

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRAVİYOLE IŞINLARI VE ULTRASOUND
UYGULAMALARININ SÜTÜN AROMA-AKTİF BİLEŞENLERİ VE
MİKROORGANİZMA YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Burcu ENGİN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih : 22.04.2009

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Yonca KARAGÜL YÜCEER

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Fatma Burcu ENGİN tarafından **Doç. Dr. Yonca KARAGÜL YÜCEER** yönetiminde hazırlanan **“ULTRAVİYOLE IŞINLARI VE ULTRASOUND UYGULAMALARININ SÜTÜN AROMA-AKTİF BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİSİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Yonca KARAGÜL YÜCEER
.....

Yönetici

.....
Prof. Dr. Selma GÜVEN
.....

Jüri Üyesi

.....
Yrd. Doç. Dr. Şirin GÜLTEN
.....

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:...../...../.....

.....
Prof. Dr. Neşet AYDIN
.....

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2007/76 no'lu projeden ve TÜBİTAK tarafından TOVAG-108O257 no'lu projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, karşılaştığım her zorlukta yardımlarını ve manevi desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Yonca KARAGÜL YÜCEER'e,

Bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan ve çalışmalarım da daima bana destek olan Bölüm Başkanımız Sn. Prof. Dr. Selma GÜVEN'e, Değerli Hocalarıma ve Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma,

Yüksek lisans eğitimim boyunca verdiği 2210 BİDEB bursu için TÜBİTAK'a,

Tez çalışmada kullandığım Ultraviyole cihazının yapımını gerçekleştiren Makine Yüksek Mühendisi Sayın Yusuf KÖPRÜLÜ'ye ve Gentra İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti.'ne,

Tüm çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Ar. Gör. Onur GÜNEŞER'e,

Çalışmamda verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesindeki yardımlarından dolayı Sn. Doç. Dr. Mehmet MENDEŞ'e,

Tez çalışmamın Ultrasound analizlerinde laboratuvar olanaklarını kullanmama izin veren Sn. Yrd. Doç. Dr. Önder AYYILDIZ'a ve yardımlarından dolayı Ar. Gör. Burcu İleri'ye,

Yaşamım boyunca maddi ve manevi beni destekleyen, her zaman yanımda olan aileme, desteği ve anlayışından dolayı Taylan ÇOBAN'a,

Teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Burcu ENGİN

SİMGELER VE KISALTMALAR

UV : Ultraviyole

US : Ultrasound

GCO : Gaz kromatografisi-olfaktometri

AEDA : Aroma ekstrakt dilüsyon analizi

FD : Flavor dilüsyon

RI : Alıkonma indeksi

GC-MS : Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi

°C: Santigrat derece

g: Gram

mg: Miligram

%: Yüzde

kob: Koloni oluşum birimi

µm: Mikrometre

mm: Milimetre

mL: Mililitre

ÖZET

ULTRAVİYOLE IŞINLARI VE ULTRASOUND UYGULAMALARININ SÜTÜN AROMA-AKTİF BİLEŞENLERİ VE MİKROORGANİZMA YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatma Burcu ENGİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yonca KARAGÜL YÜCEER

22.04.2009, 55 s.

Bu çalışmanın amaçları, ultraviyole (UV) ve ultrasound (US) uygulamalarının sütün mikrobiyal yükü, aroma-aktif bileşenleri, peynir enzimi ve yoğurt bakterileri ile pıhtılaşma yeteneği üzerine etkilerinin belirlenmesidir. Yapılan çalışmada, ısıl olmayan bu uygulamaların, ısıl işleme alternatif bir işlem olup olmayacağı ortaya konmuştur.

Çiğ, pastörize, UV ve US uygulanmış süt örnekleri doğrudan solvent ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilmiş ve uçucular yüksek vakum distilasyon metoduyla izole edilmiştir. Ekstraktlar, nötral/bazik ve asidik fraksiyonlara ayrıldıktan sonra gaz kromatografisi olfaktometri (GCO) ve gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılarak analiz edilmiştir. US uygulamasının asidik fraksiyondaki asitler üzerine daha etkili olduğu ve asitlerin aroma yoğunluklarını arttırdığı tespit edilmiştir. Süte uygulanan ısıl işlem ve UV uygulamasının nötral/bazik fraksiyondaki aldehitlerin, ketonların ve esterlerin yoğunluklarında artışa neden olduğu saptanmıştır. Mikrobiyolojik analizler sonucunda çiğ sütte bulunan toplam canlı, koliform, *E. coli*, *Staphylococcus spp.* ve maya-küf popülasyonlarında bu işlemlerin uygulanmasıyla azalma olduğu belirlenmiştir. Örneğin; çiğ sütte, koliform 4,18 log kob/mL, *E.coli* 2,85 log kob/mL, *Staphylococcus spp.* 2,96 log kob/mL seviyelerinde tespit edilirken, US uygulamasıyla koliform 2,95 log kob/ml, *E.coli* 1,70 log kob/mL ve *Staphylococcus spp.* 2,19 log kob/mL seviyelerine azaldığı saptanmıştır. Pastörize edilmiş sütte ve UV uygulanmış sütte ise koliform, *E.coli* ve *Staphylococcus spp.* tamamen inhibe edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: süt, ısıl işlem, ultraviyole, ultrasound, aroma, mikroorganizma

ABSTRACT

EFFECTS OF ULTRAVIOLET LIGHT AND ULTRASOUND APPLICATIONS ON AROMA-ACTIVE COMPONENTS AND LOAD OF MICROORGANISMS IN MILK

Fatma Burcu ENGİN

Canakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Food Engineering Thesis of Master of Science

Advisor: Yonca KARAGÜL YÜCEER

22.04.2009

The purpose of this study were to determinate the effects of ultraviolet (UV) and ultrasound (US) treatments on microbiological population and aroma active compounds of milk and coagulation ability of milk by rennin enzyme and yogurt bacteria. In the present study, it was stated if one of these nonthermal processes can be alternative to heat treatment.

Raw, pasteurized, UV and US treatments applied milk samples were extracted by direct solvent extraction and volatiles were isolated by high vacuum distillation method. Extracts were separated into neutral/basic and acidic fractions and analyzed by using gas chromatography-olfactometry (GCO) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). It was determined that US treatment was more effective on acidic compounds and increase was determined the aroma intensities of these compounds. UV and heat treatment were caused to increase in odor intensities of aldehydes, ketones and esters in neutral/basic fraction. The results of microbiological analysis showed that the numbers of total aerobic bacteria, coliform, *E. coli*, *Staphylococcus spp.* and yeast-mold in raw milk decreased by using these treatments. For example, 4,18 log cfu/ml coliform, 2,85 log cfu/ml *E.coli* and 2,96 log cfu/ml *Staphylococcus spp.* were determined in raw milk, but application of US treatment reduced the number of coliform to 2,95 log cfu/ml, *E. coli* to 1,70 log cfu/ml and *Staphylococcus spp.* to 2,19 log cfu/ml. In case of pasteurized and UV treated milk samples, coliform, *E. coli* and *Staphylococcus spp.* were completely inhibited. UV treatment did not show any adverse effect on coagulation properties of milk by rennin enzyme and yogurt culture.

Key Words : milk, heat treatment, ultraviolet, ultrasound, aroma, microorganism

İÇERİK

	Sayfa No
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇERİK.....	viii
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Sütün Aroması ve Aromayı Etkileyen Faktörler.....	3
2.1.1. Isıl İşlemin Etkisiyle Aroma Maddelerinin Oluşumu.....	3
2.1.2. Lipid Oksidasyonu	5
2.1.3. Işık Etkisiyle Aroma Maddelerinin Oluşumu	5
2.2. Aroma Maddelerinin Analizi	6
2.2.1. Gaz Kromatografisi Olfaktometri (GCO).....	7
2.3. Isıl İşleme Alternatif Teknolojiler.....	7
2.3.1. Ultraviyole (UV) Işınları ve Etkinliği	8
2.3.1.1. Süte UV Uygulamaları	9
2.3.1.2. Diğer Uygulamalar	11
2.3.2. Ultrasound (US) Uygulaması	13
2.4. Pıhtılaşma	14
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Süt.....	16
3.1.2. Kimyasal Maddeler ve Aroma Standartları	16
3.1.3. Besiyerleri.....	16
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Süt Örneklerinin Hazırlanması	16
3.2.2. Pastörizasyon.....	17
3.2.3. Süte UV İşleminin Uygulanması.....	17
3.2.4. Süte US Uygulanması.....	17

3.3. Analiz Yöntemleri	19
3.3.1. Çiğ Süte Uygulanan Kimyasal Analizler	19
3.3.1.1. Titrasyon Asitliği.....	19
3.3.1.2. Yağ Tayini.....	19
3.3.1.3. Toplam Kurumadde.....	19
3.3.1.4. Protein Tayini.....	20
3.3.1.5. Kül Tayini.....	20
3.3.2. Mikrobiyolojik Analizler	21
3.3.2.1. Örnek Hazırlama.....	21
3.3.2.2. Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı.....	21
3.3.2.3. Koliform Sayımı.....	21
3.3.2.4. <i>Escherichia coli</i>	22
3.3.2.5. <i>Staphylococcus aureus</i>	21
3.3.2.6. Maya-Küf.....	22
3.3.3. Aroma Analizleri	22
3.3.3.1. Doğrudan solvent ekstraksiyon.....	24
3.3.3.2. Yüksek vakum distilasyon (HVD).....	24
3.3.3.3. Gaz Kromatografisi-Olfaktometri (GCO).....	25
3.3.3.4. Karakteristik Aroma-Aktif Bileşenlerin GCO Yöntemiyle Belirlenmesi	27
3.3.3.5. Aroma Ekstrakt Dilüsyon Analizi (AEDA).....	28
3.3.3.6. Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS).....	28
3.3.4. Duyusal Analiz	28
3.3.5. Pıhtılaşma Yeteneği	28
3.3.5.1. Viskozite.....	29
3.3.5.2. Serum Ayrılması.....	29
3.3.6. İstatistiksel Analizler	29
BÖLÜM 4 - ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	31
4.1. Analizlerde Kullanılan Sütün Genel Özellikleri	31
4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	32
4.3. Aroma Analiz Sonuçları	33
4.4. Viskozite, Serum Ayrılması ve Pıhtılaşma Yeteneği	42
4.5. Duyusal Analiz Sonuçları	42
BÖLÜM 5 - SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44

KAYNAKLAR	48
TABLolar	56
ŒEKİLLER	57
ÖZGEÇMİŒ	I

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Süt, dişi memeli hayvanlardaki doğum sonrasında süt bezlerinde salgılanan, kendine özgü tat, koku ve kıvamı olan, temel besin öğelerini yeterli ve dengeli şekilde bileşiminde bulunduran porselen beyazı renkte sıvı gıda maddesidir (Metin, 2003). Sağlıklı bir hayvandan hijyenik koşullarda elde edilen sütün mikrobiyal yükü oldukça düşüktür. Ancak, süt bileşimindeki maddeler nedeniyle mikroorganizmaların gelişmesi açısından oldukça iyi bir besin ortamıdır. Başlangıçta süt içerisinde oldukça düşük oranlarda bulunan mikroorganizmaların sayısı sağım, işleme ve depolama sırasında meydana gelen olası bulaşmalar sonucu artmaktadır. Bazı mikroorganizmaların süt ve süt ürünleri üzerine olumlu etkileri bulunurken bazı mikroorganizmalar bozulmaya hatta gıda zehirlenmelerine neden olabilmektedir (Metin, 2003).

Sütün tüketiciler tarafından güvenli bir şekilde tüketilebilmesi için özellikle hastalık yapıcı mikroorganizmaların tamamen, raf ömrünü olumsuz etkileyecek diğer mikroorganizmaların da büyük oranda süttten uzaklaştırılması gerekmektedir. Sütte bulunan mikroorganizmaların inhibisyonu amacıyla ısıt işleme uygulaması (termizasyon, pastörizasyon veya sterilizasyon) en yaygın kullanılan yöntemdir.

Çiğ süte 100 °C sıcaklığın altındaki bir sıcaklıkta, belirli süre (72 °C' de 15 saniye veya 65 °C' de 30 dakika) uygulanan ısıt işleme pastörizasyon denir (Metin, 2003). Pastörizasyon işleminin amaçları aşağıda sıralanmıştır:

- Patojen mikroorganizmaların tamamını ve süttün raf ömrünü kısaltan diğer mikroorganizmaların büyük çoğunluğunu inhibe etmek,
- Enzimleri kısmen veya tamamen inaktif hale getirmek,
- Sütün duyuşsal özelliklerini kaybetmemesini sağlamak ve besin değerinde enaz değişime neden olmak.

Sütün güvenli bir şekilde tüketilebilir hale gelmesi için ısıt işlemin önemi oldukça büyüktür. Ancak derecesine ve süresine bağlı olarak uygulanan ısıt işlemin süttte istenmeyen bazı özelliklere neden olduğu da bilinmektedir. Bunların başında besin değeri kaybı ve ısıt işlemin neden olduğu renk, aroma ve lezzet bozuklukları gelmektedir (Üçüncü, 2005).

Planlanan bu çalışmanın amaçları şunlardır:

1. Ultraviyole (UV) ve ultrasound (US) uygulamalarının çiğ sütte bulunan aroma bileşenleri üzerine etkisini ortaya koymak; çiğ ve ısıtılmış sütte bulunan aroma maddeleri ile karşılaştırmasını yapmak,
2. UV ve US uygulamalarının sütün mikrobiyal yükü üzerine etkilerini belirleyerek bu uygulamaların ısıtılmış sütle alternatif bir işlem olup olmayacağını ortaya koymak,
3. Isıtılmayan bu uygulamaların sütün peynir enzimi (rennin) ve yoğurt bakterileri ile pıhtılaşma yeteneği üzerine varsa etkilerini belirlemektir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Sütün Aroması ve Aromayı Etkileyen Faktörler

Normal bileşime sahip taze süt bileşiminde bulunan laktozdan dolayı hafif tatlımsı bir tada ve kendine özgü hafif bir aromaya sahiptir (Bading, 1991). Taze sütteki aroma bileşenleri (karbonil bileşikleri, doymamış alkoller, serbest yağ asitleri vb.) genelde hayvan metabolizmasının ürünleridir. Bazı aroma maddeleri ise yemlerden süte geçebilmektedir (Honkanen ve ark., 1964). Sütün tadı ve aroması biyokimyasal reaksiyonlar sonucu, mikroorganizma ve enzim faaliyetleri sonucu veya hayvanın yediği yem ve kullanılan ilaçların etkisiyle değişebilmektedir (Metin, 2003). Ayrıca ışık, oksijen ve bazı ağır metallerin etkisiyle de istenmeyen tat ve aroma bileşenleri oluşabilmektedir. Hidrojen sülfür, dimetil sülfür ve metantiyol gibi sülfür içeren bileşikler ısı uygulaması sonucunda oluşan bazı aroma maddeleridir. Sütün ışığa maruz kalması sonucunda da yine istenmeyen sülfür bileşikleri oluşabilmektedir (Adda, 1986). Diğer bir ifadeyle, aroma maddeleri gıdalarda ya doğal olarak bulunmakta ya da bazı teknolojik ve mekanik işlemlerin (ısı işlem, parçalama, ezme) etkisiyle oluşabilmektedir.

2.1.1. Isıl İşlemin Etkisiyle Aroma Maddelerinin Oluşumu

Gıdalara ısı işlem uygulanması sonucu karbonhidratlarda, lipitlerde ve amino asitlerde otooksidasyon, hidrolizasyon ve dekarboksilasyon gibi reaksiyonlar meydana gelmektedir (Rohan,1971). Lipitlerin ısıtılması sonucunda ester bağlarının hidrolizasyonu gerçekleşmekte, uçucu yağ asitleri ve gliserol serbest hale geçmektedir. Ayrıca trigliseritlerin ısıya maruz kalması yapılarının bozularak alkanların, alkenlerin, dienlerin, metilketonların, laktonların ve hidrokarbonların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Karbonhidratlara ısı işlem uygulanmasıyla karamelizasyon ve dehidratasyon reaksiyonları sonucu aldehit, keton, dikarbonil, furan ve piran içeren heterosiklik bileşikler meydana gelmektedir. Amino asitlerden ise ısı işlem sonucu aldehitler, aminler ve hidrojen sülfür gibi uçucu bileşikler oluşmaktadır (Bailey ve Um, 1992; Buckholz, 1989; Parliament, 1989).

Gıdalarda genel olarak ısı işlemi etkisiyle oluşan reaksiyonlar 4 grupta toplanmaktadır (Hodge, 1953; Reineccius, 1999).

1. Maillard Reaksiyonu : Serbest aminoasit, protein veya peptid zincirlerinin serbest amino grubuyla indirgen şekerler arasında meydana gelen ve reaksiyon sonucunda

amadori bileşiklerinin olduğu reaksiyonlardır. Reaksiyonun ilerleyen safhasında ise melanoidinler oluşmaktadır.

2. Karamelizasyon : Serbest amino gruplarının olmadığı ortamlarda şeker ve şeker gruplarının yüksek sıcaklık derecelerine ısıtılmasıyla meydana gelen reaksiyonlardır.
3. Enzimatik reaksiyonlar : Enzimler tarafından katalizlenen ve oksijene ihtiyaç duyulan oksidatif reaksiyonlardır. Örneğin; askorbik asit ve polifenollerin di veya polikarbonil bileşiklere dönüştüğü reaksiyonlardır.
4. Strecker parçalanması : Isıl işlemin etkisiyle amino asitlerde meydana gelen parçalanma reaksiyonu olup sonunda bazı aroma maddeleri oluşmaktadır (Bailey ve Um, 1992; Buckholz, 1989; Parliament, 1989). Diasetil, 3-deoksiglukozon, pruvalehit ve dihidroaskorbik asit gibi dikarbonillerin çeşitli sıcaklıklarda oksidatif dekarboksilasyonu sonucu aldehit ve α -amino ketonlar meydana gelmektedir. Pirazinleri, tiazoller ve dihidrofuranonları içeren heterosiklik aroma bileşiklerinin oluşumundan da bu aldehit ve α -amino ketonlar sorumludur.

Scanlan ve ark. (1968) yaptığı çalışmada sütte ısıl işlemlerle meydana gelen aromaların metil ketonlar, laktonlar, benzaldehit, furfural, fenil asetaldehit, vanilin, 1-okten-3-ol, n-heptenal, 2-bütoksietanol, benzotiazol, maltol, asetofenon, 2,3-bütandion (diasetil) olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; çiğ sütte diasetil miktarı 5 ppb iken ısıl işlem görmüş sütte miktar 38 ppb' ye yükselmiştir.

Maillard reaksiyonu sonucunda çok sayıda aroma bileşiği meydana gelmektedir (Renner, 1988). Maillard reaksiyonu düşük su aktivitesinde, yüksek sıcaklıkta ve uzun depolama süresince meydana gelmektedir. Süt ürünleri bileşiminde yüksek oranda bulunan laktoz ve kazeinden dolayı işleme ve depolama boyunca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına oldukça duyarlıdır.

Maillard reaksiyonu sonucu oluşan uçucu bileşikler 3 grupta incelenebilmektedir (Nursten, 1986).

