



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TERMOSONİKASYON UYGULANMIŞ
SÜTTEN ÜRETİLEN BEYAZ PEYNİRLERİN
YAĞ ASİDİ, UÇUCU AROMA BİLEŞENLERİ
VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ

Merve YAŞA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve YAŞA tarafından hazırlanan “Termosonikasyon Uygulanmış Sütten Üretilen Beyaz Peynirlerin Yağ Asidi, Uçucu Aroma Bileşenleri ve Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 11/05/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Nihat AKIN

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

.....

Üye

Prof. Dr. Nihat AKIN

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARALI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 213O133 nolu proje ile desteklenen 'Termosonikasyon Uygulanmış Sütten Üretilen Beyaz Peynirlerde Olgunlaşma Esnasında Mikrobiyal Florada, Kimyasal, Fiziksel ve Duyusal Özelliklerde Meydana Gelen Değişimlerin Belirlenmesi' isimli projenin ilgili bulgularını içermektedir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Merve YAŞA
25.04.2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TERMOSONİKASYON UYGULANMIŞ SÜTTEN ÜRETİLEN BEYAZ PEYNİRLERİN YAĞ ASİDİ, UÇUCU AROMA BİLEŞENLERİ VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Merve YAŞA

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

2018, 53 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nihat AKIN

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

Günümüzde tüketiciler daha taze, besleyici değeri yüksek ve güvenli gıdalar kullanmak istemektedirler. Bu durum, gıdalardaki mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu için termal proseslere alternatif olabilecek, nontermal gıda koruma yöntemleri üzerinde çalışılması gereksinimini gündeme getirmiştir. Artan tüketici talebi nedeniyle, pastörizasyon ve sterilizasyona alternatif olabilecek, gıda içeriği ve toplam gıda kalitesine etkisi az olan, yeni gıda üretim yöntemleri önem kazanmaktadır. Ultrasound yöntemi ya da sonikasyon gıda endüstrisinde alternatif teknolojilerden birisidir.

Peynirde olgunlaşma sırasında lezzet gelişimi, temel olarak proteoliz, lipoliz, laktoz fermentasyonu ve uçucu bileşiklerin oluşumunu içine alan, peynir matriksinde meydana gelen çeşitli ve çok karmaşık biyokimyasal değişikliklerin sonucudur. Sütün kompozisyonu, süte uygulanan ön işlemler, kullanılan enzimler, starter kültür veya starter olmayan laktik asit bakterileri olgunlaşma sırasında peynirin karakteristik özelliklerinin açığa çıkmasında etkilidir.

Projede, beyaz peynir üretiminde kullanılan çiğ sütün pastörizasyonunda termosonikasyon işleminin etkinliğinin araştırılması ve bunun peynir kalitesi üzerine etkilerinin olgunlaşma periyodunda tespit edilmesi amaçlanmıştır. Birinci grupta; süt çiğ olarak beyaz peynire işlenmiştir. İkinci grup peynirler farklı ısı işlem normlarına göre (65 °C'de 10, 30 dakika) üretilmiştir. Üçüncü grup peynirler için sütlere ısı işlemine ilave olarak sonikasyon (% 30, 50, 70, 100 dalga genliği) uygulanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda (1, 30, 60, 90, 120, 180. gün) yağ asitleri kompozisyonu, SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi ve tekstür profil analizi takip edilmiştir.

Toplam serbest yağ asidi konsantrasyonu en fazla termosonikasyon uygulanmış numunelerde tespit edilmiştir. Ultrasound uygulamasının peynirlerde 3-Hidroksi 2-butanon düzeylerini etkilediği görülmüştür. Çiğ süttten üretilen peynirlerde etanol değeri daha yüksek çıkmıştır. Elastikiyet değerleri termosonikasyon uygulamasına bağlı olarak artmıştır. İç yapışkanlık değerleri depolama süresince tüm grup peynirlerde azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beyaz Peynir, Termosonikasyon, Uçucu Lezzet Maddeleri, Yağ Asitleri Kompozisyonu, Tekstür Profili,

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF FATTY ACIDS, VOLATILE AROMA COMPOUNDS AND TEXTURAL PROPERTIES OF WHITE PICKLED CHEESE MADE FROM THERMOSONICATED MILK

Merve YAŞA

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FOOD ENGINEERING**

Advisor: Assist. Prof. Durmuş SERT

2018, 53 Pages

Jury

**Prof. Dr. Nihat AKIN
Assoc. Prof. Mustafa Kürşat DEMİR
Assist. Prof. Durmuş SERT**

Today, consumers want to use more fresh, highly nutritious and safe foods. This situation have raised the need to work on non-thermal food preservation methods as an alternative to thermal processes for inactivation of microorganisms and enzymes in foods. Due to the growing consumer demand, as an alternative to pasteurization and sterilization, new methods of food production with low-impact on total food content and total food quality is gaining importance. Ultrasound or also known as sonication is one of the alternative technologies in the food industry.

The flavour development during the cheese ripening is fundamentally the result of various complicated biochemical changes including proteolysis, lypolysis, lactose fermentation and volatile compounds formation, which occurs in the cheese matrix. The milk composition, preliminary processes applied on milk, enzymes used, starter culture or non-starter lactic acid bacteria are the factors playing a major role with respect to formation of the characteristic properties of cheese during the ripening period.

In the project, the evaluation of the efficacy of thermosonication process in the pasteurization of raw milk used in the production of white cheese and its effects on the quality of cheese during the ripening period are aimed. In the first group, milk have been processed to cheese as raw. Second group cheeses have been produced according to different heat treatment norms (at 65°C for 10, 30 minutes). In addition to heat treatment, sonication (30, 50, 70, 100% amplitude) has been applied for the third group cheeses. The fatty acid composition, analysis of volatile substances by SPME GC-MS and texture profile analysis have been monitored during the storage period of cheese samples (1, 30, 60, 90, 120 and 180 days).

The highest total free fatty acid concentration was detected in thermosonicated samples. Ultrasound application was found to affect 3-hydroxy 2-butanone levels in cheeses. Ethanol value in cheese produced from raw milk is higher. Elasticity values increased with thermosonication application. The cohesiveness values decreased in all of the cheese in storage.

Keywords: White Cheese, Thermosonication, Volatile Flavour Agents, Fatty Acids Composition, Texture Profile

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince tez konumun seçiminden araştırmanın yürütülmesi ve değerlendirilmesine kadar her konuda yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübesini örnek aldığım değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT'e teşekkürü bir borç bilirim.

Destekleri ve sevgileri ile her zaman yanımda olan, varlıkları ile bana güven veren, bugünlere gelmemde büyük emek sahibi olan canım anneme, canım babama, çok sevdiğim ablama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte beni yalnız bırakmayıp desteğini esirgemeyen biricik eşime, varlığıyla beni annelik duygusuyla tanıştıran hayatıma anlam katan canım oğlum Mustafa Eren'e ayrıca çok teşekkür ederim.

Bu araştırmanın yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Ali TOPCU'ya, Enka Süt A.Ş. (Konya) Genel Müdürü Dr. Serdar AYDEMİR'e ve bu projeyi destekleyen bursiyeri olduğum TÜBİTAK kurumuna ve TOVAG ekibine teşekkürü bir borç bilirim.

Merve YAŞA
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI.....	i
TEZ BİLDİRİMİ.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Ultrasoundun Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması	4
2.2. Ultrasonun Gıda Teknolojisinde Uygulanması	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Peynir örneklerinin üretimi	14
3.2.3. Peynir örneklerinde uygulanan analizler.....	15
3.2.3.1. Serbest yağ asitleri analizi.....	15
3.2.3.2. SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi.....	16
3.2.3.3. Tekstür profil analizi.....	16
3.2.3.4. İstatistiki değerlendirme.....	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	18
4.1. Serbest Yağ Asitleri Analiz Sonuçları	18
4.2. SPME GC-MS ile Uçucu Madde Analizi.....	29
4.3. Peynirlerin Tekstürel Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim.....	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
5.1 Sonuçlar.....	42
5.2 Öneriler.....	43
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

g: gram

cm: santimetre

kHz: kilohertz

log: logaritma

W: Watt

kPa: kilopascal

µm: mikrometre

lt: litre

sn: saniye

ml: mililitre

M: molar

ppm: milyonda bir

mg: miligram

Kısaltmalar

GC: gaz kromatografisi

ATCC: Amerikan Tıp Kültür. Koleksiyonu

aw: su aktivitesi

HHP: yüksek hidrostatik basınç

UV: ultra viyole

DVS: Direct Vat System

PVC: Polivinil klorür

TPA: Enstrümental Tekstür Profil Analizi

FFA: serbest yağ asidi

US: Ultrasound

cfu: colony forming unit

1. GİRİŞ

Peynir genel anlamda; sütün doğrudan ya da pastörize edildikten sonra, pıhtılaştırıcı enzimler ve/veya organik asitlerce pıhtılaştırılmasını takiben çeşidine göre değişen belirli mekanik işlemlerin uygulanması sonucu elde edilen, olgunlaştırılmadan ya da olgunlaştırıldıktan sonra tüketilebilen, kendine özgü renk, koku, tat ve aroması olan bir süt ürünü olarak tanımlanabilir. Beyaz peynir sütün enzimatik yolla pıhtılaştırılması sonucu elde edilen ve üretiminde starter olarak mezofilik laktik asit kültürleri kullanılan ve belli olgunlaşma evresi sonucu tüketime sunulan hafif asitli ve tuzlu tada sahip yarı yumuşak bir peynir çeşididir (Yetişmeyen, 1995; Topcu, 2004). Uygun koşullarda üretilen ve depolanan süt ürünlerinin çok büyük bir kısmı depolama sırasında stabil bir yapı gösterirken, peynir enzim ve mikroorganizma aktivitelerinden dolayı biyolojik olarak oldukça dinamik bir yapıya sahiptir. Bunun sonucunda da, peynir özellikle depolama sırasında bileşim, mikrobiyolojik ve tekstürel açıdan değişime uğramaktadır (Fox ve ark., 1996). Her peynir çeşidinin kendine özgü karakteristik özelliklerinin oluşmasında kullanılan hammadde, uygulanan teknik ve olgunlaşma süreci önemli rol oynamaktadır (Öztek, 1991).

