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Cantor ve ark., 2017).

Sülfürlü Bileşenler

Metiyonin degradasyonu yoluyla üretilen kükürt bileşikleri birçok peynirde ortak olarak bulunmaktadır. Kükürt bileşikleri, bazı peynirlerin lezzet profilinde diğerlerinden daha önemli olmaktadır. Kükürt bileşikleri küflü peynirler için diğer yumuşak olgunlaştırılmış peynir çeşitlerine göre daha az önemli kabul edilmektedir. Mavi küflü peynir çeşitleri arasında kükürt bileşiklerinin miktarı ve türü önemli farklılıklar göstermektedir. Hidrojen sülfür, metiyonal, dimetil sülfür, dimetil disülfür ve dimetil trisülfür tipik küflü peynirlerde rapor edilen kükürt bileşiklerinden bazılarıdır. Bu bileşiklerin aroma özellikleri lahana, sarımsak, etsi, haşlanmış patates, fazla olgun peynir ve kükürtümsü olarak tarif edilmiştir. Tiyoesterler peynirde bulunan kükürt bileşikleri olarak kabul edilmektedir (McSweeney, 2004; Raines, 2012; Cantor ve ark., 2017).

2.3.3. Enzim Modifiye Peynir

Hazır tüketim gıdalarına olan talebin artması, düşük maliyetli yüksek lezzet yoğunluklu peynirin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Peynir katkıları doğal, doğala özdeş veya sentetik olabilmektedir. Doğala özdeş veya yapay peynir aromaları kimyasal olarak sentezlenmektedir. Ancak peynir aroması biyokimyasal olarak karmaşık bir lezzet profili içerdiğinden bu aroma bileşiklerinin kimyasal olarak sentezlenen bileşenlerle taklit

edilebilmesi oldukça zordur. Süt proteini ve yağının enzimatik biyotransformasyonu, çoğu ticari peynir aroma maddesi prosesinin temelini oluşturmakta, bu tür ürünlere genellikle “Enzim Modifiye Peynir” denilmektedir (Kilcawley, Wilkinson ve Fox, 2006). EMP, farklı olgunluktaki peynirlerden (kazeinden, peynir altı suyu veya yağsız süt tozundan) enzimatik hidroliz ile üretilen konsantre peynir aroması olarak tanımlanabilmektedir. Üretim prosesi genel olarak; peynirin enzimler (lipaz, proteaz, esteraz vb.) veya mikroorganizmalar ile 24-72 saat gibi kısa inkübasyon sürelerinde (inkübasyon sıcaklığı: 30- 45 °C) inkübe edilmesi ve sonrasında 70-85 °C sıcaklık aralığında yapılan bir ısı işlemi ile enzimatik reaksiyonun durdurulması şeklindedir. EMP üretimi; lipoliz ile proteolizin birlikte gerçekleştiği tek aşamalı üretim prosesi ve farklı aroma gruplarının ayrı üretilip son üründen beklenen niteliğe göre göre karıştırılması şeklinde iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Popüler hale gelmekte olan EMP ürünlerinin en önemli artışı doğal aroma katkılarına duyulan talebin artmasıdır (Kilcawley, Wilkinson ve Fox, 1998). EMP aromaları Çedar, Parmesan, Gouda, Rokfor ve diğer birçok peynir çeşidi için üretilmektedir. Bu EMP'lerin aroma profili doğal peynirinkinden oldukça farklı olabilir ancak uygulanan enzim ve buna bağlı reaksiyonlar sonucunda istenilen peynir notası elde edilebilmektedir (Kilcawley, Wilkinson ve Fox, 1998). EMP aromalarının oldukça geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Bu kullanım alanlarına örnek olarak; proses peynir, atıştırma malzemeleri, soslar verilebilmektedir. EMP' nin başlıca avantajı az miktarda kullanım ile yoğun peynir aroması sağlaması ve böylelikle ürün maliyetinde %40-80 oranında azalma sağlayabilmesidir. EMP kullanımı ile mevcut ürünlerdeki yağ oranının arttırılmadan istenen peynir lezzetinin sağlanabiliyor olması önemli bir kullanım avantajıdır. EMP proteinlerin çözümlenmiş peptitlere ve aminoasitlere hidrolize olmuş formlarını içerdiğinden peynir içeren dondurulmuş ürünlerde kumlu yapı sorunun üstesinden gelmesinde ideal bir üründür (Haileselassie, Lee ve Gibbs, 1999). FDA dokümanında; EMP'lerin proses peynirlerde tercih edilebileceğini, kullanışlı ve güvenilir olduğu da belirtilmiştir (FDA, 1993). EMP çeşitlerinin farklı son ürünlerde kullanımı ile aroma stabilitesinin daha kararlı olduğu ürünler oluşturulması sağlanmaktadır. EMP kullanım oranının değiştirilmesi ile birlikte farklı lezzetlerde ürünler çıkarılabilmesi sağlanmaktadır (Erbay, 2016).

2.4. Ekstraksiyon Yöntemleri

Ekstraksiyon, bir çözücü veya süspansiyon içerisindeki hedef bileşenin (organik veya inorganik), bir başka çözücü kullanılarak (solvent) ayrılması işlemidir. Bir ayırma işlemi olan ekstraksiyonun kozmetik, eczacılık ve gıda endüstrisinde kullanımı oldukça yaygındır. Çeşitli bitkilerden elde edilen doğal ekstraktlar proteinlerin birincil ve ikincil metabolitlerini, esansiyel yağları, şekerleri, antioksidanları, diyet liflerini, tat-koku bileşiklerini ve renk pigmentlerini içermektedir ve elde edilen ekstraktlar gıda sektöründe koruyucu, aroma ve renk verici ürün tekstürü üzerinde iyileştirici etkileri nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Chemat ve ark., 2019). Bu bileşiklerin uygun (geleneksel veya yeni) bir yaklaşımla orijinal hammaddeden seçici olarak çıkarılması son derece önemlidir (Azmir ve ark., 2013). Geniş kullanım alanına sahip ekstraktların eldesinde de çeşitli ekstraksiyon yöntemleri mevcuttur ve ekstraksiyon yöntemleri geleneksel ve yenilikçi yöntemler temelinde aktarılmıştır.

2.4.1. Klasik Yöntemler

Son yıllarda şekerleme, unlu mamüller, çay, süt ve çeşitli içecekler gibi endüstriyel olarak üretilen ürünlerde yenilikçi yaklaşımlar bir öncelik haline gelmiş durumdadır. Organik ve doğal içeriklere yönelik tüketici talebi; gıda şirketlerini çevre dostu, yeni, ekonomik ve doğal aroma bileşiklerini elde etmeye teşvik etmiştir. Bununla birlikte, sentetik aroma bileşiklerine uygulanan pahalı işlemler ve saflık gereksinimleri genellikle bu bileşiklerin düşük üretim hızına sebep olmaktadır (Belitz, Grosch ve Schieberle, 2004). Ek olarak, aroma ve aromatik bileşiklerin bileşimi ve içeriği elde edildikleri hammaddelerin kökenine göre büyük ölçüde değişmektedir, bu nedenle sentezlenmesi özellikle zor ve elverişsiz hale gelmektedir. Literatürde, damıtma veya çözücü ekstraksiyonu gibi bazılarının uzun yıllardır kullanıldığı farklı ekstraksiyon teknikleri bulunmaktadır. Geleneksel yöntemlerin bazı dezavantajlarının üstesinden gelmek için, iyileştirmeyi amaçlayan yeni teknikler geliştirilmektedir (Azmir ve ark., 2013).

2.4.1.1. Distilasyon

Aroma bileşiklerinin elde edilmesinde kızgın buhar kullanılan ekstraksiyon yöntemine buhar distilasyonu denilmektedir. Kızgın buhar yerine su kullanılan ve temelde

prensipleri benzeyen hidrodistilasyon yönteminde örnek, 100 °C'ye yakın bir sıcaklığa sahip suyun içerisinde ısıtılır ve hedef bileşen ayrıldıktan sonra elde edilen buhar kondansörde yoğunlaştırılarak ekstraksiyon tamamlanmaktadır. Genel olarak aromatik bileşikler uzaklaştırmak için sıcak buhar kullanan tüm ekstraksiyon işlemlerine damıtma denir. Aromatik bileşikler, genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunan karmaşık bir uçucu bileşen karışımından oluşmaktadır. Buna karşılık, uçucu yağdaki baskın bileşeni temsil eden tek bir aroma bileşiğini zenginleştirmek veya izole etmek için ise fraksiyonel damıtma kullanılmaktadır, damıtma işleminin performansı, buhar damıtma, hidrodistilasyon veya her ikisinin bir kombinasyonu arasında seçim yapılarak artırılabilir (Belitz, Grosch ve Schieberle, 2004). Damıtma yönteminde, aroma bileşiklerinin ve aroma bileşenlerinin kaybına neden olabilecek bozunma reaksiyonlarından kaçınmak için işleme sıcaklığı, basıncı ve süresinin izlenmesi önemlidir (Lee ve Lee, 2003; Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022). Yöntemin en önemli dezavantajı uzun ekstraksiyon süresi ve yüksek enerji maliyetidir (Filly ve ark., 2014).

2.4.1.2. Çözücü Ekstraksiyonu

Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinden çözücü ekstraksiyonu yöntemi, oleoresinler ve esansiyel yağların eldesinde kullanılmaktadır (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022). Solvent ekstraksiyonu yönteminde sıvı formdaki bir çözücü katı veya sıvı karışımlardan çözünür bileşiklerin ekstrakte edilmesi amacıyla kullanılmaktadır ve bu yöntem bir döngü şeklinde devam etmektedir (Lee ve Lee, 2003; Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022). Bu yöntemde ekstrakte edilecek bileşenin polaritesinin belirlenerek uygun çözücünün proste kullanılması son derece önemlidir ve seçilebilecek çözücülere propan, bütan, karbondioksit, aseton, etanol, etil asetat vb. örnek verilmektedir. Yöntemde, örneğin bitki materyali oda sıcaklığında doğrudan bir çözücüye daldırılabilir veya organik bir çözücüyle bir yuvada kaynatılabilir. Organik çözücü olarak hekzan ve etanol, kullanılmaktadır (Belitz, Grosch ve Schieberle, 2004). Ekstraksiyon sonunda, çözücü damıtma ile uzaklaştırılmakta ve geri kazanılabilmektedir. Bu yöntemin buhar damıtmasına göre avantajı, ekstraksiyon sırasında düşük sıcaklıkların kullanılabilir olmasıdır. Tipik olarak bir soxhlet cihazındaki sıcaklık 600 °C'dir. Daldırma yönteminde 5-25 °C arasındadır. Düşük sıcaklık, elde edilen uçucu yağların

buhar distilasyonuna kıyasla daha doğal bir bileşim vermesini sağlamaktadır (Lee ve Lee, 2003). Bu yöntemin belirli dezavantajları da bulunmaktadır. Biri yoğunlaştırma sırasında düşük molekül ağırlıklı uçucu bileşiklerin kaybıdır, ikincisi ise ekstraksiyon sonrası yoğunlaştırma işlemidir. Saf ve yüksek kaliteli solventler pahalıdır ve büyük miktarlarda kullanıldıklarında maliyeti yüksek olmaktadır (Lee ve Lee, 2003).

2.4.1.3. Soğuk Presleme Yöntemi

Meyve kabuğunda bulunan saf uçucu yağ, genellikle soğuk pres olarak adlandırılan yöntemle elde edilmektedir. Bu geleneksel teknik, narenciye kabuklarından uçucu yağları çıkarmak için kullanılmaktadır ve ısı bir işlem bulunmamaktadır. Bu metodolojinin prensibi, meyvenin mekanik preslenmesi ve ardından filtreleme ile ekstraksiyonuna dayanmaktadır. Bu yöntemin ana sınırlamaları; hidroliz, oksijenli bileşiklerin çözünmesi ve mikroorganizma taşınması ile meydana gelen ekstrakt bozulmasıdır (Lee ve Lee, 2003; Li ve ark., 2014; Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022).

2.4.1.4. Enfleuraj

Başka bir geleneksel ekstraksiyon tekniği, esas olarak çiçek taç yapraklarından aroma bileşiklerini çıkarmak için kullanılan enfleurajdır. Özellikle, çiçek yaprakları bir hayvansal yağ tabakası ile kaplanmış bir cam plaka üzerine yerleştirilmekte ve daha sonra preslenmektedir. Böylece aroma bileşiklerinin hayvansal yağ tarafından emilmesi sağlanmaktadır. Yağ tamamen emmiş olana kadar işlem devam etmektedir ve daha sonra yağ, etanol kullanılarak özütlenmektedir (Lee ve Lee, 2003; Li ve ark., 2014).

2.4.2. Gelişmiş Yöntemler

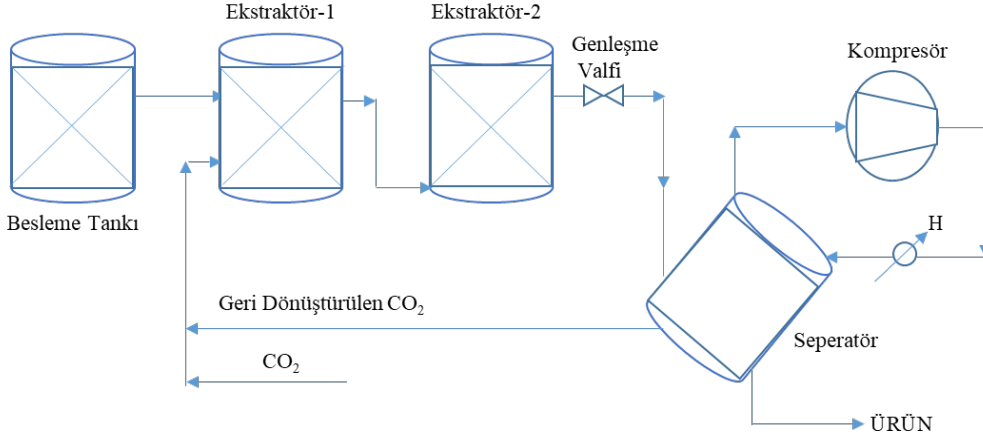
Gelişen teknolojiyle birlikte geleneksel ekstraksiyon yöntemlerindeki verimin artırılma ihtiyacı, yenilikçi ekstraksiyon yöntemi fikirlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Çeşitli ekstraksiyon yöntemleri, hedef prosese uygun bir şekilde seçilerek maksimum ekstrakt kalitesi ve ekstraksiyon verimi sağlanması mümkün olmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, proses verimliliğinin artırılma ihtiyacı ve çevresel kaygılar nedeniyle yakın gelecekte yenilikçi ekstraksiyon yöntemlerine yenilerinin eklenerek, mevcut

proseslerdeki sınırlayıcı faktörlerin etkilerinin azaltılacağı öngörülmektedir (Cravotto ve Cintas, 2007).

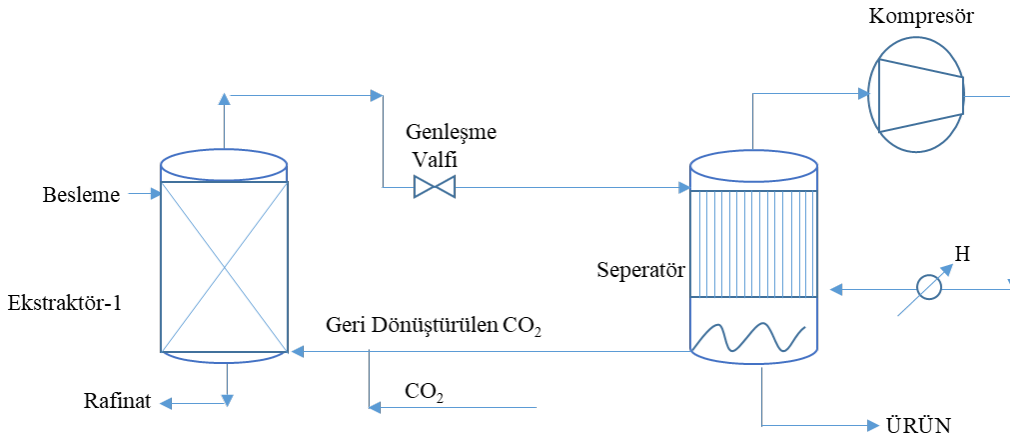
2.4.2.1. Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu

Gıda endüstrisi, çeşitli endüstriyel uygulamalarla yüksek saflıkta doğal bileşikler, sağlıklı ürünler elde etmek için her zaman en iyi ayırma teknolojisini aramaktadır. Bu bileşikler için geleneksel ekstraksiyon prosesi; solvent toksisitesi, yanıcılık ve israf ile ilgili bazı sınırlamalara sahiptir. Çevre ile ilgili olarak enerji açısından daha az maliyetli teknolojilerin araştırılması gerekmektedir. SFE, birçok endüstride büyük ilgi gören nispeten yeni bir ekstraksiyon prosesidir. Süperkritik akışkan özellikleri, belirli bileşenleri çıkarmak için seçici olarak kullanılmaktadır (Raventos, Duarte ve Alarcon, 2002; Cravotto ve Cintas, 2007).

Her maddenin bir kritik sıcaklığı (T_c) ve kritik basıncı (P_c) vardır. Maddenin kritik sıcaklığı ve basıncı, gaz ve sıvı fazların bir arada bulunabildiği en yüksek sıcaklık ve basınçtır. Bilindiği gibi, maddeler katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda bulunurlar. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu, bir maddenin süperkritik koşullardaki bir akışkan içinde çözünmesi ve daha sonra basınç azaltılarak ürünün akışkandan ayrılması olarak tanımlanabilmektedir. Basıncın azaltılması ile çözünen maddelerin süperkritik fazdaki çözünürlüğü de azalmakta ve ayırım gerçekleşmektedir (Brunner, 2005; Yılmaztekin ve ark., 2008; Ünver, 2022). Süperkritik Ekstraksiyon, SFE, süreci iki temel adımdan oluşur, bunlar: ekstraksiyon ve ayırmadır. Ekstrakt edilecek malzeme, belirli basınç ve sıcaklık koşullarında süperkritik akışkan ile birlikte bir ekstraktör haznesine yerleştirilir. Katı maddeler için ekstraksiyon kesikli olabilir; Şekil 2.3'dedir ve sıvı malzemeler için ekstraksiyonlar sürekli olabilir; Şekil 2.4'dedir. Ekstraksiyondan sonra, hem sıvı hem de ekstrakte edilen bileşik bir ayırıcıdan geçirilir ve basınç düşürülerek ve/veya sıcaklık değiştirilerek süperkritik akışkanın çözme gücü azaltılmakta ve bileşiğin ayrılması veya fraksiyonlanması gerçekleştirilmektedir (Raventos, Duarte ve Alarcon, 2002).



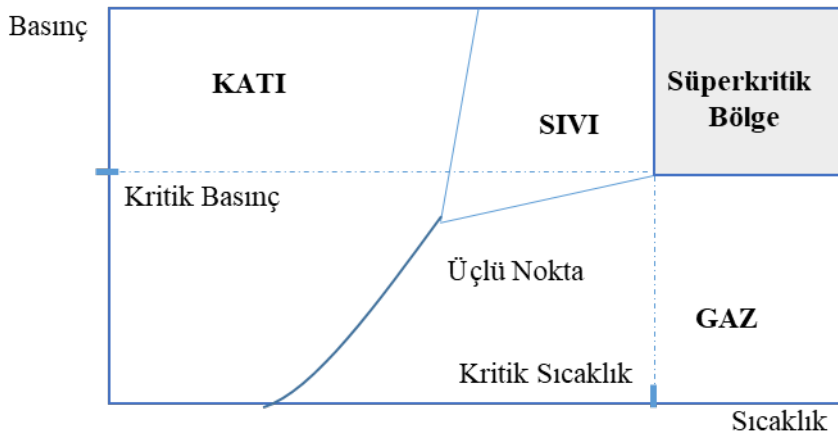
Şekil 2.3. Kesikli süperkritik ekstraksiyon işlemi (katı-akışkan) (Raventos, Duarte ve Alarcon, 2002).



Şekil 2.4. Sürekli süperkritik ekstraksiyon işlemi (sıvı-akışkan) (Raventos, Duarte ve Alarcon, 2002).

Süperkritik sıvıların düşük vizkoziteleri, sıvıların yüksek difüzyon katsayıları ile birleşince bitkiler için ideal bir ekstraksiyon maddesini oluşturmaktadır. Ekstraksiyonunda kullanılan çözücüler arasında kolayca bulunabilmesi, maliyetinin düşük ve saflık oranının yüksek olması kullanımının kolay ve çevre etkisinin minimum olması nedeniyle CO₂ başta gelmektedir. Karbondioksit için süperkritik nokta, 1869 yılında Andrews tarafından bulunmuştur. Çözücü olarak ilk kullanımı ise 1960'larda Rusya ve Amerika'da olmuştur. 1993 yılında CO₂ ile ticari olarak 42 farklı yağ elde edilmiştir (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022). CO₂, kritik sıcaklığı 31.06 °C, kritik basıncı 73.83 bar ve kritik yoğunluğu 0.460 g/cm³ olması nedeniyle gıda endüstrisinde ideal süperkritik akışkan haline gelmiştir. CO₂; toksik değildir, yanıcı

değildir, kirletici değildir, tamamen geri kazanılabilir, ucuz ve inerttir ve kritik koşulları nispeten güvenli ve ulaşılması kolaydır, bu da onu uçucu veya ısıya dayanıksız bileşiklerin ekstraksiyonu için uygun hale getirmektedir. Dolayısıyla gıda endüstrisinde sıkça tercih edilmektedir (Brunner, 2005; Raventos, Duarte ve Alarcon, 2002). Karbondioksit genellikle sıvı olarak, 5 °C'nin altında ve yaklaşık 50 bar basınçta pompalanmaktadır. Çözücü, hemen hemen sıkıştırılabilir durumda olduğu için sıvı olarak pompalanmaktadır. Süperkritik bir akışkan olarak, pompa darbesinin çoğu, akışkanı pompalamak yerine sıkıştırmak için kullanılmaktadır. Küçük ölçekli ekstraksiyonlar için (birkaç gram/dakikaya kadar), pistonlu CO₂ pompaları veya şırınga pompaları sıklıkla kullanılmaktadır. Daha büyük ölçekli ekstraksiyonlar için diyaframlı pompalar en yaygın tercih edilen çeşididir. Pompa kafaları genellikle soğutma gerektirir ve CO₂ de pompaya girmeden önce soğutulmaktadır (Brunner, 2005; Sapkale ve ark., 2010). Şekil 2.5'de görüldüğü üzere bir madde, kritik sıcaklık (T_c) ve kritik basınç (P_c) noktasının üzerinde süperkritik sıvı özelliği göstermektedir. Bu noktada, süperkritik sıvı termodinamik özellikleri bakımından sıvı ve gaz arasındadır. Sıvı çözücülerin sahip olduğu çözme gücü ile birçok maddeyi çözebilirken aynı zamanda gazlara yakın difüzyon katsayısı özelliğiyle de çözünen maddeyi hızlı bir şekilde yaymaktadır (Bogdanovic ve ark., 2016). "Süperkritik" terimi, kritik sıcaklığının (T_c) ve kritik basıncının (P_c) üzerine getirildiğinde yoğuşmayan ve tek fazlı bir sıvıdaki bir maddeyi ifade etmektedir. Bu noktanın ötesinde, maddenin yüksek yoğunluk, ara difüzyon ve düşük viskozite ve yüzey gerilimi gibi gazların veya sıvıların bazı tipik fizikokimyasal özelliklerini gösterdiği bir bölgeye süperkritik bölge denilmektedir (McAuley ve ark., 2016).



Şekil 2.5. Süperkritik bölge diyagramı (Karlsson ve Trigandh, 1997).

Herhangi bir ekstraksiyon işlemi için itici güç, çözücü ile çözünen arasındaki etkileşimlere bağlı olan, seçilen çözücü içinde hedef bileşiğin çözünürlüğüdür. SFE, ekstraksiyon süresini kısaltması, daha az organik solvent tüketimi, termo-duyarlı maddeler için uygun olması nedeniyle doğal ürünlerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu için üstün bir alternatif teknik olarak ortaya çıkmaktadır (Vigano ve ark., 2015). SFE parametrelerinin uygun şekilde kontrol edilmesiyle, süperkritik akışkanın özütleme yeteneği değiştirilebilir ve bu durum sürecin gıdadan pestisit araştırmalarına kadar geniş bir kullanım alanı bulmasını sağlamaktadır. CO₂ tercih edilen ekstraksiyon çözücüsü, polar olmayan bileşiklerin ekstraksiyonu için olmasına rağmen süperkritik SC-CO₂'nin polaritesi, değiştirici olarak karışabilir bir polar bileşiğin (etanol gibi) eklenmesiyle artırılabilir (Taylor ve ark., 1997; Ünver, 2022). Ayrıca, SC-CO₂ basınç düşürüldükten sonra gaz haline gelmekte ve sistemden kolaylıkla elimine edilebilmektedir (Pan ve ark., 2014; Ünver, 2022).

Sistem, CO₂ için bir pompa, numuneyi tutmak için bir basınç hücresi, sistemdeki basıncı korumak için bir araç ve bir toplama kabı içermelidir. Sıvı, süperkritik koşullara ısıtıldığı ısıtma bölgesine pompalanmaktadır. Daha sonra ekstraksiyon kabına geçmekte böylece burada katı matrise hızla yayılmaktadır sonrasında ise ekstrakte edilecek materyali çözmektedir. Çözünen malzeme ekstraksiyon hücresinden daha düşük basınçtaki separatör haznesine yönlendirilmekte ve ekstrakte edilen materyalin çökmesini sağlamaktadır. CO₂ daha sonra soğutulabilir, yeniden sıkıştırılabilir ve geri dönüştürülebilir veya atmosfere boşaltılabilmektedir (Sapkale ve ark., 2010). Analitik SFE için, basınç genellikle atmosfere düşürülmekte ve gaz halindeki CO₂'den, çökelmiş bileşenleri yakalamak için çözücüden geçirilmektedir. Basıncı haznelere, basit borulardan, çabuk açılan bağlantı parçalarına sahip daha karmaşık amaca yönelik yapılmış haznelere kadar değişebilmektedir. Basınç gereksinimi en az 74 bardır ve çoğu ekstraksiyon 350 bar'ın altında yapılmaktadır. Bununla birlikte, bazen, iki fazın tam olarak karışabilmesi için 800 barlık basınçların gerekli olduğu bitkisel yağların ekstraksiyonu gibi daha yüksek basınçlara ihtiyaç duyulabilmektedir (Sapkale ve ark., 2010). SC-CO₂, 200-300 bar ve 40-50 °C'lerde özellikle bitkilerden ekstrakt eldeğinde kullanılmaktadır (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022).

Aroma maddeleri gıdalarda çok düşük miktarlarda bulunan ve genellikle uçucu olan organik bileşiklerdir. Gıdaların işlenmesi sırasında kimyasal ve fiziksel değişimler sonucu gıdalarda bulunan aroma maddelerinde kayıplar meydana gelmekte ve bu kayıplar ise son ürüne aroma ilavesi gerektirmektedir. Bu nedenle aroma maddelerinin gıdalardan ya işleme sırasında ya da işlemeden önce ekstrakte edilmeleri gerekmektedir (Karlsson ve Tragarhd, 1997; Cravotto ve Cintas, 2007). SFE, yüksek kaliteli aroma ve koku ekstraktlarının eldesi için distilasyon ve solvent ekstraksiyonuna alternatif bir yöntemdir (Mukhopadhyay, 2000; Cravotto ve Cintas, 2007). SC- CO₂ ile ekstraksiyon, proses boyunca daha düşük sıcaklıklar ve daha az oksijene maruz kalma sayesinde aroma profillerini daha iyi korumaktadır (Reverchon, 1997). SC-CO₂ ekstraksiyonu buhar damıtmada kaybedilen yüksek oranda uçucu aroma bileşiklerinin yakalanması için daha uygun olduğu belirtilmiştir (Oszagyan, 1996). Uçucu yağlar ve oleoresinlerin SFE üretimi için enerji maliyetleri, buhar damıtma ve solvent ekstraksiyon tekniklerinden daha düşüktür (Mukhopadhyay, 2000).

Polar bileşikler, SC-CO₂'yu modifiye ederek, çözücü ile polariteyi değiştirerek veya farklı çalışma koşulları ile çok aşamalı ekstraksiyon kullanılarak ekstrakte edilebilmekte, farklı polariteye sahip bileşiklerin seçici ekstraksiyonu bu şekilde sağlanabilmektedir (Bogdanovic ve ark., 2016; Capuzzo ve ark., 2013; Ünver, 2022). SC-CO₂'nun avantajları, proses koşulları sıvı haldeyken ve oda sıcaklığına yakın düşük sıcaklıktayken orijinal bitkininkine benzer bir aroma özütünün üretilmesinin yanı sıra, basınç düşürüldüğünde ekstrakttan süperkritik sıvıyı tamamen uzaklaştırabilme yeteneğidir. Aynı zamanda, bu teknik mumlar ve pigmentler gibi istenmeyen bileşikleri ortadan kaldırmaktadır (Capuzzo ve ark., 2013). Doğal ürünlerin organik çözücülerle muamele edilmesi gerek çevresel gerekse sağlık açısından son yıllarda pek istenmeyen bir olgu haline gelmiştir. Bu noktada daha az çözücü harcayan, ekstraksiyon süresi daha kısa olan ve normal koşullarda yüksek sıcaklıkta çözünen bileşikleri ayrıştırma özelliği ile süperkritik sıvı ekstraksiyonu giderek büyük ilgi çekmektedir. SFE, aslında bir çözücü ekstraksiyonudur. Organik çözücüler yerine, süperkritik sıvı özelliği gösteren maddeler çözücü olarak kullanılmaktadır (Bogdanovic ve ark., 2016).

Süperkritik Ekstraksiyonun Gıda Uygulamalarında Kullanılması

Birçok ülkede, gıdaların tüketilmesinin güvenli olması için ısıtılma tabii tutulması gerekmektedir. Isıtılma işlemler, gıdaların gıda güvenliğini ve raf ömrü stabilitesini sağlamanın en yaygın yoludur. Bununla birlikte, geleneksel ısıtılma işlemlerinin yüksek sıcaklıklarının, işlenmiş ürünün beslenmesinde (örneğin vitaminlerin bozulması) ve organoleptik özelliklerinde (aroma, lezzet ve doku) değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (Yoon, Lee ve Choi 2016; Brunner, 2005; Cravotto ve Cintas, 2007). SC- CO₂ teknolojisini kullanma isteği çok boyutlu düzlemlerle ilgilidir: geleneksel solvent kalıntılarına ilişkin çevre düzenlemelerinin hafifletilmesi; gıda üretiminde kimyasal çözücülerin kullanımına ilişkin endişeler, geleneksel işleme tekniklerinin karşılayamadığı daha kaliteli ürünlere yönelik artan talep ve artan enerji maliyeti bu durumu desteklemektedir (Zhong ve Jin, 2008). Süperkritik sistemler kesikli, yarı-sürekli ve sürekli gibi herhangi bir işletim modunda çalıştırılabilmektedir. Bu, SC-CO₂ teknolojisini çok çeşitli uygulamalara olanak tanıyan herhangi bir üretim zincirine daha uyumlu hale getirmektedir. Ayrıca, yarı sürekli ve sürekli sistemler, numune ile CO₂ arasında daha iyi bir temas sağlamakta ve CO₂ ile daha hızlı doyumluk nedeniyle mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonu daha etkili hale getirmekte ve böylelikle çalışma süresini ve üretim maliyetlerini azaltmaktadır (Zhong ve Jin, 2008; Brunner, 2005; Amaral ve ark., 2017). SC-CO₂ 'nin, gıda ürününün duyu ve beslenme özellikleri üzerindeki etkisi, gıda işleme ve muhafazası için gelişen teknolojinin değerlendirilmesi önemli bir husustur. Süperkritik karbondioksit teknolojisinin uygulanması, gıda ürünlerinin ısıtılma işlemi (pastörizasyon veya sterilizasyon) için gereken süreyi önemli ölçüde azaltabilirken, ısıya dayanıklı bileşiklerin, özellikle de vitaminlerin termal bozunmasını en aza indirebilmektedir (Lee ve Lee, 2003; Brunner, 2005).