- Basit şekerlerin dehidrasyon ürünleri: Furanlar, pıranlar, siklopentenler, karboniller ve asitler,
- Basit aminoasit parçalanma ürünleri: Aldehitler ve sülfürlü bileşikler,
- Şeker ve amino asit interaksyonu sonucu oluşan uçucular : Piroller, piridinler, imidazoller, pirazinler, oksazoller, tiazoller.

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda pirazin, pirol, tiazol, furan ve maltol gibi heterosiklik bileşikler oluşmaktadır (Ferretti ve ark., 1970). Örneğin pişmiş

gıdalarda 2-asetil-1-pirolin gibi pirolinler fındığımsı veya patlamış mısır aromasından sorumludur (Cadwallader ve ark., 1995). 2-Asetil-1-pirolin, pirolinin veya lisinin karbonillerle reaksiyonu sonucu oluşabilmektedir (Schieberle, 1991).

2.1.2. Lipid Oksidasyonu

Işık, sıcaklık, oksijen ve katalizör eşliğinde doymamış yağ asitleri içeren (çift bağa sahip) yağların oksitlenmesiyle oluşmaktadır (Saldamlı, 2005). Lipit oksidasyonu sonucu oluşan parçalanma ürünleri; ketonlar, aldehitler, alkoller, hidrokarbonlar, asitler ve epoksilerdir. Bu maddeler gıdalarda kötü tat ve aromaya neden olmaktadır.

Doymamış yağların oksidasyonu ile oluşan hidroperoksitlerin parçalanması sonucu istenmeyen aroma maddeleri meydana gelmektedir (Reineccius,1999). Hidroperoksitler stabil değildirler ve ikincil reaksiyonları sırasında aldehitleri, ketonları, alkoller, laktonları ve esterleri içeren istenmeyen aroma bileşikleri oluşmaktadır. Bunlardan özellikle aldehitler ve ketonlar istenmeyen okside aromadan sorumludur.

Serbest yağ asitlerinden olan bütanoik asit ve hekzanoik asit peynirimsi veya fekal aromaya sahiptir ve yağsız süttozunda önemli yağ asitleri olarak tanımlanmışlardır (Ferretti ve Flanagan,1972 ve Karagül Yüceer ve ark., 2001)

1-Okten-3-ol olarak tanımlanan mantar aroması süt ürünlerinde oksidasyon sonucunda oluşabilmektedir (Stark ve Forss, 1964).

2.1.3. Işık Etkisiyle Aroma Maddelerinin Oluşumu

Süt ve süt ürünlerinde ışık etkisiyle iki çeşit kimyasal reaksiyon gerçekleşmekte ve sonucunda istenmeyen bazı uçucu bileşikler oluşmaktadır. Bunlardan ilki kartonumsu ve metalik aromanın oluştuğu lipit oksidasyonudur. İkinci reaksiyon ise lahanamsı ve yanık proteine benzer aromaların oluştuğu amino asit parçalanmasıdır (Reineccius, 1999).

Fotooksidasyon genelde 280-780 nm aralığındaki UV ve görünür ışık bölgesinde meydana gelmektedir. Ancak 430-460 nm'de oluşan mavi-yeşil bant fotooksidasyonun en yoğun olduğu bölgedir (Borle ve ark., 2001). Fotooksidasyonla istenmeyen lezzet ve koku oluşumunda ışık kaynağı, ışığa maruz kalma miktarı-süresi ve dalga boyu önemli rol oynamaktadır (Bekbölet, 1990).

Fotooksidasyon sonucu sütte genel olarak aldehitler ve ketonlar meydana gelmektedir. Özellikle pentanal, hekzanal, dimetil disülfid ve heptanal oluşumu süütün ışık altında depolanması sonucu oluşan bileşenlerden bazılarıdır (Lee, 2000). Tepe boşluğu-GC analizlerinde 4 °C'de floresans ışık altında 0, 2, 4, 8 saat depolanan sütlerde pentanal,

hekzanal, heptanal ve dimetil disülfid oluşumu ve süreyle birlikte değişimi belirlenmiştir. Pentanal ve hekzanal oluşumunun ilk 2 saatte, heptanal oluşumunun 4 saatte, dimetil disülfid oluşumunun ise 8 saat içinde olduğu bulunmuştur. 8 Saat karanlıkta depolanan sütlerde ise bu bileşiklerin oluşmadığı tespit edilmiştir (Lee, 2000).

Fotooksidasyonun lezzet üzerine etkisini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, 18 saat boyunca floresans ışığa maruz kalan ve kalmayan farklı yağ içeriklerine sahip sütlerde, tepe boşluğu-GC-MS ile aroma analizi yapılmış ve sütün yağ içeriğinin fotooksidasyonda etkili olduğu bildirilmiştir (Cadwallader ve Howard, 1998). Fotooksidasyon nedeniyle asetaldehit, pentanal (ekşi-çimen), 1-hekzan-3-on (plastik), hekzanal (yeşil-çimen) ve 1-okten-3-on (topraksı-mantar) yüksek yoğunlukta bulunmuştur.

Metional, sütte belirlenen istenmeyen aroma maddelerindendir ve haşlanmış patatese benzer aromaya sahiptir. Metionin amino asitinin Strecker parçalanması sonucunda oluşan ilk ürünüdür. Süt ışığa maruz kaldığında meydana gelmektedir (Ballance,1961).

2.2. Aroma Maddelerinin Analizi

Aroma maddeleri gıdalarda çok düşük konsantrasyonlarda (ppt, ppb) bulunmaktadır. Aroma maddelerinin belirlenmesindeki amaç ürünlerin güvenliğini, bileşimini ve kalitesini tayin etmek ve gıdaların saflığı, orijini ve kompozisyonu gibi çeşitli özelliklerini belirlemektir (Reineccius, 1999).

Uçucu aroma bileşenlerinin analizi ekstraksiyon, izolasyon, konsantrasyon ve tanımlama işlemlerinden oluşmaktadır. İzolasyon için tepe boşluğu (dinamik veya statik), solvent ekstraksiyon ve distilasyon yöntemleri kullanılan yöntemlerden bazılarıdır (Reineccius, 1999).

Solvent ekstraksiyon yöntemi genel olarak sıvı gıdalar için kullanılmaktadır. Şarap, meyve suyu gibi yağ içermeyen gıdalarda daha etkilidir. Birçok aroma maddesi dietileter ve diklormetan gibi organik solventlerde çözünebilmektedir (Reineccius, 1999).

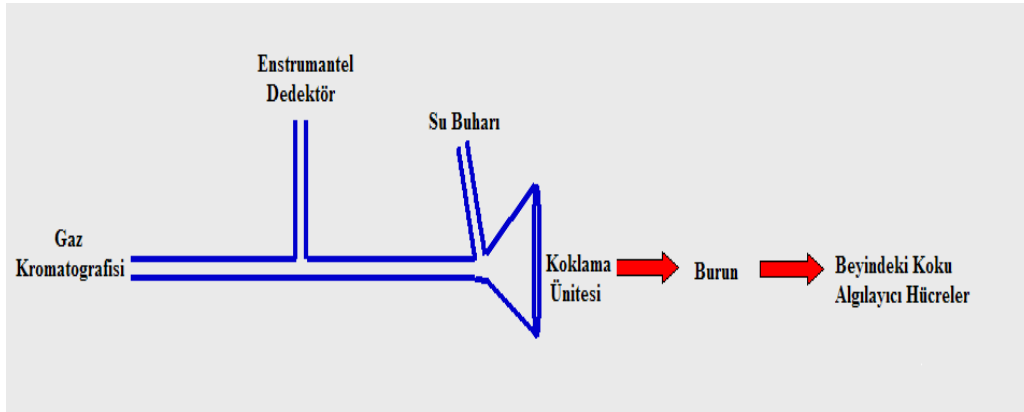
Distilasyon gıda matrikslerinde bulunan uçucu veya uçucu olmayan bileşiklerin birbirinden ayrılmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ayrımın derecesi distilasyon tekniğine ve bileşenlerin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Distilasyon tekniklerinden bazıları, basit distilasyon, buharlı distilasyon, fraksiyonel distilasyon ve yüksek vakum distilasyondur (Reineccius, 1999).

Yüksek kaynama noktasına sahip ve ısıya duyarlı bileşikler atmosferik basınçta stabil olmadıkları için distilasyonda ayırım zordur (Majors, 1998). Yüksek vakum altında distilasyon yağlı ve ısıya duyarlı gıdalar için kullanılan distilasyon tekniğidir (Reineccius,

1999). Aroma izolatlarının fraksiyonlarına (asidik, bazik ve nötral) ayrılması da uygulanan bir diğer yöntemdir. İzolasyondan sonra ekstraktlar konsantre edilerek GC'ye enjekte edilmektedir (Reineccius, 1999).

2.2.1. Gaz Kromatografisi Olfaktometri (GCO)

Gaz kromatografisi olfaktometri tekniği bilinmeyen bir bileşiğin aroma potansiyelini ölçmede kullanılan enstrümental ve duyuusal tekniklerin birleşiminden oluşmaktadır. Basit veya kompleks bileşime sahip gıda maddelerindeki aroma-aktif kimyasal maddelerin belirlenmesinde GCO en yaygın kullanılan metottur (da Silva ve ark., 1994). Gaz kromatografisine bağlanarak oluşturulan ve analitik dedektörden sonra ikinci bir dedektör görevi yapan olfaktori dedektör Şekil 1'de şematize edilmiştir.



Şekil 1. Olfaktori dedektör.

Şekil 1'de görülen GCO tekniğinin prensibi, gaz kromatografisine enjekte edilmek amacıyla analiz edilecek gıda örneğinden hazırlanan ve aroma-aktif kimyasal maddeleri içeren ekstraktın dedektör çıkışına bağlanan koklama ünitesinden koklanarak herbir aroma maddesinin kolonda alıkonma zamanının ve aroma kalitesinin belirlenmesine dayanmaktadır (Blank, 2002).

2.3. Isıl İşleme Alternatif Teknolojiler

Son yıllarda yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı, ısıl olmayan yeni teknolojilere olan ilgi sürekli olarak artmaktadır. Bu sebeple gıda endüstrisinde, geleneksel işleme tekniklerine göre genellikle daha düşük sıcaklıklarda yürütülen ve böylece sıcaklığın gıda kalitesi üzerine olumsuz etkisini azaltan ısıl olmayan

teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Bu tekniklerin başlıcaları; yüksek hidrostatik basınç (HHP), vurgulu elektrik alan (PEF), ultraviyole ışınlama (UV) ve ultrasound (US) gibi uygulamalardır (Anonymous, 2006). Son 20 yıldır, ısı olmayan bu tekniklerin gıda işlemede endüstriyel çaplı uygulaması üzerine yapılan araştırmalar, bu teknolojilerle hem gıdanın kalite özelliklerinin korunabildiğini hem de bozulma yapan ve patojen mikroorganizmaların kabul edilebilir inaktivasyonunun sağlandığını göstermiştir (Walkling-Ribeiro ve ark., 2008). Bu teknolojilerin etkinlikleri arasında farklılıklar bulunmakta olup gıda ürünlerine göre de kullanımları değişebilmektedir. Bu çalışmada UV ışınları ve US uygulamalarının süt üzerine etkileri araştırılmıştır.

2.3.1. Ultraviyole (UV) Işınları ve Etkinliği

Ultraviyole (UV) uygulaması, gıdalarda bulunan zararlı mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla uygulanan bir dezenfeksiyon metodudur (Tran ve Farid, 2004). Ultraviyole ışın, güneşten gelen radyant enerjinin bir şeklidir. Görünmez olan ultraviyole, görünür ışık spektrumunda morun yanında meydana geldiğinden mor ötesi olarak isimlendirilir (Özkütük, 2007). UV radyasyon görünür ışından kısa, X ışınından uzun dalga boyuna sahiptir (yaklaşık 10-400 nm). UV radyasyon, dalga boyuna göre; uzak-UV (10-200 nm) ve yakın-UV (200-380 nm) olarak ikiye ayrılmaktadır. Yakın-UV ise;

- UV-A (uzun UV, siyah ışık; 315-400 nm),
- UV-B (orta UV, 280-315 nm) ve
- UV-C (kısa UV, germisidal UV; 200-280 nm) olarak üç bölümde incelenebilir.

Kısa dalga boyu ve yüksek enerjisi nedeniyle UV-C bakteri, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı germisidal (öldürücü) etkiye sahiptir (Keyser ve ark., 2008; Tran ve Farid, 2004). En yüksek germisidal etki 250-260 nm (özellikle 253.7 nm) arasında gözlenmekte olup, yüzey dezenfeksiyonu ile su, meyve suyu, süt ve sıvı yumurta ürünleri gibi çeşitli akışkan gıda ürünlerinin dezenfeksiyonunda 254 nm dalga boyu kullanılmaktadır (Keyser ve ark., 2008; Ünlütürk ve ark. 2008, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2005, Matak, 2004). Bu dalga boyu, DNA tarafından en etkin şekilde absorbe edilen dalga boyudur (Özkütük, 2007).

UV ışınlarının mikroorganizmalar üzerine inhibisyon mekanizması, DNA'nın UV ışığı absorbe etmesiyle ilişkilidir. UV ışığı, aynı pirimidin nükleotid bazlarının çapraz bağlanmasına neden olur, bu mutant bazlardan dolayı karşı taraftaki pürin bazlarına bağlanan hidrojen bağlarının oluşumu zarar görür. Böylece DNA transkripsiyonu ve

replikasyonu engellenerek hücre fonksiyonları tehlikeye girer, hücrelerde tamir ve üreme engellenir ve hücre ölümü gerçekleşir. Ultraviyole ile mikrobiyel inaktivasyon yüzeydeki mikroorganizma yükü, sıvı ürünlerde akış özelliği ve uygulama şiddeti gibi faktörlere bağlıdır (Turhan ve ark., 2006; Sizer ve Balasubramaniam, 1999).

UV radyasyonun sıvı üzerine penetrasyon etkisi, sıvının UV absorptivitesine ve sıvıdaki çözünür katı madde ile süspanse madde içeriğine bağlıdır. Sıvıda yüksek miktarda çözünür katı madde bulunması UV-C ışınının sıvı içinde penetrasyon yoğunluğunu düşürmektedir. Sıvı içinde bulunan büyük süspanse parçacıklar da, UV ışınının mikrobiyel yük üzerine etkisini engellemektedirler. UV-C ışınının etkin penetrasyonunun sağlanması için UV sistemi turbulent bir akış olacak şekilde dizayn edilmelidir (Keyser ve ark., 2008; Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2005).

Mikroorganizmaların inaktivasyonunda gerekli enerji, UV ışınının şiddeti ve ışınlama süresinin çarpımı ile hesaplanır ($0,001\text{mWsaniye/cm}^2$). Bu inaktivasyon için gerekli enerji mikroorganizmaların türüne göre farklılık göstermektedir. Vejetatif bakterilerde 1 log inaktivasyon için yaklaşık $2-6\text{ mWsaniye/cm}^2$ enerji gerekmektedir. UV ile sterilizasyonda sporlu bakteriler için sporsuz bakterilerden 10 kat daha fazla doz gerekmektedir (Özkütük, 2007).

Sütte bakteri yükünü azaltmak amacıyla kullanılan ilk UV cihazı Alman biyolog Lembke (1949) tarafından geliştirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda mikrobiyel azalmanın sağlanabilmesi için optimum dalga boyunun 253.7 nm olduğu ve $19-22\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 3 log_{10} azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Capstick ve ark., 1946). Aynı çalışmada, sütlerin $25\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerinde UV'ye maruz bırakılması sonucunda bakteri popülasyonundaki azalmanın termal pastörizasyon sonucunda meydana gelenden daha fazla olacağı bildirilmiştir.

Bir başka çalışmada (Majchrowicz,1999), UV uygulanarak yapılan pastörizasyonun ortalama maliyetinin $15.000\text{ \$}$ olduğu, termal pastörizasyonun maliyetinin ise çok daha yüksek olduğu ($20.000-30.000\text{ \$}$) belirtilmiştir.

2.3.1.1. Süte UV Uygulamaları

UV uygulaması ile ilgili olarak süt ve ürünlerinde sınırlı sayıda çalışma yapılmış olup en yaygın kullanıldığı ürünler içme suyu ve meyve sularıdır. Süt ve diğer ürünlerde UV uygulamaları ile ilgili çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Matak (2004) farklı yağ içeriklerine sahip sütlerde UV ışınlarının ve sıcaklığın *Escherichia coli* inaktivasyonuna birlikte etkisini belirlemişlerdir. Yağsız süt, yağı

azaltılmış (%2) süt ve normal süt örneklerine *Escherichia coli* O157:H7 suu inoküle edilmiş, sırasıyla 4 ve 20 °C'de, 5,3-6,3 mWsaniye/cm² aralığında UV ışınlarına yaklaşık 1,5 saniye maruz bırakılmıştır. UV ncesi ve UV sonrası bakteriyel popülasyon belirlenmiştir. Yağsız sütlerde 4 °C'de 2,29 log, 20 °C'de 2,27 log, yağı azaltılmış sütlerde 4 °C'de 1,82 log, 20 °C'de 1,43 log ve normal sütlerde ise 4 °C'de 0,73 log, 20 °C'de 1,44 log azalma tespit edilmiştir. Bakteriyel azalmadaki farklılığın nedenleri, süt örneklerinin farklı yağ içerikleri ve farklı ürün sıcaklıkları olarak belirlenmiştir. Bileiminde bulunan yağın ve proteinin sütte UV penetrasyonunu düşürdüğü ve bunun sonucunda bakteriyel popülasyona etkisinin az olduğu ortaya konmuştur. 4°C'de yağsız ve yağı azaltılmış sütlerdeki bakteriyel azalma, normal stlerdekine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Ayrıca, tüm süt örneklerinde bulanıklık ölçülmüş ve bulanıklığın patojenlerin azalmasında sıcaklıktan daha etkili olduğu bu nedenle yağsız sütlerde etkinliğin daha fazla olduğu ortaya konmuştur.

Keçi sütlerinde UV ışınlarının *Listeria monocytogenes* inaktivasyonu üzerine yapılan bir çalışmada (Matak, 2004) taze keçi sütlerine 10⁷ kob/mL *L. monocytogenes* inoküle edilmiş ve Cider Sure 3500 cihazı kullanarak sütler farklı dozlarda ve srelerde UV ışınlarına maruz bırakılmıştır. 18 saniyede 12 kez 15,8 ± 1,6 mWsaniye/cm² dozunda UV'ye maruz bırakılan sütlerde 5 log azalma olduğu tespit edilmiş ve keçi sütlerinde *L. monocytogenes* azalmasını sağlamak için UV ışınlarının kullanılabileceği belirlenmiştir.

Diğer bir çalışmada Matak ve ark. (2007) ultraviyole radyasyonunun keçi sütünün kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Üründe meydana gelen oksidasyon ve hidrolitik ransiditenin göstergesi olarak tiyobarbütirik asit miktarı ve asit derecesi belirlenmiştir. Duyusal zelliklerin saptanması için üçgen testi kullanılarak ürünün aromasındaki değişim belirlenmiştir. Ayrıca uçucu bazı bileşenlerin belirlenmesi amacıyla da katı faz mikroekstraksiyon tekniği kullanılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada UV uygulamasının keçi sütünün kimyasal ve duyuşal bazı özelliklerinde değişime neden olduğu belirlenmiştir. Özellikle uçucu bileşenlerden pentanal, hekzanal ve heptanal konsantrasyonunda artış olduğu saptanmıştır.