Peynir olgunlaşması; taze peynirlerin çeşidine özgü tat, koku ve yapı kazanabilmesi için farklı koşul ve sürelerde bekletilmeleriyle gerçekleştirilen ve fiziksel, mikrobiyolojik ve enzimatik etkileşimlerle ortaya çıkan karmaşık biyokimyasal olayların toplamı olarak tanımlanmaktadır (Üçüncü, 2002). Kendine özgü kalite özelliklerine sahip bir peynir eldesi için, olgunlaşma sırasında biyokimyasal olayların uygun şekilde gerçekleşmesi gereklidir (Öztürk, 1993). Peynirin olgunlaşması sırasında gerçekleşen en önemli biyokimyasal olaylar proteoliz ve lipolizdir. Proteoliz sonucu oluşan birçok peptit ve amino asit peynire özgü tat-kokunun oluşmasına katkı sağlar. Buna ek olarak, lipoliz sırasında oluşan serbest yağ asitleri ve uçucu bileşenler, proteoliz ürünleri ile birlikte peynirin kendine özgü tat-koku karakteristiğini oluşturmaktadır (McSweeney ve Sousa, 2000).

Peynirde proteoliz, süt pıhtılaştırıcı enzimler, süt proteinazları, starter ve starter olmayan mikroorganizmalar ile sekonder mikroorganizmaların salgıladıkları enzimlerin katalizlediği bir reaksiyonlar zinciridir. Çoğu peynir çeşidinde, kalıntı pıhtılaştırıcı enzim ve az da olsa plazminin etkisi ile büyük ve orta molekül ağırlıklı peptitler oluşmakta, bunlar daha sonra ortamda bulunan starter ya da starter olmayan bakterilerin proteolitik enzimleri ile daha düşük molekül ağırlıklı peptitlere ve amino asitlere parçalanmaktadır (Hayaloğlu ve Özer, 2011). Serbest aminoasitlerin katabolizması, birçok peynir çeşidinde tat-koku gelişiminde önemli role sahiptir. Serbest aminoasitlerin katabolizması sonucu, amonyak, aminler,

aldehitler, fenoller, indol ve alkoller gibi peynirin tat-kokusuna katkıda bulunan birçok bileşik oluşabilmektedir (McSweeney ve Sousa, 2000).

Peynirin olgunlaşması sırasında gerçekleşen lipoliz, aroma gelişimine katkı sağlarken farklı peynir türlerinde farklı düzeylerde gerçekleşmektedir. Olgunlaşma periyodu boyunca kısa ve orta zincirli serbest yağ asitleri profil analizi de peynir karakteristiği için bir indeks oluşturmaktadır (Karaca, 2007). Peynirdeki lipolitik ajanlar sütün doğal yapısında bulunan lipolitik enzimler (süt lipazı), pregastrik esterazlar ve mikrofloradır (Fox ve ark., 1999; Collins ve ark., 2003). Lipaz, süt endüstrisinde aroma zenginleştirici olarak kullanılmaktadır (Jooyandeh ve ark., 2009). Süt lipazının lipolize katkısı süte uygulanan ısı işlem sırasında azalmaktadır. Peynirin olgunlaşması sırasındaki toplam serbest yağ asidi konsantrasyonu ve kısa/uzun zincirli serbest yağ asidi oranı lipazın türüne ve miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Battistotti ve Corradini, 1999). Serbest yağ asitleri direkt olarak peynir aromasına katkıda bulundukları gibi metil ketonlar, ikincil alkoller, alifatik ve aromatik esterlerin oluşumu ile sonuçlanan birçok tip reaksiyonda öncü olarak da rol almaktadırlar (Kheadr ve ark., 2002). Peynirlerde bulunan serbest uçucu yağ asitleri içeriği ile tat ve aroma arasında yakın bir ilişki olup, asetik, bütirik, kaproik, kaprilik ve kaprik asitler peynir aromasını etkileyen en önemli serbest yağ asitleridir (Koçak ve ark., 1994).

Beyaz peynir Türkiye’de en çok üretilen ve tüketilen peynir çeşidi olup peynir üretiminin yaklaşık %70’lik kısmını oluşturmaktadır (Anonymous, 2001). Türkiye’de kişi başına yıllık peynir tüketimi ise bölgeler itibarıyla değişiklik göstermesine rağmen 7-10 kg arasında değişmektedir (Anonymous, 2006). Ülkemizde üretilen sütün yaklaşık % 30-40’ı peynire işlenmektedir (Anonymous, 2010). Entegre süt işletmeleri tarafından, 2012 yılında, 7 milyon 930 bin 721 ton inek sütü toplanırken, 564 bin 31 ton peynir üretilmiştir (TÜİK, 2012).

Gıdaları sağlıklı ve güvenli kılmak, kayıpları en aza indirmek, dayanıklılığını artırmak üzere korumak gerekmektedir. Gıda koruma ve işlemede temel kavram; gıdanın ilk günkü tazeliğini bozmadan veya buna en yakın özelliklerle saklanabildiği süre olan raf ömrünü uzatmaktır. Bu da gıdanın bileşim ve karakter özelliklerinde istenmeyen yönde meydana gelebilecek bozulmaların önlenmesi ile gerçekleştirilebilir. Fiziksel ve kimyasal faktörlerle bozulmalar meydana gelmesine karşın mikrobiyal faktörlerle oluşan bozulmalar önemli bir yer tutmaktadır. Gıda maddelerinde mikrobiyal gelişimlerin baskılanması veya önlenmesi, bozulmaların engellenmesinde temel yaklaşımdır (Özhan, 2000).

Bazı mikroorganizmalar gıdalarda bozulmalara neden olarak onları tüketilemez hale getirmeleri nedeniyle ve bazı mikroorganizmalar da bozulmaya neden olsun veya olmasın patojen olmaları nedeniyle gıdalarda bulunmaları istenmez. Sonradan ortaya çıkan patojen gelişimi, gıda kaynaklı hastalık riskinin artmasına neden olmaktadır. Patojen mikroorganizmaların gıdalarda varlıkları çeşitli ayırma yöntemleri, ısıl işlem, koruyucular, pH ve su aktivitesi gibi iç faktörlerin yardımı ile kontrol altında tutulmaya ve gıda güvenliği sağlanmaya çalışılır. Gıdalardaki mikroorganizmaları inaktive etmek için en çok kullanılan fiziksel yöntemler pastörizasyon ve sterilizasyondur. Termal proseslere alternatif olacağı düşünülen yöntemlerin, enerji gereksinimi az, dolayısıyla daha ekonomik ve çevreyle barışık, temiz enerji kaynakları olması gerekmektedir (Piyasena ve ark., 2003).

Gıda korumada termal proseslere alternatif olarak kullanılan nontermal proseslerden bazıları; darbeli elektrik alan, darbeli ışık, mikroftrasyon, yüksek basınç ve ultrasonikasyondur. Son yıllarda gıda endüstrisi, ultrasonik dalgaların gıda işlemenin değişik aşamalarında kullanılabileceğini keşfetmiştir. Isıl işlemlerle birlikte uygulama, ısıl işlem süresi ve sıcaklığını düşürerek gıdaların sterilizasyon prosesini hızlandırmaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Ultrasound işleminin pastörizasyona olan avantajı; lezzet kaybını (özellikle tatlı meyve sularında) minimuma indirmesi ve dikkate değer bir enerji tasarrufu sağlamasıdır. Ultrasound bir gıda muhafaza yöntemi olarak kullanılacaksa, sıcaklık (termal işlemde kullanılan düzeyin altında) gibi diğer fiziksel yöntemlerle kombine olarak uygulanması işlemin verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca ısıtma, ekstrem pH ve klorlama gibi diğer dekontaminasyon teknikleriyle birlikte kullanıldığında mikroorganizma inaktivasyonu daha verimli olmaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Ultrasonik uygulamalarda, mikrobiyal inaktivasyon verimliliğini; mikroorganizma türü, gıdanın kompozisyonu gibi pek çok faktör etkilemektedir. FDA (Food ve Drug Administration), ultrasonik uygulamaların gıdalar için ümit vadeden bir muhafaza yöntemi olduğunu, ancak uygulanabilirliği açısından araştırmaların artırılması gerektiğini bildirmektedir (Anonymus, 2000).

