

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI FORMLARDA DOĞAL AROMA KULLANIMININ YOĞURTLARIN
FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kadir ÖZCAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sibel ULUATA

NİSAN 2026

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince akademik gelişimime önemli katkılarda bulunan, bilgi ve birikimiyle bana yol gösteren ve her aşamada desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Sibel Uluata'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez konumun belirlenmesinden araştırmanın yürütülmesine ve tamamlanmasına kadar geçen tüm süreçte sağladığı rehberlik ve yapıcı yönlendirmeler, çalışmamın şekillenmesinde belirleyici olmuş ve benim için büyük bir değer taşımıştır.

Bu tez çalışmasının yalnızca akademik bir emek değil, aynı zamanda sabır, özveri ve güçlü bir yol arkadaşlığının ürünü olmasını sağlayan kıymetli eşim Zeliha DEĞERLİ ÖZCAN'a en içten duygularıyla teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim boyunca karşılaştığım tüm zorluklarda, hiçbir koşulda desteğini esirgemedi yanımda duran; bana olan inancını ve güvenini her daim hissettiren en büyük güç kaynağım olmuştur. Yoğun çalışma temposu, uykusuz geceler ve zaman zaman yaşanan belirsizlikler karşısında gösterdiği anlayış, sabır ve sevgi, bu süreci benim için katlanılır kılmakla kalmamış, aynı zamanda anlamlı hâle getirmiştir. Varlığıyla bana cesaret veren, moralim tükendiğinde beni yeniden ayağa kaldıran, fedakârlıklarıyla bu çalışmanın görünmeyen ama en değerli mimarlarından biri olan eşime gönülden minnettarım. Bu tez, onun emeği, sevgisi ve desteği olmadan asla tamamlanamazdı.

Hayatım boyunca daima yanımda olan, sevgileriyle bana güç veren ve her koşulda desteklerini hissettiren başta babam Erdal ÖZCAN, annem Türkan ÖZCAN, ablalarım Gönül ÖZCAN ERSİN ve Görkem ÖZCAN olmak üzere sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu uzun ve zorlu süreç boyunca duaları, sabırları, maddi ve manevi destekleriyle bana güç veren ailemin varlığı, karşılaştığım her engeli aşmamda en büyük motivasyon kaynağım olmuştur.

Bu süreçte birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım, her zaman yanımda olan ve desteklerini bir an bile esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Mürsel ÇELİK, Esra DEĞERLİ ve Havvanur YILMAZ'a gönülden teşekkür ederim. Tez sürecinde yalnızca bilgi ve emekleriyle değil, verdikleri moral, motivasyon ve dostluklarıyla da bana güç verdiler. Zor zamanlarda yanımda olduklarını hissettirmek ve bu süreci birlikte aşmak benim için çok kıymetliydi.

Bu süreç boyunca katkısıyla, emeğiyle ve desteğiyle yanımda olan herkese gönülden teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Farklı Formlarda Doğal Aroma Kullanımının Yoğurtların Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Kadir Özcan



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ.....	i
ONUR SÖZÜ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1 Fonksiyonel Gıdalar.....	4
2.1.1 Fonksiyonel gıda bileşenleri.....	7
2.2 Süt ve Süt Ürünleri.....	15
2.3 Yoğurdun Tarihçesi ve Tanımı.....	17
2.4 Aroma.....	19
2.4.1 Aroma maddelerinin sınıflandırılması.....	22
2.4.1.1 Doğal aroma maddeleri.....	22
2.4.1.2 Doğala özdeş aroma maddeleri.....	24
2.4.1.3 Yapay aroma maddeleri.....	25
2.4.2 Çilek aroması.....	26
2.4.3 Muz aroması.....	28
2.4.4 Gıda endüstrisinde aroma maddelerinin kullanımı ve önemi.....	29
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	34
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
4.1 Materyal.....	34
4.2 Yöntem.....	34
4.2.1 Antibiyotik analizi.....	34
4.2.2 pH tayini.....	34
4.2.3 Titrasyon asitliği ve laktik asit tayini.....	35
4.2.4 Yağ tayini.....	35
4.2.5 Protein tayini.....	35
4.2.6 Kuru madde tayini.....	35
4.2.7 Serum ayrılması.....	35
4.2.8 Viskozite analizi.....	36
4.2.9 Mikrobiyolojik analizler.....	36
4.2.9.1 Koliform analizi.....	36
4.2.9.2 <i>E. coli</i> analizi.....	36
4.2.9.3 Küf ve maya analizi.....	37
4.2.10 SPME-GC-MS yöntemi ile aroma profili analizi.....	37
4.2.11 Duyusal analiz.....	38
4.2.12 İstatistik analizler.....	39
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	40
5.1 Çiğ Süt Analiz Sonuçları.....	40
5.2 pH ve Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları.....	41
5.3 Yağ, Protein ve Kuru Madde Analiz Sonuçları.....	44
5.4 Serum Ayrılması ve Viskozite Analiz Sonuçları.....	47
5.5 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	53

5.6 SPME-GC-MS Yöntemi ile Aroma Profili Analiz Sonuçları	56
5.7 Duyusal Analiz Sonuçları	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
6.1 Sonuçlar	71
6.2 Öneriler	73
KAYNAKLAR	75
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	101



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.2.11 : Duyusal analiz formu	39
Çizelge 5.1 : Çiğ süt antibiyotik, pH, titrasyon asitliği, yağ, protein ve kuru madde analiz sonuçları.	40
Çizelge 5.2 : Yoğurt örneklerinin pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları	41
Çizelge 5.3 : Yoğurt örneklerinin protein ve kuru madde analiz sonuçları.....	44
Çizelge 5.4 : Yoğurt örneklerinin serum ayrılması ve viskozite analiz sonuçları.....	47
Çizelge 5.5 : Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları.	53
Çizelge 5.6 : Yoğurt örneklerinin 1. gün SPME-GC-MS analiz sonuçları	56
Çizelge 5.7 : Yoğurt örneklerinin 15. gün SPME-GC-MS analiz sonuçları.	58
Çizelge 5.8 : Yoğurt örneklerinin duyusal analiz sonuçları.	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.2.11 : Duyusal analiz için yoğurt örnekleri.	39
Şekil 5.8 : Sıvı aromalı yoğurtların duyusal analiz sonuçları.	66
Şekil 5.9 : Toz aromalı yoğurtların duyusal analiz sonuçları.....	67



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
AB	: Avrupa Birliği
ADA	: Beslenme ve Diyetetik Akademisi
ALA	: Alfa-linolenik asit
CR	: Consumption Ratio
Da	: Dalton
DHA	: Dokosaheksanoik asit
EPA	: Eikosapentaenoik asit
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FOSHU	: Foods for Specified Health Uses
GC	: Gas Chromatography
GRAS	: Genel olarak güvenli kabul edilen
gr	: Gram
IDF	: Uluslararası Sütçülük Federasyonu
IFIC	: Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi
ILSI	: Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü
kob/g	: Koloni oluşturan birim/gram
log kob/g	: Logaritmik koloni oluşturan birim/gram
mL	: Mililitre
MS	: Mass Spectrometry
N	: Normalite
NaOH	: Sodyum hidroksit
RT	: Retention time
SPME	: Solid Phase Microextraction
SPME-GC-MS	: Solid Phase Microextraction- Gas Chromatography- Mass Spectrometry
TS	: Türk Standardı
ω-3	: Omega-3
ω-6	: Omega-6

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI FORMLARDA DOĞAL AROMA KULLANIMININ YOĞURTLARIN FİZİKOKİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

KADİR ÖZCAN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

101+XI sayfa

2026

Danışman: Prof. Dr. Sibel Uluata

Yoğurt, yüksek besin değeri ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan en eski fermente süt ürünlerinden biridir. Günümüzde değişen tüketici beklentileri ve fonksiyonel gıdalara olan ilginin artması, aromalı yoğurt üretimini ön plana çıkarmıştır.

Bu çalışmada, sıvı ve toz formda doğal çilek ve muz aromaları kullanılarak aromalı yoğurt üretilmiş; aroma formu, aroma çeşidi ve konsantrasyonunun yoğurdun kalite özellikleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında pH, titrasyon asitliği, yağ, protein, kuru madde, serum ayrılması, viskozite, mikrobiyolojik analizler, aroma profili ve duyuşsal özellikler incelenmiştir. Aroma ilavesiyle pH değeri 4.86–4.92 aralığında değişmiş, titrasyon asitliği %0.720–0.754 aralığında artmıştır. Yağ oranı yaklaşık %3.5 seviyesinde sabit kalırken, protein içeriği %4.000–4.045 aralığında belirlenmiştir. Kuru madde oranı sıvı aromalı yoğurtlarda %15.50–16.70, toz aromalı örneklerde %16.90–17.60 aralığında bulunmuştur. Serum ayrılması depolama süresine bağlı olarak artmış; kontrol örneğinde %3.94’ten %6.90’a, sıvı aromalı örneklerde %9.63–11.80’den %13.97–19.56’ya, toz aromalı örneklerde %13.72–16.53’ten %20.20–30.26’ya yükselmiştir. Viskozite değeri 2166 mPa·s’ten 1367 mPa·s’e düşmüştür. Duyuşsal analizlerde sıvı aromalı yoğurtlar 2.7–4.5, toz aromalı yoğurtlar 3.5–4.1 aralığında değerlendirilmiş; en yüksek kabul %1 konsantrasyonda elde edilmiştir. SPME-GC-MS yöntemi ile aroma profili analizlerinde esterler, ketonlar, alkoller, karboksilik asitler, aldehitler ve terpenler belirlenmiştir.

Sonuç olarak, özellikle %1 konsantrasyonda kullanılan sıvı aromaların daha düşük serum ayrılması, daha stabil viskozite ve daha yüksek duyuşsal kabul sağladığı belirlenmiştir. SPME-GC-MS analizleri, sıvı aroma formunun karakteristik ester bileşiklerini daha iyi

koruduğunu, toz aromalı örneklerde ise depolama süresince asit ve keton bileşiklerinin baskın hale geldiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal aroma, kalite özellikleri, sıvı aroma, toz aroma, yoğurt



ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF USING NATURAL FLAVORS IN DIFFERENT FORMS ON THE PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF YOGURTS

Kadir Özcan

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

101+XI pages

2026

Supervisor: Prof. Dr. Sibel Uluata

Yogurt is one of the oldest fermented dairy products and has an important place in human nutrition due to its high nutritional value and positive effects on health. Today, changing consumer expectations and the increasing interest in functional foods have brought flavored yogurt production to the forefront.

In this study, flavored yogurts were produced using natural strawberry and banana aromas in liquid and powder forms, and the effects of aroma form, aroma type, and concentration on yogurt quality characteristics were investigated. Within the scope of the study, pH, titratable acidity, fat, protein, dry matter, syneresis, viscosity, microbiological properties, aroma profile, and sensory characteristics were analyzed. With aroma addition, pH values ranged between 4.86–4.92, while titratable acidity increased to 0.720–0.754%. Fat content remained approximately constant at 3.5%, whereas protein content varied between 4.000–4.045%. Dry matter content ranged between 15.50–16.70% in liquid-flavored yogurts and 16.90–17.60% in powder-flavored samples. Syneresis increased during storage; in control samples from 3.94% to 6.90%, in liquid-flavored samples from 9.63–11.80% to 13.97–19.56%, and in powder-flavored samples from 13.72–16.53% to 20.20–30.26%. Viscosity values decreased from 2166 mPa·s to 1367 mPa·s. In sensory evaluation, liquid-flavored yogurts received scores between 2.7–4.5, while powder-flavored yogurts were scored between 3.5–4.1, with the highest acceptance observed at 1% concentration. Aroma profile analyses performed by SPME-GC-MS identified esters, ketones, alcohols, carboxylic acids, aldehydes, and terpenes.

As a result, liquid aromas, particularly at 1% concentration, provided lower syneresis, more stable viscosity, and higher sensory acceptance. SPME-GC-MS analyses showed that liquid aroma forms preserved characteristic ester compounds more effectively,

whereas acid and ketone compounds became more dominant in powder-flavored samples during storage.

Keywords: Natural flavor, quality characteristics, liquid flavor, powder flavor, yogurt



1. GİRİŞ

Günümüzde bireylerin sağlıklı ve dengeli beslenmeye yönelik farkındalıklarının artması, tüketim alışkanlıklarında belirgin değişimlere yol açmıştır. Özellikle eğitim düzeyi ve gelir seviyesindeki yükselişin yanı sıra teknolojik gelişmelerin de etkisiyle, insanların daha uzun ve kaliteli bir yaşam sürme isteği ön plana çıkmaktadır. Bu durum, gıda seçimlerinde yalnızca besleyici özelliklerin değil, aynı zamanda insan sağlığını destekleyici niteliklerin de dikkate alınmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, son yıllarda sağlık üzerinde olumlu etkileri olduğu düşünülen ürünlere olan ilginin giderek arttığı söylenebilir. Bu çerçevede, fonksiyonel gıdaların hem endüstriyel hem de bilimsel açıdan öneminin her geçen gün daha fazla vurgulandığı görülmektedir (Bech-Larsen ve Grunert, 2003; Erbaş, 2006; Karaağaç, 2010).

Fonksiyonel gıdalar, yalnızca temel besin öğelerini sağlamakla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturabilen ve bazı hastalıkların ortaya çıkma riskini azaltmaya katkı sağlayan ürünler olarak ifade edilmektedir. Bu kavramın kökeni 1980'li yıllarda Japonya'ya dayanmaktadır. Nitekim 1991 yılında yürürlüğe giren Foods for Specified Health Uses (FOSHU) düzenlemesi ile bu alanda ilk resmi çerçeve oluşturulmuştur. Günümüzde ise pek çok ülkenin fonksiyonel gıdalara yönelik kendi mevzuatlarını geliştirdiği görülmekte, bu ürünler küresel gıda pazarında giderek daha fazla yer edinmektedir (Bigliardi ve Galati, 2013; Ali ve Rahut, 2019; Iwatani ve Yamamoto, 2019). Fonksiyonel gıdaların yaygınlık kazanmasında tüketici eğilimlerinin oldukça etkili olduğu söylenebilir. Özellikle sağlık konusundaki farkındalığın artmasıyla birlikte bireyler, yalnızca temel ihtiyaçlarını karşılayan gıdalar yerine, bağışıklık sistemini destekleyen, kronik rahatsızlıkların görülme olasılığını azaltmaya yardımcı olan ve yaşam kalitesini olumlu yönde etkileyen ürünlere yönelmektedir. Bu bağlamda, süt ve süt ürünleri sahip oldukları probiyotik içerik, vitamin ve mineral zenginliği sayesinde fonksiyonel gıdalar arasında öne çıkan gruplardan biri haline gelmiştir (Siro ve ark., 2008; Gök ve Ulu, 2018).

Yoğurt, sahip olduğu yüksek besin değeri ve kolay sindirilebilir yapısı nedeniyle dünya genelinde yaygın şekilde tüketilen fermente süt ürünleri arasında yer almaktadır. Ancak zamanla değişen ve çeşitlenen tüketici beklentileri, yoğurtların yalnızca besleyici yönüyle değil, duyuşal özellikleriyle de geliştirilmesini gerekli hale getirmiştir. Bu noktada,

Üretim sürecinde aroma maddelerinin kullanımı giderek daha fazla önem kazanmıştır. Aroma bileşenleri, ürüne karakteristik tat ve koku kazandırmanın ötesinde, genel beğeniği artırarak tüketici tercihleri üzerinde belirleyici bir etki oluşturmaktadır (Nigar, 2005; Yılmaztekin, 2009). Süt rnleri arasında önemli bir konumda bulunan yoğurt, aroma uygulamaları açısından da oldukça geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Özellikle meyve aromaları ile zenginleştirilen yoğurtların tüketiciler tarafından daha fazla ilgi gördüğü ve pazarda kayda değer bir yer edindiği söylenebilir. Bununla birlikte, kullanılan aromanın formu (sıvı, toz, kapsül vb.) rnn yalnızca lezzet profilini değil, aynı zamanda bazı fizikokimyasal özelliklerini de etkileyebilmektedir. Nitekim pH, viskozite ve su tutma kapasitesi gibi parametrelerin yanı sıra; tat, koku, kıvam ve genel beğeni düzeyi gibi duysal özellikler üzerinde de belirleyici bir rol oynayabilmektedir.

Gıda endüstrisinde aroma maddeleri, üretim sürecinde ortaya çıkan aroma kayıplarını telafi etmek, ürünlerin duysal özelliklerini geliştirmek, istenmeyen tat ve kokuları baskılamak ve ürün çeşitliliğini artırmak gibi farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu bileşenler, içeceklerden unlu mamullere, süt ürünlerinden çeşitli atıştırmalıklara kadar oldukça geniş bir ürün grubunda kendine yer bulmaktadır. Özellikle süt ürünlerinde aromaların kullanımı, ürünün tketilebilirliğini artırmanın yanı sıra farklı beklentilere sahip tüketici gruplarına yönelik yeni ürünlerin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır (Bayrak, 2006; Altuğ, 2007).

Aroma maddeleri genel olarak doğal, doğala özdeş ve yapay olmak üzere üç temel grupta ele alınmaktadır. Günümüzde bu bileşenlerin önemli bir bölümü kimyasal yollarla sentezlenebilmekte ve bu durum üretim açısından maliyet avantajı sağlamaktadır. Buna karşılık, tüketicilerin son yıllarda daha “doğal” ürünlere yönelmesi, doğal kaynaklı aromalara olan ilgiyi belirgin şekilde artırmıştır. Doğal aromaların daha karmaşık bir yapıya sahip olması ve duysal açıdan genellikle daha zengin bir profil sunması, gıda endüstrisinde bu tür bileşenlerin tercih edilmesinde etkili olmaktadır (Kafkas ve ark., 2002; Yılmaztekin ve ark., 2008).

Son yıllarda biyoteknoloji alanındaki ilerlemeler, aroma maddelerinin üretiminde yeni ve alternatif yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanımıştır. Özellikle mikroorganizmalar, enzim sistemleri ve hücre kültürleri kullanılarak yrtlen üretim süreçleri, çevreye daha duyarlı ve sürdürülebilir bir üretim anlayışı sunmaktadır. Bu sayede doğal aroma bileşenlerinin daha kontrollü koşullarda ve daha yüksek verimle elde edilmesi mümkün hale gelmiştir (Yılmaztekin ve ark., 2008). Bu çerçevede, doğal aroma maddelerinin farklı formlarının yoğurt kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması hem

bilimsel açıdan hem de endüstriyel uygulamalar bakımından önem arz etmektedir. Bu tez kapsamında, farklı formdaki doğal aroma bileşenlerinin yoğurtların fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilecek sonuçların ise süt endüstrisinde yürütölen ürün geliştirme çalışmalarına katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu tez çalışmasında, farklı dozajlarda kullanılan toz ve sıvı formdaki doğal aromalar ile üretilen yoğurtların fizikokimyasal, reolojik ve duyuşal kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Meyve ya da meyve preparatı ilavesi yapılmadan kullanılan bu aroma formlarının, meyveli yoğurda en yakın tat ve aroma profilini ne ölçüde sağlayabildiğinin ortaya konulması hedeflenmektedir. Çalışma sonunda elde edilecek verilerin, aromalı yoğurt üretiminde kaliteyi etkileyen unsurların daha iyi anlaşılmasına katkı sunması ve süt ürünleri endüstrisinde daha ekonomik, sürdürülebilir ve tüketici beklentilerine uygun ürünlerin geliştirilmesine bilimsel bir altyapı oluşturması beklenmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Fonksiyonel Gıdalar

Fonksiyonel gıdalar günümüzde yalnızca temel beslenme ihtiyacını karşılayan ürünler olmanın ötesine geçmiş, sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabilen bileşenler içermeleri nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Bu ilginin artmasında, bu tür ürünlerin güvenilir olarak algılanması, olası terapötik etkiler sunması ve özellikle bağırsak mikrobiyotasını dengeleyici özellikler göstermesi etkili olmaktadır (Srisuvor ve ark., 2013).

Fonksiyonel gıdaların tanımı literatürde farklı yaklaşımlarla ele alınmakta olup, bu konuda tam anlamıyla ortak bir tanım üzerinde uzlaşa sağlanmış değildir. Bununla birlikte genel bir çerçevede, bu ürünler yalnızca temel beslenme gereksinimlerini karşılamakla kalmayıp, fizyolojik açıdan ek yararlar sağlayan, sağlık durumunu destekleyen veya hastalık riskini azaltmaya katkıda bulunan bileşenler içeren gıdalar olarak ifade edilmektedir (Küster-Boluda ve Vidal-Capilla, 2017). Beslenme ve Diyetetik Akademisi (ADA) fonksiyonel gıdaları, düzenli tüketildiğinde sağlık üzerinde olumlu etkiler oluşturabilen zenginleştirilmiş ya da geliştirilmiş besinler olarak tanımlarken; FAO bu gıdaları, biyolojik olarak aktif bileşenler içeren ve günlük beslenmenin bir parçası olarak tüketilen ürünler şeklinde ele almaktadır (FAO, 2023). Benzer şekilde Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü (ILSI) ve Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi (IFIC) de fonksiyonel gıdaları, temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sunan ürünler olarak değerlendirmektedir (Yiğit ve ark., 2018).

Fonksiyonel gıda kavramının tarihsel gelişimi incelendiğinde, bu terimin ilk olarak Japonya’da ortaya çıktığı ve zamanla farklı bilimsel yaklaşımlar doğrultusunda şekillenerek geliştiği görülmektedir. Bununla birlikte “işlevsellik” kavramının çok yönlü yapısı, fonksiyonel gıdalar için tek ve ortak bir tanım yapılmasını zorlaştırmaktadır (Alzamora ve ark., 2005; Doyon ve Labrecque, 2008). Farklı kurum ve araştırmacılar tarafından yapılan tanımlarda ise bazı ortak noktaların öne çıktığı dikkat çekmektedir. Özellikle ürünlerin zenginleştirilmiş olması, biyolojik olarak aktif bileşenler içermesi ve sağlık üzerindeki etkilerinin bilimsel verilerle desteklenmesi gibi kriterler, fonksiyonel gıdaların tanımlanmasında temel unsurlar arasında yer almaktadır (Hasler, 2002; Martirosyan, 2015). Fonksiyonel gıdaların sağlık üzerindeki etkileri büyük ölçüde içerdikleri biyoaktif

bileşenlere bağlıdır. Bu kapsamda probiyotikler, prebiyotikler, flavonoidler, fitosteroller, biyoaktif peptitler ve çeşitli antioksidanlar öne çıkan bileşenler arasında yer almaktadır (Arvanitoyannis ve Van Houwelingen Koukaliaroglou, 2005). Söz konusu bileşenler; oksidatif stresin azaltılması, bağışıklık sisteminin desteklenmesi ve kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlanması gibi farklı mekanizmalar üzerinden insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler gösterebilmektedir (Zhang ve ark., 2015; Ahmad ve ark., 2022).

Fonksiyonel gıdalar, içerikleri ve üretim süreçleri dikkate alındığında farklı gruplar altında değerlendirilmektedir. Doğal olarak fonksiyonel özellik taşıyan gıdaların yanı sıra, belirli bileşenler ile zenginleştirilmiş ya da çeşitli teknolojik işlemlerle modifiye edilmiş ürünler de bu kapsamda yer almaktadır (Gök, 2023). Bitkisel ve hayvansal kaynaklı fonksiyonel gıdalar incelendiğinde ise, özellikle süt ürünlerinin probiyotik ve prebiyotik içerikleri sayesinde önemli bir konuma sahip olduğu görülmektedir (Bröring, 2008; Hoffmann ve ark., 2010). Özellikle probiyotik mikroorganizmalar içeren fermente süt ürünlerinin düzenli tüketiminin; laktoz sindiriminin desteklenmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, serum kolesterol düzeylerinin düşürülmesi ve antimikrobiyal etki gibi çeşitli yararlar sağladığı ifade edilmektedir (Shah, 2007; Bilici, 2017; Gülbandılar ve ark., 2017). Bu açıdan değerlendirildiğinde, fonksiyonel yoğurt içerdiği zengin besin bileşimi sayesinde hem kuvvetlendirilmiş gıdalara hem de diyet takviyelerine alternatif olabilecek etkili bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine yönelik çalışmalar, genellikle ürünlerin hem teknolojik performansını hem de besleyici özelliklerini iyileştirmeye odaklanmaktadır. Bu kapsamda, farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen diyet lifleri ile zenginleştirilen yoğurtlar üzerine yapılan araştırmalar dikkat çekmektedir. Söz konusu çalışmalarda, kullanılan lif türüne bağlı olarak asitlik, viskozite ve serum ayrılması gibi kalite kriterlerinde belirgin değişimlerin ortaya çıktığı bildirilmektedir. Bunun yanı sıra, bu tür katkıların ürünün organik asit bileşimi üzerinde de etkili olduğu; özellikle yulaf lifi ilavesinin asetik ve propiyonik asit düzeylerinde artışa neden olabildiği ifade edilmektedir (Fernandes-Garcia ve Mc Gregor, 1997).

Fonksiyonel gıdaların ön plana çıkmasında, küresel ölçekte artış gösteren gıda arzı ve beslenme ile ilgili sorunların da önemli bir etkisi bulunmaktadır. Dünya nüfusunun hızlı artışı, kentleşme süreci, iklim değişikliği ve ekonomik dengesizlikler; gıda üretimi ve dağıtımında çeşitli güçlükler yaratmakta, bu durum hem yetersiz beslenme hem de obezite gibi birbirine zıt görünen sağlık sorunlarının aynı anda ortaya çıkmasına neden olmaktadır

(Gökırmaklı ve Bayram, 2018). Bu nedenle günümüzde beslenme kavramı yalnızca enerji ihtiyacının karşılanmasıyla sınırlı kalmayıp, sağlıklı ve dengeli bir beslenme yaklaşımını da içerecek şekilde ele alınmaktadır. Yetersiz beslenmenin yanı sıra obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklardaki artış, toplum sağlığını olumsuz etkileyen başlıca faktörler arasında gösterilmektedir (Uzdil ve ark., 2017). Bu bağlamda fonksiyonel gıdalar, toplumların beslenme kalitesini iyileştirme potansiyeli taşıyan önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Demir ve folik asit ile zenginleştirilmiş ürünlerin anemi riskini azaltabildiği, probiyotik ve prebiyotik bileşenlerin sindirim sistemi sağlığını desteklediği; omega-3 yağ asitlerinin ise kardiyovasküler hastalık riskinin düşürülmesine katkı sağladığı belirtilmektedir (Garipoğlu ve ark., 2019). Bu tür biyoaktif bileşenlerin varlığı sayesinde fonksiyonel gıdalar, kronik hastalıkların önlenmesi ve genel sağlık düzeyinin iyileştirilmesi açısından önemli bir rol üstlenmektedir.

Fonksiyonel gıdalara yönelik talep, dünya genelinde giderek artış göstermektedir. Tüketicilerin gıda seçimlerinde sağlığın belirleyici bir unsur haline gelmesi, bu ürünlerin pazardaki büyümesini destekleyen başlıca etkenlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Barauskaite ve ark., 2018). Küresel ölçekte fonksiyonel gıda pazarı; süt ürünleri, tahıllar, bebek besinleri ve içecekler gibi farklı kategorilerde genişleme eğilimi göstermekte, özellikle probiyotik yoğurt segmentinde dikkat çekici bir büyüme gözlenmektedir (Keskin, 2023). Türkiye’de ise fonksiyonel gıda pazarı henüz gelişim sürecinde olmakla birlikte, son yıllarda artan tüketici farkındalığı ile birlikte önemli bir büyüme potansiyeli sergilemektedir (Gök, 2023). Gıda endüstrisinde meydana gelen teknolojik ilerlemeler, fonksiyonel gıdaların üretimini daha erişilebilir hale getirmekte ve ürün çeşitliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Buna karşın, yeni ürün geliştirme süreçleri çoğu zaman yüksek maliyetli ve belirli riskler içeren yapılar sergilemekte, bu nedenle farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını gerektirmektedir (Khan ve ark., 2013). Bu noktada, gıda ve ilaç sektörleri arasında kurulan iş birlikleri, fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi açısından önemli bir stratejik yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Mark-Herbent, 2003). Fonksiyonel gıdalar, değişen yaşam biçimleri, artış gösteren sağlık problemleri ve tüketici beklentilerindeki farklılaşmalar doğrultusunda gün geçtikçe daha fazla önem kazanan bir ürün grubu haline gelmiştir. Sağlık üzerindeki olumlu etkilerine yönelik farkındalığın artması, bu ürünlere olan talebi desteklemektedir. Bununla birlikte, güvenilirlik, bilimsel temellere dayanma ve uygun

düzenleyici çerçevelerin varlığı gibi unsurlar, bu alanın sürdürülebilir bir şekilde gelişmesi açısından belirleyici rol oynamaktadır (Karaduman, 2011).

2.1.1 Fonksiyonel gıda bileşenleri

Probiyotikler, yeterli miktarlarda tüketildiklerinde konakçı sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturabilen canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmakta ve özellikle bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir (Fazilah ve ark., 2018). Bu kapsamda en yaygın kullanılan mikroorganizmalar arasında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait bakteriler yer almakta olup, genellikle fermente süt ürünleri aracılığıyla diyetle alınmaktadır (Roberfroid, 2000; Ruiz ve ark., 2015). Bu bakteriler, “genel olarak güvenli” anlamına gelen GRAS statüsünde değerlendirilmekte ve sindirim sistemi mikrobiyal dengesinin yeniden sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (El Sohaimey, 2012). Günümüzde probiyotiklerin kullanım alanı büyük ölçüde süt ve süt ürünleri ile sınırlı kalmakla birlikte, ilerleyen dönemlerde fermente sebze ve et ürünleri gibi farklı gıda matrikslerinde de daha yaygın şekilde yer alması beklenmektedir (Roberfroid, 2000). Probiyotiklerin insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça kapsamlıdır ve bu etkiler yalnızca bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesiyle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde de önemli roller üstlendikleri bilinmektedir. Bu mikroorganizmalar, patojenlere karşı direnç oluşumunu destekleyerek enfeksiyon riskinin azalmasına katkıda bulunmakta ve bağırsak bariyerinin güçlenmesine yardımcı olmaktadır (Critchfield ve ark., 2011). Bunun yanı sıra sindirim süreçlerini desteklemeleri ve besin öğelerinin emilimini iyileştirmeleri, genel beslenme durumunun olumlu yönde etkilenmesine olanak tanımaktadır. Yapılan araştırmalar, probiyotiklerin gastrointestinal sistem hastalıkları, enfeksiyona bağlı ishal vakaları, inflamatuvar bağırsak hastalıkları ve bazı alerjik/atopik durumların önlenmesi ya da tedavisinde destekleyici bir rol oynayabildiğini ortaya koymaktadır (Önay Derin ve Keskin, 2013). Bu özellikleri doğrultusunda probiyotikler, yalnızca besleyici değil aynı zamanda sağlık açısından ek faydalar sunan fonksiyonel gıda bileşenleri arasında değerlendirilmektedir (Begum ve ark., 2017).

Prebiyotikler, sindirim enzimleri tarafından parçalanamayan ve bağırsakta yararlı mikroorganizmaların gelişimini seçici olarak destekleyen gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Csutak, 2010). Çoğunlukla kısa zincirli karbonhidratlar ve oligosakkaritlerden oluşan bu bileşenler, bağırsakta fermente edilerek kısa zincirli yağ

asitlerinin oluşumuna katkı sağlamaktadır (Al-Sheraji ve ark., 2013). Bu fermentasyon süreci, bağırsak ortamının dengelenmesine yardımcı olurken, özellikle Bifidobacterium ve Lactobacillus türlerinin çoğalmasını teşvik ederek konakçı sağlığı üzerinde olumlu etkiler meydana getirmektedir (Sarkar, 2007). Doğal prebiyotik kaynakları arasında çözünür diyet lifleri, inülin içeren bitkiler (örneğin hindiba kökü ve Kudüs enginarı), yulaf, soğan, muz ve kuşkonmaz gibi çeşitli gıdalar yer almaktadır (Özcan ve Kurtuldu, 2014). Ancak bu besinlerde bulunan prebiyotik miktarının, çoğu zaman bağırsak mikrobiyotasında belirgin bir değişim oluşturacak düzeyde olmadığı ifade edilmektedir. Bu nedenle prebiyotik bileşenler, endüstriyel ölçekte genellikle polisakkaritlerin parçalanması veya enzimatik işlemler yoluyla elde edilmekte ve daha yüksek konsantrasyonlarda fonksiyonel gıdalara ilave edilmektedir (Fazilah ve ark., 2018). Yaygın olarak kullanılan prebiyotikler arasında inülin, laktuloz ve çeşitli oligosakkaritler bulunmakta; ayrıca bazı dirençli nişasta türlerinin de prebiyotik özellik gösterebildiği belirtilmektedir (Taşdemir, 2017). Prebiyotiklerin sağlık üzerindeki etkileri yalnızca bağırsak mikrobiyotası ile sınırlı kalmamaktadır. Bu bileşenlerin kalsiyum emilimini artırarak kemik mineral yoğunluğunu destekleyebildiği, ayrıca kan glukozu, serum lipidleri ve kolesterol düzeyleri üzerinde düzenleyici etkiler gösterebildiği ifade edilmektedir (Siro ve ark., 2008). Bu yönüyle prebiyotikler, yalnızca sindirim sistemi sağlığı açısından değil, genel metabolik dengenin korunmasına katkı sağlayan önemli fonksiyonel bileşenler arasında değerlendirilmektedir.

Vitaminler, organizmada oldukça düşük miktarlarda gereksinim duyulmasına rağmen metabolik süreçlerin düzenlenmesinde kritik rol oynayan organik bileşiklerdir. İnsan vücudu çoğu vitamini kendi başına sentezleyemediği için, bu bileşenlerin önemli bir kısmının besinler aracılığıyla alınması gerekmektedir. Bununla birlikte, güneş ışığı etkisiyle deride sentezlenebilen D vitamini ile bazı amino asitlerden üretilebilen belirli B grubu vitaminler bu durumun istisnaları arasında yer almaktadır. Vitaminler özellikle enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak görev almakta, ayrıca antioksidan özellikleri sayesinde serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruyucu rol üstlenmektedir. Bu nedenle vitamin yetersizlikleri; yetersiz alım, emilim problemleri veya metabolik bozukluklar sonucunda çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Arvanitoyannis ve Houwelingen Koukaliaroglou, 2013).

Mineraller, inorganik yapıya sahip olmalarına rağmen insan vücudunda fizyolojik işlevlerin sürdürülebilmesi açısından temel öneme sahip besin öğeleri arasında yer

almaktadır. Kas kasılması, sinir iletimi, su-elektrolit dengesi ve asit-baz dengesinin korunması gibi birçok yaşamsal süreçte görev almaktadırlar. Ayrıca pek çok enzimatik reaksiyonda kofaktör olarak metabolik faaliyetlerin düzenlenmesine katkı sağlamaktadırlar. Demir, hemoglobin yapısında yer alarak oksijen taşınmasında kritik rol oynarken; çinko, magnezyum, selenyum ve manganez gibi mineraller çeşitli metabolik süreçlerde etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra kalsiyum ve fosfor kemik ve diş yapısının korunmasına katkı sağlamakta, krom ise insülin aktivitesini destekleyerek glukoz metabolizmasında rol oynamaktadır (Arvanitoyannis ve Houwelingen Koukaliasoglou, 2013).