Reinemann ve ark. (2006), taze inek sütüne 1,5 kJ/L (1500 mWsaniye/cm³) UV uygulamasının toplam canlı organizma sayısında 3 log'luk azalma meydana getirdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, laboratuvar (Bench) düzeyinde ve pilot düzeyde UV uygulamaları arasında toplam canlı, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında görülen azalmalar bakımından istatistiksel açıdan bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ancak,

yüksek doz UV uygulamasının süt ve ürünlerinde duyuasal açıdan problem yaratabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Altic ve ark. (2007), yağlı ve yarım yağlı inek sütleri üzerine yaptıkları çalışmada, sütlere 1000 mJ/mL (1000 mWsaniye/cm³) dozunda UV uygulamasının, tüberküloz etmeni olarak kabul edilen *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* sayısında 0,5-1 log arasında azalma meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Ancak bu azalmanın pastörizasyon işleminde sağlanan 4 log'luk azalmadan daha düşük olduğunu ve UV kullanımının söz konusu mikroorganizma üzerine etkisinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada, SteriPulse®-XL 3000 Pulsed UV sistemini kullanarak sütte *Staphylococcus aureus* inaktivasyonu için optimum vurgulu (pulsed) UV uygulama koşullarını belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, yaklaşık 8-9 log/ml düzeyinde *S.aureus* içeren sütlerde UV uygulamasına bağlı olarak 0,55-7,26 log'luk azalma sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada, süt akış hızının 20 mL/dk, içerisinde sütün ilerlediği kuartz camın UV lambasından 8 cm uzakta olduğunda tek sirkülasyonda, 11 cm uzakta olduğunda ise iki sirkülasyonda tam *S. aureus* inaktivasyonu elde edilmiştir.

2.3.1.2. Diğer Uygulamalar

Literatürde, suya ve çeşitli meyve sularına ısıl işleme alternatif olarak UV ışınları uygulaması ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunluğunda, UV uygulamasının mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine etkisi incelenmiştir (Koutchma ve ark., 2004; Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2005; Gachovska ve ark., 2008; Keyser ve ark., 2008).

Tran ve Farid (2004) taze sıkılmış portakal sularında UV uygulamasının bakteriyel popülasyondaki azalma, raf ömrü, C vitamini ve pektin metil esteraz enzimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Portakal sularında gelişen aerobik bakteriler, maya ve küfler farklı dozlarda UV'ye maruz bırakılmış ve sonuçlar 123 mJ/cm² (123 mWsaniye/cm²) UV' de aerobik bakterilerde % 97,8, maya ve küflerde % 94,7 azalma olduğunu, taze sıkılmış portakal sularında raf ömrünü 2 günden 5 güne çıkardığını göstermiştir. C vitamini kaybı, termal sterilizasyondaki kadar bulunmuş ve UV uygulamasının metil esteraz enzimi üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir.

Koutchma ve ark. (2007), çeşitli meyve sularına *Escherichia coli K12* inoküle ederek 24 lambalı sistem ile UV ışınlarının etkisini incelemişlerdir. Söz konusu sistemde, absorpsiyon katsayısı 15 cm⁻¹'den daha az olan Newtonyen sıvılar için, 5 gpm akış hızında, tek bir geçişle FDA tarafından meyve suları için öngörülen 5 log'luk azalma sağlanmış,

ancak daha yüksek absorptivite değerlerine sahip portakal suyu gibi meyve sularında bu standardı karşılamak için çoklu geçiş yapılması gerektiği saptanmıştır.

Keyser ve ark. (2008), çeşitli meyve sularının (portakal suyu, elma suyu, guava ve ananas suyu, mango nektarı ve tropikal meyve suyu) mikroorganizma yüklerinin azaltılması amacıyla 10 lambalı turbulente akışa sahip UV sistemi kullanmışlardır. UV-C radyasyonunun, incelenen meyve suyu ve nektarlarında mikrobiyel yükü azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ısı ile karşılaştırıldığında, UV uygulanan meyve sularının tat ve renk profillerinin değişmediği saptanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar, uygulanan bu yeni UV teknolojisinin ısı ile alternatif bir teknoloji olarak kullanılabilirliğini, ancak her meyve suyu için optimizasyonun gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Dinçer-Baysal ve Ünlütürk (2007) ise, UV-C radyasyonunun elma suyuna inoküle edilen *Alicyclobacillus acidoterrestris* sporları üzerine etkisini incelemişlerdir. Örnekler UV uygulaması, spor sayısında 4 log'dan daha fazla azalma sağlamıştır.

Hakgüder ve ark. (2008), tarafından yapılan çalışmada, beyaz üzüm suyunda *E. coli* K-12, *E. coli* ATCC 8739 ve *E. coli* O157:H7 üzerine UV ışınlarının (UV doz aralığı: 0-470 mWsaniye/cm²) etkisi araştırılmıştır. Azalma düzeyleri en az örnek derinliğinde (0,153 cm) ve en yüksek maruz kalma süresinde (10 dk) sırasıyla 5,02, 5,53 ve 6,12 log olarak tespit edilmiştir.

Hanes ve ark. (2002) taze elma sırasında *Cryptosporidium parvum* oocysts inaktivasyonu üzerine UV ışınlarının etkisini incelemişlerdir. Cider Sure 3500A cihazı kullanılarak 14,32 mWsaniye/cm²'lik UV ışını 1,2-1,9 saniye elma şıralarına uygulanmış ve sonuçta 5 log'dan fazla *C. parvum* oocysts azalması sağlanmıştır. Bu çalışmayla, taze elma şıralarında *C. parvum* oocysts inaktivasyonu için UV ışınlarının kullanılabilirliğini göstermiştir.

Choi ve Nielsen (2005) termal ve termal olmayan uygulamaların elma şırasının kalitesi ve tüketici beğenisi üzerine etkisini araştırmışlardır. Elma şıralarına 72 °C'de 10 s pastörizasyon, CiderSure 3500 cihazıyla 254 nm'de ultraviyole ve 20 °C'de 28 dakika ozon uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Termal ve termal olmayan uygulamalar arasında kalite özellikleri ve tüketici beğenisi bakımından önemli farklar bulunmamıştır.

Darrell ve ark. (2004) elma şırasına *E.coli* O 157:H7 inaktivasyonu için UV uygulamış ve bu uygulamanın kalite, raf ömrü ve duyu özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. 71-72 °C'de 10 saniye pastörize edilmiş elma şırası kontrol olarak kullanılmıştır. 254,7 nm'de 8,777 mWsaniye/cm² UV uygulanmış ve 2,2 log azalma

sağlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, bakteri, maya ve küf popülasyonundaki azalmanın elma şırasındaki bulanıklık, renk ve viskoziteye bağlı olduğu belirtilmiştir. Duyusal analizlerde UV uygulanmış elma şırasıyla kontrol arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır. Ayrıca, UV uygulama süresi arttıkça elma şırasının bulanıklığının azaldığı, UV uygulaması boyunca önemli sıcaklık artışı meydana geldiği ve UV uygulanmış, soğukta (4°C) depolanmış elma şıralarının asgari 7 gün daha uzun depolanabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda UV teknolojisinin uygulanabilir ucuz maliyetli bir teknoloji olduğu tespit edilmiştir.

Wright ve ark. (2000) elma şırasına yaklaşık 10^6 kob/mL *E. coli* O157:H7 suşu inokule etmişler ve elma şırasını ince film şeklinde 254 nm'de UV cihazından geçirmişlerdir. UV dozu 9,4-61 mWsaniye/cm² arasında tutulmuş, akış oranı ise 60 L/saatten 90 L/saate çıkarılmış ve sonuçta 3,8 log kob/mL azalma sağlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bakteriyel popülasyonda azalma sağlanabileceği için, UV ışınlarının yoğunluğunun artırılması önerilmiştir.

Su ve atık su dezenfeksiyonunda klorlamaya alternatif olarak UV ışınlarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Chang ve ark. (1985) patojen ve indikatör mikroorganizmaların UV ile inaktivasyonunu incelemişler, su ve atık su teknolojisinde UV ışınlarının klorlamaya alternatif olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella sonnei*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, ve *Bacillus subtilis* sporları, enterik virus olan *poliovirus tip 1* altı farklı dozda UV ışınına maruz bırakılmış ve yaşam kurveleri belirlenmiştir. Vejetatif bakterilere göre UV ışınlarına virüslerin 3-4 kat, sporların ise 9 kat fazla direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, patojenlerin dezenfeksiyonu için gerekli olan UV dozunun klor dezenfeksiyonundan daha sınırlı olduğu tespit edilmiştir.

2.3.2. Ultrasound (US) Uygulaması

Ultrasound, mekanik özellikte olan ve insanların işittiği 20 kHz'in üzerindeki frekanslara sahip bir enerji biçimidir. Basit olarak ultrasound uygulamasında, akustik enerji kısa bir süre içerisinde tüm ürüne transfer edilmektedir. Bu da toplam gıda işleme süresinin kısılması ve düşük enerji tüketimini ifade etmektedir (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006).

Ultrasoundun mikroorganizmalar üzerine etkisi uygulama zamanına ve süresine bağlı olup, stoplazmik membranın tahrip edilmesine dayanmaktadır. Gıda alanında ultrasound uygulamaları özellikle mikrobiyel ve enzim inaktivasyonunda, emülsiyon ürünlerin üretilmesinde ve stabilitelelerinin sağlanmasında, sıvı ürünlerde oksidatif bozulmalara neden

olan havanın uzaklaştırılmasında, filtrasyon, ekstraksiyon ve kurutma gibi teknolojik işlemlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca gıda ürünlerinin veya bileşenlerinin ultrasonik özelliklerinin ölçülmesiyle konsantrasyonları, fiziksel durumları ve fizikokimyasal özellikleri de belirlenebilmektedir.

Ultrasound ile mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesinde üç temel fiziksel ve kimyasal öldürme mekanizması etkili olmaktadır (Hua ve Thompson, 2000; Phull ve ark., 1997):

1. Yüksek frekanslı ultrasound dalgaları bakteri hücre duvarını parçalayarak bakterilerin doğrudan inaktivasyonunu sağlamaktadır.
2. Ultrasound oksidasyonu sonucunda oluşan kavitasyon kabarcıklarının patlaması esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basıncın etkisiyle mikroorganizmalar etkisiz hale getirilmektedir.
3. Ultrasound kavitasyonu neticesinde oluşan hidroksil radikalleri mikroorganizmaların inaktivasyonunda rol oynamaktadır.

Romero ve ark. (2006) elma sırasında *E. coli* inaktivasyonu için ultrasound tekniğini kullanmışlardır. İnaktivasyon testleri, bu tekniğin *E. coli* hücre yıkımını arttırdığını göstermiştir. Ultrasound tekniğinin briksi, pH'yı ve titrasyon asitliğini etkilemediği, renk ve bulanıklıkta çok az değişikliklere neden olduğu saptanmıştır.

Hua ve Thompson (2000) klor dioksit ve ultrasoundun birlikte kullanımının elma ve marul gibi gıdaların raf ömrünün uzatılmasına etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında *E. coli* ve *Salmonella* bakterileri indikatör organizmalar olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ultrasound ve klor dioksit oksidasyon metodlarının aynı anda kullanılmasının bakteri inaktivasyon hızlarını artırdığını göstermiştir. Buna neden olarak da ultrasound işleminin fiziksel etkisi gösterilmiştir. Ultrasound dalgaları klor dioksitin elma ve marul yüzeylerine nüfuzunu hızlandırmış ve bu şekilde ortamda bulunan mikroorganizmaların daha etkin bir şekilde inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir.

2.4. Pıhtılaşma

Süte ısı işlem uygulanması bazı teknolojik problemlere neden olmaktadır. Özellikle yüksek derecede uzun süre ısı işlem uygulandığında peynir oluşum mekanizmasında sorunlar meydana gelmektedir. Peynir pıhtısının oluşabilmesi için sütteki kalsiyumun yeterli ve iyon halinde bulunması gerekmektedir. Peynir jelinin oluşumu aşağıdaki reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir:

1) κ - kazein + rennin \longrightarrow para- κ - kazein + glikomakropeptit

2) para- κ - kazein + Ca^{+2} \longrightarrow kalsiyum parakazeinat (jel)

Isıl işlem sütün peynir mayası (rennin) ile pıhtılaşma yeteneğini azaltmaktadır (Metin, 2003). Bunun nedenleri şunlardır:

1. 70 °C ve üzerinde ısı işlem gören sütlerde β -laktoglobulin denatüre olur ve κ -kazeinle etkileşime girer. Bu da κ -kazein ve enzim etkileşimini önler ve hidrolizin hızı yavaşlar. Pıhtılaşma uzun sürede gerçekleşir, aşırı oranda su tutar ve oluşan pıhtı zayıf olur.
2. Isıl işlemin etkisiyle sütün kolloidal ve iyon halindeki kalsiyum miktarında değişimler olur. İyon halindeki kalsiyumun belirli bir sınırın altına düşmesi, pıhtılaşmayı tamamen durdurabilir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Süt

Çalışmanın materyali olan çiğ inek sütü yerel üreticiden (Karacaören Köyü) hijyenik koşullarda temin edilmiştir. Süt sağlıklı sağılmaz mikrobiyel yükün artmaması için buzlu su havuzuna alınarak 10 °C ye soğutulmuş ve hızla Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiştir.

3.1.2. Kimyasal Maddeler ve Aroma Standartları

Sülfürik asit (% 90), amil alkol, sodyum hidroksit, fenolftalein, sülfürik asit (% 95-97), borik asit (% 4), sodyum hidroksit (% 40), hidroklorik asit (Merck), dietil eter (susuz, % 99,8), sodyumklorür (% 99), sodyumsülfat (% 99), 2-metil-3-heptanon (nötral/bazikler için iç standart), 2-metilpentanoik asit (asitler için iç standart), sodyum bikarbonat (% 99,7), hidroklorik asit (% 36,5) kullanılmıştır.

Tablo 3, 4, 5 ve 6' da yer alan aroma maddeleri Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, ABD), Bedoukian Research Inc. (Danbury, CT, ABD), Merck (Darmstadt, Almanya), Fluka (Seelze, Almanya) ve Aromsa (Gebze, Kocaeli) firmalarından sağlanmıştır.

3.1.3. Besiyerleri

Peptonlu su, plate count agar (PCA), 100 µg of 4-methyl-umbelliferyl-β-D-glucuronide (MUG)/ml eklenmiş Violet red bile agar (VRBA), yeast extract glucose chloramphenicol agar (YGC) ve Baird-Parker agar (BP) Merck firmasından sağlanmıştır (Almanya)

3.2. Yöntem

3.2.1. Süt Örneklerinin Hazırlanması

Süt numunesi (15 L) 4 kısma ayrılmış olup bir kısım süte pastörizasyon işlemi, bir kısım süte US işlemi, diğer kısım süte ise UV ışınları uygulanmıştır. Herhangi bir işlem uygulanmamış sütler (çiğ) kontrol olarak analiz edilmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Örnekler

- Çiğ süt (C)
- Isıl işlem uygulanmış süt (P)
- UV uygulanmış süt (UV)
- US uygulanmış süt (US)

3.2.2. Pastörizasyon

4,5 L süt numunesi eşit miktarlarda (1,5 L) steril kavanozlara bölündükten sonra 65 °C'ye ayarlı su banyosunda kontrollü olarak 30 dakika süreyle pastörize edilmiştir.

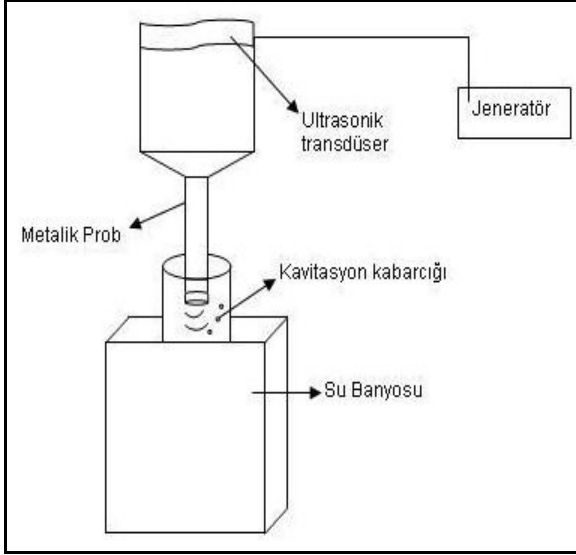
3.2.3. Süte UV İşleminin Uygulanması

Süte UV uygulaması için kullanılan cihazın üretimi Gentra İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti. (İstanbul) tarafından gerçekleştirilmiştir. Firma tarafından patent başvurusunda bulunulması nedeniyle cihaz ile ilgili genel bilgi aşağıda verilmiş olup detaylı bilgi tez içerisinde yer almamıştır.

UV cihazı temel olarak üst kazan ve gövdeden oluşmaktadır. Gövde tamamen paslanmaz çelikten üretilmiştir. Üst kazandan sütün akışını düzenleyen bir pompa yer almaktadır. İç kısmında kuartz camın içerisinde 1, etrafında 8 adet olmak üzere toplam 9 adet UV-C lamba kullanılmıştır. Lambaların tipi: 4-pin single end, quartz cam ve 254 nm'de UV-C lamba, gücü: 87 W, uzunluğu: 842,4 mm ve çapı: 16 mm'dir. Uygulanan UV çıkış gücü (254 nm): 28 W, UV şiddeti (254 nm) : 260 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ' dir. Cihazın süt için debisi: 1090 mL/dak'dır.

3.2.4. Süte US Uygulanması

Ultrasound sistemi 20 kHz frekanslı bir akustik güç kaynağı (VibraCell-500W), bir transdüser ve bir metalik probdan oluşmaktadır (Sonics & Marials Inc., Newtown City, ABD). Cihazın ürettiği elektriksel güç transdüser vasıtasıyla mekanik kuvvete dönüştürülmektedir. Elde edilen mekanik kuvvet metalik prob aracılığı ile yüksek frekanslı ultrasound basıncını oluşturmaktadır. Güç kaynağı-transdüser-prob kombinasyonu sonucunda oluşan yüksek basınç suya uygulandığında ses dalgaları oluşmaktadır. Ultrasound arıtma sistemi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ultrasound cihazının şematik gösterimi.

US uygulaması sonucunda meydana gelecek sıcaklık artışını engellemek amacıyla Şekil 3 ve Şekil 4’de görüldüğü gibi, işlem 5 °C’ye ayarlı soğutmalı su banyosu (Nüve Sanayi Malzeme İmalat ve Ticaret AŞ., Ankara) içerisinde gerçekleştirilmiştir. US işlemi uygulanacak süt örneği 121 °C’de 15 dakika sterilize edilmiş, amber renkli, 500 mL hacimli özel cam kavanozlar içerisine konulmuştur. Su banyosuna yerleştirilmiş cam kavanoz içerisine Şekil 4’deki gibi metal prob daldırıldıktan sonra cihaz 75 W’a ayarlanmış ve bu güçte 15 dakika süreyle çalıştırılmıştır.