Projede, beyaz peynir üretiminde kullanılan çiğ sütün pastörizasyonunda termosonikasyon işleminin etkinliğinin araştırılması ve bunun peynir kalitesi üzerine etkilerinin olgunlaşma periyodunda tespit edilmesi amaçlanmıştır. Birinci grupta; süt çiğ olarak beyaz peynire işlenmiştir. İkinci grup peynirler farklı ısıl işlem normlarına göre (65 °C’de 10, 30 dakika) üretilmiştir. Üçüncü grup peynirler için sütlere ısıl işleme ilave olarak sonikasyon (% 30, 50, 70, 100 dalga genliği) uygulanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda (1, 30, 60, 90, 120, 180. gün) yağ asitleri kompozisyonu, SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi ve tekstür profil analizi takip edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ultrasoundun Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması

Ultrasound kullanım açısından genelde düşük enerjili uygulama ($<1 \text{ Wcm}^{-2}$; $>100 \text{ kHz}$) ve yüksek enerjili uygulama ($10\text{-}1000 \text{ Wcm}^{-2}$; $20\text{-}100 \text{ kHz}$) olarak ikiye ayrılır. Düşük enerjili ultrasonik uygulamada açığa çıkan enerjinin çok düşük olmasından dolayı, dalganın geçtiği materyalde hiçbir fiziksel ve kimyasal değişim gözlenmez. Düşük enerjili ultrasonik uygulama en yaygın olarak gıdaların fizikokimyasal özelliklerinin (sertliği, olgunluğu, kompozisyonu, parçacık büyüklüğü, asitliği vb.) belirlenmesinde kullanılır (Knorr ve ark., 2004). Yüksek enerjili ultrasonik uygulama ise gıdalarda mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon amaçlı kullanılır. Yüksek enerjili ultrasonik uygulama, gıdayı fiziksel, kimyasal ve mekanik açıdan etkilerken düşük enerjili ultrasonik uygulamada böyle bir etki görülmez (Roberts, 1993; Demirdöven ve Baysal, 2009).

Gıda üreticileri, son ürünlerdeki bakteriyel yükü minimize edebilmek için hammaddedeki kontaminasyonu minimuma indirmek, gıdada bulunabilecek tüm mikroorganizmaları inaktive etmek ve inaktive olmayan mikrobiyal popülasyonların gelişmesini önleyecek tedbirler almak zorundadırlar. Bakteriyel inaktivasyon için kullanılan klasik uygulamalar ısı işlemlerdir (pastörizasyon, UHT vb). Ancak bu tür işlemler, ısı işlem süresi ve sıcaklığına bağlı olarak, gıdanın besin değeri ve genel özelliklerinde istenmeyen değişimler meydana getirebilmektedir (Piyasena ve ark., 2003).

Ultrasoundun bakterisidal etkisi intasellüler kaviteasyon ile ilgilidir (Huges ve Nyborg, 1962). Ultrasonikasyon sırasında mikroskobik baloncukların oluşumu ve patlamasıyla oluşan mekanik şok ile hücredeki yapısal ve fonksiyonel komponentler parçalanmakta ve hücrenin lizisine neden olmaktadır. Mikroorganizma hücrelerinden hücre materyal ekstraksiyonu için, ultrasoundla hücre lizisi iyi bilinen bir laboratuvar metodudur (Skauen, 1976). Stumpf ve ark. (1946), ultrasonik yöntemle bir çok bakteriden verimli ve aseptik hücre materyal ekstraktları elde etmiştir.

Endüstriyel çapta gıda işlemede ultrasonifikasyonun mikrobiyal inaktivasyon amaçlı kullanımında ise, mikrobiyal lizisin verimini düşüren çeşitli kritik faktörlerin kontrolü tam olarak sağlanamadığı için, bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Ayrıca gıda içindeki bakteri hücreleri yada sporları, ultrasonik inaktivasyona, süspansiyon halde olduklarından daha dirençlidirler. Gıdaların pek çoğunun heterojen yapıda olması, çok farklı bileşimlerde olabilmeleri nedeniyle, ultrasonik dalgaların mikroorganizmaları inaktive etmede bir koruma

yöntemi olarak tek başına kullanımını ciddi bir şekilde kısıtlamaktadır. Bu kısıtlamalara rağmen ultrasoundun diğer koruma yöntemleri ile birlikte kullanımı (sıcaklık, yüksek basınç), endüstriyel uygulamalar için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır (Anonymus, 2000).

McClements (1995) ultrasound ile mikroorganizma inaktivasyonunda klorlama, ekstrem pH kullanımı ve kaynatma gibi diğer dekontaminasyon tekniklerinin birlikte kullanılmasının da inaktivasyon verimini arttırdığını ileri sürmüştür. Lee ve ark. (1989) peptonlu su içindeki *Salmonella* popülasyonunu, 10 dakika ultrasound ile muamele etmişler ve yaklaşık 4 log birimlik bir inaktivasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bununla beraber çikolatalı süt içindeki *Salmonella* sayısında 30 dakikalık bir muamele ile yalnızca 0.8 log birim düşüş tespit edilmiştir.

Bir başka araştırmada tavuk eti derisindeki mikrobiyal popülasyon azalışı, sonikasyon ve klorlama yöntemi bir arada ve bireysel uygulanarak test edilmiştir. Çalışma sonunda, sonikasyonun klorlu suda yapıldığı denemelerde bakteriyel popülasyondaki azalma daha dikkate değer bulunmuştur (Lillard, 1993; Lillard, 1994). Wrigley ve Llorca (1992), Brain Heart Infusion Broth, Skim Milk ve sıvı yumurtada ultrasonikasyon ile *S. typhimurium*'un inaktivasyonunu çalışmışlardır. Brain Heart Infusion Broth'da, *S. typhimurium*'u 30 dakika süreyle farklı sıcaklıklarda sonikasyona bırakmışlar ve hücre sayısındaki azalma 40 °C'de 3 log birim, 20 °C'de ise 1 log birim olmuştur. Skim Milk'te 30 dakikalık sonikasyon 50 ve 40 °C'de uygulanmış ve hücre sayısındaki azalma sırasıyla 3.0 ve 2.5 log birim olmuştur. Sıvı yumurtada ise hücreler bu uygulamaya daha dirençli olmuş ve 30 dakikalık sonikasyon 50 °C'de uygulandığında maksimum bakteri inaktivasyonu <1 log birim olmuştur. Araştırmacılar, yüksek viskozitenin mikroorganizmayı kavitasyonun inhibitör etkisinden koruyan bir etki yarattığını belirtmişlerdir. Hulsen (1999)'de, sıvı yumurtanın oldukça yüksek olan viskozitesinin kavitasyonu azalttığını belirtmiştir.

Ordenez ve ark. (1984) *Streptococcus faecim* ve *S. durans*'ın inaktivasyonu için 5-62 °C'ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında, 20 kHz/160 W ultrasound'u kombine bir şekilde kullanmıştır. Sıcaklık ile birlikte ultrasound kullanıldığında, iki yöntemin ayrı ayrı kullanımından daha fazla etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yalnızca sıcaklık uygulaması ile yapılan denemeye karşılaştırıldığında, sıcaklık ve ultrasound'un birlikte kullanılması, termodurik enterokokların popülasyonunu yaklaşık 1 log birimi daha fazla azaltmıştır. Yöntem gıda içinde test edilmemiş olsa da, ultrasound kullanımı ile süt pastörizasyonu yapıldığında sıcaklık ve zamandan tasarruf sağlanacağını bildirmişlerdir.

Ultrasound uygulamasının suda *E. coli* üzerine etkisi (24 kHz ve değişik amplitudlerde) Scherba ve ark. (1991) tarafından araştırılmıştır. Uygulama süresinin artışına

paralel olarak bakteriyal popülasyondaki azalmada artış olmuştur. Ultrasonikasyon şiddetinin popülasyon sayısını etkilemediği bildirilmiştir. Ultrasonikasyonla süspansiyon haldeki *E. coli*'nin, süspansiyondan ayrılarak konsantre edilebildiği de keşfedilmiştir (Miles ve ark., 1995). *E. coli* hücreleri (6×10^7 cfu/ml) %1'lik süt içeren küvette süspanse edilmiş ve 2.05 MHz ve 360 kPa'da 3 dakika sonikasyona maruz bırakılmıştır. Bakterilerin süspansiyondan ayrılışı küvette gri renkli bantların oluşması ile gözlenmiştir.

Diğer bir çalışmada *E. coli*'ye uygulanan, 700 kHz'lik sonikasyon işlemi üzerine, sıcaklık ve pH'nın etkisi araştırılmıştır. *E. coli*, başlangıç sıcaklığı 32 °C olan tuzlu suda süspanse edildiğinde 10 ve 30 dakika için canlı kalan hücrelerin oranı sırasıyla, % 0.83 ve % 0.2 olmuştur. Başlangıç sıcaklığı 17 °C olan tuzlu suda suspense edildiğinde ise 10 ve 30 dakika için canlı kalan hücrelerin oranı sırasıyla % 37.86 ve % 8.1 olmuştur. Aynı uygulama sütte yapıldığında hiç inaktivasyon gözlenmemiştir. Süte % 10 oranında portakal suyu eklenerek, pH'ları 2.6 ve 5.6'ya ayarlanmış ve canlı kalan hücrelerin oranı sırasıyla % 0.3 ve 100 olmuştur (Piyasena ve ark., 2003).

Biyofilmlerdeki *E. coli*'nin inaktivasyonu için ultrasound kullanımının da gıda ve su endüstrileri için yararlı olabileceği düşünülmektedir. Johnson ve ark., (1998), 70 kHz'lik ultrasonikasyon işlemi ile birlikte gentamicin sulfate kullanıldığında, biyofilmdeki *E. coli* sayısının iki saat içinde % 97'ye varan oranlarda azaldığını rapor etmiştir.