Fonksiyonel gıdalar kapsamında değerlendirilen vitamin ve mineraller, yalnızca temel beslenme gereksinimlerini karşılamakla kalmayıp sağlık üzerinde koruyucu ve destekleyici etkiler de gösterebilmektedir. Özellikle C ve E vitaminleri ile fenolik bileşikler ve karotenoidler gibi antioksidan bileşenler, oksidatif stresi azaltarak hücre hasarının önlenmesine katkı sağlamakta ve kronik hastalık riskinin azaltılmasında etkili olmaktadır (Gedik, 2016). Vitamin ve minerallerin sağlık üzerindeki etkileri sahip oldukları biyolojik işlevler doğrultusunda daha belirgin hale gelmektedir. D vitamini ve kalsiyumun yeterli düzeyde alınması kemik sağlığının korunmasında ve osteoporozun önlenmesinde önemli rol oynarken; magnezyumun diyabet, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar üzerinde destekleyici etkiler gösterebildiği belirtilmektedir. Potasyumun kan basıncının dengelenmesine katkı sağladığı, iyotun tiroid hormonlarının sentezi için gerekli olduğu ve demirin aneminin önlenmesinde kritik öneme sahip olduğu ifade edilmektedir (Tekün, 2015).

Simbiyotikler, probiyotik ve prebiyotik bileşenlerin birlikte kullanılmasıyla elde edilen ve bu iki yapının birbirini tamamlayan etkisinden yararlanmayı hedefleyen fonksiyonel bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Bu kombinasyon, gastrointestinal sistemde yararlı mikroorganizmaların canlılığını korumasına ve bağırsakta tutunma kapasitesinin artmasına katkı sağlayarak konakçı sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturabilmektedir (Khurana ve Kanawjia, 2007). Probiyotiklerin doğrudan faydalı mikroorganizmaları sağlaması, prebiyotiklerin ise bu mikroorganizmalar için uygun bir besin ortamı sunması sayesinde simbiyotikler, bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesinde daha etkili bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu kapsamda simbiyotiklerin; antimikrobiyal etki göstermesi, bağışıklık sistemini desteklemesi, alerjik tepkilerin azaltılmasına katkı sağlaması ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu rol üstlenmesi gibi çeşitli sağlık yararları sunduğu

bildirilmektedir (Khurana ve Kanawjia, 2007). Simbiyotik ürünlerde yaygın olarak tercih edilen kombinasyonlar arasında *Bifidobacterium* türlerinin fruktooligosakkaritler veya galaktooligosakkaritlerle birlikte kullanımı ile *Lactobacillus* türlerinin laktitol gibi prebiyotik bileşenlerle kombinasyonu yer almaktadır. Bu tür eşleşmelerin, yalnızca probiyotik kullanımına kıyasla bağırsak mikrobiyotası üzerinde daha belirgin ve uzun süreli etkiler oluşturabildiği ifade edilmektedir (Sezen, 2013; Açu, 2014). Bu doğrultuda simbiyotikler, fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarında giderek daha fazla ön plana çıkan ve potansiyeli yüksek bir bileşen grubu olarak değerlendirilmektedir.

Fonksiyonel gıdalar kapsamında öne çıkan bir diğer önemli bileşen grubu ise diyet lifleridir. Diyet lifi, insan ince bağırsağında sindirilemeyen ancak kalın bağırsakta kısmen ya da tamamen fermente edilebilen, bitkisel kaynaklı bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Ergene ve Bingöl, 2019). İlk olarak 1953 yılında Hispley tarafından tanımlanan bu kavram, günümüzde sağlıklı beslenmenin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Diyet lifleri genel olarak çözünür ve çözünmeyen olmak üzere iki ana gruba ayrılmakta olup, her iki lif türünün de sindirim sistemi sağlığı üzerinde önemli etkiler gösterdiği bilinmektedir. Çözünmeyen diyet lifleri; sebze kabukları, tam tahıllar, kuru baklagiller, yulaf kepeği ve kuruyemişler gibi besinlerde yüksek oranda bulunmakta olup, su tutma kapasiteleri sayesinde bağırsak hacmini artırarak sindirim sisteminin düzenli çalışmasına katkı sağlamaktadır (Kıyak ve ark., 2014). Buna karşılık çözünür diyet lifleri; yulaf, arpa, elma, narenciye, havuç, keten tohumu ve chia tohumu gibi gıdalarda yer almakta ve bağırsakta jel benzeri bir yapı oluşturarak sindirim sürecini yavaşlatmaktadır. Bu etki, besin öğelerinin emiliminin daha dengeli gerçekleşmesine olanak tanırken, tokluk hissinin daha uzun süre korunmasına ve kan glukoz düzeylerinin dengelenmesine de katkı sağlamaktadır (El Sohaimy, 2012).

Diyet lifi tüketiminin artırılması, yalnızca sindirim sistemi sağlığını desteklemekle kalmayıp, kronik hastalıkların önlenmesi açısından da önemli katkılar sunmaktadır. Yeterli düzeyde lif alımının kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve bazı kanser türlerinin görülme riskini azaltabileceği ifade edilmektedir (Kaur ve Sharma, 2019). Bunun yanı sıra, diyet liflerinin bağırsak mikrobiyotası üzerinde düzenleyici etkiler gösterdiği ve prebiyotik özellik taşıyan bazı lif türlerinin yararlı mikroorganizmaların gelişimini destekleyebildiği bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, diyet lifinin sağladığı fayarlardan en üst düzeyde faydalanılabilmesi için günlük en az 25 gram lif tüketimini önermektedir (Kaur ve Sharma,

2019). Bu öneri, lif bakımından zengin gıdaların günlük beslenme düzenine dahil edilmesinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Günümüzde değişen yaşam tarzları ve beslenme alışkanlıkları, tüketicilerin gıdalardan beklediği sağlık faydalarını artırmış; bu durum da fonksiyonel gıdalara olan ilginin ve talebin belirgin şekilde yükselmesine neden olmuştur (Özkan Özdemir ve ark., 2009).

Karotenoidler, yapısal olarak 40 karbon atomu içeren tetraterpen türevlerinden oluşan ve genellikle sarıdan kırmızıya kadar uzanan renk aralığında görülen lipofilik pigmentlerdir. Bu bileşikler doğada yaygın olarak bulunmakta ve özellikle fotosentetik organizmalarda önemli biyolojik işlevler üstlenmektedir (Becerra ve ark., 2020). Karotenoidler, fotosentez sürecinde ışık enerjisinin tutulmasına katkı sağlarken, aynı zamanda hücreleri oksidatif hasara karşı koruyarak fotoprotektif bir rol de üstlenmektedir. Karotenoidler doğal olarak başta bitkiler olmak üzere algler, çiçekler, meyveler ve fotosentetik bakterilerde yaygın şekilde bulunur. Bununla birlikte, fotosentetik olmayan bazı mikroorganizmaların da, özellikle maya ve küf türlerinin, belirli karotenoidleri sentezleyebildiği bilinmektedir. Bu durum, karotenoid biyosentezinin yalnızca bitkilerle sınırlı olmadığını, farklı biyolojik sistemlerde de gerçekleşebildiğini göstermektedir (Kandıralı, 2014).

Beslenme açısından ele alındığında, karotenoidler fonksiyonel gıdaların önemli bioaktif bileşenleri arasında yer almakta ve insan sağlığı üzerinde çeşitli olumlu etkiler sunmaktadır. Diyet yoluyla alınan başlıca karotenoidler arasında likopen, lutein, α -karoten, β -karoten, β -kriptoksantin, astaksantin ve zeaksantin bulunmaktadır. Bu bileşikler özellikle antioksidan özellikleriyle öne çıkmakta; serbest radikallerin yol açtığı oksidatif stresi azaltarak kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlayabilmektedir (Kandıralı, 2014). Karotenoidler, hem doğal kaynaklarda yaygın olarak bulunmaları hem de güçlü biyolojik aktivitelere sahip olmaları nedeniyle fonksiyonel gıda bileşenleri arasında önemli bir konuma sahiptir. Bu bileşiklerin düzenli olarak tüketilmesi, sağlığın korunması ve geliştirilmesi açısından etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Kandıralı, 2014; Becerra ve ark., 2020).

Fenolik bileşikler, bitkilerin sekonder metabolitleri arasında yer alan ve farklı kimyasal yapıya sahip geniş bir bileşik grubunu kapsamaktadır. Bu bileşikler, bitkilerde savunma mekanizmalarında görev almalarının yanı sıra, insan beslenmesi açısından da önemli biyolojik aktivitelere sahiptir (Lattanzio ve ark., 2008). Yapılarında bulunan fenolik

hidroksil grupları sayesinde yüksek reaktivite gösteren fenolik bileşikler, özellikle antioksidan özellikleri ile öne çıkmaktadır. Polifenoller olarak da ifade edilen bu bileşik grubu, basit fenolik yapılardan yüksek derecede polimerize olmuş kompleks yapılara kadar geniş bir çeşitlilik göstermektedir. Fenolik bileşikler, bitkisel kökenli gıdalarda doğal olarak yüksek miktarlarda bulunmakta ve suda çözünebilen antioksidanların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Cerit, 2015). Bu özellikleriyle fenolik bileşikler, fonksiyonel gıdaların öne çıkan biyoaktif bileşenleri arasında yer almaktadır. Fenolik bileşikler; fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve lignanlar gibi farklı alt gruplar altında sınıflandırılmaktadır. Bu gruplar arasında özellikle fenolik asitler ve flavonoidler, güçlü antioksidan özellikleri ile öne çıkmaktadır. Fenolik asitler; siyah çay, kırmızı şarap ve çeşitli meyve türevleri gibi pek çok gıdada yaygın olarak bulunmakta ve beslenme yoluyla alınabilmektedir (Santos-Buelga ve ark., 2019). Bu bileşikler, oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlayarak hücre hasarını önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bitkisel kaynaklı gıdaların büyük bir bölümü fenolik fitokimyasallar bakımından zengin olup, bu bileşikler vücudu oksidatif hasara karşı koruyan önemli bir savunma mekanizması oluşturmaktadır. Bu nedenle fenolik bileşikler, yalnızca besin değeri açısından değil, aynı zamanda hastalık riskini azaltıcı ve sağlığı destekleyici etkileriyle de fonksiyonel gıdaların temel bileşenleri arasında değerlendirilmektedir (Güleşçi ve Aygöl, 2016). Fenolik bileşikler, sahip oldukları geniş yapısal çeşitlilik ve güçlü biyolojik aktiviteler sayesinde fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu bileşiklerin düzenli olarak diyetle alınması, özellikle oksidatif stresle ilişkili kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlayan etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Lattanzio ve ark., 2008; Güleşçi ve Aygöl, 2016).

Elzem yağ asitleri, insan vücudu tarafından sentezlenemediği için mutlaka diyet yoluyla alınması gereken lipid bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu yağ asitleri başlıca omega-3 (ω -3) ve omega-6 (ω -6) olmak üzere iki ana grupta incelenmekte olup, fizyolojik işlevlerin sürdürülebilmesi açısından önemli bir role sahiptir (Kaur ve ark., 2012). Lipidler ise genel olarak organizma için önemli bir enerji kaynağı olmanın yanı sıra, hücre zarının yapısal bütünlüğünün korunmasında ve çeşitli biyokimyasal süreçlerin düzenlenmesinde aktif görev üstlenmektedir (Tekün, 2015). Omega-3 yağ asitleri arasında alfa-linolenik asit (ALA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) yer almaktadır. ALA bitkisel kökenli bir yağ asidi olup özellikle keten tohumu, ceviz, soya fasulyesi ve kanola yağı gibi besinlerde bulunurken; EPA ve DHA daha çok deniz kaynaklı olup yağlı balıklar

ve planktonlarda yüksek miktarlarda yer almaktadır (Kaur ve ark., 2012; Kaya ve ark., 2004). EPA ve DHA'nın insan sağlığı açısından taşıdığı önem ve vücutta yeterli düzeyde sentezlenememesi, bu bileşiklerin doğrudan beslenme yoluyla alınmasını gerekli kılmaktadır. Omega-6 yağ asitleri ise temel olarak linoleik asit içermekte olup, soya fasulyesi ve mısır yağı gibi bitkisel yağlar bu grubun başlıca kaynakları arasında yer almaktadır (Kaya ve ark., 2004). Omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin dengeli oranlarda tüketilmesi, vücuttaki biyolojik işlevlerin düzenlenmesi ve metabolik süreçlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi açısından önemli görülmektedir. Fonksiyonel gıdalar kapsamında değerlendirildiğinde, elzem yağ asitlerinin; hücrel sinyal iletim mekanizmalarının düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin desteklenmesi ve kronik hastalık risklerinin azaltılması gibi çeşitli sağlık yararları sunduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra bu yağ asitleri, vücutta inhibitör, reseptör ve antagonistik etkilere sahip biyolojik bileşiklerin oluşumunda görev alarak fizyolojik süreçlerin dengelenmesine katkı sağlamaktadır (Tekün, 2015). Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri, fonksiyonel gıdaların önemli biyoaktif bileşenleri arasında yer almakta ve düzenli ile dengeli şekilde tüketilmeleri, insan sağlığının korunması ve geliştirilmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır (Kaya ve ark., 2004; Kaur ve ark., 2012).

Flavonoidler, bitkisel kökenli gıdalarda yaygın olarak bulunan ve fenolik yapılarıyla öne çıkan önemli biyoaktif bileşikler arasında yer almaktadır. Bu bileşikler; özellikle meyve ve sebzeler ile bunlardan elde edilen çay, çikolata ve şarap gibi ürünlerde yüksek miktarlarda bulunmakta ve güçlü antioksidan özellikleri ile dikkat çekmektedir. Flavonoidler, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlamakta ve bu özellikleri sayesinde fonksiyonel gıdaların önemli bileşenleri arasında değerlendirilmektedir (Manach, 2004). Flavonoid grubu bileşikler; proantosiyanidinler, epikateşin ve kuersetin gibi çeşitli alt bileşenleri içermekte olup, özellikle çay, kakao ve üzüm türevlerinde yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Üzüm kabuğu polifenollerinden türeyen ve kırmızı şarapta bulunan resveratrol ise, flavonoidlerle ilişkili önemli bir antioksidan bileşik olarak dikkat çekmektedir. Bu bileşiklerin varlığı, ilgili gıdaların sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin artmasına katkı sağlamaktadır (Manach, 2004).

Flavonoidlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir. Bu bileşikler, güçlü antioksidan özelliklerinin yanı sıra antienflamatuvar, antiviral, antibakteriyel ve antialerjik etkiler de gösterebilmektedir. Bu çok yönlü biyolojik aktiviteleri sayesinde flavonoidler; kardiyovasküler hastalıklar,

nörodejeneratif rahatsızlıklar (örneğin Parkinson ve Alzheimer), göz hastalıkları ve çeşitli metabolik bozuklukların önlenmesinde potansiyel faydalar sunmaktadır. Ayrıca akciğer, prostat, meme, kolon ve over kanserleri başta olmak üzere pek çok kanser türüne karşı koruyucu ya da destekleyici etkilerinin olabileceği, farklı çalışmalarla ortaya konmuştur (Kandıralı, 2014). Flavonoidler, bitkisel kökenli fonksiyonel gıdaların başlıca biyoaktif bileşenleri arasında yer almakta ve sahip oldukları geniş biyolojik etkiler sayesinde insan sağlığının korunması ve desteklenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Bu bileşiklerin düzenli olarak beslenme yoluyla alınması, özellikle kronik hastalıkların görülme riskinin azaltılmasına yönelik etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Manach, 2004; Kandıralı, 2014).

Fitosteroller, bitkisel kaynaklı gıdalarda doğal olarak bulunan ve yapısal olarak kolesterole benzerlik gösteren sterol bileşikleridir. Bu bileşikler, bitki hücre zarlarının önemli bir parçasını oluşturmakta olup, insan vücudunda sentezlenemedikleri için beslenme yoluyla alınmaları gerekmektedir (Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaliaroglou, 2013). Bu özellikleri doğrultusunda fitosteroller, fonksiyonel gıdalar kapsamında değerlendirilen önemli biyoaktif bileşenler arasında yer almaktadır.

Diyette yaygın olarak bulunan başlıca fitosteroller arasında β -sitosterol, stigmasterol ve kampesterol yer almaktadır. Günlük fitosterol alımının genellikle 200–400 mg aralığında olduğu ifade edilmekte olup, bu bileşikler bitkisel yağlar, yağlı tohumlar, tam tahıllar ve bazı sebzelerde doğal olarak bulunmaktadır (Jones ve Abumweis, 2009). Bu açıdan fitosteroller, bitkisel ağırlıklı beslenme düzeninin önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Fonksiyonel özellikleri bakımından fitosteroller, özellikle kolesterol metabolizması üzerindeki etkileri ile öne çıkmaktadır. Bu bileşiklerin bağırsaklarda kolesterol emilimini azaltarak serum kolesterol düzeylerinin düşürülmesine katkı sağladığı ve bu yolla kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılmasında rol oynayabildiği ifade edilmektedir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, fitosterol bakımından zengin gıdaların düzenli tüketiminin kronik hastalıkların önlenmesine yönelik olumlu etkiler ortaya koyabileceğini göstermektedir (Jones ve Abumweis, 2009). Fitosteroller, fonksiyonel gıdaların öne çıkan bileşenleri arasında yer almakta ve özellikle kardiyovasküler sağlık üzerindeki olumlu etkileri ile dikkat çekmektedir. Bitkisel kaynaklı besinlerin tüketiminin artırılması, fitosterol alımını destekleyerek genel sağlık durumunun korunmasına katkı

sağlayan etkili bir beslenme yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir (Jones ve Abumweis, 2009; Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaliaroglou, 2013).

Fitoöstrojenler, yapısal açıdan memeli östrojenleri ve özellikle östradiol ile benzerlik gösteren, bitkisel kökenli fenolik bileşiklerdir ve vücutta östrojen benzeri etkiler oluşturabilme potansiyeline sahiptir. Bu bileşikler, düşük düzeyde hormon benzeri aktivite göstererek östrojen reseptörlerine bağlanabilmekte ve endojen östrojenlerin etkilerini belirli ölçüde düzenleyebilmektedir. Bu etki mekanizması sayesinde fitoöstrojenler, östrojen aktivitesinin aşırı olduğu durumlarda dengeleyici bir rol üstlenebilmekte ve hormon duyarlı dokular üzerinde düzenleyici etkiler gösterebilmektedir (Johnson ve Williamson, 2003). Fitoöstrojenler, bitkisel kökenli polifenolik ve nonsteroidal bileşikler olup, memelilerde östrojenlere benzer şekilde etki gösterebilmektedir. Bu östrojenik özellikleri sayesinde hormonlara duyarlı dokuların büyümesini belirli ölçüde sınırlandırabildikleri ifade edilmektedir. Yapılan araştırmalar, yaklaşık 350 farklı bitki türünde östrojenik aktivite bulunduğunu ortaya koymakta; bu bileşiklerin insan vücuduna alımının ise fitoöstrojen içeren bitkisel gıdaların doğrudan tüketilmesi ya da bu bitkilerle beslenen hayvanlardan elde edilen ürünler aracılığıyla gerçekleştiğini göstermektedir (Antmen ve Ögenler, 2018)

Fonksiyonel gıda bileşeni olarak değerlendirilen fitoöstrojenler, özellikle soya ve soya fasulyesi temelli ürünlerde yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bu tür gıdaların düzenli tüketiminin, hormonal dengenin korunmasına katkı sağlayabileceği ve östrojen bağımlı tümörlerin gelişimini baskılayıcı etkiler gösterebileceği ifade edilmektedir. Bu yönleriyle fitoöstrojenler, sağlık üzerinde olumlu etkiler sunan önemli fonksiyonel bileşenler arasında yer almaktadır (Johnson ve Williamson, 2003; Antmen ve Ögenler, 2018).

2.2 Süt ve Süt Ürünleri

Süt, dişi memeliler tarafından doğum sonrasında salgılanan ve yeni doğanın gereksinim duyduğu tüm besin öğelerini içeren bir salgı olup, kendine özgü tat ve kıvama sahip, doğal olarak beyaz ve opak görünümlü bir hayvansal üründür (McGee, 2004; Üçüncü, 2015). Türk Gıda Kodeksi'nde ise çiğ süt; "çiftlik hayvanlarının meme bezlerinden elde edilen, 40°C'nin üzerinde ısı ileme tabi tutulmamış veya benzer bir işlem uygulanmamış süt" şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2017).

Süt, içerdiği temel besin öğeleri ile birlikte metabolik faaliyetler için gerekli vitamin ve enzimleri barındıran oldukça kompleks bir besin olarak değerlendirilmektedir.

Bileşiminde yer alan bazı bileşenler ise antioksidan ya da prooksidan etki gösterebilmekte, bu yönleriyle insan sağlığı açısından önemli katkılar sunabilmektedir. Bu özellikleri sayesinde süt, beslenmede yalnızca temel bir gıda olmanın ötesinde fonksiyonel açıdan da değerli bir ürün olarak öne çıkmaktadır (Zulueta ve ark., 2009; Fuquay ve ark., 2011; Öğünç ve Yalçın, 2011). Yeni sağılmış süt genellikle hafif asidik bir karakter gösterir ve bu doğal asitlik; kazein, sitrat, fosfat, çözünmüş karbondioksit ile birlikte albümin ve globülin gibi süt bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Sütün asitlik düzeyi ise sabit olmayıp; laktasyon evresi, hayvanın beslenme durumu, yaşı, ırkı ve genel sağlık durumu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Depolama sürecinde süte bulaşan mikroorganizmaların çoğalması, özellikle laktik asit bakterilerinin faaliyetleri ve süt yağının enzimatik parçalanması, asitliğin artmasına yol açmaktadır. Bu artışa bağlı olarak meydana gelen pıhtılaşma, sütün işlenebilirliğini olumsuz etkileyebilmekte ve ürünün duyu özelliklerinde istenmeyen değişimlere neden olabilmektedir (Üçüncü, 2015; Calamari ve ark., 2016). İnek sütünde toplam asitlik değerinin genellikle %0.14–0.20 aralığında olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2017).

Sütün işlenmesi ve depolama koşulları, özellikle lipid oksidasyonu başta olmak üzere çeşitli biyokimyasal süreçler üzerinde önemli etkiler oluşturabilmektedir. Özellikle fermentasyon sürecinde, süt bileşenlerinde hem yapısal hem de kimyasal açıdan bazı değişimler meydana gelmektedir. Her ne kadar fermente süt ürünleri ile çiğ ya da fermente edilmemiş süt arasında temel bileşenler bakımından büyük farklılıklar bulunmasa da, bu süreçte oluşan değişimlerin ürünlerin besin değerini ve biyolojik etkinliğini etkileyebildiği ifade edilmektedir (Fuquay ve ark., 2011).

Türk Gıda Kodeksi'ne göre fermente süt ürünleri; sütün uygun mikroorganizmalar aracılığıyla fermente edilmesi sonucu pH değerinin, koagülasyona neden olacak ya da olmayacak şekilde düşmesiyle oluşan ve bünyesinde gerekli mikroorganizmaları yeterli sayıda ve canlı olarak barındıran ürünler şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2009). Uluslararası Sütçülük Federasyonu (IDF) ise fermente süt ürünlerini; starter kültürler kullanılarak elde edilen, tüketim aşamasında canlı laktik asit bakterilerini içeren ve farklı yağ oranlarına sahip süt ürünleri olarak ifade etmektedir (Akın, 2006). Dünya genelinde 400'ü aşkın fermente süt ürünü bulunduğu ve bu ürünlerin üretim süreçlerinin geleneksel yöntemlerden ileri teknolojilere kadar geniş bir yelpazede çeşitlilik gösterdiği bilinmektedir. Üretim aşamaları incelendiğinde, genellikle sütün kaynama noktasına yakın sıcaklıklara

kadar ısıtıldığı, ardından uygun seviyeye soğutularak starter kültür ilavesi ile fermentasyonun başlatıldığı görülmektedir. Öte yandan şehirleşmenin artması, tüketicilerin bilinç düzeyinin yükselmesi ve fonksiyonel ya da probiyotik ürünlere olan ilginin artışı, fermente süt ürünlerinin ticari değerinin giderek daha fazla önem kazanmasına katkı sağlamaktadır (Ender ve ark., 2006).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre yoğurt; *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerini içeren ve laktik asit fermentasyonu sonucunda pıhtılaşarak oluşan bir süt ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2009). Fermente süt ürünleri, beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle dünya genelinde yaygın olarak tüketilmekte olup, üretim miktarlarında da sürekli bir artış gözlenmektedir. Bu doğrultuda, yoğurt kalitesinin iyileştirilmesine yönelik farklı üretim tekniklerinin uygulanması ve çeşitli ürün tiplerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar güncelliğini korumaktadır (İşleten, 2006; Herdem, 2006). Yoğurt, günlük beslenme alışkanlıklarında uzun yıllardır önemli bir yer tutan ve fermente süt ürünleri arasında en yaygın tüketilen ürünlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Farklı tüketim biçimlerine sahip olması da bu ürünün tercih edilmesinde etkili olmaktadır. Nitekim yoğurdun ayran formuna dönüştürülerek tüketilmesi oldukça yaygın bir uygulama olup, bu durum fermente süt ürünleri içerisinde alternatif bir kullanım şekli sunmaktadır (Herdem, 2006; Şanlı ve ark., 2011).

2.3 Yoğurdun Tarihçesi ve Tanımı

Yoğurt, sütün *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* bakterilerinin etkisiyle gerçekleşen laktik asit fermentasyonu sonucunda oluşan ve bünyesinde canlı kültürleri barındıran fermente bir ürün olarak tanımlanmaktadır (TS 1330). Fermente süt ürünleri genel olarak, sütün dayanıklılığını artırmak ve tüketiciye daha güvenli bir şekilde sunulmasını sağlamak amacıyla üretilmektedir. Bu süreçte süt şekeri olan laktozun laktik aside dönüşmesi, ürüne kendine özgü bir lezzet kazandırmakta ve aynı zamanda raf ömrünün uzamasına katkıda bulunmaktadır (Akın, 2006).

Yoğurt, tarihsel süreç boyunca hem besin değeri hem de sağlık üzerine sağladığı olumlu katkılar nedeniyle en eski ve en yaygın tüketilen fermente süt ürünlerinden biri olarak kabul edilmektedir. İlk dönemlerde süte çeşitli renk ve aroma bileşenleri ilave edilerek

ürünün çeşitlendirilmesi sağlanmış, 1960'lı yıllardan itibaren ise meyve parçacıkları içeren yoğurtlar piyasada yer almaya başlamıştır. Bu tür ürünlerde en sık tercih edilen meyveler arasında çilek, ahududu, mandalina, portakal, muz, kayısı, kiraz, armut, şeftali, kavun, elma, üzüm, mango, kivi, greyfurt ve ananas gibi çeşitler bulunmaktadır (Elgün ve ark., 2003). Bunun yanı sıra yoğurt; tahıl ilaveli, ballı ya da reçelli alternatifleriyle de farklı tüketici beklentilerine hitap edecek şekilde üretilmektedir. Aromalı yoğurtların geliştirilmesi, hem tüketim alışkanlıklarının artırılması hem de özellikle çocukların bu besleyici üründen daha fazla yararlanabilmesi açısından önemli görülmektedir (Yaygın, 1999; Elgün ve ark., 2003).

Son yıllarda yoğurt üretiminde yalnızca sade ürünlerle sınırlı kalmayıp, kurutulmuş, konsantre edilmiş, tütsülenmiş, dondurulmuş ve meyve ilaveli farklı çeşitlerin geliştirildiği görülmektedir. Bu çeşitler arasında özellikle meyveli yoğurtlar, dünya genelinde tüketiciler tarafından en fazla ilgi gören ürün gruplarından biri haline gelmiştir. Bu durum, yoğurdun sahip olduğu besin değerine ek olarak meyvelerden gelen ilave besin öğelerinden de yararlanma imkanı sunmasıyla ilişkilendirilebilir (Açıkgözoğlu, 2008). Ayrıca söz konusu ürün çeşitliliği, yoğurdun tüketim alanını genişletmiş ve daha önce yoğurt tüketmeyen bireylerin de bu ürünlere yönelmesine katkı sağlamıştır. Türkiye'de yıllık süt üretiminin yaklaşık 11 milyon ton seviyelerinde olduğu, yoğurt üretiminin ise evde yapılan üretimler de dâhil edildiğinde yıllık yaklaşık 3 milyon tona ulaştığı ifade edilmektedir. Buna ek olarak, ülkemizde kişi başına düşen yıllık yoğurt tüketiminin ortalama 40 kg civarında olduğu bildirilmektedir (Okçu, 2007).

Yoğurt, kimyasal bileşim bakımından süte büyük ölçüde benzerlik göstermesine rağmen, üretim sürecinde gerçekleştirilen kuru madde artırımı, çeşitli katkıların ilavesi ve laktik asit fermantasyonu gibi işlemler sonucunda bazı farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle laktozun laktik aside dönüşmesi ve proteinlerin peptitler ile serbest amino asitlere kadar parçalanması, hem yoğurdun sindirilebilirliğini artırmakta hem de ürüne özgü hafif ekşimsi tadın oluşmasına katkı sağlamaktadır (Çakıroğlu, 2003; Dinçel, 2012; Savaiano, 2014). Yoğurdun besleyici değeri, fermantasyon sürecinde proteinlerin parçalanması ve uygulanan ısıl işlemlerin etkisiyle artış göstermektedir. Bu süreçte serbest aminoasitler ile peptitlerin miktarındaki yükselme, ürünün biyolojik değerini artırırken aynı zamanda daha kolay sindirilebilir hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu yönleriyle yoğurt, içerdiği besin

öğeleri bakımından dengeli ve insan beslenmesinde önemli bir yere sahip gıdalar arasında değerlendirilmektedir (Gürsoy, 2015).

Aroma bileşenleri, yoğurdun duyuşal özelliklerinin şekillenmesinde belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Özellikle ürünün yağ içeriğı, aroma bileşiklerinin davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Lipitler, aroma maddelerinin çözünürlüğünü artırarak uçucu bileşiklerin salınımını etkileyebilmekte ve bu durum algılanan lezzeti doğrudan değiştirebilmektedir (Salles, 2006; Baysal ve Elmacı, 2020). Ayrıca lipitlerin hem aroma taşıyıcısı hem de salınımı düzenleyen bir bileşen olarak işlev görmesi, yoğurdun genel lezzet profilinin oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır (Boelrijk ve ark., 2006; Voilley ve Souchon, 2006). Gıda endüstrisinde yaşanan sanayileşme süreci ve tüketim alışkanlıklarındaki değişim, aroma katkı maddelerine olan ihtiyacı belirgin şekilde artırmıştır. Nitekim 2022 yılı verilerine göre küresel aroma ve koku sektörünün pazar büyüklüğünün 23.35 milyar dolar seviyesine ulaştığı ve yıllık ortalama büyüme oranının %4.3 civarında olacağı öngörülmektedir (Anonim, 2022). Bununla birlikte, tüketicilerin doğal içeriklere yönelmesi, doğal aroma ve katkı maddelerine olan ilgiyi artıran önemli bir etken olarak öne çıkmaktadır. Doğal aromaların, yapay alternatiflerine kıyasla daha sağlıklı algılanması ve genellikle daha yoğun bir aroma profili sunması, bu eğilimi desteklemektedir. Bu gelişmeler, doğal aroma üretimi ve kullanımına yönelik yeni yöntem ve yaklaşımların geliştirilmesini gerekli hale getirmektedir (Raines, 2012; Castro-Muñoz, 2019).

2.4 Aroma

“Aroma” kavramı, köken olarak eski Yunanca’da “baharat” anlamına gelmekte olup, zaman içerisinde tat ve koku duyularını birlikte ifade eden bir terim haline dönüşmüştür. Günümüzde aroma; bir gıdanın tüketimi sırasında ağız ve burun yoluyla algılanan tat, koku ve trigeminal duyuların birleşimi olarak tanımlanmaktadır (Tangüler, 2010). Codex Committee on Food Additives (CCFA) tarafından yapılan tanıma göre ise aroma, ağızda algılanan koku, tat ve dokunsal reseptörlerin birlikte oluşturduğu tüm duyuşal özellikleri kapsayan bir kavram olarak ifade edilmektedir (CCFA, 2008).

Aroma bileşenleri, doğrudan tüketilmek amacıyla kullanılmayan ancak gıdalara özgü tat ve koku özelliklerini kazandıran ya da bu özellikleri geliştiren, kimyasal yapıları tanımlanmış maddeler olarak ifade edilmektedir (Matheis, 2007; CCFA, 2008). Avrupa

Birliği mevzuatında ise doğal aroma maddeleri; bitkisel veya hayvansal kaynaklardan fiziksel, enzimatik ya da mikrobiyolojik yöntemlerle elde edilen aroma verici bileşenler ya da bu bileşenlerin karışımları şeklinde tanımlanmaktadır (Vandamme ve Soetaert, 2002). Aroma bileşenleri çoğunlukla uçucu ya da yarı uçucu özellik gösteren, düşük molekül ağırlıklı (50–600 Da) organik bileşiklerden oluşmaktadır. Bu grupta yer alan bileşikler; esterler, aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler, laktonlar ve fenolik yapılar gibi farklı kimyasal sınıfları kapsamaktadır (Reineccius, 2006; Özdemir ve Balcı, 2021). Her ne kadar bu bileşenler gıdalarda oldukça düşük miktarlarda bulunsalar da, ürünlerin kendine özgü tat ve koku profilinin oluşumunda belirleyici bir rol oynamaktadır (Yılmaztekin, 2009). Kimyasal yapı ile duyuşal özellikler arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Örneğin esterler çoğunlukla meyvemsi aromalarla ilişkilendirilirken, aldehitler daha çok yeşil ve taze kokuların oluşumunda rol oynamaktadır (Schieberle, 2006). Aroma bileşenlerindeki bu çeşitlilik, gıdalarda algılanan lezzet profilinin neden bu kadar karmaşık ve çok boyutlu olduğunu açıklamaktadır.

Aroma bileşenleri farklı kaynaklardan elde edilebilmektedir. Bu bileşikler, doğrudan bitkisel ve hayvansal hammaddelerden ekstraksiyon yöntemleriyle sağlanabildiği gibi, gıda işleme süreçleri sırasında da oluşabilmektedir. Özellikle ısı işlemler, fermantasyon ve enzimatik reaksiyonlar, aroma oluşumunda belirleyici rol oynayan başlıca süreçler arasında yer almaktadır (Reineccius, 2006).

Doğal aroma bileşenleri genellikle canlı dokularda gerçekleşen karmaşık biyokimyasal süreçlerin bir sonucu olarak oluşmakta ve genetik yapı, çevresel koşullar ile olgunlaşma düzeyi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Defilippi ve ark., 2009). Bunun yanı sıra, gıda işleme aşamalarında meydana gelen Maillard reaksiyonları, lipid oksidasyonu ve mikrobiyal aktiviteler de yeni aroma bileşiklerinin oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Bayrak, 2006). Aroma bileşenleri; bitki metabolizması sonucunda oluşan doğal uçucu bileşikler, enzimatik reaksiyon ürünleri, fermantasyon kaynaklı bileşenler ve ısı işlemler sırasında meydana gelen bileşikler şeklinde sınıflandırılabilir (Ohloff, 1972; Bayrak, 2006).