Şekil 2. Ultrasound cihazı.



Şekil 3. Ultrasound uygulaması.

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Çiğ Süte Uygulanan Kimyasal Analizler

Genel bileşimini ortaya koymak amacıyla sütün asitliği (Soxhlet Henkel, SH), kurumadde, protein, yağ ve kül içeriği belirlenmiştir.

3.3.1.1. Titrasyon Asitliği

Titration metoduyla belirlenerek Soxhlet-Henkel (°SH) olarak ifade edilmiştir (TSE, 1981). 25 mL süt örneği, içerisine 1mL fenolftalein belirteci eklendikten sonra 0,1 N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk elde edinceye kadar titre edilmiştir.

3.3.1.2. Yağ Tayini

Süt bütirometresine sırasıyla, protein ve tuzların çözündürülmesi amacıyla % 90'lık (d=1,82 g/mL) 10 mL sülfürik asit, 11 mL süt ve 1mL amil alkol konmuştur. Alt-üst etmek suretiyle, oluşan pıhtı tamamen çözüldükten sonra bütirometreler 65 °C'lik su banyosunda 5 dakika bekletilmiştir. Gerber santrifüjünde (Funke Gerber, Berlin, Almanya) 10 dakika santrifüj edilerek okuma yapılmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.3.1.3. Toplam Kurumadde

Kurumadde, belirli miktardaki sütün, sabit sıcaklıkta sabit ağırlığa kadar suyunun uçurulması esasına dayanan gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (Bradley ve ark., 1992).

102±2 °C 'de kurutulup darası alınan kurutma kaplarının içerisine 3 mL süt örneği konularak tartılmıştır. Ön kurutma işleminden sonra 102±2 °C 'ye ayarlanmış etüvde yaklaşık 3 saat kurutulmuştur. Süre sonunda desikatöre alınan örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve aşağıdaki formülle (3.1) % kurumadde hesaplanmıştır.

$$\text{Kurumadde (\%)} = \frac{(G_3 - G_1) \times 100}{G_2 - G_1} \quad (3.1)$$

G₁: Boş kurutma kabının ağırlığı (g)

G₂: Süt örneği ile birlikte kabın ağırlığı (g)

G₃: Kurutulmuş süt örneği ile birlikte kabın ağırlığı (g)

3.3.1.4. Protein Tayini

Toplam protein, Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bradley ve ark., 1992). Kjeldahl yakma tüplerine 0,1 mg hassasiyette yaklaşık 5 g süt, 13 mL derişik sülfirik asit ve yakma tableti konulduktan sonra 430 °C’de yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Distilasyon işlemi için 25 mL % 4’lük borik asit çözeltisi ve yaklaşık 50 mL % 40’lık sodyum hidroksit kullanılmıştır. Toplanan distilat 0,1 N HCl çözeltisi ile titre edilmiş ve harcanan miktar belirlenmiştir. Aşağıdaki formülle (3.2) hesaplanan % azot miktarı 6,38 faktörüyle çarpılarak sütün protein oranı bulunmuştur.

$$\% \text{ Azot} = \frac{(S - S_{\text{tank}}) \times F \times 0,0014 \times 100}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \quad (3.2)$$

S = Titrasyonda harcanan 0,1 N HCl miktarı (mL)

F = HCl çözeltisinin faktörü

3.3.1.5. Kül Tayini

130±2 °C’ ye ayarlanmış etüvde sabit ağırlığa getirilip darası alınan porselen krozeler, içerisine 10 mL süt konulup tarttıktan sonra 105 °C’de yaklaşık 2 saat ön yakma işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler daha sonra kül fırınına (Protherm PLF 110/15, Ankara) alınarak sıcaklığı kademeli olarak arttırılmış ve 550 °C’de yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kül fırınına konan örneklerin içerisindeki kül grimsi-beyaz renk aldıktan sonra desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekteki kül miktarı, son tartımla dara arasındaki farktan yararlanılarak aşağıdaki formüle (3.3) göre % olarak hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

$$\% \text{ Toplam kül} = \frac{A - B}{\text{Ö}} \times 100 \quad (3.3)$$

A = külleştirme işleminden sonraki örnek + kroze kabının darası (g)

B = krozenin darası (g)

Ö = tartılan örnek miktarıdır (g).

3.3.2. Mikrobiyolojik Analizler

3.3.2.1. Örnek Hazırlama

Hijyenik koşullarda laboratuara getirilerek, herhangi bir işleme tabi tutulmayan (çiğ), pastörize edilen, UV ve US uygulamalarına tabi tutulan sütler mikrobiyolojik analizlerden önce buzdolabı sıcaklığına (+4 °C) kadar soğutulmuştur.

Mikrobiyolojik analizler için aseptik olarak 1 mL süt örneği alınarak içerisinde 9 mL dilüsyon sıvısı (peptonlu su) bulunan tüpe aktarılmıştır. Daha sonra uygun desimal dilüsyonlar hazırlanmıştır (AOAC, 2000). Çiğ süt için 10^{-6} 'ya, US uygulanmış süt için 10^{-5} 'e, pastörize edilmiş ve UV uygulanmış sütler için 10^{-3} 'e kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır.

3.3.2.2. Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Herbir dilüsyon için paralel petriyer alınarak içlerine hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek aktarılmıştır. Daha sonra petri kaplarının içine plate count agar (PCA) eklenmiş ve 37 °C' de 24 ± 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda paralel petriyelerden 30-300 koloni içerenler sayılarak aerobik toplam canlı koloni/g olarak rapor edilmiştir (AOAC, 2000).

3.3.2.3. Koliform Sayımı

FDA (2006) tarafından belirtilen yöntemine göre, her bir dilüsyon için paralel petriyer alınarak içlerine hazırlanan dilüsyonlardan 1'er mL örnek aktarılmıştır. Petri kaplarına violet red bile agar (VRBA) önce 10 ml, ilk katman soğuduktan sonra da 5 mL ikinci tabaka olarak eklenmiş ve 37 °C' de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda paralel petriyelerden koloni sayısı 25-250 arasında olanlar sayılarak Koliform koloni/g olarak rapor edilmiştir.

3.3.2.4. *Escherichia coli*

Hazırlanan her bir dilüsyondan paralel petriyere çift tabaka dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış, besiyeri olarak içine 100 µg 4-methyl-umbelliferyl-β-D-glucuronide (MUG)/ml eklenmiş violet red bile agar (VRBA) kullanılmıştır. 37 °C 'da 24 saat inkübasyon sonunda 1–2 mm çaplı koyu kırmızı koloniler UV lambası ile kontrol edilmiştir. Bunlardan floresan ışığa verenler *E. coli* olarak değerlendirilmiştir (FDA, 2006).

3.3.2.5. *Staphylococcus aureus*

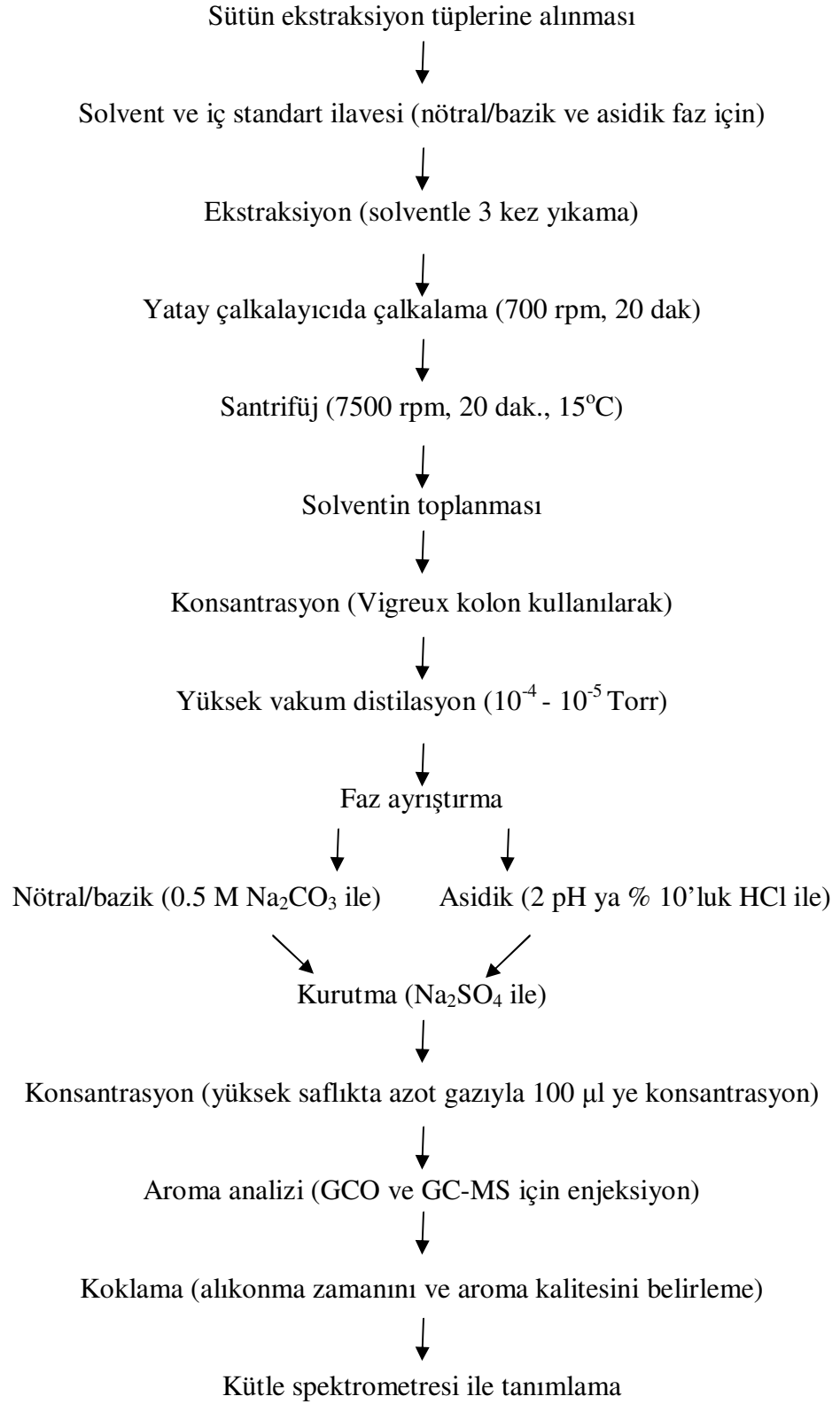
Hazırlanan her bir dilüsyondan paralel petrilere yayma plak yöntemine göre ekim yapılmış, besiyeri olarak Baird-Parker agar kullanılmıştır. 37 °C'de 24 saat inkübasyon sonrasında petrilere etrafı saydam zonlu 1–1,5 mm çaplı siyah, tipik *S. aureus* görünümündeki koloniler Brain hearth infusion (BHI, Merck) brotha eklenmiş ve 35 °C'de 18-24 saat inkübasyon sonrasında koagülaz testi (EDTA'lı koagülaz plazma, Merck) yapılarak *S. aureus* sayısı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.3.2.6. Maya-Küf

Her bir dilüsyon için paralel petrilere alınarak içlerine hazırlanan dilüsyonlardan 1'er mL örnek aktarılmıştır. Daha sonra petri kaplarının içine yeast extract glucose chloramphenicol agar (YGC) eklenmiş ve 25 °C'de ve 3-5 gün süresince gelişen koloniler sayılmıştır (FDA, 2006).

3.3.3. Aroma Analizleri

Sütün aroma bileşenleri gaz kromatografisi-olfaktometri (GCO) ve gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılarak belirlenmiştir (Karagül-Yüceer ve ark., 2001). Sütte bulunan aroma maddelerinin izolasyonu amacıyla izlenen işlemler Şekil 5'de görülmektedir.



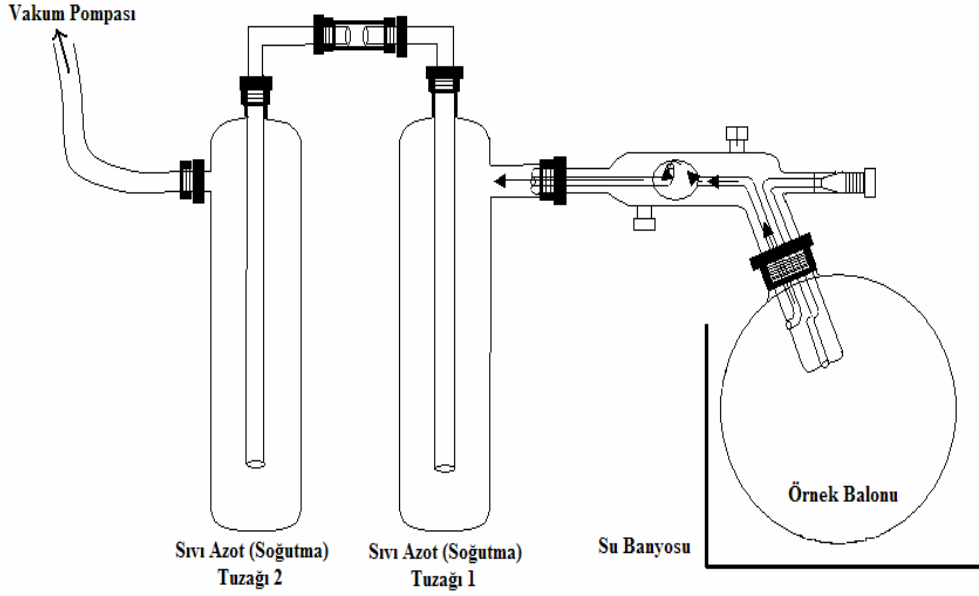
Şekil 4. Süt örneklerinin GCO ve GC-MS analizi için hazırlanması.

3.3.3.1. Doğrudan solvent ekstraksiyon

Çiğ, pastörize edilmiş, UV ve US işlemlerine tabi tutulmuş süt örneklerinin içerisine 2-metil-3-heptanone (0,0447 g) ve 2-metilpentanoik asit (0,0543 g) karışımından oluşan 50 µL iç standart ilave edilmiştir. Toplam 250 mL süte iç standartlar ilave edildikten sonra 12 adet falkon tüpüne bölünerek (her biri yaklaşık 20 mL süt), toplam 30 mL dietil eter (15-10-5) ile 3 kez ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sırasında meydana gelebilecek emülsiyon problemini engellemek amacıyla falkon tüplerinin içerisine yaklaşık 1 g NaCl ilave edilmiştir. Örnekler Vibromax 100 karıştırıcıda (Heidolph, Almanya), 700 rpm hızda 20 dakika çalkalandıktan sonra 7500 rpm'de ve 15°C sıcaklıkta 20 dakika süreyle santrifüj (Sigma, Göttingen Almanya) edilmiştir. Santrifüjden sonra oluşan emülsiyon pastör pipet yardımıyla kırılarak üst kısımda toplanan eter ekstraktı alınmıştır (Şekil 5). Ekstraksiyondan sonra solvent ekstraktlar kurutma amacıyla susuz sodyum sülfattan (Na₂SO₄) geçirilerek 40 °C'lik su banyosunda Vigreux kolon kullanılarak 50 ml'ye kadar konsantre edilmiştir.

3.3.3.2. Yüksek vakum distilasyon (HVD)

Distilat, Şekil 6'de görüldüğü gibi sıvı nitrojen altında soğutulan tuzaklarda toplanmakta, bu şekilde uçucu bileşikler, yağ gibi uçucu olmayan bileşiklerden ayrılmaktadır. Yüksek vakum distilasyon için ekstrakt 1L'lik balon içerisine alınıp sıvı azot kullanılarak dondurulmuş ve HVD düzeneğine bağlanmıştır. Sistemde yer alan ve distile olduktan sonra örneğin toplandığı tüp ile vakum pompasından önce olası kaçaqları engellemek için kullanılan diğer tüp 2 L'lik Dewar kaplarına (Isotherm, USA) daldırılmıştır (Şekil 6). Toplam 2 saatlik distilasyon işlemi süresince her iki Dewar kabı da sıvı azot ile beslenmiştir. Sisteme ilk bir saat oda sıcaklığında kalan bir saat ise 40 °C'lik su banyosunda 10⁻⁵ Torr basınç altında vakum uygulanmıştır.



Şekil 5. Yüksek vakum distilasyon düzeneği.

HVD işleminden sonra elde edilen distilat yüksek saflıktaki azot gazı yardımıyla 20 mL'ye konsantre edilmiştir. Faz ayrımı için 5 ml 0,5 M sodyum bikarbonat (NaHCO_3) ve 2 mL doymuş sodyum klorür ile 3 kez yıkanmıştır. Altta kalan asidik faz pipeti yardımıyla toplandıktan sonra pH'sı % 18'lik (V/V) hidroklorik asitle 2'ye düşürülmüş ve 5 mL dietil eterle 3 kez ekstrakte edilmiştir. Üstte kalan nötral/bazik faz ve ekstrakte edilmiş asidik faz tekrar susuz sodyum sülfattan (Na_2SO_4) geçirilerek kurutulmuştur. GCO ve GC-MS işlemlerinden önce hacim 300 μL 'ye kadar yüksek saflıktaki azot gazı yardımıyla konsantre edilmiştir.

3.3.3.3. Gaz Kromatografisi-Olfaktometri (GCO)

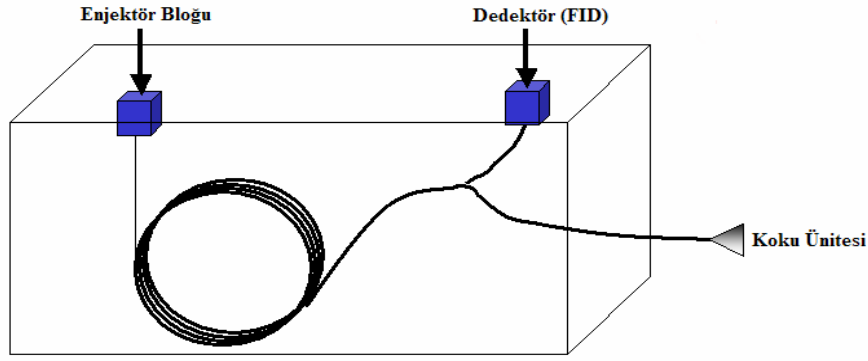
Gaz kromatografisi, alev iyonlaştırma dedektörü (FID), koklama ünitesi ve enjeksiyon bloğundan (CIS-Cooled Injection System) oluşmaktadır (Şekil 7) (Agilent 6890N, Palo Alto, California, ABD).



Şekil 6. Gaz kromatografisi olfaktometre sistemi.

Bütün örnekler, polar (HP-INNOWAX, 30 m uzunluk x 0,25 mm iç çap (i.d.) x 0,25 µm film kalınlığı; J&W Scientific, Folson, California, ABD) ve polar olmayan (HP-5 30 m uzunluk x 0,32 mm i.d. x 0,25 µm film kalınlığı; J&W Scientific) olmak üzere 2 farklı kolona 2 µL enjekte edilmiştir. GC fırın programı başlangıç sıcaklığı 40 °C' de 3 dakika olup dakikada 10 °C artışla son sıcaklığı 200 °C'ye ulaşmıştır. Son sıcaklıkta bekleme süresi 25 dakikadır. Örnekler GC'ye splitless enjeksiyon modunda enjekte edilmiştir. Enjektör bloğunun sıcaklığı da 250 °C dir.