Bacillus subtilis ile yapılan inaktivasyon çalışmalarında da oldukça verimli antimikrobiyal aktiviteler belirlenmiştir. Sıcaklık ve ultrasonikasyonun *B. subtilis* sporları (niger-40 ve ATCC 6051 suşları) üzerindeki inaktivasyonu üç farklı ortamda; distile su, süt ve gliserolde) test edilmiştir. Termosonikasyon uygulaması 100 °C'de yapıldığında, her iki suşun süt ve gliseroldeki D değerlerindeki azalma; gliserolde % 63 (niger-40) ve % 74 (ATCC 6051), sütte % 79 (niger-40) ve % 40 (ATCC 6051) olmuştur. Sudaki termosonikasyon işlemi sonunda sporların ısıya dirençlerindeki azalma 70 ve 95 °C'lerde, % 70-99.9 arasında olmuştur (Garcia ve ark., 1989).

Yersinia enterocolitica üzerine sıcaklık, amplitüd ve basıncın etkisi Raso ve ark., (1998) tarafından çalışılmıştır. Amplitüdün 150 μ m'ye yükseltilmesiyle (30 °C'de ve 200kPa) D değerinin 4 dakikadan 0.37 dakikaya düştüğü belirlenmiştir. Basıncın 0'dan 600 kPa'a yükseltilmesiyle (30 °C'de ve 150 μ m) D değeri 1.52'den 0.2 dakikaya düşmüştür. 58 °C'den yüksek sıcaklıklarda yapılan denemelerde ise sıcaklık ve ultrasonikasyon uygulamaları sonucunda D değerleri birbirine eşit bulunmuştur.

Ultrasonik uygulamalar sürekli sistemlerde, sütteki toplam bakteri inaktivasyonu ve Tryptic Soy Broth'daki *Pseudomonas fluorescens* ve *Streptococcus thermophilus*'un

inaktivasyonunda denenmiştir. Çalışmada gram-negatif bakterilerin (*P. fluorescens*) ultrasonik işlemlere gram-pozitiflerden (*S. thermophilus*) daha hassas olduğu belirlenmiştir (Villamiel ve de Jong, 2000). Sherba ve ark., (1991) ise gram negatif bakteriler ile (*P. aeruginosa* ve *E. coli*) gram pozitifler (*Listeria monocytogenes* ve *B. subtilis*) arasında ultrasonik işlemlere dayanıklılık açısından hiçbir farklılığın olmadığını belirlemişlerdir.

Lopez-Malo ve ark. (2001), termosonikasyonun *Penicillium digitatum*'u etkili bir şekilde inaktive ettiğini bildirmişlerdir. Termal ve termosonikasyon işlemlerini bir arada ve ayrı ayrı kullanarak inaktivasyon için, pH, su aktivitesi (aw) ve ultrasonik amplitüdün optimum değerlerini belirlemişlerdir. Su aktivitesi değeri 0.99 olduğunda, yüksek ultrasonik amplitüd ve düşük pH'da, D değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Jimenez-Munguia ve ark. (2001), *P. digitatum* ve *Aspergillus niger* sporlarının inaktivasyonunu test ortamına (Sabouraud Broth) kaynama taşı atarak ve hava kabarcıkları oluşturarak araştırmışlardır. Ultrasonikasyona maruz bırakılmış (45 °C'de) *A. niger*'den, *P. digitatum*'a oranla daha küçük D değeri elde edilmiştir. Kaynama taşı ve hava kabarcıklarının sonikasyonun kaviteasyon etkisini artırdığını ve böylelikle D değerlerinin daha da azaldığını belirtmişlerdir.

Oulahal-Lagsir ve ark. (2000) ultrasoundu (40 kHz, 10 saniye), et işleme tesislerinde kullanılan çelik ekipman yüzeyindeki spor oluşturan bir tür olan *B. stearothermophilus*'dan hazırlanmış biyofilmin uzaklaştırılmasındaki etkinliğini belirlemek amacıyla kullanmışlardır. Biyofilm uzaklaştırılmasında kullanılan ultrasonikasyon yönteminin, swab yönteminden, 4 kat daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Guerrero ve ark. (2001), *S. cerevisiae*'nin ultrasounda olan direncini (20 kHz, dalga büyüklüğü 71-110 µm) 35, 45 ve 55 °C'de, pH'sı 5.6 ve 3.0 olan Sabouraud Broth'da denemişlerdir. D değerleri sıcaklık yükseldikçe azalmış ve 0.5 ile 31 dakika arasında değişmiştir. Ultrasonik dalga büyüklüğü attıkça *S. cerevisiae*'nin direncinde azalma tespit edilmiştir.

Valero ve ark. (2007); yüksek (500 kHz) ve düşük (23 kHz) frekansta çalışan bir endüstriyel sistem kullanarak yaptıkları bir çalışmada, 1.4 lt'lik portakal suyunda 500 kHz'lik frekansta ve 250 W gücünde 15 dakikalık bir uygulamadan sonra toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında 1.08 log (cfu/ml) kadar bir azalma gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada maya ve küf sayımında önemli bir azalma belirlenmemiştir.

Lee ve ark. (2003) yaptıkları bir çalışmada, yüksek hidrostatik basınç (HHP) ve nisin kombinasyonu ile ultrasound ve yüksek hidrostatik basınç (HHP) kombinasyonlarını karşılaştırmışlardır. Gram pozitif bir bakteri olan *Listeria seeligeri* üzerine nisin ve HHP'nin

sinerjetik etkisi görülürken gram negatif bir bakteri olan *E. coli* üzerine nisin'in etkisiz olması nedeniyle bu sinerjetik etki gözlenmemiştir.

Streptococcus faecium ve *Streptococcus durans*'in inaktive edilmesi için 5–62 °C'ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında, 20 kHz/160 W ultrasoundun kullanımının, sıcaklık ve ultrasoundun ayrı ayrı kullanımından daha etkili olduğu bildirilmiştir. Yalnızca sıcaklık uygulaması ile yapılan denemeye karşılaştırıldığında, sıcaklık ve ultrasoundun beraber kullanılması termodurik enterokokların popülasyonunu yaklaşık 1 log daha fazla azaltmıştır. Yöntem gıda içinde test edilmemiş olsa da, ultrasound kullanımı ile süt pastörizasyonu yapıldığında sıcaklık ve zaman tasarruf sağlanacağı bildirilmiştir (Ordenez ve ark., 1984).

Ultrasonikasyon (20 kHz, 117 µm amplitud) değişik sıcaklıklarla (62-68 °C) birlikte uygulandığında *L. monocytogenes*'in inaktivasyonunda sinerjistik bir etki görülmüştür (Pagan ve ark., 1999a). *L. monocytogenes* için desimal redüksiyon süresini 4.3 dakika olarak belirlemişlerdir. Sonikasyon uygulaması 200 kPa'lık bir basınç ile birlikte uygulandığında D değeri 1.5 dakikaya inmiştir. Basınç 400 kPa'a yükseldiğinde ise D değeri 1.0 dakika olarak belirlenmiştir (Pagan ve ark., 1999b).

Sanglay ve ark., (2004), taze meyve sebzelerin yüzeyindeki mikroorganizma yüküne ultrasonikasyon (40 kHz) ve sıcaklık kombinasyonunun etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, çilek, elma, kantalu yüzeyleri nalidixic aside dayanıklı beş *Salmonella* türünün kokteyliyle spotlanmıştır. Ürünler ya elle çalkalama için Whirl-Pak torbalar içinde (60 sn) veya steril beherlerde ultrasonik uygulamalar için (60-120 sn) tamponlanmış peptonlu su (% 0.1)'ya daldırılmıştır. Bu örnekleme protokolünde 25-40 °C'de diluent sıcaklığı kullanılmıştır. Ürün tiplerinin hiçbirinde bu iki yöntem arasında *Salmonella* geri kazanımı yönünden bir farklılık görülmemiştir.

2.2. Ultrasonun Gıda Teknolojisinde Uygulanması

Yoğurt fermantasyonuna düşük enerjili ultrasonik dalgaların etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada, yoğurt kültürü eklemekten önce ultrason uygulanan ürünün su tutma kapasitesinin arttığı, serum miktarının azaldığı belirlenmiştir. Yoğurt kültürü eklendikten sonra ultrasound uygulanan numuneden oluşan yoğurdun ise fermantasyon süresinin yaklaşık 0.5 saat azaldığı, su tutma kapasitesinin arttığı ama serum miktarında herhangi bir yararlı etkinin oluşmadığı ifade edilmiştir (Wu ve ark., 2001). Başka bir çalışmada, ultrasound işleminin yoğurtların su tutma kapasitesinin artırılmasında geleneksel homojenizasyonla karşılaştırıldığında etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği belirlenmiştir

(Şengül ve ark., 2009). Wu ve ark., (2000), ultrasoundun sütün homejenizasyonu ve yoğurdun fermentasyonunda da etkili olduğunu belirtmişlerdir. Yoğurt fermentasyonunda yağ globüllerini parçalayarak, pH değişimini arttırdığı, homejenizasyon cihazından daha etkili olduğu ve fermentasyon süresini yaklaşık yarım saat azalttığı belirtilmiştir. Fermentasyonu tamamlanmış yoğurtta ise, su tutma kapasitesini, vizkoziteyi artırdığı ve sinerisi azalttığı ifade edilmiştir.

Fermentasyon sırasında yoğurt jelinin bazı fizikokimyasal ve mikrotekstürel özellikleri üzerine süte termosonikasyon uygulamasının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, sütün homojenizasyonunu geliştirmede termosonikasyon işleminin önemli avantajlara sahip olduğu, süt kurumadde takviyesini önemli ölçüde azaltarak ticari ölçekte set tip yoğurt üretimini geliştirme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Riener ve ark., 2009).