Aroma bileşenleri, gıdaların duyuşal kalitesini belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Tüketicilerin bir ürüne yönelik tercihleri büyük ölçüde o ürünün sahip olduğu aroma profiline bağlı olarak şekillenmektedir (Hernández ve ark., 2015). Bunun yanı sıra

aroma maddeleri, yalnızca tat ve koku özelliklerini geliştirmekle kalmayıp, ürünün genel kabul edilebilirliğinin artmasına da katkı sağlamaktadır (Cacot ve ark., 2017). Gıdalarda aroma kullanımının temel amaçları incelendiğinde, bu bileşenlerin üretim sürecinde kaybolan aromanın yeniden kazandırılmasından mevsimsel değişikliklere bağlı olarak ortaya çıkan aroma farklılıklarının dengelenmesine kadar çeşitli işlevler üstlendiği görülmektedir. Bununla birlikte aroma maddeleri, ürünün zayıf olan aroma profilini güçlendirmek, istenmeyen tat ve kokuları baskılamak ve ürüne daha farklı, karakteristik bir aroma kazandırmak amacıyla da kullanılmaktadır. Ayrıca bu uygulamalar, üretim süreçlerinde maliyetlerin azaltılmasına da katkı sağlayabilmektedir (Kafkas ve ark., 2002; Altuğ, 2007). Bununla birlikte bazı aroma bileşenlerinin yalnızca duyuşal özellikler açısından değil, aynı zamanda fonksiyonel açıdan da önemli katkılar sağladığı bilinmektedir. Özellikle antimikrobiyal ve antioksidan özellik gösteren bu bileşikler, gıdaların raf ömrünün uzatılmasına destek olabilmektedir (Huang ve ark., 2020). Nitekim timol, karvakrol ve öjenol gibi bazı bileşiklerin mikroorganizma gelişimini baskılayıcı etki gösterdiği çeşitli çalışmalarda ifade edilmektedir (Hernández ve ark., 2015).

Tat ve aroma kavramları çoğu zaman birbiriyle karıştırılsa da, aslında farklı duyuşal mekanizmalara dayanmaktadır. Tat; tatlı, tuzlu, ekşi, acı ve umami olmak üzere sınırlı sayıdaki temel bileşenden oluşurken, aroma çok daha geniş kapsamlı ve karmaşık bir yapıya sahiptir (Zuidam ve Heinrich, 2010). Aromalar; meyvemsi, çiçeksi, baharatlı, reçinemsi ve keskin gibi pek çok farklı şekilde tanımlanabilmektedir. Bu çeşitliliğin temelinde ise aroma bileşenlerinin sahip olduğu kimyasal zenginlik ve çeşitlilik yatmaktadır (Voilley ve Etiévant, 2006). Aroma maddeleri fiziksel özelliklerine bağlı olarak katı, sıvı ve yarı katı (macunumsu) formlarda bulunabilmektedir. Katı formdaki aroma maddeleri genellikle kristal ya da amorf yapıdadır ve kullanım öncesinde toz haline getirilmeleri gerekmektedir. Bu tür aromalar, özellikle kuru gıdalarda homojen bir dağılım sağlarken, sıvı sistemlerde uygulanmaları daha sınırlı ve zor olabilmektedir (Bayrak, 2006). Sıvı aroma maddeleri ise genellikle alkol, propilen glikol veya su gibi taşıyıcı fazlar içerisinde çözündürülmüş halde bulunmakta ve özellikle sıvı gıdalarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bununla birlikte, ambalaj açıldıktan sonra raf ömürlerinin nispeten kısa olması, bu formun önemli dezavantajları arasında yer almaktadır (Gonçalves ve ark., 2018). Yarı katı aromalar (oleoresinler ve konsantreler) genellikle ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilmekte olup, yüksek viskoziteleri nedeniyle kullanım alanları daha sınırlı kalmaktadır (Bayrak, 2006). Bununla birlikte günümüzde geliştirilen kapsülleme teknikleri sayesinde aroma

bileşenlerinin stabilitesi artırılmakta ve depolama sürecinde meydana gelen kayıplar önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

2.4.1 Aroma maddelerinin sınıflandırılması

Aroma maddeleri, elde ediliş yöntemlerine göre genel olarak üç ana grupta incelenmektedir: doğal aroma maddeleri, doğala özdeş aroma maddeleri ve yapay aroma maddeleri. Bu sınıflandırma, hem üretim süreçleri hem de kimyasal yapı bakımından aroma bileşenleri arasındaki farklılıkların anlaşılmasına olanak tanımakta ve gıda endüstrisinde hangi alanlarda kullanılacaklarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Tekirdağ Tarım ve Orman Bakanlığı, 2014).

2.4.1.1 Doğal aroma maddeleri

Doğal aroma maddeleri, bitkisel ya da hayvansal kaynaklardan fiziksel, enzimatik veya mikrobiyolojik yöntemler kullanılarak elde edilen ve gıdalara kendine özgü tat ile koku özellikleri kazandıran bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşikler, hammaddeden doğrudan ekstraksiyon veya distilasyon gibi fiziksel işlemlerle elde edilebildiği gibi, mikrobiyel ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda da oluşabilmektedir. Ayrıca herhangi bir işlem görmemiş hammaddelerden sağlanabildikleri gibi, kurutma ve fermantasyon gibi geleneksel işleme yöntemleri sırasında da ortaya çıkabilmektedirler (CCFA, 2008; IOFI, 2012). Bunun yanı sıra, enzimatik ve mikrobiyel üretim süreçleri genellikle “biyoteknolojik prosesler” kapsamında değerlendirilmektedir (Matheis, 2007).

Avrupa Birliği mevzuatına göre doğal aroma maddeleri altı ana grupta ele alınmaktadır. Bu gruplar; aroma maddeleri, aroma preparatları, ısıl işlem sonucu oluşan aromalar, duman aromaları, aroma öncülleri ile diğer aroma bileşenleri ve bunların karışımlarını kapsamaktadır. Bu sınıflandırma, doğal aromaların hem kaynakları hem de oluşum mekanizmaları dikkate alınarak değerlendirilmesine imkân tanımaktadır (EU, 2008).

Doğal aroma maddeleri yalnızca hammaddelerden doğrudan elde edilmekle sınırlı kalmayıp, gıda işleme süreçleri sırasında gerçekleşen çeşitli reaksiyonlar sonucunda da oluşabilmektedir. Özellikle ısıl işlemler sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonları ile lipit oksidasyonu, birçok gıdanın karakteristik aromasının gelişiminde belirleyici rol oynamaktadır. Nitekim ekmek, et ve sebzelerin pişirilmesi esnasında ortaya çıkan aroma bileşenleri bu kapsamda değerlendirilmektedir (Baines, 2012). Pişmiş et ürünlerinde binin

üzerinde aroma bileşiğinin tanımlandığı ve bu bileşiklerin büyük ölçüde Maillard reaksiyonları ile lipidlerin parçalanması sonucu oluştuğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde fermente ürünlerde, özellikle peynirde, aroma gelişimi sürecinde çok sayıda biyokimyasal reaksiyon gerçekleşmekte; bu durum doğal aroma oluşumunun anlaşılması açısından önemli bir model oluşturmaktadır (O'Hare ve Grigor, 2005). Doğal aroma maddeleri günümüzde oldukça geniş bir çeşitlilik göstermektedir. Yüksek saflıkta tanımlanmış iki binden fazla doğal aroma bileşiğinin bulunduğu ve bu bileşiklerin önemli bir bölümünü esterlerin oluşturduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra, farklı bileşenlerin bir araya gelmesiyle elde edilen kompleks aroma karışımları da gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Matheis, 2007). Buna karşılık, aroma kullanımının artmasıyla birlikte doğal kaynakların talebi karşılamada yetersiz kalması, doğala özdeş aroma maddelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları hızlandırmıştır (Bayrak, 2006).

Doğal aroma maddelerinin elde edilmesinde kullanılan hammaddeler oldukça geniş bir çeşitlilik göstermektedir. Bu alanda en önemli payı bitkisel kaynaklar oluşturmakta olup; bitkilerin meyve, yaprak, kök, kabuk, tohum, çiçek ve reçine gibi farklı kısımları aroma üretiminde değerlendirilebilmektedir. Aynı bitkinin farklı bölümlerinden elde edilen aromaların bileşimlerinin de değişiklik gösterebildiği bilinmektedir. Örneğin tarçın ağacının kabuğundan sinamaldehit bakımından zengin tarçın yağı elde edilirken, yapraklarından öjenol içeriği yüksek ve farklı bir aroma profiline sahip yağ elde edilmektedir. Bunun yanı sıra tereyağı ve et ekstraktı gibi hayvansal kökenli hammaddeler de doğal aroma üretiminde kullanılabilmektedir (Bölükbaşı, 2006; Altuğ, 2007). Doğal aroma maddelerinin kalitesi, hammaddenin coğrafi kökeni, iklim koşulları, toprak özellikleri ve uygulanan yetiştirme teknikleri gibi birçok etkene bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle aroma endüstrisinde kullanılan bitkisel hammaddelerin büyük ölçekli üretimi giderek yaygınlaşmış, farklı bölgelerde belirli aromatik bitkilerin yetiştirilmesine yönelik tarımsal faaliyetlerde artış gözlenmiştir (Altuğ, 2007).

Meyve aromaları, doğal aroma maddeleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Meyvelerde aroma bileşenlerinin toplam konsantrasyonu genellikle %0.001–0.01 gibi oldukça düşük düzeylerde bulunmasına rağmen, ürünün duyu kalitesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Özellikle ester bileşikler, meyvemsi ve çiçeksi aroma oluşumunda temel rol oynamaktadır. Nitekim çilek aromasının büyük bir kısmını esterlerin oluşturduğu ve bu oranın %25 ile %90 arasında değişebildiği ifade edilmektedir (Bozdoğan ve Canbaş, 2006). Çilek aromasının; esterler, aldehitler, ketonlar, terpenler, laktonlar ve furanonlar gibi çok sayıda bileşiğin etkileşimi sonucunda oluştuğu ve farklı çeşitler arasında önemli farklılıklar

gösterebildiği bildirilmektedir (Kafkas ve ark., 2006). Doğal aroma maddeleri, hem kaynak çeşitliliği hem de oluşum süreçlerinin karmaşık yapısı nedeniyle gıda endüstrisinde önemli bir konuma sahiptir. Bu bileşenler, ürünlerin duyu kalitesini belirleyen temel unsurlar arasında yer almakla birlikte, doğal kaynaklı olmaları sayesinde tüketici tercihleri açısından da avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte artan talep ve sınırlı doğal kaynakların varlığı, bu alanda alternatif üretim yaklaşımlarının geliştirilmesini gerekli hale getirmektedir (Bayrak, 2006).

2.4.1.2 Doğala özdeş aroma maddeleri

Doğala özdeş aroma maddeleri, doğal aromatik kaynaklarda bulunan bileşiklerle aynı kimyasal yapıya sahip olmakla birlikte, genellikle kimyasal sentez ya da izolasyon yöntemleriyle elde edilen aroma bileşenleridir. Bu maddeler, doğal aromaların moleküler yapısının laboratuvar ortamında taklit edilmesiyle üretilmekte ve duyu özellikler açısından doğal aromalara oldukça benzer bir profil sergilemektedir. Üretim sürecinde çoğu zaman doğal kaynaklı substratların kullanılması, doğala özdeş aromaların geliştirilmesinde önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir (Matheis, 2007).

Doğala özdeş aroma maddelerinin üretimi, aroma bileşenlerinin kimyasal yapılarının ayrıntılı şekilde incelenmesi ve bu yapıların kontrollü reaksiyonlar aracılığıyla sentezlenmesine dayanmaktadır. Bu süreç, ileri düzey kimyasal bilgi birikimi ile birlikte duyu değerlendirme yetkinliği gerektirmekte ve aroma kimyasının önemli çalışma alanlarından birini oluşturmaktadır. Doğal aromalarda bulunan uçucu bileşiklerin yapılarının aydınlatılmasıyla birlikte, bu bileşenlerin laboratuvar ortamında doğala en yakın şekilde yeniden üretilmesi mümkün hale gelmiştir (Altuğ, 2007). Doğala özdeş aroma maddeleri, gıda endüstrisinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle doğal aroma kaynaklarının temininde karşılaşılan kısıtlar ve yüksek maliyetler, bu bileşiklerin kullanımının artmasına neden olmuştur. Doğal kaynaklara doğrudan bağımlı olmamaları ve yıl boyunca kesintisiz üretilibilmeleri, doğala özdeş aromaların önemli avantajları arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra, üretim süreçlerinin kontrollü koşullarda yürütülmesi sayesinde daha standart ve homojen özelliklere sahip ürünlerin elde edilmesi mümkün olmaktadır (Bölükbaşı, 2006). Bu tür aroma maddelerine verilebilecek en yaygın örneklerden biri vanilindir. Doğal vanilin vanilya bitkisinden elde edilirken, doğala özdeş vanilin çoğunlukla lignin veya guaicol gibi bileşiklerden kimyasal sentez yoluyla üretilmektedir. Benzer şekilde limon ve portakal aromalarında yer alan uçucu bileşenler de

kimyasal yöntemlerle elde edilebilmekte ve gıda ürünlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Hernández ve ark., 2015; López ve ark., 2016).

Doğala özdeş aroma maddelerinin güvenilirliği, genellikle kullanım miktarları dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Bu amaçla geliştirilen “tüketim oranı” (Consumption Ratio, CR) kavramı, bir aroma bileşiğinin gıdada doğal olarak bulunan miktarı ile katkı maddesi olarak ilave edilen miktarının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. CR değerinin 1’den büyük olması, ilgili bileşiğin gıdanın doğal bileşeni olarak kabul edilebileceğini ve toksikolojik açıdan ek bir risk oluşturmadığını göstermektedir. Buna karşılık CR değerinin 1’den küçük olması durumunda, aroma maddesinin katkı olarak daha yüksek düzeyde bulunduğu anlaşılmakta ve bu nedenle toksikolojik açıdan daha ayrıntılı değerlendirmelerin yapılması gerektiği belirtilmektedir (Altuğ, 2007). Tüketici eğilimleri, doğala özdeş aroma maddelerinin kullanımını doğrudan etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Günümüzde doğal içeriklere yönelik ilginin artması, gıda üreticilerini ürün formülasyonlarında daha fazla doğal ya da doğala özdeş bileşenlere yöneltmektedir. Doğala özdeş aromalar, doğal aromalara kıyasla daha ekonomik olmaları ve benzer duyuşal özellikler sunmaları nedeniyle önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu tür bileşenlerin kullanımı ilgili mevzuatlar kapsamında sınırlandırılmakta ve güvenlik değerlendirmeleri doğrultusunda denetlenmektedir (Hernández ve ark., 2015; López ve ark., 2016).

Doğala özdeş aroma maddeleri, doğal aromaların kimyasal olarak yeniden üretilmesine olanak sağlayan ve bu yönüyle maliyet ile üretim sürekliliği açısından avantaj sunan önemli bileşenler arasında yer almaktadır. Gıda endüstrisinde standart kalite elde edilmesi ve üretim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi açısından önemli bir rol oynamakta, aynı zamanda doğal aromalara alternatif olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır.

2.4.1.3 Yapay aroma maddeleri

Yapay aroma maddeleri, genel olarak kimyasal sentez yöntemleriyle laboratuvar ortamında üretilen ve doğal kaynaklarda yer almayan aroma bileşenleri olarak tanımlanmaktadır. Bu tür bileşikler, bitkisel ya da hayvansal kökenli herhangi bir hammaddeden doğrudan elde edilmemekte, tamamen kimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşturulmaktadır. Uluslararası tanımlamalara göre yapay aromalar, hem kimyasal yapı hem de köken açısından doğal aroma maddelerinden farklılık gösteren ve doğada doğal olarak bulunmayan bileşiklerdir (IOFI, 2012; Ramesh ve ark., 2018).

Avrupa Birliği mevzuatında yapay aroma maddeleri, laboratuvar ortamında sentezlenen ve doğal ürünlerde bulunmayan kimyasal bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Bu tür aroma bileşenlerinin geliştirilmesindeki temel amaç, belirli bir tat veya koku profilinin daha düşük maliyetle ve kontrollü koşullar altında elde edilmesidir. Bu doğrultuda, yapay aroma maddelerinin ekonomik açıdan uygun hammaddelerden kolaylıkla sentezlenebilir olması, bu bileşiklerin tercih edilmesinde önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Altuğ, 2007). Yapay aroma maddeleri genellikle uçucu özellik göstermekte olup, çoğunlukla petrol türevi kimyasallardan elde edilmektedir. Bu bileşikler arasında esterler, aldehitler ve ketonlar gibi farklı fonksiyonel grupları içeren maddeler yaygın olarak yer almaktadır. Özellikle esterler, meyvemsi aroma karakterinin oluşumunda önemli bir rol oynamakta ve birçok yapay meyve aromasının temel bileşenlerinden biri olarak kullanılmaktadır. Aroma profilinin oluşturulmasında ise genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunan, ancak yüksek aromatik etkiye sahip sınırlı sayıdaki ana bileşiğin belirleyici olduğu ifade edilmektedir (Altuğ, 2007). Yapay aroma maddelerinin oluşturulmasında, hedeflenen duysal özelliklere ulaşabilmek için farklı kimyasal bileşiklerin belirli oranlarda bir araya getirilmesi söz konusudur. Örneğin şeftali aromasının taklit edilmesinde γ -undekalakton ve etil metil fenil glisidat gibi bileşiklerin birlikte kullanılmasıyla karakteristik aroma profilinin elde edilebildiği bilinmektedir. Bu yaklaşım, aroma bileşenlerinin duysal etkilerinin anlaşılmasına ve bu etkilerin kontrollü bir şekilde yeniden oluşturulmasına dayanmaktadır (Altuğ, 2007). Yapay aromalar, tamamen sentetik bileşenlerden oluşabileceği gibi bazı durumlarda doğal ya da doğala özdeş bileşiklerle birlikte de kullanılabilir. Ancak günümüzde tüketicilerin doğal ürünlere yönelmesi ve sağlık bilincinin artması, yapay aroma maddelerinin kullanımının geçmişe kıyasla daha sınırlı hale gelmesine neden olmuştur (Bölükbaşı, 2006).

Yapay aroma maddeleri, belirli aroma profillerinin hızlı ve ekonomik bir şekilde elde edilmesine imkân tanıyan önemli bileşenler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, doğal ve doğala özdeş aromalara kıyasla tüketici algısı ve mevzuat kısıtlamaları nedeniyle kullanım alanları daha sınırlı ve kontrollü bir yapı göstermektedir. Günümüzde bu tür bileşiklerin kullanımı daha çok belirli endüstriyel uygulamalarla sınırlı kalmaktadır.

2.4.2 Çilek aroması

Çilek aroması, birçok faktörün etkisi altında şekillenen oldukça karmaşık bir yapı sergilemektedir. Bu aroma profilinin oluşumunda genetik özellikler, meyvenin olgunluk

düzeyi, yetiştirme koşulları ve depolama şartları belirleyici rol oynamaktadır. Farklı çilek çeşitleri arasında uçucu bileşik kompozisyonu açısından önemli farklılıklar bulunduğu, bazı çeşitlerde etil esterlerin baskın olduğu, bazılarında ise metil esterlerin daha yüksek oranlarda yer aldığı bildirilmektedir. Nitekim ‘Configra’ ve ‘Chandler’ çeşitlerinin etil ester oluşumuna daha yatkın olduğu, buna karşılık ‘Hokowase’ ve ‘Kent’ çeşitlerinde metil esterlerin daha belirgin olduğu ifade edilmektedir (Larsen ve Poll, 1992).

Aroma oluşumunda olgunlaşma süreci kritik bir aşama olarak öne çıkmaktadır. Meyvenin olgunlaşmasıyla birlikte uçucu bileşiklerin miktarında belirgin bir artış gözlenmekte, bu artışın meyvenin renk gelişimi ile paralel ilerlediği belirtilmektedir. Tam olgunluk döneminde uçucu bileşik konsantrasyonunun birkaç kat artabildiği bildirilmektedir (Sanz ve ark., 1995). Bunun yanında, depolama sıcaklığı da aroma bileşenlerinin korunması ve gelişimi üzerinde etkili olmaktadır. Uygun sıcaklık koşullarında depolanan çileklerde uçucu bileşiklerin artış gösterebildiği, ancak uygun olmayan koşulların kalite kaybına yol açabileceği vurgulanmaktadır (Schreier, 1980; Pérez ve ark., 1992). Güncel araştırmalar ise kontrollü atmosfer ve düşük sıcaklık uygulamalarının aroma bileşenlerinin muhafazasında önemli avantajlar sağladığını ortaya koymaktadır (Ali ve ark., 2023).

Çilek aromasının kimyasal yapısı incelendiğinde, başta esterler olmak üzere aldehitler, alkoller ve terpenler gibi uçucu bileşiklerin önemli rol oynadığı görülmektedir. Özellikle ester grubu bileşikler, çileğe özgü tatlı ve meyvemsi karakterin oluşmasında temel belirleyiciler arasında yer almaktadır. Bu kapsamda etil bütirat ve etil hekzanoat gibi bileşiklerin aromaya ferahlatıcı ve tatlı bir profil kazandırdığı ifade edilmektedir (Acree ve Huntsman, 2006). Ayrıca metil bütirat ve metil asetat gibi esterler de aroma profilinin zenginleşmesine katkı sağlamaktadır (Köksal ve ark., 2011). Bunun yanı sıra aldehitler de çilek aromasının karakteristik yapısına katkıda bulunan önemli bileşenlerdir. Özellikle benzaldehit ve hekzanal gibi bileşikler aromanın kendine özgü kokusunun oluşumunda etkili olurken, furfural gibi bileşikler olgunlaşma sürecinde meydana gelerek tatlı ve hafif karamelize notaların gelişimine katkı sağlamaktadır (Janiaski ve ark., 2016). Terpen bileşikleri arasında yer alan limonen ve linalool ise aromaya tazelik ve ferahlık kazandırarak genel duyuusal dengeyi desteklemektedir (Burdock, 2010).

Genel olarak değerlendirildiğinde, çilek aromasının 300’den fazla uçucu bileşiğin etkileşimi sonucu oluştuğu ve bu bileşenlerin birlikte çileğin karakteristik aroma profilini meydana getirdiği ifade edilmektedir (Zabetakis ve Holden, 1997; Defilippi ve ark., 2009).

Bu kompleks yapı, çilek aromasının gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmasının temel nedenlerinden biridir. Özellikle süt ürünleri, içecekler ve şekerleme ürünlerinde çilek aromasının kullanımı, ürünlerin duyuşal çekiciliğini artırarak tüketici tercihlerini olumlu yönde etkilemektedir (Janiaski ve ark., 2016). Ayrıca son yıllarda doğal ve organik ürünlere olan talebin artması, çilek aromasının kullanımını daha da önemli hale getirmektedir (Yılmaz ve Çelik, 2024).

2.4.3 Muz aroması

Meyve aromaları, çok sayıda uçucu bileşiğin bir araya gelmesiyle oluşan kompleks sistemlerdir. Bu bileşikler arasında özellikle düşük moleköl ağırlıklı esterler, gıda endüstrisinde hem aroma verici özellikleri hem de düşük algılama eşiklerine sahip olmaları nedeniyle önemli bir yer tutmaktadır. Alkil esterler, söz konusu grup içerisinde en yaygın kullanılan bileşikler arasında yer almakta olup, özellikle izoamil asetat güçlü muz aromasıyla öne çıkmaktadır (Torres ve ark., 2009). Bu bileşik, gıda sanayinde yaygın şekilde katkı maddesi olarak kullanılmakta ve endüstriyel üretim hacminin de dikkat çekici düzeylere ulaştığı bildirilmektedir (Güvenç ve ark., 2002).

İzoamil asetatın oluşumu, mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri ile yakından ilişkilidir. Özellikle Hansenula, Kluyveromyces, Saccharomyces ve Williopsis gibi maya türlerinin bu bileşiğin oluşumunda etkin rol oynadığı bilinmektedir. Mayalar, izoamil asetatı yüksek alkoller üzerinden sentezlemekte olup, bu alkoller fermantasyon sırasında hem katabolik hem de anabolik yollarla meydana gelmektedir. Katabolik yol, özellikle Ehrlich yolu olarak tanımlanmakta ve dallanmış zincirli amino asitlerin (valin, lösin ve izolösin) dönüşümü ile ilerlemektedir. Bu süreçte, amino asitler önce aminotransferaz enzimi aracılığıyla keto asitlere dönüştürülmekte, ardından dekarboksilasyon ile aldehitler oluşmakta ve son aşamada bu aldehitler NAD-bağımlı dehidrogenazlar aracılığıyla alkollere indirgenmektedir. Bu reaksiyonlar sonucunda valinden izobütanol, lösinde 3-metilbütanol (izoamil alkol) ve izolösinden 2-metilbütanol oluşmaktadır. Oluşan izoamil alkol, asetil-CoA ile alkol asetil transferaz enzimi aracılığıyla reaksiyona girerek izoamil asetatı meydana getirmektedir (Chen, 1978; Vandamme, 2003; Cabaroğlu ve Yılmaztekin, 2010). Muz aromasının oluşumunda ester bileşikleri belirleyici rol oynamakta olup, izoamil asetat bu aroma profilinin en karakteristik bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Muzda aroma gelişimi, olgunlaşma süreciyle birlikte dinamik bir değişim göstermektedir. Bu süreçte organik asitler, alkoller ve esterlerin konsantrasyonlarında önemli farklılıklar

meydana gelmekte ve bu değişimler doğrudan duyuşsal özelliklere yansımaktadır (Bayrak, 2006). Özellikle olgunlaşma ilerledikçe ester oluşumunun artması, muzun tipik tatlı ve meyvemsi kokusunun belirginleşmesine katkı sağlamaktadır.

2.4.4 Gıda endüstrisinde aroma maddelerinin kullanımı ve önemi

Aroma bileşenleri, gıda endüstrisinde ürünlerin duyuşsal kalitesini iyileştirmek ve tüketici beğenisini artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan önemli bileşenler arasında yer almaktadır. Bir gıdanın kabul edilebilirliğini doğrudan etkileyen başlıca unsurlardan biri, sahip olduğu tat ve koku özellikleridir. Bu nedenle aroma maddeleri, özellikle meyve suyu, reçel ve jöle gibi ürünlerde aroma profilinin zenginleştirilmesi amacıyla doğal, doğala özdeş ya da yapay formlarda kullanılabilmektedir (López-Rubio ve ark., 2013). Bunun yanı sıra, ısıtıl işlem, fermantasyon ve benzeri teknolojik süreçler sırasında yeni aroma bileşiklerinin oluşması, gıdaların organoleptik özelliklerinin daha da gelişmesine katkı sağlamaktadır (Baldwin ve ark., 2018).

Gıda ürünlerinde aroma kullanımı, ürünün türüne bağılı olarak değişiklik göstermektedir. Tatlı ürünlerde genellikle meyvemsi ve şekerimsi karakterde aromalar tercih edilirken, tuzlu ürünlerde daha çok baharatlı ve yoğun aromatik profiller ön plana çıkmaktadır. Bu farklılık, tüketicilerin beklenti ve alışkanlıklarına göre şekillenmekte ve ürün geliştirme sürecinde dikkate alınması gereken önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir (González ve ark., 2019).

Aroma maddelerinin kullanımına ilişkin tarihsel süreç incelendiğinde, başlangıçta bitkisel kaynaklardan elde edilen doğal bileşenlerin tercih edildiği, ancak kimyasal yapıların aydınlatılmasıyla birlikte bu bileşiklerin sentezlenmeye başlandığı görülmektedir. Günümüzde kullanılan aroma maddelerinin önemli bir bölümü endüstriyel yöntemlerle üretilmekte olup, özellikle doğala özdeş aromalar maliyet ve üretim sürekliliği açısından sağladıkları avantajlar nedeniyle yaygın biçimde tercih edilmektedir. Bununla birlikte, bir ürünün “doğal aroma” olarak etiketlenebilmesi için içerdigi tüm aroma bileşenlerinin doğal kaynaklardan elde edilmiş olması gerekmektedir (Zabetakis ve Holden, 1997).

Gıda ürünlerinde yaygın olarak tercih edilen aroma türleri arasında çilek, muz, limon, kahve ve kakao gibi aromalar öne çıkmaktadır. Özellikle çilek aromasının, diğer aroma çeşitlerine kıyasla daha sık kullanıldığı ifade edilmektedir. Bu aromaların oluşumunda başta esterler olmak üzere; aldehitler, ketonlar, laktonlar, terpenler ve kükürt içeren bileşikler gibi farklı kimyasal gruplar etkili olmaktadır (Zabetakis ve Holden, 1997; Yılmaztekin, 2009). Aroma maddeleri, süt ve süt ürünleri endüstrisinde de oldukça geniş bir kullanım alanına

sahiptir. Aromalı sütler, yoğurt, kefir, smoothie, süt bazlı kahve içecekleri, dondurulmuş yoğurt ve sütlü tatlılar gibi pek çok üründe aroma bileşenlerinden yararlanılmaktadır. Bu ürünlerde özellikle   ilek, muz, şeftali ve yaban mersini gibi meyve aromalarının yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Yapılan araştırmalar, aroma ilavesinin özellikle fermente süt ürünlerinde duyuusal kaliteyi artırdığını ve tüketicici kabulünü olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Say ve ark., 2009; Aromsa, 2024). Aroma bileşenlerinin gıda endüstrisinde tercih edilmesinin temel nedenlerinden biri, ürünlere kazandırdıkları meyvemsi, tatlı ve hoş kokulu karakteristik özelliklerdir. Bu   zellikler, ürünün tüketicici tarafından algılanan kalitesini artırmakta ve tekrar satın alma eğilimini desteklemektedir (Saerens ve ark., 2010). Bunun yanı sıra aromalar,   retici firmalar açısından marka kimliğinin oluşturulmasında da önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Tüketiciler, belirli bir aroma profili ile özdeşleşmiş ürünleri daha kolay ayırt edebilmekte ve bu ürünlere yönelme eğilimi göstermektedir (Gonz  lez ve ark., 2019).

Aroma endüstrisinde y  r  t  len araştırmalar, aroma bileşenlerinin elde edilmesi ve geliştirilmesine yönelik yeni yaklaşımların ortaya konulmasına odaklanmaktadır. Bitkisel kaynaklardan klasik ekstraksiyon ve distilasyon yöntemleriyle aroma elde edilmesinin yanı sıra, biyokatalitik süreçler ve   evre dostu teknolojilerin kullanımıyla daha sürdürülebilir üretim yöntemleri geliştirilmektedir (Berger, 2009). Bununla birlikte, gelişmiş analitik tekniklerin kullanımı sayesinde yeni aroma bileşenlerinin tanımlanması mümkün hale gelmiş ve bu durum gıda ürünlerinin çeşitlendirilmesine önemli katkılar sağlamıştır (Schieberle, 2015). Günümüzde aroma maddeleri, gıda katkı maddeleri sektörü içerisinde önemli bir paya sahiptir. Küresel ölçekte değerlendirildiğinde, aroma bileşenlerinin toplam katkı maddeleri pazarı içerisindeki oranının yaklaşık %25 düzeyinde olduğu ve bu alanın kayda değer bir ekonomik büyüklük oluşturduğu ifade edilmektedir (Tay, 2013). Gıda   retiminde aroma maddelerinin tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında; işleme sırasında kaybolan aromanın yeniden kazandırılması, yetersiz aroma profilinin güçlendirilmesi, istenmeyen kokuların maskelenmesi ve ürün çeşitliliğinin artırılması yer almaktadır. Bu doğrultuda içecekler, unlu mamuller, şekerlemeler, sakızlar, hazır çorbalar ve toz karışımlar gibi pek çok üründe aroma bileşenlerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Yılmaztekin, 2009). Genel olarak değerlendirildiğinde aroma maddeleri, gıda endüstrisinde yalnızca duyuusal kaliteyi iyileştiren bileşenler olmanın ötesinde, ürün geliştirme, pazarlama stratejileri ve tüketicici memnuniyeti açısından da önemli bir yere sahiptir. Gelişen teknolojiler ve değişen tüketicici beklentileri doğrultusunda, aroma bileşenlerinin kullanım alanlarının genişlemesi ve çeşitliliğinin artması beklenmektedir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Meyveli yoğurt üretimi, temelde sade yoğurt üretim sürecine dayanmakla birlikte, ürüne meyve ya da aroma bileşenlerinin eklenmesiyle farklılaşmaktadır. Endüstride meyveli yoğurt üretimi genellikle iki temel yöntemle gerçekleştirilmektedir. İlk yöntemde, ambalaj kabının alt kısmına belirli miktarda meyve yerleştirilmekte ve üzerine starter kültür ilave edilmiş süt eklenerek inkübasyon süreci başlatılmaktadır. Bu üretim şekli “Sundae tipi” olarak adlandırılmaktadır. İkinci yöntemde ise yoğurt ayrı olarak fermente edilmekte, ardından meyve ile karıştırılarak ambalajlanmaktadır. “Stirred” ya da “Swiss tipi” olarak bilinen bu yöntem, daha homojen bir yapı sağlaması ve tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmesi nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (Karagözlü, 1997; Dal, 2016).

Meyve ve sebze ilavesinin yoğurtların besin değeri ile duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri, birçok çalışmada ortaya konmuştur. Yoğurtlara meyve püresi, pulp, reçel ya da toz formdaki meyve bileşenleri ile birlikte tatlandırıcılar ve çeşitli katkı maddeleri eklenerek hem lezzet hem de besin değeri artırılabilirdiği görülmektedir. Bu tür ürünler, farklı meyve çeşitlerine özgü aroma profilleri sayesinde geniş bir tüketici kitlesine hitap etmekte ve pazarda çeşitlilik sağlamaktadır (Çakmakçı ve ark., 2014).

Aroma ve tatlılık düzeyinin yoğurt tüketimi üzerindeki etkisi, literatürde üzerinde durulan önemli konular arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalar, aroma bileşenleri ile şeker oranındaki artışın yoğurtların duyuşal çekiciliğini yükselttiğini ve buna bağılı olarak tüketim miktarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Meyve aromalarının, sade yoğurtta belirgin olan asetaldehit kaynaklı keskin tat profilini dengeleyerek daha uyumlu ve dengeli bir lezzet oluşumuna katkı sağladığı da bildirilmektedir (Yedikardaş, 2010). Bununla birlikte, yoğurda ilave edilen meyveler ürünün vitamin ve mineral içeriğini artırırken, eklenen şekerin ürünün toplam enerji değerini yükselttiği ifade edilmektedir (Rojas ve ark., 2000; Akın, 2006).

Şeker ve aroma etkileşimine yönelik yapılan bir çalışmada, farklı şeker düzeyleri (%5, %7 ve %10) ile çilek ve kahve aroması kullanılarak üretilen yoğurtların duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, %10 şeker içeriğine sahip örneklerin en yüksek beğeni düzeyine ulaştığını, daha düşük şeker oranlarının ise hem tatlılık algısını hem de aroma hissini zayıflattığını göstermektedir (Chollet ve ark., 2013).

Meyve ilavesinin yoğurtların fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkileri de çeşitli çalışmalarda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Örneğin elma pulpu kullanılarak hazırlanan yoğurtlarda, depolama süresi boyunca asitlik, pH, renk ve kıvam gibi parametrelerde bazı değişimlerin meydana geldiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, bu ürünlerin duyuşal açıdan kontrol grubuna göre daha fazla tercih edildiği belirlenmiştir (Bartoo ve Badrie, 2005). Türkiye’de gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise farklı üreticilere ait meyveli yoğurt örneklerinin fizikokimyasal özellikleri arasında belirgin farklılıklar bulunduğu, ancak depolama süresinin duyuşal özellikler üzerinde önemli bir olumsuz etki oluşturmadığı ifade edilmiştir (Şahan ve ark., 1999).

Çilek ve muz aromalarının yoğurt üretimine etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu bileşenlerin hem teknolojik hem de duyuşal açıdan önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Çilek ve muz pulpu kullanılarak üretilen yoğurtlarda, meyve ve sakkaroz ilavesinin toplam kuru madde miktarını artırdığı, buna karşılık yağ oranında bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca meyvelerden gelen organik asitlerin, yoğurt bakterilerinin aktivitesini kısmen sınırlandırarak titrasyon asitliğinde düşüşe neden olabildiği ifade edilmektedir. Duyusal değerlendirme sonuçları incelendiğinde ise özellikle %10 oranında muz pulpu içeren yoğurtların daha yüksek beğeni düzeyine ulaştığı saptanmıştır (Öztürk ve Akyüz, 1995).

