

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PİYASADAKİ YOĞURTLARDA KORUYUCU MADDE KULLANIMININ
ARAŞTIRILMASI

Ceren ÇAĞLAR

GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PİYASADAKİ YOĞURTLARDA KORUYUCU MADDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Ceren ÇAĞLAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ

Bu çalışma, piyasada satılan yoğurtlarda koruyucu madde kullanımını araştırmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'ne göre yoğurtta natamisin, benzoik asit ve sorbik asit gibi koruyucuların kullanımı yasaktır. Araştırma kapsamında, Ankara piyasasından toplanan 30 farklı yoğurt numunesi (tam yağlı, light ve tava yoğurdu) Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi (HPLC) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, incelenen 30 numunenin 3'ünde natamisin, 1'inde sorbik asit ve 18'inde benzoik asit tespit edilmiştir. Benzoik asidin fermente ürünlerde doğal olarak oluşabileceği, ancak Tarım ve Orman Bakanlığı'nın teknik görüşüne göre toplam benzoik ve sorbik asit miktarının 50 ppm'i aşmaması gerektiği belirtilmiştir. Bu kriterlere göre, 8 numunenin yasal sınırları aştığı ve "olumsuz" olarak değerlendirildiği saptanmıştır. Bu bulgular, yasal düzenlemelere rağmen bazı ürünlerde mevzuat dışı uygulamaların devam ettiğini göstermektedir. Çalışma, tüketici sağlığının korunması için denetimlerin artırılmasını ve üreticilerin iyi üretim uygulamalarına uymasının önemini vurgulamaktadır.

Ekim 2025, 38 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, natamisin, benzoik asit, sorbik asit

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE USE OF PRESERVATIVES IN YOGHURTS ON THE MARKET

Ceren AĞLAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Food Safety

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ

This study investigates the use of preservatives in yoghurt sold in the market. According to the Turkish Food Codex, the use of preservatives such as natamycin, benzoic acid and sorbic acid in yoghurt is prohibited. Within the scope of the study, 30 different yoghurt samples (full fat, light and pan yoghurt) collected from the Ankara market were analysed using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method. According to the analysis results, natamycin was detected in 3, sorbic acid in 1 and benzoic acid in 18 of the 30 samples. It was stated that benzoic acid can occur naturally in fermented products, but according to the technical opinion of the Ministry of Agriculture and Forestry, the total amount of benzoic and sorbic acid should not exceed 50 ppm. According to this criterion, 8 samples exceeded the legal limits and were evaluated as "non-compliant". These findings show that despite the legal regulations, unlawful practices continue in some products. The study emphasises the importance of increased inspections and compliance of producers with good production practices to protect consumer health.

October 2025, 38 pages

Keywords: Yoghurt, natamycin, benzoic acid, sorbic acid

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansımın ders ve tez dönemi dahil bütün aşamalarında hem bilgisiyle hem insanlığıyla benden yardımını, desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ayhan Filazi'ye ve varlığıyla bana güç ve huzur veren en kıymetlim, tek dayanağım, minik oğlum Yiğit Musab Demir'e teşekkürü borç bilirim.

Ceren ÇAĞLAR
Ankara, Ekim 2025



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Yoğurtta Mikroorganizma Gelişimi.....	3
1.2 Yoğurtta Kullanılan Katkı Maddeleri	4
1.3 Koruyucu Gıda Katkı Maddeleri	5
1.3.1 Antimikrobiyaller	6
1.4 Koruyucu Gıda Katkı Maddelerinin İnsan Sağlığına Etkileri	8
1.5 Gıda Katkı Maddeleri İle İlgili Yasal Düzenlemeler	10
1.6 Çalışmada Kullanılan Yöntem: Kromatografi.....	13
1.6.1 Kromatografi yöntemleri	14
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
2.1 Materyal.....	18
2.2 Yöntem	18
2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	18
2.3.1 Natamisin tayini için HPLC yöntemi	19
2.3.2 Benzoik asit ve sorbik asit tayini – HPLC yöntemi.....	20
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4. TARTIŞMA	26
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	30
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ.....	38

KISALTMALAR DİZİNİ

ADI	Acceptable Daily Intake (Kabul Edilebilir Günlük Alım)
BA	Benzoik Asit
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
GC	Gaz kromatografisi
g	Gram
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (FAO/DSÖ Gıda Katkı Maddeleri Uzmanlar Komitesi)
Kcal	Enerji birimi (kilokalori)
Kg	kilogram
L	Litre
LC	Sıvı kromatografisi
MeOH	Metil Alkol
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
mg	Miligram
mL	Mililitre
ng	Nanogram
nm	Nanometre
NMKL 124	Nordic Committee on Food Analysis.
ODS C18	HPLC kolon çeşidi
ppm	Milyonda bir birim
RID	Kırılma indisi dedektörü
SA	Sorbik Asit
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TLC	İnce tabaka kromatografisi
UV	Ultraviyole
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Yoğurt türlerine göre koruyucu madde tespit sıklığı (%)	24
-----------	---	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Yoğurdun besinsel içeriği (200 g).....	1
Çizelge 1.2 Gıda katkı maddeleri sınıflandırılması ve E kodları	6
Çizelge 3.1 Yoğurt çeşitlerine göre hedef analitlerin ortalama geri kazanım (%) ve bağıl standart sapma (RSD) değerleri	22
Çizelge 3.2 Yoğurt örneklerinde koruyucu maddelerin tespit edilme sıklığı, ortalama ve standart hata ile konsantrasyon aralıkları	23



1. GİRİŞ

Yoğurt, dünya üzerinde ve özellikle ülkemizde en çok tüketilen fermente süt ürünlerinden biridir. Yüksek kalsiyum oranı, vitamin ve protein içermesi nedeniyle sağlık üzerine faydalı ve besleyici bir gıdadır. Çizelge 1.1’de yoğurdun besinsel içeriği verilmiştir. Yoğurdun hem sağlık açısından faydaları, hem de kolay yutulabilir kıvamıyla bebek/çocuk beslenmesinde de önemli bir yeri vardır.

Çizelge 1.1 Yoğurdun besinsel içeriği (200 g)

Enerji	131,5 kcal
Protein	6,6 g (21%)
Yağ	7,6 g (53%)
Karbonhidrat	8,0 g (26%)
Lif	0,0 g
Doymuş yağ asidi	4,6 g
Tekli doymamış yağ asidi	2,3 g
Çoklu doymamış yağ asidi	0,3 g
Kolesterol	28,0 mg
D vitamini	0,0 µg
Demir	0,1 mg
Sodyum	100,0 mg
Potasyum	320,0 mg
Kalsiyum	260,0 mg
Fosfor	200,0 mg
Çinko	0,9 mg

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne göre yoğurt, fermentasyonda spesifik starter kültür olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*’un birlikte kullanıldığı, inkübasyon sonrasında pıhtısı karıştırılarak kırılmamış (set) ya da kırılmış (stirred) formda elde edilen ve son tüketim tarihinde yeterli sayıda, canlı ve aktif starter bakteri bulunduran fermente süt ürününü, ifade eder.

Yoğurdun kökeni tam olarak bilinmemekle birlikte, tarihsel bulgular bu ürünün ilk kez Orta Asya’da yaşayan göçebe Türk toplulukları tarafından üretildiğini göstermektedir. Tarihçiler, mayalanmış süt ürünlerinin neolitik çağın başlarında, süt sağımının öğrenilmesinden kısa bir süre sonra ortaya çıktığını ve bu sürecin göçebe yaşam tarzıyla yakından ilişkili olduğunu belirtmektedir (Baysal, 2002). İlk dönemlerde hayvan derileri içerisinde saklanan sütün, çevresel koşullar ve doğal mikroflora etkisiyle ekşiyerek pıhtılaşması sonucu yoğurt benzeri ürünlerin oluştuğu düşünülmektedir. Bu pıhtı, zamanla belirli özellikler taşıyan “yoğurt” olarak ayrılmış; daha pütürlü veya sıvısı ayrılan formlar ise süzülerek peynir benzeri ürünlerin elde edilmesinde kullanılmıştır.

Yoğurdun göçebe Türk toplulukları tarafından Orta Doğu ve Anadolu’ya tanıtıldığı, daha sonra ise 16. yüzyılda Avrupa’ya yayıldığı bildirilmektedir (Şireli ve Onaran, 2012). Bu süreçte yoğurt, yalnızca bir besin değil; aynı zamanda geleneksel bir fermente süt ürünü olarak birçok kültürde sağlıkla ilişkilendirilmiştir.

Süt endüstrisinde son yıllarda gerçekleşen teknolojik yenilikler, yoğurt üretiminde de önemli bir gelişim sürecini beraberinde getirmiştir. Artan tüketici bilinci ve değişen beslenme alışkanlıkları doğrultusunda; lezzet, doku, besleyici bileşenler ve fonksiyonel özellikler açısından çeşitlilik gösteren yeni yoğurt türleri piyasaya sunulmaktadır. Bu kapsamda, özellikle probiyotik mikroorganizmalarla zenginleştirilmiş, prebiyotik liflerle desteklenmiş veya vitamin ve minerallerle güçlendirilmiş fonksiyonel yoğurt formülasyonları dikkat çekmektedir. Bu tür ürünler, hem sağlık üzerindeki potansiyel yararları hem de artan tüketici talebi nedeniyle dünya genelinde süt ürünleri endüstrisinin yenilikçi alanlarından biri haline gelmiştir (Li vd. 2025; Wang vd. 2025). Bu çalışmalar, yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerine yönelik araştırmaların odağını değiştirmiştir.

Sağlıklı yaşam bilincinin artması, probiyotik kültürlerin bağırsak sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinin somut şekilde ortaya konması ve global pazarda probiyotik yoğurt talebinin yılda yaklaşık %6–7 oranında artması (Ahmad vd. 2022), endüstrinin fonksiyonel ürünler geliştirmeye yönelmesine sebep olmuştur. Bu doğrultuda yoğurda

meyve püresi, omega-3, antibakteriyel bal ekleme gibi inovatif uygulamalar da gündeme gelmiştir (Priyashantha vd. 2025).

Son yıllarda gıda teknolojisi alanında yaşanan gelişmeler, üretim süreçlerinin yanı sıra bilimsel araştırmaların yönünü de önemli ölçüde etkilemiştir. Literatürde, probiyotik fizyolojisi, duyuşal değeriendirme, ambalaj teknolojisi ve temel gıda analizlerine ilişkin multidisipliner çalışmaların arttığı bildirilmektedir (Abdullahi, 2018; Subramaniyan et al., 2023; Kumari et al., 2024; Rajan et al., 2025). Özellikle yoğurdun fonksiyonelliğı ve raf ömrü üzerine teknolojik araştırmalar, yeni standart ve normların belirlenmesine katkı sağlamıştır.

1.1 Yoğurtta Mikroorganizma Gelişimi

Maya ve küfler, doğada yaygın olarak bulunan ve özellikle düşük pH'lı ortamlarda yaşamlarını sürdürebilen mikroorganizmalardır. Bu tür mikroorganizmalar, laktoz ve sakaroz gibi şekerleri enerji kaynağı olarak kullanabildikleri için, yoğurt gibi fermente süt ürünleri onlar için ideal çoğalma ortamlarıdır. Üretim sürecinde hava yoluyla veya hijyenik olmayan ekipmanlar aracılığıyla kolayca bulaşabilen maya ve küfler, uygun sıcaklık ve nem koşullarında depolama sırasında hızla çoğalarak ürünün raf ömrünü kısaltmakta ve duyuşal kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Soulides, 1956; Sousa ve Uden, 1958; Rasic ve Mitic, 1962).