Çiğ süte eş zamanlı olarak uygulanan akustik enerji ve ultraviyole ışınlamanın (UV-C), diğer bir ifadeyle fotosonikasyonun ısıl işlemle karşılaştırıldığında toplam ve koliform bakteri sayısının azaltılması üzerine önemli bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Şengül ve ark., 2011). Sütte *Listeria innocua*'nın inaktivasyonu üzerine termosonikasyon, atımlı elektrik alan ve kombinasyonlarının araştırıldığı bir çalışmada, mikroorganizmaların inaktivasyonu için kombine kullanımın önemli azalmalara sebep olduğu bildirilmiştir (Noci ve ark., 2009).

Enzim kullanılarak üretilen peynir altı sularının mikrobiyolojik ve duysal özellikleri üzerine ısıl işlem, sonikasyon ve termosonikasyonun etkisinin belirlendiği bir çalışmada, klasik pastörizasyonla karşılaştırıldığında en etkili sonuçların termosonikasyonda elde edildiği; ultrasonikasyon ve termosonikasyon işlemlerinden sonra duysal özelliklerin geliştiği bildirilmiştir (Jelicic ve ark., 2012).

Peynir yapımının başlıca proses basamakları sütü pıhtılaştırma, peynir altı suyunun uzaklaştırılması, asit üretimi, tuzlama, şekil verme ve olgunlaştırmadır (Walstra ve ark., 2006). Peynir üretimi süresince temel basamak enzimatik ve mikrobiyal aktiviteyle meydana gelen pıhtı (teleme) oluşumudur. Sıcaklık, enzim konsantrasyonu veya mikrobiyal yük spesifik bir sürede pıhtı oluşumu esnasında çok önemlidir. Peynir yapımında istenilen durumlardan biri pıhtılaşma süresini azaltmak ve verimi artırmaktır. Peynir yapımında yeni teknolojiler bu yönleri geliştirmek aynı zamanda peynirin tüm kalite özelliklerini iyileştirmek için denenmektedir.

Süte sonikasyon uygulanarak pıhtılaşmayla ilgili enzimlerin proteolitik aktivitesi çalışılmıştır, başlıca etki olarak ultrasoundun pıhtının sertleşmesini hızlandırdığı ve kimozen, pepsin ve diğer ilgili enzim aktivitesinden dolayı son ürün daha iyi bir sıkılık (firmness)

gösterdiği gözlenmiştir (Villamiel ve ark., 1999). Kimozin peynir üretim endüstrisinde pıhtı oluşumuna ait esas enzimdir. Ultrasound (20 kHz) ekstraksiyonu artırmak için uygulandığında sadece verim ve enzim aktivitesini önemli ölçüde artırmakla kalmamış aynı zamanda ekstraksiyon süresini kısaltmıştır. Bunun sebebi ultrasoundun selüler yapının yıkımını, hücrelerdeki bileşen aktivitesinin artmasını ve hücrelerden çözeltiye protein ve minerallerin migrasyonunu desteklemesidir (Carcel ve ark., 1998). Sonikasyonla kimozin aktivitesi artmış aynı zamanda ekstraktın nitrojen içeriği azalmıştır (Kim ve Zayas, 1989).

Peynir endüstrisinde ultrasoundun diğer kullanımları lezzet alanındadır. Proteoliz peynir olgunlaşma süresince gerçekleşen başlıca işlemdir ve iki ana aşamaya ayrılabilir: birinci aşamada pıhtıda kazein ile kimozin rezidüleri interaksiyona girer ve ikinci aşamada proteinler ve polipeptidler bakterilerce açığa çıkarılan enzim aktivitesiyle amino asitlere parçalanır (Engels ve Visser, 1996). *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*'e sonikasyon uygulandığında, hücresiz bir ekstrakt hücre parçalanmasıyla elde edilmiştir (Engels ve Visser, 1996) ve peptidler ve amino asitlerin ekstraksiyonu daha kolay olmuştur ve bu bileşenler peynir lezzetinin gelişiminde kullanılmıştır (Villamiel ve ark., 1999).

Peynirin verimini sütün spesifik karakteristikleri (sütün türü, üretim sezonu, hayvanın beslenmesi ve yaşı, laktasyon periyodu vb), peynir yapımından önce süte uygulanan ön işlemler önemli düzeyde etkilemektedir (Huppertz ve ark., 2005). *Queso Fresco* (yumuşak İspanyol peyniri) üretiminde süte termosonikasyon uygulanması ile pıhtılaşma süresinin azaldığı ve peynir veriminin arttığı (% 20.6) tespit edilmiştir (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2010).

Ultrasoundun filtrasyon üzerine etkisi de incelenmiş ve % 50 su içeren bir karışımın nem miktarının kısa bir sürede 25'e düştüğü ve normal filtrasyonla nem miktarının % 40 seviyelerine indiği görülmüştür (Mason ve ark., 1996). Ultrasonik dalgaların titreşim enerjisi yardımı ile filtre edilecek solüsyonda bulunan parçacıkların homojen bir şekilde dağılmasına ve filtrede bulunan gözeneklerin açık kalmasına yardımcı olduğu belirlenmiştir (Patist ve Bates, 2008). Bunun yanı sıra, yüksek enerjili ultrason uygulamanın kristalizasyon işleminde kristal oluşumunu hızlandırdığı ispatlanmıştır (Mason ve ark., 1996; Stasiak ve Dolatowski, 2007).

Ultrasonik dalgalar akustik kurutma amaçlı da kullanılmaktadır. Konvektif ve akustik kurutma metodlarının havuçta bulunan vitamin C ve β karoten miktarı üzerine etkisi incelenmiş ve akustik işleme tabi tutulan havuçta bulunan vitamin C ve β karoten miktarındaki kaybın çok daha az olduğu belirlenmiştir (Frias ve ark., 2010). Buna ek olarak, muzun ultrasonik dalgalar yardımı ile kurutulmasında kurutma süresinde % 11'e kadar düşüş

gözlemlenirken, bu sonuç ultrasonik işlemin daha fazla miktarda suyun daha kısa sürede meyveden uzaklaşmasını sağlaması ile açıklanmıştır (Fernandes ve Rodrigues, 2007).

Ultrasonun dondurma işlemlerinde ürünün donması için gerekli süreyi kısaltıp, donmuş ürünün kalitesini artırdığı belirlenmiştir. Yüksek enerjili ultrasonik uygulamanın kristalizasyon işlemini birçok yönden etkilediği saptanmıştır. Bunlar (a) kristal çekirdeklerinin oluşumunu desteklemesi, (b) küçük ve düzenli kristallerin oluşumunu sağlaması, (c) bozuk yüzey yapısını engellemesi şeklinde ifade edilmiştir (Virone ve ark., 2006; Luque de Castro ve Priego-Capote, 2007).

Ultrasonun yalnız veya başka bir işlemle kombinasyonu süt, şarap ve meyve suyu gibi ürünlerin pastörizasyonunda kullanılmıştır. Pastörizasyon işleminin daha düşük sıcaklık ve daha az zaman kullanarak tamamlandığı belirlenmiştir (Salleh-Mack ve Roberts, 2007; Valero ve ark., 2007). % 40 (80 W) ultrasonik güç ve 50 °C'de 15 dakikalık bir işlemle portakal suyu kaynaklı maya oluşumu engellenmiştir (Kuldiloke ve Eshtiaghi, 2008). Sütte bulunan *Listeria innocua* ve mezofilik bakterilerin ısı ve ultrasonik işlemle etkisizleştirilmesi incelenmiş ve ultrasonik işlemde etkisizleştirme hızının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Bermudez-Aguirre ve ark., 2010). Bunun yanı sıra, ultrasonik dalgalardan süt endüstrisinde pastörizasyon amaçlı da faydalanılmaktadır. *E. coli*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Listeria monocytogenes* gibi mikroorganizmaların yok edilmesi üzerinde etkili olduğu ispatlanmış ve bu işlem sonrasında pastörize sütün toplam protein ve kazein miktarında değişiklik görülmemiştir (Cameron ve ark., 2009). Ultrasonun mikroorganizmaları ortadan kaldırdığı ispatlanmasına rağmen bu yöntem tek başına uygulandığında üründeki mikroorganizma sayısının gerekli oranda düşmediği ve dolayısıyla etkisiz olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda ultrasonun başka yöntemlerle birlikte uygulanması gerektiği kanaatine varılmıştır. Bunlar; ultrason ve ısı işlem (termosonikasyon); ultrason ve basınç (manosonikasyon); ultrason, basınç ve ısı işlem (manotermosonikasyon) uygulamaları olarak sıralanabilir (McClements, 1995; Rahman, 2007).

Farklı mikroorganizmaların ve enzimlerin ısıya karşı dirençleri birbirinden farklı olduğundan, ultrasonun bu mikroorganizmalar ve enzimler üzerindeki etkisi de farklı olmaktadır. Bu yüzden ultrason bazı sistemlerde tek başına yeterli olurken bazılarında yeterli inaktivasyon derecelerine ulaşmak için ısı ve/veya basınç gibi işlemlerle birlikte kullanılması gerekmektedir. Bütün bunlara karşın, ultrasonun bazı gıda kaynaklı enzimlerin etkisini artırdığı belirlenmiştir. Kazeinin α -chymotrypsin ile proteolizi (Ishimiro ve ark., 1981) örnek olarak verilebilir.