Farklı süt türleri ile aroma kombinasyonlarının yoğurt kalitesi üzerindeki etkileri de çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır. İnek ve keçi sütünden üretilen aromalı yoğurtlarda; pH, titrasyon asitliği, viskozite ve pıhtı yapısı gibi özelliklerin hem kullanılan süt türüne hem de tercih edilen aroma çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. İnek sütünden elde edilen yoğurtların daha yüksek pıhtı sıklığına sahip olduğu, keçi sütü kullanıldığında ise daha zayıf bir jel yapısının olduğu bildirilmektedir. Ayrıca depolama süresi boyunca viskozitede artış gözlemlendiği ve bu durumun meyve bileşenlerindeki pektin içeriği ile ilişkili olabileceği ifade edilmektedir. Duyusal değerlendirme sonuçları incelendiğinde ise çilek aromalı yoğurtların en yüksek beğeni düzeyine ulaştığı, bunu şeftali ve kiraz aromalarının izlediği saptanmıştır (Akın ve Konar, 1999).

Aroma bileşenlerinin işleme koşullarına bağlı olarak değişimi de araştırmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Keçi sütüne uygulanan ısı işlemlerin aroma bileşenleri üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, ısı işlem sonrasında bazı ester ve asit bileşiklerinin miktarında azalma görülürken, keton ve alkol bileşenlerinde artış meydana

geldiği belirlenmiştir (Guo ve ark., 2023). Bu bulgular, uygulanan işlem koşullarının aroma profilini doğrudan etkileyebildiğini ortaya koymaktadır.

Meyveli yoğurtlarda farklı aroma ve katkı maddelerinin fiziksel ve kimyasal özellikler üzerindeki etkileri literatürde geniş kapsamda ele alınmıştır. Yapılan araştırmalar, farklı aroma bileşenleri kullanılan yoğurtlarda protein, kuru madde ve asitlik değerlerinde belirgin farklılıkların ortaya çıktığını göstermektedir. Depolama süreci boyunca ise serum ayrılması ile asitlik değerlerinde artış gözlemlendiği ifade edilmektedir. Bunun yanı sıra duyuşal değerlendirme sonuçlarında, vişne ve üzüm aromalarının diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek puan aldığı bildirilmektedir (Tarakçı, 2003). Farklı meyve katkılarının yoğurt bileşimi üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, genel olarak meyve ilavesinin protein oranında azalmaya yol açabildiğini, ancak bu etkinin kullanılan meyvenin bileşimine bağlı olarak değişiklik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Nitekim kuşburnu katkılı yoğurtlarda protein oranının daha yüksek olduğu belirlenmiş ve bu durum, söz konusu meyvenin doğal protein içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca yoğurtların kimyasal bileşiminin; kullanılan süt türü, tercih edilen meyve çeşidi ve üretim yöntemi gibi birçok faktörden önemli ölçüde etkilendiği vurgulanmaktadır (Ayar ve ark., 2005).

Sonuç olarak, aromalı ve meyveli yoğurtlar üzerine yürütülen çalışmalar, aroma bileşenlerinin yalnızca duyuşal kaliteyi iyileştirmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda ürünün fizikokimyasal özellikleri ile besin değerini de etkilediğini ortaya koymaktadır. Özellikle çilek ve muz gibi yaygın olarak kullanılan aromaların, tüketici kabulünü artırmada önemli bir rol oynadığı ve yoğurt ürünlerinin geliştirilmesinde temel bileşenler arasında yer aldığı görülmektedir. Bu doğrultuda, aroma bileşenlerinin seçimi, üretim yöntemi ve formülasyon parametreleri, nihai ürün kalitesinin belirlenmesinde kritik öneme sahip faktörler olarak değerlendirilmektedir.

Literatür incelendiğinde, aroma maddelerinin yoğurdun duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin kapsamlı biçimde araştırıldığı, ancak doğal, doğala özdeş ve sentetik aroma maddelerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, aroma ilavesinin yoğurdun mikrobiyolojik stabilitesi ve raf ömrü üzerindeki uzun dönemli etkilerine ilişkin verilerin de yeterli düzeyde olmadığı dikkat çekmektedir. Bu çalışma, farklı aroma formlarının yoğurdun fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak inceleyerek literatürdeki bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

4. MATERİYAL VE YÖNTEM

4.1 Materyal

Bu çalışmada, yoğurt üretimi için uygun özelliklere sahip, AB onaylı İlgin Hayvancılık San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilen inek sütü kullanılmıştır. Çilek ve muz aromalı yoğurt üretiminde doğal aromalar hem sıvı hem de toz formda tercih edilmiş olup, söz konusu doğal çilek ve muz aromaları Beşel Endüstriyel Ürünler Gıda ve Ambalaj San. Tic. A.Ş. firmasından temin edilmiştir.

4.2 Yöntem

Yoğurt üretiminde, sütte bulunan zararlı mikroorganizmaların elimine edilmesi amacıyla süt, 86 °C'de 10–15 saniye süreyle pastörize edilmiştir. Pastörizasyon sonrasında süt, 42–45 °C'ye soğutulmuş ve uygun miktarda yoğurt mayası ilave edilmiştir. Eklendiği süt ortamında yoğurt mayası, laktik asit üretimi yoluyla süt pH'ını düşürmüş ve ürünün karakteristik ekşimsi tadının oluşmasını sağlamıştır. Mayalanma aşaması 4–6 saat sürmüş olup, sıcaklık kontrolü 42–45 °C aralığında tutulmuştur. pH değeri yaklaşık 4.9'a, asitlik değeri de yaklaşık 32-35 aralığına ulaştığında fermantasyon durdurulmuş ve yoğurdun kıvam kazanması sağlanmıştır. Ön denemeler sonucunda belirlenen oranlarda, sıvı ve toz formda bulunan çilek ve muz doğal aromaları bu aşamada yoğurda eklenmiş ve aromaların homojen dağılımı sağlanana kadar karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından, yoğurt örnekleri hızla 0–4 °C'ye soğutulmuştur. Hazırlanan yoğurt örneklerinde, ürün özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak fiziksel ve kimyasal analizler uygulanmıştır.

4.2.1 Antibiyotik analizi

Çiğ sütte antibiyotik tespiti, Bioeasy antibiyotik kiti kullanılarak yapılmıştır.

4.2.2 pH tayini

Çiğ sütün ve yoğurdun pH değeri inoLab WTW (Weilheim, Germany) marka pH metre kullanılarak tespit edilmiştir (Oysun, 1996).

4.2.3 Titrasyon asitliği ve laktik asit tayini

Titrasyon yöntemi ile gerçekleştirilen analizde, örneğe 10 mL saf su ilave edilerek homojen şekilde karıştırılmış; ardından %1'lik fenolftalein indikatöründen 3–4 damla eklenmiştir. Karışım, 0.1 N NaOH çözeltisi ile kalıcı pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiş ve harcanan titrant hacmi kaydedilmiştir. Titrasyon sırasında kullanılan NaOH miktarı Soxhlet–Henkel (SH°) değeri olarak ifade edilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen SH° değerleri kullanılarak, çiğ süt ve yoğurt örneklerinin laktik asit cinsinden yüzde asitlik değerleri, aşağıda verilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır (Anonim, 1994).

$$\% \text{ Laktik Asit} = \text{SH}^\circ \times 0.0225$$

SH°: Harcanan 0.1N NaOH çözeltisinin miktarı (mL)

4.2.4 Yağ tayini

Çiğ sütte % yağ, protein ve yağsız kuru madde bileşim tayinleri FOSS MilkoScan™ Mars (Foss, Danimarka) cihazı ile yapılmıştır.

Yoğurt örneklerinin yağ tayini ise Gerber metodu ile belirlenmiştir (AOAC, 2003).

4.2.5 Protein tayini

Çiğ sütte % yağ, protein ve yağsız kuru madde bileşim tayinleri FOSS MilkoScan™ Mars (Foss, Danimarka) cihazı ile yapılmıştır.

Yoğurt örneklerinde protein miktarı tayininde Kjeldahl yönteminden yararlanılmıştır (Kurt ve ark., 2012).

4.2.6 Kuru madde tayini

Çiğ süt ve yoğurt örneklerinde Gravimetrik yöntem ile kuru madde belirlenecek olup (AOAC, 2003) KERN DBS 60-3 nem tayin cihazı kullanılmıştır.

4.2.7 Serum ayrılması

25 gr yoğurt örneklerinin 4°C'de 2 saat süresince kaba filtre kağıdından süzülmesi neticesi ayrılan serum miktarının 4 ile çarpılmasıyla volumetrik olarak % serum ayrılması hesaplanmıştır (Tamime ve ark., 1996).

4.2.8 Viskozite analizi

Viskozite ölçümü Brookfield marka viskozimetre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde numune sıcaklığı 20°C olacak şekilde şartlandırılmıştır. Yaklaşık 70 ml numune, viskozimetre ölçüm silindrine aktarılmıştır.

Cihaz ölçüm birimi cP olarak ayarlanmış ve uygun spindle cihaz talimatlarına göre ölçüm silindrine yerleştirilmiştir. Spindle'in sabit hızda dönmesi sırasında sıvının oluşturduğu direnç ölçülmüş ve bu direnç sıvının viskozitesi ile doğru orantılı olarak değerlendirilmiştir.

Ölçüm sonucunda elde edilen viskozite değeri cihaz ekranından cP birimi cinsinden okunarak kayıt altına alınmıştır (Rao, 2014).

4.2.9 Mikrobiyolojik analizler

4.2.9.1 Koliform analizi

Koliform grubu bakterilerin sayımı, ISO 4832 standardında belirtilen koloni sayım tekniğine uygun olarak Violet Red Bile Agar (VRBA) kullanılarak dökme plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde hazırlanan VRBA besiyeri yaklaşık 45°C'de su banyosunda muhafaza edilmiştir. Numunelerden aseptik koşullarda 1 mL alınarak 9 mL steril dilüsyon sıvısı içerisine aktarılmış ve hazırlanan karışımdan 1 mL alınarak steril petri kaplarına ekim yapılmıştır. Üzerine 40–45°C sıcaklıktaki besiyeri, petri yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde (yaklaşık 10–15 mL) ilave edilmiştir.

Besiyeri ile numunenin homojen dağılımı sağlandıktan sonra ortamın katılaşması beklenmiş, ardından petri kapları ters çevrilerek 34–37°C'de 24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda gelişen tipik koloniler değerlendirilmiştir. Koliform bakteriler, yaklaşık 1–2 mm çapında, etrafında kırmızımsı presipitat zonu bulunan kırmızı koloniler olarak tanımlanmıştır.

Gerekli durumlarda seri dilüsyon uygulanmış olup, elde edilen koloni sayıları ilgili dilüsyon katsayısı ile çarpılarak sonuçlar hesaplanmıştır ve sonuçlar kob/g (CFU/g) cinsinden ifade edilmiştir (ISO 4832, 2006).

4.2.9.2 *E. coli* analizi

Escherichia coli sayımı, kromojenik özellikte seçici-diferansiyel bir besiyeri olan Gelose Rapid *E. coli* 2 kullanılarak dökme plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yöntem, ISO 16649-2 standardında tanımlanan β -glukuronidaz pozitif *E. coli*'nin belirlenmesine yönelik prensiplere uygun olarak uygulanmıştır. Besiyeri, üretici firma talimatları doğrultusunda hazırlanmış ve kullanım öncesinde yaklaşık 45°C'de muhafaza edilmiştir.

Analiz kapsamında, numunelerden aseptik koşullarda 1 mL alınarak 9 mL steril dilüsyon sıvısı içerisine aktarılmış ve hazırlanan karışımdan 1 mL alınarak steril petri kaplarına ekim yapılmıştır. Daha sonra 40–45°C sıcaklıktaki Gelose Rapid *E. coli* 2 besiyeri petri yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde (yaklaşık 10–15 mL) ilave edilmiştir. Numune ile besiyerinin homojen şekilde karışması sağlanmış ve ortamın katılaşması beklenmiştir.

Katılaşmanın ardından petri kapları ters çevrilerek 34–37°C’de 24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen tipik koloniler değerlendirilmiştir. *E. coli* varlığı, kromojenik reaksiyon sonucu oluşan karakteristik renk değişimi ile belirlenmiş olup, bu çalışmada yaklaşık 1–2 mm çapında yeşil renkli koloniler tipik olarak değerlendirilmiştir. Gerekli durumlarda seri dilüsyon uygulanmış ve elde edilen koloni sayıları uygun dilüsyon katsayısı ile çarpılarak sonuçlar kob/g (CFU/g) cinsinden ifade edilmiştir (ISO 16649-2, 2001).

4.2.9.3 Küf ve maya analizi

Yoğurt örneklerinde toplam maya ve küf sayımı, Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılarak yayma plak (spread plate) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde besiyeri üretici firma talimatlarına uygun olarak hazırlanmış, sterilize edilmiş ve steril petri kaplarına dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır.

Numunelerden aseptik koşullarda 1 mL alınarak 9 mL steril dilüsyon sıvısı içerisine aktarılmış ve hazırlanan karışımdan 1 mL alınarak steril petri kaplarına ekim yapılmıştır. Besiyeri petri yüzeyini kaplayacak şekilde aktarılmıştır. Daha sonra steril Drigalski spatülü yardımıyla numunenin besiyeri yüzeyine homojen şekilde yayılması sağlanmıştır. Ekim işleminin ardından petri kapları ters çevrilerek 20–25°C’de 5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılmış ve maya ile küf kolonileri morfolojik özelliklerine göre ayırt edilerek değerlendirilmiştir. Elde edilen koloni sayıları, kullanılan dilüsyon katsayıları dikkate alınarak hesaplanmış ve sonuçlar log kob/g (CFU/g) cinsinden ifade edilmiştir (Cruz ve ark., 2012).

4.2.10 SPME-GC-MS yöntemi ile aroma profili analizi

Yoğurt örneklerindeki uçucu bileşenlerin belirlenmesi amacıyla katı faz mikroekstraksiyon (SPME) tekniği ile gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) analizi uygulanmıştır. Analizler Agilent Technologies üretimi 7890B model gaz kromatografisi cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Numune hazırlığı kapsamında, +4°C’de muhafaza edilen yoğurt örneklerinden yaklaşık 2 g alınarak 20 mL hacmindeki headspace (HS) viallerine tartılmıştır. Uçucu

bileşenlerin headspace fazına geçişini artırmak amacıyla her numuneye 2 mL doymuş sodyum klorür (NaCl) çözeltisi ilave edilmiştir. Numunelere herhangi bir filtrasyon, santrifüj veya ısı ön işlem uygulanmaksızın analiz edilmiştir. Tüm hazırlanan örnekler analiz öncesine kadar soğuk koşullarda saklanmış ve NaCl ilavesi enjeksiyon öncesinde gerçekleştirilmiştir.

SPME işlemi için DVB/CAR/PDMS (50/30 µm) kaplı fiber kullanılmıştır. Numuneler analiz öncesinde 40°C’de 20 dakika süreyle inkübasyona tabi tutulmuş, bu aşamada karıştırma işlemi manyetik karıştırıcı üzerinde manyetik balık kullanılarak 300 rpm hızında gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon süresi 15 dakika olarak uygulanmış ve ardından fiber, 250°C sıcaklıktaki enjektörde 300 saniye süreyle desorpsiyona bırakılmıştır.

Kromatografik ayırma işlemi DB-WAX kapiler kolonda (60 m × 0.25 mm × 0.25 µm) gerçekleştirilmiş olup taşıyıcı gaz olarak sabit akışta (1 mL/dk) helyum kullanılmıştır. Enjeksiyon split modda (10:1) gerçekleştirilmiştir. Fırın sıcaklık programı başlangıçta 40°C’de 3 dakika tutulmuş, ardından 5°C/dk hızla 150°C’ye yükseltilmiş ve sonrasında 8°C/dk hızla 230°C’ye çıkarılarak 5 dakika bekletilmiştir. Toplam analiz süresi 40 dakika olarak uygulanmıştır. Kütle spektrometresi dedektörü tarama (SCAN) modunda (m/z 30–500) çalıştırılmış olup transfer hattı sıcaklığı 230°C olarak ayarlanmıştır. Çözücü gecikme süresi 3 dakika olarak belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2022).

4.2.11 Duyusal analiz

Yoğurt örneklerinde duyusal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi kısmında Bodyfelt (1988) tarafından belirlenen puan cetvelinden modifiye edilerek yararlanılmıştır. Duyusal değerlendirme, her bir yoğurt örneğine rastgele kodlar verilerek 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistler, örnekleri yapı, renk/görünüş, koku, tat ve genel beğeni özellikleri açısından değerlendirmiştir. Aşağıda çalışmada kullanılan duyusal analiz formu sunulmaktadır (Bodyfelt, 1988).

Çizelge 4.2.11 : Duyusal analiz formu

Ürün: Yoğurt	Tarih:								
Aşağıda verilen kodlu örnekleri kalite kriterleri açısından 5 puan üzerinden değerlendiriniz.									
Kalite Kriteri	Örnek Kodları								
	4	7	15	23	35	42	50	68	76
Yapı/Kıvam									
Renk/Görünüş									
Koku									
Tat									
Genel Beğeni									

Puan değerleri ile ilgili açıklamalar	1 Çok kötü	2 Kötü	3 Orta	4 İyi	5 Çok iyi
---------------------------------------	------------------	-----------	-----------	----------	--------------



Şekil 4.2.11 : Duyusal analiz için yoğurt örnekleri

4.2.12 İstatistik analizler

Veriler bilgisayar ortamına Microsoft Office Excel programı kullanılarak aktarılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin yorumlanmasında Minitab 16 istatistik programı kullanılmış ve veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar ortalama değerler ve standart sapma olarak verilmiştir.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1 Çiğ Süt Analiz Sonuçları

Hammadde olarak kullanılacak çiğ süt örneğinde antibiyotik tayini, pH, titrasyon asitliği, yağ içeriği, protein içeriği ve kuru madde oranına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Çiğ süt antibiyotik, pH, titrasyon asitliği, yağ, protein, kuru madde analiz sonuçları

	Çiğ Süt
Antibiyotik	Negatif
pH	6.78±0.01
SH	6.00±0.02
Titrasyon Asitliği (%)	0.135±0.00
Yağ (%)	3.85±0.0
Protein (%)	3.25±0.01
Kuru Madde (%)	12.45±0.03

Sütte antibiyotik varlığı negatif olarak tespit edilmiştir. Bu bulgu, sütte antibiyotik kalıntısının bulunmadığını göstermekte olup, hem insan sağlığı hem de sütün teknolojik olarak işlenebilirliği açısından önemli bir kalite kriteridir.

Süt pH değeri 6.78 olarak belirlenmiş ve bu değer için kabul edilen 6.6–6.8 aralığında olduğu görülmüştür. Elde edilen pH değeri, sütün taze olduğunu ve herhangi bir asidifikasyon sürecine girmediğini göstermektedir (Üçüncü, 2015). Titrasyon asitliği %0.135 olarak belirlenmiştir. Bu değer, çiğ sütlerde genellikle bildirilen %0.13–0.17 aralığı içerisinde yer almakta olup, sütün tazeliğini ve mikrobiyal aktivitenin düşük düzeyde olduğunu desteklemektedir (Tekinşen, 2000; Üçüncü, 2015). Sütün bileşim analizleri sonucunda yağ içeriği %3.85, protein içeriği %3.25 ve kuru madde miktarı %12.45 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, çiğ süt için kabul edilen normal aralıklar içerisinde olup, sütün

besin değeri ve kalite açısından uygun olduğunu göstermektedir (Tekinşen, 2000; Üçüncü, 2015).

5.2 pH ve Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyonlarının (%1–2) yoğurt örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerindeki etkileri incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Yoğurt örneklerinin pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları

Aroma Formu	Aroma Çeşidi	Konsantrasyon (%)	pH	Titrasyon Asitliği (%)
Kontrol	Sıvı		4.92±0.00 ^a	0.720±0.000 ^c
Toz	Çilek	1	4.90±0.01 ^b	0.734±0.006 ^c
		2	4.86±0.01 ^d	0.746±0.004 ^b
	Muz	1	4.90±0.00 ^b	0.727±0.003 ^d
		2	4.89±0.02 ^c	0.729±0.001 ^{cd}
	Çilek	1	4.88±0.00 ^c	0.734±0.001 ^c
		2	4.86±0.01 ^d	0.754±0.003 ^a
	Muz	1	4.90±0.00 ^a	0.736±0.004 ^{bc}
		2	4.87±0.00 ^c	0.740±0.001 ^b

Aynı sütun içerisinde farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

Elde edilen bulgular, kontrol örneğinin en yüksek pH değerine sahip olduğunu (4.92) ve istatistiksel olarak diğer tüm örneklerden anlamlı şekilde ayrıldığını göstermektedir (p<0.05). Aroma ilavesinin genel olarak pH değerinde düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Bu durum, aromatik bileşenlerin formülasyona katılmasıyla sistemdeki asidik karakterin artmasına bağlanabilir.

Sıvı aroma uygulamalarında, özellikle %2 konsantrasyonda pH değerinin daha düşük olduğu (4.86, 4.89) ve bu grubun istatistiksel olarak en düşük değerler arasında yer aldığı görülmektedir. Benzer şekilde toz aroma formunda da konsantrasyon artışı pH değerinde azalma eğilimi göstermiştir (4.86, 4.87). Bu durum, aroma bileşenlerinin konsantrasyona bağlı olarak ortamın asidik yapısını güçlendirdiğini göstermektedir.

Aroma çeşidi açısından değerlendirildiğinde, çilek aromalı örneklerin genellikle daha düşük pH değerlerine sahip olduğu, muz aromalı örneklerin ise nispeten daha yüksek pH değerlerini koruduğu gözlenmiştir. Bu farklılık, kullanılan aromaların kimyasal bileşimlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Reineccius, 2006).

Saldamlı ve Babacan (1996) tarafından şeker pancarı ve çilek lifi ilavesiyle üretilen yoğurtlarda, lif oranının artmasıyla pH değerinin düştüğü bildirilmiştir. Buna karşın, Hashim (2001) hurma püresi ilaveli yoğurtlarla yaptığı çalışmada, hurma püresi miktarının artmasıyla yoğurtların pH değerlerinde yükselme meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Kamber ve Harmankaya (2019), farklı meyve ilavelerinin yoğurtların pH ve asitlik değerleri üzerinde etkili olduğunu; özellikle çilek aromalı örneklerde pH değerlerinin daha düşük seviyelerde bulunduğunu bildirmiştir. Bu durumun meyvelerin doğal asit içeriğinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çakmakçı ve Çelik (2008), farklı meyve ilaveleriyle üretilen yoğurtlarda muzlu örneklerin pH değerlerinin sade yoğurtlara yakın seyrettiğini, çilekli örneklerde ise daha düşük pH değerleri elde edildiğini bildirmiştir. Bu farklılığın kullanılan meyvelerin doğal asitliklerinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. pH değeri, disosiyasyon olmuş hidrojen iyonlarının konsantrasyonu hakkında bilgi sağlayan ve aktif asitliğin bir ölçüsü olarak kabul edilen bir parametredir (Oysun, 1991). Gürlin (2013), çalışmasında üretilen meyveli ve baharatlı sürülebilir yoğurt örneklerinin pH değerlerini incelediğinde, en düşük pH değerinin 4.68 ile yaban mersinli sürülebilir yoğurtta, en yüksek pH değerinin ise 4.91 ile susamlı sürülebilir yoğurtta tespit etmiştir. Rahman ve ark. (2020), çilek suyu ilavesiyle hazırladıkları yoğurt örneklerinde, meyve katkılı yoğurtların kontrol grubuna kıyasla pH değerlerinde düşüş, titrasyon asitliği değerlerinde ise artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyonlarının (%1-2) ürünün titrasyon asitliği (%) üzerine etkileri incelenmiştir. Kontrol örneğinin titrasyon asitliği %0.720 olarak belirlenmiştir.

Sıvı çilek aroması ilave edilen yoğurt örneklerinde, %1 ve %2 konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak titrasyon asitliği değerleri sırasıyla %0.734 ve %0.746 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, sıvı muz aroması ilave edilen yoğurt örneklerinde aynı konsantrasyon seviyelerinde titrasyon asitliği değerlerinin sırasıyla %0.727 ve %0.729 olduğu tespit edilmiştir. Toz çilek aroması içeren yoğurt örneklerinde, %1 ve %2 konsantrasyon düzeylerinde titrasyon asitliği değerleri sırasıyla %0.734 ve %0.754 olarak saptanmıştır. Toz muz aroması ilave edilen yoğurt örneklerinde ise aynı konsantrasyon

seviyelerine karşılık gelen titrasyon asitliği değerlerinin %0.736 ve %0.740 olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak, aroma ilavesi yapılan tüm örneklerde titrasyon asitliğinin kontrol örneğine kıyasla artış gösterdiği belirlenmiştir. Aroma konsantrasyonu arttıkça titrasyon asitliğinde kademeli bir yükselme eğilimi gözlenmiştir. Sıvı aroma ilavesi yapılan örneklerde hem çilek hem de muz aromasında konsantrasyon artışına bağlı olarak titrasyon asitliği değerlerinin yükseldiği belirlenmiş olup istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Toz aroma ilavesi yapılan örneklerde de benzer bir eğilim gözlenmiş; özellikle toz muz aroması içeren örneklerde titrasyon asitliği değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Aroma formu açısından değerlendirildiğinde, toz aroma uygulamalarının, özellikle muz aromasında, sıvı aroma uygulamalarına kıyasla daha yüksek titrasyon asitliği değerleri oluşturduğu görülmektedir. Bu durum, aroma formunun ürünün asitlik özellikleri üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Ayaz (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Çam balı ilavesi ile üretilen probiyotik yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği (laktik asit cinsinden) %0.62-0.83 aralığında tespit edilmiş olup çalışmamızdaki titrasyon asitlik değerleri ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tarakçı (2010) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, kivi marmelatı ilavesinin yoğurtların kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi ele alınmış; marmelat konsantrasyonundaki artışın, örneklerin titrasyon asitliği değerlerinde belirgin bir yükselişe yol açtığı saptanmıştır. Benzer şekilde, çalışmamızda da aroma konsantrasyonunun artmasına paralel olarak titrasyon asitliğinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, ilave edilen aroma ya da marmelat gibi bileşenlerin asidik yapıya katkı sağlayarak ürünün toplam asitliğini artırdığını göstermekte olup, her iki çalışmanın sonuçları birbiriyle uyumluluk arz etmektedir. Bu durum, konsantrasyon artışının yoğurtların asidite profili üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Rahman ve ark. (2001) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, meyve ilavesinin yoğurdun asitlik profili üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, meyve içerikli yoğurtların titrasyon asitliği değerlerinin, kontrol grubu olarak kullanılan sade yoğurtlara kıyasla daha yüksek bir eğilim sergilediğini ortaya koymuştur.

5.3 Yağ, Protein ve Kuru Madde Analiz Sonuçları

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyonlarının (%1–2) yoğurt örneklerinin protein ve kuru madde değerleri üzerindeki etkileri incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 : Yoğurt örneklerinin protein ve kuru madde analiz sonuçları

Aroma Formu	Aroma Çeşidi	Konsantrasyon (%)	Protein (%)	Kuru Madde (%)
Kontrol			4.045±0.01 ^a	15.50±0.01 ^f
Sıvı	Çilek	1	4.030±0.01 ^{ab}	15.50±0.01 ^f
		2	4.020±0.03 ^b	16.60±0.03 ^d
	Muz	1	4.030±0.00 ^{ab}	16.49±0.00 ^e
		2	4.030±0.01 ^{ab}	16.70±0.01 ^c
Toz	Çilek	1	4.020±0.03 ^b	16.95±0.03 ^b
		2	4.000±0.00 ^c	17.60±0.00 ^a
	Muz	1	4.005±0.01 ^{bc}	16.90±0.01 ^b
		2	4.005±0.001 ^{bc}	17.60±0.01 ^a

Aynı sütun içerisinde farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

Kontrol grubu dahil olmak üzere tüm yoğurt örneklerinde yağ içeriği %3.5 olarak belirlenmiştir. Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyon seviyeleri (%1-2) dikkate alındığında, yağ içeriği değerleri arasında herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Aroma formu, aroma çeşidi ve aroma konsantrasyonunun yoğurtların yağ içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, yoğurt üretiminde aroma ilavesinin yağ oranını değiştirmedığını ve ürünün yağ içeriğinin esas olarak kullanılan sütün kompozisyonuna bağlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, farklı aroma uygulamalarının yoğurdun besin değeri açısından yağ içeriğini etkilemediği söylenebilir.

Çopur ve ark. (1994), farklı stabilizatör ilavesiyle üretilen ahududulu yoğurtların yağ içeriklerinin %3.50 ile %3.70 aralığında değişim sergilediğini rapor etmişlerdir. Literatürde yer alan çeşitli araştırmalar, yoğurtların yağ içeriklerinin belirli sınırlar dahilinde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ergün ve ark. (1990) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yoğurt örneklerinin yağ oranlarının %3.30 ile %3.89 aralığında değiştiği saptanmıştır. Bu

araştırma kapsamında elde edilen yağ değerlerinin, söz konusu literatür verileriyle paralellik gösterdiği ve mevcut bulguların önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Kontrol örneğinde protein içeriği %4.045 olarak belirlenmiştir. Aroma ilavesi yapılan örneklerde protein içerikleri %4.000 - 4.030 aralığında değişmiş olup, örneklerin çoğu kontrol ile istatistiksel olarak benzer değerler göstermektedir. Özellikle toz aroma formunda ve yüksek konsantrasyon (%2) uygulamalarında protein değerlerinin daha düşük olduğu (%4.000) dikkat çekmektedir. Sıvı aroma uygulamalarında ise protein değerlerinin daha stabil kaldığı ve çoğunlukla 4.020 - 4.030 aralığında değiştiği görülmektedir. Bu sonuç, sıvı aromaların yoğurt örnekleri üzerindeki etkisinin daha sınırlı olduğunu düşündürmektedir. Aroma çeşidi açısından değerlendirildiğinde, çilek ve muz aromaları arasında belirgin bir fark gözlenmemektedir.

Literatürde, yoğurtlardaki protein içeriklerinin belirli sınırlar içinde değiştiği bildirilmiştir. Türkoğlu ve ark. (2003), protein oranlarını %2.24–5.44, Herdem (2006) %3.11–4.36 ve Biberoğlu ile Ceylan (2013) %2.91–6.22 aralığında tespit etmişlerdir. Mevcut araştırmada elde edilen protein değerleri, bu çalışmalarda bulgularla uyum göstermektedir. Mutlu (2022), yapmış olduğu çalışmada farklı oranlarda meyveli yoğurt üzerinde analizler gerçekleştirmiştir. Mevcut çalışmada incelenen tüm örneklerde, meyve ilave dozajının artmasıyla birlikte protein içeriğinde azalma gözlemlenmiştir (%3.19-3.90). Bu bulgu, literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olup, daha önceki çalışmalarda da benzer şekilde tüm dozajlarda protein miktarının düştüğü rapor edilmiştir. Bu durumun, meyve ilavesiyle birlikte ürün formülasyonunda protein dışı bileşenlerin oranının artmasına bağlı olarak protein konsantrasyonunun seyrelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca meyve bileşenlerinin içerdiği su ve karbonhidrat miktarının artması da toplam kompozisyon içerisinde protein oranının oransal olarak azalmasına neden olabilmektedir.

Kuru madde sonuçları incelendiğinde, aroma ilavesinin bu parametre üzerinde belirgin bir artışa neden olduğu görülmektedir. Kontrol örneği en düşük kuru madde değerine sahipken (%15.50), aroma içeren tüm örneklerde bu değerin arttığı belirlenmiştir. En yüksek kuru madde değeri, toz aroma formunda ve %2 konsantrasyonda (%17.60) elde edilmiştir. Bu grubun istatistiksel olarak diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde ayrıldığı görülmektedir ($p<0,05$). Bu durum, özellikle toz aromaların yapısal olarak daha fazla kuru madde katkısı sağlaması ile ilişkilendirilebilir. Aroma formu açısından değerlendirildiğinde,

toz aroma uygulamalarının, sıvı aroma uygulamalarına kıyasla kuru madde içeriğini daha olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Bu farklılığın, toz aromaların ürün içeriğindeki katı madde miktarının artması kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Oğuz ve Çağındı (2017), farklı meyve ilaveli yoğurt örneklerinde toplam kuru madde oranlarının meyve katkısına bağlı olarak değiştiğini ve örneklerde kuru madde değerlerinin yüksek seviyelerde bulunduğunu bildirmiştir. Meyve katkısının yoğurtların toplam kuru madde içeriğini artırabildiğini belirtmişlerdir. Tarakçı ve Küçüköner (2003) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, bazı meyve ilaveli yoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri incelenmiş; altı farklı meyveli yoğurt örneğinin ortalama toplam kuru madde değerinin %16.58 olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, mevcut araştırmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Dal (2016) tarafından Trabzon hurması ilavesiyle üretilen meyveli yoğurtlarda, kuru madde oranının %12.10 ile %18.09 arasında değiştiği belirlenmiştir.

5.4 Serum Ayrılması ve Viskozite Analiz Sonuçları

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyonlarının (%1–2) yoğurt örneklerinin serum ayrılması ve viskozite değerleri üzerindeki etkileri incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Yoğurt örneklerinin serum ayrılması ve viskozite analiz sonuçları

Aroma Formu	Aroma Çeşidi	Konsantrasyon (%)	1. Gün		15. Gün	
			Serum Ayrılması (%)	Viskozite (mPa.s)	Serum Ayrılması (%)	Viskozite (mPa.s)
Kontrol			3.94±0.01 ⁱ	2166±0.00 ^c	6.90±0.01 ⁱ	1367±0.00 ^f
Sıvı	Çilek	1	11.43±0.04 ^f	1954±2.12 ^f	16.07±0.05 ^g	1671±1.41 ^d
		2	11.80±0.03 ^e	2170±0.00 ^b	19.56±0.06 ^e	1840±0.71 ^b
	Muz	1	9.63±0.03 ^h	2087±2.83 ^d	13.97±0.03 ^h	1742±2.12 ^c
		2	9.97±0.03 ^g	2180±1.41 ^a	17.94±0.01 ^f	1918±1.41 ^a
Toz	Çilek	1	15.90±0.01 ^b	1880±0.71 ^g	23.48±0.05 ^c	1248±2.12 ^g
		2	16.53±0.03 ^a	1978±0.71 ^e	30.26±0.04 ^a	1820±2.12 ^b
	Muz	1	13.72±0.02 ^d	1888±1.41 ^g	20.20±0.01 ^d	1418±2.12 ^c
		2	14.26±0.00 ^c	1977±2.83 ^e	25.89±0.01 ^b	1642±2.12 ^d

Aynı sütun içerisinde farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

Farklı aroma formu (sıvı ve toz), aroma çeşidi (çilek ve muz) ve konsantrasyon düzeylerinin (%1 ve %2) yoğurt örneklerinin depolama süresince (1. gün ve 15. gün) serum ayrılması üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

1. gün sonuçları incelendiğinde, kontrol örneğinin en düşük serum ayrılması değerine sahip olduğu (%3.94) ve istatistiksel olarak tüm örneklerden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Aroma ilavesinin, özellikle toz formda, serum ayrılmasını önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. En yüksek serum ayrılması değeri, %2 konsantrasyonda toz formda çilek aroması uygulanmış örneklerde (%16.53) elde edilmiştir. Bu durumu, toz aromaların yapısal özellikleri ve sistemde oluşturduğu faz ayrımı eğiliminin artması ile açıklamak mümkündür. Sıvı aroma uygulamalarında ise daha düşük serum ayrılması değerleri gözlenmiş olup, özellikle muz aroması içeren örneklerde bu değerlerin daha sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Konsantrasyon artışı, hem sıvı hem de toz aroma gruplarında serum ayrılmasını artırıcı yönde etki göstermiştir. Bu durumun, artan aroma ilavesiyle birlikte yoğurt jel yapısının zayıflaması ve protein-su etkileşimlerinin olumsuz etkilenmesi sonucu su tutma kapasitesinin azalmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Özellikle aroma bileşenlerinin süt protein ağı yapısını etkileyerek serum fazının matriksten daha kolay ayrılmasına neden olduğu değerlendirilmektedir.

Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte tüm örneklerde serum ayrılması değerlerinin belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Bu artış, ürün yapısının zamanla zayıflaması ve su tutma kapasitesinin azalması ile açıklanabilir. 15. gün sonuçlarına göre en yüksek serum ayrılması değeri yine %2 konsantrasyonda toz formda çilek aroması ilaveli örneklerde (%30.26) belirlenmiştir. Bu değer, ilgili grubun diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Benzer şekilde, toz formdaki diğer uygulamalarda da yüksek serum ayrılması değerleri gözlenmiş olup, bu durum aroma formunun ürün stabilitesi üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır. Sıvı aroma uygulamalarında ise serum ayrılması değerlerinin daha düşük seviyelerde kaldığı (%13.97 - %19.56) ancak konsantrasyon artışıyla birlikte belirgin bir yükselme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Özellikle %1 konsantrasyon sıvı muz aroması ilaveli yoğurt örneklerinde

(13.97) en düşük serum ayrılması değerlerinden birini sergileyerek daha stabil bir yapı oluşturmuştur.

1. ve 15. gün sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, depolama süresinin serum ayrılması üzerinde önemli bir etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Tüm örneklerde zamanla serum ayrılması artmış, ancak bu artışın şiddeti aroma formu ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Özellikle toz aroma içeren ve yüksek konsantrasyon uygulamalarında zamanla meydana gelen artışın daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, kontrol örneği ve sıvı aroma içeren düşük konsantrasyonlu örneklerde daha sınırlı bir artış gözlenmiştir.

Kuru madde ve serum ayrılması sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, kuru madde miktarındaki artışın serum ayrılmasını azaltmadığı, özellikle toz aroma kullanılan örneklerde serum ayrılmasının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, serum ayrılmasının sadece kuru madde oranına bağlı olmadığını, aynı zamanda ilave edilen aroma formunun yoğurt yapısı üzerindeki etkisinin de önemli olduğunu göstermektedir. Toz aromaların içerdiği taşıyıcı maddelerin yoğurt jel yapısını tam olarak destekleyememesi ve su tutma kapasitesini olumsuz etkilemesi nedeniyle serum ayrılmasının arttığı düşünülmektedir. Ayrıca depolama süresi boyunca yoğurt yapısında meydana gelen zayıflamanın da serum ayrılmasının artmasına katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Elmas (2024), farklı çekirdek ekstraktları ilave edilerek üretilen yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerlerinin depolama süresine bağlı olarak yaklaşık %6.50–8.50 aralığında değiştiğini bildirmiştir. Araştırmada, yoğurt formülasyonunda kullanılan bileşenlerin su tutma kapasitesi ve protein ağı üzerindeki etkilerinin serum ayrılması üzerinde belirleyici olduğu belirtilmiştir. Çelik ve ark. (2006), kızcık püresi ve şeker ilavesiyle hazırlanan meyveli yoğurtlar üzerinde yaptıkları çalışmada, meyve katkısının serum ayrılmasını artırdığını tespit etmişlerdir. Literatürde farklı meyve türlerinin yoğurdun fiziksel yapısı üzerindeki etkileri geniş bir perspektifle ele alınmıştır. Çakmakçı ve ark. (1997); çilek, muz,

vişne ve portakal gibi çeşitli meyve katkılarının yoğurtlarda serum ayrılmasını genel bir eğilim olarak artırdığını kaydetmişlerdir.

Farklı aroma formu (sıvı ve toz), aroma çeşidi (çilek ve muz) ve konsantrasyon düzeylerinin (%1 ve %2) yoğurt örneklerinin depolama süresince (1. gün ve 15. gün) viskozite değerleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

1. gün viskozite sonuçları incelendiğinde, örnekler arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. En yüksek viskozite değeri, %2 konsantrasyonda sıvı formda muz aroması uygulamasında (2180 mPa.s) elde edilmiştir. Benzer şekilde, %2 konsantrasyonda sıvı formda çilek aroması ilaveli örneklerde de (2170 mPa.s) yüksek viskozite değerleri ile dikkat çekmektedir. Kontrol örneği (2166 mPa.s) yüksek viskozite değerine sahip olmakla birlikte, bazı sıvı aroma uygulamaları ile benzer değer aralığında yer almaktadır. Buna karşın toz aroma uygulamalarında viskozitenin belirgin şekilde daha düşük olduğu görülmektedir. Özellikle %1 konsantrasyonda toz formda çilek aroması uygulanan örnekleri en düşük viskozite değerine (1880 mPa.s) sahiptir. Konsantrasyon artışının genel olarak viskoziteyi artırdığı belirlenmiştir. Hem sıvı hem de toz aroma gruplarında %2 konsantrasyon uygulamaları, %1 konsantrasyona göre daha yüksek viskozite değerleri göstermiştir. Bu durumun, aroma ilavesiyle birlikte sistemdeki toplam kuru madde miktarının artmasına bağlı olarak akış direncinin yükselmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte ise tüm örneklerde viskozite değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu durumun, depolama boyunca yoğurt jel yapısının zayıflaması ve protein ağ sisteminde meydana gelen yapısal değişimlerin yanı sıra serum ayrılmasının artmasıyla ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir. Serum fazının yapıdan ayrılması, ürün matriksinin bütünlüğünü olumsuz etkileyerek viskozitenin düşmesine neden olmuş olabilir. 15. gün sonuçlarına göre en yüksek viskozite değeri yine %2 konsantrasyonda sıvı formda muz aroması uygulamasında (1918 mPa.s) elde edilmiştir. Bu sonuç, bu kombinasyonun depolama süresince viskoziteyi koruma açısından en avantajlı yapı olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, toz aroma uygulamalarında viskozite kaybının daha belirgin olduğu görülmektedir. Özellikle %1 konsantrasyonda toz formda çilek aroması ilaveli örneklerde viskozite değerinin 1248 mPa.s.'ye kadar düştüğü belirlenmiştir. Bu durum, toz aromaların ürün yapısındaki stabiliteyi zayıflatıcı etkiye sahip olduğu söylenebilir.

1. ve 15. gün sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, depolama süresinin viskozite üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir. Tüm örneklerde zamanla viskozite azalmakla birlikte, bu azalmanın düzeyi aroma formu ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Ayrıca depolama ile birlikte viskozite değerlerindeki azalmanın, protein matrisinin su tutma kapasitesinde meydana gelen azalmaya bağlı olarak serum ayrılmasının artması ve buna paralel olarak sistemin yapısal bütünlüğünün zayıflaması ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Sıvı aroma uygulamalarında viskozite kaybının daha sınırlı olduğu, buna karşın toz aroma içeren örneklerde daha yüksek oranda azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Özellikle düşük konsantrasyonlu toz aroma uygulamalarında yapısal stabilitenin daha hızlı bozulduğu dikkat çekmektedir.

Kara (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı bitki ilaveleri ile üretilen yoğurt örneklerinde depolama süresinin ilerlemesine bağlı olarak yapısal gevşeme meydana geldiği ve bunun sonucunda viskozitenin azaldığı rapor edilmiştir. Bu durum, mevcut çalışmada elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Meyveli yoğurtlar üzerine yapılan çalışmalarda viskozite değerlerinin geniş bir aralıkta değiştiği bildirilmektedir. Edebalı (2019) tarafından yürütülen çalışmada, farklı meyve aromaları kullanılarak üretilen yoğurtların viskozite değerlerinin 2717.50–4986.50 cP arasında değiştiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, Çayır (2007) tarafından kayısı püresi ilavesi ile üretilen yoğurtlarda viskozite değerlerinin 1617–2053 cP aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, aroma veya meyve ilavesinin ürünün reolojik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermekte olup, mevcut çalışmada farklı aroma formu ve konsantrasyonlarının viskoziteyi anlamlı şekilde değiştirmesi ile uyumludur. Diğer taraftan, Çelik ve ark. (2018) tarafından keçiyoynuzu pekmezi ilavesiyle üretilen yoğurtlarda viskozite değerlerinin oldukça yüksek aralıklarda (15578–17338 cP) olduğu bildirilmiştir. Bu durum, kullanılan katkı maddesinin türü ve yapısının viskozite üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Mazı (2019) tarafından yürütülen çalışmada kekik ilavesinin viskoziteyi artırdığı ve kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek viskozite değerleri elde edildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, mevcut çalışmada bazı aroma uygulamalarında (özellikle yüksek konsantrasyon ve uygun form kombinasyonlarında) viskozitenin artması ile örtüşmektedir. Ürün kompozisyonunun viskozite üzerindeki etkisi incelendiğinde, kuru madde ve protein içeriğinin önemli rol oynadığı bilinmektedir. Pekçalışkan ve ark. (2023), yoğurt örneklerinde kuru madde ve protein oranı arttıkça viskozite değerlerinin yükseldiğini, serum ayrılmasının ise azaldığını bildirmiştir. Kuru madde miktarının yoğurdun yapısal stabilitesi üzerinde önemli etkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Magenis ve ark. (2006) protein içeriği yüksek olan

yoğurtların daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğunu rapor etmiştir. Bu durum, mevcut çalışmada yüksek konsantrasyon uygulamalarında viskozitenin artması ile açıklanabilir; zira konsantrasyon artışı, sistemdeki toplam katı madde oranını yükselterek akış direncini artırmaktadır.



5.5 Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyonlarının (%1–2) yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş olup, elde edilen mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 5.5’te verilmiştir.

Çizelge 5.5 : Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Aroma Formu	Aroma Çeşidi	Konsantrasyon (%)	1. Gün		15. Gün	
			<i>E. coli</i> (kob/gr)	Küf ve Maya (kob/gr)	<i>E. coli</i> (kob/gr)	Küf ve Maya (kob/gr)
Sıvı	Çilek	1	TE	TE	TE	TE
		2	TE	TE	TE	TE
	Muz	1	TE	TE	TE	TE
		2	TE	TE	TE	TE
Toz	Çilek	1	TE	TE	TE	TE
		2	TE	TE	TE	TE
	Muz	1	TE	TE	TE	TE
		2	TE	TE	TE	TE

Aynı sütun içerisinde farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

*TE: Tespit edilmedi.

1. gün analiz sonuçlarına göre, tüm örneklerde koliform bakteri, *E. coli* ve küf-maya gelişimi tespit edilmemiştir (TE: tespit edilmedi). Bu durum, üretim sürecinde hijyenik koşulların sağlandığını ve kullanılan hammaddelerin mikrobiyolojik açıdan uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca aroma formu, çeşidi ve konsantrasyonunun başlangıç mikrobiyal yük üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Depolamanın 15. gününde gerçekleştirilen analizlerde de tüm örneklerde koliform bakteri, *E. coli* ve küf-maya varlığına rastlanmamıştır. Bu bulgu, ürünlerin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik açıdan stabil kaldığını ve kontaminasyon oluşmadığını göstermektedir.

1. ve 15. gün sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, depolama süresinin incelenen mikrobiyolojik parametreler üzerinde herhangi bir artışa neden olmadığı görülmektedir. Bu durum, ürünün üretim koşullarının yanı sıra formülasyon özelliklerinin de mikrobiyal gelişimi sınırlayıcı bir etki oluşturduğunu düşündürmektedir. Özellikle düşük pH değerleri ve ürünün asidik karakteri, patojen mikroorganizmaların gelişimini baskılayan önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca kullanılan aroma bileşenlerinin içeriğinde bulunabilen bazı doğal antimikrobiyal bileşiklerin de bu stabiliteye katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Özellikle çilek aromasında bulunan fenolik bileşikler, benzoik asit türevleri ve organik asitler ile muz aromasında yer alan izoamil asetat gibi bazı ester bileşiklerinin antimikrobiyal etki gösterebildiği bildirilmektedir.

Turgut ve ark. (2005) tarafından probiyotik yoğurtlara kuşburnu marmelatı ilave edilerek gerçekleştirilen çalışmada, 15 günlük depolama süresi boyunca küf ve maya gelişiminin gözlenmemesi, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumlu bulunmuştur. Benzer şekilde, Gürbüz (2016) tarafından ayva tozu ilaveli yoğurtlar üzerinde yapılan araştırmada da maya ve küf varlığına rastlanmamış olması, aroma veya bitkisel katkıların uygun koşullarda mikrobiyolojik açıdan güvenli ürün elde edilmesine olanak sağlayabileceğini göstermektedir. Farklı meyve bileşenlerinin kullanıldığı çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Matter ve ark. (2016), yoğurt örneklerine farklı oranlarda meyve posası ilave ederek yürüttükleri çalışmada, depolama süresince koliform, küf ve maya gelişimi tespit etmemiştir. Aynı şekilde Özbek (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da farklı depolama sürelerinde yapılan analizlerde *E. coli*, koliform ve küf-maya varlığına rastlanmamıştır. Bu bulgular, uygun hijyen koşulları ve düşük depolama sıcaklıklarının mikrobiyal gelişimi baskılayıcı etkisini desteklemektedir. Bununla birlikte literatürde bazı çalışmalar, özellikle depolama süresinin uzamasıyla birlikte küf ve maya gelişiminin ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Akbal (2013) tarafından yürütülen çalışmada, farklı oranlarda nane ve kekik ekstraktı ilavesinin pıhtısı kırılmış yoğurtların mikrobiyolojik özellikleri

üzerine etkisi incelenmiştir. Depolamanın 0., 10. ve 20. günlerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda koliform bakteri varlığına rastlanmamıştır. Bununla birlikte, depolama süresinin ilerlemesine bağlı olarak maya ve küf sayılarında artış gözlenmiştir; bu değerlerin 10. günde 1.62–1.83 log kob/g, 20. günde ise 3.30–4.43 log kob/g aralığına yükseldiği belirlenmiştir. Edebalı (2019), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, greyfurt, elma, nar ve böğürtlen aromaları kullanılarak meyveli yoğurt üretimi yapılmış ve elde edilen örnekler depolamanın 1, 7 ve 14. günlerinde mikrobiyolojik açıdan analiz edilmiştir. Bulgular, söz konusu yoğurt örneklerinde küf ve maya sayılarının 2.00–4.24 log kob/g aralığında değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Mazı (2019) tarafından yürütülen çalışmada ise depolamanın erken dönemlerinde küf ve maya gelişiminin gözlenmediği, ancak ileri depolama sürecinde bu mikroorganizmaların sayısında artış meydana geldiği belirlenmiştir. Aynı çalışmada kekik ilavesinin, içerdiği fenolik bileşikler (karvakrol ve timol) sayesinde antimikrobiyal etki göstererek küf ve maya gelişimini sınırladığı ifade edilmiştir. Bu durum, mevcut çalışmada kullanılan aroma bileşenlerinin içeriğinde bulunabilecek bazı fenolik bileşikler, organik asitler ve ester türevlerinin de mikrobiyal gelişimi baskılayıcı etkide bulunmuş olabileceğini düşündürmektedir. Mutlu (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da depolama süresi boyunca *E. coli* ve koliform bakterilere rastlanmazken, küf ve maya gelişiminin belirli seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, patojen bakterilerin asidik ortamda gelişiminin sınırlı olduğunu, buna karşılık maya ve küflerin uygun koşullarda gelişebildiğini göstermektedir. Koliform bakterilerin gelişimi açısından değerlendirildiğinde, bu mikroorganizmaların yüksek sıcaklıklarda laktoz fermentasyonu yapabilmesine rağmen, yoğurt gibi asidik ve düşük sıcaklıkta depolanan ortamlarda gelişimlerinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Ayrıca laktik asit bakterilerinin oluşturduğu rekabetçi ortam ve düşük pH koşulları, koliform bakterilerin çoğalmasını önemli ölçüde engellemektedir (Gürün, 2013). Bu durum, mevcut çalışmada koliform ve *E. coli* varlığının tespit edilmemesini açıklayan temel faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir.

5.6 SPME-GC-MS Yöntemi ile Aroma Profili Analiz Sonuçları

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve depolama süresinin yoğurt örneklerinin uçucu aroma bileşen profili üzerindeki etkileri SPME-GC-MS yöntemi ile incelenmiş olup, elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.6 : Yoğurt örneklerinin 1. gün SPME-GC-MS analiz sonuçları

Kimyasal Sınıf	Aroma Bileşenleri	1. Gün									
		Kontrol		Sıvı				Toz			
				%1 Çilek		%1 Muz		%2 Çilek		%2 Muz	
		RT	Area (%)	RT	Area (%)	RT	Area (%)	RT	Area (%)	RT	Area (%)
Esterler	İzoamil asetat	-	-	13.655	0.07	13.633	31.18			13.641	1.79
	cis-2-Hekzenil asetat	-	-	19.894	3.43	-	-	-	-	-	-
	trans-2-Hekzenil asetat	-	-	-	-	-	-	19.880	1.21	-	-
	cis-3-Hekzenil asetat	-	-	-	-	19.427	0.41	-	-	-	-
	4-Hekzenil asetat	-	-	19.441	1.00	-	-	19.430	1.68		
	Bütil asetat	-	-	12.167	0.86	12.157	0.15	-	-	-	-
	Hekzil asetat	-	-	18.145	0.53	-	-	18.131	6.05	-	-
	3-Metilbütil 2-metilbütanoat	-	-	-	-	18.292	0.22	-	-	-	-
	Hekzil 2-metilbütanoat	-	-	-	-	22.473	0.15	-	-	-	-
	Metil 2-metilbütanoat	-	-	10.389	8.43	10.379	0.09	10.380	1.33	10.378	0.55
	Etil 2-metilbütanoat	-	-	11.613	0.46	-	-	11.611	2.91	-	-
	cis-3-Hekzenil bütanoat	-	-	23.388	0.19	-	-	23.384	2.09	-	-
	İzoamil izovalerat	-	-	18.807	0.05	18.783	15.17	-		-	-
	Hekzil izovalerat	-	-	-	-	22.932	0.46	-	-	-	-
	Etil izovalerat	-	-	12.047	5.94	-	-	-	-	-	-
	3-Metilbütil izovalerat	-	-	-	-	17.964	42.30	-	-	-	-
	Etil bütanoat	11.137	1.29	11.155	21.24	11.133	0.39	11.132	4.25	11.129	1.13
	Hekzil bütanoat	-	-	-	-	-	-	22.163	1.64	-	-
	Metil bütanoat	-	-	9.733	0.67	-	-	9.734	2.36	-	-
	Etil asetat	7.415	1.96	7.417	1.62	7.410	0.14	7.410	1.61	7.417	1.89
	Etil hekzanoat	-	-	17.036	21.57	-	-	16.988	4.21	-	-
	Metil hekzanoat	-	-	15.625	6.31	-	-	15.599	5.85	-	-

	İzobütil asetat	-	-	-	-	10.460	0.06	-	-	-	-
	Metil izovalerat	-	-	10.637	0.02	-	-	-	-	-	-
	Metil propanoat	-	-	9.017	0.52	-	-	-	-	-	-
Ketonlar	(-)-Karvon	-	-	-	-	-	-	29.968	1.29	-	-
	Diasetil	9.479	1.17	-	-	-	-	9.475	0.43	-	-
	Metil etil keton	7.702	2.54	-	-	7.701	0.20	7.701	2.33	7.708	1.83
	5-Metil-2-heksanon	-	-	15.532	0.02	-	-	-	-	-	-
	2-Heptanon	15.539	2.72	-	-	15.519	1.63	15.524	0.76	15.521	0.83
	2-Nonanon	21.536	0.16	-	-	-	-	21.524	0.33	21.523	0.54
	2-Pentanon	9.544	0.88	-	-	-	-	9.549	0.81	9.475	0.58
	Diaseton alkol	-	-	21.534	0.07	-	-	-	-	-	-
	2-Tridekanon	-	-	-	-	21.521	0.02	-	-	-	-
	Sulkaton	-	-	-	-	20.076	0.98	-	-	-	-
	Asetoin	-	-	-	-	-	-	18.747	4.40	-	-
	Aseton	6.216	2.08	-	-	-	-	-	-	-	-
	Asetofenon	-	-	-	-	28.256	0.26	-	-	28.257	1.66
	Karvon	-	-	-	-	29.969	0.50	-	-	-	-
	D-Karvon	29.970	4.70	29.969	0.11	-	-	-	-	29.968	1.35
Alkoller	İzoamil alkol	-	-	-	-	-	-	16.293	0.60	16.286	1.86
	1-Heksanol	-	-	20.475	3.78	-	-	20.468	0.66	-	-
	3-Metil-2-bütanol	-	-	18.732	0.05	16.309	2.62	-	-	-	-
	trans-3-Hekzen-1-ol	-	-	21.407	19.73	21.383	2.67	21.380	2.00	-	-
	cis-3-Hekzen-1-ol	-	-	20.783	0.25	-	-	-	-	-	-
Karboksilik Asitler	Asetik asit	23.081	7.85	23.080	0.26	23.083	0.81	23.081	4.69	23.078	6.83
	Bütirik asit	27.415	6.10	-	-	27.416	0.45	27.415	3.38	27.413	4.37
	2-Metilbütanoik asit	-	-	28.321	0.34	-	-	-	-	-	-
	Heptanoik asit	-	-	-	-	-	-	-	-	31.484	6.50
	Kaproik asit	31.485	9.38	31.485	0.34	-	-	31.485	5.16	-	-
	2-Metilheksanoik asit	-	-	-	-	-	-	28.320	1.46	-	-
Aldehitler	Asetaldehit	5.032	3.22	-	-	-	-	5.024	0.97	5.037	2.04
	Benzaldehit	25.340	7.65	25.330	0.25	25.338	0.61	-	-	-	-
Terpenler	D-Limonen	-	-	-	-	15.922	0.09	-	-	-	-
	Alfa-terpineol	-	-	29.028	0.10	-	-	-	-	-	-
	Linalool	-	-	25.515	0.28	-	-	-	-	-	-

Çizelge 5.7 : Yoğurt örneklerinin 15. gün SPME-GC-MS analiz sonuçları

Kimyasal Sınıf	Aroma Bileşenleri	15. Gün									
		Kontrol		Sıvı				Toz			
				%1 Çilek		%1 Muz		%2 Çilek		%2 Muz	
		RT	Area (%)	RT	Area (%)	RT	Area (%)	RT	Area (%)	RT	Area (%)
Esterler	İzoamil asetat	13.623	1.06	13.669	0.07	13.617	13.75	-	-	13.610	1.23
	cis-2-Hekzenil asetat	-	-	19.893	4.26	-	-	15.536	0.56	-	-
	cis-3-Hekzenil asetat	-	-	19.440	1.29	19.423	0.33	-	-	-	-
	Bütil asetat	-	-	12.169	0.34	-	-	8.286	1.30	-	-
	Hekzil asetat	-	-	18.148	0.69	-	-	-	-	-	-
	Metil asetat	-	-	-	-	6.390	0.12	6.389	0.62	-	-
	Etil 2-metilbütanoat	-	-	11.611	0.16	-	-	-	-	-	-
	Hekzil 2-metilbütanoat	-	-	-	-	22.471	0.22	-	-	-	-
	Metil 2-metilbütanoat	10.378	1.19	10.381	0.86	-	-	-	-	-	-
	trans-3-Hekzenil bütanoat	-	-	23.385	0.26	-	-	-	-	-	-
	İzoamil izovalerat	-	-	-	-	18.781	7.06	-	-	-	-
	Etil izovalerat	12.037	0.66	12.049	2.61	-	-	-	-	-	-
	Hekzil izovalerat	-	-	-	-	22.929	0.55	-	-	-	-
	3-Metilbütil bütanoat	-	-	-	-	17.959	52.04	-	-	-	-
	Etil bütanoat	11.133	2.73	11.135	5.50	11.131	0.38	9.478	0.51	-	-
	Etil asetat	7.409	9.43	7.414	0.44	7.411	1.11	6.831	0.77	-	-
	Hekzil format	-	-	-	-	20.463	0.08	-	-	-	-
	Propil format	-	-	-	-	7.697	0.35	-	-	-	-
	4-Hekzen-1-il hekzanoat	-	-	18.045	0.04	-	-	-	-	-	-
	Etil hekzanoat	16.985	0.34	17.038	27.18	16.978	0.12	10.944	0.87	-	-
	Metil hekzanoat	15.592	0.43	15.631	6.08	-	-	-	-	-	-
	Hekzil asetat	-	-	-	-	-	-	11.610	0.62	-	-
	İzobütil asetat	-	-	-	-	-	-	-	-	12.160	0.96
	4-Metoksi-2-metilbütil izobütirat	-	-	-	-	-	-	-	-	12.279	1.10
	İzopentil asetat	-	-	-	-	-	-	11.133	2.48	-	-
	Oktanoik asit	-	-	-	-	-	-	23.077	3.07	-	-
	Etil oktanoat	-	-	-	-	-	-	15.623	3.84	-	-
	Etil pentanoat	-	-	-	-	12.036	0.09	-	-	-	-
	3-Metilbütil 2-metilpropanoat	-	-	17.963	0.05	-	-	-	-	-	-

	Etil propanoat	-	-	9.016	0.08	-	-	-	-	-	-
	3-Metilbütıl 2-metilpropanoat	-	-	-	-	-	-	-	-	17.930	0.57
Ketonlar	Diasetil	-	-	-	-	-	-	7.414	6.98	9.473	0.52
	Metil etil keton	-	-	-	-	-	-	6.995	22.53	7.698	6.70
	2-Heptanon	15.520	0.75	15.531	0.02	15.516	1.04	10.379	0.85	15.515	1.74
	2-Nonanon	-	-	-	-	-	-	17.010	3.74	21.515	0.44
	2-Pentanon	-	-	-	-	-	-	7.697	0.99	9.546	2.02
	Sulkaton	-	-	-	-	20.072	0.93	-	-	-	-
	Asetoin	18.743	5.86	18.726	0.09	-	-	13.663	0.85	-	-
	Aseton	-	-	6.224	0.14	-	-	-	-	-	-
	Asetofenon	-	-	-	-	-	-	19.029	0.96	-	-
	D-Karvon	-	-	-	-	-	-	20.394	0.29	-	-
Alkoller	İzoamil alkol	-	-	-	-	16.303	3.58	-	-	13.748	0.49
	1-Heksanol	-	-	20.472	6.12	-	-	-	-	-	-
	3-Metil-2-bütanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	trans-2-Hekzen-1-ol	-	-	21.533	0.18	-	-	-	-	-	-
	İzoprenol	17.544	0.55	-	-	17.553	0.06	-	-	17.551	0.56
	trans-3-Hekzen-1-ol	-	-	20.779	0.45	21.378	3.23	-	-	-	-
	cis-3-Hekzen-1-ol	-	-	-	-	-	-	16.273	0.94	-	-
	Benzil alkol	-	-	-	-	-	-	22.172	1.51	-	-
	Etanol	8.566	1.87	8.570	0.15	8,568	0.38	-	-	8.571	0.66
Karboksilik Asitler	Asetik asit	23.077	6.71	23.080	0.22	23.079	0.91	17.531	0.35	23.078	8.56
	Benzoik asit	-	-	-	-	-	-	24.413	0.84	-	-
	Bütirik asit	27.409	3.46	-	-	27.410	0.48	18.147	4.73	27.410	4.29
	2-Metilbütanoik asit	-	-	28.317	0.46	-	-	28.317	0.98	-	-
	İzovalerik asit	-	-	18.803	0.07	-	-	-	-	-	-
	Dekanoik asit	-	-	-	-	-	-	23.385	1.79	-	-
	Heptanoik asit	-	-	-	-	-	-	31.484	4.06	-	-
	Kaproik asit	31.482	4.74	31.483	0.47	31.483	0.48	21.527	0.27	31.482	6.44
	n-Dekanoik asit	-	-	-	-	-	-	24.176	0.99	-	-
	Nonanoik asit	-	-	27.427	0.24	-	-	-	-	-	-
	Oktanoik asit	-	-	-	-	-	-	23.077	3.07	-	-
Aldehitler	Benzaldehit	-	-	-	-	-	-	17.960	0.70	-	-
	Hekzanal	-	-	-	-	-	-	-	-	21.387	0.46
Terpenler	Alfa-pinen	-	-	-	-	-	-	-	-	10.708	0.83
	D-Limonen	-	-	16.032	0.06	15.923	0.09	-	-	-	-
	Gama-terpinen	-	-	-	-	-	-	-	-	14.345	0.75

Alfa-terpineol	-	-	29.025	0.16	-	-	19.439	1.15	-	-
Linalool	-	-	25.511	0.46	-	-	25.509	0.20	-	-

SPME-GC-MS analiz sonuçları, depolamanın 1. ve 15. günlerine ait veriler dikkate alınarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

➤ 1. gün analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Kontrol örneğine ait analiz sonuçları incelendiğinde, en yüksek yüzde alanına sahip ilk beş bileşiğin sırasıyla kaproik asit (%9.38), asetik asit (%7.85), benzaldehit (%7.65), bütirik asit (%6.10) ve D-karvon (%4.70) olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneğinde tespit edilen başlıca uçucu bileşiklerin kısa ve orta zincirli yağ asitleri ile organik asitlerden oluştuğu ve bu durumun yoğurda özgül fermentatif ve lipolitik reaksiyonların doğal bir sonucu olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerin dağılımı, sade yoğurdun karakteristik uçucu profilini yansıtmakta olup analiz sonuçlarının güvenilir bir referans matriks üzerinden elde edildiğini göstermektedir.

%1 sıvı çilek aromalı yoğurt örneğinde en yüksek alanlı ilk beş bileşik sırasıyla etil hekzanoat (%21.57), etil bütanoat (%21.24), trans-3-hekzen-1-ol (%19.73), metil 2-metilbütanoat (%8.43) ve metil hekzanoat (%6.31) olarak belirlenmiştir. Bu profil, esterce zengin ve meyvemsi bir yapı göstermekte olup çilek aroması için beklenen genel profil ile uyumludur. Özellikle etil/metil bütirat ve hekzanoat benzeri esterlerin yüksek oluşu çileğin meyvemsi üst notalarıyla uyumludur; ayrıca trans-3-hekzen-1-ol gibi C6 bileşikler taze/yeşil nota katkısı açısından anlamlıdır. 1. gün sıvı çilek aromalı yoğurt örneğinde belirlenen yüksek ester oranı, örneğin meyvemsi ve taze çilek benzeri aroma karakterinin oluşumunda etkili olmuştur.

%1 sıvı muz aromalı yoğurt örneğinde en yüksek yüzde alanına sahip ilk beş bileşik 3-metilbütül izovalerat (%42.30), izoamil asetat (%31.18), izoamil izovalerat (%15.17), trans-3-hekzen-1-ol (%2.67) ve 3-metil-2-bütanol (%2.62) şeklindedir. Bu sonuç, muz aromasının literatürde bildirilen ester ağırlıklı yapısıyla son derece iyi bir şekilde örtüşmektedir. Özellikle izoamil asetat ve izoamil bütirat benzeri esterlerin çok yüksek alan değerleri, muz karakterinin güçlü biçimde korunduğunu göstermektedir. Bu örnek, 1. gün içerisinde hedefaromayı en belirgin şekilde veren profil olarak öne çıkmaktadır. Söz konusu örnekte ester baskınlığının bu kadar yüksek olması, sıvı muz aromasının yoğurt matriksinde etkili biçimde salındığını düşündürmektedir.

%2 toz çilek aromalı yoğurtta en yüksek alanlı ilk beş bileşik hekzil asetat (%6.05), metil hekzanoat (%5.85), kaproik asit (%5.16), asetik asit (%4.69) ve asetoin (%4.40) olarak sıralanmıştır. Bu dağılımda çileğe özgü meyvemsi esterlerin varlığı tamamen kaybolmamış olsa da, profilin belirgin ölçüde yoğurt matriksi kaynaklı asit ve fermente süt bileşenleri lehine kaydığı görülmektedir. Hekzil asetat önemli bir meyvemsi katkı sağlasa da, sıvı çilek örneğindeki ester yoğunluğu ile kıyaslandığında toz örnek daha baskın görünmektedir. Bu nedenle 1. günde toz çilek formunun çileğe özgü meyvemsi karakteri sıvı forma kıyasla daha sınırlı düzeyde ortaya koyduğu düşünülmektedir.

%2 toz muz aromalı yoğurt örneğinde en yüksek yüzde alanına sahip ilk beş bileşik asetik asit (%6.83), heptanoik asit (%6.50), bütirik asit (%4.37), asetaldehit (%2.04) ve etil asetat (%1.89) olarak belirlenmiştir. Muzun temel karakteristik bileşikler olan izoamil asetat ve ilişkili esterler bu örnekte düşük düzeyde kalmış olup, profil daha çok yoğurt fermentasyon ürünleri ve ikincil bileşikler etrafında şekillenmiştir. Bu nedenle 1. günde toz muz formunun aroma karakterizasyonu, sıvı muz formuna göre belirgin derecede zayıftır.

1. gün analiz bulguları genel olarak incelendiğinde, hedef aroma profiliyle en yüksek düzeyde uyum gösteren örneğin sıvı formda muz aroması olduğu, bunu sıvı formda çilek aromasının izlediği belirlenmiştir. Buna karşılık, toz formdaki uygulamalarda karakteristik aromatik bileşenlerin göreceli yoğunluklarının azaldığı ve baskınlıklarının zayıfladığı gözlenmiştir.

➤ 15. gün analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Kontrol örneklerine ait analiz verileri değerlendirildiğinde, alan yüzdelere göre en yüksek düzeyde bulunan ilk beş bileşiğin etil asetat (%9.43), asetik asit (%6.71), asetoin (%5.86), kaproik asit (%4.74) ve bütirik asit (%3.46) olduğu saptanmıştır. Depolama süresi sonunda kontrol örneğinde ester bileşiklerinin, özellikle etil asetatın baskın hale gelmesi, yoğurt matriksinde esterifikasyon reaksiyonlarının ilerlediğini göstermektedir. Aynı zamanda serbest yağ asitlerinin azalması bileşiklerin dönüşüm süreçlerine katıldığını düşündürmektedir. Bu bulgular, depolama süresince yoğurt aroma profilinin dinamik bir değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

%1 sıvı çilek aromalı yoğurt örneğinde en yüksek alanlı ilk beş bileşik etil hekzanoat (%27.18), 1-heksanol (%6.12), metil hekzanoat (%6.08), etil bütanoat (%5.50) ve cis-2-hekzenil asetat (%4.26) olarak saptanmıştır. Bu profil, 15. günde de esterce zengin meyvemsi bir yapının sürdüğünü göstermektedir. Ayrıca 1-heksanol ve cis-2-hekzenil asetat gibi bileşikler, taze/yeşil ve meyvemsi karakteri destekleyen C6 türevleri olarak dikkat

çekmektedir. Ester ve C6 bileşiklerinin hala güçlü oluşu sıvı çilek formunun depolamada da aromatik süreklilik sağlayabildiğini düşündürmektedir.

%1 sıvı muz aromalı yoğurt örneğinde en yüksek yüzde alanına sahip ilk beş bileşik 3-metilbütil bütanoat (%52.04), izoamil asetat (%13.75), izoamil izovalerat (%7.06), izoamil alkol (%3.58) ve trans-3-hekzen-1-ol (%3.23) biçimindedir. Bu sonuç, 15. günde dahi sıvı muz örneğinin çok güçlü ve seçici bir muz profili koruduğunu açıkça göstermektedir. Isoamyl acetate ile birlikte 3-metilbütil bütanoat benzeri esterlerin çok yüksek düzeyde bulunması, muz aroması literatürüyle yüksek düzeyde örtüşmektedir. Başka bir ifade ile 15. günde hedef aroma karakterini en belirgin biçimde koruyan örnek yine sıvı muz formudur.