Süt ve süt ürünleri yüksek besin değerine sahiptir, dünya çapında tüketilmekte ve tüketiciler tarafından yaşam kalitesi ile ilişkilendirilen sağlıklı seçimler olarak kabul edilmektedir (FAO, 2016). Birçok ülkede, süütün tüketilmesinin güvenli olması için çiğ süütün ısıtılma tabii tutulması gerekmektedir (Yoon, Lee ve Choi 2016). Isıtılma işlemler, süt ve süt ürünlerinin gıda güvenliğini ve raf ömrü stabilitesini sağlamanın en yaygın yoludur. Bununla birlikte, geleneksel ısıtılma işlemlerinin yüksek sıcaklıklarının, işlenmiş ürünün beslenmesinde (örneğin vitaminlerin bozulması) ve organoleptik özelliklerinde (aroma, lezzet ve doku) değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Çiğ süt ve çiğ süt ürünleri

tüketimine son zamanlarda ilgi, süt kalitesi ve güvenliğinden ödün vermeyecek alternatif süt işleme teknolojilerinin değerlendirilmesine yol açmıştır. Hali hazırda birçok çalışma, termal geleneksel işlemin zararlı etkilerini en aza indirmek için gıda süreçlerinde ortaya çıkan termal olmayan teknolojileri ele almaktadır. Süperkritik karbondioksit teknolojisi (SC-CO₂ teknolojisi), besin içeriğini, organoleptik özelliklerini etkilemeden mikroorganizmaları yok etmek için karbondioksit ile birlikte basıncı kullanmakta, gıda ve tıpta biyoaktif bileşiklerin pastörizasyonu için umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır (McAuley ve ark., 2016; Amaral ve ark., 2017). SC-CO₂ 'nin, gıda ürününün duyu ve beslenme özellikleri üzerindeki etkisi, gıda işleme ve muhafazası için gelişen teknolojinin değerlendirilmesi için önemli bir husustur. SC-CO₂ teknolojisinin uygulanması, gıda ürünlerinin ısı işleme (pastörizasyon veya sterilizasyon) için gereken süreyi önemli ölçüde azaltabilirken, ısıya dayanıklı bileşiklerin, özellikle de vitaminlerin termal bozunmasını en aza indirebilmektedir (Spilimbergo et al., 2013).

Süperkritik akışkan teknolojisini kullanan çalışmaların çoğu, ekstraksiyon ve işlemeyi amaçlayan süperkritik akışkan olarak karbondioksit kullanmaktadır. Karbondioksit, kimyasal olarak inert, aşındırıcı olmayan, yanıcı olmayan, toksik olmayan, ucuz, kolayca bulunabilen ve GRAS (genellikle güvenli olarak kabul edilen) bir çözücü olarak kabul edilmektedir (Khosravi-Darani, 2010; Amaral ve ark., 2017). Ayrıca, CO₂'nin basınç düşürülerek gıda matrisinden solvent içermeyen bir ürün elde edilmesiyle kolayca uzaklaştırılabilmesi nedeniyle, bu teknolojiyi güvenli ve çevre dostu hale getiren sisteme dahil edilebilmektedir. Düşük kritik sıcaklığı (31.06 °C), ısıya duyarlı ve uçucu bileşiklerin bozulmasını önleyen, gıdanın fizikokimyasal, duyu ve besinsel özelliklerindeki değişiklikleri en aza indiren ve böylece yüksek kaliteli ürünler elde eden oda sıcaklığına yakın uygulamaya izin vermektedir. Ayrıca, orta düzeyde kritik basıncı (7.38 MPa), örneğin süperkritik su (373.95 °C ve 22.064 MPa) gibi diğer süperkritik maddelerle karşılaştırıldığında düşük enerji ve yatırım maliyetleri sağlamaktadır (Khosravi-Darani, 2010). Yarı sürekli ve sürekli sistemler, numune ile CO₂ arasında daha iyi bir temas sağlamak ve CO₂ ile daha hızlı doygunluk nedeniyle mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonu daha etkili hale getirerek çalışma süresini ve üretim maliyetlerini azaltmaktadır (Di Giacomo, Taglieri ve Carozza, 2009; Amaral ve ark., 2017; Ahangari ve ark., 2021).

Ayrıca, süperkritik CO₂, oluşan karbonik asit, kazein misellerini dahili olarak dengersizleştirebilen kalsiyum iyonlarına bağlandığından, asitleştirme ve çözme özelliklerinden dolayı süt proteinini etkileyebilmektedir (Dalgleish ve Corredig, 2012). Çalışmalar α ve β -lakto albüminin fraksiyonasyonu için kullanılabileceğini belirtmiştir. Çökeltilmiş kazein, beslenme formüllerinin zenginleştirilmesi için endüstriyel uygulamalara sahiptir. Süperkritik karbondioksit teknolojisinin, protein konsantre çözeltilerinin çökeltmesi ve fraksiyonlanması için etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Yver ve ark., 2012; Bonnaille ve Tomasula, 2012; Amaral ve ark., 2017).

Genel olarak, süperkritik durumdaki akışkanlar, daha yüksek difüzyon katsayısı ve daha düşük viskozite, yüzey geriliminin olmaması, heterojen matrislerin gözeneklerine hızlı penetrasyona izin verme ve çözünürlüğünü doğrudan etkileyen sıcaklık ve basıncın basit kontrolü gibi çeşitli avantajlara sahiptir. SC- CO₂ kullanımı, daha kısa işlem süresi ile sonuçlanan daha yüksek yayılma nedeniyle kütle transferini iyileştirmekte ve bunun sonucunda temel gıda elementlerinin korunmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla bu da besin öğelerinin minimum düzeyde bozulması anlamına gelmektedir (Şanlı ve ark., 2012). Süt ürünlerinde CO₂ çözünürlüğü bu ürünlerin kalite faktörlerini oluşturmaktadır. Süperkritik CO₂, gıda matrisinde bulunan doğal lipofilik bileşiklerin tutulması ve ekstraksiyonunda özel bir rol oynamaktadır. Genel olarak, basınç ve sıcaklıktaki değişiklikler, süt ürünlerinde CO₂ çözünürlüğünü doğrudan etkilemektedir. Bununla birlikte, CO₂ basıncının sıcaklıkla karşılaştırıldığında çözünürlük üzerinde daha büyük bir etkisi bulunmaktadır (Acerbi ve ark., 2016; Ahangari ve ark., 2021).

2.4.2.2. Ultrason Destekli Ekstraksiyon

Yeşil ekstraksiyon teknolojisi ile ilgili olarak; proses verimliliğini artırmak ve daha düşük enerji tüketimi ile ekstraksiyon süresini azaltmak için ultrason destekli ekstraksiyon (UDE) geliştirilmiştir. Ultrason dalgaları (frekanslar > 20 kHz) gıda matrisinde genişleme ve sıkıştırma döngüleri oluşturmaktadır. Örneğin; bir sıvıda kavitasyon kabarcıklarının çökmesini ve böylelikle uçucu yağ içeren bitki hücre duvarını etkileyen yüksek hızlı sıvı mikro kanalların oluşmasına yol açmaktadır. Bu mekanik ayırım, bitki esansiyel yağının kütle transferini ve salınımını kolaylaştırmaktadır. Bu amaca ulaşmak için çalışma parametreleri (ultrasonik frekans ve yoğunluk, sıcaklık ve uygulama süresi gibi)

belirleyicidir. Bu teknik ile çalışmalar düşük sıcaklık ve basınç koşullarında gerçekleşmektedir ve böylece ekstrakt bileşiklerinin termal bozunma derecesi azaltılmış olmaktadır. Bu nedenle UDE, yüksek ekstraksiyon verimi ve yüksek kaliteli aroma ile sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojinin, sistemde dağılmış bir fazın varlığının yanı sıra, uzun süreli kullanımdan sonra metal salınımı nedeniyle özüt stabilitesini etkileyebilecek sınırlamaları da bulunmaktadır (Li ve ark., 2014; Cravotto ve Cintas, 2007).

2.4.2.3. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

Mikrodalga Destekli Ekstraksiyonda (MDE), temassız bir ısıtma kaynağı kullanarak daha etkili ve seçici ısıtma elde edebildiği için bitki materyallerini damıtmak için kullanılmaktadır. Bu sayede ekstraksiyon işlemi saatler yerine birkaç dakika içerisinde tamamlanabilmektedir. Genel olarak proses parametreleri (sıcaklık, zaman, mikrodalga frekansları ve güç) deney protokolüne, hammaddelerin türüne ve ekstraksiyon için solvent veya su ihtiyacına bağlıdır (Filly ve ark., 2014; Li ve ark., 2014). Geçtiğimiz birkaç yıl içinde, çevresel etkiyi ve insanların solventlere maruz kalmasını azaltmak ve aynı zamanda düşük bozunma (termal, hidroliz vb.) ile yüksek kaliteli bir ekstrakt elde etmek amacıyla farklı mikrodalga ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir. Son zamanlarda, mikrodalga turbo hidrodistilasyon ve eşzamanlı mikrodalga damıtma, işlem süresinde ve kullanılan solventte önemli ölçüde azalma sağlamayı başarmıştır. Tüm bu MDE teknikleri, geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinden (örneğin, hidrodistilasyon) daha hızlıdır ve benzer ekstrakt verimi ve bileşimi sergilemektedir. Tüm MDE teknolojileri arasında solventsiz mikrodalga ekstraksiyonu en çevreci tekniği temsil etmektedir. Bu yöntemin avantajı, ekstraksiyon süresinin ve kullanılan çözücü miktarının az olmasıdır. Mikrodalga ekstraksiyon yöntemiyle bitkilerdeki polifenoller ve lignanlar ayrıştırılabilmektedir (Filly ve ark., 2014; Li ve ark., 2014; Cravotto ve Cintas, 2007).

2.4.2.4. Ohmik Destekli Hidrodistilasyon

Ohmik destekli hidrodistilasyon (ODHD), aromatik bitkilerden uçucu yağların ekstraksiyonu için yakın zamanda önerilen bir başka yeşil ekstraksiyon tekniğidir. Bu teknolojinin prensibi, malzemenin elektriksel iletkenliğine bağlı olarak, hücrelerin daha

fazla ve daha hızlı bozulması için ohmik ısıtma uygulamasına dayanmaktadır. Elde edilen ısıtma hızı ne kadar yüksek olursa, gereken işlem süresi o kadar düşük olmaktadır. ODHD ile doğrudan ısıtma, elektrik iletkenliği ile sınırlı olduğundan ve damıtılmış su istisnai bir elektrik yalıtkanı olduğundan, bu işlemde sıvı faz olarak tuzlu su kullanılmaktadır, böylece karışık sistemlerdeki (düşük elektrik iletkenliğine sahip) yağ damlacıkları gibi malzemeler alınabilmektedir (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022).

2.4.2.5. Enzim Destekli Ekstraksiyon

Enzim bazlı ekstraksiyon teknolojisi (EDE), bitki hücrelerinin yapısal bütünlüğünü bozmaya yardımcı olabilmektedir. Enzimler, hafif işleme koşulları altında sulu çözeltilerde özgüllük ve bölge seçiciliği ile reaksiyonları katalize edebilmekte, bu da EDE'yi çevre dostu bir ekstraksiyon yöntemi yapmaktadır. EDE'nin gıda uygulamalarında etkinliği şu parametreler bilindiğinde en üst düzeye çıkarılabilmektedir: enzimin doğası, etki mekanizması, optimum konsantrasyon, pH, süre ve inkübasyon sıcaklığı. Bir çalışmada EDE, fitokimyasal özelliklerin (antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik, indirgeme gücü) iyi bir kombinasyonu ile karabiberden piperinle zenginleştirilmiş ekstrakt verimini arttırmak için SC- CO₂ ile birlikte kullanılmıştır. Aroma bileşenlerinin ekstraksiyonu için bitki materyalinin enzim ile ön işlemi, hücre duvarının geçirgenliğini arttırdığından aroma geri kazanımının güçlendirilmesini sağlamaktadır (Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022).

2.5. Duyusal Tanımlayıcılar

Lezzet sözlüğü (Lexicon); bir hammaddenin veya son ürünün lezzetini tanımlayan kelimeler dizisidir ve özellikle tanımlayıcı duyu analizlerde bu sözlükler kullanılmaktadır. Belirli bir teknik konuda oluşturabilen bu sözlük; hammadde (peynir, sığır eti, balık) veya son ürünler (ekmek, portakal suyu, kahve, çikolata) gibi bir ürün kategorisini açıklamak için kaynak sağlamaktadır. İncelenen ürün dizisini açıklamak için kendi listeleri oluşturulmakta ve bunu sağlayabilmek için referanslar ve tanımlar birlikte kullanılmaktadır. Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (ASTM, American Society for Testing and Materials), tarafından oluşturulan sözlük; birçok ürün kategorisini açıklamak için tanımlayıcı analiz yapabilen panel ekibi tarafından seçilebilecek yüzlerce kelimeyi

sağlamaktadır. ASTM oluşturulan sözlüğünün kullanımı ve/veya herhangi bir sözlüğün oluşturulması durumunda sırasıyla belirtilen aşamalara dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir: Öncelikle, bir ürüne ait referansın çevreçevesi oluşturulmalıdır. Sonrasında terimler belirlenmeli ve referans ile örnekler gözden geçirilmelidir. Son olarak bir tanımlayıcı listesi geliştirilmelidir (Drake ve Civille, 2003). Bir ürünün duyuusal testi için bir sözlük geliştirmek, araştırma sürecinde kritik bir adımdır. Herhangi bir ürünün tanımlayıcı analiz süreci tipik olarak bir sözlüğün geliştirilmesiyle başlamaktadır. Sözlük, panelistlere sunulabilmekte veya panelistlerle birlikte geliştirilebilmektedir. Bir sözlük, test edilen ürünlerin görünüşlerini, aromalarını, tatlarını ve doku özelliklerini tanımlayan bir liste içermektedir. Bu nitelikler, değerlendirilen ürünlerin duyuusal özelliklerini tanımladıkları için tanımlayıcı analizin temelidir. Bu nedenlerle betimsel analiz yapabilmek için bir sözlüğe sahip olmak gerekmektedir. Duyusal bir sözlük geliştirirken panelistlere bir dizi referans ve bağlantı noktası sağlamak gerekmekte, böylece ürünler tanımlayıcılarla niteliksel olarak ve yoğunluk dereceleriyle niceliksel olarak değerlendirilebilmektedir. Geniş bir örneklem seti, bir üründeki tüm potansiyel değişkenliğin temsil edilmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır (Barbe, 2014).

Betimleyici analiz için yiyecek ve içecek endüstrisinde birçok sözlük geliştirilmiştir. Bu sözlüklerden bazıları küçüktür ve/veya belirli bir ürün türüyle sınırlıdır, diğer sözlüklerin ise çok çeşitli ürün kategorilerine (ör. kahve, çay, şarap, bira veya alkollü içkiler) uygulanabilecek birçok özelliği vardır (Ganesan, 2007). Genellikle sözlükler, belirli ürün niteliklerini karakterize ederek bilgi boşluklarını doldurmak için geliştirilmektedir. Nar suyunun lezzetini tanımlamak için bir sözlüğün geliştirilmesi ve uygulanması gibi pek çok örnek, narla ilgili literatürde eksik olan nitelik tanımlayıcıları, tanımları ve referansları sağlamaktadır. Süt endüstrisinde, işlenmiş ve taklit peynirler için bir sözlük, peynir üreticilerinin farklı işlenmiş peynirleri ve taklit peynir ürünlerinin lezzet profillerini anlamalarına yardımcı olabilmekte, ürünler için özel bir lezzet dili oluşturabilmektedir (Barbe, 2014). Peynir için lezzet bileşikleri; organoleptik özellikler, kimyasal sınıf, peynir tipi ve kaynağına göre en az dört sistematik şemaya göre sınıflandırılmaktadır. Örneğin; keskin, fındıksı bir tat, dünyanın bazı bölgelerinde üretilen olgun Çedar peynirleri için tipikken, Mozzarella veya Gouda peynirlerinde benzer bir profil kesinlikle beklenmemektedir (Ganesan, 2007).

İyi bir lezzet sözlüğünün temel özelliklerinden biri ayırt edici ve açıklayıcı olmasıdır. İdeal olarak, tanımlayıcı bir dilin ayırt edici olması (geliştirildiği ürünleri ayırt edebilmesi) için kullanılan dil, ürün içindeki tüm potansiyel değişkenliği sergileyen geniş bir temsili örnek setinden oluşmalıdır. Özellikle lezzet, kaynak ve uygulanan işlem bakımından çeşitlilik gösteren gıda veya ticari mallar söz konusu olduğunda bu tanımlamaları yapabilmek genellikle zorlu bir iştir. Temsili numune setleri kullanılarak ürünler için standart tanımlayıcı diller geliştirilmelidir. (Drake ve Civille, 2003). ACS (American Cheese Society) Peynir ve Süt Ürünleri Sözlüğü (ACS Sözlüğü), peynirin tartışıldığı ve tanımlandığı güvenilir, modern bir kaynak oluşturmakta böylelikle peynirin tedarik zincirindeki diyalogları kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. ACS personeli; süt ürünleri bilimi, peynir yapımı ve peynir satıcılığı uzmanlarından oluşmaktadır. Asıl amaç, peynir veya fermente süt ürünlerinin duyu özelliklerinden bahsederken, değerlendirirken ve/veya satarken kullanılan terminolojiyi kodlamaktır. Peynir üzerine oluşturulan terminoloji Şekil 2.6'da paylaşılmıştır.

Peynir üzerine çalışan bilim insanlarının çoğu, sadece peynirin kabul edilebilir olup olmadığını değil, bir peynirin tadının temel nedenlerini anlamakla ilgilenmektedir. Tanımlayıcı duyu analiz, yalnızca bir dizi peynirin duyu özellikleri arasında ayırım yapmayı değil, aynı zamanda tanımlanabilecek tüm duyu farklılıklarının niceliksel bir tanımını belirlemeyi amaçlayan bir teknikler koleksiyonunu ifade etmektedir. Tüm gıda türleri için en sık kullanılan tanımlayıcı analiz yöntemleri arasında Lezzet Profili Analizi (LPA) ve Tekstür Profili Analizi (TPA) yer almaktadır. Lezzet profili analizlerinden olan tanımlayıcı duyu analiz yöntemlerine ise Kantitatif Tanımlayıcı Analiz, Spektrum yöntemi, Nicel Lezzet Profili Oluşturma ve Serbest Seçimli Profil Oluşturma örnek verilebilmektedir. Bu yöntemlerin her birinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Drake ve Delahunty, 2017).



Şekil 2.6. Peynir tadını etkileyen bazı parametrelere bağlı olarak oluşan lezzet bileşenleriyle oluşturulan “Lezzet Çarkı” (Anonim, 2022).

2.6. Aroma Maddelerinin Gıdalara Eklenmesi

Aroma, yeni gıda ürünlerinin tasarımında ve/veya formülasyonunda önemli bir unsurdur. Bu nedenle, birçok çalışmada aromanın karakterizasyonu ana hedefdir. Aroma karakterizasyonu, gıda ürünlerinin kalitesi ve tüketicilerin tercihleriyle ilgili veri verebilmektedir (Carbonell, Nunez ve Fernandez-Garcia, 2002). Gıda maddelerinde bu aroma maddelerinin tek tek katkısı farklıdır; aroma tanımı, gıda matrislerine adsorpsiyonu, gıda numunelerindeki içeriği, koku eşiği, buhar basıncı, kimyasal etkileşimler ve diğer uçucularla etkileşimleri ve reaksiyonları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Taylor ve Hort, 2007; Tylewicz, Inchingolo ve Rodriguez-Estrada, 2022; Varming ve ark., 2013).

Aromalar olgunlaşma derecesi, raf ömrü gibi parametrelerden etkilenmektedir. Ayrıca bazı temel işlemler sonucunda aroma kaybı da olabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek, kaybedilen aromaların geri kazanımının sağlanması için işlemler sonrasında ya da sırasında aroma ilave edilebilmektedir. Aromaların gıda maddelerine eklenebilmesi için çeşitli metotlar bulunmaktadır (Kilcawley, Wilkinson ve Fox, 1998; Carbonell, Nunez ve Fernandez-Garcia, 2002; Bastianello ve ark., 2016).

Kızartma, pişirme gibi işlemlerle aroma net olarak açığa çıkmaktadır. Kullanılan her malzemenin tat veya kokuya etkisi bulunmaktadır. İşlemler sırasında kaybı önlemek amacıyla ilk önce distilasyon yoluyla ayrılan aroma maddeleri yeniden ilave edilebilmektedir. Karragenan, ksantam, guar gum gibi hidrokolloidler aromanın iyileştirilmesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Enzimler de genelde aroma iyileştirici olarak kullanılmaktadır. Örneğin protezler, α -amilaz uçucu bileşik üreten metabolik olayları arttırarak aromaya katkıda bulunmaktadır (Wandrey, Bartkowiak ve Harding, 2010).

Aroma maddeleri ısıya karşı oldukça hassastır ve bu nedenle çeşitli üretim aşamalarında kayıplara uğramaktadır. Aromaların geri kazanımının sağlanması ve mevcuttaki aromanın iyileştirilmesi için ambalaj içine ya da üretim işleminin tamamı bittikten sonra üzerine aroma püskürtme işlemi uygulanabilmektedir. Ancak bu uygulama paket açıldığında aroma kaybına yine sebebiyet verebilmekte bu nedenle enkapsülasyon metodu ile istenen bileşenler daha iyi muhafaza edilebilmektedir (Gouin, 2013). Kapsülleme; birkaç nm ila birkaç mm çapa sahip partiküller üreterek, bir maddeyi başka bir madde içinde hapsetme işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Kapsüllenen madde çekirdek malzeme, aktif madde, dolgu, dahili faz veya faydalı yük fazı olarak; kapsül madde ise kaplama, zar, kabuk, taşıyıcı malzeme, duvar malzemesi, dış faz veya matris olarak adlandırılabilir. Gıda ürünlerinde veya proseslerinde kullanılan kapsüllerin taşıyıcı malzemesi gıdada kullanıma uygun olmalı ve aktif madde ve çevresi için bir bariyer oluşturabilmelidir (Gouin, 2013). Geleneksel olarak, gıda bileşenlerini kapsüllemenin en yaygın yöntemi püskürterek kurutmadır. Bir toz elde etmek için sıvı bir ürünün sıcak bir gaz içinde atomize edildiği bir işlemdir. Genel olarak kullanılan gaz

havadır veya daha nadiren nitrojen gibi inert bir gazdır. Püskürtmeli kurutucuyu beslenen ürün sıvı, çözelti, emülsiyon veya süspansiyon olabilmektedir (Wandrey, Bartkowiak ve Harding, 2010).

Püskürterek kurutma, aynı zamanda bir dehidrasyon işlemidir ve süt tozu gibi kurutulmuş malzemelerin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Püskürterek kurutmaya yönelik malzemeleri hazırlamak için taşıyıcı veya duvar malzemesi (maltodekstrin, modifiye nişasta, sakız veya bunların kombinasyonu gibi) ile hidratlanmaktadır. Enkapsüle edilecek aroma veya içerik, taşıyıcıya eklenmekte ve/veya sisteme iyice karıştırılmaktadır. Karışım, taşıyıcı çözelti içinde küçük aroma veya bileşen damlacıkları oluşturmak için homojenleştirilmektedir. Daha ince bir emülsiyonun oluşturulması ile kurutma işlemi sırasında aromanın muhafazası arttırılmaktadır (Wandrey, Bartkowiak ve Harding, 2010). Püskürterek kurutmanın avantajları arasında düşük işlem maliyetleri ve hazır ekipman bulunur. Genellikle çekirdek malzemeye iyi koruma sağlar ve çok çeşitli duvar malzemeleri mevcuttur. Bir ana dezavantaj, kurutulmuş materyali somutlaştırmak veya sıvı bir uygulama için daha kolay çözünür hale getirmek için daha ileri işlemlere ihtiyaç duymasındır (Wandrey, Bartkowiak ve Harding, 2010). Püskürtme yönteminde belirli miktarlarda eklenmek istenen madde, basınçlı hava ile birlikte direkt olarak gıda yüzeylerinin üzerine püskürtülmektedir. Bu işlemin sonunda kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı mikrokapsüllerin gıda yüzeylerine düzgün ve homojen bir şekilde yayılmamasıdır. Püskürtme yöntemi, ince bir tabaka şeklinde kaplama yapılması ve sadece bir yüzeyin kaplanması istendiği durumlarda kullanılmaktadır (Jedlińska ve ark., 2018).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada farklı peynir çeşitlerinden aroma bileşenlerinin süperkritik ekstraksiyon metodu ile konsantre hale getirilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan peynir çeşitlerinden Çedar peyniri (4 aylık olgunlaştırılmış), Rokfor peyniri Maysa Gıda A.Ş tarafından temin edilmiş olup EMP Rokfor peyniri ve EMP Çedar peyniri ise Maysa Gıda A.Ş.'nin tesisinde üretilmiştir. Bu hammaddeler farklı sıcaklık ve basınç düzeylerinde süperkritik ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Hammadde çeşitleri, sıcaklık ve basınç değerleri ve bu değerlere karşılık verilen kodlar Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Belirtilen dört farklı peynir çeşidine; hammadde, belirtilen koşullarda ekstraksiyon uygulanan ve ekstraksiyon sonrası kalan peynir örneklerine; pelet adı verilmiştir. Peynirde, peletlerde ve ekstraktlarda ilgili analizler yapılmıştır. Değişen ekstraksiyon parametrelerine bağlı olarak ekstraktların isimlendirilmesi Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Uygulanan ekstraksiyon parametreleri için kullanılan harf karşılığı.

Özellik	Parametre	Kod
Ürün Türü	Çedar Peyniri	A
	EMP Çedar Peyniri	B
	EMP Rokfor Peyniri	C
	Rokfor Peyniri	D
Sıcaklık (°C)	35	X
	45	Y
	55	Z
Basınç (bar)	100	K
	200	L
	300	M

Çizelge 3.2. Hammaddelere uygulanan ekstraksiyon parametrelerine bağlı olarak oluşturulan örnek kodları

Çedar Peyniri Pelet ve Ekstraktı	EMP Çedar Peyniri Peleti ve Ekstraktı	EMP Rokfor Peyniri Peleti ve Ekstraktı	Rokfor Peyniri Peleti ve Ekstraktı	Sıcaklık (°C)	Basınç (Bar)
AXK	BXK	CXK	DXK	35	100
AYK	BYK	CYK	DYK	45	100
AZK	BZK	CZK	DZK	55	100
AXL	BXL	CXL	DXL	35	200
AYL	BYL	CYL	DYL	45	200
AZL	BZL	CZL	DZL	55	200
AXM	BXM	CXM	DXM	35	300
AYM	BYM	CYM	DYM	45	300
AZM	BZM	CZM	DZM	55	300

3.2. Metot

3.2.1. Hammadde ve Peletlerdeki Analizler

Çalışma boyunca yürütülen analizler iki temel gruba ayrılmıştır ve elde edilen sonuçlar bu şekilde değerlendirilmiştir. Bu gruplar; hammadde ve peletlere uygulanan analizler ile ekstraktlara uygulanan analizler şeklindedir. Çalışmada kullanılan Çedar peyniri, EMP Çedar Peyniri, Rokfor peyniri, EMP Rokfor peyniri ve peletlerde ilgili analizler yapılmıştır. Bu analizler; kuru madde analizi, pH tayini, yağ tayini, toplam protein analizi, üre-PAGE ile proteoliz düzeyi analizi (EMP Rokfor peyniri hariç), toplam serbest aminoasit tayini (EMP Rokfor peyniri hariç), GC ile lipoliz düzeyi analizi ve aroma (uçucu bileşiklerin) analizi uygulanmıştır. EMP Rokfor peynirine uygulanmadığı belirtilen analizler ilgili bölümde gerekçelendirilmiştir.

3.2.1.1. Kuru Madde Analizi

Toplam kuru madde miktarı çalışmada kullanılan Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peynirinde ve peletlerinde gravimetrik yöntemle 103 °C'de 5 saat şeklinde yapılmıştır (IDF, 1982). Ekstraksiyona ve ekstraksiyon koşullarına bağlı % kuru maddede gerçekleşebilecek olası değişimin ortaya konması hedeflenmiştir.

3.2.1.2. Yağ Tayini

Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peynirinde ve peletlerinde Gerber bütrometresi ile yağ analizi yapılmıştır. Van Gulik metodu kullanılmıştır (Ardö ve Polychroniadou, 1999). Ekstraksiyona ve ekstraksiyon koşullarına bağlı yağ miktarındaki değişiminin ortaya konması hedeflenmiştir.

3.2.1.3. pH Tayini

Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peynirinde ve peletlerinde pH metre (Gerber AL10pH) ve elektrot kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Elektrot örneğe doğrudan batırılmış pH değerinin sabit olduğu noktadaki değer alınmıştır. Ekstraksiyona ve ekstraksiyon koşullarına bağlı pH değişiminin ortaya konması hedeflenmiştir.

3.2.1.4. Protein Analizi

Çedar Peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri, EMP rokfor peyniri ve peletlerinde toplam azotlu maddeler tayini IDF (1986) uygun olacak şekilde yapılmıştır. Kjeldahl metodu kullanılmıştır. Bu metot ile toplam azotlu madde % olarak elde edilmiştir. Sonrasında 6.38 faktör ile çarpılarak örneklerin % protein değeri hesaplanmıştır. Ekstraksiyona ve ekstraksiyon koşullarına bağlı protein miktarındaki değişiminin ortaya konması hedeflenmiştir.



Şekil 3.1. Protein analizine ait görseller.

3.2.1.5. üre-PAGE Analizi

Farklı olgunlaşma sürelerine sahip olan Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve peletlerindeki proteoliz düzeylerinin elektroforetik olarak saptanmasında Shalabi and Fox (1987) tarafından geliştirilen elektroforez yöntemi kullanılmıştır. EMP Rokfor peyniri ve peletlerinde protein değeri %1'in altında olduğu ve neredeyse protein ihtiva etmediği için bu analiz gerçekleştirilememiştir. Bu amaçla peynir ve pelet örnekleri 7'şer g falkon tüplere tartılmış ve üzerine 35 ml deiyonize su ilave edilerek 15000 rpm'de 1 dakika homojenize edilmiştir. Sonrasında örnekler 45 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 30 dakika inkübe edilmiştir. Su banyosundan alınan örnekler 30 dakika buzlu suda bekletilmiştir. Ardından, örnekler 50000 g, 4 °C ve 20 dk santrifüj edilmiştir. Filtre kağıdı (No:1, Whatman) ile fraksiyonların ayrılması sağlanmıştır. Suda çözünmeyen fraksiyon (kalıntı) liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Liyofilize edilmiş suda çözünmeyen fraksiyon örneklerinden 10 mg alınmış ve 1 mL elektroforez örnek hazırlama tamponunda çözündürülmüştür. Ayırma jeli konsantrasyonu (T=%12,5, C=%4, pH 8,9) olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan bu numunelerden jellere 6 µL örnek yüklenmiş ve analiz Bulat (2011)'e göre yapılmıştır. Çalışmada yağsız süt tozu standart olarak kullanılmıştır.