Yoğurt ürünlerinde bu kontaminasyonlar; yüzeyde zar benzeri bir tabaka oluşumu, bozulmuş mayamsı veya meyvemsi tat ve koku, hatta gaz üretimi gibi belirtilerle kendini gösterebilmektedir (Tamime ve Robinson, 1985). Bunun yanında, bazı küf türlerinin oluşturduğu sekonder metabolitlerin, özellikle mikotoksinlerin toksik etkileri insan sağlığı açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Bu toksinlerin etkileri, *Listeria monocytogenes* veya *Salmonella spp.* gibi yaygın patojen bakterilerin oluşturduğu riskleri dahi aşabilecek düzeydedir (Topal, 1984).

Günümüzde ülkemizde ve tüm dünyada işlenmiş ve paketli hazır gıda tüketimi çok yaygın olmakla beraber, bu gıdalarda mikroorganizma gelişiminin engellenmesi ve

ürünlerin raf ömrünün uzatılması için birçok yöntem uygulanmaktadır. Ürünlerin ambalajlama yöntemlerinde kullanılan farklı teknolojiler (modifiye atmosfer paketlenme, vakum paketlenme, akıllı paketlenme, aktif paketlenme vb.), koruyucu olarak uygun gıdalarda biyolojik ajan (laktik asit bakterileri gibi) kullanımı, uygun şart ve konsantrasyonlarda çeşitli kimyasalların kullanımı vb. bu amaçla uygulanan yöntemler arasındadır.

1.2 Yoğurtta Kullanılan Katkı Maddeleri

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde gıda katkı maddeleri

“Tek başına gıda olarak tüketilmeyen veya gıda ham ya da yardımcı maddesi olarak kullanılmayan, tek başına besleyici değeri olan veya olmayan, seçilen teknoloji gereği kullanılan, işlem veya imalat sırasında kalıntı veya türevleri mamul maddede bulunabilen, gıdanın üretilmesi, tasnifi, işlenmesi, hazırlanması, ambalajlanması, taşınması, depolanması sırasında gıda maddesinin tat, koku, görünüş, yapı ve diğer niteliklerini korumak, düzeltmek veya istenmeyen değişikliklere engel olmak ve düzeltmek amacıyla kullanılan maddelerdir” şeklinde tanımlanmaktadır.

Tatlandırıcı ve meyveler: Tüketici taleplerine yanıt vermek amacıyla, Türkiye'de üretilen bazı yoğurt çeşitlerine tatlandırıcılar ve çeşitli meyve içerikleri eklenebilmektedir. Meyveli ve aromalı yoğurtlar hem çocuk hem de yetişkin tüketiciler arasında giderek daha fazla talep görmektedir. Yoğurda ilave edilen doğal veya yapay tatlandırıcıların türü ve miktarı; hedef tüketici kitlesinin damak tadı, kullanılacak meyve türü ve oranı, üretimde tercih edilen starter kültür özellikleri, mevzuat sınırlamaları ve ekonomik etkenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Çetinkaya ve Gürsoy, 2017; Yalçın, 2015).

Tatlandırıcı ilavesi, genellikle meyve püreleriyle birlikte uygulanmakta; glukoz-fruktoz şurubu, sakkaroz, aspartam ve stevia gibi doğal ya da sentetik seçenekler kullanılmaktadır. Ancak bu katkıların kullanımında Türk Gıda Kodeksi hükümlerine uygunluk zorunludur (Türk Gıda Kodeksi, 2022).

Stabilizatör Kullanımı: Stabilizatörler, yoğurt üretiminde yapıyı koruyan ve raf ömrünü uzatan fonksiyonel katkı maddeleri olarak değerlendirilir. Ürün tekstürünün iyileştirilmesi, serum ayrılmasının (ayranlaşma) önlenmesi ve su tutma kapasitesinin artırılması gibi işlevsel özellikleri nedeniyle özellikle endüstriyel üretimde sıkça tercih edilmektedir (Aktaş vd. 2018). Stabilizatörler, yoğurdun viskozitesini artırarak homojen ve tüketici beklentilerine uygun kıvamlı bir ürün oluşmasını sağlar. Ayrıca mikrobiyal bozulmayı geciktirici etkisi ile raf ömrü üzerinde olumlu katkılar sunar (Köse, 2016).

Bununla birlikte, kullanılan stabilizatörün türü ve miktarı ürünün kalitesini doğrudan etkilediğinden, bu maddelerin kontrollü kullanımı büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de yürürlükte olan Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne göre, yoğurt üretiminde stabilizatör kullanımı yasaktır (Türk Gıda Kodeksi, 2022). Ancak sektörde, bu yasağa rağmen bazı üreticilerin özellikle süte stabilizatör ilavesi yaptığı durumlar raporlanmaktadır (Yılmaz, 2020). Öte yandan FAO/WHO tarafından önerilen sınırlar dâhilinde, bazı ülkelerde pıhtısı kırılmış yoğurt benzeri fermente süt ürünlerinde belirli oranlarda stabilizatör kullanımına izin verilmektedir (FAO/WHO, 2018).

Koruyucu Maddeler: Ülkemizde üretilen yoğurtlarda koruyucu madde kullanımı Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’nde belirtildiği üzere yasak olmasına rağmen, piyasaya arz edilen ve bu tez çalışmasında da laboratuvarında analizleri yapılan bazı örneklerde natamisin, benzoik asit ve sorbik asit gibi koruyucuların varlığına rastlanmaktadır. Bu koruyucuların kullanım amacı, fermente süt ürünlerinde başta maya ve küf olmak üzere mikroorganizma gelişimini önlemek/yavaşlatmak ve dolayısıyla ürünün raf ömrünü uzatmaktır.

1.3 Koruyucu Gıda Katkı Maddeleri

Koruyucu gıda katkı maddeleri üç grup halinde incelenmektedir. Bunlar; antimikrobiyaller, antioksidanlar ve asitliği düzenleyicilerdir. Kullanımları ile besinleri bakteri, küf ve maya bozulmasına karşı korumayı, raf ömrünü uzatmayı, doğal rengini ve aromasını korumayı amaçlamaktadır (Türk Gıda Kodeksi, 2022).

Çizelge 1.2 Gıda katkı maddeleri sınıflandırılması ve E kodları

Gıda katkı maddeleri	E kodları
Renklendiriciler	E 100-180
Koruyucular	E 200-285, E 330
Antioksidanlar	E 300-321
Emülsifiyer ve Stabilizatörler	E 322-500
Asit-baz sağlayıcılar	E 500-578
Tatlandırıcılar, koku verenler	E 620-637
Geniş amaçlı GKM	E 900-927

1.3.1 Antimikrobiyaller

Benzoik asit (E210 kodlu gıda katkı maddesi ve kimyasal formülü= $C_7H_6O_2$): Benzoik asit, kristalimsi, renksiz ve toz formda bulunan katı bir bileşiktir. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde E210 olarak tanımlanmış ve gıdalarda kullanımına izin verilmiştir. 19. yüzyılın ikinci yarısında, benzoik asidin fermantasyon ve küf oluşumunu önleyici etkisinin anlaşılmasıyla birlikte, gıda sektöründe koruyucu madde olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Benzoik asit, doğal olarak başta kiraz ve kıvılcık gibi meyvelerde olmak üzere pek çok meyvede, ayrıca mantar, karanfil ve tarçın gibi bazı baharatlarda bulunabilir. Bunun yanı sıra, süt ürünlerinde bakteriyel fermentasyon sonucu da doğal olarak oluşabilmektedir. Endüstriyel amaçlı kullanımda ise genellikle toluen maddesinden kimyasal yöntemlerle elde edilmektedir (Yörük ve Danyer, 2016).

Aromatik yapıda bir bileşik olan benzoik asit, benzen halkasına bağlı tek bir karboksilik asit grubuna sahip en basit aromatik asitlerden biridir (Zengin vd. 2011). Geniş bir pH aralığında, özellikle asidik ürünlerde maya ve küflere karşı etkili bir koruma sağlarken, bakterilere karşı etkinliği sınırlıdır. Zayıf asidik veya nötr ürünlerde ise etkisi oldukça düşüktür (Yörük ve Danyer, 2016). Bu maddeden türetilen tuz formları (örneğin sodyum benzoat), özellikle suda daha yüksek çözünürlüğe sahip olmaları nedeniyle

tercih edilmektedir (Zengin vd. 2011). Ancak yüksek konsantrasyonlarda kullanımı, ürünlerde istenmeyen ekşi bir tat oluşturabileceğinden belirli sınırlandırmalarla denetlenmektedir.

Sorbik Asit (E200 kodlu gıda katkı maddesi ve kimyasal formülü= $C_6H_8O_2$): Sorbik asit, suda düşük çözünürlüğe sahip, beyaz renkli toz veya kristal formunda bulunan, kısa zincirli doymamış bir yağ asididir. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde E200 koduyla gıda katkı maddeleri arasında yer almaktadır. İsmi, ilk kez olgunlaşmamış üvez ağacı (*Sorbus aucuparia*) meyvelerinden izole edilmesinden almaktadır.

Doymamış bir karboksilik asit olan sorbik asit, ekşi bir tada sahiptir. Daha yaygın olarak kalsiyum, potasyum ve sodyum tuzları şeklinde kullanımı tercih edilmektedir. İşlem görmüş, uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz kalan gıdalara genellikle son aşamada eklenmektedir. Gıdalarda maksimum %0,1-0,2 oranında kullanım sınırı bulunan sorbik asit, düşük pH değerlerinde etkili olabilmektedir (Kalyoncu, 2008). Bazı araştırmalar, sorbik asidin oda sıcaklığında saklansa bile bozulmadan stabilitesini koruduğunu göstermektedir (De Jesus vd. 2021).

Gıdalara katkı maddesi olarak eklenmesi, mikrobiyal aktivitelerin azaltılması ve paket açıldıktan sonra ürünün uzun süre stabil kalmasını sağlama gibi avantajlar sunmaktadır. Sorbik asit beyaz renkli olup keskin olmayan kendine özgü bir kokuya sahiptir. Farklı çözünürlük özellikleri sayesinde geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Ancak, gıdadaki sorbik asidin yapısal bütünlüğü bozulduğunda, ürünün mikrobiyolojik özelliklerinde olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir.

Natamisin (E235 kodlu gıda katkı maddesi ve kimyasal formülü= $C_{33}H_{47}NO_{13}$) : “Pimarisin” olarak da adlandırılan natamisin, *Streptomyces natalensis* bakterisinden biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen doğal bir antimikrobiyal maddedir. Gıda sektöründe özellikle maya ve küf oluşumunu engellemek amacıyla koruyucu olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu özelliği sayesinde gıda ürünlerinde kalite kaybının önlenmesi ve raf ömrünün uzatılmasıyla ekonomik açıdan maliyetlerin azaltılmasında

önemli rol oynar. Natamisin, küf ve maya gelişimini kontrol altına alarak ürünlerde raf ömrü boyunca renk, koku ve tat bozulmalarının önüne geçer. Gıda endüstrisinde Delvolid, Delvopos, Delvocoat ve Natawax gibi ticari isimlerle pazarlanmaktadır (Borcaklı, 1999).