%2 toz çilek aromalı yoğurt örneğinde en yüksek alanlı ilk beş bileşik metil etil keton (%22.53), diasetil (%6.98), bütirik asit (%4.73), heptanoik asit (%4.06) ve etil oktanoat (%3.84) olarak belirlenmiştir. Bu profil, çileğe özgü meyvemsi esterlerden çok, yoğurt fermentasyonu ve matriks etkisine bağlı keton ve asitleri öne çıkarmaktadır. Yani depolama sonunda toz çilek formunda meyvemsi notaların göreceli etkisi azalmış, matriks kökenli profil baskın hale gelmiştir. Bu nedenle toz çilek formunun 15. günde aroma özgünlüğünü koruma kapasitesi sınırlı görünmektedir.

%2 toz muz aromalı yoğurt örneğinde en yüksek yüzde alanına sahip ilk beş bileşik asetik asit (%8.56), metil etil keton (%6.70), kaproik asit (%6.44), bütirik asit (%4.29) ve 2-pentanon (%2.02) olarak sıralanmıştır. Bu örnekte muz aroması profili daha çok yoğurt matriksinden beklenen asit ve ketonlar etrafında toplanmaktadır. Dolayısıyla toz muz formu, 15. günde hedef muz karakterini belirgin biçimde yansıtamamaktadır. Bu durum, toz forma geçişte ester salımının zayıflaması veya aromanın yoğurt matriksi içinde maskelenmesi ile açıklanabilir.

15. gün analiz sonuçları, sıvı aroma formlarının depolama süresince karakteristik uçucu bileşenleri koruma bakımından daha başarılı olduğunu göstermiştir. Bu durum özellikle sıvı muz aromalı örnekte belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Toz formlarda ise zamanla fermente süt matriksinin etkisi artmış ve aroma özgüllüğü zayıflamıştır. Depolamanın 15. gününde sıvı çilek örneğinde etil hekzanoat bileşiğinin oranı %27.18'e yükselirken, etil bütanoat içeriğinin %21.24'ten %5.50 seviyesine gerilediği belirlenmiştir. Benzer şekilde, sıvı muz örneğinde 3-metilbütil bütanoat oranında artış gözlenerek %52.04'e ulaştığı, buna karşın karakteristik aroma bileşenlerinden biri olan izoamil asetatın %31.18'den %13.75'e düştüğü tespit edilmiştir. Buna rağmen ester karakterinin genel olarak korunması, sıvı muz örneğinde depolama süresince muz aromasına özgü uçucu profilin devam ettiğini göstermektedir.

Toz çilek örneğinde depolamanın 15. gününde belirgin bir bileşen profili değişimi gözlenmiş; metil etil keton (%22.53) ve diasetil (%6.98) gibi keton bileşiklerinin baskın hale geldiği belirlenmiştir. Söz konusu artışın, oksidatif reaksiyonlar sonucu oluşan yeni bileşiklerin ortaya çıkması veya starter kültür aktivitesine bağlı metabolik dönüşümler ile ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir. Toz muz örneğinde ise asetik asit (%8.56) ve metil etil keton (%6.70) bileşiklerinin oranlarında artış tespit edilmiştir.

Genel anlamda sıvı ve toz formları değerlendirildiğinde çilek aromasında, sıvı form hem 1. günde hem 15. günde ester ağırlıklı ve meyvemsi profile daha yakındır. Toz formda ise özellikle 15. günde profil, ketonlar ve organik asitler lehine kaymakta; bu da çileğe özgü uçucu bileşiklerin ya baskılandığını ya da yeterince salınmadığını düşündürmektedir. Muz aromasında ise fark çok daha belirgindir: sıvı formda isoamyl acetate ve isoamyl butyrate benzeri esterler baskın düzeyde korunurken, toz formda bu esterler baskın olmaktan çıkmış, profil matriks kökenli asit ve ketonlara yönelmiştir. Bu nedenle toz forma geçişte, özellikle muz için kritik aromatik bileşiklerin yoğunluğunun belirgin biçimde azaldığı söylenebilir.

Çilek aromalı örneklerde en yüksek alanlı bileşiklerin önemli bir kısmının esterler ve C6 türevlerinden oluşması, çileğin meyvemsi-yeşil karakteriyle uyumludur. Ancak literatürde çileğin ayırt edici bileşenleri olarak sıkça vurgulanan furaneol ve mesifuran saptanmadığı için, bu çalışmada çilek karakteri daha çok etil/metil bütanoat-hekzanoat eksenine ve C6 alkol/esterleri üzerinden okunmaktadır. Bu durumun; ilgili bileşiklerin düşük konsantrasyonda bulunması, SPME-GC-MS koşullarında yeterince tespit edilememesi ve kullanılan doğal aromada ester karakterinin daha baskın olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Muz aromalı örneklerde ise izoamil asetat, 3-metilbütıl bütanoat ve ilişkili esterlerin özellikle sıvı formda çok yüksek alan değerlerine sahip olması, hedef muz profilinin güçlü biçimde yakalandığını göstermektedir. Bu nedenle aromatik özgülük bakımından muz örneklerinde doğrulama düzeyi, çilek örneklerine göre daha güçlü görünmektedir.

Yoğurt matriksi, özellikle organik asitler, ketonlar ve fermentasyon ürünleri bakımından zengin bir sistemdir. Bu nedenle aroma ilavesi sonrasında, matriksle etkileşime daha açık olan bileşiklerin göreceli görünürlüğü azalabilir. Mevcut verilerde sıvı formlar, özellikle de sıvı muz, hem 1. günde hem 15. günde hedef aroma esterlerini baskın biçimde gösterebildiğinden, yoğurt matriksinde daha yoğun ve daha stabil bir aroma profili sunduğunu düşündürmektedir. Toz formlarda ise aroma bileşenlerinin salımı daha sınırlı görünmekte ve depolama sonunda profil matriks kökenli uçucular lehine kaymaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma sonuçları toz formun her zaman daha iyi korunma anlamına

gelmediğini; aksine yoğurt gibi kompleks bir matrikste algılanabilir aroma profili açısından sıvı formun üstün olabileceğini göstermektedir.

Bu verilere göre en uygun kombinasyon sıvı formdaki muz aromasıdır. Bunun temel nedeni, hem 1. günde hem 15. günde muzun karakteristik esterlerinin çok yüksek alan değerleriyle korunmasıdır. İkinci sırada sıvı çilek aroması yer almaktadır; burada ester yoğunluğu ve C6 bileşikleri sayesinde çilek karakteri makul düzeyde izlenebilmiştir. Toz çilek orta düzeyde kabul edilebilir görünürken, toz muz hem başlangıçta hem depolama sonunda hedef aroma kimliğini en zayıf yansıtan formdur. Bu doğrultuda, incelenen koşullar altında yoğurt örneklerinde hem aroma yoğunluğu hem de stabilite açısından sıvı formun toz forma kıyasla daha üstün performans sergilediği; aroma türü bakımından ise muz aromasının çilek aromasına göre daha avantajlı bir profil ortaya koyduğu değerlendirilmektedir.

SPME-GC-MS analizleri sonucunda elde edilen uçucu bileşen profili, literatürde rapor edilen çalışmalarla karşılaştırıldığında önemli düzeyde benzerlikler göstermektedir. Özellikle kontrol grubu yoğurt örneklerinde tespit edilen temel uçucu bileşenler, daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda bulgularla örtüşmektedir. Nitekim Kara (2022) tarafından yürütülen çalışmada kontrol yoğurt örneklerinde belirlenen bileşenler arasında yer alan asetik asit, etil asetat, bütanoik asit, 2-heptanon ve 2-pentanon, bu çalışmada da tespit edilmiş olup, yoğurt matriksine özgü temel fermantasyon kaynaklı uçucuların benzer şekilde oluştuğunu göstermektedir. Bu durum, özellikle laktik asit fermantasyonu sürecinde meydana gelen metabolik faaliyetlerin farklı çalışmalarda benzer uçucu profil oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Çilek aroması açısından yapılan karşılaştırmalarda da benzer bir uyum dikkat çekmektedir. Karaçuhalılar (2025) tarafından çilek aroması içeren sistemlerde belirlenen heksanoik asit, bütanoik asit, D-limonen ve etil asetat bileşenlerinin bu çalışmada da tespit edilmesi, çilek aromasının oluşumunda bu bileşenlerin temel rol oynadığını destekler niteliktedir. Benzer şekilde Özgen (2010) tarafından doğal çilek aroması üzerine yürütülen çalışmada belirlenen geniş uçucu bileşen profili ile bu çalışmada elde edilen veriler arasında önemli örtüşmeler bulunmaktadır. Özellikle benzaldehit, linalool, bütanoik asit ve ester türevleri (metil bütanoat, etil bütanoat, bütıl asetat, metil hekzanoat) gibi bileşenlerin her iki çalışmada da bulunması, çilek aromasının karakteristik profilinin büyük ölçüde esterler, aromatik aldehytler ve terpen bileşenleri tarafından oluşturulduğunu göstermektedir. Ayrıca çilek meyvesine ait uçucu bileşenlerle yapılan karşılaştırmada da etil asetat, çeşitli bütirat esterleri, heksanoik asit türevleri, benzaldehit, 1-heksanol, izoamil alkol, diasetil, D-limonen

ve linalool gibi bileşenlerin ortak olarak belirlenmesi, elde edilen sonuçların doğal çilek aroması ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Çilek aromasının bileşen dağılımına ilişkin literatürde bildirilen bulgular da bu sonuçları destekler niteliktedir. Taze çilek meyvelerinde ester bileşiklerinin toplam aroma bileşenlerinin büyük bir kısmını oluşturduğu ve bu bileşiklerin meyvemsi ve çiçeksi karakterden sorumlu olduğu belirtilmektedir (Yılmaztekin ve ark., 2008). Bu çalışmada da ester bileşenlerinin yüksek oranda tespit edilmesi, elde edilen aroma profilinin literatürle uyumlu olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Balcı Torun (2019) tarafından aroma kapsülleme üzerine yapılan çalışmada hem çilek hem de muz aromalarına ait uçucu bileşenlerin depolama süresince değişimi incelenmiş ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarla önemli paralellikler saptanmıştır. Sıvı çilek aroması için bildirilen metil 2-metilbütanoat, etil bütanoat, etil izovalerat, etil hekzanoat, trans-3-hekzen-1-ol, trans-2-hekzen-1-ol ve 1-heksanol ve ilgili asetat türevleri bu çalışmada da belirlenmiş olup, sıvı muz aroması açısından değerlendirildiğinde ise etil asetat, etil bütanoat ve izoamil asetat ve diğer bütirat esterleri gibi bileşenlerin ortak olarak bulunması, muz aromasının karakteristik tatlı ve meyvemsi profilinin bu çalışmada da başarıyla yakalandığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, elde edilen SPME-GC-MS sonuçlarının hem fermente süt ürünlerine özgü temel uçucu bileşenler hem de çilek ve muz aromalarına karakter kazandıran spesifik bileşenler açısından literatürle yüksek düzeyde uyum gösterdiği söylenebilir. Bu benzerlikler, kullanılan aroma formülasyonlarının ve üretim koşullarının, hedeflenen aroma profilinin oluşumunda etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

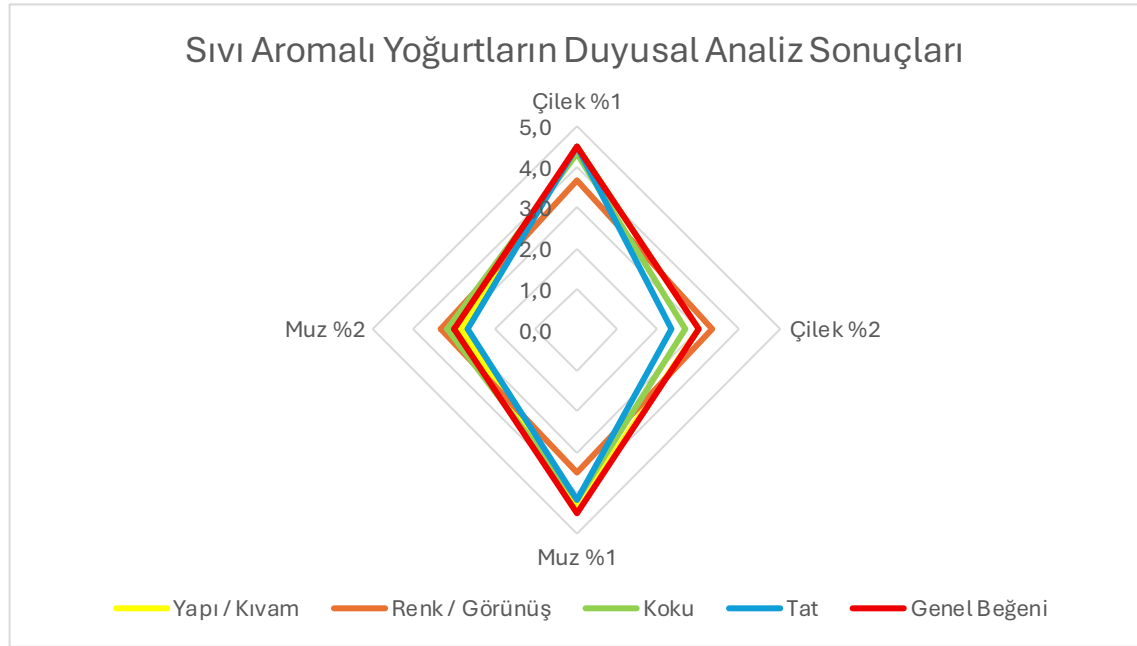
5.7 Duyusal Analiz Sonuçları

Farklı aroma formları (sıvı ve toz), aroma çeşitleri (çilek ve muz) ve konsantrasyonlarının (%1–2) yoğurt örneklerinin duyu özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiş olup, elde edilen duyu analiz sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

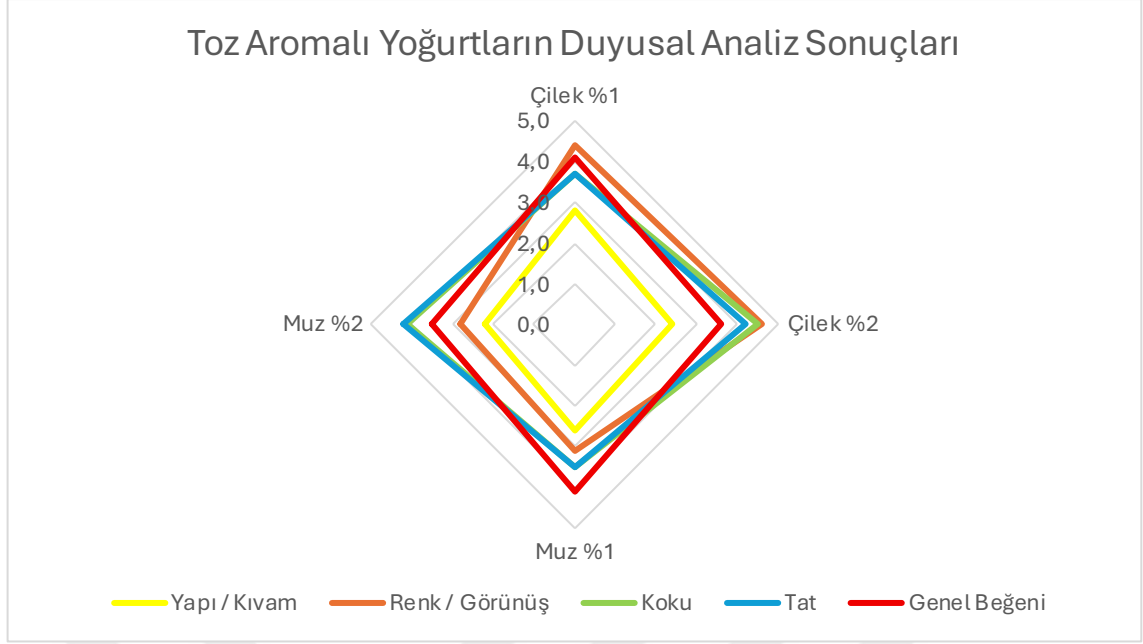
Çizelge 5.8 : Yoğurt örneklerinin duyu analiz sonuçları

Aroma Formu	Aroma Çeşidi	Konsantrasyon (%)	Yapı / Kıvam	Renk/Görünüş	Koku	Tat	Genel Beğeni
Kontrol			3.1±0.74 ^c	3.0±0.67 ^c	3.3±0.48 ^c	3.3±0.48 ^c	3.3±0.48 ^c
Sıvı	Çilek	1	4.5±0.53 ^a	3.6±0.52 ^b	4.6±0.52 ^a	4.6±0.52 ^a	4.5±0.53 ^a
		2	4.2±0.63 ^{ab}	3.5±0.53 ^b	2.6±0.52 ^d	2.3±0.48 ^d	2.8±0.42 ^d
	Muz	1	4.4±0.70 ^a	3.4±0.52 ^{bc}	4.3±0.67 ^a	4.4±0.52 ^a	4.3±0.48 ^a
		2	3.8±0.42 ^b	3.3±0.48 ^{bc}	2.7±0.48 ^d	2.5±0.53 ^d	2.7±0.48 ^d
Toz	Çilek	1	2.8±0.63 ^d	4.4±0.70 ^a	3.7±0.48 ^b	3.7±0.48 ^b	4.1±0.57 ^{ab}
		2	2.4±0.52 ^e	4.6±0.52 ^a	4.5±0.53 ^a	4.2±0.63 ^{ab}	3.6±0.52 ^b
	Muz	1	2.6±0.52 ^d	3.1±0.32 ^c	3.5±0.53 ^{bc}	3.5±0.53 ^{bc}	4.1±0.57 ^{ab}
		2	2.2±0.42 ^e	2.8±0.63 ^d	4.1±0.57 ^{ab}	4.2±0.79 ^{ab}	3.5±0.53 ^b

Aynı sütun içerisinde farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).



Şekil 5.8 : Sıvı aromalı yoğurtların duyu analiz sonuçları



Şekil 5.9 : Toz aromalı yoğurtların duyuusal analiz sonuçları

Duyusal analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, aroma formu, aroma çeşidi ve konsantrasyon düzeyinin yoğurt örneklerinin tüm duyuusal parametreleri üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Panelist değerlendirmeleri, özellikle aroma formu (sıvı/toz) ve konsantrasyon artışının ürünün kabul edilebilirliği üzerinde kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Yapı/kıvam açısından incelendiğinde, en yüksek puanların sıvı aroma içeren örneklerde elde edildiği belirlenmiştir. Özellikle %1 sıvı çilek (4.5) ve %1 sıvı muz (4.4) örnekleri istatistiksel olarak en yüksek grupta yer almıştır. Buna karşılık toz aroma ilavesi yapı/kıvam üzerinde olumsuz etki göstermiş, konsantrasyon arttıkça bu etkinin daha belirgin hale geldiği gözlenmiştir. %2 toz muz (2.2) ve %2 toz çilek (2.4) örnekleri en düşük kıvam puanlarını almıştır. Bu durum, toz formdaki aromaların yoğurt matriksinde su bağlama ve jel yapısını zayıflatma etkisi ile açıklanabilir. Renk/görünüş değerlendirmelerinde ise toz çilek aroması içeren örneklerin ön plana çıktığı görülmektedir. %1 ve %2 toz çilek örnekleri sırasıyla 4.4 ve 4.6 puan alarak en yüksek beğeni düzeyine ulaşmıştır. Bu durum, toz formdaki çilek aromasının ürüne daha yoğun ve doğal bir renk kazandırması ile ilişkilendirilebilir. Buna karşılık kontrol ve bazı sıvı aroma örneklerinin daha düşük puanlar aldığı dikkat çekmektedir.

Koku parametresi incelendiğinde, sıvı formdaki aromaların özellikle düşük konsantrasyonda daha başarılı olduğu görülmektedir. %1 sıvı çilek (4.6) ve %1 sıvı muz (4.3) örnekleri en yüksek koku puanlarını almıştır. Ancak konsantrasyon artışıyla birlikte

koku puanlarında belirgin bir düşüş gözlenmiştir (örneğin %2 sıvı çilek: 2.6). Bu durum, yüksek aroma konsantrasyonlarının aşırı ve dengesiz koku algısına neden olarak panelist beğenisini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Tat değerlendirmeleri de koku ile benzer bir eğilim göstermektedir. %1 sıvı çilek (4.6) ve %1 sıvı muz (4.4) örnekleri en yüksek tat puanlarını alırken, %2 konsantrasyona sahip sıvı örneklerde tat puanlarının önemli ölçüde düştüğü belirlenmiştir. Bu sonuç, optimum aroma konsantrasyonunun aşılması durumunda tat profilinin bozulduğunu ve aşırı yoğunluk nedeniyle istenmeyen duyuusal etkilerin ortaya çıktığını göstermektedir.

Genel beğeni açısından değerlendirildiğinde, en yüksek puanların %1 sıvı çilek (4.5) ve %1 sıvı muz (4.3) örneklerinde elde edildiği görülmektedir. Bu örnekler istatistiksel olarak en üst grupta yer almakta olup, hem aroma yoğunluğu hem de ürün dengesi açısından optimum seviyeyi temsil etmektedir. Buna karşılık yüksek konsantrasyona sahip sıvı aroma örnekleri (%2) genel beğeni açısından en düşük grupta yer almıştır. Toz aroma örnekleri ise genel olarak orta düzeyde beğeni almış, özellikle %1 toz çilek ve %1 toz muz örnekleri (4.1) kabul edilebilir düzeyde değerlendirilmiştir.

Genel olarak sonuçlar, düşük konsantrasyonda sıvı aroma kullanımının duyuusal kalite açısından en uygun seçenek olduğunu göstermektedir. Konsantrasyon artışı, özellikle sıvı aromalarda duyuusal özellikleri olumsuz etkilerken, toz aromalar renk avantajı sağlamasına rağmen yapı/kıvam üzerinde dezavantaj oluşturmuştur. Bu bulgular, aroma formu ve dozajının yoğurt ürünlerinde dengeli bir şekilde optimize edilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Tarakçı ve Küçüköner (2003) tarafından çeşitli meyveler ilave edilerek üretilen yoğurtlar üzerine yapılan araştırmada, duyuusal özellikler açısından örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı, ancak uzun süreli depolama sürecinde yoğurtların kıvam puanlarında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Buna karşılık, Aryana ve ark. (2006) çilek ilavesiyle üretilen yoğurtlar üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, depolama süresi boyunca ürün yapısının olumsuz yönde etkilenmediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca Ayar (2002), meyve ilaveli yoğurtların kıvam açısından kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek duyuusal puanlar aldığını belirtmiştir. Yasmin ve ark. (2022), portakal suyu ilaveli yoğurtlarda gerçekleştirilen duyuusal analizlerde %3 portakal suyu içeren örneklerin renk, aroma, ağız hissi, tat ve genel kabul açısından en yüksek puanları aldığını bildirmiştir. Meyve ilave oranının yoğurtların tekstürel ve duyuusal özellikleri üzerinde önemli etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çakmakçı ve ark. (2013), farklı meyve ilaveli yoğurt örneklerinde meyve katkısının renk özellikleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğunu bildirmiştir.

Araştırmada en yüksek renk ve genel beğeni puanlarının portakallı yoğurtlarda elde edildiği, muzlu örneklerin ise daha düşük renk değerleri gösterdiği bildirilmiştir. Kamber ve Harmankaya (2019), farklı meyve ilaveli yoğurtlarda gerçekleştirilen duysal analizlerde çilek ve muz aromalı örneklerin panelistler tarafından daha yüksek beğeni puanları aldığını bildirmiştir. Meyve çeşidinin özellikle renk, aroma ve genel kabul özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Janiaski ve ark. (2016), çilek aromalı yoğurtlarda gerçekleştirilen duysal analizlerde aroma, tat, kıvam ve genel kabul özelliklerinin tüketici tercihleri üzerinde önemli etkili olduğunu bildirmiştir. Özellikle aroma yoğunluğu ve kıvam özelliklerinin genel beğeniye artırdığı, bazı örnekler arasında ise istatistiksel olarak benzer duysal değerlendirmeler elde edildiği tespit edilmiştir.

Ayar (2002), tarafından meyve ilaveli yoğurtlar üzerine yapılan çalışmalarda, meyve katkısının genel olarak yoğurtların duysal kabul edilebilirliğini artırdığı, ancak koku puanları üzerindeki etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Öte yandan, meyveli yoğurtlara yönelik başka bir çalışmada, farklı meyve çeşitleri kullanılarak üretilen yoğurtlar arasında en yüksek koku puanının çilek ilaveli yoğurtlardan elde edildiği rapor edilmiştir (Öztürk ve Akyüz, 1995; Hurşit ve Temiz 1999). Elde edilen bulguların, mevcut çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Magalhaes ve ark. (2021), çilek aromalı yoğurtlarda gerçekleştirilen duysal analizlerde aroma, tat ve genel kabul özelliklerinin tüketici tercihinde belirleyici olduğunu bildirmiştir. Meyvemsi aroma karakteri daha belirgin olan örneklerin panelistler tarafından daha yüksek beğeni puanı aldığı saptanmıştır. Veljovic ve ark. (2025), farklı meyve ilaveli yoğurtlarda gerçekleştirilen duysal analizlerde meyveli örneklerin sade yoğurtlara kıyasla daha yüksek aroma ve genel kabul puanları aldığını bildirmiştir. Özellikle çilek ve ahududu içeren örneklerin tüketiciler tarafından daha fazla tercih edildiği görülmüştür. Gürlin (2013), tat ve aroma puanları değerlendirildiğinde, en yüksek puanın 6.76 ile çilek ilaveli yoğurt örneğinde belirlendiği, en düşük puanın ise 3.95 ile kekik ilaveli yoğurtta saptandığı tespit edilmiştir.

Ayar ve ark. (2005), yapmış oldukları çalışma sonucunda meyve ilaveli yoğurtların yüksek düzeyde kabul edilebilirlik göstermesinde, uygun tat ve aroma özelliklerinin yanı sıra kullanılan meyvenin kuru madde ve pektin içeriğinin yüksek olmasının da etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, yoğurtların duysal kabul edilebilirlik düzeylerinin uygulanan işleme yöntemleri ile kullanılan meyve türü ve diğer katkı maddelerine bağlı olarak farklılık gösterebildiğini bildirmişlerdir. Gomez ve ark. (2019), farklı yoğurt formülasyonlarında gerçekleştirilen duysal değerlendirmelerde tekstür, aroma

ve ağız hissindeki değişimlerin tüketicinin kabulünü doğrudan etkilediğini belirtmiştir. Daha homojen yapı ve dengeli aroma profilinin genel beğeniyi artırdığını belirtmişlerdir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, sıvı ve toz formda doğal çilek ve muz aromalarının farklı konsantrasyonlarda kullanılmasıyla üretilen yoğurtların fizikokimyasal, yapısal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, aroma formu, konsantrasyonu ve depolama süresinin ürün kalitesi üzerinde belirleyici olduğunu açıkça ortaya koymuştur.

Fizikokimyasal analiz sonuçları, aroma ilavesinin pH üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu (4.86–4.92), buna karşılık titrasyon asitliğinin konsantrasyon artışıyla birlikte yükseldiğini (%0.720–0.754) göstermiştir. Yağ (%3.5) ve protein (%4.000–4.045) değerlerinin ise büyük ölçüde sabit kaldığı belirlenmiştir. Kuru madde içeriğinin özellikle toz aroma kullanımında artış göstererek %17.60 seviyelerine ulaşması, bu formun ürün bileşimine doğrudan katkı sağladığını ortaya koymuştur. Serum ayrılması ve viskozite sonuçları, ürün stabilitesi açısından en kritik parametreler olarak öne çıkmıştır. Depolama süresi boyunca serum ayrılmasının artması (örneğin kontrol örneğinde %3.94'ten %6.90'a yükselmesi) ve viskozitenin azalması (2166 mPa·s'den 1367 mPa·s'ye düşmesi), yoğurt yapısında zamanla meydana gelen zayıflamayı göstermektedir. Bu değişimlerin aromalı örneklerde daha belirgin olması, özellikle toz aroma kullanımının su tutma kapasitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Duyusal analiz bulguları, ürün tercihinde belirleyici kriterlerin başında gelmektedir. Sıvı aromalı yoğurtlarda genel beğeni puanlarının 2.7–4.5 aralığında değişmesi ve %1 konsantrasyonlu örneklerin daha yüksek beğeni puanları alması, bu formülasyonun tüketici açısından daha dengeli bir tat, koku ve kıvam sunduğunu göstermektedir. Toz aromalı örneklerde ise genel beğeni

puanlarının 3.5–4.1 aralığında olduğu ve yine %1 konsantrasyonlu örneklerin panelistler tarafından daha olumlu değerdendirildiği belirlenmiştir.

Tüm bulgular birlikte değerdendirildiğinde, %1 konsantrasyonda sıvı aroma içeren yoğurt örneklerinin fizikokimyasal, duyuusal ve aromatik özellikler açısından daha dengeli bir profil sergilediği belirlenmiştir. Bu değerdendirme;

- Daha düşük serum ayrılması,
- Daha stabil viskozite yapısı,
- Daha dengeli aroma dağılımı,
- Daha yüksek duyuusal kabul düzeyi

gibi kriterlere dayanmaktadır.

Buna karşılık, toz aromalı yoğurtların özellikle yüksek kuru madde içeriği ve daha yoğun aroma profili sağlama açısından avantajlı olduğu, ancak bu avantajın ürün stabilitesi üzerindeki olumsuz etkilerle dengelenmesi gerektiği görölmüştür. Bu nedenle toz aromalı ürünlerin, kıvam arttırıcı veya stabilizatör destekli formölasyonlarla geliştirilmesi halinde endüstriyel açıdan alternatif bir ürün grubu oluşturabileceği değerdendirilmektedir.

SPME-GC-MS analiz sonuçları, aroma formunun uçucu bileşen profili üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu göstermiştir. Özellikle ester bileşiklerinin aromalı örneklerde artış göstermesi, meyvemsi karakterin güçlenmesine katkı sağlarken; depolama süresince

keton ve asit bileşiklerinde meydana gelen değişimler, aroma profilinin depolama koşullarına bağlı olarak değişebildiğini göstermiştir.

Sonuç olarak, aroma formu, konsantrasyonu ve depolama süresinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği; yalnızca duyu kaliteye değil, aynı zamanda ürün stabilitesine de odaklanan bütüncül bir formülasyon yaklaşımının gerekli olduğu anlaşılmıştır.

6.2 Öneriler

Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, hem endüstriyel uygulamalara hem de akademik çalışmalara katkı sağlayabilecek öneriler aşağıda sunulmuştur:

- Aromalı yoğurt üretiminde, sıvı aroma kullanımının özellikle %1 konsantrasyonda tercih edilmesi, ürün stabilitesi ve tüketici kabulü açısından uygun bir yaklaşım olarak önerilmektedir.
- Toz aroma kullanılan formülasyonlarda, serum ayrılmasının azaltılması ve viskozite stabilitesinin artırılması amacıyla, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği kapsamında kullanımına izin verilen stabilizatör ve yapı geliştirici bileşenlerin kullanımının değerlendirilmesi önerilmektedir.
- Endüstriyel üretim açısından, aroma formunun yalnızca duyu kaliteye değil, aynı zamanda raf ömrü ve fiziksel stabiliteye etkisinin de dikkate alınması, ürün geliştirme süreçlerinde önemli bir kriter olarak değerlendirilmelidir.
- Bu çalışmada kullanılan aroma formları doğrudan uygulanmış olup, gelecekte yapılacak çalışmalarda enkapsülasyon (mikrokapsülleme) tekniklerinin kullanılması, aroma stabilitesini artırarak hem uçucu kayıpları azaltabilir hem de kontrollü aroma salınımı sağlayabilir.
- Farklı starter kültür kombinasyonlarının kullanılması ile yoğurt yapısının güçlendirilmesi ve serum ayrılmasının azaltılması üzerine çalışmalar yapılabilir. Bu yaklaşım, özellikle depolama stabilitesinin iyileştirilmesine katkı sağlayabilir.
- Çalışma kapsamında sınırlı sayıda aroma türü kullanılmış olup, gelecekte farklı meyve aromaları, bitkisel aromalar ve fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmiş yoğurtların geliştirilmesi, ürün çeşitliliğini artırarak pazara yeni alternatifler sunabilir. Bunun yanı sıra, aroma sentezleme kapasitesine sahip starter veya yardımcı

kültür suşlarının yoğurt bakterileri ile birlikte kullanımının, ürünün doğal aroma profilinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

- SPME-GC-MS analizlerinin ileri düzey kantitatif tekniklerle desteklenmesi ve duyu analizi ile uçucu bileşenler arasındaki korelasyonun modellenmesi, aroma algısının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.
- Endüstriyel açıdan, doğal aroma kullanımının maliyet, tüketici algısı ve sürdürülebilirlik boyutlarının birlikte değerlendirilmesi, ürün geliştirme stratejilerinin daha etkin oluşturulmasına olanak sağlayacaktır.