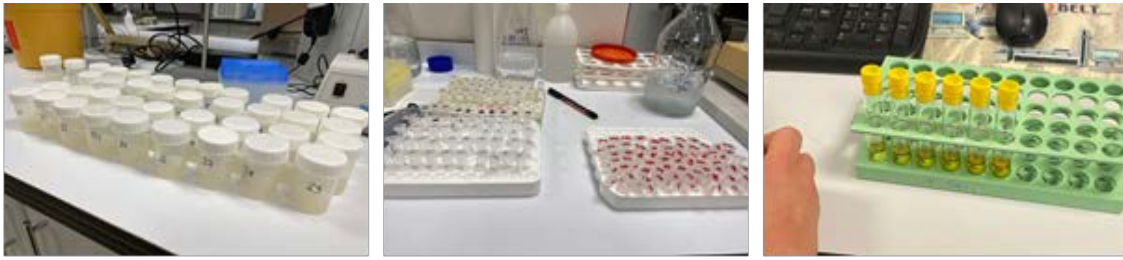


Şekil 3.2. üre-PAGE analizine ait görseller.

3.2.1.6. Toplam Serbest Aminoasit Tayini

Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve peletlerindeki toplam serbest amino asit miktarı TNBS yöntemi ile belirlenmiştir (Ardö ve Polychroniadou,1999). EMP Rokfor peyniri ve peletlerinde % protein değeri %1'in altında olduğu ve neredeyse

protein ihtiva etmediği için bu analiz gerçekleştirilememiştir. Analizde kimi modifikasyonlar yapılmıştır. 3.2.1.5’de belirtilen fraksiyonel ayırım sonrası elde edilen filtrattan (suda çözünen fraksiyon) 50 µL alınmış ve üzerine 950 µL deiyonize su ilave edilerek vortekslenmiştir. Bu işlem tekrarlanarak; karışımdan 50 µL alınmış ve üzerine 950 µL deiyonize su ilave edilerek vortekslenmiştir. Sonrasında elde edilen karışımdan 500 µL alınarak; 500 µL borat tamponu ile 1 mL TNBS çözeltisi üzerine ilave edilmiş sonrasında vortekslenmiştir. Son olarak elde edilmiş olan karışım 1 saat 37 C’deki su banyosunda bekletilmiş ve 2 mL 0.1 M fosfat tamponu eklenmiştir. (Fosfat tamponunda 1.5 mM Na₂SO₃ bulunmaktadır). Ölçümler, 420 nm’de Thermo Scientific Evolution 201 UV-Visible Spektrofotometre (Shanghai, China) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada lösin standart olarak kullanılmış ve 0.05-0.50 mM konsantrasyonda çözeltiler hazırlanarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Sonuçlar mg lösin/g peynir olarak verilmiştir (Bulat, 2011).



Şekil 3.3. TNBS analizine ait görseller.

3.2.1.7. Serbest Yağ Asidi Analizi

Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peyniri ve peletlerdeki serbest yağ asitleri ekstraksiyonunda De Jong ve Badings (1990)’ait yöntem kullanılmıştır. Analiz amacıyla, Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve peletlerinden 2.5 g, EMP Çedar peyniri, EMP Rokfor peyniri ve peletlerinden 1 g alınarak susuz sodyum sülfat ile homojen hale gelinceye kadar ezilmiştir. Devamında, Bulat (2011)’e göre ekstraksiyon ve analiz yapılmıştır. Ölçümlerde, ThermoScientific TRACE 1300 GC sistemi kullanılmıştır. Sistem; otosampler (ThermoScientific TriPlus RSH) ve alev iyonlaştırma dedektöründen (FID) oluşmaktadır. Analiz sonuçları mg serbest yağ asidi/kg peynir olarak verilmiştir. Analize ait koşullar Çizelge 3.3’de paylaşılmıştır.

Çizelge 3.3. Serbest yağ asidi analizi için kullanılan GC analiz koşulları (Bulat, 2011).

Kolon tipi	TR-FFAP kolon, 30 m uzunluk x 0.25 mm iç çap x 0.25 µm film kalınlığı (Thermo Fisher Scientific, Bellefonte PA, USA)
Akış hızı	2 mL/dk
Taşıyıcı faz	Helyum Gazı
Ayırım sıcaklığı	Kolon sıcaklığı 90 °C'den başlatılmıştır. 90 °C'de 1 dk bekletmenin ardından 240 °C'ye çıkarılmıştır. Bu işlem 7 °C/dk hızla yapılmış ve 240 °C'de 15 dk sabit tutulması sağlanmıştır.
Dedektör	Alev iyonlaştırma dedektörü, 260 °C
Enjeksiyon sıcaklığı	250 °C
Split oranı	20:1

3.2.1.8. Uçucu Bileşen Analizi

Hammadde ve her bir ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlerdeki uçucu bileşen analizinde SPME (Solid Phase Micro Extraction) yöntemi kullanılmıştır. Çedar peyniri ve peleti 2.0 g, EMP Çedar peyniri ve peleti 0.5 g, Rokfor peyniri ve peleti 2.0 g, EMP Rokfor peyniri ve peleti 0.5 g olacak şekilde 20 mL'lik GC-MS viallerine tartılmıştır ve iç standart ilave edilmiştir (2-metil-3-heptanon, 20 ppm 80 µL ve 2-metil pentanoik asit 200 ppm 80 µL). Vialler hermetik bir şekilde kapatılmıştır. Analizler 3 faz SPME fiber (1 cm, 50/30 µm, StableFlex DVB/CAR/PDMS, Supelco, Bellefonte, PA) kullanılarak. otosampler (ThermoScientific TriPlus RSH, Switzerland) ile gerçekleştirilmiştir. SPME Fiber viallerin tepe boşluğunda 45 °C'de 30 dakika bekletilerek uçucu bileşiklerin adsorpsiyonu sağlanmıştır (Bulat ve Topcu, 2020). Uçucu madde analizinde ThermoScientific ISQ-QD GC-MS sistemi (ThermoFisher Scientific, USA) sistemi kullanılmıştır. Analiz sonrası elde edilen kromatogramlarda tanımlama işlemi yapabilmek için WILEY ve NIST kütüphaneleri kullanılmıştır. Analize ait koşullar Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Uçucu bileşiklerin analizinde kullanılan GC-MS koşulları (Ünver, 2022).

Enjektör	Splitless mode
Desorpsiyon	SPME Fiber 260 °C'de 5 dakika olacak şekilde
Kolon	TR-WaxMS kolon (60 m x 0.25 mm, 0.25 µm film kalınlığı)
Dedektör	ISQ-QD MS
Kütle Aralığı	25-350
Kütle Aralığı	Helyum, 1 mL/dk akış hızı şeklinde
Sıcaklık Programlaması	Sıcaklık 40 °C'de 10 dakika bekletilerek sonrasında 5 °C/dk hızla artarak 250 °C'ye çıkarılmıştır ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekletilmiştir.

3.2.2. Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyonu

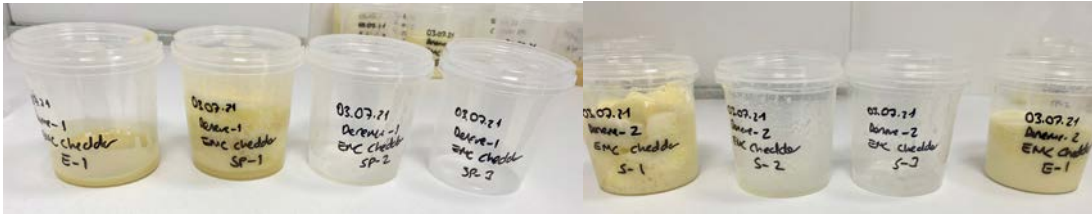
Peynir örneklerinde ekstraksiyon işlemi Maysa Gıda A.Ş. ve yerli bir firma olan Biosan tarafından tasarlanarak oluşturulan SC-2000 (Türkiye) cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaz 2 L ve 500 mL hacimli iki ekstraksiyon haznesi, 500 mL hacimli üç toplama haznesi, otomatik basınç regülatörü, haznelerinde sıcaklık kontrolü, yüksek basınca dayanıklı ekipmanlar (345 Bar) ve soğutma sisteminden oluşmaktadır ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Süperkritik akışkan ekstraktörü (SC-2000, Biosan, Türkiye).

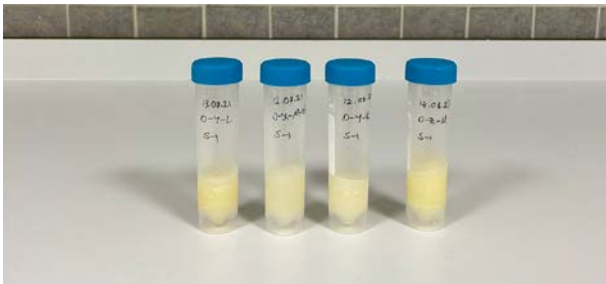
Cihazda iki farklı örnek yükleme haznesi bulunmakla birlikte tüm çalışma 500 mL hacme sahip olan haznede gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan olan hammaddelerin her biri

200 g olacak şekilde örnek yükleme haznesine konulmuştur. Peynir örneklerinin rendelenerek boyutları küçültülmüş, böylece CO₂'nin nüfuz ettiği yüzey alanının artırılması sağlanmıştır. EMP peynir örnekleri macun kıvamındadır ve hazneye doğrudan eklenmiştir. Yüzey alanını arttırmak amacıyla her ürüne eşit sayıda olmakla birlikte raschig (çelik bilya) halkaları eklenmiştir. Çalışma öncesinde ön denemeler yapılmış ve bu ön denemelerden örnek numune görselleri Şekil 3.5.'de gösterilmiştir. Ekstraksiyon süresi süre 90 dk olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Farklı seperasyon tekniklerinin denendiği ön deneme çalışmalarına ait görsel.

Akışkan olarak CO₂ (% 99.9 saflıkta) kullanılmıştır. Ekstraksiyon ve seperatör haznelerindeki sıcaklık ve basınç değeri cihazın üzerinde yer alan kontrol paneli üzerinden ayarlanmıştır. Ekstraksiyon için belirlenen süre tamamlandığında sistem kendiliğinden durmakta ve basıncın sistemden uzaklaştırılması için tahliye vanası kullanılmaktadır. Sistem geri dönüşümlü olarak da kullanılabilen fakat ard arda yapılan çalışmaların birbirini etkilememesi adına tahliye vanası ile her ekstraksiyonda sistemdeki CO₂ uzaklaştırılması sağlanmıştır. Çalışmada tek seperatör kullanılmış ve ekstraktlar Seperatör-1'den iğne vana aracılığı ile kaba aktarılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilmiş ekstraktlardan bazıları Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Elde edilen ekstraktlardan bazılarına ait görsel.

Tüm peynir çeşitleri için 35, 45, 55 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık ve 100, 200, 300 bar olmak üzere üç farklı basınç 90 dk ve 20 g/dk CO₂ akış hızında gerçekleştirilmiştir ve Çizelge 3.5’de gösterilmiştir. Çalışmada etanol kullanılma durumuna ön denemeler ile karar verilmiştir. Hammaddelerin yarı mamul olarak tekrar değerlendirilebilecek olduğunun öngörülmesi ve peletten etanolün uzaklaştırılması için ek bir işleme ihtiyaç duyulması sebebiyle ekstraksiyon koşullarında etanol derişimi çalışılmamıştır.

Peynir örneğinde her bir parametrenin kombinasyonu olacak şekilde, 4 peynir örneği için ise toplam 36 ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon öncesi seperatör haznesine her bir ekstraksiyon için 100 mL ayçiçek yağı konulmuştur. Aroma bileşiklerinde tutuklama fazı olarak ayçiçek yağı kullanılmıştır. Ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstrakt örnekleri hava almayacak şekilde kapatılmış ve analiz süresine kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmada Uygulanan Ekstraksiyon Parametreleri.

Sıcaklık (°C)	35, 45, 55
Basınç (bar)	100, 200, 300
Ekstraksiyon süresi (dk)	90
CO ₂ Akış Hızı (g/dk)	20

3.2.3. Ekstraktlara Uygulanan Analizler

3.2.3.1. Uçucu Bileşen Analizi

Ekstraktlarda serbest yağ asidi analizi bölüm 3.2.1.8’de belirtildiği şekilde yapılmıştır. Belirtilenden farklı olarak Çedar peyniri ekstrakt 2 g; Rokfor peyniri, EMP Rokfor peyniri ve EMP Çedar peyniri ekstrakt 1 g olacak şekilde amber renkli GC-MS viallerine tartılmış her gün tekrarlı hazırlanan iç standartlar ilave edilerek viallar kapatılmış ve analiz edilmiştir.

3.2.3.2. Serbest Yağ Asidi Analizi

Ekstraktlarda uçucu bileşen analizi bölüm 3.2.1.7’de belirtildiği şekilde yapılmıştır. Belirtilenden farklı olarak ekstraktlar 1 g alınarak 8 g susuz sodyum sülfat ile homojen hale gelinceye kadar karıştırılarak analize hazır hale getirilmiştir. Analiz sonuçları mg serbest yağ asidi/kg ekstrakt olarak verilmiştir.

3.2.3.3. Duyusal Analiz

Hammaddelerden süperkritik ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstraktların nitel olarak değerlendirilebilmesi için yapılmıştır. Çalışmada elde edilen ekstraktların duyusal değerlendirilmesi için panelist ekibi kurulmuştur. Bu ekip; Maysa Gıda A.Ş. çalışanları ile Hacettepe Üniversitesi’ndeki ilgili alanda çalışan öğrenci ve öğretim üyelerinden oluşmaktadır. Bu ekipteki kişilerin yaşları 25-55 arasında değişmektedir ve 7 kadın, 3 erkekten oluşmaktadır. Çalışmada 2 farklı peynir ve 2 farklı EMP peyniri olmak üzere 4 farklı peynire ait ekstraktlar bulunmakta ve peynirlerin lezzet yönleri değerlendirildiğinde iki temel gruba ayrılması gerektiğine karar verilmiştir. Bu doğrultuda duyusal tanımlayıcılar oluşturulmuştur. Çedar Peyniri ile EMP Çedar peyniri, iki temel gruptan biridir ve Çedar grubu olarak adlandırılmıştır. Diğer grubu ise Rokfor peyniri ile EMP Rokfor peyniri oluşturmakta ve Rokfor grubu olarak adlandırılmıştır. Aynı grup içindeki peynirler aynı skalalar kullanılarak değerlendirilmiştir. Şekil 3.7’de görüldüğü üzere EMP peynirler doğrudan tüketilemediği için koku yönüyle değerlendirilebilmesi için direkt örneklerden; lezzet olarak değerlendirilebilmesi için ise krem peynire %3 oranında ilave edilerek panelistlerin değerlendirilmesine sunulmuştur.



Şekil 3.7. EMP peynirlere ait görsel.

Çedar peyniri ve EMP Çedar peyniri için duyuşal tanımlayıcılar: bitter, tuzlu, tatlı, pişmiş, sülfıt, yemiş, meyvemsi, hayvansı, mantar ve karamel olmak üzere toplam on adet belirlenmiştir. Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peyniri için ise duyuşal tanımlayıcılar: küflü, tuzlu, tatlı, kremamsı, ransit, sabunumsu, asidik, keskin ve yağlı olmak üzere on adet belirlenmiştir. Duyusal analizde kabul edilebilirlik analizi kullanılmıştır. Analizde Tam Olması Gereken [Just About Right (JAR)] skalası kullanılmıştır. Panelistler 1 ile 5 arasında puanlama yapmıştır. Bu puanlamada, 1 beklenenden az; 3 benzer; 5 ise beklenenden çok anlamına gelmektedir ve ekstraktlar hammadde olarak kullanılan Çedar peyniri, Rokfor peyniri, EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peynirine kıyasla puanlanmıştır (Lawless ve Heymann, 2010).

Çizelge 3.6. Çedar Grubu ve Rokfor grubu için duyuşal tanımlayıcılar ve duyuşal analiz için kullanılan ürünler

Çedar Grubu	Duyusal Analiz İçin Kullanılan Ürünler	Rokfor Grubu	Duyusal Analiz İçin Kullanılan Ürünler
1.Bitter	Kafeinli Çözelti	1.Küflü	Mavi küflü peynir
2.Tuzlu	Tuzlu Çözelti	2.Tuzlu	Tuzlu Çözelti
3.Tatlı	Sakkarozlu Çözelti	3.Tatlı	Sakkarozlu Çözelti
4.Pişmiş	Kaynatılmış süt	4.Kremamsı	UHT krema
5.Sülfıt	Etil disülfıt	5.Ransit	Hekzanoik asit
6.Yemiş	Yağlı yer fıstığı	6.Sabunumsu	Olgun Çedar
7.Meyvemsi	Etil hekzanoat	7.Meyvemsi	Etil hekzanoat
8.Hayvansı	İndol	8.Asidik	Laktik asit
9.Mantar	1-okten 3-on	9.Keskin	Soda
10.Karamel	Furaneol	10.Yağlı	Asetoin

Duyusal analizde kullanılan değerlendirme çizelgeleri 4 peynir çeşidi ve 2 grup için EK1-4'de verilmiştir. Çizelge 3.6'da gruplara ait duyuşal tanımlayıcılar ve duyuşal tanımlayıcılar yönünden panelistlerin eğitilmesi için kullanılan ürünler verilmiştir. Öncelikle panelistlerden duyuşal tanımlayıcılara karşılık olarak kimyasal ve/veya doğal hammadde/bileşenlerini tatması ve/veya koklaması istenmiştir. Doğal olarak hazırlanan duyuşal tanımlayıcılara ait görsel Şekil 3.8'te; kimyasal bileşenlerden oluşan duyuşal tanımlayıcılara ait görsel Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Duyusal tanımlayıcılardan

bazılarının hazırlığına ait bilgiler Çizelge 3.7’de verilmiştir. Duyusal değerlendirme yapılırken öncelikle hammadde sonrasında ekstraktlar değerlendirilmiştir. Panelistlerden ürünleri hammaddeye benzerlik yönünden değerlendirmesi istenmiştir. Örnek sayısının fazla olması sebebiyle her bir peynir için bu çalışma farklı günlerde olacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca değerlendirme boyunca duyusal tanımlayıcılara ait hazırlanan ürünler panelistlerin ulaşabileceği noktada bekletilmiştir. Böylelikle panelistlerin tanımlamakta zorlandığı duyusal tanımlayıcıyı hatırlaması sağlanmıştır. Peletlerde duyusal değerlendirme yapılmamıştır.

Çizelge 3.7. Duyusal tanımlayıcılardan bazılarının hazırlığına ait bilgiler.

Terim	Tanımlama	Standart
Bitter (acı)	Kafein veya kininin tipik olduğu temel tat hissi olarak tanımlanır.	Kafein % 0.08 suyun içinde hazırlanır.
Kremamsı	Yağlı, krema niteliğinde veya içeren lezzet olarak tanımlanır.	UHT krema direkt olarak hazırlanır.



Şekil 3.8. Doğal olarak hazırlanan duyusal tanımlayıcılara ait görsel.



Şekil 3.9. Kimyasal bileşen olarak hazırlanan duyusal tanımlayıcılara ait görsel.

3.2.3.4. İstatiksel Analizler

Çalışmada yapılan analizler 2 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bu verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu analizde SPSS 16.0 programı kullanılmıştır. ANOVA, varyanslar arasındaki farklılığın önem kontrolü için kullanılmıştır ve farklılık $p < 0,05$ önemlilik düzeyinde değerlendirilmiştir. Uçucu bileşen analizi ve duyusal analizde elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis, PCA) kullanılmıştır. PCA, boyut küçültme olarak tanımlanabilmektedir. Burada boyut küçültme verilerin doğrusal şekilde yüklenmesi ve yeni değişken setinin oluşturulması şeklindedir (Peng ve ark., 2020). Elde edilen sonuçlar Solo 8.1 (Eigenvector Research, Inc.) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Uçucu bileşen analizine ait veriler uçucu bileşiğe ait pik alanının internal standardın pik alanına oranı şeklinde düzenlenmiştir. Sonrasında ise uçucu bileşen analizi verilerine; autocenter ve mean center preprocessing uygulanmıştır. Duyusal analizde ise b-pilot uygulanmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Hammadde ve Peletlerdeki Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında kullanılan peynir örneklerine hammadde; süperkritik ekstraksiyon işlemine tabi tutulduktan sonra kalan kısma pelet, ekstraksiyon sonucunda elde edilen yüksek oranda yağ içeren faza ise ekstrakt denilmektedir. Bu bölümde hammadde ve peletlere ait olan analiz sonuçları aktarılmıştır. Kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla; kuru madde analizi, yağ tayini, pH tayini ve protein analizi yapılmıştır. Proteliz düzeyini belirlemek amacıyla üre-PAGE analizi ve TNBS analizi; lipoliz düzeyini belirlemek amacıyla serbest yağ asidi analizi (GC ile) yapılmıştır. Aroma profilini belirlemek amacıyla ise uçucu bileşen analizi (GC-MS-SPME ile) yapılmıştır.

4.1.1. Kuru Madde

Çalışma sonucunda elde edilen % kuru madde analiz değerleri Çedar peyniri ve peletleri ile EMP Çedar peyniri ve peletleri için Çizelge 4.1’de, EMP Rokfor peyniri ve peletleri ile Rokfor peyniri ve peletleri için ise Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan hammaddelerden peynir grubunda yer olan Çedar peynirinin kuru maddesi %63.01; Rokfor peynirinin kuru maddesi %63.09 olarak bulunmuştur. Çalışmada kullanılan hammaddelerden EMP grubunda yer olan EMP Çedar peynirinin kuru maddesi %56.22 EMP Rokfor peynirinin kuru maddesi %38.95 olarak bulunmuştur. Ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlerin kuru maddelerinde hammaddeye kıyasla değişimlerin meydana geldiği saptanmıştır. Her bir peynir çeşidinde benzer olmakla birlikte ekstraksiyon sonrasında elde edilen peletlerde % kuru maddenin azaldığı görülmektedir. Ekstraksiyon işlemi ile hammaddelerden büyük oranda yağın ekstrakte edilmesi ve yapıdan uzaklaştırılması ile kuru maddenin hammaddeye kıyasla azalması beklenen bir sonuçtur. Sánchez-Macías ve ark., (2013) çalışmasında yağ ekstraksiyonu sebebiyle kuru maddenin azaldığı saptanmıştır. Fakat yapıdan ayrılan yağ miktarına kıyasla % kuru maddenin değişiminin daha kısıtlı olarak azalmasının nedeninin ekstraksiyon süresince uygulanan sıcaklık ile hammaddelerin nem kaybetmesinden veya bir kısım nemin süperkritik çözücü ile taşınmış olabileceğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yee ve ark., (2008) çalışmasında peynir örneklerinde ekstraksiyon sonrası nemin azaldığı saptanmış ve bu durum proses boyunca peynirin kurumasından kaynaklandığını yorumu yapılmıştır.

Hammaddeden yağ ekstrakte edildikçe kurumadde azalmakta ve dolayısıyla nem miktarı artmakta aynı zamanda sıcaklığa bağlı olarak peynirin kurumasına bağlı olarak da nem miktarı azalmaktadır. Bu durum % yağ değişimine kıyasla kuru madde değişiminin sınırlı kalmasını açıklamaktadır. Örnekler arası farklılık istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). Çedar peyniri peletlerinde % kuru maddenin en fazla azaldığı 300 bar, 35 °C koşullarında elde edilen AXM peleti olmuştur. Aynı zamanda % yağ değişiminin en fazla olduğu örnektir. EMP Çedar peyniri peletlerinde % kuru maddenin en fazla azaldığı örnek 100 bar, 55 °C koşullarında elde edilen BZK peleti; EMP Rokfor peyniri peletlerinde % kuru maddenin en fazla azaldığı örnek 100 bar, 35 °C koşullarında elde edilen CXK peleti; Rokfor peyniri peletlerinde % kuru maddenin en fazla azaldığı örnek 200 bar, 35 °C koşullarında elde edilen DXL peleti olmuştur.

Çizelge 4.1. Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri ve peletlerinin % kuru madde, % yağ (kuru maddede), % yağ değişimi, protein ve pH değerleri.

Örnek Kodu	%Kuru Madde	% Yağ (Kuru maddede)	% Yağ Değişimi	% Protein	pH
Çedar peyniri	63.01	54.75	-	25.26	5.57
AXK	55.25	30.77	43.80	32.16	5.49
AYK	56.26	31.11	43.19	33.05	5.60
AZK	57.25	31.44	42.58	33.75	5.62
AXL	54.51	25.68	53.09	32.01	5.79
AYL	56.27	25.77	46.45	32.04	5.83
AZL	58.29	30.02	45.17	33.07	5.81
AXM	53.26	25.35	53.71	33.94	5.69
AYM	56.02	28.56	47.84	34.05	5.45
AZM	55.45	29.76	45.65	34.21	5.62
EMP Çedar	56.22	64.92	-	10.12	5.54
BXK	55.25	64.25	1.03	7.88	5.64
BYK	54.20	59.96	7.64	7.07	5.61
BZK	52.29	60.24	7.21	9.38	5.68
BXL	52.69	58.83	9.38	10.17	5.60
BYL	53.10	54.61	15.88	9.37	5.66
BZL	54.07	57.33	11.69	9.19	5.67
BXM	54.63	64.07	1.32	10.04	5.63
BYM	55.14	54.41	14.80	10.49	5.62
BZM	55.90	61.72	4.94	9.95	5.64

Çizelge 4.2. Rokfor peyniri, EMP Rokfor peyniri ve peletlerinin % kuru madde, % yağ (kuru maddede), % yağ değişimi, protein ve pH sonuçları.

Örnek Kodu	%Kuru Madde	% Yağ (Kuru maddede)	% Yağ Değişimi	% Protein	pH
Rokfor peyniri	63.09	51.51	-	22.51	5.69
DXK	60.36	45.56	11.56	24.16	5.64
DYK	61.39	48.05	6.72	25.84	5.68
DZK	61.12	44.18	14.25	26.16	5.72
DXL	58.66	42.62	17.27	25.24	5.76
DYL	62.59	44.74	13.16	26.89	5.43
DZL	62.23	42.58	17.33	26.92	5.59
DXM	62.06	42.70	17.11	25.46	5.44
DYM	60.80	45.23	12.20	26.97	5.59
DZM	61.60	41.40	19.64	27.51	5.55
EMP Rokfor	38.95	98.59	-	0.75	4.60
CXK	35.36	96.15	3.47	0.71	4.43
CYK	35.64	94.00	5.64	0.65	4.53
CZK	36.23	86.94	12.72	0.72	4.55
CXL	36.15	98.20	1.42	0.77	4.45
CYL	36.50	87.67	11.99	0.77	4.34
CZL	36.68	94.06	5.58	0.75	4.47
CXM	36.93	93.42	6.22	0.72	4.35
CYM	37.10	91.64	8.00	0.73	4.43
CZM	37.90	97.89	0.67	0.76	4.51

4.1.2. Yağ

Çalışmada kullanılan peynir çeşitlerinin her birinin kimyasal bileşim değerleri birbirinden farklıdır. Kaynaklara bakıldığında, ortalama değer olarak, Çedar peyniri için % kuru madde değeri %63.00, % yağ değeri ise %32.00, Rokfor peyniri için % kuru madde değeri %60.00, % yağ değeri ise %31.00 olarak belirtilmiştir (Fox ve ark., 2017a). Her iki peynir çeşidindeki kullanılan hammaddelerin ilgili değerlerinin benzer olduğu görülmektedir. EMP grubunda yer alan EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peyniri ise Maysa Gıda A.Ş.'nin geliştirdiği yöntemlerle ve firmaya özgün şekilde üretilmektedir. EMP Çedar peynirinin üretiminde temel olarak; Çedar peyniri, su, fosfat tuzları (tamponlayıcı olarak), lipaz ve proteazların kullanıldığı belirtilmiştir. EMP Rokfor peynirinde ise krema, su, fosfat tuzları (tamponlayıcı olarak) ve lipaz ilavesi ile baz oluşturulduğu sonrasında *Penicillium roquefortii* küfü ilavesi ile fermantasyon gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Yağ miktarının kurumaddedeki değişime bağlı

gösterilebilmesi amacıyla kurumaddedeki yağ değerleri verilmiştir. Ayrıca % yağ değişimi hesaplanırken kurumaddeki yağ miktarları baz alınmıştır. Hammaddelerden Çedar peynirinin kuru maddede yağ miktarı %54.75, Rokfor peynirinin %51.51, EMP Çedar peynirinin %64.92, EMP Rokfor peynirinin ise %98.59'dır. EMP Rokfor peyniri krema bazı ile üretildiği için kuru maddenin neredeyse tamamını yağ oluşturmaktadır. % Yağ (kuru maddede) ve % yağ değişimi değerleri Çedar peyniri ve peletleri ile EMP Çedar peyniri ve peletleri için Çizelge 4.1'de, EMP Rokfor peyniri ve peletleri ile Rokfor peyniri ve peletleri için ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Yağ ekstraksiyonuna bağlı olarak Çedar peynirinden elde edilen peletlerde yağ miktarındaki değişim en düşük oranda %42.58 ile 55 °C ve 100 bar ekstraksiyondan elde edilen AZK peletinde, en yüksek oranda ise %53.71 ile 35 °C ve 300 bar ekstraksiyonda elde edilen AXM peletinde gözlenmiştir. Yee ve ark., (2008)'nin yaptığı çalışmada SC-CO₂ ekstraksiyonu farklı olgunluklardaki Çedar peyniri için 350 bar, 35 °C, 55 dakika, 20 g/dk akış hızında gerçekleştirilmiş ve genç Çedar peynir için yağ miktarının ortalama genç Çedar peynirinde %53.56 ve olgun Çedar peynirinde %47.90 azaldığı belirtilmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışma akış hızı aynı olmakla birlikte süre 90 dakikadır fakat basınç 300 bardır. Bu çalışmada AZK peletinde elde edilen bulgular ile uyumludur.

EMP Çedar peynirinden elde edilen peletlerde ise yağ miktarındaki değişim en düşük oranda %1.03 ile 35 °C ve 100 bar ekstraksiyondan elde edilen BXK peletinde, en yüksek oranda ise %15.88 ile 45 °C ve 200 bar ekstraksiyondan elde edilen BYL peletinde gözlenmiştir. EMP Rokfor peynirinden elde edilen peletlerde ise yağ miktarındaki değişim en düşük oranda %0.67 ile 55 °C, 300 bar ekstraksiyondan elde edilen CZM peletinde, en yüksek oranda ise %11.99 ile 45 °C, 200 bar ekstraksiyondan elde edilen CYL peletinde gözlenmiştir. Her iki EMP peynir çeşidinde de 200 bar, 45 °C koşulları elde edilen % yağ değişiminin en fazla olduğu koşullar olmuştur. Ünver (2022)'nin çalışmasında da EMP Ezine peyniri ile benzer çalışma yürütülmüş ve 200 bar, 45 °C'de elde edilen pelet; ikinci en yüksek oranda % yağ değişiminin görüldüğü pelet olmuştur.