Fiziksel olarak beyaz ya da sarımsı beyaz renkte, toz veya kristal formda bulunan natamisin, ısı, ışık ve oksijene karşı görece dayanıklıdır; ancak ışık altında zamanla yavaşça bozunabilir. Antimikrobiyal etkisini, mantar hücre zarındaki ergosterol molekülüne bağlanarak hücre zarının geçirgenliğini bozması yoluyla gösterir. Bu mekanizma sayesinde maya ve küflerin gelişmesini ve çoğalmasını engeller, ancak bakterilere karşı etkili değildir.

1.4 Koruyucu Gıda Katkı Maddelerinin İnsan Sağlığına Etkileri

Gıda katkı maddelerinin önerilen limitlerin üzerinde kullanımı, insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bu etkiler arasında ciltte kızarıklık, döküntü, kaşıntı gibi alerjik reaksiyonlar, astım nöbetleri, anafilaktik şok, karın ağrısı ve ishal gibi gastrointestinal problemler sayılabilir.

Benzoik asidin olumsuz sağlık etkileri özellikle uzun süreli ve yüksek doz maruziyet durumlarında daha belirgin olarak ortaya çıkar. Vücutta benzoata dönüşerek metabolize olan benzoik asidin, bazı bireylerde alerjik reaksiyonlar, astım atakları, ürtiker ve dermatit gibi cilt hastalıklarına yol açabileceği bildirilmektedir (Bağcı, 1997; Boğa ve Binokay, 2010). Ayrıca, çocuklarda hiperaktivite ve dikkat eksikliği bozukluğu ile ilişkili olabileceğine dair bazı çalışmalar mevcuttur (Erkmen, 2010). Özellikle sodyum benzoat gibi benzoik asit tuzlarının askorbik asit (C vitamini) ile reaksiyona girerek benzen gibi potansiyel kanserojen bileşiklere dönüşme olasılığı, bu katkı maddesinin gıdalardaki kullanımına yönelik tartışmaları artırmaktadır (Boğa ve Binokay, 2010).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi'nin (EFSA, 2015) raporuna göre, sorbik asit ve potasyum sorbat gibi tuzları, gıdalarda mikrobiyal büyümeyi engellemek amacıyla

yaygın şekilde kullanılan katkı maddeleri arasında yer almaktadır. Belirlenen kabul edilebilir günlük alım (ADI) sınırları aşılmadığı sürece, bu maddelerin insan sağlığı açısından güvenli olduğu kabul edilmektedir. Toksikolojik incelemeler, sorbik asidin genotoksik veya kanserojen etkilerine dair anlamlı bir kanıt sunmamıştır. Ayrıca, vücutta metabolize olduktan sonra karbondioksit ve suya dönüşmesi, bu maddenin organizmadan kolaylıkla atılmasını sağlamaktadır. EFSA, özellikle çocuklar gibi hassas nüfus gruplarında günlük alım limitlerine dikkat edilmesini önermektedir (EFSA, 2015).

Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda, sorbik asidin akut ve kronik toksisitesinin düşük olduğu, karsinojenik, mutajenik ve immünotoksik etkilerinin bulunmadığı belirlenmiştir (Walker, 1990). Öte yandan, 1 g/kg dozda dört hafta boyunca sorbik asit verilen farelerde karaciğerde yağ birikimi, yağ asidi metabolizmasında bozulma ve VLDL (çok düşük yoğunluklu lipoprotein) üretiminde azalma gibi etkiler gözlemlenmiştir (Chen et al., 2020).

Bununla birlikte, sorbik aside karşı duyarlı bazı bireylerde alerjik veya hassasiyet reaksiyonları görülebilmektedir. Ancak, önerilen doz ve konsantrasyonlarda kullanıldığında, sorbik asit genellikle güvenli kabul edilen bir koruyucu madde olarak değerlendirilmektedir.

Koruyucu gıda katkı maddelerinin gastrointestinal sistem üzerinde çeşitli etkileri bulunmaktadır. Örneğin, natamisin belirlenen doz sınırlarının üzerinde alındığında, bulantı ve ishal gibi yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. Katkı maddelerinin vücutta en fazla birikim yaptığı ve zarar verdiği organ ise karaciğerdir. Groten vd. tarafından 2000 yılında yaptıkları araştırmada, natamisin ağız yoluyla alımının ardından gastrointestinal sistemde kaldığını ve sistemik dolaşıma sınırlı geçiş yaptığını bildirerek, bu maddenin toksikolojik açıdan düşük risk taşıdığını belirtmişlerdir. Yılmaz Ersan ve Kurdal (2005) tarafından taze ve erimiş peynir üretiminde süte ve salamuraya eklenen natamisin üzerine hayvanlar üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, maddenin vücutta anlamlı bir toksik veya alerjik etkiye neden olmadığı ifade edilmiştir. Ancak her iki çalışma da, natamisin sadece yüzey uygulamalarında kullanılmasının uygun

olduğunu, gıdanın içerisine doğrudan katılmasının ise sağlık açısından daha kapsamlı değerlendirmeler gerektirdiğini vurgulamaktadır.

Günümüzde, tüketiciler gıda sektöründeki hızlı değişimlere yeterli bilgi ile donanmış şekilde adapte olamamaktadır. Bu nedenle, hazır gıdalarla ilgili olarak uzmanlar tarafından bilinçlendirilmek büyük önem taşımaktadır. Özellikle ergenler, gebeler, emziren kadınlar ve çocuklar gibi hassas grupların, bu katkı maddelerinin potansiyel zararları hakkında aydınlatılması gerekmektedir.

Türkiye’de, bazı gıda katkı maddelerinin izin verilen maksimum kullanım miktarları, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği standartlarının üzerinde seyretmektedir. Bu katkı maddelerinin belirlenen sınırların üstünde kullanımı ise insan sağlığı açısından önemli riskler taşımaktadır. Önerilen limitlerin aşılması durumunda, ödem ve kronik ürtiker gibi cilt rahatsızlıkları ortaya çıkabilmektedir. Bunlara ek olarak atopik dermatit, çeşitli cilt kızarıklıkları, karın ağrısı, ishal, düşük tansiyon, astım ve anafilaktik reaksiyonlar gibi ciddi alerjik tepkiler gözlenebilir. Ayrıca hiperaktivite, deride döküntü ve kaşıntı gibi belirtiler de bu tür katkı maddelerinin aşırı kullanımına bağlı olarak gelişebilmektedir.

Günümüzde, antimikrobiyal özellikleri nedeniyle doğal kaynaklı laktoferrin, nisin, kitosan ve propolis gibi maddeler gıda koruyucu olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sentetik ve doğal kaynaklı koruyucu maddeler, hayatımızda önemli bir yer tutmakla birlikte, bu maddelerin sağlık üzerindeki olası zararlı etkileri konusunda araştırmalar halen devam etmektedir (Ünlü ve Güneş Bayır, 2022).

1.5 Gıda Katkı Maddeleri İle İlgili Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde ve dünyanın her yerinde gıdalarda fiziksel, kimyasal ya da mikrobiyal değişimleri, mikroorganizma gelişimini vb. bozulmaları engellemek, gıdanın raf ömrünü uzatmak amacıyla gıda katkı maddeleri gıdanın türüne ve özelliklerine göre

kullanılmaktadır. Artan nüfusa ve gelişen teknolojilere bağlı olarak gıdayı koruma meselesi her geçen gün daha da fazla önem kazanmaktadır.

Meyve ve sebze gibi çabuk bozulan doğal ve taze ürünlerde gıda katkı maddesi olarak yalnızca koruyucuların kullanımına izin verilmektedir ancak diğer birçok paketli üründe, ürünün özelliğine göre farklı gıda katkı maddeleri kullanılmaktadır. Burada önemli olan husus, kullanılan gıda katkı maddelerinin gıdanın fiziksel özelliklerinde, tüketici tarafından beklenen tadında olumsuz değişimler yapmaması ve en önemlisi insan sağlığına olumsuz etki yapmayacak düzeylerde kullanılmasıdır.

Gıda sanayisinin hızlı büyümesi paralelinde katkı maddesi kullanımı da artış göstermektedir ve gıdalarda katkı maddesi kullanımı birçok yasal düzenlemeye tabiidir. Katkı maddelerinin içeriği, katılacağı gıdada yapabileceği değişimler (olumlu/olumsuz etkiler), hangi gıdaya hangi oranlarda katılabileceği, insan sağlığı açısından güvenli limitler vb. belirlenmesi için hem ulusal hem de uluslararası birçok çalışma yapılmış ve değişen dünya düzeni, gelişen teknolojilerle beraber bu çalışmalar yapılmaya, gerektiğinde güncellenmeye devam etmektedir.

Gıda katkı maddeleri, laboratuvar ortamında deney hayvanları üzerinde yapılan toksikolojik testlerle değerlendirilir. Bu testlerde, deneklerin %50'sinin yaşamını yitirdiği doz (LD50) belirlenir. Deney hayvanlarında olumsuz etki göstermeyen doz ise güvenli limit olarak kabul edilir ve "NOAEL" (No Observed Adverse Effect Level) olarak adlandırılır. İnsanlarda günlük alınabilir maksimum katkı maddesi miktarı (ADI), NOAEL dozunun 100'e bölünmesiyle hesaplanır ve miligram cinsinden kilogram başına düşen doz şeklinde ifade edilir ($ADI = NOAEL/100$) (Çakır, 2011).

Gıda katkı maddelerinin insan sağlığını olumsuz etkilemeyecek şekilde kullanılması zorunludur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar sonucunda belirlenen kabul edilebilir limitler doğrultusunda, ülkeler kendi mevzuatlarını oluşturarak katkı maddelerinin kullanımını düzenlemektedir. Türkiye'de ise bu düzenlemeler, uluslararası standartlar

gözetilerek Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği ile yürürlüğe konulmuştur.

Bu tezin konusu olan gıda katkı maddelerinden natamisin, benzoik asit ve sorbik asit kullanımı da hem ülkemizde hem dünyada yasalarla belirli şartlara tabii tutulmuş ve sınırlandırılmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre, yoğurtta natamisin, benzoik asit, sorbik asit gibi koruyucu maddelerin kullanımı yasaktır. Yönetmelik, natamisinin yalnızca peynirlerin ve kurutulmuş sosis gibi ürünlerin yüzeyinde belirli oranlarda kullanılmasına izin verirken, yoğurt için bu kullanım engellenmiştir. Benzoik asidin aromalı ve gazlı içecekler gibi asidik ($\text{pH} \leq 3.5$) ürünlerde maksimum 150 mg/L'ye kadar kullanımı mümkündür ancak yoğurtta kullanımı yasaklanmıştır. Benzer şekilde, aromalı içeceklerde benzoik asit ile birlikte sorbik asidin toplam miktarının 250 mg/L'yi geçmemesi koşuluyla kullanımı izinlidir, ancak sorbik asidin yoğurtta kullanımı da yasaktır ((Türk Gıda Kodeksi, 2022).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), natamisinin ağız yoluyla emiliminin çok düşük olduğunu belirtmekte, bu nedenle gıda yüzeylerinde kullanımına onay vermektedir. Günlük kabul edilebilir alım (ADI) miktarını ise 0,3 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlemiştir (EFSA, 2006). Ancak yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde doğrudan kullanımı yasaklanmıştır. EFSA ayrıca benzoik asit ve sorbik asidin fermente süt ürünlerinde kalite kaybına yol açabileceğini belirterek, bu ürünlerde kullanılmamasını önermektedir. Bu görüş, Avrupa Birliği Katkı Maddeleri Tüzüğü (EC No 1333/2008) ile de uyumludur; söz konusu tüzük bu maddelerin yoğurtta kullanımını yasaklamaktadır (EFSA, 2015; EFSA, 2016; EC, 2008).

FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA), natamisinin ağız yoluyla emiliminin çok düşük olduğunu rapor etmiş ve günlük kabul edilebilir alım değerini 0–0,3 mg/kg vücut ağırlığı aralığında belirlemiştir. Ayrıca, natamisinin yalnızca yüzey uygulamalarında (örneğin peynir kabuğunda) kullanımının uygun olduğunu ifade etmiş ve sistemik toksisite riskinin düşük olduğunu bildirmiştir (JECFA, 2002). Sorbik asit ve

tuzlarının toksikolojik açıdan güvenli olduğu; mutajenik, kanserojen veya teratojenik etkilerinin bulunmadığı ve bu nedenle gıda koruyucusu olarak kullanımının onaylandığı da rapor edilmiştir. JECFA, sorbik asit için ADI değerini 0–25 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlemiştir (JECFA, 1974). Benzoik asit ve türevleri için ise ADI değeri 0–5 mg/kg olarak belirlenmiş, yüksek dozlarda hayvan çalışmalarında toksik etkiler görüldüğü için düşük doz sınırının önemli olduğu vurgulanmıştır (JECFA, 1996). Ancak JECFA, yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde natamisin, benzoik asit ve sorbik asidin doğrudan kullanımına onay vermemektedir (FAO/WHO, 1996; 2002; 2004).

1.6 Çalışmada Kullanılan Yöntem: Kromatografi

Kromatografi tekniği, ilk kez 1906 yılında Rus botanikçi Mikhail Tswett tarafından bitkilerde bulunan pigmentlerin, özellikle klorofilin, ayrıştırılmasında kullanılmış ve bu tarihten itibaren biyokimyasal bileşiklerin analizinde önemli bir yöntem haline gelmiştir. Bu alandaki katkılarıyla A.J.P. Martin ve R.L.M. Synge, 1952 yılında Nobel Kimya Ödülü'ne layık görülmüştür. Benzer şekilde, kütle spektrometresi üzerine yaptıkları çalışmalarla Fenn J.B. ve Tanaka K., 2002 yılında aynı ödülü kazanmışlardır. Modern kromatografi cihazlarının temelleri ise 1965 yılında Yale Üniversitesi'nden Csaba Horváth tarafından atılmıştır (Eser ve Sepici Dinçel, 2018).

Kromatografi yönteminin temel amacı, analiz edilmek istenen numunenin bileşenlerine ayrılması ve bu bileşenlerin miktarlarının belirlenmesidir. Bu teknik, farklı maddelerin sabit bir faz üzerinde, hareketli bir faz yardımıyla farklı hızlarla taşınmalarına dayanmaktadır. Hareketli faz (mobil faz), çözücü görevi görerek analiz edilen karışımı sabit faz boyunca iletir. Kullanılan yöntemeye bağlı olarak mobil faz sıvı ya da gaz olabilirken, sabit faz da selüloz kağıdı gibi basit yüzeylerden kapiller cam tüplere kadar çeşitli malzemelerden oluşabilmektedir. Karışım sabit faz boyunca ilerledikçe, içeriğindeki moleküller ortamda bulunan fonksiyonel gruplarla etkileşime girerek ayrışır (Eser ve Sepici Dinçel, 2018).

1.6.1 Kromatografi yöntemleri

Kromatografi, kullanılan fazların özelliklerine ve maddelerin ayrılma prensiplerine göre çeşitli türlere ayrılmaktadır. Her bir yöntem, analiz edilecek maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre avantajlar sunar.

Kağıt kromatografisi, en basit kromatografi tekniklerinden biridir ve genellikle renkli bileşenlerin ayrımında tercih edilir. Bu yöntemde sabit faz olarak özel bir kağıt kullanılırken, sıvı haldeki mobil faz kağıt boyunca hareket eder ve bileşenlerin kağıt üzerindeki farklı noktalarda ayrışmasını sağlar.

İnce tabaka kromatografisi (TLC) ise cam ya da plastik yüzey üzerine kaplanmış ince bir adsorban (örneğin silika jel) tabakası kullanılarak gerçekleştirilir. Kağıt kromatografisine kıyasla daha hassas sonuçlar elde edilebilmekte ve analiz süresi daha kısadır.

Gaz kromatografisi (GC), uçucu bileşenlerin ayrılması için kullanılan bir tekniktir. Taşıyıcı faz gaz halindedir ve sabit faz, genellikle kolon içerisinde yer alan özel kaplamalardan oluşur. Kimyasal analizlerin hassasiyet gerektiren alanlarında sıklıkla kullanılır.

Sıvı kromatografisi (LC), sıvı haldeki mobil fazın sabit faz boyunca ilerleyerek karışım bileşenlerini ayırmasına dayanır. Özellikle biyolojik örneklerin analizinde ve çeşitli organik bileşiklerin ayrıştırılmasında etkilidir.

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), sıvı kromatografinin gelişmiş bir versiyonu olup yüksek basınç altında çalışır. Bu sayede daha kısa sürede daha net ayrımlar yapılabilir. İlaç sanayisi, gıda kontrolü ve klinik analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

İyon değişim kromatografisi, iyonik yapıdaki bileşiklerin ayrılması amacıyla geliştirilmiş özel bir tekniktir. Sabit faz, iyon tutucu özellikteki materyallerden oluşur ve çözeltildeki iyonlarla seçici etkileşim göstererek ayırım sağlar.

Afinite kromatografisi ise özellikle biyomoleküllerin saflaştırılması için kullanılan seçici bir yöntemdir. Bu teknikte sabit faza bağlanmış spesifik ligantlar sayesinde, sadece hedef moleküller tutulur ve diğerlerinden ayrıştırılır. Enzim ve protein analizlerinde sıklıkla tercih edilmektedir.

Yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC), karışım halindeki maddelerin bileşenlerine ayrılması, tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla geliştirilen oldukça hassas bir analiz yöntemidir. Bu teknik, yüksek basınç altında mobil fazın, sabit faz olarak görev yapan katı bir adsorban dolgu maddesi içeren kolondan geçirilmesi prensibine dayanır. Numunede bulunan her bir bileşen sabit fazla farklı düzeylerde etkileşime girer; bu da bileşenlerin kolon içinde farklı hızlarda ilerlemesine ve böylece birbirlerinden ayrılmasına olanak tanır (Skoog, Holler ve Crouch, 2017).

HPLC sistemlerinde, ayrılan bileşenlerin tanımlanması için sıklıkla değişken dalga boylu ultraviyole (UV) dedektörler, floresan dedektörler ya da kırılma indisi dedektörleri (RID) gibi çeşitli algılayıcılar kullanılır. Bu algılayıcılar sayesinde hem nitel analizler gerçekleştirilebilmekte hem de standart çözeltilerle oluşturulan kalibrasyon eğrileri yardımıyla nicel belirlemeler yapılabilmektedir (Skoog et al., 2017). Yöntemin uçucu olmayan, sıcaklığa duyarlı ya da karmaşık yapıya sahip bileşikler için de uygun olması, HPLC'yi pek çok sektörde tercih edilen evrensel bir analiz tekniği haline getirmiştir.

HPLC'nin Kullanım Alanları: Yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC), oldukça geniş bir uygulama yelpazesine sahip olup, farklı disiplinlerdeki analiz ihtiyaçlarına yanıt verebilecek esneklikte bir tekniktir. Bu yöntem sayesinde gerçekleştirilen analizler genel olarak yedi ana başlık altında toplanabilir.

İlaç sanayinde, HPLC sıklıkla antibiyotikler, steroidler, sedatifler ve analjeziklerin hem etkin madde miktar tayinlerinde hem de safsızlık analizlerinde kullanılmaktadır. Biyokimyasal analizlerde ise aminoasitler, proteinler, karbonhidratlar, lipitler, hormonlar, vitaminler, homosistein, HbA1c ve metabolit düzeylerinin belirlenmesi gibi geniş kapsamlı uygulamalara sahiptir (Skoog, Holler ve Crouch, 2017).

Gıda sektöründe HPLC; antioksidanlar, yapay tatlandırıcılar, toksik bileşikler, katkı maddeleri, hormon ve pestisit kalıntıları gibi unsurların tespitinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca su ve içecek analizlerinde de yaygın olarak tercih edilmektedir. Adli bilimler ve toksikoloji alanında, çeşitli narkotik maddeler, zehirler ve ilaç kalıntılarının tespitinde; klinik biyokimya alanında ise safra asitleri, ilaç metabolitleri ve diğer biyolojik belirteçlerin analizinde kullanılmaktadır (Harris, 2015).

Bunların dışında çevre analizlerinde pestisit, herbisit ve fenol gibi kirletici maddelerin saptanmasında; endüstriyel uygulamalarda ise polimer, boya, yüzey aktif maddeler ve petrol türevlerinin analizinde etkin şekilde kullanılmaktadır. HPLC'nin bu kadar geniş kullanım alanına sahip olması, onun güvenilirlik, hassasiyet ve tekrarlanabilirlik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak süt ürünlerinde mikrobiyel gelişmeyi önleyici yöntemlerden birisi koruyucu madde uygulamasıdır. Koruyucu maddelerin kullanılmasında amaç, süt ürünlerinde istenmeyen ancak herhangi bir nedenle bulaşma olasılığı bulunan küf, maya ve bakterileri ortamdaki yok etmek veya onların çoğalmalarını engellemektir. Natamisin, sorbat, benzoat gibi antimikrobiyal ve antifungal maddeler yoğurttaki başlıca sorunlardan birisi olan maya ve küf gelişmesini engellemek amacıyla kullanılmaktaydı (Gürsel vd. 2004; Sudağıdan ve Aydın, 2013). Fakat 2022 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde (Türk Gıda Kodeksi, 2022) yoğurt üretiminde natamisin, sorbat gibi koruyucu maddelerin kullanımı yasaklanmıştır. Bu yasaklamanın ardında, fermente ürünlerin kendine özgü mikrobiyotasını korumak, laktik asit bakterilerinin aktivitesini inhibe etmemek ve tüketiciyi gereksiz kimyasal maruziyetten korumak gibi gerekçeler yatmaktadır.

Bu çalışmada, farklı yoğurt tiplerinde natamisin, benzoik asit ve sorbik asit gibi koruyucu madde kullanımının sıklığı ve mevzuata uygunluğunun karşılaştırılması amaçlanmıştır. Böylece bu çalışmada Ankara piyasasındaki farklı yoğurt eşitleri (tam yağlı, light, tava) arasında koruyucu madde varlığı açısından anlamlı bir fark olup olmadığı ve tespit edilen koruyucu madde seviyelerinin, tüketici sağlığı için günlük alım limitleri (ADI) dikkate alındığında ne düzeyde risk oluşturacağı sorularına yanıt aranacaktır.



2. MATERİYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışmada materyal olarak marketlerde ve piyasada bulunurluğu görece daha az markaları da incelemek adına toptancılarda satışa sunulan yoğurtlar kullanılmıştır. 15 Ocak 2025-21 Nisan 2025 tarihleri arasında toplam 30 farklı markaya ait yoğurt piyasadan toplanmış ve içeriklerindeki natamisin, benzoik asit ve sorbik asit miktarlarını tespit etmek üzere son tüketim tarihlerinden en az 4 gün önce analize alınmıştır. Numuneler üç farklı gruptan seçilmiştir: 8 adet light yoğurt, 8 adet tava yoğurdu ve 14 adet tam yağlı yoğurt. Örnekler, üretici çeşitliliğini ve farklı üretim koşullarını temsil edecek şekilde farklı markalardan temin edilmiştir. Numuneler piyasadan toplanıp laboratuvara götürülme süreci dahil olmak üzere, analize alınana kadar soğuk zincir koşullarında (+4 °C) muhafaza edilmiştir

2.2 Yöntem

Bu çalışmada yoğurt numunelerinde natamisin, benzoik asit ve sorbik asit varlığının tespiti, uluslararası kabul gören yöntemlerden (AÇK Laboratuvar Prosedürleri ve NMKL No:124, 1997) yararlanılarak yüksek performanslı sıvı kromatografisiyle (HPLC) yapılmıştır.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Ölçüm ve ayırma işlemleri, degaz ünitesi ve otomatik örnekleyiciye sahip UV dedektörlü bir HPLC sisteminde (Shimadzu LC-20A system, Tokyo, Japan) yürütülmüştür. Dedektör dalga boyu, analitlerin maksimum absorpsiyon verdiği değerlere göre ayarlanmıştır (natamisin için 303 nm; benzoik asit için 229 nm; sorbik asit için 262 nm). Mobil faz, analiz türüne göre HPLC saflığında metanol, su ve asetik asit karışımlarından hazırlanmıştır. Kolon sıcaklığı oda sıcaklığında (yaklaşık 20–25 °C) sabit tutulmuş ve enjeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlenmiştir. Akış hızı ortalama 1 mL/dak olarak ayarlanmıştır.

2.3.1 Natamisin tayini için HPLC yöntemi

Natamisin analizleri, süt ürünlerinde kullanılan standardize edilmiş HPLC metodu esas alınarak yapılmıştır. Natamisin (Merck, %98, Darmstad, Almanya) stok çözeltisi 50 mg natamisin standardının 100 mL metanol içerisinde çözülmesiyle hazırlanmıştır. Bu çözeltiden uygun hacimler alınarak sulu metanol (metanol:su; 2:1, v/v) ile seyreltilmiş ve 0,1–0,8 µg/mL arasında değişen derişimlerde kalibrasyon çözeltileri elde edilmiştir.

Örnek Hazırlama: Her bir yoğurt numunesinden yaklaşık 5 g alınarak homojenize edilmiştir. Homojen örnekler 100 mL’lik erlenmayerlerde tartılmış ve üzerine 50 mL metanol ilave edilmiştir. Numuneler 90 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen süspansiyon 0,45 µm’lik filtreden geçirilmiş ve filtrelenen çözelti HPLC viallerine alınmıştır. Gerekli durumlarda numuneler analiz öncesinde derin dondurucuda kısa süre bekletilerek yağ fazının ayrılması sağlanmıştır.

Kromatografik Koşullar: Mobil faz olarak metanol:su:asetik asit (60:40:5, v/v/v) karışımı kullanılmıştır. Analizler UV dedektörde 303 nm dalga boyunda yürütülmüştür. Kolon sıcaklığı 20 °C’de sabit tutulmuştur. Her analiz sonrası kolon MeOH-su (35:65) karışımıyla yıkanarak sistem dengelenmiştir.

Hesaplama: Analiz sonunda elde edilen pik alanları kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılmış ve numunedeki natamisin miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$C_m \text{ (mg/kg)} = (V \times C_s) / m$$

Burada; C_m : Numunedeki natamisin miktarı (mg/kg), V : Numune çözeltisinin toplam hacmi (mL), C_s : Kalibrasyon eğrisinden elde edilen konsantrasyon (mg/L), m : Numune ağırlığı (g).

2.3.2 Benzoik asit ve sorbik asit tayini – HPLC yöntemi

Benzoik (Merck, %99.5%, Darmstadt, Almanya) ve sorbik asit (Merck, %99, Darmstad, Almanya) analizleri için literatürdeki NMKL 124 metodundan yararlanılmış, laboratuvar koşullarına göre optimize edilmiştir. NMKL (Nordic Committee on Food Analysis), gıda analizlerinde kullanılan yöntemlerin standardizasyonunu ve karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla oluşturulmuş uluslararası bir kuruluştur. Bu komite tarafından geliştirilen NMKL No. 124 standardı, gıdalarda bulunan p-hidroksibenzoik asit esterlerinin (paraben türevlerinin) nicel tayinine yönelik olarak hazırlanmıştır. Yöntem, metil, etil, propil ve butil parabenlerin belirlenmesini kapsamaktadır. Analizlerde yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) tekniği kullanılmakta olup, bu sayede düşük konsantrasyonlardaki bileşiklerin dahi yüksek hassasiyetle tespiti mümkün olmaktadır (Nordic Committee on Food Analysis, 1997).

Her bir yoğurt numunesinden 5 g alınarak 100 mL balon jojeye aktarılmış ve üzerine MeOH-su (35:65, v/v) karışımı eklenmiştir. Homojenize edilen karışım 15–20 dakika çalkalanmış, ardından oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan numunelerin hacmi aynı çözelti karışımı ile çizgiye tamamlanmıştır. Yaklaşık 20–30 mL'lik süspansiyon kaba filtre kağıdından süzölmüş, ilk 10 mL süzöntü atılmış, kalan kısım 0,45 µm filtreden geçirilmiştir. Elde edilen berrak faz viallere alınarak HPLC analizine hazır hale getirilmiştir.

Kromatografik Şartlar: Mobil faz I (benzoik asit ve sorbik asit için): metanol/asetat buffer (35:65, v/v).

Mobil faz II (p-hidroksi benzoik asit esterleri için): metanol/asetat buffer (55:45, v/v).

Akış hızı: 0,8 mL/dak.

Enjeksiyon hacmi: 20 µL.

Kolon sıcaklığı: 25 °C.

Dalgaboyu: Genel 235 nm (BA için 229 nm, SA için 262 nm).

ODS C18 kolon (150 mm, 4,6 mm iç çaplı) kullanılarak yapılan analizlerde benzoik asit pikleri ortalama 6–8 dakika, sorbik asit pikleri ise 9–11 dakika arasında gözlenmiştir.

Hesaplama: Elde edilen pik alanları, standart çözeltilerle oluşturulan kalibrasyon eğrisi üzerinden değerlendirilmiştir. Numunelerdeki koruyucu madde miktarları aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$\text{Analit miktarı (ppm)} = ((A_s / A_i) \times (C_i / C_s)) \times 100$$

Burada;

A_s : Numune pik alanı,

A_i : Standart pik alanı,

C_i : Standart konsantrasyonu (ppm),

C_s : Tartılan örnek miktarı (g veya mL).

Yöntemin validasyonu: Metot doğruluk ve tekrarlanabilirlik çalışmaları kapsamında, analiz yönteminin güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla numunelere belirli konsantrasyonlarda standart çözeltiler ilave edilmiştir. Bu işlem, literatürde zenginleştirme olarak adlandırılmakta olup yöntemin ölçüm doğruluğunu ve geri kazanım oranını belirlemek için uygulanır. Benzer şekilde, Sirhan vd. (2024) tarafından yürütülen bir çalışmada da, yoğurt örneklerine 5, 10 ve 20 mg/L düzeylerinde koruyucu madde eklenerek yöntem validasyonu gerçekleştirilmiş, her seviyede üç tekrarlı analiz yapılarak ortalama geri kazanım (%) ve bağıl standart sapma (RSD) değerleri hesaplanmıştır. Bu yaklaşım, kullanılan yöntemin hem doğruluk (accuracy) hem de tekrarlanabilirlik (precision) açısından güvenilir olduğunu ortaya koymak amacıyla tercih edilmiştir (Sirhan vd. 2024).

İstatistik: Yoğurtlar arasındaki farklılıklar SPSS programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. LOQ değerinin altında kalan değerler için LOQ' değerinin yarısı (LOQ/2) kullanılmıştır. Rastlanma sıklığı düşük olan gruplarda karşılaştırma yapılmamış sadece yüksek sıklıkta benzoik asit tespit edilen light ve yağlı yoğurtlar arasında karşılaştırma yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yöntemin doğruluğu ve geçerliliğini tespit etmek amacıyla bulunan sonuçlar Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Geri kazanım (% recovery) değerleri tüm analitlerde %85–105 aralığında bulunmuş; bağıl standart sapma (RSD) değerleri ise %10’un altında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, yöntemin doğruluk ve tekrarlanabilirlik açısından güvenilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca zenginleştirme düzeyleri arasında anlamlı fark gözlenmemesi, yöntemin farklı konsantrasyon seviyelerinde kararlılığını koruduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, yöntem validasyon kriterlerinin uluslararası kabul gören sınırlar (%80–120) içerisinde olduğunu doğrulamaktadır (Nordic Committee on Food Analysis, 1997; Eurachem, 2014).

Çizelge 3.1 Yoğurt çeşitlerine göre hedef analitlerin ortalama geri kazanım (%) ve bağıl standart sapma (RSD) değerleri

Koruyucu Madde	Zenginleştirme düzeyi (mg/L)	Tam Yağlı Yoğurt (%) $\pm$ RSD	Tava Yoğurdu (%) $\pm$ RSD	Light Yoğurt (%) $\pm$ RSD	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
Sorbik Asit	5	89.8 $\pm$ 5.2	91.3 $\pm$ 4.8	92.5 $\pm$ 6.1	0.25	0.83
Sorbik Asit	10	93.7 $\pm$ 3.8	98.7 $\pm$ 4.3	100.4 $\pm$ 5.0		
Sorbik Asit	20	99.1 $\pm$ 3.4	98.5 $\pm$ 3.6	99.5 $\pm$ 4.2		
Benzoik Asit	5	89.4 $\pm$ 5.5	91.2 $\pm$ 6.1	87.8 $\pm$ 5.9	0.41	1.35
Benzoik Asit	10	93.6 $\pm$ 4.7	96.4 $\pm$ 4.3	90.2 $\pm$ 4.8		
Benzoik Asit	20	98.8 $\pm$ 3.5	104.7 $\pm$ 3.8	95.9 $\pm$ 3.6		
Natamisin	5	85.3 $\pm$ 7.8	88.6 $\pm$ 6.8	85.2 $\pm$ 8.4	0.15	0.46
Natamisin	10	90.7 $\pm$ 6.3	93.1 $\pm$ 5.9	90.5 $\pm$ 6.4		
Natamisin	20	95.9 $\pm$ 4.7	98.2 $\pm$ 5.2	95.7 $\pm$ 5.3		

Not: Geri kazanım değerleri üç tekrarlı ölçümlerden elde edilmiştir. RSD (Bağıl Standart Sapma), ölçümlerin tekrarlanabilirliğini göstermektedir.

Toplam otuz yoğurt örneği üç farklı kategoriye ayrılmıştır: Tam yağlı yoğurt (n=14), tava yoğurdu (n=8) ve light yoğurt (n=8). Her bir örnekte benzoik asit, sorbik asit ve natamisin varlığı araştırılmış; tespit edilen değerler mg/kg cinsinden değerlendirilmiştir.