Taze kesilmiş sebze ve meyvelerdeki kararma tüketici kabulü için önemli bir sınırlayıcı faktördür. Polifenoloksidaz ve peroksidaz enzimleri taze kesilmiş meyve ve sebzelerdeki kararma işleminde rol oynamaktadır. Kararma işlemi taze kesilmiş gıdalarda hücre yapısının bozulup enzim ve substratın bir araya gelmesi ile meydana gelir. Jang ve Moon (2011), ultrason ve askorbik asidin birlikte taze kesilmiş elmada polifenoloksidaz ve peroksidaz enzimleri üzerine etkisini incelemiş ve bu iki işlemin birlikte kullanılmasının belirtilen enzimlerin etkisizleştirilmesinde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Diğer yandan, pektin metil esterazın 60 ve 65 °C'de ısı ve termosonik işlemle etkisizleştirilmesi incelenmiş ve D değerinde düşüş olduğu gözlenmiştir (Wu ve ark., 2008). Sonikasyon işleminin yalnız başına portakal suyundaki pektin metilesterazın etkisizleştirilmesinde yeterli olmadığı sonucuna varılmış ve maksimum akustik enerji yoğunluğunda (1.05 W/mL, 10 dak) en yüksek oranda (% 62) enzimin etkisizleştirildiği belirlenmiştir (Kadkhodae ve Povey, 2007). Cruz ve ark. (2008) enzim etkisizleştirme hızının termosonik işlemle daha hızlı olduğunu saptamışlardır. Manotermosonikasyon daha düşük ısı ve daha kısa zaman kullanarak enzimlerin etkisizleştirilmesinde kullanılmaktadır. Peroksidaz, polifenoloksidaz, lipoksinaz, *Pseudomonas fluorescence* kaynaklı lipaz, pektinmetilesteraz ve polygalakturonaz gibi birçok enzim ısı işlemine kıyasla manotermosonikasyon yöntemi ile başarıyla etkisizleştirilmiştir.

Knorr ve ark. (2004) yapmış oldukları çalışmada, 20 °C'de depolama süresince portakal suyunda ultrason + sıcaklık uygulamasından sonra askorbik asit degradasyonunun sadece sıcaklık uygulamasına göre daha az olduğunu belirtmişlerdir. Ultrasonun bu pozitif etkisinin nedeni olarak portakal suyundan oksijenin etkili bir şekilde uzaklaştırılması gösterilmiştir. Taze limon suyunda endojen enzimlerin aktivitesi termosonikasyon işlemi ile etkili bir biçimde azaltılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Peyniri üretiminde kullanılan sütler: Araştırmada kullanılan inek sütleri Konya’da faaliyet gösteren ENKA Süt işletmesinden temin edilmiştir. Sabah sağımindan hemen sonra işletmeye getirilen sütler ön işlemlerden (filtrasyon, klarifikasyon) sonra en kısa sürede laboratuara aktarılıp peynire işlenmiştir.

Peynir mayası: Peynir örneklerinin üretiminde 1/16000 kuvvetinde ticari sıvı şirden mayası kullanılmıştır.

Starter kültür: Araştırmada, liyofilize formdaki doğrudan üretime alınabilen DVS beyaz peynir kültürü (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* ve *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) kullanılmıştır.

Kalsiyum klorür: CaCl_2 ’nin % 40’lık çözeltisi ısıtma işlemi görmüş sütlerle 100 lt’ye 10-20 g olacak şekilde katılmıştır.

Tuz: Peynirlerin tuzlanması ticari kaya tuzunun 90 °C’de 10 dakika ısıtma işleminden geçirilmiş % 7 ve 16’lık salamuraları kullanılmıştır. Peynirin pH’sına göre salamura pH’sı % 80’lik laktik asitle ayarlanmıştır.

Ambalaj materyali: Ambalaj materyali olarak 500 g’lık plastik peynir kutuları (PVC - Polivinil klorür) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Peynir örneklerinin üretimi

Peynirler Tablo 1’deki süt örneklerinden Şekil 1’de gösterilen akış şemasına göre üretilmiştir. Birinci grupta; süt çiğ olarak beyaz peynire işlenmiştir. İkinci grup peynirler farklı ısıtma işlem normlarına göre (65 °C’de 10 ve 30 dakika) üretilmiştir. Projede klasik pastörizasyonda özellikle küçük işletmelerde en sık uygulanan ısıtma işlem normları seçilmiştir. Bu normlara düşük pastörizasyon sıcaklıklarında randıman kayıplarının fazlalığı ve hijyenik kalitenin sağlanamadığı güçlükler temelli sorunlara literatür verileri doğrultusunda çözüm sağlanabileceği düşünülerek karar verilmiştir. Ayrıca ultrasonik dalgaların düşük sıcaklık seviyelerinde daha etkili sonuçlar verdiği literatürde bildirildiği için endüstriyel pastörizasyon normu olan 75 °C’ın bu projenin çıktıları doğrultusunda denenmesinin daha uygun olacağı düşünülmüştür. Üçüncü grup peynirler için sütlere ısıtma işlemine ilave olarak sonikasyon (% 30, 50, 70 ve 100 dalga genliği) uygulanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda 1, 30, 60, 90, 120 ve 180. gün analizleri yapılmıştır. Projede peynirler Tablo 1’de verilen uygulama normlarına göre 2 tekerrürlü olarak üretilmiş ve aynı depolama sürelerinde analizler takip edilmiştir.

Tablo 1. Beyaz peynir yapımında kullanılan süt örneklerinin işleme şartları

	Uygulama	Sıcaklık (°C)	Amplitude (%)	Süre (dakika)
1	Çiğ süt	-	-	-
2	Isıtma işlemi	65	-	10
3		65	-	30
4	Isıtma İşlem + sonikasyon	65	30	10
5		65	50	10
6		65	70	10
7		65	100	10
8		65	30	30
9		65	50	30
10		65	70	30
11		65	100	30

► Çiğ süt	<u>Ön İşlemler</u>
► Filtrasyon, klarifikasyon	
► Isıl işlem ve sonikasyon uygulaması (sıcaklık kontrollü ve soğutmalı sirkülasyonlu su banyosuna bağlı proses kabında gerçekleştirilmiştir. İşlem sırasında sıcaklık proses kabına monteli bir termokupl ile izlenmiştir. Bu aşamada proses kabına alınan süt gruplarının 65 °C'a gelmesi sağlanmış, bu sıcaklık termokupl ile okunduğu anda sonikasyon işlemine geçilmiştir. Süt gruplarına Tablo 1'de belirtilen dalga genliği ve sürelerde sonikasyon uygulanmıştır.)	
► Soğutma (35±1 °C) (Sonikasyon sonrası hızlı soğutma için sirkülasyonlu su banyosu 6-10 °C'a ayarlanmış, ısınan su 6-10 °C soğuk su ile değiştirilip soğutma işlemine geçilmiştir. Soğutma işlemini takiben 1. parti (2 lt) 2. parti (2 lt) sütler mayalama sıcaklığına ayarlanmış sirkülasyonlu su banyosunda tutulmuştur. 2. partinin uygun sıcaklığa gelmesi ile paçal yapılıp sonraki işleme geçilmiştir.	

- Starter kültür ilavesi (% 0.5-1)
- CaCl₂ ilavesi (% 0.01-0.02)
- Ön olgunlaştırma (32±1 °C 30 dk)
- Peynir mayası ilavesi (32±1 °C'de 90 dk. pıhtılaşma olacak şekilde)
- Pıhtının kesilmesi (pıhtı 1 cm³ lük küpler halinde ve 5-10 dk dinlendirme)
- Peyniraltı suyunun ayrılması (30 dk, baskı uygulamadan)
- Baskılama (26 g/cm², 3-4 saat, pH 5.90-6.0 ulaşana kadar)
- Porsiyonlama (8x8x8 cm ebatlarında)
- Ham peynir
- Salamura ilavesi (% 16 NaCl içeren salamura, 15-17 °C'de 6 saat)
- Ön olgunlaştırma (15-17 °C'de pH 5.2-5.4 değerine ulaşınca kadar)
- Paketleme (% 7 NaCl içeren salamura, PVC peynir kutusunda)
- Depolama (5 °C'de 180 gün)

Şekil 1. Peynir örneklerinin üretim akış şeması

3.2.3. Peynir örneklerinde uygulanan analizler

3.2.3.1. Serbest yağ asitleri analizi

Peynirlerde serbest yağ asitleri gaz kromatografisi kullanılarak De Jong ve Badings (1990)'da belirtildiği şekilde yapılmıştır. Bu amaçla, 3 g peynir, vidalı kapaklı tüpe alınmış ve üzerine 8 g susuz Na₂SO₄ ile bir havan içinde homojen hale gelinceye kadar ezilmiştir. Bu homojen karışım ağız sıkıca kapatılabilen bir cam kaba aktarılarak üzerine 0.3 ml 2.5 M H₂SO₄, 1 ml iç standart çözeltisi (herbiri 0.5 g/l konsantrasyona sahip olacak şekilde, pentanoik asit (C_{5:0}), nonanoik asit (C_{9:0}), heptadekanoik asit (C_{17:0}) ve 15 ml eter/heptan (1:1) ilave edilmiştir. Örnekler 1 dakika vortekslenerek ve 490xg'de 2 dakika santrifüjlenmiştir. Daha sonra üst çözücü fazı (süpernatant) diğer 1 g Na₂SO₄ içeren tüpe aktarılmış ve bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır (santrifüj yapılmıştır). Lipit ekstaktı 10 ml heptan ile koşullandırılmış katı faz ekstraksiyon aminopropil (500 mg/3 ml, Phenomenex, California, USA) kolondan geçirilmiştir. Trigliseritler hekzan-2-propanol karışımı (2:1) kullanılarak uzaklaştırılmış ve

serbest yağ asitleri %2 formik asit içeren 2.5 ml dietil eter kullanılarak elde edilmiştir. 1 µl ekstrakt direkt olarak GC'ye enjekte edilmiştir. Bu işlem her bir örnek için 2 kez tekrarlanmıştır. Peynir örneklerinden izole edilen serbest yağ asitleri FFAP kolon kullanılarak ThermoScientific TRACE GC ULTRA model GC sistemi (USA) ile analiz edilmiştir. Sonuçlar mg serbest yağ asidi/kg peynir olarak verilmiştir. Analiz koşulları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Serbest yağ asidi analizleri için kullanılan GC koşulları

Kolon tipi	:	TR-FFAP kolon (30 m uzunluk x 0.25 mm iç yapı x 0.25 µm film kalınlığı, Thermo Fisher Scientific, Bellefonte PA, USA)
Taşıyıcı faz	:	Helyum
Akış hızı	:	2 ml/dak
Split oranı	:	40:1
Enjeksiyon sıcaklığı	:	250 °C
Dedektör	:	FID, 260 °C
Ayrım sıcaklığı	:	Kolon sıcaklığı 90 °C'den başlatılacak ve bu sıcaklıkta 1 dakika beklendikten sonra 240 °C'ye çıkartılacaktır (7 °C/dakika) ve bu sıcaklıkta 15 dakika sabit tutulacaktır.