Yağ ekstraksiyonuna bağlı olarak Rokfor peynirinden elde edilen peletlerde yağ miktarındaki değişim en düşük oranda %6.72 ile 45 °C ve 100 bar ekstraksiyondan elde

edilen DYK peletinde, en yüksek oranda ise %19.64 ile 55 °C ve 300 bar ekstraksiyonda elde edilen DZM peletinde gözlenmiştir. Çedar peynirinde gözlemlendiği gibi %yağ değişimi en yüksek basınçta elde edilmiştir. Ünver (2022)'nin çalışmasında da Ezine peyniri ile benzer çalışma yürütülmüş ve 300 bar, 55 °C'de elde edilen pelet; en yüksek oranda % yağ değişiminin görüldüğü pelet olmuştur. Mavi küflü peynirde düşük sıcaklık-basınç koşullarında, çok düşük yağ ekstraksiyonu (yağ asitleri ve trigliseritler) ile birlikte metil ketonların alınabildiği görülmüştür (Raines, 2012). Düşük sıcaklık-basınç koşullarındaki % yağ değişiminin sınırlı olması da bu durumla uyumludur.

EMP peynirlerinde yağ ekstraksiyon veriminin düşük olması, peynirin tekstürel yapısı ile ilgilidir. EMP peynirler genelde macun kıvamında olup ekstraksiyon haznesinde süperkritik akışkanın tüm dokuya nüfuz edememiş olduğu düşüncesindeyiz. Ayrıca, EMP peynir çeşitlerinde üretim prosesinde lipaz ilavesi ile lipoliz teşvik edilmekte ve dolayısıyla bu ürünler serbest yağ asitlerini (SYA) yüksek oranda içermektedir. Trigliserit miktarı ise düşük kalmaktadır. Peynir çeşitlerinde de tam tersi durum söz konusudur. Tüm % yağ değişimi değerleri incelendiğinde EMP peynir çeşitlerinde, peynir çeşitlerine kıyasla % yağ değişiminin sınırlı kaldığı görülmektedir. Çalışmanın amacı yağ ekstraksiyonunun miktarca fazla olmasından ziyade aroma yoğun şekilde elde edilebilmesini sağlamaktır. Aroma bileşenlerinin büyük kısmının uçucu olması sebebiyle ekstraksiyon sırasında karbondioksit tarafından tutulabildiği düşünülmektedir. Örnekler arası farklılık istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

4.1.3. pH

Peletlerin hammaddeye kıyasla pH değerinin ekstraksiyon parametrelerine bağlı olası değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. pH değerleri Çedar peyniri ve peletleri ile EMP Çedar peyniri ve peletleri için Çizelge 4.1'de, EMP Rokfor peyniri ve peletleri ile Rokfor peyniri ve peletleri için ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Yee ve ark., (2008) tarafından yapılan çalışmada karbondioksitin su ile etkileşime girdiği ve karbonik asit formuna dönüşerek ekstraksiyon uygulanan örnekteki pH değerini düşürebileceği belirtilmiştir. EMP Rokfor peyniri peletlerinin tümünde, diğer peynir örneklerinde ise bazı parametrelerde elde edilen peletlerde bu durum saptanmıştır. Genel olarak tüm peynir çeşitlerine ait peletler değerlendirildiğinde bazı ekstraksiyon parametrelerinde pH

değerlerinde düşüş, bazılarında ise artış olduğu görülmekte ve bir doğrusallık bulunmamaktadır. Yee ve ark., (2008); aynı çalışmada, pH değerlerinin ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlerde arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun yapıdan serbest yağ asitlerinden ayrılması ile peynirdeki toplam asitliğin düşmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Örnekler arası farklılık istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). Fakat ekstraksiyonun pH'yı etkilemediği ve ekstraksiyon verimi üzerine etkisinin önemsiz olduğu saptanmıştır. Değişen parametrelere göre anlamlı bir azalma veya artma saptanamamıştır.

4.1.4. Protein

Çalışmada tüm peynir hammaddelerinde ve peletlerinde protein analizi yapılmıştır. EMP Rokfor peynirinin üretimi krema bazı ile yapılmıştır ve dolayısıyla neredeyse hiç protein ihtiva etmemekte ve % protein değeri hem hammadde hem de peletlerde Çizelge 4.2' de görüldüğü üzere %1'in altındadır. Çizelge 4.1'de ve Çizelge 4.2.'de ise Çedar peyniri ve Rokfor peynirinin % protein değerinin ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlerde hammaddeye göre arttığı görülmektedir. Çalışmalarda, SC-CO₂ prosesi ile protein değişiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Sánchez-Macías ve ark., 2013; Ünver, 2022). Ekstraksiyon esnasında büyük oranda yağ ekstraksiyonu meydana gelmekte ve böylece pelette yer alan protein konsantrasyonu görece artabilmektedir. Bu nedenle % protein değeri hammaddeye kıyasla peletlerde artmakta fakat toplam miktarı değişmemektedir. Çedar peyniri ve Rokfor peynirinde görülmekte olan artış ekstraksiyon koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin Çedar peyniri peletlerinden 100 bar basınçta elde edilen AXK, AYK, AZK örneklerinde artan sıcaklığa bağlı şekilde % protein miktarı %32.16, %33.05, %33.75 olarak doğrusal artmaktadır. 200 bar ve 300 bar basınçta elde edilen peletlerde de aynı basınçta artan sıcaklığa göre protein miktarı artmaktadır. 100 bar basınçta elde edilen Rokfor peyniri peletleri olan DXK, DYK ve DZK örneklerinde de aynı basınçta artan sıcaklığa bağlı şekilde %protein miktarı %24.16, %25.24, %25.46 olarak doğrusal artmaktadır. 200 bar ve 300 bar basınçta elde edilen peletlerde de aynı basınçta artan sıcaklığa göre protein miktarı artmaktadır. Görüldüğü üzere her iki peynir çeşidinde aynı basınç değerinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak yağ ekstraksiyon veriminin arttığı böylelikle peletlerde protein miktarının hammaddeye kıyasla göreceli arttığı yorumu yapılabilmektedir. Sánchez-Macías ve ark., (2013),

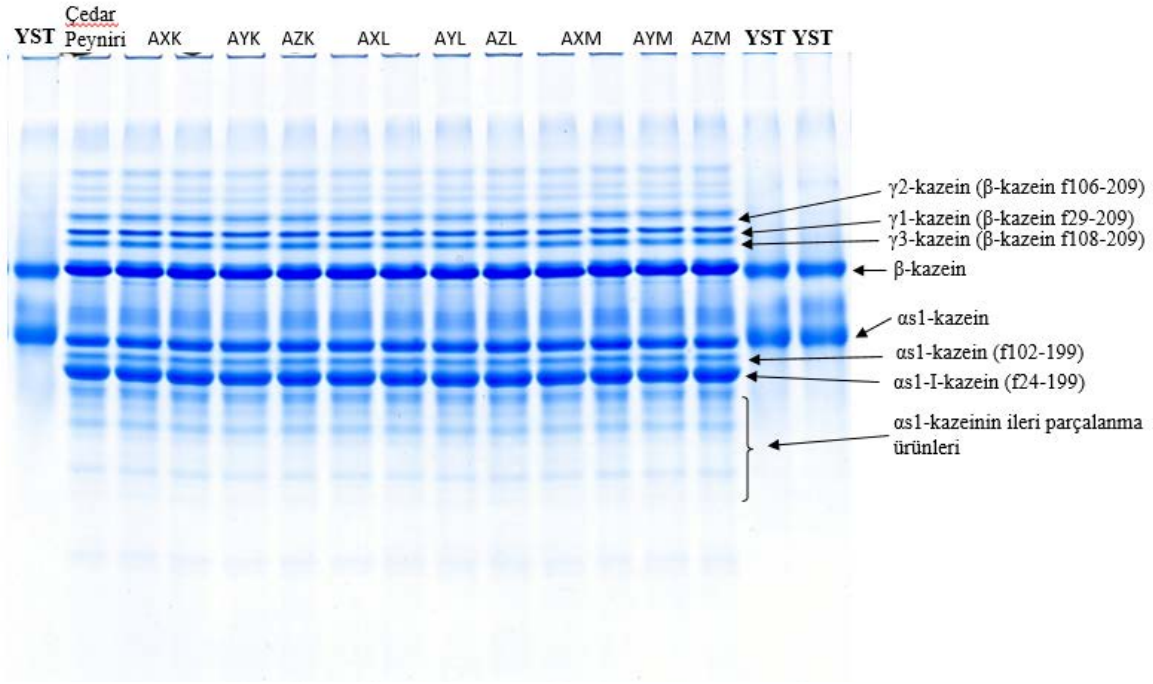
çalışmasında % protein değerlerinin basınç artışına bağlı olarak arttığı gözlenmekte benzer durum Ünver (2022)'nin yaptığı çalışmada da görülmektedir. Örnekler arası farklılık istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

EMP Çedar peynirinin peletleri % protein değeri ekstraksiyon koşullarının değişmesine bağlı doğrusal bir artış veya azalış göstermemektedir. EMP Çedar peynirinde diğer peynir çeşitlerinden farklı olarak ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlerdeki % protein değerinde azalma olduğu durumlar gözlenmiştir. EMP Çedar peynirinde kullanılan proteazların; proteinleri parçalaması sonucu suda çözünür serbest amino asitler de oluşturmaktadır. Yine diğer peynir türlerinden farklı olarak EMP Çedar peynirinde ekstraksiyon ile suda çözünen ve lezzete katkısı olan suda çözünür aminoasitlerin ekstrakte edilebildiği ve bu sebeple bazı ekstraksiyon koşullarında % protein değerlerinin azalış gösterdiği düşünülmektedir.

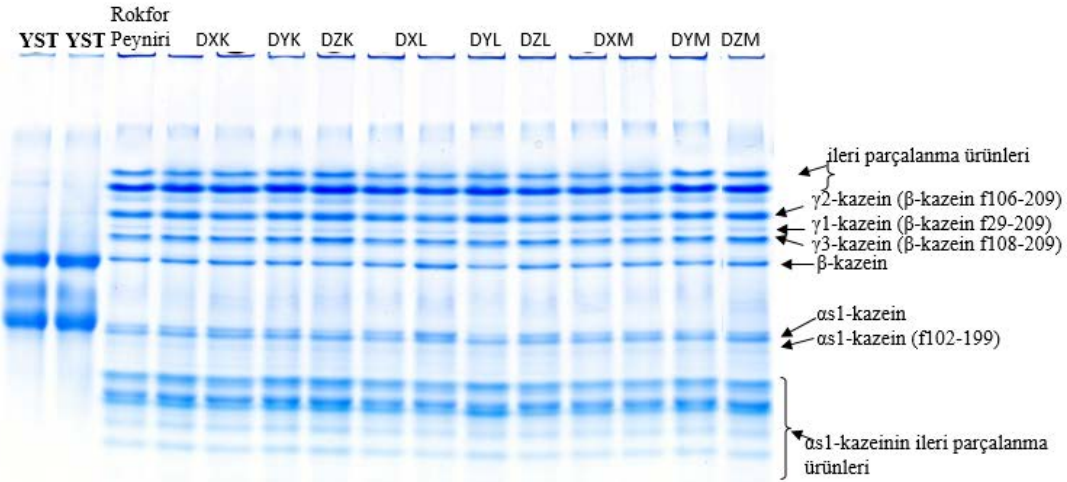
4.1.5. üre-PAGE

Hammadde ve her bir ekstraksiyon koşulunda elde edilen peletlerdeki proteoliz düzeyleri hakkında yorum yapabilmek amacıyla yapılması hedeflenen analizlerden biri üre-PAGE analizidir. Örneklerde analizin ekstraksiyon öncesi ve sonrası şeklinde planlanmasının sebebi ise ekstraksiyon işleminin kazein fraksiyonlarına olası etkilerinin ortaya konulabilmesidir. Peynirde meydana gelen birincil proteolizin pH 4.6'da çözünür azot düzeyi ve üre-PAGE ile belirlendiği belirtilmektedir (Bulat, 2011). EMP Rokfor peyniri ve peletlerinde 4.1.4'de belirtildiği gibi protein değerinin %1'in altında olması ve neredeyse protein ihtiva etmemesi sebebiyle üre-PAGE analizi gerçekleştirilmemiştir.

Şekil 4.1'de Çedar peyniri ve Şekil 4.2'de Rokfor peyniri ile her bir ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlere ait elektroforetogramlar görülmektedir. İlgili bantlardan görüldüğü üzere uygulanan proses parametrelerinin kazein fraksiyonlarına belirgin bir etkisi olmamıştır. Süperkritik ekstraksiyonda daha çok hidrofobik karakterdeki ve küçük moleküler yapıdaki ögelerin seçici ekstraksiyonu gerçekleştiğinden kazein fraksiyonları üzerine etkisinin olmaması beklenen yöndedir.

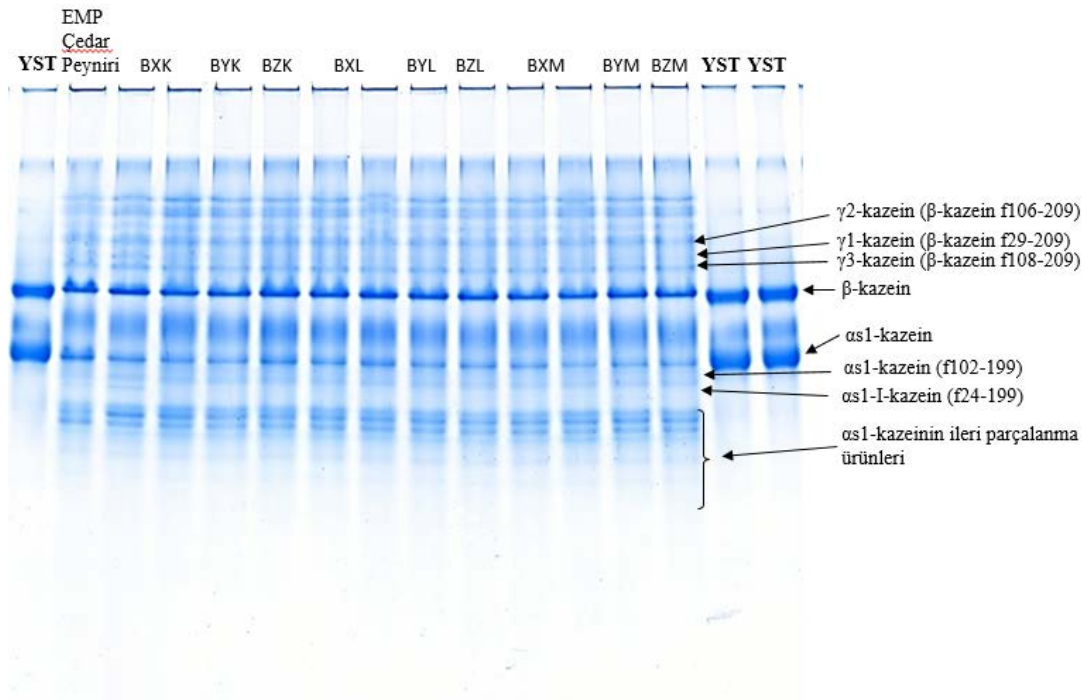


Şekil 4.1. Çedar peynirine ve bu peynire; 100, 200, 300 bar basınç ve 35, 45, 55 °C sıcaklık parametrelerinde uygulanan süperkritik CO₂ ekstraksiyon işlemi sonucu kalan peletlere ait üre-PAGE elektroforetogramları. (YST: Yağsız süt tozu)



Şekil 4.2. Rokfor peynirine ve bu peynire; 100, 200, 300 bar basınç ve 35, 45, 55 °C sıcaklık parametrelerinde uygulanan süperkritik CO₂ ekstraksiyon işlemi sonucu kalan peletlere ait üre-PAGE elektroforetogramları. (YST: Yağsız süt tozu)

Şekil 4.3.'de EMP Çedar peyniri her bir ekstraksiyon sonrası elde edilen peletlere ait elektroforetogram görülmektedir. Hammadde ve pelet bantları kıyaslandığında kazein fraksiyonlarına belirgin bir etkisi olmadığı diğer iki peynir çeşidine benzer olduğu görülmektedir. Fakat kazein fraksiyonlarına ait bant yoğunlukları ticari Çedar peyniri ile kıyaslandığında daha az olduğu görülmektedir. Örnek hazırlamada önce suda çözünmeyen fraksiyon elde edilmiş devamında liyofilize edilerek kurutulmuştur. Kurutulmuş olan bu fraksiyon ilgili tamponda çözündürülerek jelle tüm örnekler 6 µl olacak şekilde yüklenmiştir. Bu aşamaya kadar tüm koşullar tüm peynir çeşitleri için aynıdır bu sebeple jeller arası bant dansitelerindeki farklılık örneklerdeki suda çözünmeyen protein yoğunluğu ile ilgilidir. Bu bağlamda, üretiminde enzimlerin (preotazların, lipaz vb.) kullanıldığı EMP peynirlerde yüksek proteoliz sonucu kalıntı kazein fraksiyonların azlığının görülmesi beklenen yöndedir.



Şekil 4.3. EMP Çedar peynirine ve bu peynire; 100, 200, 300 bar basınç ve 35, 45, 55 °C sıcaklık parametrelerinde uygulanan süperkritik CO₂ ekstraksiyon işlemi sonucu kalan peletlere ait üre-PAGE elektroforetogramları. (YST: Yağsız süt tozu)

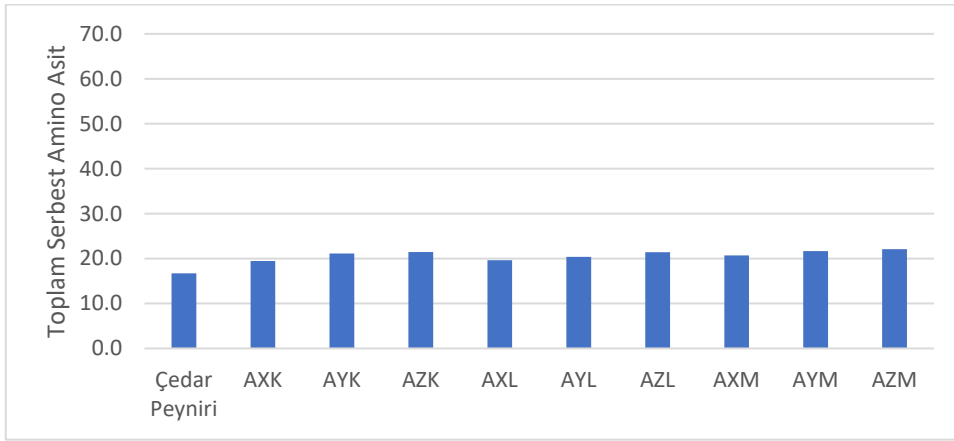
4.1.6. Toplam Serbest Amino Asit

Herhangi bir peynirdeki toplam serbest aminoasit miktarı peynirin olgunlaşma süresince değişebilmektedir. Çalışmada kullanılan farklı peynir çeşitlerinde raf ömrü benzerliği bulunmamaktadır ve bu peynirlerin olgunlaşma süreci takip edilmemektedir. Analiz ekstraksiyonun toplam serbest amino asit miktarındaki olası değişimi inceleyebilmek ve böylelikle proteoliz düzeyi hakkında ve dolayısı ile ekstraksiyona etkileri hakkında yorum yapabilmek amacıyla yapılmıştır. Hammaddedeki mevcut toplam amino asit konsantrasyonu ile her bir ekstraksiyon koşulunda elde edilen peletlerdeki kıyaslanarak her bir grubun kendi içinde değerlendirilmesi sağlanmıştır. Toplam serbest aminoasit miktarı mg lösün/g peynir olarak verilmiştir. Belirtildiği üzere hammadde ve peletler arasındaki serbest aminoasit miktarı farklılığı üzerine durulmuş ve olası sebeplerine değinilmiştir.

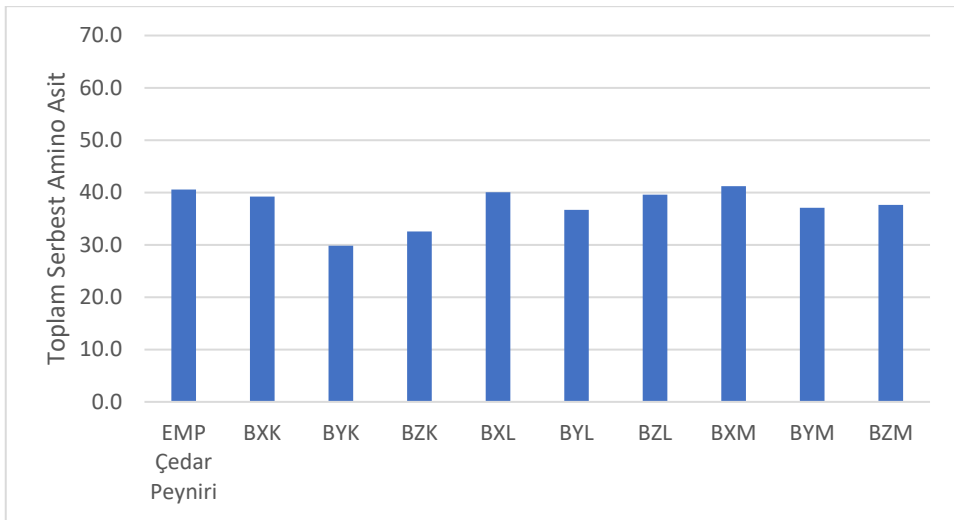
Şekil 4.4'te Çedar peyniri ve her bir ekstraksiyon koşulunda elde edilen peletlere ait toplam serbest amino asit konsantrasyonu verilmiştir. Tüm pelet örneklerinde hammaddeye kıyasla toplam amino asit konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir. AXK, AYK ve AZK peletleri; 100 bar basınçta ve sırasıyla 35, 45 ve 55 °C'de elde edilen peletlerdir ve konsantrasyon artışı aynı basıncın artan sıcaklığında doğrusal artış göstermektedir. Benzer durum 200 bar basınçtaki AXL, AYL ve AZL peletlerinde ve 300 bar basınçtaki AXM, AYM ve AZM peletlerinde de görülmektedir. Ayrıca Çizelge 4.1'de Çedar peynirine ait % protein değerlerinde de aynı basıncın artan sıcaklıklarında doğrusal artış görülmektedir. Pelette yağın azalmasına bağlı olarak aminoasit konsantrasyonunun göreceli olarak arttığı görülmüştür ve bu sonuç % protein değerleri ile uyumludur.

Şekil 4.5'de EMP Çedar peyniri ve her bir ekstraksiyon koşulunda elde edilen peletlere ait toplam serbest amino asit konsantrasyonu mg lösün/g peynir olarak verilmiştir. Çedar peyniri ve rokfor peyniri örneklerinden farklı olarak bu gruptaki pelet örneklerinde hammaddeye kıyasla toplam amino asit konsantrasyonunun bazı koşullarda yükseldiği bazı koşullarda ise düştüğü görülmektedir. Çizelge 4.2'ye bakıldığında benzer durumun % protein değerlerinde de olduğu görülmektedir. Peletlerde proteinin konsantre hale gelip miktarının görece artması beklenirken bazı örneklerde azalmasının sebebinin süperkritik

ekstraksiyon işlemi ile suda çözünen serbest amino asitlerin ekstraksiyonunun olabileceği varsayımı yapılmıştır. EMP Çedar peynirinde diğer peynir çeşitlerinden farklı olarak proteaz ilavesi bulunmakta ve proteoliz teşvik edilmektedir. En düşük amino asit konsantrasyonuna 100 bar, 45°C'deki BYK peleti sahipken, % protein değeri için de bu durum benzerdir. Fakat değişen ekstraksiyon parametreleri ile doğrusal bir sonuç görülmemektedir.

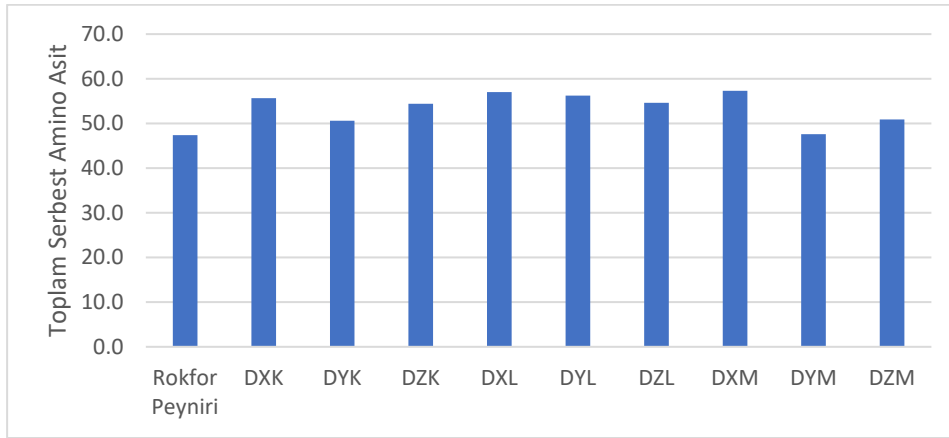


Şekil 4.4. Çedar peyniri ve peletlerinin toplam serbest amino asit konsantrasyonu (mg lösin/g peynir).



Şekil 4.5. EMP Çedar peyniri ve peletlerinin toplam serbest amino asit konsantrasyonu (mg lösin/g peynir).

Şekil 4.6’de Rokfor peyniri ve her bir ekstraksiyon koşulunda elde edilen peletlere ait toplam serbest amino asit konsantrasyonu verilmiştir. Tüm pelet örneklerinde hammaddeye kıyasla toplam amino asit konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 4.4’de Rokfor peynirine ait % protein değerlerinde de peletlerde artış olduğu görülmektedir ve aynı basıncın artan sıcaklarında bu durum görülmektedir. Çedar peynirinde olduğu gibi pelette yağın azalmasına bağlı olarak aminoasit konsantrasyonunun göreceli olarak arttığı görülmüştür. Ancak % protein değerlerinde olduğu gibi toplam serbest amino asit konsantrasyonu sıcaklığa veya basınca bağlı olarak doğrusal bir artış göstermemiştir.



Şekil 4.6. Rokfor peyniri ve peletlerinin toplam serbest amino asit konsantrasyonu (mg lösin/g peynir).

4.1.7. Serbest Yağ Asidi

Her bir hammadde ve ekstraksiyon sonrası kalan peletlerdeki serbest yağ asidi profili incelenmiştir. Burada amaç ekstraksiyon parametrelerinin serbest yağ asidi miktarına ve profiline olası etkilerini ortaya koyabilmektir. Çedar peyniri ve Rokfor peyniri ile EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peyniri olmak üzere 4 farklı peynir ve 2 farklı peynir grubuna ait serbest yağ asidi analizi sonuçları paylaşılmıştır. Öncelikle aynı peynir grubundaki peynirler serbest yağ asidi profili farklılıklarını gösterebilmek amacıyla birbiriyle kıyaslanmıştır. Çedar peyniri ve EMP Çedar peynirinin içerdiği toplam serbest yağ asidi miktarı ve toplam kısa zincirli yağ asidi (C_{4:0}-C_{8:0}) ayrı olarak Çizelge 4.3’te verilmiştir. Aynı şekilde Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peyniri için de Çizelge 4.4’de paylaşılmıştır. Çedar grubu değerlendirildiğinde, EMP Çedar peynirinde toplam serbest

yağ asidi konsantrasyonunun Çedar peynirine kıyasla yaklaşık 16 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Çedar peynirinde lipolizin oldukça düşük seyrettiği EMP Çedar peynirinde lipoliz basamağı ile benzer lezzetteki peynire kıyasla yoğunluğunun arttırıldığı söylenebilmektedir. Ayrıca hammadde olan Çedar peynirinin olgunlaşma periyodunun kısa olduğu yorumu da yapılabilir. C_{4:0}-C_{8:0} miktarı açısından değerlendirildiğinde EMP Çedar peynirinde miktarın yaklaşık 34 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle EMP peynir çeşitlerinde lezzetin mevcut peynire kıyasla 20-30 kat yoğun olduğu bilgisini doğrular niteliktedir.

Çizelge 4.3. Çedar peyniri ve EMP Çedar peynirindeki SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).

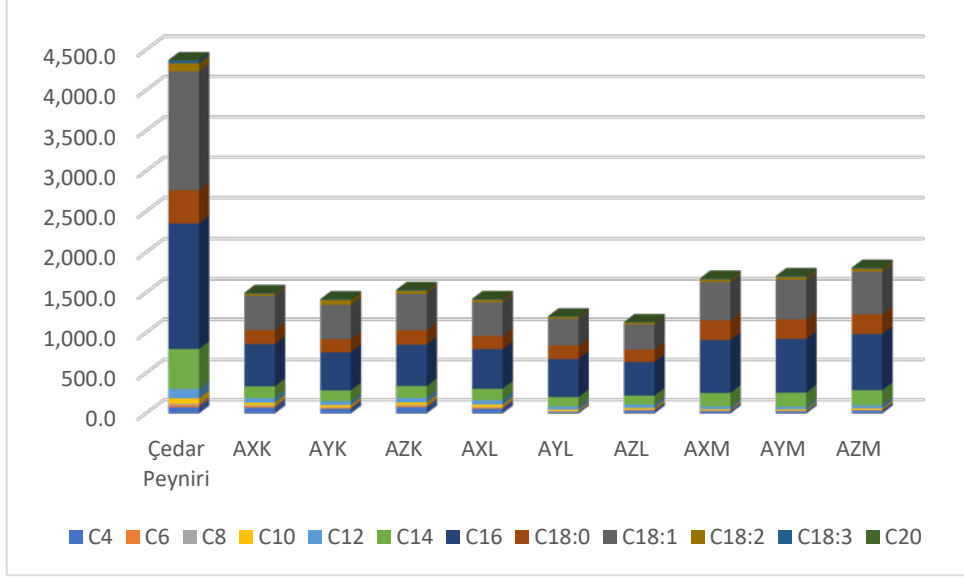
	Çedar Peyniri	EMP Çedar
C _{4:0}	77.7	1,651.5
C _{6:0}	24.4	1,527.1
C _{8:0}	18.3	913.4
C _{10:0}	66.1	2,435.8
C _{12:0}	117.5	3,358.4
C _{14:0}	496.4	9,475.1
C _{16:0}	1,551.1	27,722.0
C _{18:0}	410.6	6,315.8
C _{18:1}	1,472.3	16,498.1
C _{18:2}	100.5	1,636.9
C _{18:3}	34.6	278.3
C _{20:0}	6.8	90.6
Σ (C _{4:0} -C _{8:0})	120.3	4,092.0
Toplam	4,376.3	71,902.8

Rokfor grubu değerlendirildiğinde, EMP Rokfor peynirinde toplam serbest yağ asidi konsantrasyonunun Rokfor peynirine kıyasla yaklaşık 2.5 kat fazla olduğu görülmektedir. Rokfor peyniri diğer peynirlerden farklı olarak lipolizin teşvik edildiği ve homojenizasyon basamağının bulunduğu bir peynir çeşididir. Bu sebeple Çedar peynirinden farklı olarak serbest yağ asidi miktarı oldukça fazladır ve bu sebeple EMP çeşidine kıyasla aralarındaki miktarsal fark Çedar grubundan düşüktür. Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peyniri C_{4:0}-C_{8:0} miktarı değerlendirildiğinde benzer miktarlar içerirken, uzun zincirli yağ asidi miktarı açısından değerlendirildiğinde ise EMP Rokfor peyniri Rokfor peynirine kıyasla yaklaşık 2 kat daha fazladır.