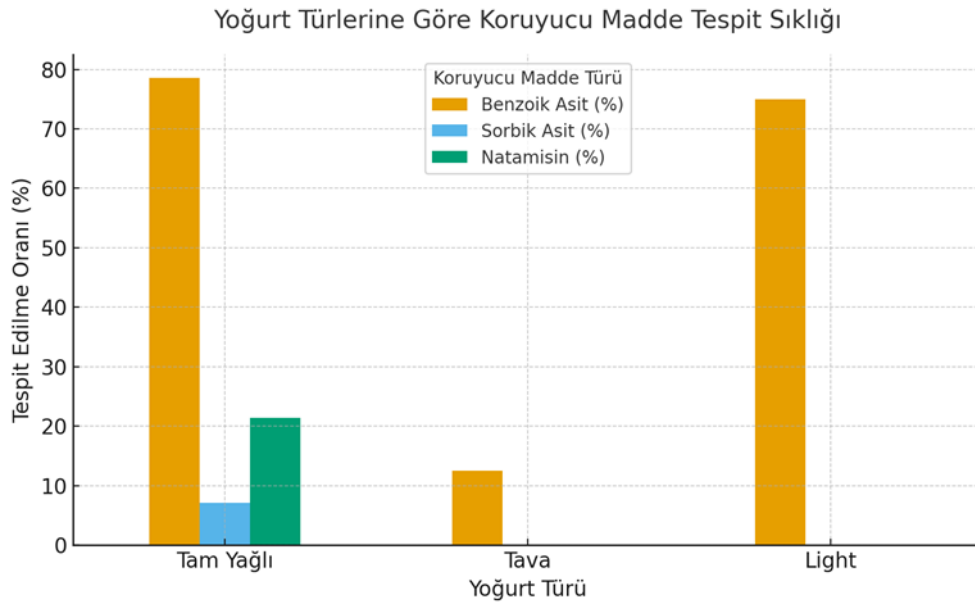
Analizlerde tayin limitinin (LOQ) altında kalanlar “<LOQ” olarak belirtilmiştir. Bulgular, her koruyucu madde için tespit sıklığı (%), konsantrasyon aralıkları (mg/kg) ve yoğurt türüne göre dağılım esas alınarak Çizelge 3.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2 Yoğurt örneklerinde koruyucu maddelerin tespit edilme sıklığı, ortalama ve standart hata ile konsantrasyon aralıkları

Yoğurt Çeşidi	Sorbik Asit (mg/kg)	Frekans (%)	Benzoik Asit (mg/kg)	Frekans (%)	Natamisin (mg/kg)	Frekans (%)
Tam Yağlı (n=14)	<LOQ – 40.03	7.1	29.67±14.7 <LOQ – 205.44	78.6	<LOQ – 10.86	21.4
Tava (n=8)	<LOQ -	0	<LOQ – 0.9	12,5	<LOQ	0
Light (n=8)	<LOQ	0	12.65±7.0 <LOQ – 56.6	75	<LOQ	0
Toplam (30)	<LOQ – 40.03	3.4	<LOQ – 205.44	60	<LOQ – 10.86	10

Not: LOQ (Tayin Sınırı) altında kalan değerler '<LOQ' olarak belirtilmiştir.

Bu çalışmada, piyasada satışa sunulan 8’i tava yoğurdu (yağ oranı %4 ile %5.5 arasında değişen), 8’i light yoğurt (yağ oranı %0.15 ile %1.4 arasında değişen) ve 14 tanesi tam yağlı yoğurt (yağ oranı %3 ile %4 arasında değişen) olmak üzere, toplam 30 farklı yoğurt numunesi üzerinde benzoik asit, sorbik asit ve natamisin varlığı yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, ürünlerde çeşitli düzeylerde koruyucu madde tespit edildiğini ortaya koymuştur. Şekil 1’de yoğurt türlerine göre koruyucu madde tespit sıklığı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Yoğurt türlerine göre koruyucu madde tespit sıklığı (%)

Natamisin, 30 numunenin 3'ünde tespit edilmiştir ve natamisin tespit edilen üç örnek de tam yağlı yoğurttur. Bu örneklerde tespit edilen natamisin düzeyleri sırasıyla, 0.48 ppm, 0.9 ppm, 10.86 ppm'dir. Mevzuata göre yoğurtlarda natamisin kullanımına izin verilmediği için, bu bulgular üretim sürecinde kontrol dışı kullanım ya da bulaş ihtimalini akla getirmektedir (Türk Gıda Kodeksi, 2023).

Sorbik asit, yalnızca bir tam yağlı yoğurt numunesinde 40.03 ppm düzeyinde belirlenmiş, diğer numunelerde tespit edilmemiştir. Bu bulgu, sorbik asit açısından yoğurtlarda genel olarak mevzuata uygun üretim yapıldığını göstermektedir.

Benzoik asit ise 18 farklı numunede değişen oranlarda tespit edilmiştir. En yüksek değer 205.44 ppm ile tam yağlı yoğurt numunesinde kaydedilmiştir. Yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde benzoik asidin doğal yollarla oluşabileceği bilimsel çalışmalarla gösterilmiştir (Özcan ve Şenyuva, 2006a). Ancak bu doğal oluşumun üst sınırı olarak Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından benzoik asit ve sorbik asidin toplam miktarının 50 ppm'yi aşmaması halinde ürün olumsuz olarak değerlendirilmemektedir, bu değer üzerindeki sonuçlar olumsuz olarak değerlendirilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2013).

Bu esaslara göre toplamda 8 numune olumsuz olarak sınıflandırılmıştır. Bu numunelerde benzoik asit, sorbik asit ve/veya natamisin miktarları, ya birlikte ya da ayrı ayrı yasal sınırları aşmıştır. Özellikle 205.44 ppm olarak ölçülen benzoik asit düzeyi, tek başına dahi sınırın 4 katından fazladır.

Ayrıca benzoik asit tespit edilen 18 örnekten 6 tanesi light yoğurt, 1 tanesi tava yoğurdu ve diğerlerinin tam yağlı yoğurt numunesi olduğu görülmüştür. Light yoğurt ve tava yoğurdu numunelerinde sorbik asit ve natamisin tespit edilmemiştir. Sorbik asit ve natamisin ise tam yağlı yoğurt numunelerinde tespit edilmiştir.



4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Ankara ilinde satışa sunulan 30 farklı yoğurt örneğinde benzoik asit, sorbik asit ve natamisin gibi koruyucu maddelerin varlığı ve mevzuata uygunluğu araştırılmıştır. Bulgular, yoğurt üretiminde yasal düzenlemelere rağmen önemli uyumsuzluklar olduğunu ortaya koymuştur.

Çalışmada natamisin, örneklerin %10'unda (3/30) tespit edilmiştir ve bu üç örneğin tamamı tam yağlı yoğurt kategorisindedir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2009/25) yoğurt üretiminde natamisin kullanımını açıkça yasaklamıştır (Anonim, 2009). Benzer şekilde, Gürsel vd. (2004) yaptıkları çalışmada, yasal düzenlemeler öncesinde yoğurtlarda natamisin kullanımının yaygın olduğunu ancak bu uygulamanın halk sağlığı açısından risk oluşturduğunu bildirmiştir. Sudağıdan ve Aydın (2013) da fermente süt ürünlerinde natamisin kalıntılarının tüketici sağlığına potansiyel olumsuz etkilerini vurgulamıştır.

Tespit edilen natamisin konsantrasyonları (0.48-10.86 mg/kg) özellikle kayda değer bir halk sağlığı riski oluşturmaktadır. En yüksek değer olan 10.86 mg/kg, kasıtlı kullanımı düşündürmektedir. Meena vd. (2021) natamisinin düşük konsantrasyonlarda bile alerjik reaksiyonlara neden olabileceğini ve uzun süreli maruziyetin gastrointestinal sistemde irritasyona yol açabileceğini bildirmiştir. Ayrıca, EFSA (2009) natamisinin günlük tolere edilebilir alım (ADI) değerini 0.3 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlemiştir; bu da tespit edilen konsantrasyonların düzenli tüketimde sağlık riski oluşturabileceğini göstermektedir.

Sorbik asit yalnızca bir örnekte (40.03 mg/kg) tespit edilmiştir, bu da örneklerin %3.4'üne karşılık gelmektedir. Bu bulgu, sorbik asit açısından genel olarak mevzuata uygunluğun sağlandığını göstermektedir. Ancak tespit edilen bu tek örnek, 50 mg/kg yasal sınırının altında olmasına rağmen kayda değer bir halk sağlığı riski oluşturmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2013). Smid ve Gorris (1999) sorbik asidin antimikrobiyal etkinliğini vurgularken, fermente ürünlerdeki laktik asit

bakterilerinin aktivitesini inhibe edebileceğini ve ürün kalitesini olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir.

Pattison vd. (2004) sorbik asidin yüksek konsantrasyonlarda genotoksik potansiyele sahip olabileceğini ve DNA hasarına yol açabileceğini rapor etmiştir. Bu nedenle, sorbik asit tespit edilen örneğin üreticisinin kontrol süreçlerini gözden geçirmesi gerekmektedir.

Çalışmada en istatistiksel olarak anlamlı bulgu, örneklerin %60'ında (18/30) benzoik asit tespit edilmesidir. Konsantrasyonlar <LOQ'dan 205.44 mg/kg'a kadar değişmektedir. Bu geniş aralık, farklı kaynaklara işaret etmektedir.

Fermente süt ürünlerinde benzoik asidin doğal yollarla oluşabileceği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Özcan ve Şenyuva (2006) yaptıkları kapsamlı çalışmada, laktik asit bakterilerinin metabolik aktivitesi sonucunda benzoik asidin oluşabileceğini ve bunun konsantrasyonunun genellikle 10-30 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Nachi vd. (2012) fermantasyon koşullarına bağlı olarak benzoik asit oluşumunun değişkenlik gösterebileceğini ancak 50 mg/kg'ın üzerindeki değerlerin genellikle kasıtlı ilave ile ilişkili olduğunu vurgulamıştır.

Çalışmada, 18 örneğin 8'inde benzoik asit konsantrasyonu 50 mg/kg yasal eşiğini aşmıştır. En yüksek değer olan 205.44 mg/kg, bu sınırın dört katından fazladır ve açıkça kasıtlı ilave edildiğini göstermektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı (2013) tarafından belirlenen 50 mg/kg üst sınırı hem doğal oluşumu hem de tüketici güvenliğini dikkate alan bir yaklaşımdır.

Light yoğurtlarda benzoik asit tespit oranı (%75) tam yağlı yoğurtlara göre (%78.6) benzer seviyededir, ancak tava yoğurdunda bu oran sadece %12.5'tir. Bu farklılık, üretim prosesleri ve kullanılan starter kültürlerle ilişkili olabilir. Champagne vd. (2018) düşük yağlı ürünlerde mikrobiyel kontaminasyon riskinin daha yüksek olduğunu ve bu nedenle bazı üreticilerin koruyucu madde kullanımına yönelebileceğini bildirmiştir.

Natamisin ve sorbik asidin sadece tam yağlı yoğurtlarda tespit edilmesi kayda değer bir halk sağlığı riski oluşturmaktadır. Bu durum, üretim hatlarının farklılığı veya belirli üreticilerin uygulamalarıyla ilişkili olabilir. Delavenne vd. (2012) yağ içeriğinin koruyucu maddelerin dağılımını ve etkinliğini etkileyebileceğini göstermiştir.