3.2.3.2. SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi

Peynir örnekleri rendelenmiş ve cam viallere alınarak -20 °C'de dondurulmuştur. Daha sonra buradan 6 g örnek 40 ml vialle alınarak 40 °C'de 30 dk bekletilmiştir. Uçucu maddelerin ekstraksiyonunda çözücüsüz teknik kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi, 75 µm karboksen-polidimetilsiloksan (CAR/PDMS) fiber vial enjeksiyonu ile yapılmış ve 45 °C'de 30 dakika tepe boşluğunda (headspace) tutulmuştur. Ekstrakte edilecek uçucu bileşenlerin desorbsiyonu GC-MS sisteminde yapılmıştır. Desorbsiyon 250 °C'de 2 dk tutularak gerçekleştirilmiştir. Ayırımda ZB-WAX (60 m, 0.25 mm, 0.25 µm) kolondan ayırım yapılmıştır. Analiz Hayaloglu ve Brechany (2007)'ye göre yapılmıştır. Analizde internal standart olarak 50 µl 2-metil-3-heptanon (suda 10 ppm stok) kullanılmıştır.

3.2.3.3. Tekstür profil analizi

Peynir örneklerinin tekstür özellikleri Al-Otaibi ve Wilbey (2006)'e göre Texture Analyser TA-XT Plus (Stable Micro System, UK) cihazı ile belirlenmiştir. 25 kg'lık load cell ve 36 mm çaplı silindik uç kullanılmıştır. Sıkıştırma oranı % 30, ön test hızı 1.0 mm/saniye, test hızı 1.0 mm/saniye, test sonrası hızı 1.0 mm/saniye ve iki sıkıştırma arasındaki süre 5 saniye olarak seçilmiştir. TPA eğrisinden elde edilen veriler tekstürel özelliklerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Peynir kalıbının alt orta ve üst bölümlerinden ayrı ayrı örnek

alınmıştır. Peynir örneklerinden 20x20x20 mm kesilerek küçük bir tabak üzerine yerleştirilmiştir. Nem kaybını önlemek için peynirler analiz sıcaklığına ulaşmaya kadar plastik filmle sarılmıştır. Peynir örneklerinde sertlik, iç yapışkanlık, sakızimsılık, elastikiyet-sürülebilirlik ve çiğnenebilirlik değerleri belirlenmiştir.

Sertlik (Hardness, kg): Peynir örneğine birinci sıkıştırmada uygulanan maksimum kuvvettir (F) ve kg, g ve N ile ifade edilebilmektedir.

İç Yapışkanlık (Cohesiveness): Gıda örneğinin ağızda kırılmadan önceki deforme edilme derecesi ya da gıdanın iç bağlarının mukavemeti olarak tanımlanmaktadır. İkinci sıkıştırma sonrasındaki pozitif alanın, birinci sıkıştırma sonrasındaki pozitif alana olan oranıdır. Bu parametrenin birimi bulunmamaktadır.

Sakızimsılık (Gumminess): Yarı katı bir gıdanın yutulmaya hazır hale getirilebilmesi için gereken parçalama kuvveti olarak ifade edilmektedir. Sakızimsılık = sertlik x iç yapışkanlık olarak tanımlanır. Bu parametrenin de birimi bulunmamaktadır.

Elastikiyet - Sürülebilirlik (Springiness): Gıda maddesinin çiğnenme sırasında eski halini alma derecesi olarak tanımlanmaktadır. Gıdanın birinci baskı ile ikinci baskı arasında geçen zaman içinde gıdanın yüksekliğindeki geri dönüşümdür. Bu parametrenin birimi yoktur.

Çiğnenebilirlik (Chewiness): Katı bir gıdanın yutulmaya hazır hale getirilmesi için gereken çiğneme kuvvetidir. Çiğnenebilirlik aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunmektedir.

Çiğnenebilirlik = elastikiyet x sakızimsılık

Çiğnenebilirlik = elastikiyet x sertlik x iç yapışkanlık

3.2.3.4. İstatistiki değerlendirme

Peynir örneklerinde tüm depolama periyodu analizleri tamamlandıktan sonra analiz sonuçları varyans analizine tabi tutulmuştur. Farklı grupların saptanması amacıyla da Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. İstatistiki değerlendirilmeler MINİTAB (sür. 10.5) ve MSTAT paket programları kullanılarak yapılmıştır (Minitab, 1991).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Serbest Yağ Asitleri Analiz Sonuçları

Peynirde, serbest yağ asitleri (FFAs) lipoliz sonucu serbest kalmakta ve özellikle, kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin düşük algı eşiklerine bağlı olarak peynirin tat-kokusuna direkt olarak katkıda bulundukları düşünülmektedir (Mollimard ve Spinnler, 1996). Bunun yanı sıra, kısa zincirli yağ asitleri peynirde aroma bileşiklerinin (metil ketonlar gibi) oluşumunda öncül olarak da rol alabilmektedir (McSweeney ve Sousa, 2000). Uzun zincirli serbest yağ asitlerinin (>12 karbon atomu) ise çok küçük bir role sahip oldukları kabul edilmektedir (Mollimard ve Spinnler, 1996). Her bir kısa zincirli serbest yağ asiti karakteristik bir tat-koku işareti vermektedir. Örneğin, C4:0 ransit ve peynirimsi tat-koku verirken, C6:0 keskin ve C8:0 sabunumsu, küflü, ransit ve meyvemsi tat-kokuya sahiptir (Collins ve ark., 2003). Uçucu yağ asitleri, konsantrasyonlarına ve tat-koku eşik değerlerine bağlı olarak, peynirin aromasına olumlu veya olumsuz yönde katkıda bulunabilmektedir.

Peynirde lipoliz, trigliserit yapıda yer alan yağ asiti ile gliserol arasındaki ester bağına parçalayan lipolitik enzimlerin varlığında gerçekleşmektedir (Deeth ve Touch, 2000). Lipolitik enzimler, esterazlar ve lipazlar olarak sınıflandırılabilir. Bunlar üç temel özelliklerine göre ayrılmaktadırlar; Esterazlar, 2 ve 8 C atomu içeren ester zincirlerini hidrolize uğrattırken, lipazlar 10 veya daha fazla C atomu içeren ester zincirlerini hidroliz etmektedir. Esterazlar sulu çözeltilerde çözünebilen substratları hidrolizlerken, lipazlar emülsifiye substratları hidrolizlemektedir. Esterazlar ve lipazların enzimatik kinetikleri de farklılık göstermektedir. Esterazlar klasik Michaelis-Menten tipi kinetiğe sahiptir. Ancak, lipazlar sadece hidrofobik/hidrofilik ara yüzey varlığında aktif hale gelebildikleri için, ara yüzey Michaelis-Menten tipi kinetik göstermektedir (Chich ve ark., 1997).

Lipolizle salınan serbest yağ asitleri (özellikle kısa ve orta zincirli serbest yağ asitleri) peynirin tat-kokusuna direkt olarak katkıda bulunmaktadır (Collins ve ark., 2003). Genellikle, lipolitik enzimler, tri- ve digliseritlerin dıştaki ester bağlarına (*sn*-1 ve *sn*-3 pozisyonları) spesifiktir (Deeth ve Touch, 2000). Bütanoik asit ve diğer kısa ve orta zincirli yağ asitleri, çoğunlukla *sn*-3 pozisyonunda yer almakta ve lipolitik enzimler tarafından öncelikli olarak serbest bırakılmaktadır (Christie, 1995). Bununla beraber 12:0 ve 14:0 karbonlu yağ asitleri tercihen *sn*-2 pozisyonunda, 16:0 karbonlu yağ asidi tercihen *sn*-1 ve *sn*-2 pozisyonunda, 18:0 karbonlu yağ asidi tercihen *sn*-1 pozisyonunda, 18:1 karbonlu yağ asidi tercihen *sn*-1 ve *sn*-3 pozisyonunda yer almaktadır.