Çizelge 4.4. EMP Rokfor peyniri ve Rokfor peynirindeki SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).

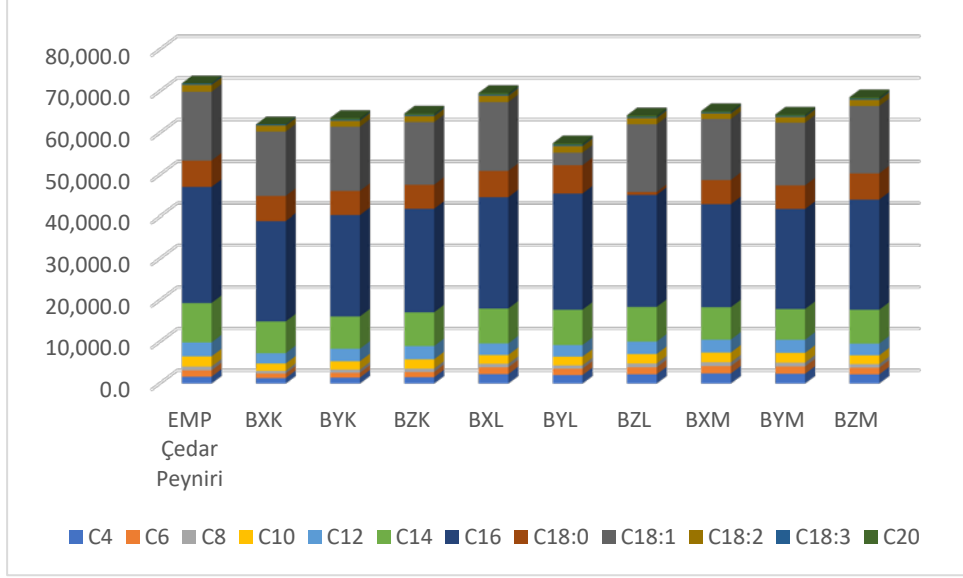
	Rokfor Peyniri	EMP Rokfor
C_{4:0}	3,037.0	2,646.1
C_{6:0}	1,726.0	1,161.0
C_{8:0}	1,179.1	1,731.2
C_{10:0}	2,563.1	5,379.4
C_{12:0}	2,483.8	5,817.9
C_{14:0}	7,824.5	15,057.1
C_{16:0}	20,795.8	43,615.3
C_{18:0}	4,474.8	10,305.6
C_{18:1}	1,194.8	30,122.9
C_{18:2}	1,443.2	2,931.9
C_{18:3}	381.3	555.4
C_{20:0}	390.6	118.6
∑ (C_{4:0}-C_{8:0})	5,942.1	5,538.3
Toplam	47,494.0	119,442.4

Şekil 4.7’de görülebileceği üzere tüm peletlerdeki SYA konsantrasyonu hammaddeye kıyasla Çedar peyniri peletlerinde belirgin şekilde azalmıştır. Ayrıca ekstraksiyon koşullarının serbest yağ asidi ekstraksiyon verimi üzerine etkisini görmek mümkündür. Değişen ekstraksiyon koşullarında SYA miktarının en fazla azaldığı pelet AZL peletidir. Süperkritik ekstraksiyonda yağ ekstraksiyonuna bağlı olarak Çedar peyniri peletlerinde yağ miktarındaki değişim %42.58-%53.71 oranında olmuştur. Serbest yağ asidi miktarı açısından değerlendirildiğinde ise değişim %58.60-%72.40 oranında olmuştur. Tüm Çedar peyniri örnekleri incelendiğinde serbest yağ asitlerinin yüksek oranda ekstrakte edilebildiği görülmektedir.



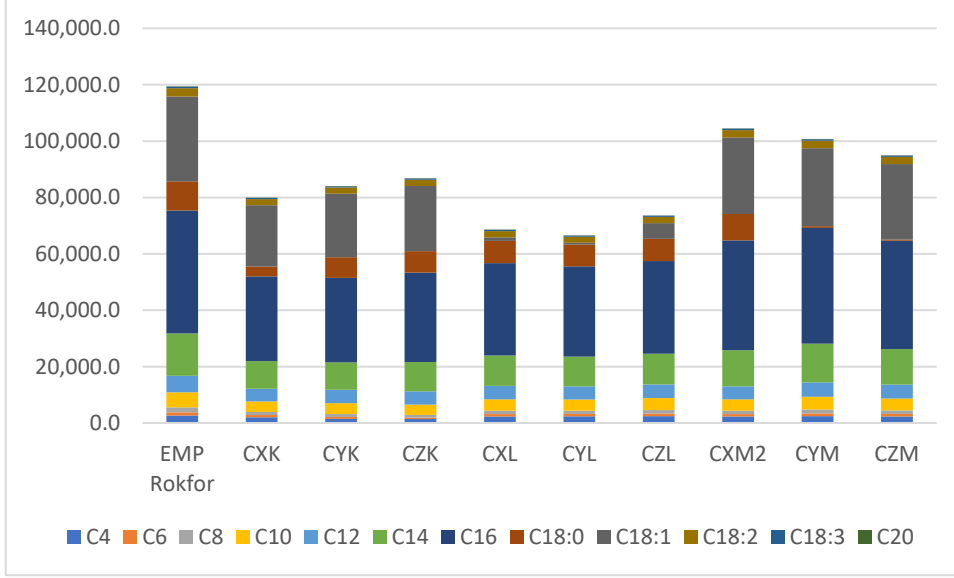
Şekil 4.7. Çedar peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).

Şekil 4.8’de verildiği gibi SYA konsantrasyonu EMP Çedar hammaddesine kıyasla azalmıştır. Değişen ekstraksiyon koşullarında SYA’nın en fazla azaldığı pelet 200 bar, 45 °C’de elde edilen BYL peletidir. Aynı zamanda yağ miktarındaki değişimin en yüksek oranda görüldüğü pelettir. Tüm EMP Çedar peyniri örnekleri incelendiğinde SC-CO₂ yöntemi ile peynirden serbest yağ asitlerinin ekstrakte edilebildiği görülmektedir. Fakat Çedar peynirine kıyasla serbest yağ asidi miktarının değişimi sınırlıdır ve bu durum % yağ değişimi ile uyumludur. EMP Çedar peynirinden elde edilen peletlerde ise yağ miktarındaki değişim %1.03- %15.88 arasında olmuştur. En yüksek oranda değişim ise %15.88 ile 45 °C ve 200 bar ekstraksiyondan elde edilen BYL peletinde gözlenmiştir, benzer durum SYA konsantrasyonu için de görülmektedir. Görüldüğü üzere % yağ ekstraksiyonunun kısıtlı olması sebebiyle serbest yağ asidi ekstraksiyonu da sınırlı kalmaktadır.



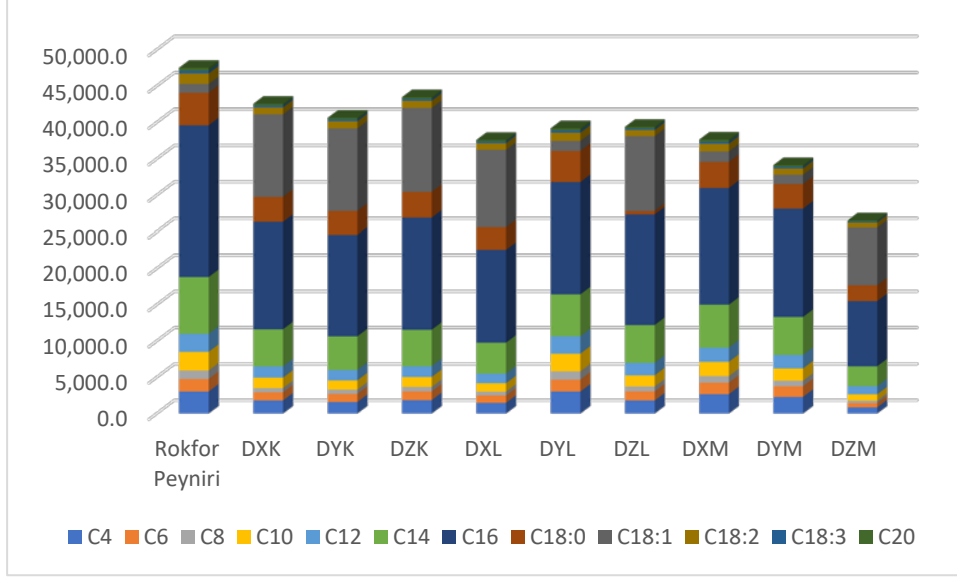
Şekil 4.8. EMP Çedar peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).

SYA konsantrasyonu EMP Rokfor peyniri peletlerinde hammaddeye kıyasla azalmıştır ve Şekil 4.9’da görülmektedir. Değişen ekstraksiyon koşullarında SYA’daki azalmanın en fazla olduğu pelet 200 bar, 45 °C’de elde edilen CYL peletidir. Aynı zamanda yağ miktarındaki değişimin en yüksek oranda görüldüğü pelettir. Tüm EMP Rokfor peyniri peletleri incelendiğinde SC-CO₂ yöntemi ile peynirden serbest yağ asitlerinin ekstrakte edilebildiği görülmektedir. EMP Rokfor peyniri peletlerinde yağ miktarındaki değişim en yüksek oranda ise % 11.99 ile 45 °C, 200 bar ekstraksiyondan elde edilen CYL peletinde gözlenmiştir. Her iki EMP peynir çeşidinde de 200 bar, 45 °C koşulları elde edilen % yağ değişiminin en fazla olduğu koşullar olmuştur. Ünver (2022)’nin çalışmasında da EMP Ezine peyniri ile benzer çalışma yürütülmüş ve 200 bar, 45 °C’de elde edilen pelet; ikinci en yüksek oranda % yağ değişiminin görüldüğü pelet olmuştur. EMP Rokfor peynirinin üretimine ait en önemli aşamalardan biri lipoliz ve buna bağlı olarak gelişen reaksiyonlardır. Dolayısıyla EMP Çedar peynirine kıyasla daha yüksek serbest yağ asidi ekstraksiyonu görülmektedir.



Şekil 4.9. EMP Rokfor peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).

Tüm peletlerdeki SYA konsantrasyonu hammaddeye kıyasla azalmıştır ve Şekil 4.10’da görülmektedir. SYA miktarının en fazla azaldığı pelet 300 bar, 45 °C’de elde edilen DXM peletidir. Aynı zamanda yağ miktarındaki değişimin en yüksek oranda görüldüğü pelettir. Tüm Rokfor peyniri peletleri incelendiğinde SC-CO₂ yöntemi ile peynirden serbest yağ asitlerinin ekstrakte edilebildiği görülmektedir. Çedar peynirinde gözlemlendiği gibi %yağ değişimi en yüksek basınçta elde edilmiştir. Ünver (2022)’nin çalışmasında da Ezine peyniri ile benzer çalışma yürütülmüş ve 300 bar, 55 °C’de elde edilen pelet; hem en yüksek oranda % yağ değişiminin görüldüğü pelet hem de serbest yağ asidi konsantrasyonunun en çok azaldığı örnek olmuştur. Çedar peyniri peletleri incelendiğinde serbest yağ ekstraksiyonunun en fazla yaklaşık %72 oranında azaldığı, Rokfor peyniri peletlerinde ise bu oranın en fazla yaklaşık %44 olduğu tespit edilmiştir. % yağ değişimi Çedar peynirinde, Rokfor peynirine kıyasla yüksek olduğu için bu veriler ile de uyumludur.



Şekil 4.10. Rokfor peyniri ve peletlerinin SYA konsantrasyonu (mg/kg peynir).

4.1.8. Uçucu Bileşen

Çalışmada süperkritik ekstraksiyon metodu ile hammadde olarak nitelendirilen peynir örneklerinden konsantre aroma eldesi ve elde edilen ekstraktların lezzet profillerinin farklı sıcaklık ve basınç değerlerine göre olası değişiminin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla uçucu bileşen analizinde elde edilen verilerin değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu verilerin 3.2.3.4’de belirtildiği üzere PCA ile değerlendirilmesi; uçucu bileşen analizi sonucunda elde edilen birçok verinin değerlendirilebilmesini sağlamıştır. Özellikle hammadde, pelet ve ekstraktların birbirinden olası farklılığının incelenmesi hedefine uyum göstermektedir. Bu bölümde hammadde ve peletlere ait verilerin paylaşılması hedeflenmiş ancak hammadde, pelet ve ekstraktların birlikte değerlendirilmesinin anlamlı olduğu görülmüştür. Çedar peyniri, Rokfor peyniri, EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peyniri hammaddelerinin, peletlerinin ve ekstraktlarının uçucu bileşik değişimi GC-MS-SPME ile saptanmıştır.

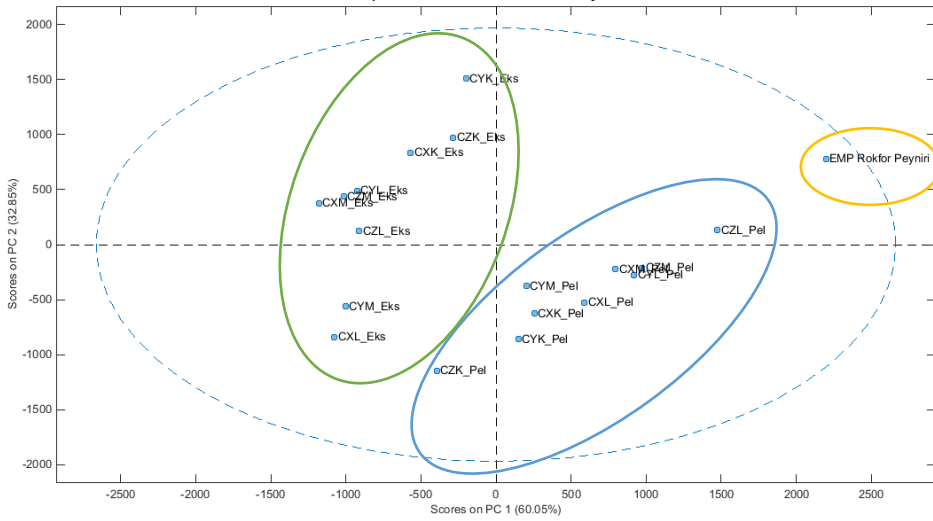
Çedar peynirinin, her bir ekstraksiyona ait peletlerin ve ekstraktların uçucu bileşen analizi sonuçları PCA uygulanarak değerlendirilmiş olup, pre-processing yapılarak autoscale uygun görülmüş ve Şekil 4.11’de verilmiştir.

doğrular niteliktedir. Şekil 4.11 (a) ve (b) incelendiğinde ise uçucu bileşikler açısından peletler ve ekstraktların % 37.89 oranında PC 1'e göre ayrımı görülmektedir. Ayrıca ekstraktların PC 2'ye göre %12.60 oranında ayrıldığı ve bu ayrımın etkili olduğu görülmektedir. AXK, AYK ve AZK ekstraktları 100 bar basınçta elde edilen; AXL, AYL ve AZL ekstraktları 200 bar basınçta elde edilen; AXM, AYM ve AZM ise 300 bar basınçta elde edilen ekstraktlardır. Pelet ve ekstraktlar PC 1'e göre özellikle esterler (örneğin; asetik asit etil ester, bütanoik asit metil ester) bazında ayrılmıştır. Peletler PC 2'ye göre ketonlar (örneğin; 2-butanon, 2-propanon) bazında ayrılmıştır. Ayrıca, ekstraktlar PC 2'ye göre yağ asitleri, ketonlar ve alkoller (örneğin; bütanoik asit, dekanolik asit), aldehitler (örneğin; heptanal, oktanal, hekzanal) bazında ayrılmıştır. Ekstraktların ayrımında birçok farklı uçucu bileşenin etkili olduğu görülmektedir.

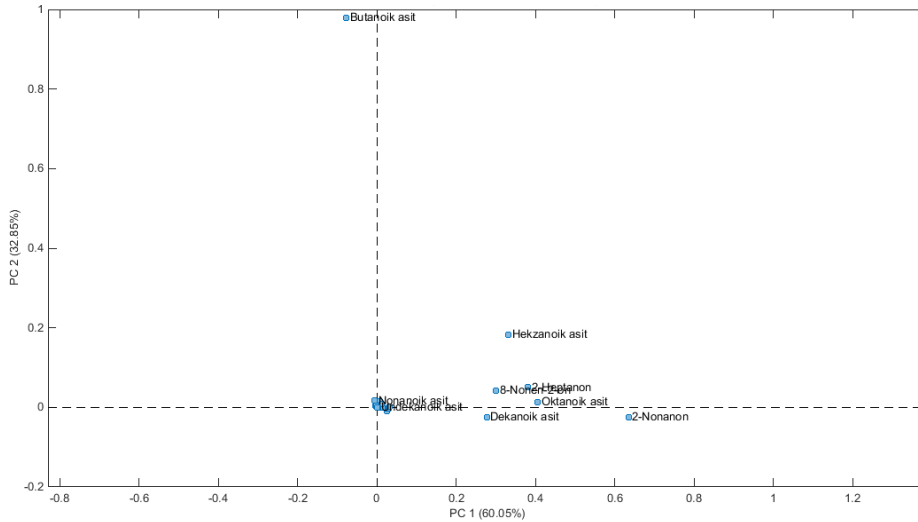
Şekil 4.12'de EMP Çedar peynirinin, her bir ekstraksiyona ait peletlerin ve ekstraktların uçucu bileşen analizi sonuçları PCA ile değerlendirilmiş olup, pre-processing yapılarak autoscale uygun görülmüştür. Şekil 4.12'de görülebileceği üzere hammadde olan EMP Çedar peyniri; sarı daire ile, EMP Çedar peyniri peletleri; mavi daire ile ve EMP Çedar peyniri ekstraktları; yeşil daire ile işaretlenmiştir ve grupların birbirinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir. Şekil 4.12 (a) ve (b) incelendiğinde ise uçucu bileşikler açısından peletler ve ekstraktların % 45.66 oranında PC 1'e göre ayrımı görülmektedir. Ayrıca ekstraktların PC 2'ye göre %22.17 oranında ayrıldığı görülmektedir. Yeşil daire ile gruplandırılan ekstraktlar incelendiğinde parametrelere bağlı olarak net bir ayrım gözlenmemiştir. Fakat, benzer sıcaklıkta ekstraktların daha yakın kümelenildiği; BYL ve BYK, BZL ve BZK, BXK ve BXM örneklerinde görüldüğü gibi söylenebilir. Pelet ve ekstraktlar PC 1'e göre özellikle asitler (örneğin; asetik asit, benzoik asit, hekzanoik asit) ve ketonlar (örneğin; 2-bütanon, 2-propanon) bazında ayrılmıştır. Peletler PC 2'ye göre ketonlar (örneğin; 2-butanon, 2-propanon) ve esterler (örneğin; bütanoik asit propil ester, oktanoik asit etil ester) bazında ayrılmıştır. Ayrıca, ekstraktlar PC 2'ye göre yağ asitleri (asetik asit, benzoik asit, hekzanoik asit) ve aldehitler (örneğin; hekzanal) bazında ayrılmıştır. Ekstraktların ayrımında birçok farklı uçucu bileşenin etkili olduğu görülmektedir.

ekstraktların PC 2'ye göre %32.85 oranında ayrıldığı görülmektedir. 100 bar basınçta ve farklı sıcaklıklarında elde edilen CXK, CYK ve CZK ekstraktlarının yakın ve diğer ekstraktlardan farklı kümelendiği görülmektedir. Pelet ve ekstraktlar PC 1'e göre özellikle asitler (örneğin; nonanoik asit, oktanoik asit, hekzanoik asit) ve ketonlar (örneğin; 2-nonanon, 8-nonen 2-on) bazında ayrılmıştır. Özellikle rokfor peynirinin tipik aromasını oluşturan ketonların ayırmda etkili olduğu görülmektedir (Raines, 2012).

(a)



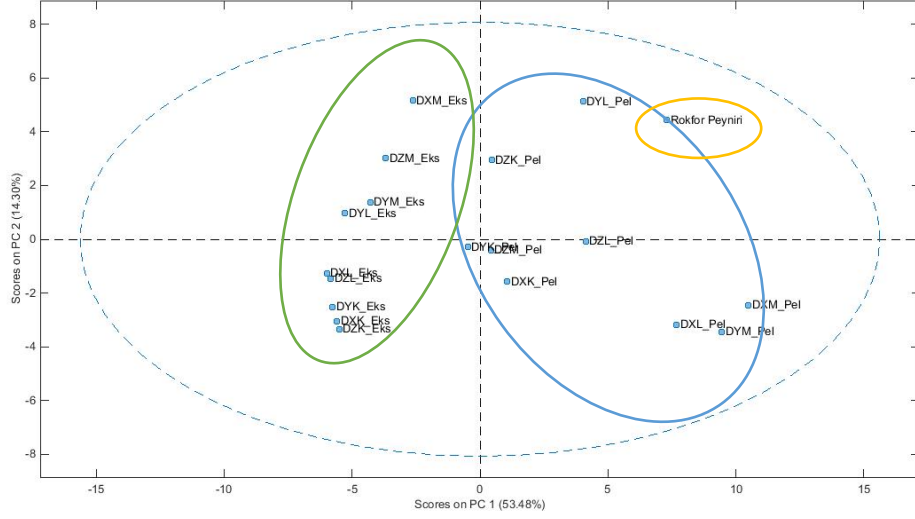
(b)



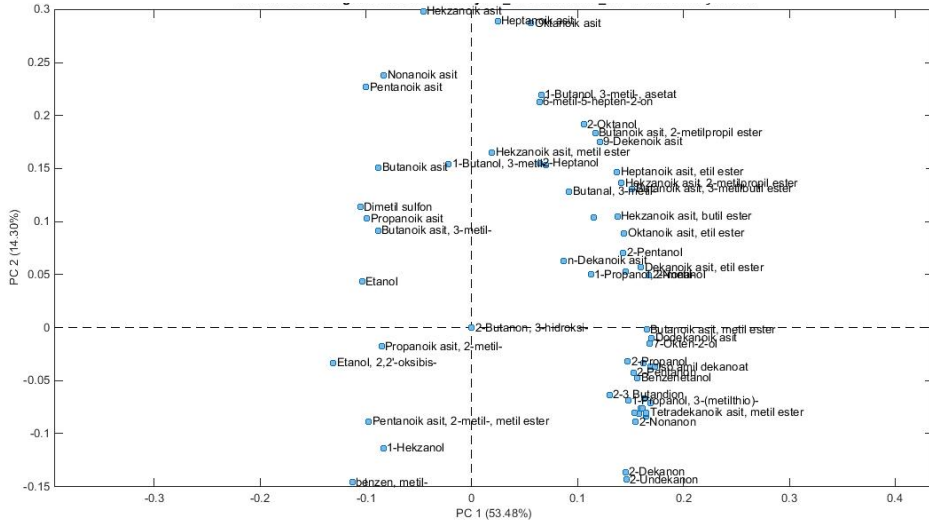
Şekil 4.13. EMP Rokfor Peyniri, peletleri ve ekstraktlarına ait PCA grafiği.

Rokfor peynirinin, her bir ekstraksiyona ait peletlerin ve ekstraktların uçucu bileşen analizi sonuçları PCA metoduyla değerlendirilmiş profiller arasındaki farklılıklar Şekil 4.14'de verilmiştir.

(a)



(b)



Şekil 4.14. Rokfor Peyniri, peletleri ve ekstraktlarına ait PCA grafiği.

Şekil 4.14'de görülebileceği üzere hammadde olan Rokfor peyniri; sarı ile, Rokfor peyniri peletleri; mavi ile ve Rokfor peyniri ekstraktları; yeşil ile daire şeklinde belirtilmiştir. Şekil 4.14 (a) incelendiğinde üç farklı örnek grubunun öbekler halinde birbirlerinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir. Şekil 4.14 (a) ve (b)

incelendiğinde ise uçucu bileşikler açısından peletler ve ekstraktların % 53.48 oranında PC 1'e göre ayrıldığı görülmektedir. Ayrıca ekstraktların PC 2'ye göre %12.60 oranında ayrıldığı ve bu ayırıda basıncın etkili olduğu görülmektedir. DXK, DYK ve DZK ekstraktları 100 bar basınçta elde edilen ekstraktlardır ve aynı bölgede kümelenmiştir. Aynı durum 200 bar basınçta elde edile DXL, DYL ve DZL ekstraktları ve 300 bar basınçta elde edilen DXM, DYM ve DZM ekstraktları için de geçerlidir. Çedar peyniri ekstraktlarında olduğu gibi basınç faktörü ayırıda etkilidir. Pelet ve ekstraktlar PC 1'e göre özellikle asitler (örneğin; propanoik asit, pentanoik asit, heksanoik asit) ve ketonlar (örneğin; 2-bütanon, 2-propanon) bazında ayrılmıştır. Peletler PC 2'göre ketonlar (örneğin; 2-nonanon, 2-3 bütandion) ve esterler (örneğin; heksanoik asit bütül ester, bütanoik 2-metilpropil ester) bazında ayrılmıştır. Ayrıca, ekstraktlar PC 2'göre yağ asitleri bazında ve basınca göre ayrılmıştır. EMP Rokfor peynirindeki gibi benzer şekilde Rokfor peynirinin tipik aromasını oluşturan bileşenler de benzerdir.

4.2. Ekstraktlara Ait Analiz Sonuçları

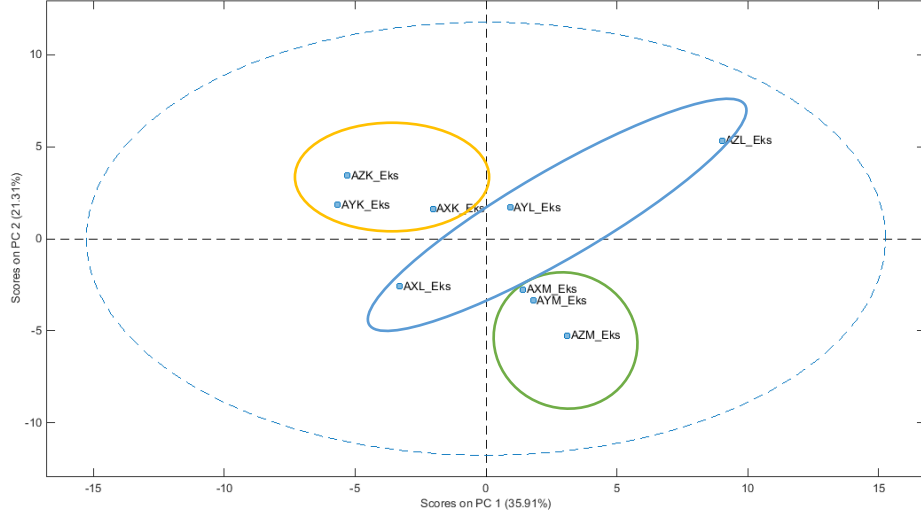
Çalışma kapsamında kullanılan süperkritik ekstraksiyon sonucunda elde edilen yüksek oranda yağ içeren faza ise ekstrakt denilmektedir. Bu bölümde ekstraktlara ait analiz sonuçları aktarılmıştır. Serbest yağ asidi profili GC ile, aroma profili GC-MS-SPME ile belirlenmiştir. Ekstraktların insan duyusuyla algılanan aroma profilini ortaya koyabilmek için de duyu analizi yapılmıştır.

4.2.1. Uçucu Bileşen

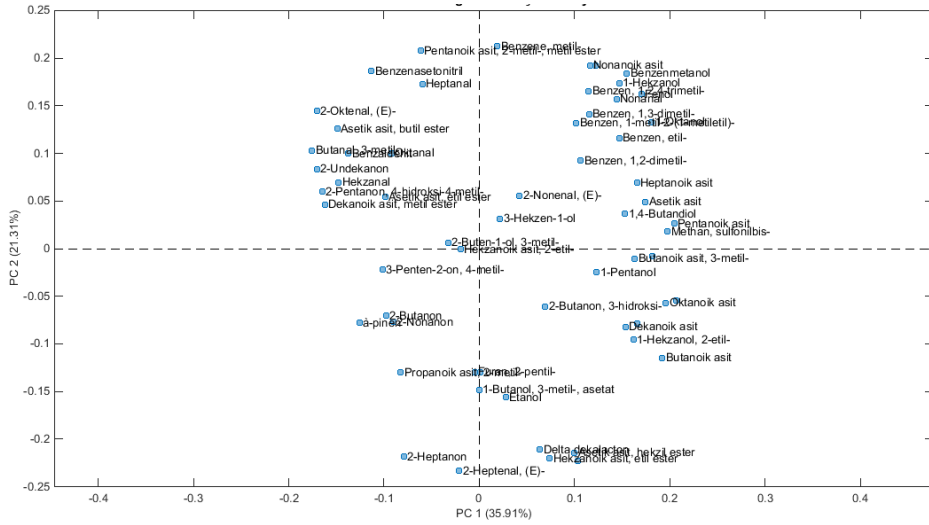
Çalışma sonucunda peynir hammaddelerinden süperkritik ekstraksiyon ile konsantre aroma üretimi gerçekleştirilmiştir. 4.1.8'de hammadde, pelet ve ekstraktların uçucu bileşen analizi sonuçları; bu bölümde ise çalışma sonucunda elde edilmiş olan ekstraktların uçucu bileşen analiz sonuçları verilmiştir. Proses parametrelerine bağlı olarak ortaya çıkabilecek aroma profili farklılıklarının ortaya konması hedeflenmiştir. Çedar peyniri, Rokfor peyniri, EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peynirinin her bir ekstraksiyon koşulunda elde edilen ekstraktlarında uçucu bileşiklerin miktarı GC-MS-SPME ile belirlenmiştir.

Çedar peynirinden her bir ekstraksiyon sonucu elde edilen ekstraktlarının uçucu bileşen analizi sonuçları PCA ile değerlendirilmiştir. Pre-processing işlemlerinden autoscale metodu uygun görülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.15’de verilmiştir.

(a)



(b)



Şekil 4.15. Çedar Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi.