Bununla birlikte, bu tez çalışmasına ilave olarak yapılabilecek araştırmaların;

- depolama süresinin daha uzun periyotlarda incelenmesi,
- farklı ambalajlama tekniklerinin ürün stabilitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması,
- fonksiyonel bileşenlerin (probiyotik, prebiyotik vb.) aroma ile birlikte kullanımının değerlendirilmesi

gibi konulara odaklanması, hem akademik literatüre katkı sağlayacak hem de süt ürünleri endüstrisine uygulanabilir çözümler sunacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma aromalı yoğurt üretiminde farklı form ve konsantrasyonlarda doğal aroma kullanımının yalnızca duyu kaliteyi değil, aynı zamanda ürünün fiziksel ve kimyasal stabilitesini de doğrudan etkilediğini göstermiştir. Elde edilen verilerin, daha dengeli, tüketici beklentilerine uygun ve endüstriyel açıdan sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acree, T. E., & Huntsman, S. D. (2006). Flavor of strawberry. In *Flavor chemistry: Principles and practice* (pp. 135–144).
- Açıkgözoğlu, B. (2008). *Antioksidanca zengin nar ve vişne konsantreleri kullanılarak hazırlanan meyveli yoğurtların bazı özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Açu, M. (2014). *Simbiyotik (sinbiyotik) ürünler ve insan sağlığı üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ahmad, R. S., Hussain, M. B., Sultan, M. T., Arshad, M. S., Waheed, M., & Shariati, M. A. (2022). Biochemistry, safety, pharmacological activities, and clinical applications of bioactive compounds in functional foods. *Food Science & Nutrition*, 10(2), 401–414.
- Akbal, Z. (2013). *Yoğurt üretiminde nane (Mentha species) ve kekik (Thymus vulgaris) ekstraktlarının kullanım olanaklarının araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Akın, N. (2006). *Modern yoğurt bilimi ve teknolojisi*.
- Akın, N., & Konar, A. (1999). İnek ve keçi sütünden üretilen meyveli ve aromalı yoğurtların bazı kalite özellikleri. *Gıda*, 24(3), 181–188.
- Ali, M., Khan, A., & Gupta, R. (2023). Effects of storage conditions on the aroma profile of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(5), 1342–1350.
- Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y. A., Mustafa, S., Yusof, R. M., & Hassan, F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1542–1553.
- Altuğ, T. (2007). *Gıda katkı maddeleri* (2. baskı). Meta Basım.
- Anonim. (1994). *Süt ve süt ürünleri—Toplam asitlik tayini (Soxhlet–Henkel yöntemi) (TS 1018)*. Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim. (2009). *Türk gıda kodeksi fermente süt ürünleri tebliği (Tebliğ No: 2009/25)*. T.C. Resmi Gazete.
- Anonim. (2017). *Türk gıda kodeksi çiğ süt ve ısıtılmış içme sütleri tebliği (Tebliğ No: 2017/20)*. T.C. Resmi Gazete.
- Anonim. (2017). *Türk gıda kodeksi süt ve süt ürünleri tebliği*. T.C. Resmî Gazete.
- Anonim. (2022). *Dairy market review: Overview of market and policy developments 2021*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/cc1189en/cc1189en.pdf>

- Antmen, F. M., & Ögenler, O.** (2018). Fitoöstrojenlerin sağlık üzerine etkileri. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11(2), 182–195.
- AOAC.** (2003). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.).
- Aromsa.** (2024). *Süt ve süt ürünleri*. <https://www.aromsa.com/sut-ve-sut-urunleri>
- Arvanitoyannis, I. S., & Houwelingen-Koukaliaroglou, M. van.** (2013). Functional foods: A survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 993–1015.
- Arvanitoyannis, I. S., & van Houwelingen Koukaliaroglou, M.** (2005). Functional foods: A survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(5), 385–404.
- Aryana, K. J., Barnes, H. T., Emmick, T. K., McGrew, P., & Moser, B.** (2006). Lutein is stable in strawberry yogurt and does not affect its characteristics. *Journal of Food Science*, 71(6), 467–472.
- Ayar, A.** (2002). Kızılıçık ilaveli meyveli yoğurtların kimyasal bileşimi ve duyu kalitesi üzerine bir araştırma. In *Türkiye 7. Gıda Kongresi bildirileri* (Cilt II, ss. 791–798).
- Ayar, A., Sert, D., & Kalyoncu, İ. H.** (2005). Farklı meyveler kullanılarak üretilen yoğurtların kimyasal, reolojik ve duyu özellikleri. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi*, 7(2), 11–19.
- Ayaz, R. M.** (2021). *Çam balının probiyotik bakteri canlılığı ve probiyotik yoğurtların bazı özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi, [Üniversite adı], Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı).
- Baines, D.** (2012). *Flavourings: Production, composition, applications, regulations* (2nd ed.).
- Balcı-Torun, F.** (2019). *Farklı enkapsülasyon yöntemleri kullanılarak elde edilen aroma kapsüllerinin depolama stabilitesinin ve gıda katkı maddesi olarak kullanımının araştırılması* (Doktora tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye.
- Baldwin, E. A., Bai, J., Plotto, A., & Dea, S.** (2018). Electronic noses and tongues: Applications for the food and pharmaceutical industries. *Sensors*, 11(5), 4744–4766.
- Barauskaite, D., Gineikiene, J., Fennis, B. M., Auruskeviciene, V., Yamaguchi, M., & Kondo, N.** (2018). Eating healthy to impress: How conspicuous consumption, perceived self-control motivation, and descriptive normative influence affect healthy food choices. *Appetite*, 131, 59–67.

- Barnes, D. L., Harper, S. J., Bodyfelt, F. W., & McDaniel, M. R.** (1991). Correlation of descriptive and consumer panel flavor ratings for commercial prestirred strawberry and lemon yogurts. *Journal of Dairy Science*, 74(5), 2089–2099.
- Bartoo, D. D., & Badrie, N.** (2005). Physicochemical, microbiological and sensory properties of stirred yoghurt containing apple pulp. *International Journal of Food Science & Technology*, 40(3), 311–319.
- Bayrak, A.** (2006). *Gıda aromaları* (Yayın No: 32).
- Baysal, T., & Elmacı, Y.** (2020). Yoğurt benzeri sütlü ürünlerde yağ içeriğinin aroma salınımı üzerine etkisi. *Gıda*, 45(4), 721–730.
- Becerra, M. O., Contreras, L. M., López-Malo, A., & Palou, E.** (2020). Carotenoids: Structure, function, and applications in food and nutrition. *Food Research International*, 137, 109593.
- Bech-Larsen, T., & Grunert, K. G.** (2003). The perceived healthiness of functional foods: A conjoint study of Danish, Finnish and American consumers' perception of functional foods. *Appetite*, 40(1), 9–14.
- Begum, N., Nagalakshmi, D., & Reddy, Y. R.** (2017). Probiotics: Health benefits and applications in food. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(3), 2329–2337.
- Berger, R. G.** (2009). Biotechnology of flavours—The next generation. *Biotechnology Letters*, 31, 1651–1659.
- Biberoğlu, Ö., & Ceylan, Z. G.** (2013). Geleneksel olarak üretilen yoğurtların bazı kimyasal özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(1), 43–51.
- Bigliardi, B., & Galati, F.** (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118–129.
- Bilici, S.** (2017). Probiyotikler ve sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 45(2), 123–130.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J., & Trout, G. M.** (1988). *The sensory evaluation of dairy products*.
- Boelrijk, A. E. M., van Boekel, M. A. J. S., & Luning, P. A.** (2006). Influence of fat content on flavour release from food matrices. *Food Chemistry*, 94(2), 226–233.
- Bozdoğan, A., & Canbaş, A.** (2006). Aroma bileşikleri ve şarap aroması üzerine etkileri. *Gıda*, 31(5), 289–296.
- Bölükbaşı, N.** (2006). *Gıda katkı maddeleri ve aroma maddeleri* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Bröring, S.** (2008). Innovation in functional food development: A conceptual framework. *Journal of Food Products Marketing*, 14(1), 51–65.
- Burdock, G. A.** (2010). *Fenaroli's handbook of flavor ingredients* (6th ed.).
- Cacot, P., Labbé, D., & Salles, C.** (2017). Impact of aroma compounds on food acceptance: A review. *Food Quality and Preference*, 62, 234–245.
- Calamari, L., Gobbi, L., Bani, P., & Minuti, A.** (2016). Influence of feeding and management on milk quality and acidity parameters in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4578–4589.
- Castro-Muñoz, R.** (2019). Membrane technologies for the production of natural aroma compounds: An overview. *Food Engineering Reviews*, 11(3), 136–147.
- CCFA.** (2008). *Report of the Codex Committee on Food Additives*.
- Cerit, İ.** (2015). *Fenolik bileşikler ve antioksidan özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi.
- Chen, E. H.** (1978). The relative contribution of Ehrlich and biosynthetic pathways to the formation of fusel alcohols. *Journal of the Institute of Brewing*, 84(2), 74–77.
- Chollet, M., Lelièvre-Desmas, M., & Salles, C.** (2013). The effect of sugar concentration on aroma perception and liking in flavored yogurts. *Food Quality and Preference*, 30(2), 124–131.
- Critchfield, J. W., van Hemert, S., Ash, M., Mulder, L., & Ashwood, P.** (2011). The potential role of probiotics in the management of childhood autism spectrum disorders. *Gastroenterology Research and Practice*, 2011, 161358.
- Cruz, A. G., Castro, W. F., & Faria, J. A. F.** (2012). Glucose oxidase: A potential option to decrease oxidative stress in stirred probiotic yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 47, 512–515.
- Csutak, O.** (2010). Prebiotics—A new approach in functional food. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology*, 34(2), 20–26.
- Çakıroğlu, P.** (2003). Yoğurdun besleyici ve sağlığı koruyucu etkisi. *Gıda*, 28(1), 101–104.
- Çakmakçı, S., & Çelik, Ş.** (2008). Meyve çeşidi ve muhafaza süresinin meyveli yoğurtların bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2), 397–406.
- Çakmakçı, S., Çelik, Ş., & Bakırcı, İ.** (2014). Meyve katkılı yoğurtların fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(1), 23–30.

- Çakmakçı, S., Türkoğlu, H., & Çağlar, A.** (1997). Meyve çeşidi ve muhafaza süresinin meyveli yoğurtların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3), 390–404.
- Çakmakçı, S., Türkoğlu, H., & Çağlar, A.** (2013). Meyve çeşidi ve muhafaza süresinin meyveli yoğurtların bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3), 390–404.
- Çayır, M. S.** (2007). *Probiyotik kültür kullanılarak üretilen kayısı katkılı yoğurtların bazı özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Çelik, S., Bakırcı, İ., & Şat, İ. G.** (2006). Physicochemical and organoleptic properties of yogurt with cornelian cherry paste. *International Journal of Food Properties*, 9, 401–408.
- Çelik, Ş., Ünver, N., Güç, B., & Ceylan, P.** (2018). Keçiyoynuzu pekmezi ilave edilerek üretilen meyveli yoğurdun bazı özellikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(2), 215–224.
- Çopur, Ö. U., Korukçuoğlu, M., & Dönmez, G.** (1994). Meyveli yoğurt üretiminde bazı stabilizer maddelerin kullanma olanakları üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10, 71–82.
- Dal, M.** (2016). *Meyveli yoğurt üretim teknikleri ve kalite özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Dal, Z.** (2016). *Kurutulmuş ve taze Trabzon hurması katkılı meyveli yoğurtların bazı özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Defilippi, B. G., Manríquez, D., Luengwilai, K., & González-Agüero, M.** (2009). Aroma volatiles: Biosynthesis and mechanisms of modulation during fruit ripening. *Advances in Botanical Research*, 50, 1–37.
- Dinçel, N.** (2012). *Fermente süt ürünleri ve yoğurt teknolojisi* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi.
- Edebali, E.** (2019). *Farklı meyve pulplarına tatlandırıcı olarak stevia ve sakkaroz katılması ile hazırlanan meyveli yoğurtların kalite özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- El Sohaimy, S. A.** (2012). Functional foods and nutraceuticals—Modern approach to food science. *World Applied Sciences Journal*, 20(5), 691–708.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., & Kotancılar, H. G.** (2003). *Süt ve mamulleri teknolojisi*.

- Elmas, S.** (2024). *Meyve çekirdek ekstraktları ilavesinin yağsız yoğurtların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Ender, G., Karahan, A. G., & Yıldız, F.** (2006). Fermente süt ürünleri ve üretim teknolojileri. *Gıda*, 31(6), 355–362.
- Erbaş, M.** (2006). Yeni bir gıda grubu olarak fonksiyonel gıdalar. *Türkiye*, 9, 24–26.
- Ergene, E., & Bingöl, E. B.** (2019). Diyet liflerin insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda*, 44(2), 312–321.
- Ergün, Ö., Bayraktar, N., & Bostan, K.** (1990). Piyasa yoğurtlarının kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri üzerine araştırmalar. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 20(3–4), 160–165.
- European Parliament and Council.** (2008). *Regulation (EC) No 1334/2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods*.
- FAO.** (2023). *Functional foods and their role in human health*.
- Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M.** (2018). Influence of probiotics, prebiotics, and synbiotics on the physicochemical and sensory properties of yogurt. *Food Science & Nutrition*, 6(2), 344–353.
- Fernandes-Garcia, E., & McGregor, J. U.** (1997). Influence of dietary fiber addition on the texture and sensory properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1365–1372.
- Fuquay, J. W., Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H.** (2011). *Encyclopedia of dairy sciences* (2nd ed.).
- Garcia-Gomez, B., Romero-Rodriguez, M. A., Vazquez-Oderiz, M. L., Munoz-Ferreiro, N., & Vazquez, M.** (2019). Sensory quality and consumer acceptance of skim yoghurt produced with transglutaminase at pilot plant scale. *International Journal of Dairy Technology*, 72(3), 388–397.
- Garipoğlu, M., Şanlier, N., & Yabancı Ayhan, N.** (2019). Fonksiyonel gıdalar ve sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(2), 85–95.
- Gedik, S.** (2016). *Antioksidan vitaminler ve fenolik bileşiklerin insan sağlığı üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi.
- Gonçalves, A., Estevinho, B. N., & Rocha, F.** (2018). Microencapsulation of flavors: A review. *Food Engineering Reviews*, 10(4), 299–312.
- González, S., Fernández, M., & de la Fuente, M.** (2019). Influence of aroma compounds on consumer preferences and product acceptance. *Food Quality and Preference*, 72, 186–194.

- Gök, I., & Ulu, E. K.** (2019). Functional foods in Turkey: Marketing, consumer awareness and regulatory aspects. *Nutrition & Food Science*, 49(4), 668–686.
- Gök, Z.** (2023). *Türkiye’de fonksiyonel gıdalara yönelik tüketici farkındalığı ve satın alma davranışları* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi.
- Gökırmaklı, Ç., & Bayram, M.** (2018). Fonksiyonel gıdaların gelişimi ve tüketim eğilimleri üzerine bir değerlendirme. *Gıda*, 43(5), 821–832.
- Guo, Y., Li, H., Zhao, X., Zhang, Y., Pang, X., Xie, N., & Zhang, S.** (2023). Changes in Maillard reaction products, volatile substances and active proteins of goat milk under different heat treatments. *International Dairy Journal*, 146, 105714.
- Gülbandılar, A., Dertli, E., & Çon, A. H.** (2017). Probiyotik bakterilerin sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(3), 286–296.
- Güleşci, N., & Aygöl, İ.** (2016). Fenolik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri. *Gıda*, 41(4), 299–306.
- Gürbüz, Z.** (2016). *Ayva çekirdeği jeli tozunun yoğurt üretiminde stabilizör olarak kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gürbüz, Z., Erkaya Kotan, T., Gürmeriç, H. E., & Şengül, M.** (2023). Piyasada satılan yoğurtların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve ADE-inhibitör aktivitelerinin belirlenmesi. *Gıda*, 48(6), 1366–1378.
- Gürlin, E.** (2013). *Sürülebilir nitelikleri yüksek meyve ve baharatlı yoğurt üretimi* (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Gürsoy, O.** (2015). *Fermente süt ürünleri ve yoğurt teknolojisi*.
- Güvenç, A., Kaplan, M., & Uğur, M.** (2002). Aroma bileşikleri ve gıda endüstrisindeki önemi. *Gıda*, 27(3), 215–220.
- Hashim, S.** (2001). Production and evaluation of date (*Phoenix dactylifera*) yoghurts. *Food Chemistry*, 72(1), 55–60.
- Herdem, A.** (2006). *Farklı yörelerden toplanan geleneksel yöntemle üretilen yoğurt örneklerinin bazı niteliklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Herdem, H.** (2006). *Farklı yoğurt örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi.

- Hernández, F., Barrera, J. A., & Melgarejo, P.** (2015). Volatile compounds in fruits: Influence on sensory perception and consumer preference. *Food Chemistry*, 174, 428–436.
- Hoffmann, E., & diğerleri.** (2010). Functional foods and consumer demand: The role of health awareness. *British Food Journal*, 112(1), 1–17.
- Huang, H., Liu, X., Zhao, Y., & Zhang, H.** (2020). Antimicrobial and antioxidant activities of natural aroma compounds in food systems. *Food Control*, 110, 107023.
- Hurşit, K., & Temiz, H.** (1999). Meyveli yoğurt üretim yöntemlerinin karşılaştırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3), 151–165.
- International Organization for Standardization.** (2001). *Microbiology of food and animal feeding stuffs—Horizontal method for the enumeration of β -glucuronidase-positive Escherichia coli—Part 2: Colony-count technique at 44°C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl β -D-glucuronide (ISO 16649-2:2001)*.
- International Organization for Standardization.** (2006). *Microbiology of food and animal feeding stuffs—Horizontal method for the enumeration of coliforms—Colony-count technique (ISO 4832:2006)*.
- IOFI.** (2012). *Code of practice for the labeling of flavorings*.
- Iwatani, S., & Yamamoto, N.** (2019). Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*, 8(2), 96–101.
- İşleten, M.** (2006). *Fermente süt ürünleri teknolojisi*.
- Janiaski, D. R., Pimentel, T. C., Cruz, A. G., & Prudêncio, S. H.** (2016). Strawberry flavor: Analysis of volatile compounds and sensory characteristics. *Food Research International*, 89, 565–571.
- Johnson, I. T., & Williamson, G.** (2003). Phytochemical functional foods. In I. T. Johnson & G. Williamson (Eds.), *Phytochemical functional foods* (pp. 1–22).
- Jones, P. J. H., & Abumweis, S. S.** (2009). Phytosterols as functional food ingredients: Linkages to cardiovascular disease and cancer. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 12(2), 147–151.
- Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., & Başer, K. H. C.** (2002). Aroma bileşikleri ve doğal aroma oluşumu üzerine bir değerlendirme. *Gıda*, 27(6), 451–458.
- Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., Kafkas, S., & Başer, K. H. C.** (2006). Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 100(3), 1229–1236.
- Kafkas, E., Kürkçüoğlu, M., Demirci, B., Başer, K. H. C., & Paydaş, S.** (2002). Osmanlı çileğinin taze ve dondurulmuş meyvelerinde aroma bileşiklerinin

belirlenmesi. In *14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı (BİHAT)* (29–31 Mayıs 2002, Eskişehir, Türkiye).

Kamber, U., & Harmankaya, M. (2019). *The effect of fruits to the characteristics of fruit yogurt*. *Food Science and Technology*, 39(1), 1–7.

Kamber, U., & Harmankaya, S. (2019). The effect of fruits to the characteristics of fruit yogurt. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(2), 495–502.

Kandırallı, E. (2014). *Karotenoidler ve insan sağlığı üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi.

Kara, T. (2022). *Yoğurt üretiminde probiyotik kültür ile baharat ve aromalarının kullanım olanakları* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karaağaç, S. (2010). *Tüketicilerin fonksiyonel gıdaları kullanmaya ve ödemeye razı olduğu miktarı etkileyen faktörler: Antalya ili örneği* (Yüksek lisans tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü.

Karaçuhallı, G. S. (2025). *Portakal kabuklarından pektin elde edilmesi ve pektinin doğal çilek aromasının emülsiyon yapısı formülasyonunda kullanılması ve model gıda matriksinde aroma stabilitesi ve salınımı üzerine etkisinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi.

Karaduman, A. (2011). *Fonksiyonel gıdalar ve tüketici algısı üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi.

Karagözlü, C. (1997). *Süt teknolojisi*.

Kaur, N., Chugh, V., & Gupta, A. K. (2012). Essential fatty acids as functional components of foods: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 1–10.

Kaur, S., & Sharma, S. (2019). Dietary fibre: Sources, properties and health benefits. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 747–756.

Kaya, Y., Tekin, A., & Aksoy, H. (2004). Omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda*, 29(6), 423–429.

Keskin, Y. (2023). *Fonksiyonel gıda pazarının küresel ve Türkiye'deki gelişimi üzerine bir değerlendirme* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi.

Khan, R. S., Grigor, J. V., Winger, R. J., & Win, A. (2013). Functional food product development—Opportunities and challenges for food manufacturers. *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), 27–37.

Khurana, H. K., & Kanawjia, S. K. (2007). Recent trends in development of fermented milks. *Current Nutrition & Food Science*, 3(1), 91–108.

- Kıyak, S., Şanher, N., & Güzel, S. (2014).** Diyet liflerin sınıflandırılması ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(1), 45–53.
- Köksal, A. İ., Güneş, N. T., & Dünder, Ö. (2011).** Çilek aroması ve uçucu bileşenleri üzerine bir değerlendirme. *Gıda*, 36(2), 123–130.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., & Çağlar, A. (2012).** *Süt ve mamulleri muayene ve analiz metotları rehberi* (8. baskı).
- Küster-Boluda, I., & Vidal-Capilla, I. (2017).** Consumer attitudes in the election of functional foods. *Food Research International*, 100, 618–624.
- Larsen, M., & Poll, L. (1992).** Odour thresholds of some important aroma compounds in strawberries. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 195(2), 120–123.
- Lattanzio, V., Lattanzio, V. M. T., & Cardinali, A. (2008).** Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. In *Phytochemistry: Advances in research* (pp. 661–697).
- li, A., & Rahut, D. B. (2019).** Healthy foods as proxy for functional foods: Consumers' awareness, perception, and demand for natural functional foods in Pakistan. *International Journal of Food Science*, 2019, 6390650.
- López, P., Sánchez, C., Batlle, R., & Nerín, C. (2016).** Development of flexible antimicrobial films using essential oils as active agents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2024–2029.
- López-Rubio, A., Gava, R., & Lagaron, J. M. (2013).** Bioactive packaging: Turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends in Food Science & Technology*, 34(2), 160–172.
- Magalhaes, M. O., & Cazal, M. M. (2021).** Sensory analysis and brand influence on yogurt acceptance. *Research, Society and Development*, 10(5).
- Magenis, R. B., Prudêncio, E. S., Amboni, R. D. M. C., Cerqueira Júnior, N. G., Oliveira, R. V. B., & Soldi, V. (2006).** Compositional and physical properties of yogurts manufactured from milk and whey concentrated by ultrafiltration. *International Journal of Dairy Technology*, 59(4), 269–275.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004).** Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747.
- Mark-Herbert, C. (2003).** Development of functional foods in Europe. *British Food Journal*, 105(10), 696–705.
- Matheis, G. (2007).** Production of natural flavour compounds by biotechnological processes. *Food Technology and Biotechnology*, 45(3), 243–250.

- Matter, A. A., Mahmoud, A. M. E., & Zidan, N. S.** (2016). Meyve aromalı yoğurt: Kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özellikler. *International Journal of Environmental and Agriculture Research (IJOEAR)*, 2(5).
- Mazi, M.** (2019). *Kekiğin yoğurt üretiminde kullanım potansiyelinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- McGee, H.** (2004). *On food and cooking: The science and lore of the kitchen*.
- Mutlu, M. D.** (2022). *Kızılcık meyvesi ilavesiyle yoğurdun bazı biyokimyasal özelliklerinin zenginleştirilmesi* (Yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nigar, N.** (2005). *Yoğurtlarda aroma maddelerinin duyu özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi.
- O'Hare, W. T., & Grigor, J.** (2005). Savoury flavours. In A. J. Taylor & R. S. T. Linforth (Eds.), *Food flavour technology* (pp. 290–315).
- Oğuz, M. A., & Çağmı, Ö.** (2017). Rheological, textural, color and physico-chemical properties of some yogurt products from the Spanish market. *Food and Environment Safety*, 16(2), 85–96.
- Ohloff, G.** (1972). *Riechstoffe und Geruchssinn: Die molekulare Welt der Düfte*.
- Okçu, Z.** (2007). *Türkiye'de süt ve süt ürünleri üretimi ve tüketim yapısı* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi.
- Oysun, G.** (1991). *Süt ürünlerinde analiz yöntemleri* (Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 504).
- Oysun, G.** (1996). *Süt ve süt ürünlerinde analiz yöntemleri*.
- Öğünç, E., & Yalçın, H.** (2011). Sütün beslenmedeki önemi ve fonksiyonel özellikleri. *Gıda*, 36(3), 177–184.
- Önay Derin, D., & Keskin, Ş.** (2013). Probiyotikler ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 43(3), 113–120.
- Özbek, B.** (2023). *Ticari kültür ve doğal izolatlardan üretilen yoğurtların aroma profillerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özcan, T., & Kurtuldu, O.** (2014). Prebiyotikler ve gıda endüstrisindeki kullanım alanları. *Gıda*, 39(2), 121–128.
- Özdemir, M., & Balci, F.** (2021). Aroma bileşenleri ve gıdalardaki rolü üzerine bir değerlendirme. *Gıda*, 46(3), 512–523.

- Özgen, S.** (2010). *Çilek meyvesinden doğal aroma bileşenlerinin katı faz ekstraksiyon (KFE) sistemleriyle elde edilmesi ve karakterizasyonu* (Yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkan Özdemir, P., Karaman, S., & Yılmaz, M. T.** (2009). Fonksiyonel gıdalara yönelik tüketici eğilimleri üzerine bir araştırma. *Gıda*, 34(6), 343–350.
- Öztürk, S., & Akyüz, N.** (1995). Farklı meyve katkılarının yoğurtların duyu özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 20(5), 325–330.
- Öztürk, S., & Akyüz, N.** (1995). Meyveli yoğurtların bazı fiziksel, kimyasal ve duyu özellikleri üzerine bir araştırma. *Gıda*, 20(4), 245–252.
- Pérez, A. G., Sanz, C., Olias, R., & Olias, J. M.** (1992). Effect of storage conditions on strawberry aroma compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(12), 2232–2235.
- Rahman, M. T., Zubair, M. A., Shima, K., & Chakma, M. P.** (2020). Development of quality parameters for yogurt with strawberry juice. *Food and Nutrition Sciences*, 11(12), 1070–1077.
- Rahman, S. M. R., Rashid, M. H., Islam, M. N., Hassan, M. N., & Hassan, S.** (2001). Utilization of jackfruit juice in the manufacture of yogurt. *Online Journal of Biological Sciences*, 1(9), 880–882.
- Raines, D. A.** (2012). *Natural flavorings: Production and applications*.
- Ramesh, M. N., & diğerleri.** (2018). Artificial flavoring agents: Sources, synthesis, and applications in food industry. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2345–2354.
- Rao, M. A.** (2014). *Rheology of fluid, semisolid, and solid foods: Principles and applications* (3rd ed.).
- Reineccius, G.** (2006). *Flavour chemistry and technology*.
- Roberfroid, M. B.** (2000). Prebiotics and probiotics: Are they functional foods? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6), 1682S–1687S.
- Rojas, M. L., Gerschenson, L. N., & Rojas, A. M.** (2000). Influence of sugar concentration on sensory properties of fruit yogurt. *Journal of Food Science*, 65(7), 1242–1246.
- Ruiz, L., Margolles, A., & Sánchez, B.** (2015). Bile resistance mechanisms in *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1–8.
- Saerens, S. M. G., Delvaux, F. R., Verstrepen, K. J., & Thevelein, J. M.** (2010). Production and biological function of volatile esters in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Biotechnology*, 3(2), 165–177.

- Saldamlı, I., & Babacan, H.** (1996). Şeker pancarı ve çilek lifi ilavesi ile yoğurt üretimi ve bazı özellikleri. *Gıda*, 21(2), 109–115.
- Salles, C.** (2006). Odour release from complex food matrices. *Trends in Food Science & Technology*, 17(9), 495–502.
- Santos-Buelga, C., González-Paramás, A. M., & Oludemi, T.** (2019). Phenolic compounds: Structure, classification, and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 299, 125131.
- Sanz, C., Olias, J. M., & Pérez, A. G.** (1995). Aroma biochemistry of fruits and vegetables. *Food Reviews International*, 11(2), 163–195.
- Sarkar, S.** (2007). Potential of prebiotics as functional foods. *Food Reviews International*, 23(3), 239–254.
- Say, D., Güzeler, N., & Kaçar, A.** (2009). Aroma ilavesinin fermente süt ürünlerinin duyuusal özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 34(5), 285–292.
- Schieberle, P.** (2006). Recent developments in methods for analysis of flavor compounds and their precursors. *Food Reviews International*, 22(2), 131–149.
- Schieberle, P.** (2015). Advances in aroma compound analysis and their application in food quality assessment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(4), 1145–1154.
- Schreier, P.** (1980). Quantitative composition of volatile constituents in strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(4), 802–804.
- Sezen, A. G.** (2013). Prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotiklerin insan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(3), 248–258.
- Shah, N. P.** (2007). Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*, 17(11), 1262–1277.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A.** (2008). Functional food: Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51(3), 456–467.
- Srisuvor, N., Chinprahast, N., Prakitchaiwattana, C., & Subhimaros, S.** (2013). Effects of fruit addition on physicochemical and sensory properties of yogurt. *International Journal of Food Properties*, 16(5), 1087–1100.
- Şahan, N., Yaşar, K., & Hayaloğlu, A. A.** (1999). Physical, chemical and sensory properties of yoghurt made from different milk sources. *Food Chemistry*, 65(4), 435–441.
- Şanlı, T., Atamer, M., & Yetişmeyen, A.** (2011). Ayran üretimi ve kalite özellikleri üzerine bir değerlendirme. *Gıda*, 36(4), 233–240.

- Tamime, A. Y., Kalab, M., Davies, G., & Robinson, R. K.** (1996). Microstructure and firmness of stirred yoghurt as affected by added milk protein concentrates. *International Dairy Journal*, 6(5), 531–546.
- Tangüler, H.** (2010). *Aroma maddeleri ve gıdalardaki önemi* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Tarakçı, Z.** (2003). Vişne ve üzüm pekmezi ilaveli yoğurtların bazı özellikleri üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), 125–130.
- Tarakçı, Z.** (2010). Influence of kiwi marmalade on the rheological characteristics, color values and sensorial acceptability of fruit yogurt. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16, 173–178.
- Tarakçı, Z., & Küçüköner, E.** (2003). Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit-flavored yoghurt. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(2), 10–14.
- Taşdemir, E.** (2017). *Prebiyotik bileşenlerin gıdalarda kullanımı ve sağlık üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi.
- Tay, S.** (2013). *Biyodönüşüm yoluyla doğal muz aroması üretiminde “yerinde ürün kazanımı” tekniğinin kullanımı* (Yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi.
- Tekinşen, O. C.** (2000). *Süt ürünleri teknolojisi*. Selçuk Üniversitesi Basımevi.
- Tekirdağ Tarım ve Orman Bakanlığı.** (2014). *Aroma vericiler ve gıda katkı maddeleri mevzuatı*.
- Tekün, A.** (2015). *Esansiyel yağ asitlerinin insan sağlığı üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi.
- Torres, S., Baigori, M. D., Swathsitang, P., & Valdez, G. F.** (2009). Production of isoamyl acetate by yeasts: Mechanisms and applications. *Process Biochemistry*, 44(9), 1016–1020.
- Turgut, T., Çetin, B., Erdoğan, A., & Gürses, M.** (2005). Some microbiological characteristics of rose hip yoghurt inoculated with *Lactobacillus acidophilus* DSMZ 20079. *Acta Horticulturae*, 690, 299–302.
- Türkoğlu, H., Atasoy, F., & Özer, B.** (2003). Şanlıurfa ilinde üretilen ve satışa sunulan süt, yoğurt ve Urfa peynirlerinin bazı kimyasal özellikleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3–4), 69–76.
- Uzdil, Z., Özen, B., & Korkmaz, A.** (2017). Beslenme alışkanlıkları ve kronik hastalıklar arasındaki ilişki. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 45(3), 210–218.
- Üçüncü, M.** (2015). *Süt ve mamulleri teknolojisi*.

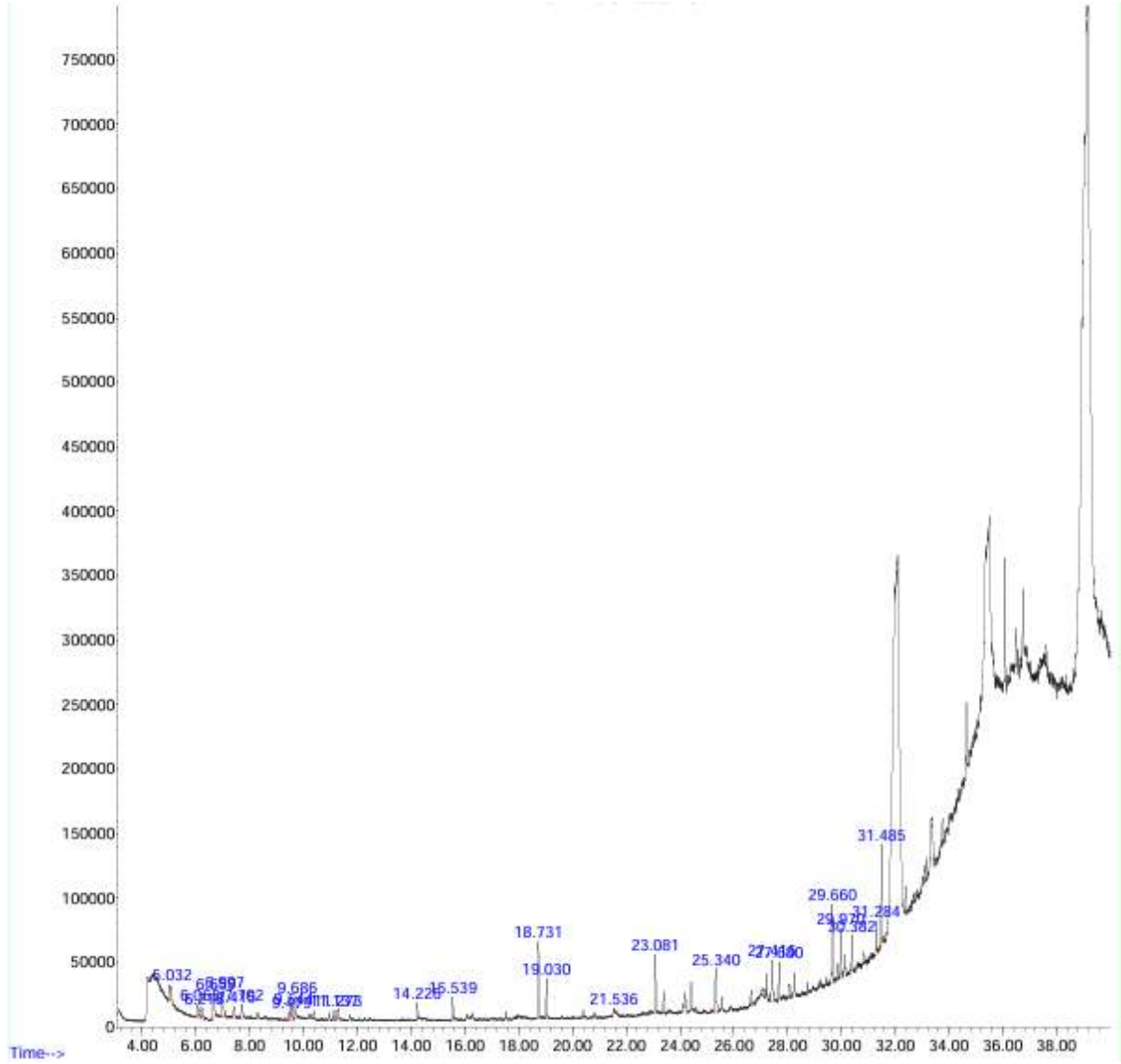
- Vandamme, E. J.** (2003). Production of flavor compounds by microorganisms. *Food Technology and Biotechnology*, 41(2), 97–112.
- Vandamme, E., & Soetaert, W.** (2002). Bioflavours and fragrances via fermentation and biocatalysis. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77, 1323–1332.
- Veljovic, S., Vukolic, D., & Gajic, T.** (2025). The impact of fruits on the sensory acceptability of yogurt among Generation Z. *Acta Agriculturae Serbica*, 30(59), 9–19.
- Voilley, A., & Souchon, I.** (2006). Flavour retention and release from the food matrix: An overview. *Food Reviews International*, 22(2), 127–150.
- Yasmin, S., Shaheen, G., Rani, D., Roy, C., Akhter, M. J., Shakil, M., & Sohany, M.** (2022). Physicochemical and sensory characteristics of orange juice supplemented yogurt. *Fundamental and Applied Agriculture*, 7(1), 1–10.
- Yaygın, H.** (1999). *Yoğurt teknolojisi*.
- Yedikardaş, A.** (2010). *Aroma ve şeker ilavesinin yoğurtların duyuşal özellikleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi.
- Yılmaz, H., & Çelik, S.** (2024). Doğal aroma maddelerine yönelik tüketici eğilimleri ve gıda endüstrisindeki yeri. *Gıda*, 49(1), 45–56.
- Yılmaztekin, M.** (2009). Aroma bileşenlerinin gıdalardaki önemi ve oluşum mekanizmaları. *Gıda*, 34(4), 245–252.
- Yılmaztekin, M., Cabaroğlu, T., & Erten, H.** (2008). Biyoteknolojik yollarla aroma maddelerinin üretimi. *Gıda*, 33(1), 35–41.
- Yiğit, V., Doğan, İ. S., & Şanlier, N.** (2018). Fonksiyonel gıdalar ve tüketici algısı üzerine bir değerlendirme. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 46(1), 45–52.
- Zabetakis, I., & Holden, M. A.** (1997). Strawberry flavour: Analysis and biosynthesis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(4), 421–434.
- Zhang, L., Li, N., Caicedo, R., & Neu, J.** (2015). Alive and dead *Lactobacillus rhamnosus* GG decrease tumor necrosis factor- α -induced interleukin-8 production in Caco-2 cells. *Journal of Nutrition*, 135(7), 1752–1756.
- Zhang, Y. C., Lin, Q. B., Zhong, H. N., & Zeng, Y.** (2022). Identification and source analysis of volatile flavor compounds in paper packaged yogurt by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. *Food Packaging and Shelf Life*, 34, 100947.
- Zuidam, N. J., & Heinrich, E. (Eds.).** (2010). *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*.