Şekil 8'de görüldüğü gibi analitik kolondan sonra sistem ikiye ayrılmış ve eşit uzunlukta (100 cm) aktif olmayan fused silika materyal kullanılan kısımlardan biri FID'ye diğer kısım ise olfaktori dedektöre bağlanmıştır. Analizler sırasında helyum gazı taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. FID sıcaklığı 250 °C, hidrojen akışı 40 mL/dakika, hava akışı 450 mL/dakika' dir. Koklama ünitesinin sıcaklığı ise ısıtıcı bant kullanılarak 200 °C'de tutulmuştur.



Şekil 7. Gaz kromatografisi olfaktometri.

3.3.3.4. Karakteristik Aroma-Aktif Bileşenlerin GCO Yöntemiyle Belirlenmesi

Koklama işlemi iki kişi tarafından ve iki farklı dolgu materyaline sahip (polar ve polar olmayan) kapiler kolon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle gaz kromatografisine n-alkan standard serisi ($C_6, C_7 \dots C_{23}$) enjekte edilerek elde edilen alıkonma zamanları belirlenmiştir. Alkan serisinin ve süt örneklerindeki aroma maddelerinin alıkonma zamanları kullanılarak alıkonma indeksleri (RI-Kovats retention time) aşağıda belirtilen formül (3.4) yardımıyla hesaplanmıştır (Van den Dool ve Kratz, 1963). Her bir kimyasal bileşen aynı koşullar altında (kolon iç çapı, kolon uzunluğu ve seçilen ısı programı) ve aynı kolon materyali üzerinde sabit bir alıkonma indeksine sahiptir. Bu nedenle aroma standartları gaz kromatografisine enjekte edilerek alıkonma indeksleri ve aroma kaliteleri süt örneğinde belirlenen aroma maddeleri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir.

$$RI = 100n + 100 \frac{(t_{Ra} - t_{Rn})}{(t_{RN} - t_{Rn})} \quad (3.4)$$

RI: alıkonma indeksi

n: küçük alkanın karbon sayısı

t_{Ra} : ilgilenilen aroma maddesinin alıkonma zamanı

t_{Rn} : küçük alkanın alıkonma zamanı

t_{RN} : büyük alkanın alıkonma zamanı

3.3.3.5. Aroma Ekstrakt Dilüsyon Analizi (AEDA)

Aroma maddelerinin bulunduğu ekstraktlar 1/3 oranında seyreltilerek dilüsyonlar hazırlanmıştır. AEDA testi için, içerisine insert konulmuş küçük tüplere 100 µL dietil eter ilave edilmiştir. Yüksek vakum uygulandıktan sonra faz ayrımı yapıp hacmi 300 µL'ye düşürülen ekstraktlardan 50 µL, dietil eter içeren viallere aktarılmıştır. Koklama ünitesinde herhangi bir koku belirlenemeyinceye kadar koklama işlemi yapılarak flavor dilüsyon (FD) faktörleri bulunmuştur. Böylece, çiğ ve farklı işlemler uygulanmış sütlerin aroma profiline katkıda bulunan aroma aktif bileşenlerin örnek içindeki yoğunlukları saptanmıştır. Sonuçlar logaritmik olarak rapor edilmiştir.

3.3.3.6 Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS)

Süt örneklerinde bulunan aroma maddelerinin belirlenmesi amacıyla gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (HP6890 Series GC/HP 5972 kütle selektif dedektör, (MSD, Hewlett Packard) kullanılmıştır. Uçucuların ayrıştırılmasında fused silika kapiler kolon (HP INNOWAX, 30 m uzunluk x 0.24 mm iç çap x 0.25 µm film kalınlığı (df), J & W Scientific, ABD) ve taşıyıcı gaz olarak helyum (1 mL/dak sabit akış hızı) kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 40°C den 200 °C ye 5 °C /dak sıcaklık artış hızı, ve başlangıç ve bitiş sıcaklıkları sırasıyla 5 ile 45 dakika olacak şekilde programlanmıştır. MSD şartları ise: kapiler doğrudan ara yüzey sıcaklığı, 280 °C; iyonizasyon enerjisi, 70 eV; kütle aralığı 30 dan 330 a.k.b.; tarama hızı 5 tarama/saniye. Her bir ekstraktan splitless (yarılmamış) enjeksiyon modunda 1 µL enjekte edilmiştir. Analiz iki tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

3.3.4. Duyusal Analiz

Duyusal analiz sadece pastörize süt ve UV işleminden geçirilmiş sütlere uygulanmıştır. Yaşları 22-67 olan 31 paneliste (16 bayan, 15 erkek) üçgen testi uygulanmıştır. Panelistlere, ikisi 65 °C'de 30 dakika süreyle pastörize edilmiş, biri UV uygulamasına tabi tutulmuş (ikisi aynı, biri farklı) 3 süt örneği aynı sıcaklıkta (10 °C) ve aynı anda sunulmuş, tat ve koku olarak farklı olan örneği bulmaları istenmiştir. Sonuçlar α değeri 0,01 alınarak üçgen testi değerlendirme tablosundan yararlanılarak değerlendirilmiştir (Meilgaard ve ark., 1999).

3.3.5. Pıhtılaşma Yeteneği

Sütün gerek peynir yapımında kullanılan rennet enzimiyle ve gerekse yoğurt bakterileriyle pıhtılaşma yeteneği belirlenmiştir.

Sütün rennet enzimiyle koagülasyonunun belirlenmesi amacıyla Berridge (1942) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Su banyosunda sıcaklığı 33-35 °C 'ye getirilen süt örneklerinden 250 mL alınarak 500 mL'lik erlenlere konulmuştur. İçerisine 1/10 oranında sulandırılan sıvı peynir mayası (Trakya Peynir Mayası, Peyma CHR-Hansen's Peynir Mayası Sanayi ve Ticaret A.Ş., Büyükçekmece, İstanbul) çözeltisinden 10 mL ilave edilmiş ve kronometre ile gözle görülebilir pıhtı oluşumuna kadar geçen süre (saniye) kronometre kullanılarak belirlenmiştir.

Sütün yoğurt bakterileriyle pıhtılaşma yeteneğinin belirlenmesi amacıyla süt örnekleri 42 °C' de yoğurt bakterilerini içeren YC 350 (Peyma Hansen, İstanbul) yoğurt kültürü kullanılarak pH sı 4,8'e ulaşıncaya kadar inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında yoğurtların viskoziteleri ve serum ayrılma miktarları ölçülmüştür.

3.3.5.1. Viskozite

Viskozite ölçümleri, LV-SC4-18 başlığı kullanılarak Brookfield viskozimetresi (Model DV II+ Pro and Rheocalc software; Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA) ile 100 rpm hızda gerçekleştirilmiştir. Viskozite ölçümlerinden önce örnekler 20 saniye süreyle düşük devirde karıştırılmıştır. Ölçümler 4 °C' de gerçekleştirilmiştir.

3.3.5.2. Serum Ayrılması

Örneklerde serum ayrılmasının saptanması volumetrik olarak gerçekleştirilmiştir (Atamer ve Sezgin, 1986). 25 g yoğurt örneği, üzerinde filtre kağıdı bulunan ve bir erlen mayer üzerine yerleştirilen huniye tartılarak 4 °C' de 2 saat bekletilmiş ve ayrılan serum miktarı belirlenmiştir.

3.3.6. İstatistiksel Analizler

Farklı işlemlerin süt örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırılmasında 3.5 no'lu istatistik modelinden yararlanılmıştır. Mikrobiyolojik verilerde hem normallik, hem de varyansların homojenliği ön şartları yerine gelmediği için Varyans analizi tekniğinin parametrik alternatiflerinden biri olan Welch testi kullanılmıştır (Mendeş, 2002). Farklı işlemlerin, hem süt örneklerinin hem de bu sütlerden elde edilen yoğurtların fiziksel özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması amacıyla da Tek Yönlü Varyans analizi tekniği kullanılmıştır.

Welch testi ve Varyans analizi sonucunda önemli olan farklılıkların belirlenmesinde Tukey Çoklu Karşılaştırma testi kullanılmıştır. Söz konusu istatistiksel analizlerin

yapılmasında Minitab for Windows (Version 13.20 Minitab Inc., State College, PA) ve SPSS (version 15.00) paket programlarından yararlanılmıştır.

$$\text{Model: } Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (3.5)$$

Buradaki;

Y_{ij} : i. uygulamasındaki j. deney ünitesinin ölçülen değeri

μ : genel popülasyon ortalaması

α_i : i. uygulamasının etkisi (i=1, 2, 3, 4)

e_{ij} : rastgele hata terimini göstermektedir (Mendeş, 2002).

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Analizlerde Kullanılan Sütün Genel Özellikleri

Sütün genel bileşimi Çizelge 1’de görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda sütün protein miktarı % 2,88, kurumadde miktarı % 10,95, yağ miktarı % 3,32 ve kül miktarı % 0,77 bulunmuştur. Analizlerde kullanılan sütün asitliğinin, protein, kül ve yağ miktarının Türk Gıda Kodeksine uygun olduğu, ancak toplam kurumadde miktarlarının, çiğ inek sütü için Türk gıda kodeksinde belirtilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, süt örneklerinin alındığı hayvanların beslenme şeklerinden, beslenmelerinde kullanılan yemin içeriğinden veya hayvanların laktasyon döneminden kaynaklanabilmektedir. Huber ve ark. (1963) yaptıkları bir çalışmada 12 hafta mısır sılajı ile beslenen Holstein ineklerinden elde edilen sütlerin yağsız kurumadde ve protein içeriklerinin, normal öğütülmüş mısır ile beslenen ineklerinkinden daha düşük olduğunu, toplam kurumadde ve yağ içeriklerinin ise daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada pamuk tohumu eklenmiş yemle beslenen Holstein cinsi ineklerin sütlerinde toplam kurumadde ve yağsız kurumadde içeriklerinin, mısır gluteni, buğday kepeği, öğütülmüş mısır ve arpa ile beslenen kontrol grubu ineklerin sütlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Miller ve Wisse, 1943).

Çizelge 1. Sütün asitliği ve genel bileşimi

Özellikler	Ortalama ± standart hata
Titrasyon Asitliği (SH ⁰)	6,60 ± 0,01
Kurumadde (%)	10,95 ± 0,23
Protein (%)	2,88 ± 0,03
Yağ (%)	3,32 ± 0,19
Kül (%)	0,77 ± 0,01

*SH⁰: Soxhlet Henkel derecesi

4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Çiğ süt ve pastörizasyon, UV ve US işlemleri uygulanmış süt örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çiğ sütteki toplam canlı sayısı 5,17 log kob/mL seviyesinde iken, pastörize sütte 1,32 log kob/mL, UV uygulanmış sütte 3,16 log kob/mL, US uygulanmış sütte ise 4,56 log kob/mL olarak bulunmuştur. Çiğ sütteki toplam bakteri popülasyonuna göre pastörize edilmiş sütte 3,85 log, UV uygulanmış sütte 2,01 log azalma olmuştur. Çiğ süt ve farklı işlemler görmüş süt örnekleri arasında toplam canlı popülasyonundaki azalma istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Sütler, en yüksek seviyeden en düşük seviyeye toplam canlı sayısındaki azalma bakımından çiğ süt, US uygulanmış süt, UV uygulanmış süt ve pastörize edilmiş süt şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2). Yapılan analiz sonuçlarına göre UV uygulanmış süt örneklerindeki toplam canlı sayısı US uygulanmış süt örneklerindeki sayıya oranla daha düşüktür. Bu sonuçlara göre sütteki toplam canlı popülasyonu üzerine UV işleminin, US işleminden daha etkili olduğu söylenebilmektedir. Darrell ve ark. (2004) UV uygulanmış elma şirasında yaptıkları analizlerde toplam bakteri ve maya-küf popülasyonunda bizim bulduğumuz sonuçlara benzer olarak 2,2 log’luk azalma tespit etmişlerdir. Reinemann ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada ise meyve sularında toplam canlı popülasyonunda 3 log’luk azalma tespit etmişlerdir.

Çiğ sütte sırasıyla 4,18 log kob/mL ve 2,85 log kob/mL seviyesinde tespit edilen koliform ve *E. coli* sayısı US uygulanmış sütte sırasıyla 2,95 log kob/mL ve 1,70 log kob/mL bulunmuştur (Çizelge 2). Pastörize edilmiş sütte ve UV uygulanmış sütte ise koliform ve *E. coli* tamamen inhibe edilmiştir. Çiğ süt ve farklı işlemler görmüş süt örnekleri arasında koliform ve *E. coli* popülasyonundaki azalma istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Çizelge 2’de belirtilen sonuçlara göre, en yüksek koliform ve *E. coli* sayısı çiğ sütte tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda koliform ve *E. coli* sayısı üzerine, UV uygulamasının pastörize işlemi kadar etkin olduğu görülmüştür. Matak (2004) farklı yağ içeriğine sahip sütlerde yaptığı analizler sonucunda UV uygulamasıyla *E. coli* popülasyonundaki azalmayı 1,44 log olarak bulmuştur.

Baird-Parker agar besiyerine yayma plak yöntemine göre yapılan ekimler sonucunda etrafı saydam zonlu 1–1,5 mm çaplı siyah, tipik *S. aureus* görünümündeki koloniler tespit edilmemiştir. Ancak, 37 °C’ de 24 saat inkübasyon sonrasında yapılan sayımlarda çiğ sütte 2,96 log kob/mL, US uygulanmış sütte ise 2,19 log kob/mL *Staphylococcus spp.* tespit edilmiştir. Pastörize süt ve UV uygulanmış sütlerde ise tam inhibisyon sağlanmıştır. Tespit edilen sonuçlar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Çizelge 2’de görüldüğü

gibi çiğ sütte 2,96 log kob/mL bulunan *Staphylococcus spp.* sayısı US işlemi sonucunda 0,77 log azalmıştır. Yapılan analizler sonucunda UV uygulamasının *Staphylococcus spp.* sayısındaki azalmaya etkisi ısıl işlemle aynı olarak tespit edilmiştir.

Yapılan sayımlar sonucunda çiğ sütte, pastörize sütte, UV uygulanmış sütte ve US uygulanmış sütte sırasıyla 4,43 log kob/mL, 0,70 log kob/mL, 3,78 log kob/mL, 4,19 log kob/mL maya-küf bulunmuştur. Pastörize sütte maya-küf popülasyonunda 3,73 log azalma elde edilmişken, UV uygulanmış sütte 0,65 log, US uygulanmış sütte ise 0,24 log azalma tespit edilmiştir. Çiğ süt ile UV uygulanmış ve pastörize edilmiş süt örnekleri arasında maya-küf popülasyonu bakımından önemli fark bulunmuştur ($P<0,05$). Bu sonuçlara göre maya-küf popülasyonundaki azalma üzerine US işleminin etkili olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca popülasyondaki azalma üzerine en etkili yöntem pastörizasyon olarak bulunmuştur.

Çizelge 2. Mikrobiyolojik analiz sonuçları

	Toplam canlı (log kob/mL)	Koliform (log kob/mL)	<i>E.coli</i> (log kob/mL)	<i>Staphylococcus</i> <i>spp.</i> (logkob/mL)	Maya-küf (log kob/mL)
Çiğ süt	5,17 ± 0,02 ^a	4,18 ± 0,15 ^a	2,85 ± 0,15 ^a	2,96 ± 0,14 ^a	4,43 ± 0,13 ^a
Pastörize süt	1,32 ± 0,31 ^d	< 1 ^c	< 1 ^b	< 1 ^c	0,70 ± 0,01 ^c
UV süt	3,16 ± 0,09 ^c	< 1 ^c	< 1 ^b	< 1 ^c	3,78 ± 0,04 ^b
US süt	4,56 ± 0,01 ^b	2,95 ± 0,03 ^b	1,70 ± 0,01 ^b	2,19 ± 0,12 ^b	4,19 ± 0,03 ^a

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark önemlidir ($P<0,05$).

4.3. Aroma Analiz Sonuçları

Çiğ sütlerde yapılan GCO analiz sonuçları Çizelge 3'de, pastörize sütlerde yapılan GCO analiz sonuçları Çizelge 4'de, UV uygulanmış sütlerde yapılan GCO analiz sonuçları Çizelge 5'de ve US işlemi uygulanmış sütlerde yapılan GCO analiz sonuçları Çizelge 6'de verilmiştir.

Aromaya potansiyel olarak katkıda bulunabilecek bileşenler ketonlar, aldehitler, esterler, alkoller ve laktonlar olarak sınıflandırılabilir. Ketonlar, süt ve süt ürünlerinde mikroorganizmaların yağ-asidi katabolizmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Meydana gelen ketonlar çoğunlukla tek karbonlu metil ketonlar (alkan-2-on) ve diketonlardır. Metil ketonların oluşumu, yağların lipolizi, β -ketoasitlere oksidasyonu ve

daha sonra dekarboksilasyonu ile ketonlara dönüşümü şeklindedir (McSweeney ve Sousa, 2000).

Yapılan bu çalışmada metilketonlardan 9 karbonlu 2-nonanon ve 11 karbonlu 2-undekanon tespit edilmiştir. Bunlardan 2-undekanon sadece US işlemine tabi tutulmuş sütlerde saptanırken, 2-nonanon tüm süt örneklerinde, ancak farklı yoğunluklarda saptanmıştır. Çiğ sütte 2-nonanonun FD faktörü 3 iken UV işlemine tabi tutulmuş sütlerde FD faktörü 5 bulunmuştur (Çizelge 5).

Sütte lipid oksidasyonu, okside olmuş, kartonumsu, metalik, yağimsı, boyamsı ve balıgimsı aromanın oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Ketonlar, 6C'dan büyük alkanlar ve alkenler lipid oksidasyonu sonucunda oluşan tipik kimyasal bileşiklerdir (Forss, 1979; Shiratsuchi ve ark., 1994). Metil ketonlar ayrıca süte uygulanan ısı işlemi sonucunda da oluşmaktadır (Scanlan ve ark., 1968).

Bu çalışmada belirlenen aldehitlerden nonanal ve dodekanalın lipid oksidasyon ürünü olarak sütlerde ve yoğurtlarda bulunduğu daha önceki çalışmalarda da belirlenmiştir (Parliament ve McGorin, 2000; Frederiksen ve ark., 2003). Nonanal sadece pastörize edilmiş ve US uygulanmış sütte tespit edilmiştir (Çizelge 4 ve 6). Nonanalın yoğunluğunun pastörize sütte yüksek olmasının sebebi (FD 3) bu aromanın ısı işleminden kaynaklanmasına bağlanabilir. Karagül-Yüceer ve ark. (2001) yağsız süt tozunun aroma aktif bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, yüksek derecede ısı işlemi uygulanmış süt tozlarında nonanal, metiyonal, 1-okten-3-on, bütirik asit ve maltolun aroma yoğunluklarının yüksek olduğunu saptamışlardır.

Aldehitler, süt ve süt ürünlerinde doymamış yağ asitlerinin ışık veya ağır metaller tarafından katalize edilen otooksidasyon reaksiyonu veya serbest amino asitlerin Strecker parçalanması sonucu ortaya çıkmaktadırlar (McSweeney ve Sousa, 2000).