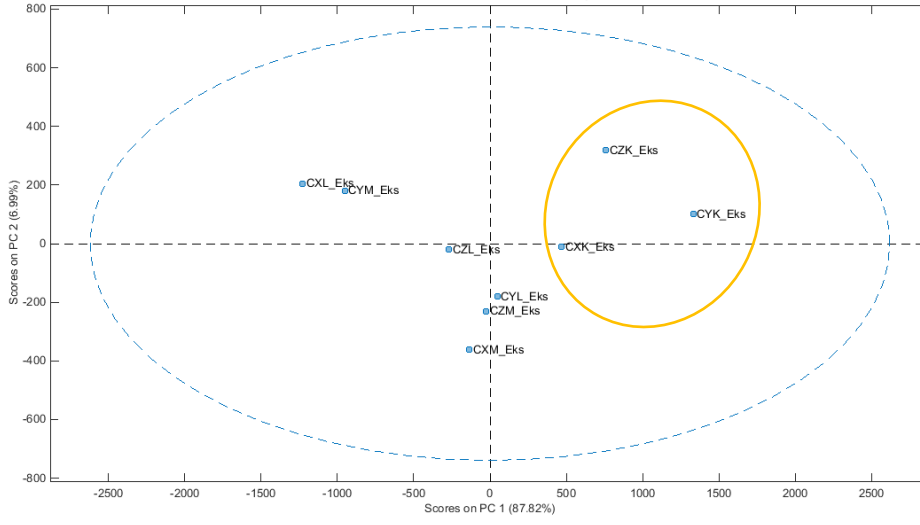
Şekil 4.15 (a)’da sıcaklık parametrelerinden 100 bar’da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup; sarı daire ile, 200 bar’da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup; mavi daire ile ve 300 bar’da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup yeşil daire ile işaretlenmiştir. Bu üç farklı örnek grubunun öbekler halinde birbirlerinden belirgin şekilde ayrıldığı

görülmektedir. Ekstraktlar %35.91 oranında PC 1'e göre ayrılmıştır. Bu ayırmda sıcaklığın etkili olduğu görülmektedir. %21.31 oranında ise PC 2'ye ayırım gerçekleşmiş ve grupların kendi içinde basınca göre ayrıldığı gözlenmektedir. Uçucu bileşikler bazında Şekil 4.15 (b) incelendiğinde PC 1'e göre ketonlar ve aldehitler bazında ayırım sağlanmıştir. PC 2'ye göre ise uzun zincirli ve kısa zincirli yağ asitleri ile bunların etil esterleri açısından ayırım gözlenmiştir.

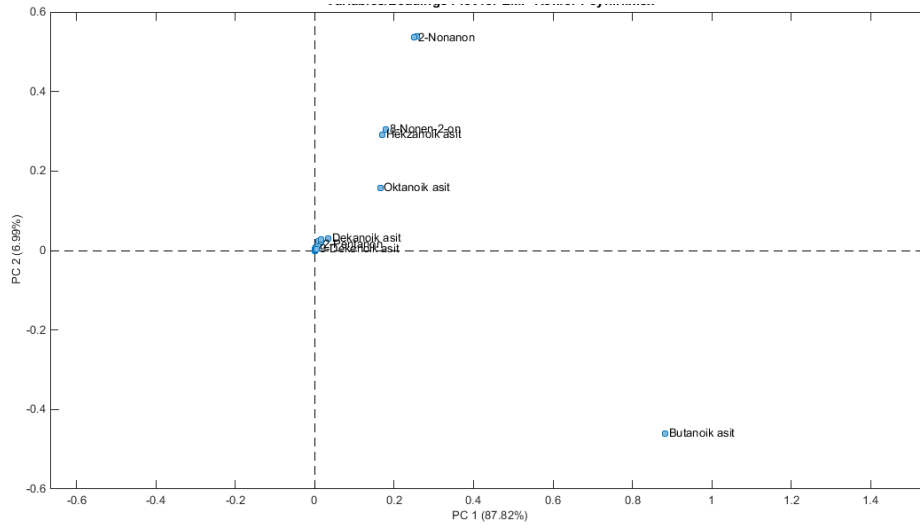
EMP edar peynirinden her bir ekstraksiyon sonucu elde edilen ekstraktlarının uçucu bileşen analizi sonuçları PCA uygulanarak değerlendirilmiştir. Pre-processing işlemlerinden autoscale metodunun uygun olduğu görülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.16'da verilmiştir. Şekil 4.16 (a)'da sıcaklık parametrelerinden 35 °C'de ve farklı basınçlarda elde edilen grup; sarı daire ile, 45 °C'de ve farklı basınçlarda elde edilen grup; mavi daire ile ve 55 °C'de ve farklı basınçlarda elde edilen grup yeşil daire ile işaretlenmiştir.

Bu üç farklı örnek grubunun öbekler halinde birbirlerinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir. Ekstraktlar %47.75 oranında PC 1'e göre ayrılmıştır. Bu ayırmda sıcaklığın etkili olduğu görülmektedir. %20.27 oranında ise PC 2'ye ayırım gerçekleşmiş ve bu ayırımın grupların kendi içinde basınç değişimine göre olduğu gözlenmektedir. Uçucu bileşikler bazında Şekil 4.16 (b) incelendiğinde PC 1'e göre ketonlar, yağ asitleri, aldehitler bazında ayırım sağlanmıştir. PC 2'ye göre ise uzun zincirli ve kısa zincirli yağ asitleri ile bunların etil esterleri açısından ayırım gözlenmektedir.

(a)



(b)



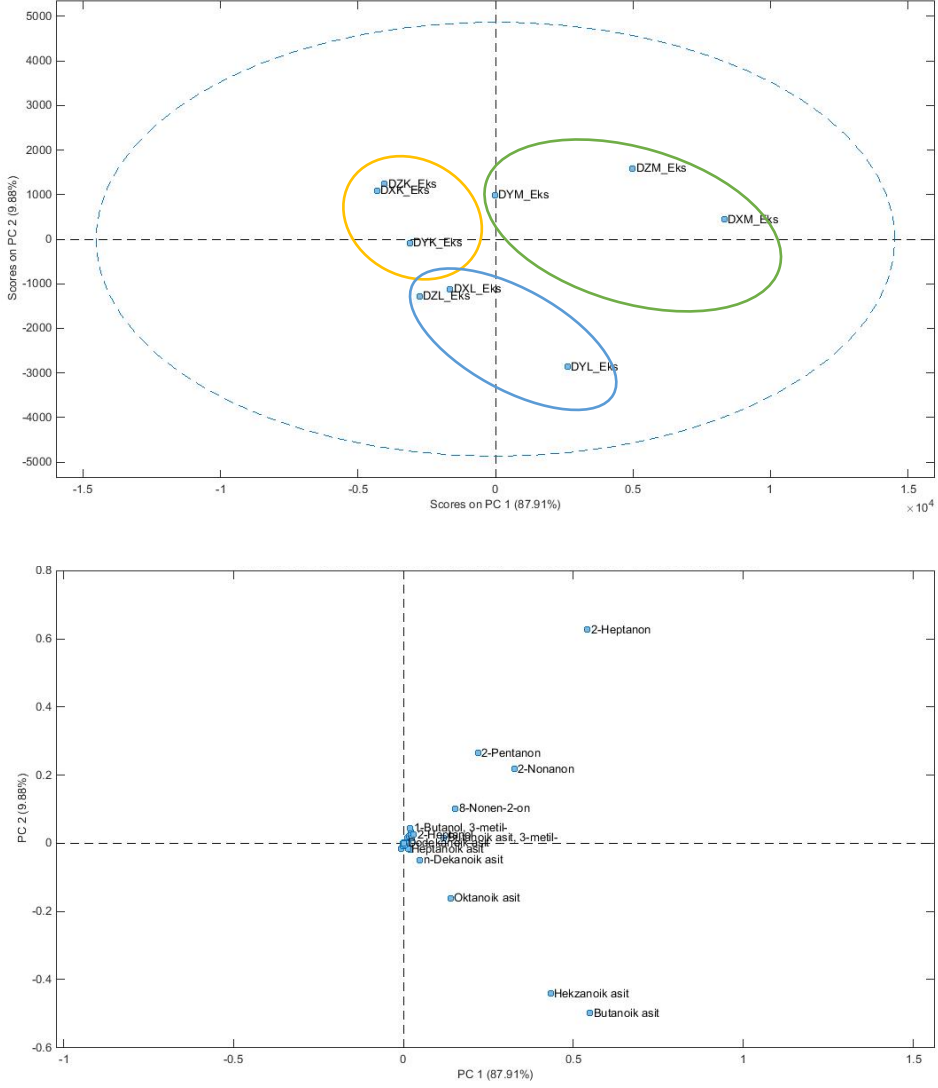
Şekil 4.17. EMP Rokfor Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi

Şekil 4.17 (a)'da basınç parametrelerinden 100 bar'da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup; sarı daire ile işaretlenmiştir. 100 bar'da elde edilen ekstraktlar dışında sıcaklığa veya basınca göre bir ayrım gözlemlenmemiştir. Diğer peynir çeşitlerinde bu durumla karşılaşılmamıştır. Ekstraktlar % 87.82 oranında PC 1'e göre ayrılmıştır. Bu ayrım da basıncın etkili olduğu görülmektedir. %6.99 oranında PC 2'ye göre ayrım olmuştur ve bu ayrım da basınç etkilidir.

Uçucu bileşikler bazında Şekil 4.17 (b) incelendiğinde ayırımın ketonlar ve asitler bazında olduğu görülmektedir. Rokfor aromasının algılanmasında özellikle 8-nonen 2-on, 2-nonanon gibi ketonlar önemli bir yer tutmaktadır. Mavi küflü peynirlerde metil ketonlar ve özellikle 2-heptanon ve 2-nonanon en belirgin olanlar olarak algılanan aroma bileşikleridir. Metil ketonların aroma özellikleri arasında meyvemsi, baharatlı, çiçeksi ve otsu bulunur. Metil ketonlar farklı gıda matrikslerinde değerlendirildiğinde mavi küflü peynir aroması olarak tanımlanmaktadır. Tipik olarak 8-nonen 2-on mavi küflü peynirde küçük miktarlarda bulunmaktadır (Raines, 2012). Bu bileşenler ekstraktların ayırımında önemli bir yer tutmuştur.

Rokfor peynirinden her bir ekstraksiyon sonucu elde edilen ekstraktlarının uçucu bileşen analizi sonuçları PCA uygulanarak değerlendirilmiştir. Pre-processing işlemlerinden denemeler sonucunda meancenter metodunun uygun olduğu görülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.18'de verilmiştir. Şekil 4.18 (a)'da basınç parametrelerinden 100 bar'da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup; sarı daire ile, 200 bar'da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup; mavi daire ile ve 300 bar'da ve farklı sıcaklıklarda elde edilen grup yeşil daire ile işaretlenmiştir. Bu üç farklı örnek grubunun öbekler halinde birbirlerinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir. Ekstraktlar %87.91 oranında PC 1'e göre ayrılmıştır. Bu ayırmda basıncın etkili olduğu görülmektedir. %9.88 oranında PC 2'ye göre ayırım olmuştur ve bu ayırmda da basınç etkilidir. Uçucu bileşikler bazında Şekil 4.18 (b) incelendiğinde ayırımın ketonlar bazında olduğu görülmektedir. Rokfor aromasının algılanmasında ketonlar önemli bir yer tutmaktadır.

(a)



Şekil 4.18. Rokfor Peyniri ekstraktlarına ait temel bileşim analizi.

Çedar peyniri grubunu; Çedar peyniri ve EMP Çedar peyniri oluşturmaktadır. Bu iki peynirden elde edilen ekstraktların birbirine olan benzerliği ve/veya farklılığının görülebilmesi amacıyla uçucu bileşen analizi sonuçları PCA uygulanarak birlikte değerlendirilmiştir. Pre-processing işlemlerinden denemeler sonucunda autoscale metodunun uygun olduğu görülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.19’da verilmiştir. Şekil 4.19’ da Çedar peynirinden elde edilen ekstraktlar; sarı daire ile, EMP Çedar peynirinden elde edilen ekstraktlar; mavi daire ile işaretlenmiştir. Bu iki peynir grubu ekstraktlarının öbekler halinde birbirlerinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir. Ekstraktlar % 49.74 oranında PC 1’e göre ayrılmıştır. PC 2’ye göre ayırım ise %11.39

ekstraktlarının birbirlerinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir. Ekstraktlar %62.97 oranında PC 1'e göre ayrılmıştır. PC 2'ye göre ayırım ise %14.38 oranında olmuştur. PC 1'e göre ayırım değerlendirildiğinde özellikle ketonlar (örneğin; 8-nonen 2-on, 2-nonanon, 2-pentanon) ve esterler (örneğin; hekzanoik asit, metil ester) bazında ayırım görülmektedir. Her iki peynir hammaddesinin; üretim prosesleri birbirinden oldukça farklıdır. Bu farklılık kimyasal bileşim değerlerine, proteoliz ve lipoliz düzeylerine, serbest yağ asidi profillerine, aroma profillerine ve duyusal analiz sonuçlarına yansımıştır. Bu sonuçlar ilgili analizlerde gösterilmiştir. Bu peynirlere uygulanan süperkritik ekstraksiyon işlemi sonrasında elde edilen ekstraktlarının da aroma profili açısından birbirinden farklı oldukları görülmektedir. Bu durum Çedar peyniri grubu için de tespit edilmiştir.

4.2.2. Serbest Yağ Asidi

Her bir hammadde ve ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstraktlardaki serbest yağ asidi profili incelenmiştir. Burada amaç ekstraktlardaki serbest yağ asidi profilini ve miktarını belirlemek ve değişen ekstraksiyon parametrelerinin olası etkilerini ortaya koyabilmektir. Çizelge 4.5'de görüleceği üzere Çedar peyniri ekstraktları serbest yağ asidi konsantrasyonları incelendiğinde aynı basınçta sıcaklık arttıkça konsantrasyon doğrusal artış göstermektedir. Örneğin; AXK, AYK ve AZK örnekleri 100 bar basınçta artan sıcaklığa bağlı olarak 6,208.0, 6,934.6 ve 7,172.5 mg /kg ekstrakt olarak doğrusal artış gösterirken; benzer durum 200 bar basınçta elde edilen AXL, AYL ve AZL ekstraktlarında ve 300 bar basınçta elde edilen AXM, AYM ve AZM ekstraktlarında da görülmektedir.

Çizelge 4.5'de görülebileceği üzere en yüksek konsantrasyonlar 100 bar basınçta elde edilen ekstraktlarda saptanmıştır. Bu sonuçlara dayanarak Çedar peynirinde serbest yağ asidi açısından ekstraksiyon verimi üzerinde özellikle basıncın etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Ünver (2022) çalışmasında ekstraksiyon sırasında trigliserit ekstraksiyonunun gerçekleştiğini ancak EMP Ezine peynirinin ileri lipoliz nedeniyle yapısında Ezine peynirine kıyasla daha az trigliserit ihtiva etmesi ve başlangıç yağ miktarının daha düşük olması nedeniyle trigliserit ekstraksiyonunun daha düşük olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada da benzer şekilde yüksek basınçta elde edilen

ekstraktlarda trigliserit konsantrasyonu yüksektir fakat serbest yağ asidi ekstraksiyonu daha kısıtlı kalmıştır. Bu sebeple yüksek basınçlarda % yağ değişimi yüksek olmasına rağmen düşük basınçlarda elde edilen ekstraktlarda serbest yağ asidi ekstraksiyonu daha yüksektir.

Çizelge 4.5. Çedar peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).

	100 bar			200 bar			300 bar		
	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C
	AXK	AYK	AZK	AXL	AYL	AZL	AXM	AYM	AZM
C _{4:0}	41.0	37.1	44.6	71.2	64.2	77.1	63.0	56.6	47.9
C _{6:0}	26.7	21.7	24.1	60.0	35.9	31.6	30.7	25.1	24.0
C _{8:0}	21.6	16.4	15.1	47.1	26.3	47.2	22.3	19.3	19.1
C _{10:0}	66.9	69.8	83.1	140.7	152.7	207.1	66.5	57.7	56.2
C _{12:0}	137.6	143.7	159.7	240.1	140.8	171.3	120.5	108.5	104.7
C _{14:0}	613.2	629.2	672.3	451.3	383.2	452.4	356.3	385.0	418.1
C _{16:0}	2,172.2	2,395.2	2,420.8	1,672.3	1,819.1	1,944.5	1,291.0	1,373.6	1,519.3
C _{18:0}	615.2	662.0	678.5	445.9	397.7	378.3	383.8	447.8	468.5
C _{18:1}	1,708.1	1,967.9	2,056.4	1,275.2	1,401.0	1,476.2	1,296.5	1,484.9	1,588.5
C _{18:2}	772.2	959.2	992.5	435.4	549.2	641.2	465.4	594.1	595.5
C _{18:3}	14.9	20.0	13.0	9.4	21.0	17.5	19.1	21.6	22.1
C _{20:0}	18.4	12.4	12.4	13.8	37.8	18.0	14.6	14.5	15.1
∑ C ₍₄₋₈₎	89.3	75.2	83.8	178.3	126.3	156.0	116.0	101.0	90.9
Toplam	6,208.0	6,934.6	7,172.5	4,862.3	5,028.9	5,462.6	4,129.4	4,588.7	4,878.8

Çizelge 4.6’da görüleceği üzere EMP Çedar peyniri ekstraktları serbest yağ asidi konsantrasyonları incelendiğinde sıcaklık veya basınca bağlı olarak doğrusal bir artış saptanmamıştır. BXX, BYK ve BZK örnekleri 100 bar basınçta artan sıcaklığa bağlı olarak 9,813.7, 11,032.5 ve 6,849.1 mg/kg elde edilmiş 45 °C’de 35 °C’ye kıyasla ekstrakt miktarı artmış fakat artış 55 °C’ye devam etmemiş hatta 35°C’nin de altındaki bir değer elde edilmiştir. Benzer durum 200 bar basınçta elde edilen BXL, BYL ve BZL ekstraktlarında ve 300 bar basınçta elde edilen BXM, BYM ve BZM ekstraktlarında da görülmektedir. Bu durumun EMP Çedar peynirinin yüksek lipolize bağlı olarak oluşan uçucu bileşenlerin 55 °C’deki sıcaklıkta kayba uğramasından kaynaklanabileceği ve/veya macun kıvamlı matriksten verimli bir ekstraksiyon yapılamamış olması nedeni ile olabileceği düşünülmüştür. En yüksek konsantrasyon 200 bar, 45 °C’de elde edilen BYL ekstraktında saptanmıştır. Bu durum peletlerdeki % yağ değişimi ve peletlerde yapılan serbest yağ asidi analizi sonuçlarıyla uyumludur. Çedar peyniri ekstraktları ile EMP

Çedar peyniri ekstraktlarının serbest yağ asidi miktarı kıyaslandığında EMP Çedar peyniri ekstraktlarının yaklaşık 2 kat daha yoğun olduğu görülmektedir. Bu durum Ünver (2022)'nin çalışmasında da Ezine peyniri ile EMP Ezine peyniri ekstraktları arasında da görülmüştür.

Çizelge 4.6. EMP Çedar peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).

	100 bar			200 bar			300 bar		
	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C
	BXK	BYK	BZK	BXL	BYL	BZL	BXM	BYM	BZM
C _{4:0}	1.100.1	1.177.4	762.1	750.1	903.2	579.6	682.0	569.6	353.2
C _{6:0}	1.030.9	1.159.9	706.4	702.0	910.4	589.7	599.4	578.3	387.2
C _{8:0}	421.8	484.1	249.4	279.7	292.0	240.4	209.0	233.3	166.6
C _{10:0}	732.1	910.4	418.6	531.4	613.9	468.0	321.0	370.9	324.4
C _{12:0}	597.3	863.5	315.8	557.3	675.2	509.0	283.2	305.8	327.3
C _{14:0}	948.8	980.3	726.2	1,897.3	2,085.2	1,321.7	730.2	766.5	845.7
C _{16:0}	2,373.3	2,375.8	1,349.4	5,171.0	5,406.3	3,507.2	2,319.8	2,568.6	2,691.8
C _{18:0}	530.0	527.3	356.4	1,242.5	1,259.0	781.6	607.1	632.2	645.0
C _{18:1}	1,157.4	1,394.4	935.4	2,791.7	2,941.5	1,928.0	1,539.1	1,470.3	1,497.4
C _{18:2}	896.1	1,101.1	1,009.8	1,116.2	1,281.0	800.0	721.8	697.9	719.1
C _{18:3}	9.2	36.3	1.4	37.5	33.5	25.1	12.1	11.6	13.6
C _{20:0}	16.5	22.0	18.3	25.9	21.6	20.3	36.3	18.9	18.3
∑ C ₍₄₋₈₎	2,552.8	2,821.4	1,717.9	1,731.8	2,105.7	1,409.8	1,490.4	1,381.3	907.1
Toplam	9,813.7	11,032.5	6,849.1	15,102.5	16,422.7	10,770.7	8,061.1	8,224.1	7,989.5

Çizelge 4.7'de görüleceği üzere EMP Rokfor peyniri ekstraktları serbest yağ asidi konsantrasyonları incelendiğinde sıcaklık veya basınca bağlı olarak doğrusal bir artış görülmemiştir. CXL, CYL ve CZL örnekleri 200 bar basınçta artan sıcaklığa bağlı olarak 10,971.2, 10,411.1 ve 11,669.1 mg/kg elde edilmiştir. 200 bar basınçta elde edilen ekstraktlarda serbest yağ asidi miktarı daha yüksektir. Bu durum % yağ değişimi ile uyumludur. Lipoliz sonucu oluşan serbest yağ asitlerinin özellikle kısa ve orta zincir uzunluğunda olanları doğrudan peynir aromasına katkıda bulunmaktadır. Bütanoik asit (C_{4:0}) peynirde ransit lezzeti veren yağ asidi ve hekzanoik asit (C_{6:0}) rokfor tipi peynir aromasını veren kısa zincirli yağ asididir. Uzun zincirli yağ asitlerinin (> 12 C atomu) algı eşiği daha yüksek olduğu için peynir aromasına katkısı daha sınırlı kalmakta fakat kısa zincirli ve orta zincirli yağ asitleri ise (C_{4:0} – C_{12:0}) düşük algı eşiğine sahip olmalarından kolaylıkla hissedilirler ve peynire karakteristik aromasını vermektedir (Collins, McSweeney ve Wilkinson, 2003). Özellikle düşük basınçlarda kısa zincirli yağ

asitlerinin konsantrasyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Lipoliz basamağı bulunan EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peynirinin Çedar peynirine kıyasla kısa zincirli yağ asidi miktarının yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu görülmektedir ve bazı koşullarda 30 kata kadar çıktığı da görülmektedir.

Çizelge 4.7. EMP Rokfor peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).

	100 bar			200 bar			300 bar		
	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C
	CXK	CYK	CZK	CXL	CYL	CZL	CXM	CYM	CZM
C_{4:0}	833.4	1,347.6	965.9	624.8	597.1	500.4	512.3	432.4	487.7
C_{6:0}	414.2	519.0	403.9	249.1	225.2	204.2	177.0	176.2	197.0
C_{8:0}	367.6	430.1	342.5	218.2	202.5	222.0	126.1	152.9	198.2
C_{10:0}	789.5	910.0	817.5	545.5	484.1	671.6	248.4	337.9	479.6
C_{12:0}	554.4	568.5	528.3	492.5	448.4	613.9	223.2	277.9	393.5
C_{14:0}	896.5	684.8	619.3	973.3	943.0	1,112.0	529.8	589.5	782.3
C_{16:0}	3.1	1,642.6	1,295.3	3,253.2	3,131.8	3,487.3	1,847.4	2,029.2	2,683.1
C_{18:0}	664.5	410.3	293.6	878.6	826.6	931.0	511.2	560.5	747.0
C_{18:1}	2,296.6	1,332.3	981.1	2,952.9	2,817.7	3,137.7	1,856.6	1,974.9	2,456.2
C_{18:2}	689.8	567.7	590.3	721.5	685.6	730.8	611.4	641.7	678.1
C_{18:3}	22.7	11.2	5.6	41.5	29.5	37.2	16.2	17.4	24.9
C_{20:0}	17.3	15.6	13.8	20.1	19.7	20.9	16.4	17.9	18.8
∑ C₍₄₋₈₎	1,615.1	2,296.7	1,712.2	1,092.1	1,024.8	926.6	815.5	761.5	882.9
Toplam	7,549.5	8,439.7	6,857.0	10,971.2	10,411.1	11,669.1	6,676.2	7,208.3	9,146.4

Çizelge 4.8’de görüleceği üzere Rokfor peyniri ekstraktları serbest yağ asidi konsantrasyonları incelendiğinde sıcaklık veya basınca bağlı olarak doğrusal bir artış görülmemiştir. En fazla serbest yağ asidi konsantrasyonuna sahip örnek 300 bar, 55 °C’de elde edilen DZM ekstraktıdır. DZM peleti ise % yağ değişimi en fazla olan aynı zamanda serbest yağ asidi konsantrasyonu en düşük olan örnek olmuştur. Bu durum elde edilen sonucun uyumlu olduğunu göstermektedir. Çedar peyniri ekstraktlarına kıyasla serbest yağ asidi miktarı açısından yaklaşık 8 kat daha yoğun ekstraktlar elde edildiği görülmüştür. Bu durumun Rokfor peynirinin üretim basamağında homojenizasyonun kullanılması ve lipolizin teşvik edilmesi olduğu düşünülmektedir. EMP Rokfor peynirine kıyasla ise bu oran yaklaşık 4 kattır. EMP Rokfor peynirine göre serbest yağ asitlerinin daha yoğun olmasının sebebinin ise % yağ değişiminin Rokfor peynirinde daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mavi küflü peynirden metil ketonların ekstraksiyonunu etkileyen faktörler: parçacık boyutu, nem içeriği ve ilk keton

konsantrasyonudur. (Reverchon, 1997). Rokfor peynirinde EMP Rokfor peynirine göre daha yoğun serbest yağ asidi ekstraksiyonun yapılabilmesi, Rokfor peynirinin parçacık boyutuna bağlanmıştır. Ayrıca Çedar peyniri dışındaki tüm peynir çeşitlerinde C_{4:0} yoğunluğu oldukça yüksektir. Bütirik asit konsantrasyonundaki değişimin, algılanan "peynirimsi/ransit" aroma yoğunluğu üzerinde büyük bir etkisi olabilmektedir (Raines, 2012).

Çizelge 4.8. Rokfor peyniri ekstraktlarının SYA konsantrasyonu (mg/kg ekstrakt).

	100 bar			200 bar			300 bar		
	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C
	DXK	DYK	DZK	DXL	DYL	DZL	DXM	DYM	DZM
C _{4:0}	690.8	749.3	614.9	1,037.7	1,451.7	813.6	1,039.1	714.5	1,087.6
C _{6:0}	811.9	781.3	721.4	1,086.9	1,329.7	824.4	923.6	824.0	1,047.6
C _{8:0}	480.3	438.5	473.1	615.1	752.5	477.3	529.2	495.9	590.8
C _{10:0}	1,349.8	1,161.2	1,437.0	1,728.7	2,150.9	1,425.4	1,728.7	1,367.6	1,785.4
C _{12:0}	1,613.3	1,230.7	1,825.5	2,319.8	2,630.4	1,866.4	2,236.3	1,585.1	2,378.3
C _{14:0}	4,283.4	4,609.4	4,635.9	6,211.5	5,619.7	4,149.2	4,796.5	3,254.0	5,225.5
C _{16:0}	11,274.7	10,695.1	13,199.7	18,382.1	16,225.0	12,114.5	14,082.0	12,882.4	14,779.3
C _{18:0}	2,230.3	2,019.8	2,949.2	4,237.9	3,617.1	2,889.0	3,184.5	1,995.5	3,288.0
C _{18:1}	13,940.6	12,315.9	20,288.9	12,104.1	13,455.3	17,711.6	18,991.2	14,566.0	20,152.8
C _{18:2}	1,842.5	2,239.2	2,330.6	2,613.9	2,385.7	2,203.6	2,037.2	1,735.6	2,108.5
C _{18:3}	255.6	239.5	392.6	475.7	489.1	336.9	381.0	279.2	389.8
C _{20:0}	30.0	31.6	46.7	56.6	48.8	42.1	41.5	31.7	38.0
∑ C ₍₄₋₈₎	1,983.0	1,969.0	1,809.3	2,739.7	3,534.0	2,115.4	2,491.8	2,034.5	2,726.0
Toplam	38,803.2	36,511.6	48,915.4	50,870.0	50,156.0	44,854.1	49,970.7	39,731.6	52,871.3

4.2.3. Duyusal

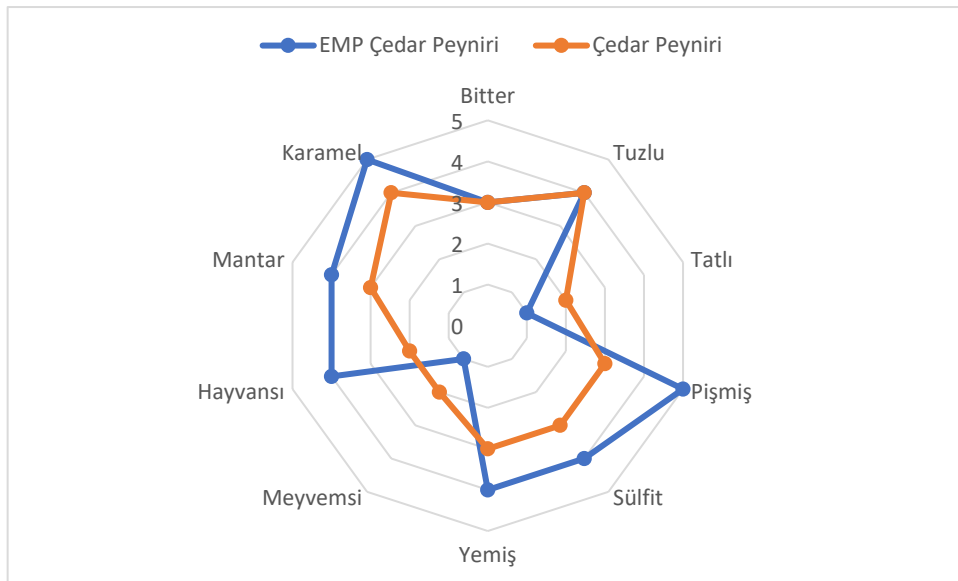
Çalışmada farklı peynir çeşitlerinden süperkritik ekstraksiyon ile konsantre aroma üretiminin gerçekleştirilebilmesi hedeflenmiştir. Hem hammaddede meydana gelen değişimlerin belirlenmesi hem de elde edilen ekstraktın özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla bir dizi analiz gerçekleştirilmiştir. Kimyasal bileşim analizleri ile hammaddede ekstraksiyonun etkisi ile kuru madde, yağ, protein ve pH gibi fiziksel ve kimyasal niteliklerinin değişimi ortaya konmuştur. Birçok aroma bileşeninin yağın ve proteinin parçalanması ile elde edildiği literatür özeti kısmında aktarılmış ve yapılan proteoliz ve lipoliz düzeyleri analizleri ile hem bu kısma, hem de ekstraksiyonun hammaddedeki proteolizi ve lipolizi etkileyip etkilemediğine ışık tutmak istenmiştir. Fakat ekstraktın özelliklerinin belirlenebilmesi kısmı ile ilgili yorum üretilebilmek özellikle uçucu bileşen analizi ve duyusal analizlerin yapılabilmesi ile mümkün olmaktadır. Uçucu bileşen

analizi ile nicel olarak saptanan aroma bileşenlerinin insan duyusu ile algılanabilirliği ve yoğunluğunun tespiti ancak duyu analizi ile sağlanabilmektedir.