Zulueta, A., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2009). Antioxidant capacity of milk and dairy products. *Food Chemistry*, 117(2), 319–325.

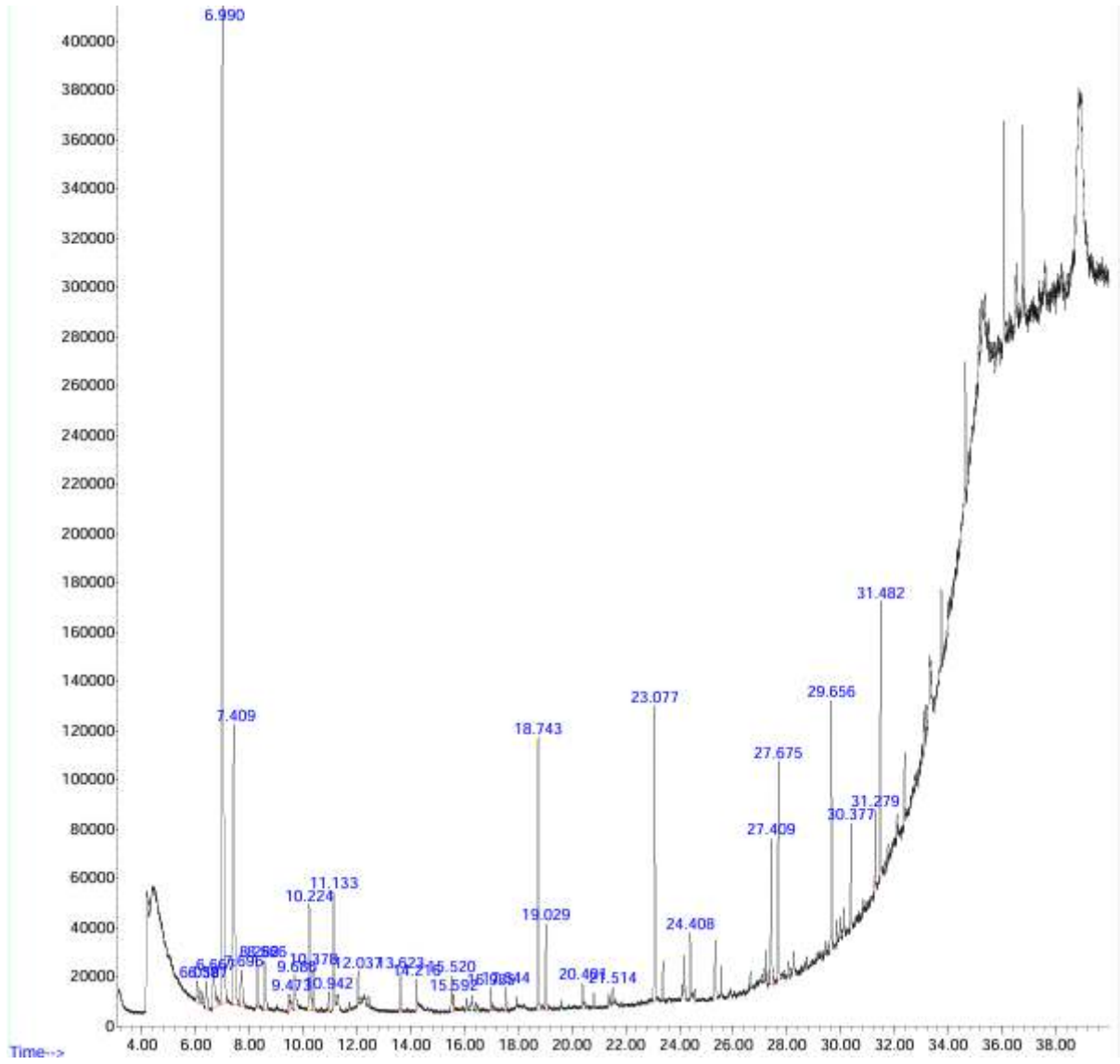


EKLER

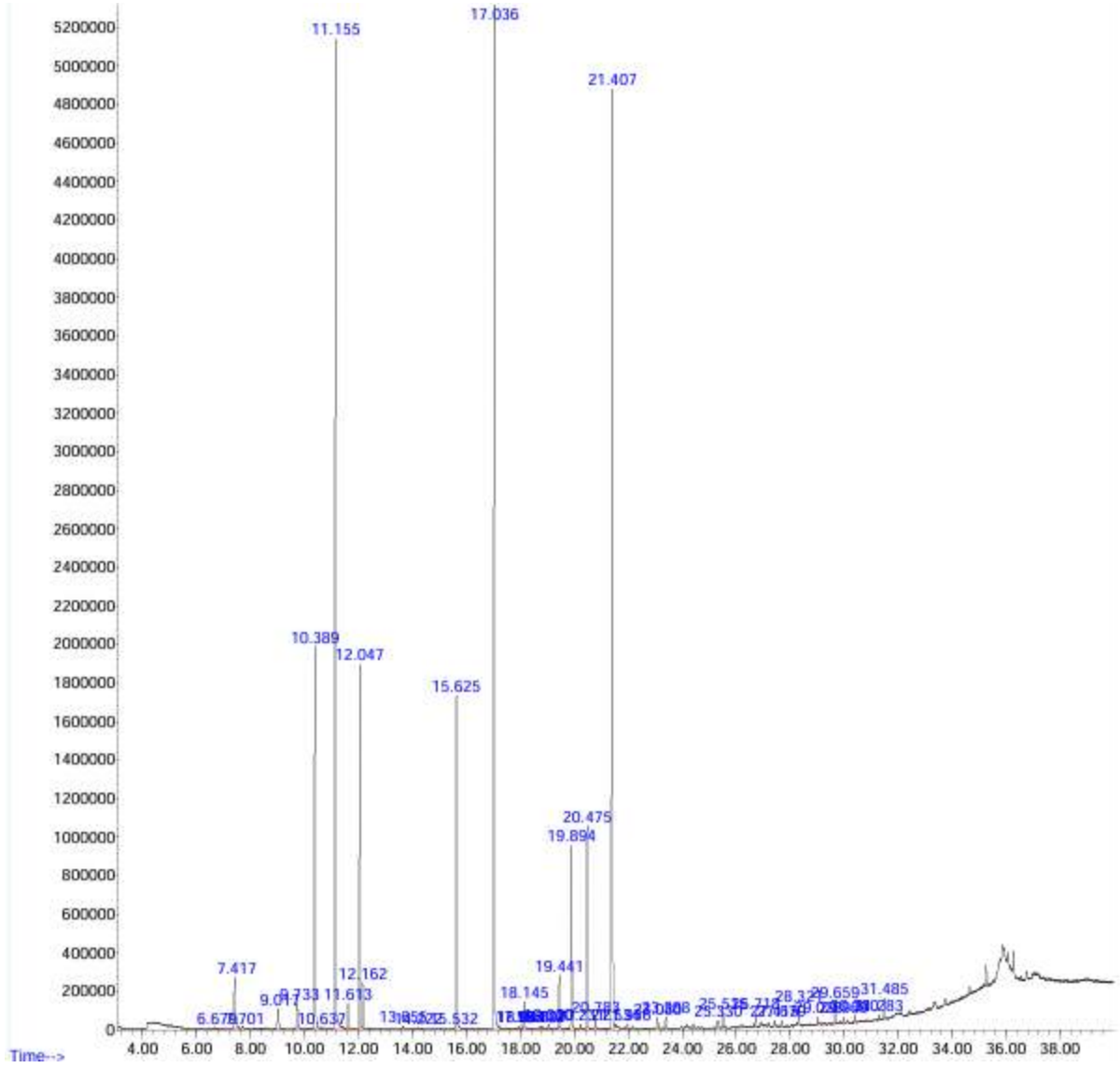
EK-1: Kontrol örneği 1. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



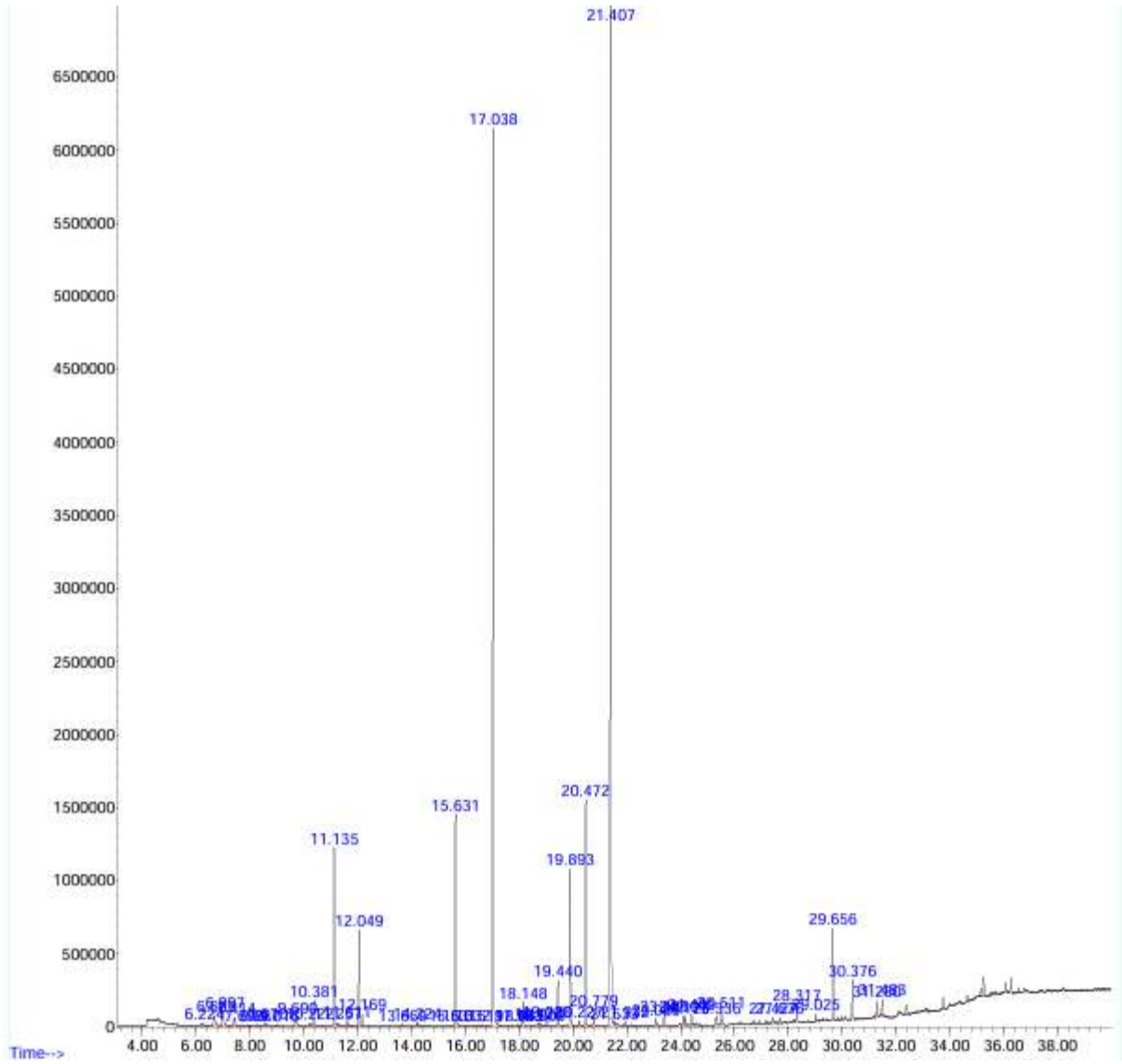
EK-2: Kontrol örneği 15. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



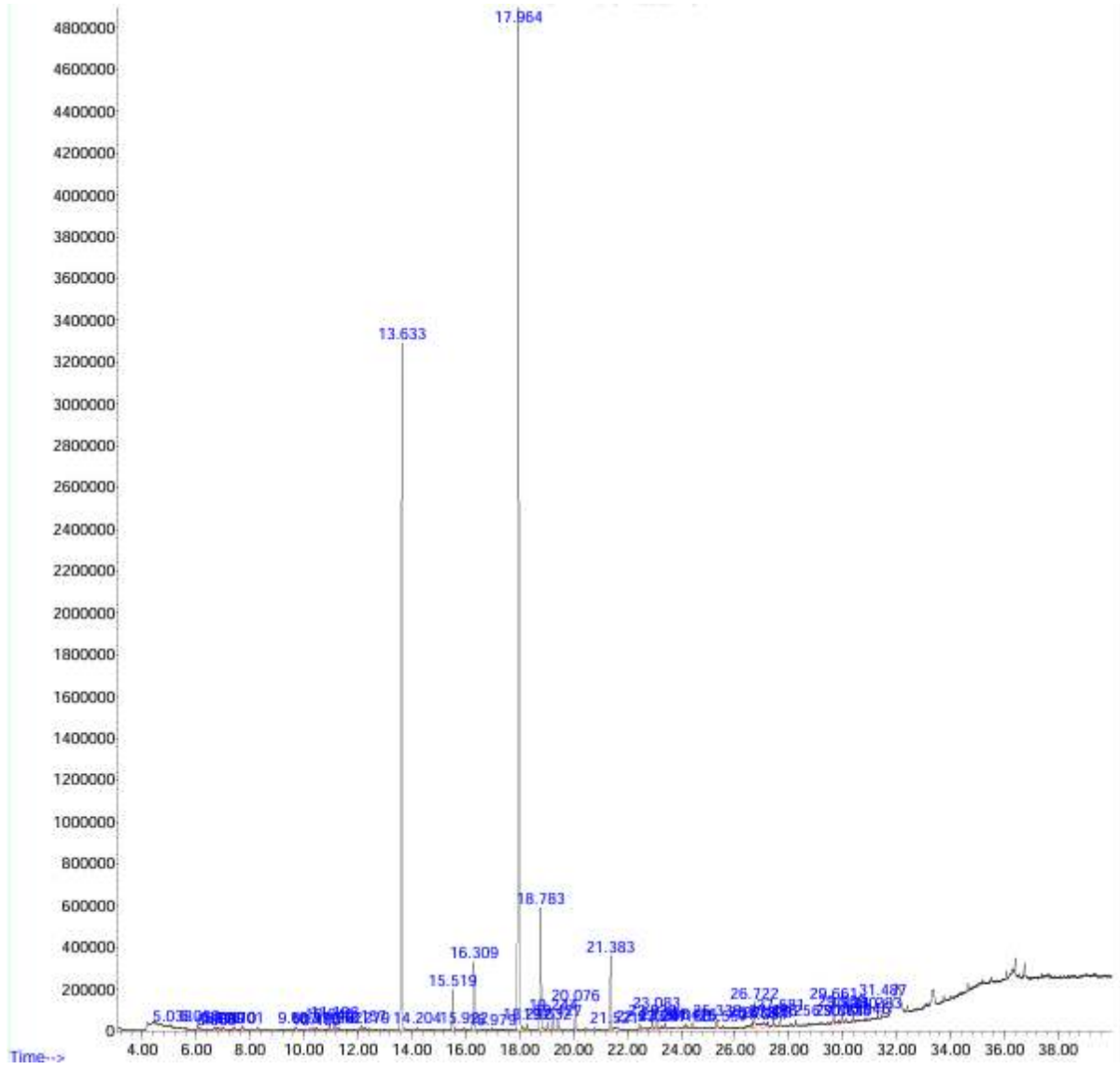
EK-3: %1 Sıvı çilek aromalı yoğurt örneği 1. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



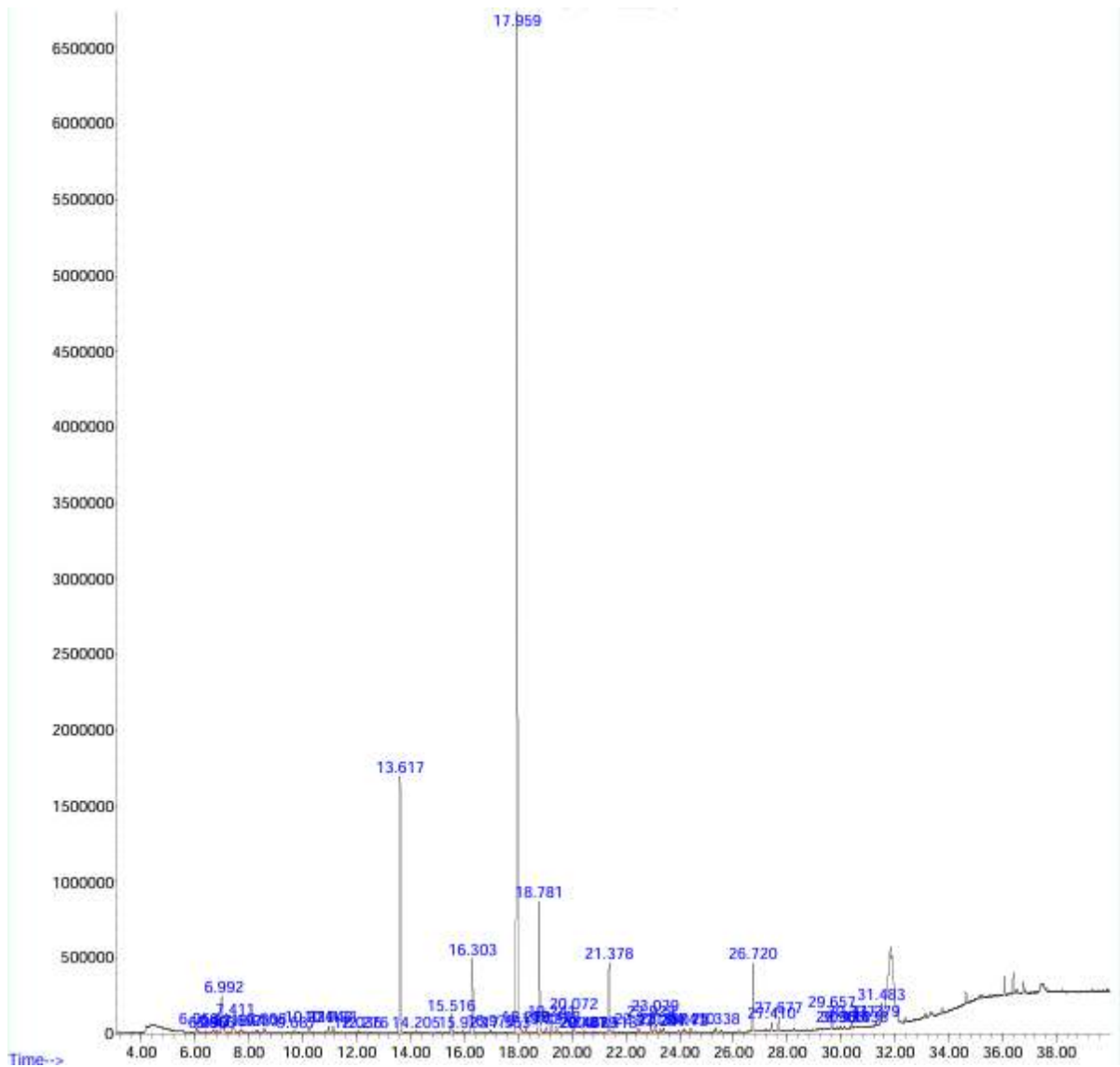
EK-4: %1 Sıvı çilek aromalı yoğurt örneği 15. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



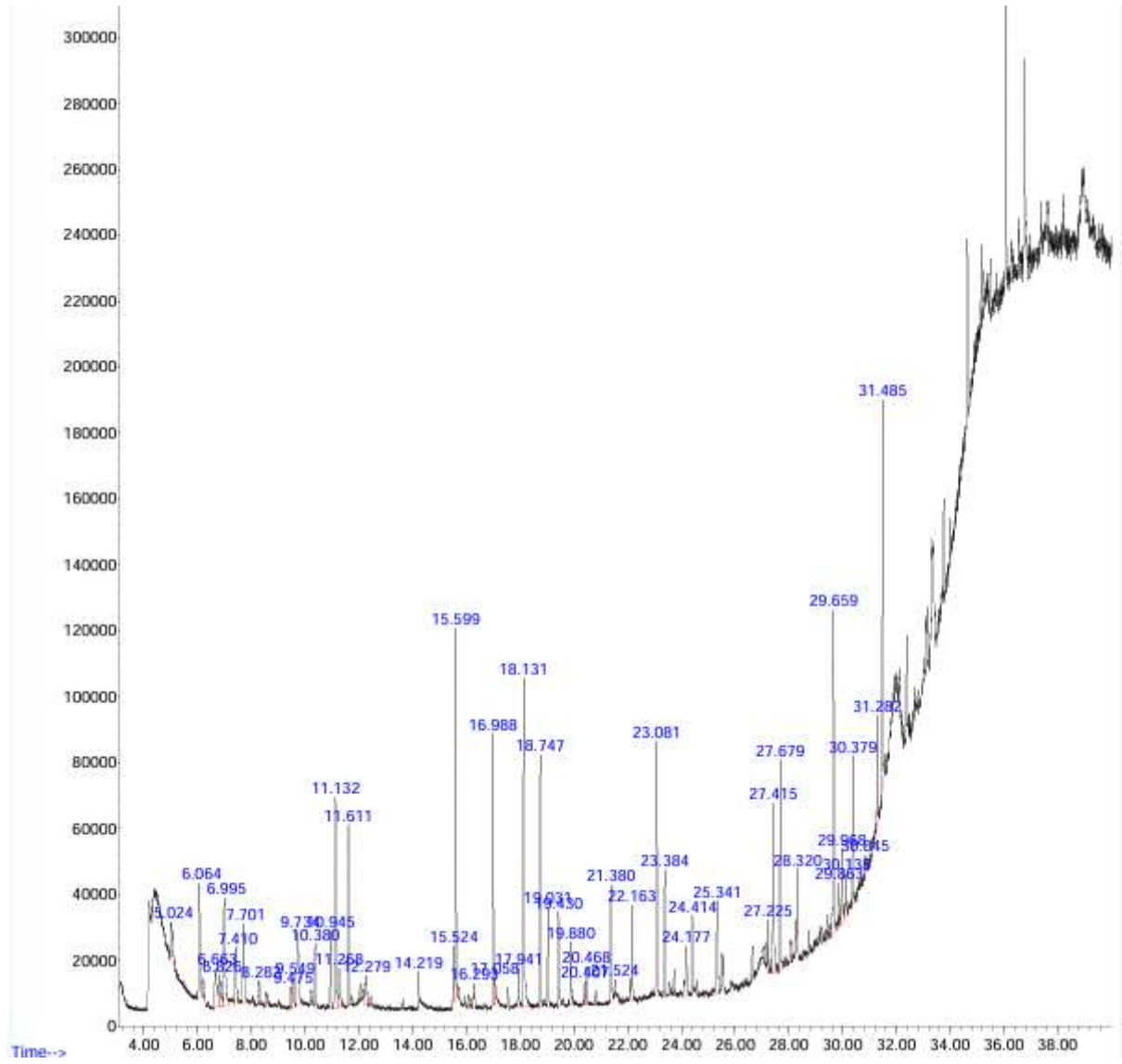
EK-5: %1 Sıvı muz aromalı yoğurt örneği 1. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



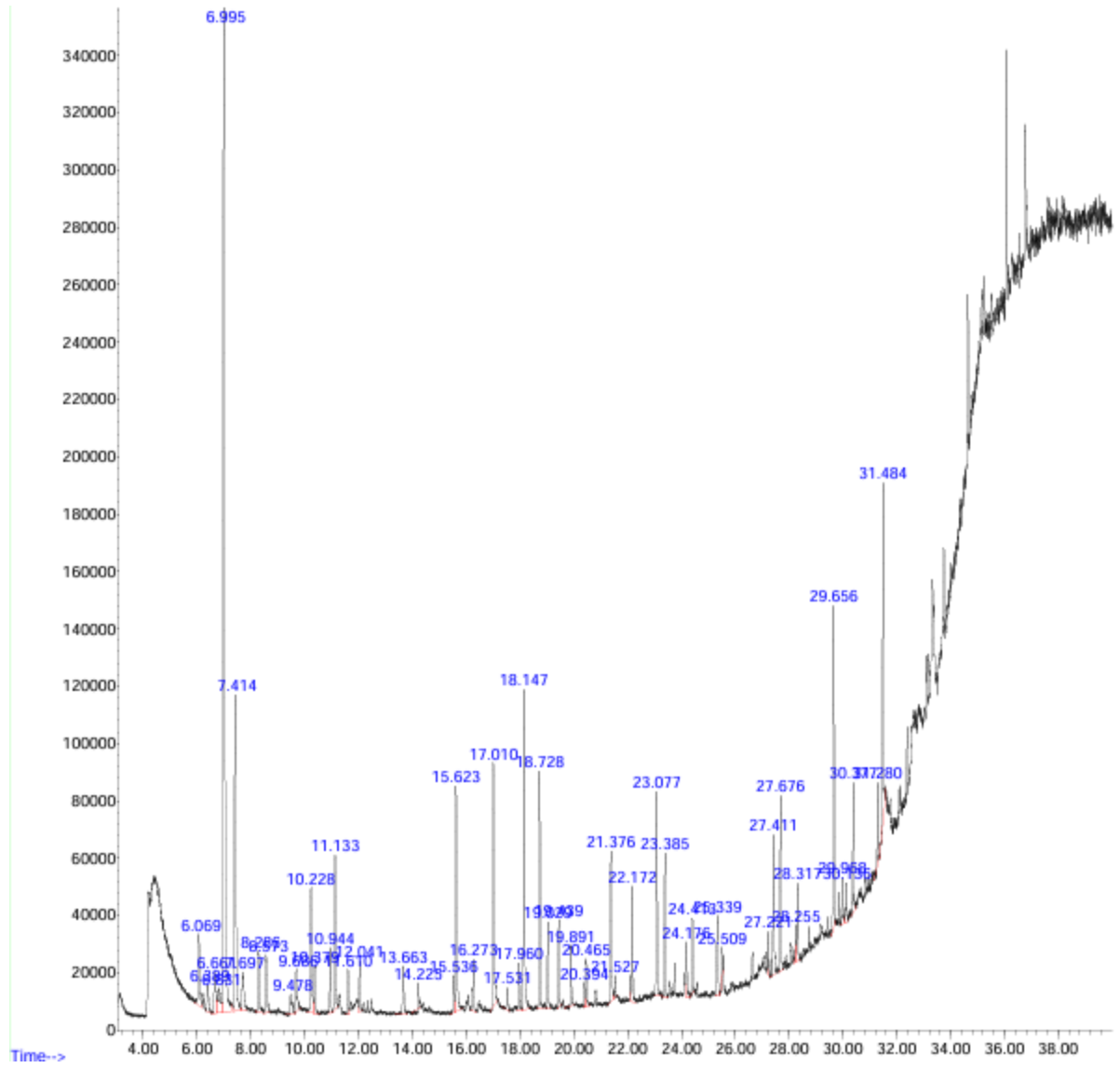
EK-6: %1 Sıvı muz aromalı yoğurt örneği 15. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



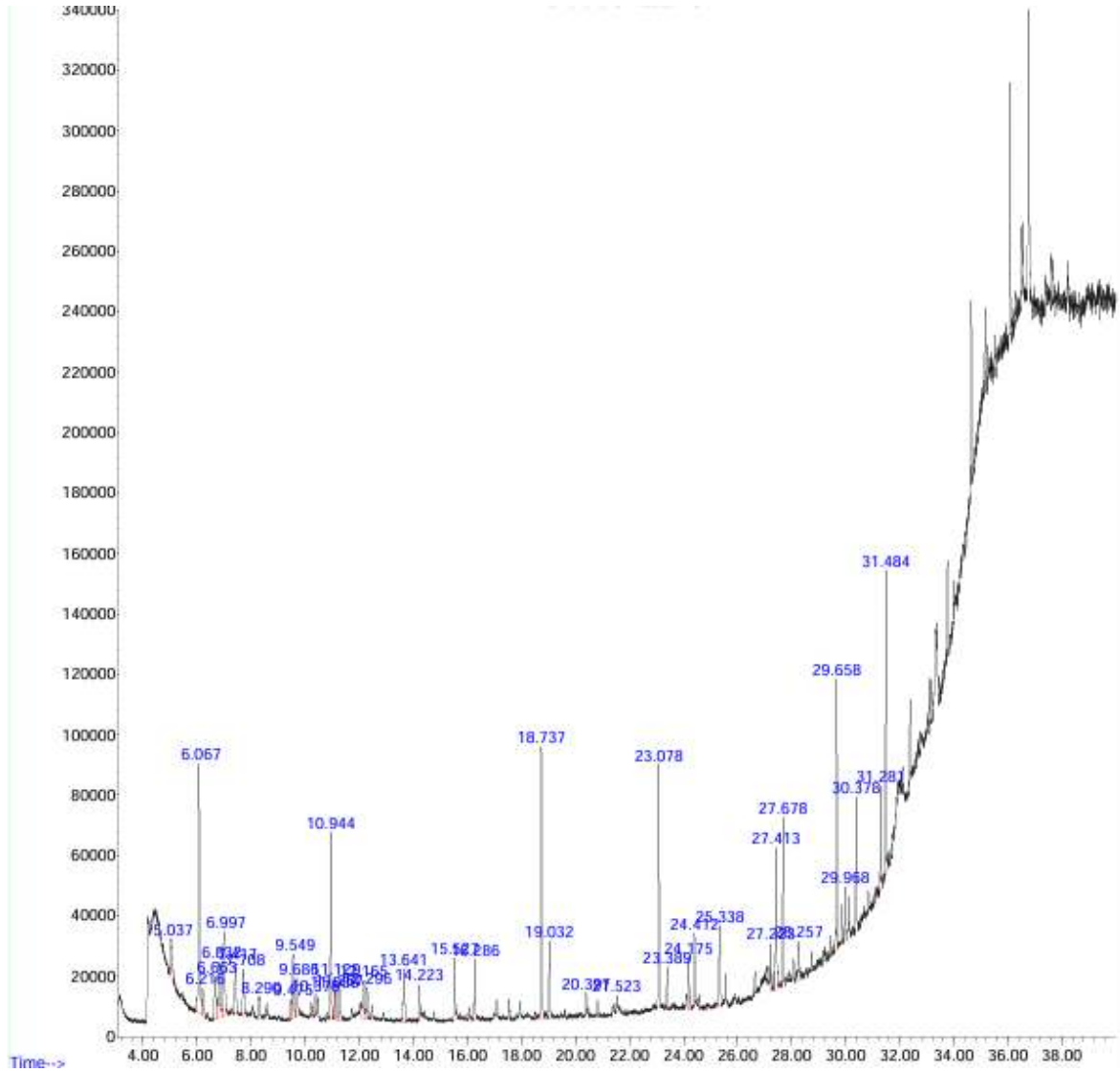
EK-7: %2 Toz çilek aromalı yoğurt örneği 1. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



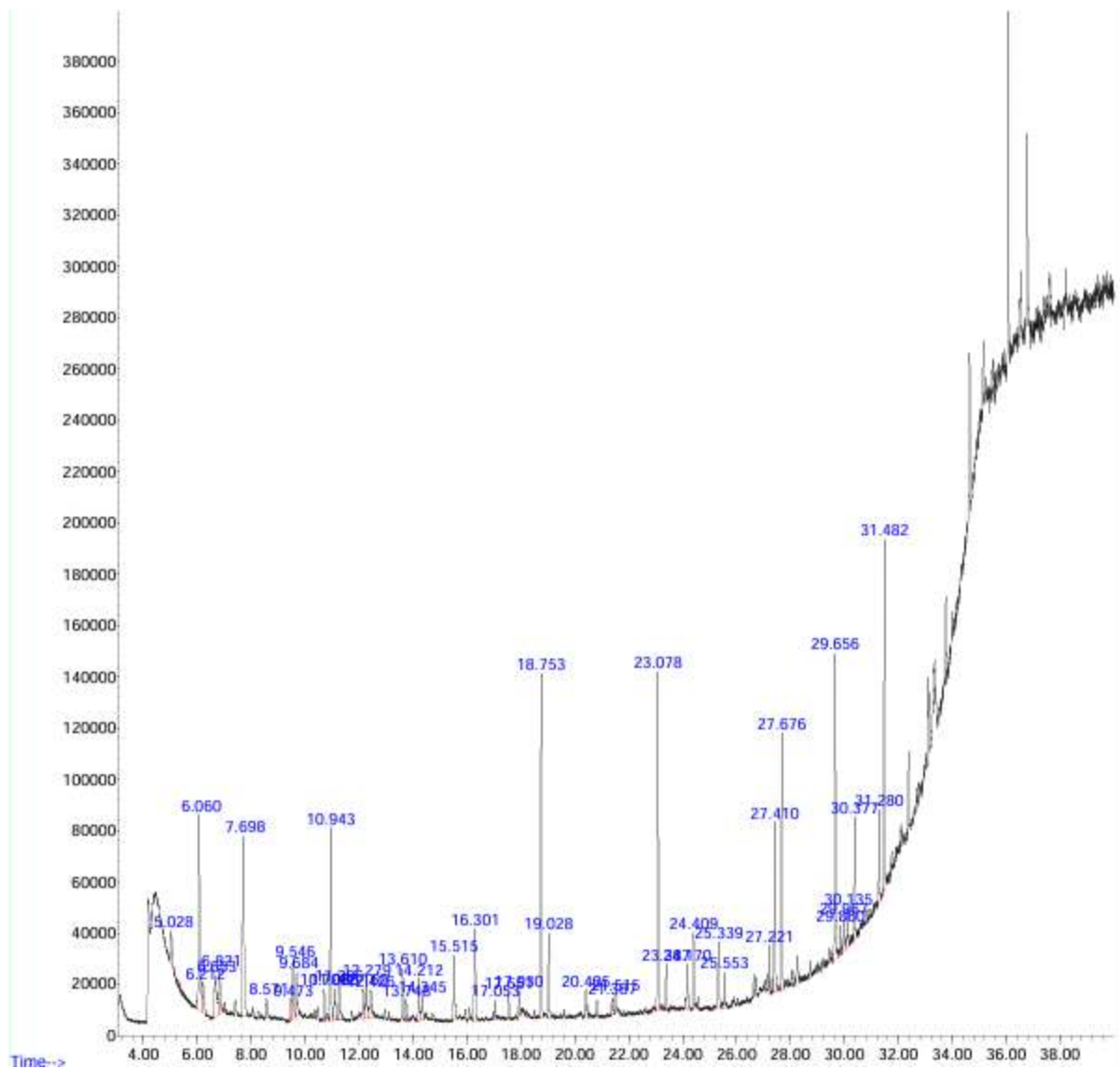
EK-8: %2 Toz çilek aromalı yoğurt örneği 15. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



EK-9: %2 Toz muz aromalı yoğurt örneği 1. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



EK-10: %2 Toz muz aromalı yoğurt örneği 15. Gün SPME-GC-MS kromatogramı



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Kadir ÖZCAN

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2019, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü

Yüksek Lisans : Devam Ediyor , İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda
Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2019 - 2020 Satış Mühendisi - TALES ANALİTİK
- 2020 - 2020 Bölge Satış Yöneticisi - ARTI ENDÜSTRİYEL GIDA
- 2021 - 2022 Yurt İçi Satış Sorumlusu - MEDİTERRA AGRO TARIM
- 2022- Devam Ediyor Proje Yöneticisi - BEŞEL ENDÜSTRİYEL GIDA