1-Okten-3-on sütte okside kokuya neden olmaktadır (Hammond ve Hill, 1964). 1-okten-3-on mantar benzeri aromaya sahip olmakla birlikte bazı kaynaklarda metalik aroma olarak da tanımlanmaktadır ve araşidonik asit oksidasyonu sonucunda meydana gelmektedir (Hammond ve Seals, 1972; Forss, 1979). Yapılan çalışmada belirlenen 1-okten-3-on FD faktörleri çiğ ve farklı işlemlere maruz kalmış süt örneklerinde aynı bulunmuştur (Çizelge 3,4,5,6).

GCO ile belirlenmiş diğer yağ oksidasyon ürünleri (E)-2-nonenal, (E,E)-2,4-nonadienal ve (E,Z)-2,6-nonadienaldır (Çizelge 3,4,5,6). Bunlar sırasıyla, samanimsı, bayat ve salatalık kokusu olarak tanımlanmaktadır. Bulunan bu aldehitlerin FD faktörleri çiğ süte oranla pastörize edilmiş, UV ve US işlemleri uygulanmış sütlerde daha yüksek

bulunmuştur (Çizelge 3,4,5,6). Süte uygulanan ısı işleminin ve sütün ışığa maruz kalmasının aldehitlerin miktarlarında artışa neden olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlara rastlanmıştır. Grosch ve ark. (1994) ışığın tereyağındaki aroma maddeleri üzerine etkisini araştırmış ve 3-metilnonan-2,4-dion, trans-4,5-epoksi (E)-dekenal, (E)-2-nonenal ve (E,E)-2,4 dekadienal gibi bileşiklerin ışık etkisiyle meydana geldiğini tespit etmişlerdir. 2,4-Dekadienal linoleik asidin oksidasyon ürünüdür ve kızarmış yağ aroması olarak tanımlanır (Forss, 1979). 2,4-Dekadienal ısı işlem sonucunda süt ürünlerinde oluşan temel aroma bileşiklerinden biri olarak belirlenmiştir (Schieberle ve ark., 1993). Bu bileşik lesitin içeren yağı azaltılmış Cheddar peynirinde okside aromanın temel nedeni olarak gösterilmiştir (Suriyaphan ve ark., 1999).

Metiyonal sütte belirlenen istenmeyen aroma maddelerindendir ve haşlanmış patatese benzer aromaya sahiptir (Ballance, 1961). Bu bileşiğin metiyoninin Strecker degradasyonuna uğramasıyla oluştuğu belirtilmiştir (Tressl ve ark., 1989). Ayrıca sütün ışığa maruz kalması sonucunda da metiyoninden oluşabilmektedir (Bading, 1991). Çiğ, pastörize, UV ve US işlemlerine tabi tutulmuş süt örneklerinde yapılan aroma analizleri sonucunda metiyonal tespit edilmiştir. Metiyonal tüm örneklerde aynı FD faktörüne sahiptir. UV uygulamasında sütün ışığa maruz kalması nedeniyle metiyonal oluşumunda artış gözlemlenmemiştir. Yani UV uygulamasının, sütte metiyonal oluşumu üzerine etkisinin olmadığı düşünülmektedir.

Yapılan GCO analizleri sonucunda yeşil çimen aromasına sahip hekzanal UV ve US uygulanmış sütlerde (Çizelge 5, 6) diğer sütlerden (Çizelge 3, 4) daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde fotooksidasyon nedeniyle sütte asetaldehit, pentanal (ekşi-çimen), 1-hekzan-3-on (plastik), hekzanal (yeşil-çimen) ve 1-okten-3-on (topraksı-mantar) gibi aroma bileşenleri yüksek yoğunlukta belirlenmiştir (Cadwallader ve Howard, 1998). Matak ve ark. (2007) de yaptıkları çalışmada UV uygulanmış sütlerde aldehitleri yüksek bulmuşlardır.

Esterler, yağ asitleri ile alkollerin birleşmesinden oluşan ve gıda aroması için oldukça önemli bileşiklerdir. Mikroorganizma faaliyeti sonucu ortaya çıkan bu bileşikler 'meyvemsi veya çiçeğimsi' aromaya sahiptirler (Gatfield, 1988). Bu çalışmada özellikle UV uygulanmış sütlerde etilhekzanoatın FD faktörü diğer sütlerden daha yüksek bulunmuştur. Yine bir ester olan etilpentanoat ise çiğ sütte bulunmazken pastörize edilmiş, US ve UV işlemlerine tabi tutulmuş sütlerde tespit edilmiştir. Pastörize sütte yoğunluğu oldukça yüksektir ve FD faktörü 4 olarak bulunmuştur (Çizelge 4).

Laktonlar δ veya γ -hidroksi asit veya trigliseritlerin ısıtılmasıyla oluşmaktadır (Forss, 1979). Süt ürünlerinde genellikle 5 veya 6 üyeli halkalardan oluşan γ - ve δ - laktonlar bulunmaktadır. Bu moleküller stabildirler ve “şeftalimsi, tatlımsı, süte benzer” aroma kalitesine sahiptirler (Eriksen, 1975). Çalışmada çiğ sütte sadece δ -dekalakton tespit edilmiştir (Çizelge 3). Yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Urbach (1993)’ın yaptığı çalışmada çiğ sütte sadece δ -dekalakton bulunduğunu belirtilmiştir. Ancak, süt ürünlerinde lipoliz ile serbest hale geçmiş yağ asitlerinden de laktonlar oluşabilmektedir. Nitekim, δ -dekalakton’un peynir olgunlaşması esnasında miktarının arttığı gözlenmiştir (Urbach, 1993). Pastörize edilmiş, UV ve US uygulanmış sütlerde δ -dekalakton’dan başka γ -oktalakton ve δ -oktalakton tespit edilmiştir. Bunların süte uygulanan işlemler sonucunda oluştuğu düşünülmektedir (Çizelge 4,5,6). Shibamoto ve ark., (1980) sütte bulunan laktonların ısıtma işlemi sonucunda da ortaya çıkabildiğini göstermiştir. Schieberle ve ark. (1993) tarafından yapılan çalışmada da süt örneklerinde tespit edilen δ -dekalaktonun yoğunluğu, γ -dodekalaktonun yoğunluğundan daha yüksek bulunmuştur.

Isıl işlemin etkisiyle oluşan aroma bileşiklerinden olan 2-asetil-1-prolin ve 2-asetil-2-tiazolin pastörize sütün nötral/bazik fraksiyonlarda tespit edilmiş olup patlamış mısıra benzer aromaya sahiptir (Çizelge 4). Ayrıca 2-asetil-1-prolin UV ve US uygulanmış sütlerde de düşük yoğunlukta tespit edilmiştir (Çizelge 5, 6). Ancak pastörize edilmiş sütte 2-asetil-1-prolinin FD faktörü belirlenmiş olup bu değer diğer süt örneklerinde bulunandan daha yüksektir. 2-Asetil-2-tiazolin ise sadece ısıtma işlemi uygulanmış süt örneklerinde saptanmıştır.

GCO analizleri sonucunda çiğ, pastörize, UV ve US işlemleri uygulanmış sütlerde çoğunluğu düz zincirli olmak üzere asetik, propiyonik, bütirik, pentanoik, hekzanoik, oktanoik ve dekanoyik asit gibi asidik bileşenler de tespit edilmiştir (Çizelge 3,4,5,6).

Serbest yağ asitlerinden olan bütirik asit ve hekzanoik asit peynirimsi veya ransit aromaya sahiptir ve yağsız süt tozunda en önemli serbest yağ asitleri olarak tanımlanmaktadır (Ferretti ve Flanagan, 1972). Bulduğumuz sonuçlara göre US uygulanmış sütlerde bütirik (FD faktörü 3) ve hekzanoik asit (FD faktörü 3) yoğunlukları diğer süt örneklerine göre daha yüksek tespit edilmiştir (Çizelge 6). US uygulanmış sütlerde serbest yağ asitlerinin yüksek yoğunlukta tespit edilmesinin nedeninin, US işleminin sütlerde homojenizasyon görevi yaparak yağ globüllerini parçalaması ve sonuçta serbest yağ asitlerinin oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, Ertugay ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada, süt homojenizasyonu ve yağın parçacık boyut dağılımı

üzerine US'nin etkisini incelemişler ve klasik homojenizasyon ile karşılaştırıldığında US uygulamasının gücüne bağlı olarak süt homojenizasyonunda önemli bir etkiye sahip olduğunu ve US uygulaması sonucunda yağ globüllerinin daha küçük parçalara ayrıldığını saptamışlardır.

Fenilasetik asit Strecker degradasyonu sonucunda fenilalaninden türemiş metabolik bir ürün olup, gül aromasına benzer aroma verir ve yüksek koku yoğunluğuna sahiptir (Smith ve ark., 1983; Hofmann ve ark., 2000). Fenilasetik asit ısıtılma işlemi sonucunda fenilasetaldehitin oksidasyonu ile oluşmaktadır (Mottram,1998). Yapılan analizlere göre tüm süt örneklerinde fenilasetik asit aynı yoğunlukta bulunmuştur (Çizelge 3,4,5,6).

Scanlan ve ark. (1968) tarafından yapılan çalışmada sütte ısıtılma işlemi meydana gelen aromaların metil ketonlar, laktonlar, benzaldehit, furfural, fenil asetaldehit, vanilin, 1-okten-3-ol, n-heptenal, 2-bütoksietanol, benzoiazol, maltol, asetofenon ve 2,3-bütandion (diasetil) olduğu saptanmıştır. Çiğ sütte diasetil miktarı 5 ppb iken ısıtılmış sütte miktar 38 ppb' ye yükselmiştir. Bu çalışmada da benzer olarak GCO analizleri sonucunda maltol çiğ sütte tespit edilmezken (Çizelge 3) ısıtılma işlemi görmüş sütte bulunmuştur (Çizelge 4). Aynı şekilde çiğ sütte tespit edilmeyen diasetil pastörize ve UV uygulanmış süt örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4,5).

Süt örneklerinde bulunan aroma maddelerinin bazıları kütle spektrometresi kullanılarak da belirlenmiştir (Çizelge 3,4,5,6). Belirlenen bu aroma maddelerinin bir çoğu asidik bileşenlerdir. Örneğin asetik, bütirik, propiyonik ve hekzanoik asitler süt örneklerinde belirlenmişlerdir. Ayrıca nötral/bazik fazda bulunan aroma maddelerinden nonanal da pastörize (Çizelge 4) ve US uygulanmış (Çizelge 6) sütlerde belirlenmiştir.

Çizelge 3. Çiğ sütün aroma profili

No	Bileşik	RI ^a		Log ₃ FD Faktör ^b	Aroma ^c	Metot ^d
		HP-5	HP- INNO WAX			
1	Asetik asit	< 700	1417	1	Sirke, asit	RI, aroma,MS
2	Etilasetat		856	<1	Ferah,ester	RI, aroma
3	Hekzanal	810	989	3	Çimen	RI, aroma
4	3 Metil tiyopen	772	1026	11	Plastik	RI, aroma
5	Heptanal		1173	<1	Yağimsı	RI, aroma
6	1-Hekzen-3-on	929	1193	11	Çiçek	RI, aroma
7	Bilinmeyen-1	832		<1	Sardunya	RI, aroma
8	Bütirik asit	837	1537	<1	Peynirimsi	RI, aroma,MS
9	2-Metil-3-furantiyol	862		<1	Metalik	RI, aroma
10	1-Hepten-3-on	872	1228	3	Mantar	RI, aroma
11	2/3-Metilbütirik asit	881	1564	<1	Şekerli, çiçek	RI, aroma
12	(Z)-4 Heptenal	896	1220	5	Plastik	RI, aroma
13	Metiyonal	901	1429	<1	Patates	RI, aroma
14	Pentanoik asit	929	1756	1	Çiçek	RI, aroma
15	2-Asetil-1-prolin	916	1264	<1	Patlamış mısır	RI, aroma
16	2-Pentanol	957		<1	Ferah	RI, aroma
17	İzobütirik asit	968	1564	3	Asit	RI, aroma
18	Propiyonik asit	974		<1	Yanık, asit	RI, aroma,MS
19	1-Okten-3-on	977	1270	<1	Mantar	RI, aroma
20	Etil hekzanoat	991	1235	3	Kolonya,ester	RI, aroma
21	(Z)-1,5-Oktadien-3on	995	1384	<1	Metalik	RI, aroma
22	Hekzanoik asit	1008	1844	1	Asit	RI, aroma,MS
23	Fenilasetaldehit	1059	1619	<1	Çiçek, ferah	RI, aroma
24	2- Nonanon	1090		3	Okside	RI, aroma
25	2-Feniletanol	1123	1905	4	Çiçek	RI, aroma
26	(Z)-2-Nonenal	1147	1487	11	Tütün	RI, aroma
27	(E,Z)-2,6-Nonadienal	1151	1564	2	Hıyar	RI, aroma
28	(E)-2-Nonenal	1158	1537	5	Samansı	RI, aroma
29	(E,E)-2,4-Nonadienal	1213	1677	4	Okside	RI, aroma
30	Fenil asetik asit	1257	2569	<1	Çiçek	RI, aroma
31	Dodekanal		1751	<1	Nane	RI, aroma
32	(E,E)-2,4-Dekadienal	1317	1823	5	Okside	RI, aroma
33	(E)-2-Undekenal	1364	1976	<1	Metalik	RI, aroma
34	δ-Dekalakton	1518	1955	3	Lakton, tatlı	RI, aroma

^a Alınkonma indeksi GCO sonuçlarından hesaplanmıştır. ^b Aroma ekstrakt dilüsyon analizleri HP-INNOWAX kolonu kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar Log₃ Flavor Dilüsyon faktörü olarak rapor edilmiştir. ^c Aroma GCO'nun koklama ünitesinde belirlenmiştir. ^d Aroma maddelerinin belirlenme yöntemleri, RI: Alınkonma indeksi, aroma: olfaktometri, MS: kütle dedektörü

Çizelge 4. Pastörize sütün aroma profili

No	Bileşik	RI ^a		Log ₃ FD Faktör ^b	Aroma ^c	Metot ^d
		HP-5	HP- INNO WAX			
1	Asetik asit	< 700	1417	3	Sirke, asit	RI, aroma, MS
35	Diasetil	< 700	970	<1	Yağimsı	RI, aroma
3	Hekzanal	810	989	2	Çimen	RI, aroma
4	3-Metil tiyopen	772	1026	13	Plastik	RI, aroma
6	1-Hekzen-3-on	929	1193	7	Çiçek	RI, aroma
8	Bütirik asit	837	1537	<1	Peynirimsi	RI, aroma, MS
11	2/3-Metilbütirik asit	881	1564	<1	Şekerli, çiçek	RI, aroma
12	(Z)-4 Heptenal	896	1220	<1	Plastik	RI, aroma
13	Metiyonal	901	1429	<1	Patates	RI, aroma
15	2-Asetil-1-prolin	921	1264	3	Patlamış mısır	RI, aroma
17	İzbütirik asit	968	1564	1	Asit	RI, aroma
18	Propiyonik asit	974		<1	Yanık, asit	RI, aroma, MS
19	1-Okten-3-on	977	1270	<1	Mantar	RI, aroma
21	(Z)-1,5Oktadien-3-on	995	1384	<1	Metalik	RI, aroma
22	Hekzanoik asit	1008	1844	1	Asit	RI, aroma,MS
23	Fenilasetaldehit	1059	1622	<1	Çiçek, ferah	RI, aroma
36	Nonanal	1084	1329	3	Okside	RI, aroma,MS
24	2- Nonanon	1090	1359	<1	Okside	RI, aroma
37	Maltol	1096	1978	<1	Yanık	RI, aroma
38	2-Asetil-2-tiazolin	1103	1741	<1	Patlamış mısır	RI, aroma
25	2-Feniletanol	1123	1905	<1	Çiçek, ester	RI, aroma
39	Etilpentanoat	1137	1128	4	Ferah	RI, aroma
27	(E,Z)-2,6-Nonadienal	1151	1564	4	Hıyar	RI, aroma
28	(E)-2-Nonenal	1158	1537	3	Samansı	RI, aroma
29	(E,E)-2,4-Nonadienal	1213	1677	3	Okside	RI, aroma
40	(Z)-2-Dekenal	1243		<1	Yağimsı	RI, aroma
30	Fenil asetik asit	1257	2569	<1	Çiçek	RI, aroma
41	γ-Oktalakton	1279		<1	Fındığımsı	RI, aroma
32	(E,E)-2,4-Dekadienal	1317	1823	4	Okside	RI, aroma
34	δ-Dekalakton	1518	1955	4	Lakton, tatlı	RI, aroma

^a Alıkonma indeksi GCO sonuçlarından hesaplanmıştır. ^b Aroma ekstrakt dilüsyon analizleri HP-INNOWAX kolonu kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar Log₃ Flavor Dilüsyon faktörü olarak rapor edilmiştir. ^c Aroma GCO'nun koklama ünitesinde belirlenmiştir. ^d Aroma maddelerinin belirlenme yöntemleri, RI: Alıkonma indeksi, aroma: olfaktometri, MS: kütle dedektörü

Çizelge 5. Ultraviyole işleme tabi tutulmuş sütün aroma profili

No	Bileşik	RI ^a		Log ₃ FD Faktör ^b	Aroma ^c	Metot ^d
		HP-5	HP- INNO WAX			
1	Asetik asit	< 700	1417	1	Sirke, asit	RI, aroma,MS
35	Diasetil	< 700	916	6	Yağimsı	RI, aroma
3	Hekzanal	797	989	6	Çimen	RI, aroma
4	3 Metil tiyopen	772	1026	11	Plastik	RI, aroma
7	Bilinmeyen-1	832		<1	Sardunya	RI, aroma
8	Bütirik asit	837	1537	<1	Peynirimsi	RI, aroma,MS
11	2/3-Metilbütirik asit	881	1564	1	Şekerli, çiçek	RI, aroma
12	(Z)-4 Heptenal	896	1220	<1	Plastik	RI, aroma
13	Metiyonal	901	1429	<1	Patates	RI, aroma
14	Pentanoik asit	929	1756	1	Çiçek	RI, aroma
15	2-Asetil-1-prolin	921	1264	<1	Patlamış mısır	RI, aroma
16	2-Pentanol	957	1115	1	Ferah	RI, aroma
17	İzobütirik asit	968	1564	3	Asit	RI, aroma
19	1-Okten-3-on	977	1270	<1	Mantar	RI, aroma
20	Etil hekzanoat	991	1235	5	Ester	RI, aroma
21	(Z)-1,5-Oktadien-3-on	995	1384	<1	Metalik	RI, aroma
22	Hekzanoik asit	1008	1844	1	Asit	RI, aroma,MS
42	(E)-2-Oktenal	1021	1417	<1	Kirli	RI, aroma
24	2- Nonanon	1090		5	Okside	RI, aroma
39	Etilpentanoat	1137	1128	1	Ferah	RI, aroma
27	(E,Z)-2,6-Nonadienal	1151	1564	5	Hıyar	RI, aroma
28	(E)-2-Nonenal	1158	1537	3	Samansı	RI, aroma
29	(E,E)-2,4-Nonadienal	1213	1677	5	Okside	RI, aroma
40	(Z)-2-Dekenal	1243		<1	Yağ, ferah	RI, aroma
43	(E)-2-Dekenal	1250		1	Saman	RI, aroma
30	Fenil asetik asit	1257	2569	<1	Çiçek	RI, aroma,MS
44	Oktanoik asit	1294		<1	Tatlı, çiçek	RI, aroma,MS
31	Dodekanal		1751	<1	Nane	RI, aroma
41	γ- Oktalakton	1301		<1	Ferah,	RI, aroma
32	(E,E)-2,4-Dekadienal	1317	1823	1	Okside	RI, aroma
45	δ-Oktalakton	1333		1	Fındığımsı	RI, aroma
34	δ-Dekalakton	1518	1955	1	Lakton, tatlı	RI, aroma