Koruyucu maddelerin insan sağlığı üzerindeki etkileri, özellikle düzenli tüketimde önem kazanmaktadır. Benzoik asit ve tuzları ile ilgili olarak, JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ADI değerini 0-5 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlemiştir (WHO, 2000). 70 kg'lık bir yetişkin için bu günlük 350 mg'a karşılık gelmektedir. Çalışmada tespit edilen en yüksek konsantrasyon (205.44 mg/kg) dikkate alındığında, 100 g yoğurt tüketimi yaklaşık 20.5 mg benzoik asit alımına neden olmaktadır. Günde 500 g yoğurt tüketen bir birey için bu miktar 100 mg'a ulaşabilir, ki bu ADI'nın yaklaşık %29'udur.

Ancak, Mpountoukas vd. (2010) benzoik asidin yüksek konsantrasyonlarda DNA hasarına, oksidatif strese ve sitotoksik etkilere neden olabileceğini göstermiştir. Özellikle çocuklar ve hassas gruplar için risk daha yüksektir. Bateman vd. (2004) çocuklarda benzoik asit ve diğer katkı maddelerinin hiperaktivite ve dikkat eksikliği ile ilişkili olabileceğini bildiren çalışma, İngiltere'de gıda katkı maddelerinin kullanımının yeniden değerlendirilmesine yol açmıştır.

Sorbik asit için JECFA ADI değeri 0-25 mg/kg vücut ağırlığıdır (EFSA, 2015). Çalışmada sadece bir örnekte tespit edilen 40.03 mg/kg konsantrasyonu, tek başına risk oluşturmada da, benzoik asit ile birlikte değerlendirildiğinde kümülatif etki endişe vericidir.

Çalışmada 8 örneğin (%26.7) yasal sınırı aşması, üretim süreçlerinde ciddi kalite kontrol sorunlarına işaret etmektedir. Bu durum farklı nedenlerle açıklanabilir:

1. Kasıtlı ihlal: Üretim maliyetini düşürmek veya raf ömrünü uzatmak için bilinçli koruyucu madde ilavesi (Settanni ve Moschetti, 2010).

2. Çapraz kontaminasyon: Aynı retim hatlarında farklı ürünlerin (rneğin peynir) retilmesi sırasında natamisin bulaşması (Beresford vd. 2001).
3. Yetersiz hijyen ve teknolojik yetersizlik: Düşük kaliteli süt veya yetersiz pastörizasyon nedeniyle mikrobiyel kontaminasyon riski ve bunun önlenmesi için koruyucu madde kullanımı (De Buyser vd. 2001).

Türkiye'de gıda güvenliği denetimi Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Çalışmanın bulguları, mevcut denetim mekanizmalarının daha da sıklaştırılması gerektiğini göstermektedir. Ayėn vd. (2015) Türkiye'de süt ürünleri sektöründe yapılan denetimlerin sıklığının ve kapsamının artırılması gerektiğini vurgulamıştır.

Avrupa Birliği'nde Regulation (EC) No 1333/2008 gıda katkı maddelerinin kullanımını sıkı bir şekilde düzenlemektedir (European Commission, 2008). Türkiye'nin AB uyum sürecinde benzer standartları benimsemesi ve uygulaması kritik önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın güçlü yönleri arasında, farklı yoğurt kategorilerini kapsayan örneklem büyüklüğü ve HPLC gibi güvenilir analitik yöntemin kullanılması yer almaktadır. Ancak bazı sınırlılıklar da mevcuttur:

- Örnekler sadece belirli bir zaman diliminde ve belirli bölgelerden toplanmıştır, bu nedenle sonuçlar tüm Türkiye piyasasını temsil etmeyebilir.
- Starter kültür türleri ve fermentasyon koşulları hakkında bilgi bulunmamaktadır, bu da doğal benzoik asit oluşumunun değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye piyasasında satışı sunulan yoğurtların önemli bir kısmında (%26.7) yasal sınırı aşan koruyucu madde kullanımı olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle yasaklanmış olan natamisin %10 oranında tespit edilmesi ve benzoik asit konsantrasyonlarının yasal sınırı aşması kayda değer bir halk sağlığı riski oluşturmaktadır. Bu bulgular ışığında aşağıdaki öneriler sunulabilir:

- Denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi: Tarım ve Orman Bakanlığı'nın piyasa gözetimi ve denetim sıklığını artırması gerekmektedir.
- Üretici eğitimi: Gıda güvenliği, mevzuat ve iyi üretim uygulamaları konusunda üretici ve çalışanların eğitilmesi önemlidir.
- Cezai yaptırımların artırılması: Mevzuata aykırı üretim yapan firmalara yönelik caydırıcı cezai müeyyidelerin uygulanması gerekmektedir.
- Tüketici bilincinin artırılması: Halkın gıda etiketlerini okuma ve bilinçli tüketim konusunda eğitilmesi önemlidir.
- Teknolojik destek: Küçük ve orta ölçekli işletmelerin hijyenik koşullarda üretim yapabilmeleri için teknik ve mali destek sağlanmalıdır.
- Etiketleme ve içerik bildirimi konusunda daha şeffaf bir yaklaşım benimsenmelidir. Her ürünün ambalajında açıkça “koruyucu madde içermez” gibi ifadelerin doğruluğu denetlenmeli, tüketici yanıltıcı beyanlardan korunmalıdır.
- Ulusal düzeyde katkı maddelerinin doğal oluşum sınırlarını belirleyen açık mevzuat güncellemesi yapılmalıdır. Bu tür maddelerin hangi şartlarda ve ne düzeyde doğal olarak oluşabileceği bilimsel temellere dayandırılarak, mevzuata açıkça yansıtılmalıdır.
- Düzenli izleme programları: Koruyucu madde kullanımının düzenli olarak izlendiği ulusal bir program oluşturulmalıdır.
- İyi üretim uygulamalarına (GMP) ve HACCP sistemine uyum, sektörde zorunlu hale getirilmelidir. Böylece hem doğal oluşabilecek maddeler kontrol altında tutulur hem de dışarıdan katkı ilavesi riskleri minimize edilir.

Bu öneriler, sadece yoğurt ürünlerinde değil, tüm fermente süt ürünlerinde gıda güvenliğinin artırılması için rehber niteliğindedir. Gıda güvenliği, sadece üretici ve denetleyici kurumların değil; aynı zamanda tüketici bilincinin ve akademik çalışmaların da katkısıyla sürdürülebilecek çok yönlü bir sorumluluktur. Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye'de yoğurt üretiminde kalite kontrol ve mevzuata uyum konusunda ciddi sorunlar olduğunu göstermiştir. Tüketici sağlığının korunması ve gıda güvenliğinin sağlanması için multidisipliner bir yaklaşım ve tüm paydaşların işbirliği gerekmektedir. Gelecekte, daha geniş örneklem grupları ile ve üretici bazlı takip çalışmaları ile bu alandaki bilgi birikiminin artırılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Ahmad, I., Hao, M., Lyu, F., Ahmed, N., ve Shoaib, M. (2022). Fortification of yoğurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 558–580. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>
- Aktaş, N., Yıldız, D., ve Çelik, İ. (2018). Yoğurt üretiminde stabilizatör kullanımının fiziksel kalite üzerindeki etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 13(2), 75– 82.
- Atamer, M., Gürsel, A., Tamuçay, B., Gençer, N., Yıldırım, G., Odabaşı, S., Karademir, E., Şenel, E., ve Kırdar, S. (1999). Dayanıklı ayran üretiminde pektin kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 24(2), 119–126.
- Axel, A. H. D., ve Levy, S. B. (2015). Does use of the polyene natamycin as a food preservative jeopardise the clinical efficacy of amphotericin B? A word of concern. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 45(6), 564–567. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2015.02.011>
- Aygün, O., Schneider, E., & Scheuer, R. (2015). Survey on the microbiological quality and the presence of preservatives in Turkish dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 68(2), 252-258.
- Bağcı, T. (1995). Gıda katkı maddeleri ve gıda kontrolü. *Halk Sağlığı Temel Bilgiler*. Güneş Kitapevi Ltd., Ankara.
- Bağcı, T. (1997). Gıda katkı maddeleri ve sağlığımız üzerine etkileri. *Hacettepe Tıp Dergisi*, 28(1), 18–23.
- Bateman, B., Warner, J. O., Hutchinson, E., Dean, T., Rowlandson, P., Gant, C., Grundy, J., Fitzgerald, C., & Stevenson, J. (2004). The effects of a double blind, placebo controlled, artificial food colourings and benzoate preservative challenge on hyperactivity in a general population sample of preschool children. *Archives of Disease in Childhood*, 89(6), 506-511.
- Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L., & Cogan, T. M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 259-274.
- Boğa, A., ve Binokay, S. (2010). Gıda katkı maddeleri ve sağlığımıza etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 19(3), 141–154.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2008). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Champagne, C. P., Ross, R. P., Saarela, M., Hansen, K. F., & Charalampopoulos, D. (2018). Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. *International Journal of Food Microbiology*, 149(1), 185-193.
- Chen, C. H., Ho, S. N., Hu, P. A., Kou, Y. R., ve Lee, T.-S. (2020). Food preservative sorbic acid deregulates hepatic fatty acid metabolism and VLDL secretion in

- mice. *Journal of Food and Drug Analysis*, 28(2), Article 2. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.1055>
- Clark, I. M. (Ed.). (2001). *Matrix metalloproteinase protocols* (Vol. 151). Totowa, NJ: Humana press.
- Çakır, R. (2011). Bazı gıda ürünlerinde sorbik asit ve benzoik asit varlığının tespiti (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakıroğlu, F. P. (2003). Yoğurdun besleyici ve sağlığı koruyucu etkisi. *Gıda*, 28(1).
- Çetinkaya, F., ve Gürsoy, O. (2017). Fonksiyonel süt ürünleri ve sağlık üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 36(1), 69–78.
- De Buyser, M. L., Dufour, B., Maire, M., & Lafarge, V. (2001). Implication of milk and milk products in food-borne diseases in France and in different industrialised countries. *International Journal of Food Microbiology*, 67(1-2), 1-17.
- Delavenne, E., Mounier, J., Dénier, F., Barbier, G., & Le Blay, G. (2012). Biodiversity of antifungal lactic acid bacteria isolated from raw milk samples from cow, ewe and goat over one-year period. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 185-190.
- Eser, B., ve Sepici Dinçel, A. (2018). Kromatografiye giriş, yüksek performanslı sıvı kromatografi kullanımında basit ipuçları. *Journal of Health Services and Education*, 2(2), 51–57. DOI: 10.26567/JOHSE.2018250150
- EFSA (European Food Safety Authority). (2009). Scientific opinion on the use of natamycin (E 235) as a food additive. *EFSA Journal*, 7(12), 1412.
- EFSA (European Food Safety Authority). (2015). Scientific opinion on the re-evaluation of sorbic acid (E 200), potassium sorbate (E 202) and calcium sorbate (E 203) as food additives. *EFSA Journal*, 13(6), 4144.
- Elchemy. (2025). Benzoic acid uses in food: Natural preservation benefits. Erişim adresi: <https://elchemy.com/blogs/food-nutrition/the-benefits-of-benzoic-acid-uses-in-food-and-beverage-products-natural-preservation-solutions>, Erişim tarihi: 10/07/2025
- Erkmen, O. (2010). Gıda mikrobiyolojisi (2. baskı). Ankara: Sim Matbaacılık.
- Eurachem. (2014). The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics (2nd ed.). EURACHEM. Erişim adresi: https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf Erişim tarihi: 05/06/2025
- European Commission. (2008). Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council on food additives. *Official Journal of the European Union*, L 354/16.
- FAO/WHO. (1996). Evaluation of certain food additives and contaminants: Forty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO TRS 868).
- FAO/WHO. (2002). Evaluation of certain food additives and contaminants: Fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO TRS 913).