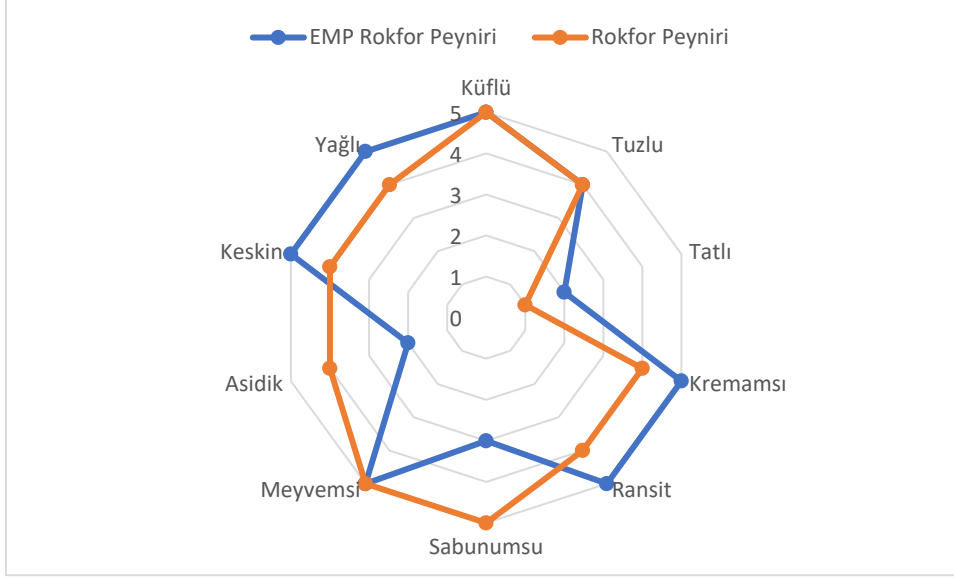
3.2.3.3'de de belirtildiği gibi Çedar grubu ve Rokfor grubu olmak üzere 4 farklı peynire ve bu peynir çeşitlerinden elde edilen ekstraktlarda duyu analizi yapılmıştır. Peynir aroması ve duyu değerlendirmesi hakkında gerekli eğitimleri almış 10 kişilik panelist grubu tarafından duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Peynir hammaddeleri ve ekstraktların duyu değerlendirilmesinde kullanılan değerlendirme tablosu Çedar peyniri ve ekstraktları için EK 1'de, EMP Çedar peyniri ve ekstraktları için EK 2'de, EMP Rokfor peyniri ve ekstraktları için EK 3'de, Rokfor peyniri ve ekstraktları için EK 4'te verilmiştir. Öncelikle panelistler tarafından hammadde olan 4 farklı peynir duyu olarak değerlendirilmiştir. Peletlerde ekstraksiyon sonrası yapılan duyu değerlendirmelerde belirgin şekilde aromanın azaldığı ve neredeyse tüm ekstraksiyon koşullarındaki peletlerde duyu özelliklerin hayvansı, pişmiş gibi benzer tanımlamalar içerdiği görülmüştür. Bu nedenle peletlerde duyu analizi yapılmamıştır. Ekstraktlar hammadde olarak kullanılan Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peynirine kıyasla puanlanmıştır. Tüm ekstraktlar panelistler tarafından hammaddeye benzerlik yönünden ele alınmıştır. Duyu analizinde kabul edilebilirlik testi uygulanmıştır. Bu amaçla Tam Olması Gereken (Just About Right (JAR)) skalası kullanılmış ve değerlendirmelerde panelistlerden 1 ile 5 arasında puanlama yapılması istenmiştir. Değerlendirmede; 1 çok az, 3 neredeyse aynı, 5 ise çok fazla anlamına gelmektedir (Lawless ve Heymann, 2010). Çedar peyniri ve EMP Çedar peyniri için duyu tanımlayıcılar: bitter, tuzlu, tatlı, pişmiş, sülfid, yemiş, meyvemsi, hayvansı, mantar ve karamel olmak üzere toplam on adettir. Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peyniri için duyu tanımlayıcılar: küflü, tuzlu, tatlı, kremamsı, ransit, sabunumsu, meyvemsi, asidik, keskin ve yağlı olmak üzere on adettir. Ekstraktlarda ise hammaddeden farklı olarak sadece aroma nitelikleri değerlendirilmiştir. Bu sebeple Çedar peyniri ve EMP Çedar peyniri ekstraktları için bitter, tuzlu ve tatlı; Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peyniri ekstraktları için ise tuzlu ve tatlı kriterleri değerlendirilmemiştir.

Çedar peyniri ve Rokfor peyniri aroması üretimi için iki farklı peynir grubunda (Çedar peyniri ile EMP Çedar peyniri ve Rokfor peyniri ile EMP Rokfor peyniri) ekstraksiyon

gerçekleştirilmiştir ve belirtilen analizler yapılmıştır. Çalışmada farklı hammaddelerin seçilmesi ile birlikte ürünün fiziksel yapısı, kimyasal bileşimi, lipoliz ve proteoliz düzeyi, mevcut aroma profili gibi farklılıklarının ekstraksiyon verimliliği üzerine etkilerinin de farklı olduğu görülmüştür. Şekil 4.21’de görüleceği üzere panelistler Çedar peyniri ve EMP Çedar peynirini duyuşal olarak değerlendirmiştir. Panelistler Çedar peynirini tatlı, meyvensi niteliklerini EMP Çedar peynirine kıyasla daha yoğun tanımlarken; karamel, mantar, yemiş, sülfite, hayvansı ve pişmiş yönler açısından EMP Çedar peynirini daha yoğun bulmuştur. Panelistler Rokfor peynirini asidik, meyvensi ve sabunumsu niteliklerini EMP Rokfor peynirine kıyasla daha yoğun tanımlarken; yağlı, keskin, kremamsı, ransit ve tatlı yönler açısından EMP Rokfor peynirini daha yoğun bulduğu Şekil 4.22’de görülmektedir. Raines (2012) tarafından yapılan çalışmada Mavi küflü peynir için tanımlanan duyuşal nitelikler arasında peynirimsi/ransit, kremamsı ve küflü peynir nitelikleri yer almakta ve panelistlerin bu nitelikler yönünden değerlendirme yapılması istenmektedir.



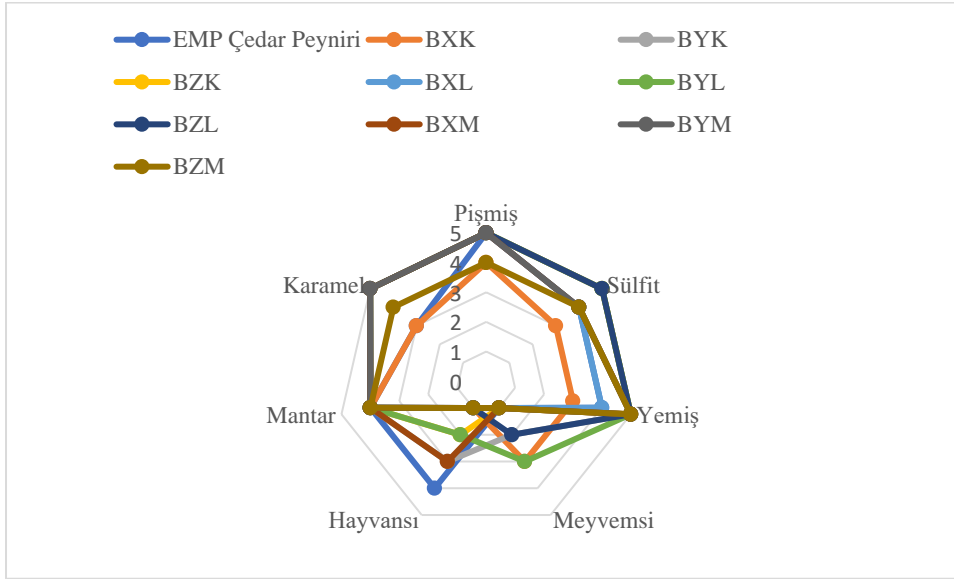
Şekil 4.21. Çedar grubunda yer alan; Çedar peyniri ve EMP Çedar duyuşal analiz sonuçlarının örümcek grafiği.



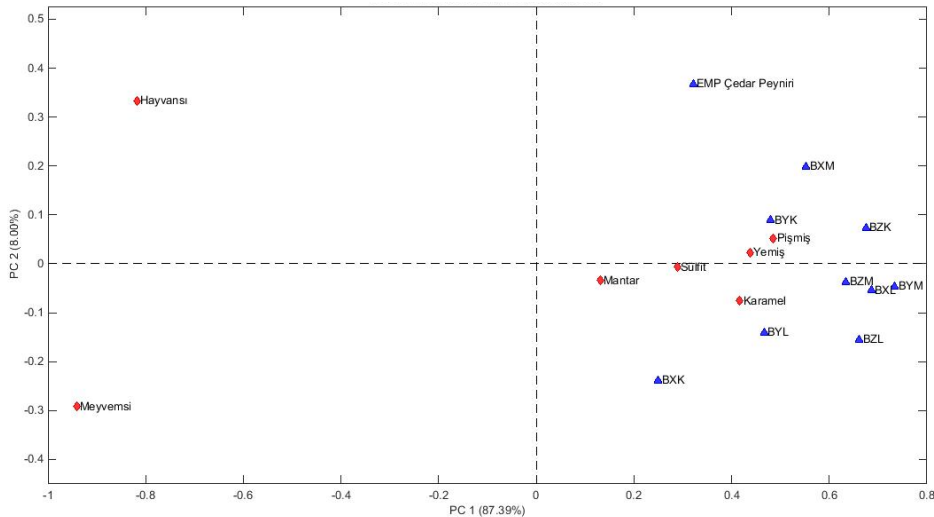
Şekil 4.22. Rokfor grubunda yer alan; Rokfor peyniri ve EMP Rokfor duyuşal analiz sonuçlarının örümcek grafiği.

Çedar peyniri ve Çedar peynirinin farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktları için yapılan duyuşal değerlendirme sonuçlarını içeren örümcek grafiği Şekil 4.23'te, bi-plot grafiği ise Şekil 4.24'te verilmiştir. PC 1'e göre ayırım %60.61 oranında ve PC 2'ye göre ayırım %16.84 oranında olmuştur. Pişmiş ve karamel tanımlayıcılarının özellikle yüksek sıcaklıkta elde edilen AZK, AYM, AZM ve AZL gibi ekstraktlarda görülmesi artan sıcaklığın etkisiyle hammaddeki bu lezzetleri daha da ortaya çıkardığını göstermektedir. Özellikle 300 bar'da elde edilen AXM, AYM ve AZM ekstraktlarının duyuşal nitelik açısından benzer ve/veya daha yoğun şekilde algılandığı görülmektedir. Yine benzer şekilde 100 bar'da elde edilen AXK, AYK ve AZK ekstraktları ise hammaddeye kıyasla daha düşük puanlar almıştır. Bu durum artan basıncın etkisiyle Çedar peyniri ekstraksiyonunun verimini arttırdığını doğrulamaktadır. Çedar peyniri peletlerinde % yağ değişimin en fazla olduğu Çedar peyniri peleti 300 bar, 35 °C'dir. Artan basınçtaki örneklerin daha yüksek skorlar alması bu sonuç ile uyumludur. Ancak artan basıncın etkisiyle yüksek trigliserit ekstraksiyonuna bağlı olarak da hayvansı yönden daha yüksek puan alan ekstraktlar elde edildiği de tespit edilmiştir.

durumda olduğu Şekil 4.25'te görülmektedir. Pişmiş ve karamel tanımlayıcılarının özellikle yüksek sıcaklıkta elde edilen BYM, BZM gibi ekstraktlarda görülmesi artan sıcaklığın etkisiyle hammaddeki bu lezzetlerin daha da ortaya çıkardığını göstermektedir. Yemiş, sülfite, mantar gibi Çedar lezzeti karakteristiğini tanımlayan lezzet tanımlayıcıları yönünden özellikle 45 °C'de elde edilen ekstraktlar olan BYK, BYL ekstraktları yüksek puan almıştır. BYL ekstraktı aynı zamanda en yüksek serbest yağ asidi ekstraksiyona sahip olan örnektir.

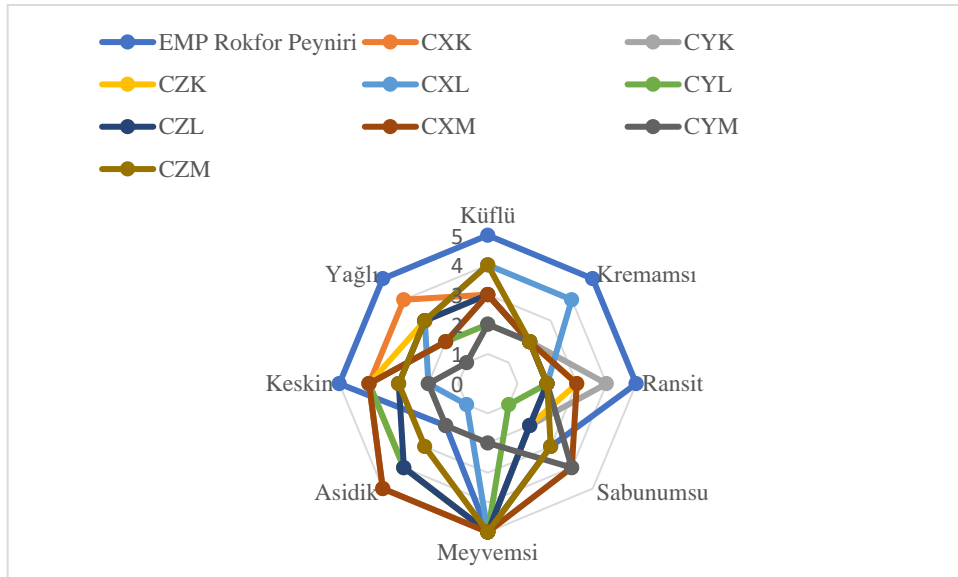


Şekil 4.25. Hammaddede olan EMP Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyu analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.

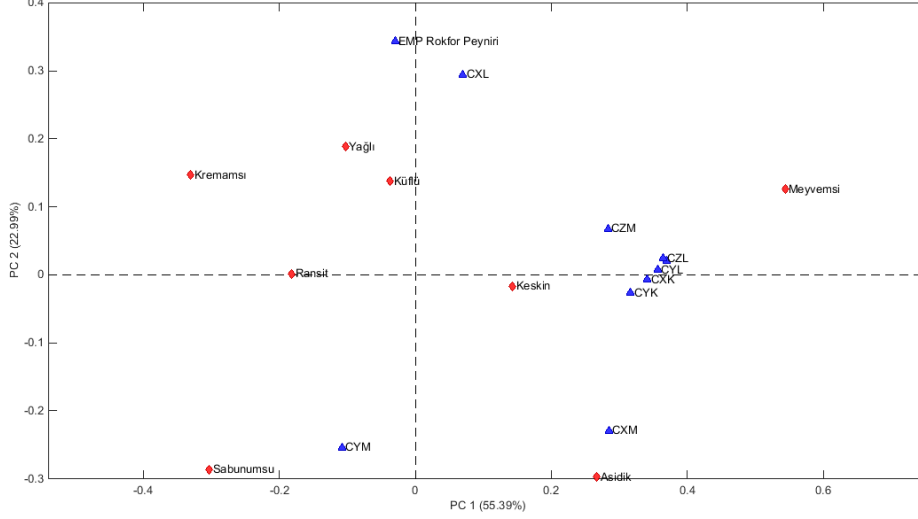


Şekil 4.26. EMP Çedar peyniri ve ekstraktlarının duyu analiz sonucuna ait PCA biplot grafiği.

EMP Rokfor peyniri ve EMP Rokfor peynirinin farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktları için yapılan duyusal değerlendirme sonuçlarını içeren örümcek grafiği Şekil 4.27’de, bi-plot grafiği ise Şekil 4.28’te verilmiştir. PC 1’ göre ayırım %55.39 oranında ve PC 2’ye göre ayırım %22.99 oranında elde edilmiştir. EMP Rokfor peynirinin; keskin, yağlı, küflü, kremamsı ve ransit nitelikler açısından yüksek skor aldığı görülmüştür. EMP Rokfor peynirine en yakın niteliklere sahip ekstraktın CXL olduğu görülmüş, özellikle kremamsı yönüyle diğer ekstraktlardan ayrılmaktadır. Yüksek miktarda kremamsı mavi küflü peynir aromaları, geniş bir yelpazedeki üreticiler için avantajlı olabilmektedir Farklı gıda ürünlerinde kaplamalar, soslar vb. tüketici tercihini olumlu etkilemektedir. Kremamsı lezzet notları gıda matriksiyle iyi bir eşleşmeye yardımcı olmaktadır (Raines, 2012). CXL ekstraktının duyusal skorlarının yüksek değerlendirilmesinde kremamsı duyusal niteliğinin yüksek olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Yüksek basınçlarda ise sabunumsu gibi niteliklerin arttığı (örneğin; CXM ekstraktı gibi) görülmüştür. Bu durumun yüksek trigliserit ekstraksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kısa zincirli serbest yağ asitleri peynirimsi ve ransit olarak tanımlanırken, uzun zincirli serbest yağ asitleri tipik olarak mumsu ve sabunumsu olarak tanımlanmaktadır. (Raines, 2012)

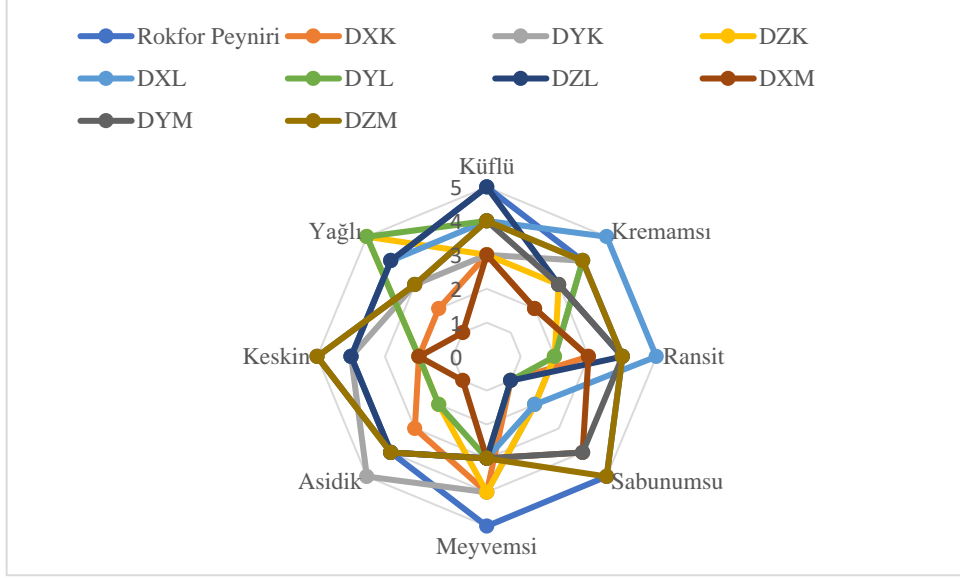


Şekil 4.27. Hammadde olan EMP Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyusal analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.

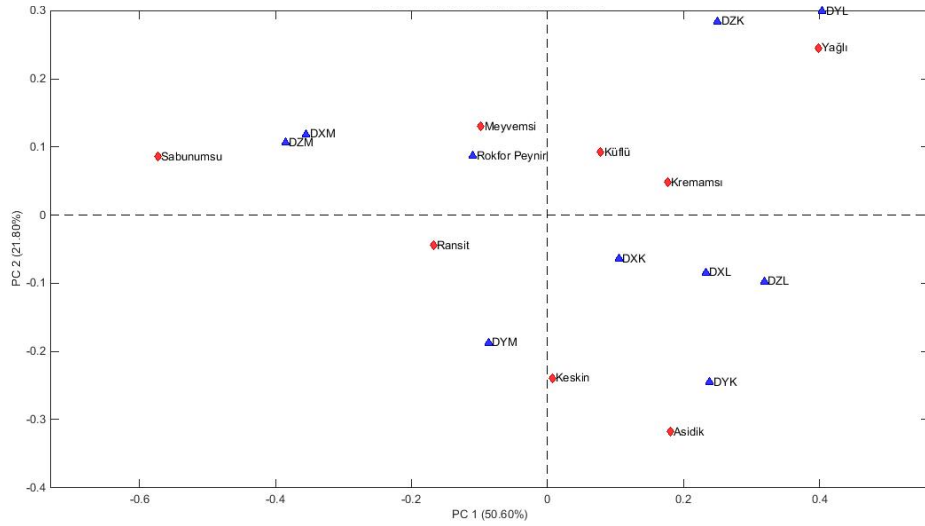


Şekil 4.28. EMP Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duyu analiz sonucuna ait PCA bi-plot grafiği.

Rokfor peyniri ve Rokfor peynirinin farklı ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktları için yapılan duyu değerlendirme sonuçlarını içeren örümcek grafiği Şekil 4.29'da, bi-plot grafiği ise Şekil 4.30'da verilmiştir. PC 1' göre ayırım %50.60 oranında ve PC 2'ye göre ayırım %21.80 oranında elde edilmiştir. Rokfor peynirinin; keskin, yağlı, küflü ve kremamsı nitelikler açısından yüksek skor aldığı görülmüştür. Rokfor peynirine en yakın niteliklere sahip ekstraktın DXM olduğu görülmüştür. 100 bar basınçta elde edilen ekstraktlarda (DXK, DYK ve DZK) meyvemsi aromanın diğer ekstraktlara kıyasla daha yüksek değerlendirildiği görülmüştür. Raines (2012) tarafından mavi küflü peynirdeki çalışma düşük basınçlarda (73 bar gibi) trigliserit ekstraksiyonunu önleyecek şekilde yapılmıştır. Bu durum metil ketonların seçici olarak elde edilebilmesini sağlamıştır. Düşük basınçta elde edilen meyvemsi aromanın bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.29. Hammade olan Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duysal analiz sonuçlarına ait örümcek grafiği.



Şekil 4.30. Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duysal analiz sonucuna ait PCA bi-plot grafiği.

5. YORUM

Karakteristik lezzetlerinin olması, endüstride yaygın olarak kullanılması ve kimyasal bileşimlerinin ekstraksiyonun verimliliğini arttırıcı yönde etki yapabilecek olduğunun öngörülmesi nedeniyle dört farklı peynirde çalışma yapılmıştır. Pazardaki trendler düşünüldüğünde; doğal, katkısız, “clean-label” gibi etiketlerin tüketiciler üzerinde olumlu etki bıraktığı ve tercih sebebi olduğu görülmektedir. Ayrıca pazardaki artan talepler ve farklı lezzetler arama arzusu; gıda üretimi yapan firmaları farklı çalışmalar yapmaya itmiştir. Bu çalışmalarda farklılaşmayı sağlayan en önemli girdi ise gıda katkı maddeleridir. Tüketici tercihini en çok etkileyen gıda katkı maddeleri arasında ise aroma vericiler yer almaktadır. Bu çalışmadaki ana amaç seçilen peynir çeşitlerinden konsantre aroma üretimini doğal yollarla sağlayabilmektir.

Tez kapsamında aroma ekstraksiyonunda sıklıkla kullanılan ve birçok kullanım avantajı bulunan SC-CO₂ metodu kullanılmıştır. Çedar peyniri, EMP Çedar peyniri, EMP Rokfor peyniri ve Rokfor peynirinden konsantre peynir aroması elde edilmiştir. Tez kapsamında sıcaklık ve basıncın ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi incelenmiştir. Her bir peynir çeşidi için elde edilen veriler kendi içinde değerlendirilmiş hem de birbirinden farklı kimyasal bileşimde olan bu ürünlerin ekstraksiyondaki davranışları incelenebilmiştir. Aynı lezzet gruplarında olan Çedar peyniri ve EMP Çedar peyniri verileri ile Rokfor peyniri ile EMP Rokfor peyniri verileri kıyaslanabilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi iki kısım olarak sağlanmıştır. İlk kısımda; ekstraksiyon işlemi yapılan hammaddenin ve ekstraksiyon sonrası kalan kısım olan peletin kimyasal bileşimi, proteoliz ve lipoliz düzeyleri, uçucu bileşin profili ortaya konmuştur. İkinci kısımda ise; ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstraktların serbest yağ asidi, uçucu bileşen ve duyuşal profili ortaya konmuştur. Böylelikle hem hammaddede ekstraksiyon sonrası yaşanabilecek olası değişimler tespit edilmiş ve elde edilen ekstraktların da amaçlanan peynir lezzetini sağlayıp sağlamadığı ortaya konulabilmiştir.

Bu tezde elde edilen sonuçlar ilgili peynirlerle yapılan diğer çalışmalar ve literatür ile birlikte değerlendirilmiş, elde edilen yorumlar belirtilmiştir. Öncelikle hammadde ve peletler ile ilgili kısım aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Kurumadde deęerleri edar peyniri peletlerinde ortalama %12 dūşūş gōsterirken, EMP edar peyniri peletlerinde ortalama %3'lük bir dūşūş gōstermiřtir. edar peynirindeki kuru maddenin deęiřiminin EMP edar peynirine kıyasla daha yūksək olduęu gōrūlmūřtur. Bu durum edar peynirinin rendelenerek yūzey alanlarının arttırılmasına baęlanmıřtır. Rokfor peynirinde ortalama %3 ve EMP Rokfor peynirinde ise ortalama %6'lık % kuru madde dūşūřu gōrūlmūřtur. % Kuru madde deęiřimi hem gerçekleřen yaę ekstraksiyonu hem de uygulanan proses kaynaklı peynirlerde gōrūlen kuruma sebebiyle olmuřtur. % Kuru madde deęiřimi en fazla edar peyniri peletlerinde gōrūlmūř bu durum rendelenerek hazırlanan edar peynirinde yaę ekstraksiyonun fazla gerçekleřmiř olmasına baęlanmıřtır. Peynir eřitlerinde ekstraksiyon prosesinde trigliserit ekstraksiyonu fazlayken, EMP peynir çeřitlerinde uçucu bileřen ve yaę asidi ekstraksiyonunun fazla olduęu gōrūlmektedir. Artan basınç deęerlerinde trigliserit ekstraksiyonu daha fazla olduęu için edar ve Rokfor peyniri için en yūksək % yaę deęiřimi genel anlamda 300 bar'da gōrūlmūřtur.
- Tūm peynir çeşitlerindeki peletlerde pH değişimi bazı parametrelerde azalma bazı parametrelerde ise artma eğilimi gōstermiřtir. Fakat rnekler arası pH farklılığının hem ekstraksiyon verimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuş hem de değişen ekstraksiyon parametrelerinin hammaddelerdeki pH değişimine etkisiyle doğrusal bir azalma veya artma saptanmamıştır.
- edar peyniri ve Rokfor peyniri peletlerinde % protein açısından peletlerde azalan % yaę miktarına baęlı olarak % protein deęerlerinde gōreceli artıř gōzlenmiřtir. edar peyniri peletlerinde % protein deęerleri; AXK (35 C, 100 bar) peletinde % 32.16, AYK (45 C, 100 bar) peletinde % 33.05, AZK (55 C, 100 bar) peletinde % 33.75 řeklinindedir. Aynı basıncın artan sıcaklarında % protein deęerlerinin arttıęı bu durumun 200 bar ve 300 bar basınçta ve Rokfor peyniri peletlerinde de benzer olduęu gōrūlmūřtur. EMP edar peyniri peletlerinde ise % protein deęerinin çoęunlukla azaldıęı tespit edilmiřtir. Bu durumun ilgili parametrelerde suda çözünür serbest amino asitlerin ekstraksiyonuna baęlı olabileceęi dūřünūlmūřtur.
- Hammadde ve her bir ekstraksiyon kořulunda elde edilen peletlerdeki proteoliz dūzeyleri hakkında yorum yapabilmek amacıyla yapılması hedeflenen analizler; TNBS analizi ve

üre-PAGE analizidir. Çalışmada kullanılan farklı peynir çeşitlerinde raf ömrü benzerliği bulunmamaktadır ve bu peynirlerin olgunlaşma süreci takip edilmemektedir. Ekstraksiyon sonrası toplam serbest amino asit miktarındaki olası değişimi inceleyebilmek için TNBS analizi yapılmıştır. Toplam serbest amino asit konsantrasyonu sonuçları % protein değerleri ile uyumludur. Çedar peyniri ve Rokfor peyniri peletlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. EMP Çedar peynirinde ise % protein değerlerinde olduğu gibi bazı parametrelerde azalma söz konusudur. EMP Çedar peyniri peletlerindeki en düşük amino asit konsantrasyonuna 100 bar, 45°C'deki BYK peleti sahipken, % protein değeri de en düşüktür. Üre-PAGE analizinde ise suda çözünmeyen protein fraksiyonu olan kazein degradasyonu incelenmiş, peletler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Bu durum sonucunda ekstraksiyonun kazein fraksiyonları üzerine etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Fakat analizin yapıldığı tüm peynirler birbiri ile kıyaslandığında üretiminde enzimlerin (preotazların, lipaz vb.) kullanıldığı EMP peynirlerde yüksek proteoliz sonucu kalıntı kazein fraksiyonların azlığının (Çedar peynirine ve Rokfor peynirine göre) görülmesi beklenen yöndedir.

- Peletlerde GC ile serbest yağ asidi analizi yapılmıştır. Hammaddeler değerlendirildiğinde; EMP Çedar peynirinde toplam serbest yağ asidi konsantrasyonunun Çedar peynirine kıyasla yaklaşık 16 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre Çedar peynirinde lipolizin oldukça düşük seyrettiği EMP Çedar peynirinde ise lipoliz basamağı ile benzer lezzetteki peynire kıyasla yoğunluğunun arttırıldığı söylenebilmektedir. Rokfor grubu değerlendirildiğinde, EMP Rokfor peynirinde toplam serbest yağ asidi konsantrasyonunun Rokfor peynirine kıyasla yaklaşık 2.5 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Rokfor peyniri diğer peynirlerden farklı olarak lipolizin teşvik edildiği ve homojenizasyon basamağının bulunduğu bir peynir çeşididir. Bu sebeple Çedar peynirinden farklı olarak serbest yağ asidi miktarı oldukça fazladır ve bu sebeple EMP çeşidine kıyasla aralarındaki miktarsal fark çedar grubundan düşüktür. Tüm peletlerde serbest yağ asidi konsantrasyonu hammaddeye kıyasla azalmıştır. Peletlerdeki % yağ değişiminin fazla olduğu örneklerde serbest yağ asidi konsantrasyonunun da uyumlu olarak azaldığı gözlenmiştir. Çedar peyniri ve Rokfor peynirinde %yağ değişimi en fazla en yüksek basınç koşulu olan 300 bar'da elde edilmiştir. Çedar peyniri peletleri incelendiğinde serbest yağ ekstraksiyonunun en fazla yaklaşık %72 oranında azaldığı, Rokfor peyniri peletlerinde ise bu oranın en fazla yaklaşık %44 olduğu tespit edilmiştir.