^a Alikonma indeksi GCO sonuçlarından hesaplanmıştır. ^b Aroma ekstrakt dilüsyon analizleri HP-INNOWAX kolonu kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar Log₃ Flavor Dilüsyon faktörü olarak rapor edilmiştir. ^c Aroma GCO'nun koklama ünitesinde belirlenmiştir. ^d Aroma maddelerinin belirlenme yöntemleri, RI: Alınkonma indeksi, aroma: olfaktometri, MS: kütle dedektörü

Çizelge 6. Ultrasound işleme tabi tutulmuş sütün aroma profili

No	Bileşik	RI ^a		Log ₃ FD Faktör ^b	Aroma ^c	Metot ^d
		HP-5	HP- INNO WAX			
1	Asetik asit	< 700	1417	1	Sirke, asit	RI, aroma,MS
3	Hekzanal	810	989	7	Çimen	RI, aroma
4	3-Metil tiyopen	772	1026	7	Plastik	RI, aroma
46	Bilinmeyen-2	812		<1	Kahve	RI, aroma
6	1-Hekzen-3-on	929	1193	13	Çiçek	RI, aroma
7	Bilinmeyen-1	832		<1	Sardunya	RI, aroma
8	Bütirik asit	837	1537	3	Peynirimsi	RI, aroma,MS
10	1-Hepten-3-on	872	1228	<1	Mantar	RI, aroma
11	2/3-Metilbütirik asit	881	1564	1	Şekerli, çiçek	RI, aroma
12	(Z)-4 Heptenal	896	1220	<1	Plastik	RI, aroma
13	Metiyonal	901	1429	<1	Patates	RI, aroma
14	Pentanoik asit	929	1756	3	Çiçek	RI, aroma
15	2-Asetil-1-prolin	916	1264	<1	Patlamış mısır	RI, aroma
47	2-Heptanol	935		<1	Metal, mantar	RI, aroma
17	İzobütirik asit	968		3	Asit	RI, aroma
18	Propiyonik asit	974		<1	Yanık, asit	RI, aroma
19	1-Okten-3-on	977	1270	<1	Mantar	RI, aroma
20	Etil hekzanoat	991	1235	3	Kolonya, ester	RI, aroma
22	Hekzanoik asit	1008	1844	3	Asit	RI, aroma,MS
36	Nonanal	1084	1329	1	Okside	RI, aroma,MS
24	2- Nonanon	1090		3	Okside	RI, aroma
37	Maltol	1096		<1	Yanık, şeker	RI, aroma
25	2-Feniletanol	1123	1905	<1	Çiçek, ester	RI, aroma
39	Etilpentanoat	1137	1128	4	Ferah	RI, aroma
27	(E,Z)-2,6-Nonadienal	1151	1564	3	Hıyar	RI, aroma
28	(E)-2-Nonenal	1158	1537	5	Samansı	RI, aroma
29	(E,E)-2,4-Nonadienal	1213	1677	5	Okside	RI, aroma
40	(Z)-2-Dekenal	1243		<1	Yağ, ferah	RI, aroma
30	Fenil asetik asit	1257	2569	<1	Çiçek	RI, aroma,MS
44	Oktanoik asit	1294		<1	Tatlı, çiçek	RI, aroma,MS
48	2-Undekanon	1294		<1	Ferah, bitki	RI, aroma
32	(E,E)-2,4-Dekadienal	1317	1823	3	Okside	RI, aroma
49	Dekanoik asit	1403		<1	Sabunsu, asit	RI, aroma,MS
34	δ-Dekalakton	1518	1955	3	Lakton, tatlı	RI, aroma

^a Alıkonma indeksi GCO sonuçlarından hesaplanmıştır. ^b Aroma ekstrakt dilüsyon analizleri HP-INNOWAX kolonu kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar Log₃ Flavor Dilüsyon faktörü olarak rapor edilmiştir. ^c Aroma GCO'nun koklama ünitesinde belirlenmiştir. ^d Aroma maddelerinin belirlenme yöntemleri, RI: Alınkonma indeksi, aroma: olfaktometri, MS: kütle dedektörü

4.4. Viskozite, Serum Ayrılması ve Pıhtılaşma Yeteneği

Çiğ, pastörize edilmiş ve UV ve US işlemleri uygulanmış sütlerden yapılan yoğurtların viskozite değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$) (Çizelge 7). Buna göre, UV işlemine tabi tutulmuş sütlerden yapılan yoğurtlar en yüksek viskozite değerine sahipken, pastörize sütlerden yapılan yoğurtların en düşük viskozite değerine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 7).

Serum ayrılması ise yoğurtlarda karşılaşılabilen yapısal bir kusur olup, üründeki protein ağında tutulan sıvı fazın dış zorlama olmaksızın jel yapısından kendiliğinden ayrılması olarak tanımlanmaktadır (Lucey, 2002). Yoğurt örneklerinde serum ayrılması değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$) (Çizelge 7). Viskozite ve serum ayrılması birbiriyle ters ilişkili parametrelerdir (Atamer ve Sezgin, 1986). Benzer sonuçlar bu çalışmada da gözlemlenmiştir. En yüksek viskoziteye sahip olan ve UV işlemine tabi tutulmuş sütlerden yapılan yoğurtlarda en düşük serum ayrılması gözlemlenmiştir (Çizelge 7). Bu durum UV ışınlarının süt proteinlerinde denatürasyona neden olan fiziksel etmen olmasından kaynaklanmaktadır (Metin, 2003).

Uygulanan alternatif teknolojilerin etkisiyle sütün peynir enzimi ile pıhtılaşma yeteneği belirlenmiştir. Tüm süt örneklerinde pıhtılaşma süreleri (saniye) arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0,05$) (Çizelge 7). Diğer bir ifadeyle gerek UV ve gerekse US uygulaması sonucunda rennin enziminin sütü pıhtılaştırma süresi değişmemiştir.

Çizelge 7 . Sütün reolojik özellikleri

	Viskozite (cP)	Serum ayrılması (mL)	Pıhtılaşma (s)
Çiğ süt	17,85 ± 0,45 ^b	4,23 ± 0,13 ^{bc}	138,5 ± 3,50 ^a
Pastörize süt	12,00 ± 0,01 ^c	5,30 ± 0,65 ^{ab}	140,0 ± 18,0 ^a
UV süt	24,75 ± 0,75 ^a	3,29 ± 0,01 ^c	164,0 ± 6,00 ^a
US süt	13,35 ± 0,05 ^c	6,45 ± 0,05 ^a	130,0 ± 11,0 ^a

^{a-c} Aynı kolonda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark önemlidir ($P<0,05$). cP: centipose, s: saniye, mL: mililitre

4.5. Duyusal Analiz Sonuçları

Yaşları 22-67 arasında olan 31 paneliste (16 bayan, 15 erkek) ikisi 65 °C'de 30 dakika süreyle pastörize edilmiş, biri UV uygulamasına tabi tutulmuş (ikisi aynı biri farklı)

3 süt rneği aynı sıcaklıkta (10 °C) ve aynı anda sunulmuş, tat ve koku olarak farklı olan rneği bulmaları istenmiştir. Uygulanan çgen testi sonuçları α değeri 0,01 alınarak değerlendirilmiş ve 31 panelistten 21 tanesi farklı olan rneği doğru olarak tespit edememiştir. Diğer bir ifade ile örnekler arasında lezzet ve aroma açısından fark olmadığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ultraviyole (UV) ve ultrasound (US) uygulamalarının çiğ sütte bulunan aroma bileşenleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, UV ve US uygulamalarının sütün mikrobiyal yükü üzerine etkileri incelenmiş, bu uygulamaların ısıl işleme alternatif bir işlem olup olmayacağı ortaya konmuştur. Son olarak ısıl olmayan bu uygulamaların sütün peynir enzimi ve yoğurt bakterileri ile pıhtılaşma yeteneği üzerine etkisi belirlenmiştir.

Yapılan aroma analizleri sonucunda çiğ sütte hekzanal (yeşil-çimen), heptanal (yağimsı), metional (kaynamış patates), 2-asetil-1-prolin (patlamış mısır), 3-metil tiyopen (plastik), (Z)-4-heptenal (plastik), (E,Z)-2,6-nonadienal (hıyar), (E)-2-nonenal (samansı) gibi aldehytler, 1-hepten-3-on (mantar) ve 2-nonanon (okside) gibi ketonlar, bütirik asit (peynirimsi), pentanoik asit (tatlımsı, çiçek), fenil asetik asit (çiçek) gibi asitler, etil hekzanoat (kolonya, ester) ve δ -dekalakton (lakton, tatlı) tespit edilmiştir. Süte uygulanan pastörizasyon işleminin etkisiyle hekzanal, 2-asetil-1-prolin gibi bileşenlerin aroma yoğunlukları artmıştır. Yine ısı etkisiyle nonanal, (Z)-2 dekenal, 2-asetil-2-tiazolin, maltol, etilpentanoat ve γ -oktalakton aroma maddelerinin oluştuğu saptanmıştır.

UV uygulamasıyla çiğ sütte varolan hekzanal, (E,Z)-2,6-nonadienal, etil hekzanoat ve 2-nonanon gibi aroma maddelerinin yoğunluklarında artış gözlemlenmiştir. Pastörizasyon işlemi sonucunda meydana gelen etilpentanoat, (Z)-2-dekenal ve γ -oktalakton oluşumu benzer şekilde UV uygulaması sonucunda da tespit edilmiştir. Ayrıca, UV uygulaması sonucunda sütte düşük yoğunlukta (E)-2-dekenal, oktanoik asit ve δ -dekalakton oluştuğu görülmüştür.

Yapılan AEDA analizleri US uygulamasının özellikle sütte asidik fraksiyonda bulunan bütirik, pentanoik ve hekzanoik asitlerin yoğunluğunu arttırdığını ve oktanoik asit ve dekanok asit gibi asitlerin de yeni oluştuğunu göstermiştir. Bunun dışında nonanal, maltol, etilpentanoat ve (Z)-2 dekenal gibi çiğ sütte bulunmazken ısıl işlem, UV ve US uygulanmış sütlerde bu aroma maddeleri belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda çiğ süt, pastörize süt, UV ve US uygulanmış sütlerin temel aroma aktif bileşikleri saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, US uygulamasının asidik fraksiyondaki asitler üzerine daha etkili olduğunu ve asitlerin aroma yoğunluklarını arttırdığını göstermiştir. Bunun nedeninin US işleminin sütteki yağ globüllerini parçalamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre süte uygulanan ısıl işlem ve UV uygulaması nötral/bazik fraksiyondaki aldehytlerin, ketonların

ve esterlerin yoğunluklarında artışa neden olmuştur. Ayrıca bazı yeni aroma maddelerinin oluştuğu da gözlemlenmiştir. UV uygulaması sonucunda ısıl işlemde farklı, yüksek yoğunlukta istenmeyen aroma bileşenine rastlanmamıştır.

Çalışmada yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda çiğ sütte bulunan toplam canlı, koliform, *E. coli*, *Staphylococcus spp.* ve maya-küf popülasyonlarında pastörizasyon, UV ve US işlemlerinin uygulanmasıyla azalma olduğu saptanmıştır. Çiğ sütte 5,17 log kob/mL seviyesinde bulunan toplam canlı popülasyonları sırasıyla US uygulanmış sütte 4,56 log kob/mL, UV uygulanmış sütte 3,16 log kob/mL ve pastörize edilmiş sütte 1,32 log kob/mL olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre UV uygulaması pastörizasyon işlemi kadar etkili olmasa da, UV uygulaması sonucunda toplam canlı popülasyonundaki azalma 2,01 log bulunmuştur. Kullanılan lamba sayısını ve işlem süresini arttırarak UV uygulamasının etkinliğinin arttırılabileceği düşünülmektedir. US uygulaması ise çiğ sütte bulunan toplam canlı popülasyonunda 0,61 log' luk azalma sağlamış olup, US işleminin toplam canlı üzerine etkisinin az olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda çiğ sütte koliform 4,18 log kob/mL, *E.coli* 2,85 log kob/mL seviyesinde bulunmuştur. US uygulamasıyla koliform 2,95 log kob/mL ve *E.coli* 1,70 log kob/mL seviyesine azalmıştır. Pastörize edilmiş sütte ve UV uygulanmış sütte ise koliform ve *E.coli* tamamen inhibe edilmiştir. Benzer sonuçlar sütte bulunan *Staphylococcus spp.* popülasyonundaki azalmada da gözlemlenmiştir. Çiğ sütte 2,96 log kob/mL ve US uygulanmış sütte ise 2,19 log kob/mL tespit edilen *Staphylococcus spp.* popülasyonuna pastörize süt ve UV uygulanmış sütlerde rastlanmamıştır. Bu sonuçlara göre sütte istenmeyen mikroorganizmalardan olan koliform, *E.coli* ve *Staphylococcus spp.* üzerine UV işleminin, pastörize işlemi kadar etkili olduğu söylenebilir. Ancak sütün başlangıç yükü düşük olduğundan etkisinin mikrobiyal yük fazla olduğunda nasıl olacağı da inokülasyon çalışmalarının yapılmasını gerektirmektedir.

Yapılan maya-küf analizleri sonucunda popülasyon en yüksekten, en düşüğe doğru çiğ süt (4,43 log kob/mL), US uygulanmış süt (4,19 log kob/mL), UV uygulanmış süt (3,78 log kob/mL) ve pastörize edilmiş süt (0,70 log kob/mL) olarak sıralanmaktadır. UV uygulamasının çiğ sütte bulunan maya-küf popülasyonu üzerine etkisinin pastörizasyon işlemi kadar etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Kullanılan lamba sayısını arttırarak UV işleminin maya-küf üzerine daha etkili hale getirilebileceği düşünülmektedir.

US uygulanmış sütün aroma profili çıkarılmış ve serbest yağ asitlerinin yoğunluklarında artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, US uygulamasının çiğ sütün

mikrobiyal yükü üzerine pastörizasyon işlemi kadar etkili olmadığı ve US uygulanmış sütün yoğurt bakterileri ile pıhtılaşma yeteneğinin az olduğu saptanmıştır.

UV uygulanmış sütün aroma profili çıkarılmış ve pastörize edilmiş sütün aroma profiline yakın sonuçlar elde edilmiştir. UV uygulaması sonucunda çiğ sütte bulunan bazı aroma maddelerinin koku yoğunluklarında artış saptanmış ve düşük yoğunlukta yeni aroma maddeleri tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, UV uygulamasının çiğ sütün mikrobiyal yükü üzerine pastörizasyon işlemi kadar etkili olduğu saptanmıştır. Yoğurt bakterileri ile pıhtılaşma yeteneği ise pastörize ve US işlemlerine tabi tutulmuş sütlerden yapılan yoğurt örneklerine göre daha iyi bulunmuştur.

Çiğ süt ve diğer süt örneklerinin, peynir enzimi ve yoğurt bakterileri ile pıhtılaşma yeteneğini belirlemek amacıyla yapılan analizlerden elde edilen veriler peynir enzimiyle pıhtılaşma yeteneği açısından sütler arasında farklılık olmadığını göstermiştir. Sütlerden yapılan yoğurtların fiziksel kalite özelliklerini karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilen viskozite ölçümleri sonucunda UV işlemine tabi tutulmuş yoğurtların (24,75 cp) diğer yoğurt çeşitlerine göre en yüksek viskozite değerine sahip olduğu saptanmıştır. Serum ayrılması analizi sonuçlarına göre de en fazla serum ayrılması US uygulanmış sütlerden yapılan yoğurtlarda (6,45 ml) görülürken, en az serum ayrılması UV uygulanmış sütlerden yapılan yoğurtlarda (3,29 ml) görülmüştür. Bu sonuçlara göre UV uygulamasının, yoğurt bakterileriyle pıhtılaşma yeteneği ve yoğurtların fiziksel özellikleri üzerine etkisinin olumlu yönde olduğu söylenebilir.

Yapılan üçgen testi sonuçlarına göre pastörize ve UV uygulanmış sütler arasında lezzet ve koku bakımından fark bulunmamış ve bazı tüketiciler UV uygulanmış sütleri daha çok beğenmişlerdir. Buna göre UV uygulamasının sütün lezzet ve koku üzerine olumsuz etkisi bulunmadığı saptanmıştır.

UV uygulamasının süresinin kısa, maliyetinin düşük ve etkinliğinin yüksek olması nedeniyle, gelecekte süt ve ürünlerinde ısıl işleme alternatif olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Ancak, UV uygulamasının lamba sayısı, işlem süresi gibi parametrelerinin değiştirilerek farklı çalışmalar yapılması gerekmektedir.

US uygulamasının ise etkinliğinin düşük olması, endüstride uygulanabilirliğinin zor olması ve maliyetinin yüksek olması gibi nedenlerden dolayı gelecekte süt ve ürünlerinde ısıl işleme alternatif olarak kullanılabilmesi düşünülmemektedir.