- FAO/WHO. (2004). Evaluation of certain food additives: Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO TRS 922).
- FAO/WHO. (2018). Codex standard for fermented milks (CXS 243-2003). Codex Alimentarius. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Furuncuoğlu, Y., ve Basar, M. (2014). Effects of a stanol-enriched yogurt on plasma cholesterol levels. *European Journal of General Medicine*, 11(4), 230–234.
- Gürsel, A., Gursoy, O., Gursoy, A., & Biyikoglu, M. (2004). Natamycin residues in yogurt and its stability during storage. *Food Additives & Contaminants*, 21(6), 530-534.
- Gürsel, A., Şenel, E., ve Yaman, Ş. (2004). Yoğurtta maya ve küf gelişimine karşı biyokoruyucu kültür kullanımı. *Gıda*, 29(4).
- Harris, D. C. (2015). Quantitative chemical analysis (9th ed.). W. H. Freeman.
- JECFA. (1974). Toxicological evaluation of some food additives: Including anticaking agents, antimicrobials, antioxidants, emulsifiers and thickening agents. WHO Food Additives Series No. 5. Geneva: WHO. <https://incchem.org/documents/jecfa/jecmono/v05je05.htm>
- JECFA. (1996). Evaluation of certain food additives and contaminants: Forty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO TRS 868). Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42388>
- JECFA. (2002). Evaluation of certain food additives and contaminants: Fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO TRS 913). Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42436>
- Karamollu, Ö., ve Bilgiç Alkaya, D. (2017). Development and validation of liquid chromatographic method with DAD for the quantification of natamycin in dairy products. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21(2), 355–360. <https://doi.org/10.12991/marupj.300891>
- Karatepe, T. U., ve Ekerbiçer, H. Ç. (2018). Gıda katkı maddeleri. *Sakarya Tıp Dergisi*, 7(4), 164–167. <https://doi.org/10.31832/smj.368978>
- Kızılaslan, N., ve Solak, İ. (2016). Yoğurt ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12, 52–59.
- Kosikowski, F. V., ve Mistry, V. V. (1997). Cheese and fermented milk foods.
- Koroleva, N. S. (1988). Technology of kefir and kumys.
- Köse, E. (2016). Süt ürünlerinde katkı maddeleri ve etkileri. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 5(3), 188–194.
- Kumari, S., Debbarma, R., Nasrin, N., Khan, T., Taj, S., ve Bhuyan, T. (2024). Recent advances in packaging materials for food products. *Food Bioengineering*, 3(2), 236-249. <https://doi.org/10.1002/fbe2.12096>
- Kurmann, J. A., Rasic, J. L., ve Kroger, M. (1992). Encyclopedia of fermented fresh milk products: An international inventory of fermented milk, cream, buttermilk, whey, and related products. Springer Science & Business Media.

- Li, J., Zhang, Y., Chen, H., ve Wang, X. (2025). A comprehensive review of probiotic yogurt: nutritional modulation, flavor improvement, health benefits and advances in processing techniques. *Food Bioengineering*, 4(1), 45–62. <https://doi.org/10.1007/s44462-025-00023-7>
- Meena, M., Prajapati, P., Ravichandran, C., ve Sehrawat, R. (2021). Natamycin: A natural preservative for food applications—a review. *Food Science and Biotechnology*, 30(12), 1481–1496. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00981-1>
- Metin, M. (1998). Süt teknolojisi: Sütün bileşimi ve işlenmesi. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Mpountoukas, P., Pantazaki, A., Kostareli, E., Christodoulou, P., Kareli, D., Poliliou, S., Mourelatos, C., Lambropoulou, V., & Lialiaris, T. (2010). Cytogenetic evaluation and DNA interaction studies of the food colorants amaranth, erythrosine and tartrazine. *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 2934–2944.
- Nachi, I., Fhoula, I., Smida, I., Taher, I. B., Chouaibi, M., & Jaunbergs, J. (2012). Assessment of lactic acid bacteria application for the reduction of acrylamide formation in bread. *Journal of Food Science*, 77(8), T156-T161.
- Nat, F., Ozturk, H. I., & Unal, M. U. (2017). Natamycin: Properties, applications in food products and health effects. *Journal of Food and Health Science*, 3(2), 79-91.
- Nordic Committee on Food Analysis. (1997). NMKL Method No. 124: Benzoic acid, sorbic acid and p-hydroxybenzoic acid esters — Liquid chromatographic determination in foods (2nd ed.). NMKL. <https://www.nmkl.org/product/benzoic-acid-sorbic-acid-and-p-hydroxybenzoic-acid-esters-liquid-chromatographic-determination-in-foods/> Erişim tarihi:26.07.2025
- Nura, A. (2018). Advances in food packaging technology-a review. *Journal of Postharvest Technology*, 6(4), 55-64. Erişim adresi: <https://www.journals.acspublisher.com/index.php/jpht/article/view/15651> Erişim tarihi:02.09.2025
- Özcan, M., ve Şenyuva, H. Z. (2006a). Determination of benzoic and sorbic acids in yogurt by HPLC. *Turkish Journal of Food Science and Technology*, 27(2), 93–98.
- Özcan, S., ve Şenyuva, H. Z. (2006b). Improved and simplified liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry method for the analysis of underivatized free amino acids in various foods. *Journal of Chromatography A*, 1135(2), 179-185.
- Özer, B. (2006). Yoğurt bilimi ve teknolojisi. Sidas Medya Ltd. Şti.
- Pattison, D. J., Symmons, D. P., Lunt, M., Welch, A., Bingham, S. A., Day, N. E., & Silman, A. J. (2004). Dietary risk factors for the development of inflammatory polyarthritis: Evidence for a role of high level of red meat consumption. *Arthritis & Rheumatism*, 50(12), 3804-3812.

- Priyashantha, H., Ranga, M., Pelpolage, S. W., Wijesekara, A., ve Jayarathna, S. (2025). Incorporation of fruits or fruit pulp into yoghurts: Recent developments, challenges, and opportunities. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, Article 1581877. <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1581877>
- Rajan, A., Krishnan, G., ve Thomas, S. (2025). A review of smart food and packaging technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104237. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100593>
- Rasic, J. L., ve Mitic, R. (1962). Influence of yeast and molds on the quality of dairy products. *Mljekarstvo*, 12, 131–138.
- Sahan, N., Güven, M., ve Kaçar, A. (2004). Farklı asitliklerdeki yoğurtlardan torba yoğurdu üretimi ve natamisinin raf ömrü üzerine etkisi. *GIDA*, 29(1).
- Settanni, L., & Moschetti, G. (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiology*, 27(6), 691-697.
- Sezgin, E. (tarihsiz). Fermente süt ürünleri. Ders notları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü.
- Shiby, V. K., ve Mishra, H. N. (2013). Fermented milks and milk products as functional foods—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 482–496.
- Sirhan, A., AlRashdan, Y., Jarrar, Q., Mostafa, A., ve Abdulra'uf, L. B. (2024). Optimized HPLC-UV Methodology for the Simultaneous Quantification of Multiple Preservatives in Jordanian Yogurt Products. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(3).
- Skoog, D. A., Holler, F. J., ve Crouch, S. R. (2017). *Principles of instrumental analysis* (7th ed.). Cengage Learning.
- Smid, E. J., & Gorris, L. G. M. (1999). Natural antimicrobials for food preservation. In M. S. Rahman (Ed.), *Handbook of Food Preservation* (pp. 285-308). Marcel Dekker.
- Soulides, D. A. (1956). Yeast and mold spoilage in yogurt. *Journal of Dairy Science*, 39(7), 1020–1024.
- Sousa, J. M., ve Uden, C. D. (1958). Contamination of fermented milk products with molds. *Applied Microbiology*, 6(2), 89–93.
- Subramaniyan, S. B., Basha, R. K., ve Rajendran, R. (2023). Probiotic incorporation into edible packaging: A recent perspective. *Journal of Functional Foods*, 105, 105592. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818123002049>
- Sudağıdan, M., & Aydın, A. (2013). Molecular characterization of natamycin resistance in *Zygosaccharomyces bailii* isolated from fruit concentrate. *International Journal of Food Microbiology*, 166(3), 309-315.
- Şireli, U., ve Onaran, B. (2012). Yoğurt ve yoğurdun insan sağlığı açısından yararları. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı.

- Tamime, A. Y., ve Robinson, R. K. (1985). *Yoghurt: Science and technology*. Pergamon Press.
- Tarakçı, Z., Karaağaç, M., ve Çelik, Ö. F. (2015). Ordu il merkezindeki tüketicilerin fermente süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(2), 71–80.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2013). *Gıda ve Yem Resmi Kontrol Laboratuvarları Rehberi*. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Türk Gıda Kodeksi (2022). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2022/44). Resmî Gazete, 30.11.2022, Sayı: 32029. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5.htm>
- Tekinşen, O. C., Atasever, M., Keleş, A., ve Tekinşen, K. K. (2002). Süt, yoğurt, tereyağı, peynir üretim ve kontrol. Selçuk Üniversitesi Basımevi.
- Topal, M. (1984). Gıdalarda mikotoksinlerin önemi ve halk sağlığı açısından değerlendirilmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 13(1), 15–22.
- Tremblay, A., Doyon, C., ve Sanchez, M. (2015). Impact of yogurt on appetite control, energy balance, and body composition. *Nutrition Reviews*, 73(Suppl 1), 23–27. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv015>
- Uçar, Y. (2004). Ankara’da satışa sunulan yoğurtların benzoik asit içeriği üzerine bir araştırma (Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı). Ankara.
- Ünlü, D., ve Güneş Bayır, A. (2022). Koruyucu gıda katkı maddeleri ve sağlığa etkisi. *Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi*, 4, 55–68.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., ve Geurts, T. J. (2006). *Dairy science and technology* (2nd ed.). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Wang, S., Liu, Q., ve Zhao, L. (2025). Advances in yogurt development: Microbiological safety, quality and innovations. *Journal of Dairy Science*, 108(3), 1150–1165. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25322>
- WHO (World Health Organization). (2000). Safety evaluation of certain food additives and contaminants: Benzoic acid and sodium benzoate. *WHO Food Additives Series*, 48, 3-26.
- Yalçın, S. (2015). Meyveli yoğurtlarda aroma ve tat profili geliştirme üzerine güncel yaklaşımlar. *Gıda ve Beslenme Dergisi*, 7(1), 45–53.
- Yaygın, H. (1992). Kımız ve özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Basımevi.
- Yaygın, H. (1999). Yoğurt teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Basımevi.
- Yetisemiyen, A. (Ed.). (2010). Süt teknolojisi (Bölüm 1). Ankara Üniversitesi Yayınları No:1560, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Yentür, G., ve Bayhan, A. (1990). Bazı gıda maddelerinde sorbik asit ve benzoik asit miktarlarının araştırılması. *GIDA*, 15(2), 79–82.
- Yılmaz Ersan, L., ve Kurdal, E. (2005). Peynir muhafazasında kullanılan doğal bir antimikrobiyal: Natamisin. *GIDA*, 30(6), 385–388.