% yağ değişimi edar peynirinde, Rokfor peynirine kıyasla yüksektir ve bu durum serbest yağ asidi miktarı ile de uyumludur. EMP edar peyniri ve EMP Rokfor peynirinde 200 bar, 45 °C koşulları elde edilen % yağ değişiminin en fazla olduğu koşullardır. Serbest yağ asidi konsantrasyonu ile % yağ değişimi arasındaki bağıntı tüm peynir çeşitlerinde görülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen ekstraktlarla ilgili bilgilerin ortaya konulduğu kısım aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Tüm peynir çeşitlerinde aroma verimi farklılık göstermiş ve bu durum hem kimyasal bileşim sonuçları ile hem de enstrümental analizler ile ortaya konmuştur. edar peyniri ekstraktları uçucu bileşik bazında EMP edar peyniri ekstraktlarından belirgin şekilde ayrılmakta benzer durum Rokfor peyniri ekstraktları ve EMP Rokfor Peyniri ekstraktlarında da görülmektedir. edar peyniri ve küflü peynir lezzetleri için farklı aroma profillerinde son ürün elde edilebildiğini göstermektedir. edar peyniri ekstraktları değerlendirildiğinde özellikle basına göre bir ayırım gözlemlendiği ve bu ayırımı uzun zincirli ve kısa zincirli yağ asitleri ile bunların etil esterlerinin etkili olduğu görülmektedir. EMP edar peyniri ekstraktlarında özellikle sıcaklığa göre bir ayırım gözlemlendiği ve bu ayırımı uçucu bileşikler bazında ketonlar, yağ asitleri, aldehitlerin etkili olduğu görülmektedir. EMP Rokfor peyniri ekstraktlarında basına göre bir ayırım gözlemlenmekte ve özellikle bu ayırımın ketonlar bazında olduğu görülmektedir. Rokfor peyniri ekstraktlarında da benzer durum grlmştr.
- edar peyniri ekstraktları serbest yağ asidi konsantrasyonları incelendiğinde aynı basınçta sıcaklık arttıķa konsantrasyon doğrusal artış göstermektedir. Örneğin; AXK, AYK ve AZK önekleri 100 bar basınçta artan sıcaklığa bağlı olarak 6,208.0, 6,934.6 ve 7,172.5 mg /kg ekstrakt olarak doğrusal artış gösterirken; benzer durum 200 bar basınçta elde edilen AXL, AYL ve AZL ekstraktlarında ve 300 bar basınçta elde edilen AXM, AYM ve AZM ekstraktlarında da görülmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde edar peynirinde serbest yağ asidi açısından ekstraksiyon verimi üzerinde özellikle basının etkisinin önemli olduğu grlmştr. BXK, BYK ve BZK önekleri 100 bar basınçta artan sıcaklığa bağlı olarak 9,513.7, 11,032.5 ve 6,849.1 mg/kg elde edilmiş 45 °C’de 35 °C’ye kıyasla ekstrakt miktarı artmış fakat artış 55 °C’ye devam etmemiş hatta 35°C’nin

de altındaki bir değer elde edilmiştir. Bu durumun EMP Çedar peynirinin yüksek lipolize bağlı olarak oluşan uçucu bileşenlerin 55 °C'deki sıcaklıkta kayba uğramasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Çalışmada kullanılan SC-CO₂ sistemi dinamik ekstraksiyon modunda çalışmaktadır. Bu çalışma modunda çalışılan ürüne sürekli olarak taze süperkritik akışkan beslenmekte ve gerçekleştirilen ekstraksiyon sonrasında elde edilen ekstrakt seperatör haznesine sürekli olarak alınır. Bu durumdan dolayı yüksek sıcaklıklarda uçucu bileşen kaybının olabileceği düşünülmektedir. Endüstriyel üretimlerde geri dönüşümlü sistem kullanılarak bu durumun önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca en yüksek serbest yağ asidi konsantrasyonu 200 bar, 45 °C'de elde edilen BYL ekstraktında saptanmıştır. Bu durum peletlerdeki % yağ değişimi ve peletlerde yapılan serbest yağ asidi analizi sonuçlarıyla uyumludur. Çedar peyniri ekstraktları ile EMP Çedar peyniri ekstraktlarının serbest yağ asidi miktarı kıyaslandığında EMP Çedar peyniri ekstraktlarının yaklaşık 2 kat daha yoğun olduğu görülmektedir. Lipoliz basamağı bulunan EMP Çedar peyniri ve EMP Rokfor peynirinin Çedar peynirine kıyasla kısa zincirli yağ asidi miktarının yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu görülmektedir ve bazı koşullarda 30 kata kadar çıktığı görülmektedir. Rokfor peyniri için en fazla serbest yağ asidi konsantrasyonuna sahip örnek 300 bar, 55 °C'de elde edilen DZM ekstraktıdır. DZM peletinde ise % yağ değişimi en fazla olan aynı zamanda serbest yağ asidi konsantrasyonu en düşük olan örnek olmuştur. Bu durum elde edilen sonucun uyumlu olduğunu göstermektedir. Çedar peyniri ekstraktlarına kıyasla serbest yağ asidi miktarı açısından yaklaşık 8 kat daha yoğun ekstraktlar elde edildiği görülmüştür. Bu durumun Rokfor peynirinin üretim basamağında homojenizasyonun kullanılması ve lipolizin teşvik edilmesi olduğu düşünülmektedir. EMP Rokfor peynirine kıyasla ise bu oran yaklaşık 4 kattır. EMP Rokfor peynirine göre serbest yağ asitlerinin daha yoğun olmasının sebebinin ise % yağ değişiminin Rokfor peynirinde daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Çedar peyniri ve EMP Çedar peynirinin aroma profil farklılığı uçucu bileşen analizi ile tespit edilmiş, benzer sonuçlar duyuşal analizde de elde edilmiştir. Ekstraktlarda yapılan duyuşal analiz sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve basınçta elde edilen ekstraktlarda farklı duyuşal niteliklerin oluştuğı görülmüştür. Panelistler Çedar peynirini tatlı, meyvemsi niteliklerini EMP Çedar peynirine kıyasla daha yoğun tanımlarken; karamel, mantar, yemiş, sülfid, hayvansı ve pişmiş yönler açısından EMP Çedar peynirini daha yoğun

bulmuştur. Panelistler Rokfor peynirini asidik, meyvemsi ve sabunumsu niteliklerini EMP Rokfor peynirine kıyasla daha yoğun tanımlarken; yağlı, keskin, kremamsı, ransit ve tatlı yönler açısından EMP Rokfor peynirini daha yoğun bulmuştur. Çedar peyniri ekstraktlarında 300 bar'da elde edilen AXM, AYM ve AZM ekstraktlarının duyuşsal nitelik açısından benzer ve/veya daha yoğun; 100 bar'da elde edilen AXK, AYK ve AZK ekstraktları ise hammaddeye kıyasla daha zayıf algılanmıştır. Bu durum artan basıncın etkisiyle Çedar peyniri ekstraksiyonunun veriminin de arttığını düşündürmektedir. Yüksek basınçtaki örneklerin daha yüksek skorlar alması bu sonuç ile uyumludur. Ancak artan basıncın etkisiyle yüksek trigliserit ekstraksiyonuna bağılı olarak da hayvansı yönden daha yüksek puan alan ekstraktlar elde edildiğı de tespit edilmiştir. Tüm peynirlerde hammaddeyle benzer duyuşsal niteliklerin ekstraktlarda da saptandığının belirtilmesi ekstraksiyonun etkin bir şekilde yapılabildiğini ve benzer aroma desenlerinin oluşturulabileceğini göstermektedir. Yemiş, sülfıt, mantar gibi Çedar lezzeti karakteristiğini tanımlayan lezzet tanımlayıcıları yönünden özellikle 45 °C'de elde edilen ekstraktlar olan BYK, BYL ekstraktları yüksek puan almıştır. BYL ekstraktı aynı zamanda en yüksek serbest yağ asidi ekstraksiyona sahip olan örnektir, pelette yapılan analizlerle de bu durum uyumludur. EMP Rokfor peyniri ekstraktlarından olan CXL ekstraktının duyuşsal skorlarının yüksek değerlendirilmesinde kremamsı duyuşsal niteliğinin yüksek olmasının etkili olduğu düşünölmektedir. Yüksek basınçlarda ise sabunumsu gibi niteliklerin arttığı örneğın; CXM ekstraktı gibi görölmüştür. Bu durumun yüksek trigliserit ekstraksiyonundan kaynaklandığı düşünölmektedir. Kısa zincirli serbest yağ asitleri peynirimsi ve ransit olarak tanımlanırken, uzun zincirli serbest yağ asitleri tipik olarak mumsu ve sabunumsu olarak tanımlanmaktadır. (Raines, 2012). Rokfor peynirinin; keskin, yağlı, küflü ve kremamsı nitelikler açısından yüksek skor aldığı görölmüştür. Rokfor peynirine en yakın niteliklere sahip ekstraktın DXM (300 bar, 35 °C) olduğu görölmüştür. 100 bar basınçta elde edilen ekstraktlarda (DXK, DYK ve DZK) meyvemsi aromanın diğer ekstraktlara kıyasla daha yüksek değerlendirildiğı görölmüştür. Çedar tipi peynirler diğerlerine kıyasla daha yemiş, mumsu ve tatlı niteliklere sahiptir. Küfle olgunlaştırılmış peynirler karakteristik lezzet yoğunluğuna sahiptir ve çoğu zaman keskin ve net lezzetlere sahip olduğu kabul edilmektedir. Mavi küflü peynirler, bu güçlü lezzet özellikleri sayesinde daha yüksek yoğunluklara sahiptirler (Talavera ve Chambers, 2016).

- Sonuç olarak tez çalışması sonucunda ortaya çıkarılan tüm çıktılar değerlendirildiğinde SC-CO₂ ekstraksiyonu ile konsantre Çedar peynir ve küflü peynir aroması elde edilebileceği gösterilmiştir. Bu amaçla farklı peynirler kullanılmış ve bu peynir aromalarının elde edilmesinin yanı sıra farklı lezzet profillerinde de elde edilebileceği görülmüştür. İstenen aroma bileşenlerini daha yoğun şekilde içerebilecek profillerin basınç ve sıcaklık parametreleri değişimi ile sağlanabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmada ekstraksiyon verimi üzerine birincil etkinin basınç parametresi olduğu ortaya konmuştur.

6. KAYNAKLAR

- Acerbi, F., Guillard, V., Guillaume, C., ve Gontard, N., Impact of Selected Composition and Ripening Conditions on CO₂ Solubility in Semi-Hard Cheese, *Food Chemistry*, 192 (2016) 805-812.
- Ahangari, H., King, J.W., Ehsani, A., Yousefi, M., Supercritical Fluid Extraction of Seed Oils – A Short Review of Current Trends, *Trends in Food Science & Technology*, 111 (2021) 249–260.
- Amaral, G.V., Silva, E.K., Cavalcanti, R.N., Cappato, L.P., Guimaraes, J.T., Alvarenga, et al., Dairy Processing Using Supercritical Carbon Dioxide Technology: Theoretical Fundamentals, Quality And Safety Aspects. *Trends in Food Science And Technology*, 64 (2017) 94-101.
- Anand, S.S., Philip, B.K., Mehendale, H.M., Volatile Organic Compounds, *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, Academic Press, Oxford, 967–970, **2014**.
- Anonim, ACS Cheese and Dairy Product Lexicon and Glossary, Cheese Flavor Wheel by Cheese Science Toolkit, <https://www.cheesescience.org/wheel/index.html>, (Erişim tarihi: **01 Kasım 2022**).
- Anonim, Gıda Kimyası II, Prof. Dr. S. Velioglu, 96-103, <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12575/66335/WEB-GIDA%20K%c4%b0MYASI-II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, (Erişim tarihi: **04 Nisan 2023**)
- Ardö, Y., Polychroniadou, A., Laboratory Manual for Chemical Analysis of Cheese. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, **1999**.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A.K.M., Techniques for Extraction of Bioactive Compounds From Plant Materials: A Review. *Journal of Food Engineering*, 117 (4) (2013) 426-436.
- Barbe, E.L., Creating and Validating an Aroma and Flavor Lexicon for the Evaluation of Sparkling Wines. Master of Science, University of California, USA, **2014**.
- Bastianello, E., Montemurro, F., Fasolato, L., Balzan, S., Marchesini, G., Contiero, B., Cardazzo, B., Novelli, E., Volatile Compounds and Microbial Development in Sonicated Cloudy Apple Juices: Preliminary Results, *CYTA - Journal of Food*, 14

(2016) 65–73.

Belitz, H-D., Grosch, W., Schieberle, P., Aroma Compounds in Food Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, 342-408, **2004**.

Bogdanovic, A., Tadic, V., Arsic, I., Milovanovic, S., Petrovic, S., Skala, D., Supercritical and High Pressure Subcritical Fluid Extraction from Lemon Balm (*Melissa officinalis* L., Lamiaceae). The Journal of Supercritical Fluids, 107 (2016) 234-242.

Bonnaille, L.M., Tomasula, P.M., Fractionation of Whey Protein Isolate with Supercritical Carbon Dioxide to Produce Enriched α -lactalbumin and β -lactoglobulin Food Ingredients, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60 (2012) 5257-5266.

Bölükbaşı, B., Aroma üretimi yapan firmalarda uygulanacak HACCP kriterlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Edirne, **2006**.

Bulat, T., Beyaz Peynir Üretiminde Probiyotik *Enterococcus faecium*'un Ek Kültür Olarak Kullanımı ve Bunun Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2011**.

Bulat, T., Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyelinin Ultrafiltre Beyaz Peynirin Olgunlaşma Süreci Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2017**.

Bulat, T., Topcu. A., Oxidation-Reduction Potential of UF White Cheese: Impact on Organic Acids, Volatile Compounds and Sensorial Properties, Lwt- Food Science and Technology, 131 (2020) 109770.

Brunner, G., Supercritical Fluids: Technology and Application to Food Processing. Journal of Food Engineering, 67 (2005) 21-33.

Cantor M.D., Tempel T.V.D., Hansen, T.K., Ardö Y., Blue Cheese in Cheese Chemistry, Physics & Microbiology General Aspects, McSweeney, P.L., Fox, P.F., Cotter, P.D., Everett, D.W. (Eds.), Academic Press, London, Volume 1, 929–949, **2017**.

Capuzzo, A., Maffei, M., Occhipinti, A., Supercritical Fluid Extraction of Plant Flavors

- and Fragrances. *Molecules*, 18(6) (2013) 7194-7238.
- Carbonell M., Nunez M., Fernandez-Garcia E., Evolution of The Volatile Components of Ewe Raw Milk La Serena Cheese During Ripening, Correlation With Flavour Characteristics, *Lait*, 82 (2002) 683–698.
- Cheetham P.S.J., Natural Sources of flavours. *Food flavour technology*, Taylor, A. J., Linforth, R. S. T. (Eds), Sheffield Academic Press, 127-175, 2002.
- Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.S., Strube, J., Uhlenbrock, L., Gunjevic, V., Cravotto, G., Green Extraction of Natural Products. Origins, Current Status, and Future Challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118 (2019) 248-263.
- Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G., Lipolysis and Free Fatty Acid Catabolism in Cheese: A Review of Current Knowledge. *International Dairy Journey*, 13 (2003) 841–866.
- Cravotto, G., Cintas, P., Extraction of flavourings from natural sources in Modifying flavour in food, Taylor, A., and Hort, J. (Eds.), CRC Press, FL., 41–63, 2007.
- Çelik Ş., Uysal Ş., Beyaz Peynirin Bileşim, Kalite, Mikroflora ve Olgunlaşması, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1) (2009) 141-151.
- Dalgleish, D.D.G., Corredig, M., The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing, *Annual Review of Food Science and Technology*, 3 (2012) 449-467.
- De Jong, C. Badings, H.T., Determination of Free Fatty Acids in Milk and Cheese Procedures for Extraction, Clean up and Capillary Gas Chromatographic Analysis. *Journal of High Resolution Chromatography*, 13 (1990) 94–98.
- Di Giacomo, G., Taglieri, L., Carozza, P., Pasteurization and Sterilization of Milk by Supercritical Carbon Dioxide Treatment. 9th International Symposium on Supercritical Fluids. New trends in Supercritical Fluids:Energy, Materials, Processing, Arkachon (France), 2009.
- Drake M.A., Delahunty C.M., Sensory Character of Cheese and Its Evaluation in Cheese Chemistry, Physics & Microbiology General Aspects, Mcsweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D., Everett, D.W. (Eds.), Academic Press, London, Volume 1, 517–545, 2017.

- Drake, M.A., Civille, G.V., Flavor Lexicons. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2 (2003) 33-40.
- Eker, T., Cabaroğlu, T., Gıdaların Tüketilmesi Sırasında Retronazal Yolla Aroma Salınımının Belirlenmesi, *GIDA*, 43 (1) (2017) 64-77.
- Erbay, Z., Lezzet Katkısı Olarak Peynir ve Enzim Modifiye Peynir Tekniğinde Güncel Durum. *Akademik Gıda*, 14(2) (2016) 209-217.
- FAO, Gateway to dairy production and products. <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-andmilk-products/en/#.VuL1rLnSnrd/> (Erişim: 19.04.2023).
- FDA, Food And Drugs, Chapter I-Food And Drug Administration Department of Health and Human Services, Subchapter B, Food For Human Consumption, Part:133 Cheeses and Related Products, <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=133.173> , (Erişim Tarihi: 01.03.2023).
- Filly, A., Fernandez, X., Minuti, M., Visinoni, F., Cravotto, G., Chemat, F., Solvent-Free Microwave Extraction of Essential Oil From Aromatic Herbs: From Laboratory to Pilot and Industrial Scale, *Food Chemistry*, 150 (2014) 193-198.
- Fox, P. F., McSweeney, P.L.H., Cheese: An Overview in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Fourth Edition, Volume 1*, 5–21, 2017.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., *Cheese Flavour*. Springer, New York, 444–473, 2017d.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., *Cheese: Historical Aspects, Fundamentals of Cheese Science*. Springer, New York, 1–10, 2017b.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., *Overview of Cheese Manufacture*. Springer, New York, 11–25, 2017c.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., *Principal Families of Cheese, Fundamentals of Cheese Science*. Springer, New York, 27–69, 2017a.
- Fox, P.F., Uniacke-Lowe T., McSweeney, P.L.H., O'Mahony J.A., *Chemistry and Biochemistry in cheese. Dairy Chemistry and Biochemistry*, Springer, Volume 2, 499-500, 2015.
- Ganesan, B., Weimet B.C., Qian, M.C., Burbank H.M., Compounds associated with

- cheese flavoring in *Improving the Flavour of Cheese*, Weimer, B.. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL, 26–55, **2007**.
- Gouin, S., *Microencapsulation: Industrial Appraisal of Existing Technologies and Trends*. *Trends in Food Science & Technology*, 15 (**2004**) 330–347.
- Haileselassie, S.S., Lee, B.H., Gibbs, B.F., *Purification and Identification of Potentially Bioactive Peptides from Enzyme-Modified Cheese*, *Journal of Dairy Science*, 82 (**1999**) 1612-1617.
- IDF, *Cheese and Processed Cheese, Determination of The Total Solids Content*, International Dairy Federation, Brussels, Belgium, **1982**.
- IDF, *Determination of The Nitrogen (Kjeldahl Method) and Calculation of the Crude Protein Content*, Brussels, Belgium, **1986**.
- Jedlińska, A., Samborska, K., Janiszewska-Turak, E., Witrowa-Rajchert, D., Seuvre, A. M., Voilley, A., *Physicochemical Properties of Vanilla and Raspberry Aromas Microencapsulated in the Industrial Conditions by Spray Drying*, *Journal of Food Process Engineering*, 41(7) (**2018**) 128-172.
- Jimenez-Sanchez, C., Lozano-Sanchez, A.S.G., Fernandez-Gutierrez, A., *Alternatives to Conventional Thermal Treatments in Fruit-juice Processing. Part 1: Techniques and Applications*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (**2017**) 501-523.
- Karlsson, H.O.E., Tragardh, G., *Aroma Recovery During Beverage Processing*. *Journal of Food Engineering*, 34 (**1997**) 159-178.
- Khattab, A. R., Guirguis, H. A., Tawfik, S. M., Farag, M. A., *Cheese Ripening: A Review on Modern Technologies Towards Flavor Enhancement, Process Acceleration and Improved Quality Assessment*. *Trends in Food Science and Technology*, 88 (**2019**), 343–360.
- Khosravi-Darani, K., *Research Activities on Supercritical Fluid Science in Food Biotechnology*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(6) (**2010**) 479-488.
- Kilcawley K.N., Wilkinson M.G., Fox P.F., *A Novel Two-Stage Process for the Production of Enzyme-Modified Cheese*, *Food Research International* 39 (**2006**) 619–627.

- Kilcawley, K.N., Wilkinson, M.G., Fox, P.F., Enzyme-Modified Cheese. *International Dairy Journal*, 8 (1998) 1–10.
- Lawless, H.T., Heymann, H., Acceptance Testing. Heldman, D.R. (Ed), In *Sensory Evaluation of Food*, Springer, New York, 325-344, 2010.
- Lee, Y.W., Lee, Y.Y., Flavor and Aroma Substances. Extraction Optimization in Food Engineering, First Edition, CRC Press, 2003.
- Li, Y., Fabiano-Tixier, A.S., Chemat, F., Essential oils: From Conventional to Green Extraction, *Essential Oils as Reagents in Green Chemistry*, Springer International Publishing, (2014) 9-19.
- Marilley, L., Casey M. G., Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains, *International Journal of Food Microbiology*, 90(2) (2004) 139-159.
- McAuley, C.M., Singh, T.K., Haro-Maza, F., Williams, R., Buckow, R., Microbiological and physicochemical stability of raw, pasteurised or pulsed electric field-treated milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38 (2016) 365-373.
- McSweeney, P. L. H., Ottogalli, G., Fox, P. F. Diversity of cheese varieties: An overview. In P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. Academic Press, Volume 2, 1-23, 2004.
- McSweeney, P.L.H., *Biochemistry of Cheese Ripening*. *International Journal of Dairy Technology*, 57 (2004) 127–144.
- McSweeney, P.L.H., *Biochemistry of Cheese Ripening: Introduction and Overview in Cheese Chemistry, Physics & Microbiology Volume 1 General Aspects*. McSweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P., Everett, D. (Eds.), Academic Press, London, 379–386, 2017.
- McSweeney, P.L.H., *Cheese Manufacture and Ripening and Their Influence on Cheese Flavour in Improving the Flavour of Cheese*, Weimer, B. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL, 1–26, 2007.
- McSweeney, P.L.H., Magboul, A.A.A., Upadhyay, V.K., Fox, P.F., *Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis in Cheese Chemistry, Physics & Microbiology Volume 1 General Aspects*, McSweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D., Everett,

- D.W. (Eds.), Academic Press, London, 445–472, **2017**.
- McSweeney, P.L.H., Ottogalli, G., Fox P.F, Diversity and Classification of Cheese Varieties: An Overview Cheese Chemistry, Physics & Microbiology General Aspects, Mcsweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D., Everett, D.W. (Eds.), Academic Press, London, Volume 1, 781–807, **2017**.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J., Biochemical Pathways for the Production of Flavour Compound in Cheese During Ripening, *Lait*, 80 (**2000**) 293–324.
- Mukhopadhyay, M., Natural Extracts Using Supercritical Carbon Dioxide, BocaRaton: CRC Press. 339, **2000**.
- Nassar, K., Lundin, J., Iordache, F.D., Hailu Y., Kide, M.H., The Production of Cheddar cheese. Research Gate, **2015**.
- Ong, L., Lawrence R.C., Gilles, J., Creamer, L.K., Crow, C.L., Heap, H.A., Honore, C.G., Johnston, K.A., Samal, P.K., Powell, I.B., Gras, S.L., Cheddar Cheese and Related Dry-Salted Cheese Varieties in Cheese Chemistry, Physics & Microbiology Volume 1 General Aspects. McSweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P., Everett, D.. (Eds Academic Press, London, 829–855, **2017**.
- Oszagyan, M., Supercritical Fluid Extraction of Volatile Compounds from Lavandin and Thyme. *Flavor and Fragrance Journal*, 11 (**1996**) 157-165.
- Pan, J., Zhang, C., Zhang, Z., Li, G., Review of Online Coupling of Sample Preparation Techniques with Liquid Chromatography, *Analytica Chimica Acta*, 815 (**2014**) 1-15.
- Peng, L., Han, G., Landjobo Pagou, A., Shu, J., Electric Submersible Pump Broken Shaft Fault Diagnosis Based On Principal Component Analysis. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 191 (**2020**) 107154.
- Pietkiewicz, J., Bogacz-Radomska, L., Pietkiewicz, J. J., Górska, K., Aroma Production and Application in Food Products, In proceedings of the 35th International conference of Slovak society of Chemical Engineering, Tatry, Slovakia, **2008**.
- Raines, J., Factors Affecting the Production of Concentrated Blue Cheese Flavorings. Master of Science, Clemson University, USA, **2012**.
- Raventos, M., Duarte, S., Alarcon R., Application and Possibilities of Supercritical CO₂

- Extraction in Food Processing Industry: An Overview. *Food Science and Technology*, 8(5) (2002) 269-284.
- Reverchon, E., Supercritical Fluid Extraction and Fractionation of Essential Oils and Related Products. *Journal of Supercritical Fluids*, 10 (1997) 1-37.
- Sánchez-Macías, D., Laubscher, A., Castro, N., Argüello, A., Jiménez-Flores, R., Effects of Supercritical Fluid Extraction Pressure on Chemical Composition, Microbial Population, Polar Lipid Profile and Microstructure of Goat Cheese. *Journal of Dairy Science*, 96 (2013) 1325–1334.
- Sapkale, N. G., Patil, S.M., Surwase, U. S., Bhatbhage P. K., Supercritical Fluid Extraction. *International Journal of Chemical Science*: 8(2) (2010) 729-743.
- Shalabi, S.I., Fox, P.F., Electrophoretic analysis of cheese: Comparison of methods. *Irish Journal of Food Science and Technology*, (1987) 135-151.
- Singh T.K., Drake M.A., Cadwallader K.R., Flavor of Cheddar Cheese: A Chemical and Sensory Perspective, *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*, 2 (2003) 139-162.
- Smit, G., Smit, B.A., Engels, W.J.M., Flavour Formation by Lactic Acid Bacteria and Biochemical Flavour Profiling of Cheese Products. *FEMS Microbiology Reviews*, 29 (2005) 591–610.
- Spilimbergo, S., Komes, D., Vojvodic, A., Levaj, B., Ferrentino, G., High Pressure Carbon Dioxide Pasteurization of Fresh-Cut Carrot. *The Journal of Supercritical Fluids*, 79 (2013) , 92-100.
- Şanlı, D., Bozbağ, S. E., Erkey, C., Synthesis of Nanostructured Materials Using Supercritical CO₂: Part I. Physical Transformations. *Journal of Materials Science*, 47 (2012), 2995-3025.
- Talavera, M., Chambers, D.H., Flavor lexicon and characteristics of artisan goat cheese from the United States, *Journal of Sensory Studies*, 31 (2016) 492–506.
- Taylor, A., Hort, J., *Modifying flavour in food*, CRC Press, FL, 283 pages, 2007.
- Taylor, S.L., Eller, F.J., King, J.W., A Comparison of Oil and Fat Content in Oilseed and Ground Beef-using Supercritical Fluid Extraction and Related Analytical Techniques, *Food Research International*, Volume 30 (1997) 365-370.

- Tylewicz, U., Inchingolo, R., Rodriguez-Estrada, M.T., Food Aroma Compounds. Nutraceutical and Functional Food Components, Galanakis CM (ed), Second Edition, Academic Press, 363-409, **2022**.
- Ünver E., Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyon Yöntemi İle Enzim Modifiye Peynirden Konsantre Peynir Aroması Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2022**.
- Valcârcel M., Tena M. T., 1997. Applications of supercritical fluid extraction in food analysis. *Fresenius Journal of Analytic Chemistry*, 358 (**1997**) 561-573.
- Varming, C., Andersen, L.T., Petersen, M.A., Ardö, Y., Flavour Compounds and Sensory Characteristics of Cheese Powders Made From Matured Cheeses, *International Dairy Journal*, 30(1) (**2013**) 19-28.
- Vigano, J., Machado, A.P.F., Martínez, J., Sub- and Supercritical Fluid Technology Applied to Food Waste Processing. *The Journal of Supercritical Fluids*, 96 (**2015**) 272-286.
- Wandrey, C., Bartkowiak, A., Harding, S.E. Materials for Encapsulation. In: Zuidam, N., Nedovic, V. (eds) *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. Springer, New York, **2010**.
- Wilkinson, M.G., Kilcawley, K.N., Carbohydrate metabolism and cheese flavour development in *Improving the Flavour of Cheese*, Weimer, B.C. (Ed.), CRC Press, Cambridge, 55–66, **2007**.
- Yee. J.L., Khalil. H., Jiménez-Flores. R., Flavor Partition and Fat Reduction in Cheese by Supercritical Fluid Extraction: Processing Variables. *Dairy Science and Technology*, 87 (**2007**) 269–285.
- Yee. J.L., Walker. J., Khalil. H., Jiménez-Flores. R., Effect of Variety and Maturation of Cheese on Supercritical Fluid Extraction Efficiency, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56 (**2008**) 5153–5157.
- Yılmaztekin, M., Cabaroğlu T., Erten, H., *Biyoteknolojik Yollarla Aroma Maddelerinin Üretimi*, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, (**2008**), 100-138.
- Yoon, Y., Lee, S., Choi, K.H., Microbial Benefits and Risks of Raw Milk Cheese. *Food Control*, 53 (**2016**) 201-205.

Yver, A.I., Ronnaillie, L.M., Yee, W., McAlonn, A.A., Tomasula, P.M., Fractionation of Whey Protein Isolate with Supercritical Carbon Dioxide and Process Modeling and Cost Estimation. *International Journal of Molecular Science*, 13 (2012) 240-259.

Zhong, Q., Jin, M., Enhanced Functionalities of Whey Proteins Treated with Supercritical Carbon Dioxide. *Journal of Dairy Science*, 91 (2008), 490-499.

EKLER

EK 1. Çedar peyniri ve ekstraktlarının duysal değerlendirme tablosu

Tarih/Saat:											
İsim/Soyisim:											
		Numune Sayısı									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Örnek Kodu		Çedar Peyniri	AXK	AXL	AXM	AYK	AYL	AYM	AZK	AZL	AZM
	Puan	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
	Aroma										
	Bitter										
	Tuzlu										
	Tatlı										
	Pişmiş										
	Sülfite										
	Yemiş										
	Meyvemsi										
	Hayvansı										
	Mantar										
	Karamel										

EK 2. EMP Çedar peyniri ve ekstraktlarının duysal değerlendirme tablosu

Tarih/Saat:											
İsim/Soyisim:											
		Numune Sayısı									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Örnek Kodu		EMP Çedar Peyniri	BKK	BXL	BXM	BYK	BYL	BYM	BZK	BZL	BZM
	Puan	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
	Aroma										
	Bitter										
	Tuzlu										
	Tatlı										
	Pişmiş										
	Sülfite										
	Yemiş										
	Meyvemsi										
	Hayvansı										
	Mantar										
	Karamel										

EK 3. Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duysal değerlendirme tablosu

Tarih/Saat:											
İsim/Soyisim:											
		Numune Sayısı									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Örnek Kodu	EMP Rokfor Peyniri	CXK	CXL	CXM	CYK	CYL	CYM	CZK	CZL	CZM	
Aroma	Puan	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Küflü											
Tuzlu											
Tatlı											
Kremamsı											
Ransit											
Sabunumsu											
Meyvemsı											
Asidik											
Keskin											
Yağlı											

EK 4. EMP Rokfor peyniri ve ekstraktlarının duysal değerlendirme tablosu

Tarih/Saat:											
İsim/Soyisim:											
		Numune Sayısı									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Örnek Kodu	Rokfor Peyniri	DXK	DXL	DXM	DYK	DYL	DYM	DZK	DZL	DZM	
Aroma	Puan	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Küflü											
Tuzlu											
Tatlı											
Kremamsı											
Ransit											
Sabunumsu											
Meyvemsı											
Asidik											
Keskin											
Yağlı											