Sonuç olarak süte ısıl işleme alternatif olarak UV ışınları uygulanmasının ürünün mikrobiyel yükünde önemli derecede azalmaya neden olduğu ve ışınların sütte aroma bileşenleri (özellikle fotooksidasyon sonucu oluşabilecek) üzerine herhangi bir olumsuz

etkisi olmadığı belirlenmiştir. US işleminin ise UV ve pastörizasyon işlemleri kadar etkin olmadığı saptanmıştır. Daha ekonomik olması ve etkinliği de göz önünde bulundurulduğunda UV tekniği bazı modifikasyonlarla pastörizasyona alternatif olabilecek bir teknik olarak düşünülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıda belirtilen bazı önerilerin ileride yapılabilecek çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir:

- 1) UV uygulaması için, belirli sayıda mikroorganizma inokülasyonu yapılarak azalma incelenebilir.
- 2) UV işleminin farklı patojenler üzerine etkileri belirlenebilir.
- 3) UV ile ısı işlem birlikte (düşük sıcaklıkta termizasyon ve UV birlikte) kullanılabilir.
- 4) Sütün sistemden birkaç kez geçirilmesiyle üründeki değişimler incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Adda J., 1986. Flavor of Dairy Products. In: Birch, G.G. ve Lindley, M.G., Eds. *Developments in Food Flavours*. Elsevier Applied Science, London. 151-187.
- Altic L.C., Rowe T.M. ve Grani R., 2007. UV Light Inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in Milk as Assessed by FASTPlaqueTB Phage Assay and Culture. *Appl. Envir. Microbiol.*, 73: 3728-3733.
- Anonymous, 2006. Requisite Scientific Parameters for Establishing the Equivalence of Alternative Methods of Pasteurization. *Journal of Food Protection*, 69 (5): 1190–1216.
- Anonymous, 2006. FDA, Bacteriological Analytical Manual *Online*. 02 January 2009, <http://www.cfsan.fda.gov/>
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. Volume I, II 17th Edition, USA.
- Atamer M. ve Sezgin E., 1986. Yoğurtlarda Kurumadde Artırımının Pıhtının Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 11 (6): 327-331.
- Bading H.T., 1991. Milk. In: Maarse, H., Eds. *Volatile Compounds in Foods and Beverages*, Dekker, New York, NY. 91-106.
- Bailey M.E. ve Um K.W., 1992. Maillard Reaction Products and Lipid Oxidation. In Lipid Oxidation in Food. In: St.Angelo, A.J., Eds. *ACS Symposium Series 500*. American Chemical Society, Washington, DC. 122-139.
- Ballance P.E., 1961. Production of Volatile Compounds Related to the Flavor of Foods from the Strecker Degradation of DL-methionine. *J. Sci. Food Agric.*, 532-536.
- Bayraktaroğlu G. ve Obuz E., 2006. Ultrasound Yönteminin İlkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı*, 24-26 Mayıs, Bolu. ISBN: 9944-5262-0-7.
- Bekbölet M., 1990. Light Effects on Food. *J. Food Prot.*, 53 (5): 430-440.
- Berridge N.J., 1942. The Second Phase of Rennet Coagulation. *Nature*, 149: 194-195.
- Blank I., 2002. Gas Chromatography-Olfactometry in Food Analysis. In: Marsili, R., Eds. *Flavor, Fragrance and Odor Analysis*. Marcel Dekker, Inc., New York, 297-331.
- Borle F., Sieber R. ve Bosset J.O., 2001. Photo-oxidation and Photoprotection of Foods. *Sciences des Aliments*, 21: 571-590.

- Bradley R.L., Arnold E., Barbano D.M., Semerad R.G., Smith D.E. ve Vines B.K., 1992. Chemical and Physical Methods. In: Marshall, R.T., Eds. *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. American Public Health Association, Washington, DC. 433-531.
- Buckholz Jr.L.L., 1989. Maillard Technology as Applied to Meat and Savory Flavors. In: Parliament, T.H., McGorin, R.J. ve Ho, C.T., Eds. *Thermal Generation of Aromas*. ACS Symposium Series 409. American Chemical Society, Washington, DC. 406-420.
- Cadwallader K.R., Tan O., Chen F. ve Meyers S.P., 1995. Evaluation of the Aroma of Cooked Spiny Lobster Tail Meat by Aroma Extract Dilution Analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 43: 2432-2437.
- Cadwallader K.R. ve Howard C.L., 1998. Analysis of Aroma-activated Components of Light Activated Milk. In *Flavor Analysis: Developments in Isolation and Characterization*. ACS Symposium Series 705, American Chemical Society, Washington, DC. 343-358.
- Capstick E., Hall H.A. ve Neave F.K., 1946. Further Developments in Dairying in Germany. Final Report No. 770. British Intelligence Objectives Sub-Committee Trip No. 2144.
- Chang J.C.H., Ossoff S.F., Lobe D.C., Dorfman M.H., Dumais C.M., Qualls R.G. ve Johnson J. D., 1985. UV Inactivation of Pathogenic and Indicator Microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 1361-1365.
- Choi L.N. ve Nielsen S.S., 2005. The Effects of Thermal and Nonthermal Processing Methods on Apple Cider Quality and Consumer Acceptability. *J. Food Quality*, 28: 13–29.
- Da Silva M.A.A.P., Lundahl D.S. ve McDaiel M., 1994. The Capability and Psychophysics of Osme: a New GC-olfactometry Technique. In: Maarse, H. ve Van der Heij, D.G., Eds. *Trends in Flavor Research, Elsevier Sci.* London, UK. 191-209.
- Darrell W.D., Canitez N. ve Bushway A.A., 2004. UV Inactivation of *E. coli* O157:H7 in Apple Cider: Quality, Sensory and Shelf-Life Analysis. *J. Food Processing and Preservation*, 28: 368–387.
- Dinçer-Baysal A.H. ve Ünlütürk S., 2007. Efficacy of Short Wave Ultraviolet Light (UVC) Irradiation on *Alicyclobacillus acidoterrestris* Spores in Apple Juice. *2nd International Congress on Food and Nutrition*. Book of Abstract, 30, İstanbul, Turkey, 24-26 October.

- Eriksen S., 1975. Flavor of Milk and Milk Products. 1. The Role of Lactones. *Milchwissenschaft*, 31: 549-552.
- Ertugay M.F., Şengül M. ve Şengül M., 2004. Effect of Ultrasound Treatment on Milk Homogenisation and Particle Size Distribution of Milk. *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, 28: 303-308.
- Ferretti A., Flanagan V.P. ve Ruth J.M., 1970. Nonenzymic Browning in a Lactose-casein Model System. *J. Agric. Food Chem.*, 18: 13-18.
- Ferretti A. ve Flanagan V.P., 1972. Steam Volatile Constituents of Stale Nonfat Dy Milk. The Role of the Maillard Reaction in Staling. *J. Dairy Res.*, 27: 211-219.
- Forss D.A., 1979. Mechanisms of Formation of Aroma Compounds in Milk and Milk Products. *J.Dairy Res.*, 46: 691-706.
- Frederiksen C.S., Haugaard V.K., Poll L. ve Becker E.M., 2003. Light- Induced Quality Changes in Plain Yoghurt Packed in Polylactate and Polystyrene. *European Food Research and Tehcnology*, 217: 61-69.
- Gachovska T.K., Kumar S., Thippareddi H., Subbiah J. ve Williams F., 2008. Ultraviolet and Pulsed Electric Field Treatments Have Additive Effect on Inactivation of *E. Coli* in Apple Juice. *Journal of Food Science*, 73 (9): 412-417.
- Grosch W., Milo C. ve Widder S., 1994. Identification and Quantification of Odorants Causing Off-Flavours. In: Maarse, H. ve Van der Heij, D.G., Eds. *Trends in Flavour Research, Elsevier Sci.*, London, UK. 409-415.
- Guerrero-Beltrán J.A. ve Barbosa-Cánovas G.V., 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in Apple Juice by Ultraviolet Light. *Journal of Food Process Engineering*, 28: 437–452.
- Hakgüder B., Atilgan M.R., Baysal A.H. ve Ünlütürk S., 2008. Antimicrobial Efficacy of UV-C Radiation on *Escherichia coli* K-12, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Escherichia coli* O157:H7 in White Grape Juice. *First European Food Congress*. Ljubljana, Slovenia, 4-9 November.
- Hammond E.G. ve Hill F.D., 1964. The Oxidized Metallic and Grassy Flavor Components of Autoxidized Milk Fat. *J.Amer. Oil Chem. Soc.*, 41: 180-184.
- Hammond E.G. ve Seals R.G., 1972. Oxidized Flavor in Milk and Its Stimulation. *J.Dairy Sci.* 55: 1567-1569.

- Hanes D.E., Worobo R.W., Orlandi P.A., Burr D.H., Miliotis M.D., Robl M.G., Bier J.W., Arrowood M.J., Churey J.J. ve Jackson G.J., 2002. Inactivation of *Cryptosporidium parvum* Oocysts in Fresh Apple Cider by UV Irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 4168–4172.
- Hodge J.E., 1953. Dehydrated Foods-Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. *J.Agric. Food Chem.*, 1: 928-943.
- Hoffmann T., Münch P. ve Schieberle P., 2000. Quantitative Model Studies on the Formation of Aroma-Active Aldehydes and Acids by Strecker –type Reactions. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 434-440.
- Honkanen E., Karvonen P. ve Virtanen A.I., 1964. Studies on the Transfer of Some Flavour Compounds to Milk. *Acta Chemica Scandinavica*, 18: 612-618.
- Hua I. ve Thompson J.E., 2000. Inactivation of *Escherichia Coli* by Sonication at Discrete Ultrasonic Frequencies. *Pergamon*, 34 (15): 3888-3893.
- Huber J.T., Graf G.C. ve Engel R.W., 1963. Effect of Supplement of Cow on Pasteur on Milk Composition and Yield. *Journal of Dairy Science*, 67: 63-64.
- Karagül-Yüceer Y., Drake M.A. ve Cadwallader K.R., 2001. Aroma-Active Components of Nonfat Dry Milk. *J. Agricultural and Food Chemistry*, 49: 2948-2953.
- Keyser M., Müller I.A., Cilliers F.P., Nel W. ve Gouws P.A., 2008. Ultraviolet Radiation as a Non-Thermal Treatment for the Inactivation of Microorganisms in Fruit Juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 348–354.
- Koutchma T., Keller S., Chirtel S. ve Parisi B., 2004. Ultraviolet Disinfection of Juice Products in Laminar and Turbulent Flow Reactor. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5: 179–189.
- Koutchma T., Parisi B. ve Patazca E., 2007. Validation of UV Coiled Tube Reactor for Fresh Juices. *J. Environ. Eng. Sci.*, 6: 319-328.
- Krishnamurthy K., Demirci A. ve Irudayaraj J.M. 2007. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in Milk Using Flow-Through Pulsed UV-Light Treatment System. *Journal of Food Science*, 72 (7): 233-239.
- Lee J.H., 2000. Photooxidation and Photosensitized Oxidation of Linoleic Acid, Milk and Lard. PhD Dissertation (Doktora Tezi). The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
- Lembke A., 1949. Ultra-violet irradiation of milk. *Dairy Sci. Abstr.*, 13 (3): 229-244.
- Lucey J.A., 2002. Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *J. Dairy Sci.*, 85: 281-294.

- Majchrowicz A., 1999. Innovative Technologies could Improve Food Safety. *Food Safety*, 22: 16–20.
- Majors R.E., 1998. Distillation as a Sample Preparation and Separation Technique. *LC-GC*, 16: 1072-1079,1097.
- Matak K.E., 2004. Effects of UV Irradiation on the Reduction of Bacterial Pathogens and Chemical Indicators of Milk. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Virginia.
- Matak K.E., Sumner S.S., Duncan S.E., Hoving E., Worobo R.W., Hackney C.R. ve Pierson M.D., 2007. Effects of Ultraviolet Irradiation on Chemical and Sensory Properties of Goat Milk. *J. Dairy Sci.*, 90: 3178-3186.
- McSweeney P.L.H. ve Sousa M.J., 2000. Biochemical Pathways for the Production of Flavour Compounds in Cheese During Ripening: A Review. *Le Lait*, 80 (3): 293-324.
- Meilgaard M., Civille G.V. ve Carr B.T., 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. (3rd ed.) CRC Pres, Inc.Boca Raton, FL.
- Mendeş M., 2002. Normal Dağılım ve Varyansların Homojenliği Önşartlarının Gerçekleşmediği Durumlarda Varyans Analizi Tekniğinin Yerine Kullanılabilecek Bazı Parametrik Testlerin 1.Tip Hata ve Testin Gücü Bakımından İrdelenmesi. Doktora Tezi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Metin M., 2003. *Süt Teknolojisi- Sütün Bileşimi ve İşlenmesi*. Ege Üniversitesi Basımevi, 802 s, Bornova, İzmir.
- Miller P.G. ve Wisse, G.H., 1943. The Effect of Feeding Cottonseed Meal as the Only Concentrate on Several Properties of Milk. 1. Fat, Total Solids and Ash Content. *Journal of Dairy Science*, 27: 275-279.
- Mottram D.S., 1998. Chemical Tainting of Foods. *Intenational J. Food Sci. And Technol.*, 33: 19-29.
- Nursten H.E., 1986. Aroma Compounds from Maillard Reaction. In Developments in Food Flavors. In: Birch, G.G. ve Lindley, M.G. Eds. *Elsevier Applied Sci.*, London, UK. 173-190.
- Özkütük N., 2007. Ultraviyole Lambaların Kullanımı. 5. *Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi*. 4-8 Nisan 2007, Antalya.
- Parliament T.H., 1989. Thermal Generation of Aromas. In Thermal Generation of Aromas. In: Parliament, T.H., McGorin, R.J. ve Ho, C.T., Eds. *ACS Symposium Series 409*. American Chemical Society, Washington, D.C. 2-11.

- Parliament T.H. ve McGorrin R.J., 2000. Critical Flavor Compounds in Dairy Products In: Risch, S.J. ve Ho, C.T., Eds. *Flavor Chemistry*, ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC. 756: 44-71.
- Phull S.S., Newman A.P., Lorimer J.P., Pollet B. ve Mason T.J., 1997. The Development and Evaluation of Ultrasound in the Biocidal Treatment of Water. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4: 157-164.
- Reineccius G., 1999. Flavor Analysis. In Source Book of Flavors. *Apsen Publication*, Gaithersburg, MD. 24-115.
- Reinemann D.J., Gouws P., Cilliers T., Houck K. ve Bishop J.R., 2006. New Methods for UV Treatment of Milk For Improved Food Safety and Product Quality. *ASABE Annual International Meeting*. Paper number 066088. Oregon, Portland 9-12 July 2006.
- Renner E., 1988. Storage Stability and Some Nutritional Aspects of Milk Powders and Ultrahigh Temperature Products at High Temperatures. *J.Dairy Res.*, 55: 125-142.
- Rohan T.A., 1971. Food Flavour Volatiles and Their Precursors. *The Flavour Industry*, 2: 147-151.
- Romero E.U., Feng H., Martin S.E., Cadwallader K.R ve Robinson S.J., 2006. Inactivation of *Escherichia coli* with Power Ultrasound in Apple Cider. *J. Food Science*, 71: 102-108.
- Saldamlı İ., 2005. *Gıda Kimyası*. Hacettepe Üniversitesi Basımevi, 608 s, Ankara.
- Scanlan R.A., Lindsay L.M., Libbey S.M. ve Day E.A., 1968. Heat Induced Volatile Compounds in Milk. *Journal of Dairy Science*, 51: 1001-1007.
- Schieberle P., 1991. Primary Odorants in Popcorn. *J. Agric. Food Chem.*, 39: 1141-1144.
- Schieberle P., Gassenmeier K., Sen A., Guth H. ve Grosch W., 1993. Character Impact Odour Compounds of Different Kinds of Butter. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 26: 347-356.
- Shibamoto T., Mihara S., Nishimura O., Kamiya Y., Aitoku Y. ve Hayashi J., 1980. Flavor Volatiles Formed by Heated Milk. In: Charalambous, G., Ed. *The Analysis and Control of Less Desirable Flavors in Foods and Beverages*. Academic Press Inc., 241-265.
- Shiratsuchi H., Yoshimura Y., Shimoda M., Noda K. ve Osajima Y., 1994. Contributors to Sweet and Milky Odor Attributes of Spray-dried Skim Milk Powder. *J.Agric.Food Chem.*, 43: 2453-2457.

- Sizer C.E. ve Balasubramaniam V.M., 1999. New Intervention Processes for Minimally Processed Juices. *Food Technology*, 53 (10): 64-67.
- Smith E.L., Hill R.L., Lehman I.R., Lefkowitz R.J., Handler P. ve White A., 1983. Amino Acid Metabolism III. In *Principles of Biochemistry-General Aspects*, McGraw-Hill Book Company. New York, NY. 622-645.
- SPSS Inc., SPSS 15 for Windows. Release 15.0 6 September 2006.
- Stark W. ve Forss D.A., 1964. A Compound Responsible for Mushroom Flavour in Dairy Products. *J.Dairy Res.*, 31: 253-259.
- Suriyaphan O., Drake M.A. ve Cadwallader K.R., 1999. Identification of Volatile Off-flavors in Reduced-fat Cheddar Cheeses Containing Lecithin. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 32: 250-254.
- Tran M.T.T. ve Farid M., 2004. Ultraviolet Treatment of Orange Juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5: 495-502.
- Tressl R., Helak B., Martin N. ve Kertsen E., 1989. Formation of Amino Acid Specific Maillard Production and Their Contribution to Thermally Generated Aromas. In: Parliament, T.H., McGorin, R.J. ve Ho, C., Eds. *Thermal Generation of Aromas*, ACS Symposium Series 409. American Chemical Society, Washington, D.C. 156-171.
- Turhan İ., Topuz A. ve Karhan M., 2006. Meyve ve Sebze Muhafazasında Ultraviyole Işık Uygulamaları, *Türkiye 9. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı*, 24-26 Mayıs, Bolu. ISBN: 9944-5262-0-7.
- T.S.E (Türk Standartları Enstitüsü) 1981. Çiğ Süt Standardı. T.S. 1018. Ankara.
- Urbach G., 1993. Relations Between Cheese Flavour and Chemical Composition. *International Dairy Journal*, 3: 389-422.
- Üçüncü M., 2005. *Süt ve Mamulleri Teknolojisi*. Meta Basım, 571 s, Bornova, İzmir.
- Ünlütürk S., Atılgan M.R., Baysal A.H. ve Tarı C., 2008. Use of UV-C Radiation as a Non-thermal Process for Liquid Egg Products (LEP). *Journal of Food Engineering*, 85: 561-568.
- Van den Dool H. ve Kratz P.D., 1963. A Generalization of the Retention Index System Including Linear, Temperature Programmed Gas Liquid Partition Chromatography. *J.Chromatogr.*, 11: 463-471.

- Walkling-Ribeiro M., Noci F., Cronin D.A., Riener J., Lyng J.G. ve Morgan D.J., 2008. Reduction of *Staphylococcus aureus* and Quality Changes in Apple Juice Processed by Ultraviolet Irradiation, Pre-Heating and Pulsed Electric Fields. *Journal of Food Engineering*, 89: 267–273.
- Wright J.R., Sumner S.S., Hackney C.R., Pierson M.D. ve Zoecklein B.W., 2000. Efficacy of Ultraviolet Light for Reducing *Escherichia coli* O157:H7 in Unpasteurized Apple Cider. *J Food Prot. Abstr.* 63: 563-567.

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 1. Sütün asitliği ve genel bileşimi.....	31
Çizelge 2. Mikrobiyolojik analiz sonuçları	33
Çizelge 3. Çiğ sütün aroma profili	38
Çizelge 4. Pastörize sütün aroma profili.....	39
Çizelge 5. Ultraviyole işleme tabi tutulmuş sütün aroma profili	40
Çizelge 6. Ultrasound işleme tabi tutulmuş sütün aroma profili	41
Çizelge 7 . Sütün reolojik özellikleri.....	42

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. Olfaktori dedektör	7
Şekil 2. Ultrasound cihazının şematik gösterimi	18
Şekil 3. Ultrasound cihazı.....	.18
Şekil 4. Ultrasound uygulaması	18
Şekil 5. Süt örneklerinin GCO ve GC-MS analizi için hazırlanması.....	23
Şekil 6. Yüksek vakum distilasyon düzeneği	25
Şekil 7. Gaz kromatografisi olfaktometre sistemi.....	26
Şekil 8. Gaz kromatografisi olfaktometri	27

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fatma Burcu ENGİN

Doğum Yeri : Çan

Doğum Tarihi : 01.01.1983

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü,
Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi İşletme Bölümünü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği
Anabilim dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Almanca

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

- Yayınlar -SCI -Diğer
- Bildiriler -Uluslararası -Ulusal
- Katıldığı Projeler

İLETİŞİM

E-posta Adresi : fburcuengin@hotmail.com