Lipolitik enzimlerin öncelikli olarak kısa ve orta zincirli serbest yağ asitlerine etki etmektedir. Bununla birlikte, peynir örneklerinde yüksek düzeyde tespit edilen yüksek erime noktasına sahip yağ asitleri (C14, C16, C18) membran trigliseritlerinin yapısında yüksek oranda bulunurlar. Yüksek erime noktasına sahip gliseritler, yağ globüllerinin dış tarafında, düşük erime noktasına sahip gliseritler yağ globüllerinin çekirdek kısmına yerleşirler. Dolayısıyla, yüksek erime noktasına sahip gliseritler de lipazdan kolaylıkla etkilenebilmekte ve ortamda yüksek oranlarda bulunabilmektedir (Şenel ve ark., 2011).

Süt, doğal olarak çok güçlü bir lipoprotein lipazı içermektedir (Fox ve Stepaniak, 1993; Fox ve ark., 1999). Kan plazmasının trigliseritlerinin metabolizmasında rol oynayan bu enzim, süte meme hücrelerinin membranından geçmektedir. Süt trigliseritlerinin % 1-2' si (w/v) kadar düşük bir miktarı hidrolize uğradığında, açığa çıkan yağ asitleri süte ransit tat vermektedir (Olivecrona ve Bengtsson-Olivecrona, 1991). Normal koşullarda, bir lipoprotein membranla çevrili olan yağ ve lipoprotein lipazı birbirlerinden ayrılmış halde bulundukları için bu durum ortaya çıkmamaktadır. Ancak, homojenizasyon, vb uygulamalarla lipoprotein membran zarar görürse, meydana gelen lipoliz sonucu peynir ve diğer süt ürünlerinde kusurlu tat-koku açığa çıkmaktadır (Fox ve ark., 2000).

Pastörize süttten üretilen Cheddar ve Alman-tipi peynirlerdeki temel lipolitik ajanlar laktik asit bakterilerinin lipaz ve esterazlarıdır (Fox ve ark., 2000). Laktik asit bakterilerinin (özellikle, *Lactococcus* ve *Lactobacillus* türleri), *Pseudomonas*, *Acinetobacter* ve *Flavobacterium* gibi türlerle karşılaştırıldığında oldukça zayıf lipolitik karaktere sahip olduğu bilinmektedir. Ancak, olgunlaşma periyodu boyunca bunların peynirde yüksek popülasyona sahip olması, ortama salınan serbest yağ asitinin büyük bir bölümünden laktik asit bakterilerinin sorumlu olduğu düşünülmektedir (Fox ve ark., 1999).

Her bir kısa zincirli serbest yağ asiti karakteristik bir tat-koku işareti vermektedir. Örneğin asetik asit (C2:0) sirkemsi bir tat-koku, propiyonik asit (C3:0) tatlımsı-ekşi bir tat-koku (Normalde yağ asidi tanımlaması C4:0 ve daha büyük karbon uzunluğuna sahip bileşenleri ifade etmektedir ancak kimi kaynaklarda asetik asit (C2:0) ve propiyonik asit (C3:0) de bu sınıflandırma içine dahil edilmektedir), bütirik asit (C4:0) ransit ve peynirimsi tat-koku, kaproik asit (C6:0) keskin-keçimsi tat-koku ve kaprilik asit (C8:0) sabunumsu, küflü, ransit, meyvemsi, peynirimsi, keçimsi tat-kokuya sahiptir (Collins ve ark., 2003). Uçucu yağ asitleri, konsantrasyonlarına ve tat-koku eşik değerlerine bağlı olarak, peynirin aromasına olumlu veya olumsuz yönde katkıda bulunabilmektedir.

FFAs miktarları peynir çeşitlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. En yüksek lipoliz küflü peynirlerde görülmektedir. Örneğin Camembert peynirlerinde toplam trigliseritlerin %5-10'u, blue-vein (mavi küflü) peynirlerde %25'i lipolize olabilmektedir. İtalyan Grana Padano, Parmigiano-reggiano ve Provolone peynirlerinde de yüksek lipoliz görülmektedir. Bunun nedeni bu peynirlerin çiğ süttten üretilmeleridir. Kimi zaman bu peynirlere esterazlarda ilave edilerek lipoliz artırılabilir. Lipoliz sonucu bu peynirlerde C4:0 - C10:0 serbest yağ asidi artmakta ve peynirlere "piccante" (baharatımsı acılık) aroma kazandırmaktadır.

Gouda, Gruyere ve Cheddar peynirlerinde ise lipoliz oranı toplam trigliseritlerin %2'sinden azdır. Bununla beraber geleneksel Feta tipi peynirlerde lipoliz oranı yüksektir. Bu peynirlerde toplam serbest yağ asidi miktarı 12000 mg FFA/kg peynir düzeyinde olabilmekte ve toplam serbest yağ asitlerinin %30-45'ini kısa zincirli (C_{2:0} – C_{8:0}) FFAs oluşturmaktadır.

Klasik yöntemlerle üretilen beyaz peynirlerde, kullanılan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak düşük seviyelerde lipoliz gerçekleşebilmektedir. Üretim sırasında kullanılan tuzun konsantrasyonu arttıkça lipoliz seviyesi düşmektedir. Bu durum tuzun bakteri gelişimi ve enzimatik aktiviteyi önleyici etkisinden kaynaklanmaktadır (Azarnia ve ark., 1997; Katsiari ve ark., 2000). Salamura peynirlerde gelişen lipoliz, genellikle ikincil flora tarafından sentezlenen lipazlar, kalıntı lipoprotein lipazı ve eser miktarda küf ve maya kaynaklı lipaz tarafından gerçekleştirildiği de bildirilmektedir (Virto ve ark., 2003).

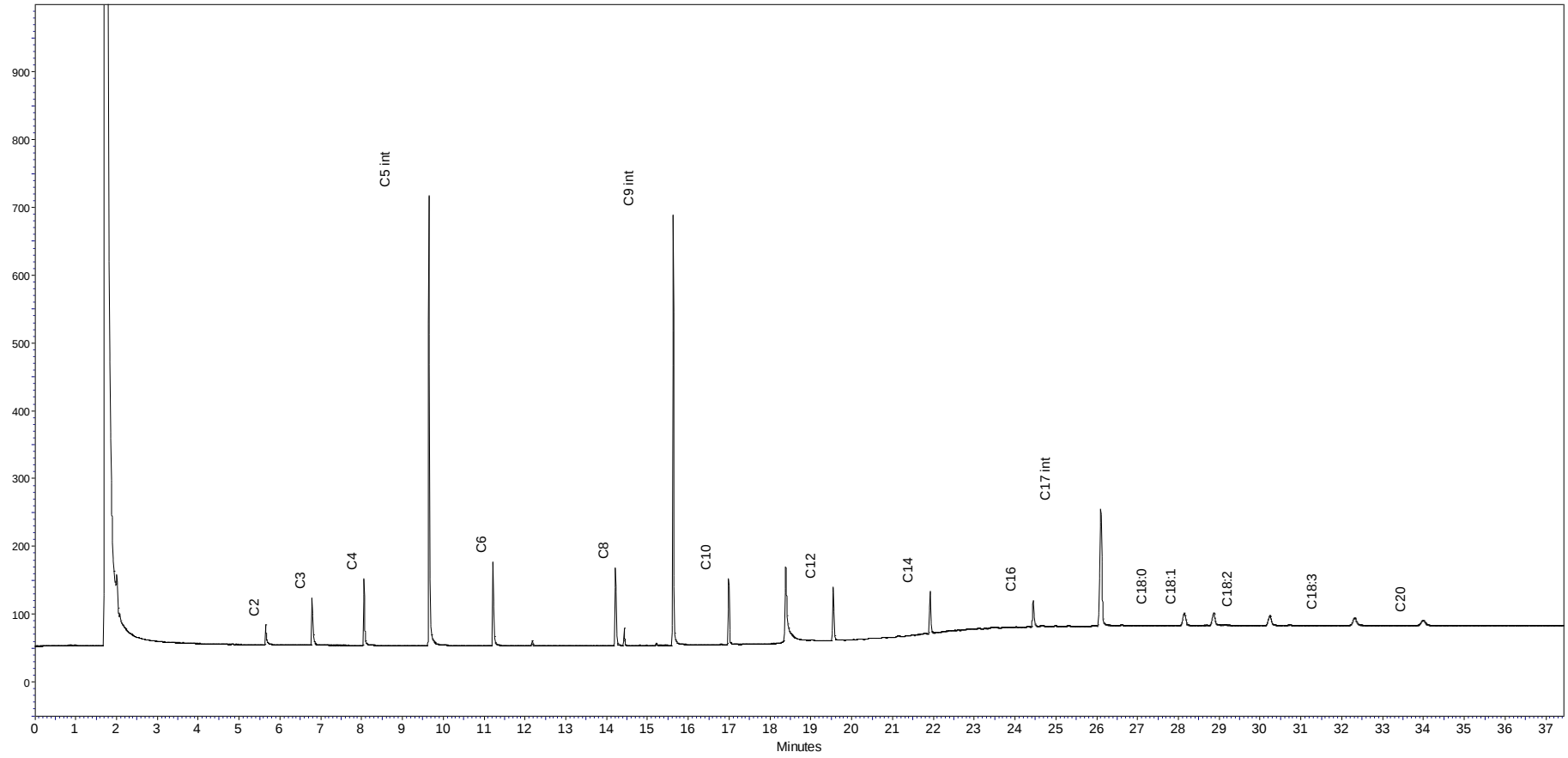
Şekil 2 ve 3'de sırasıyla serbest yağ asidi standartlarına ve peynir numunesine ait gaz kromatografisi (GC) kromatogramları verilmiştir. Çalışmada bütirik asitten başlayan (C4:0) ve Linoleik aside (C18:2) kadar olan 10 adet serbest yağ asidinin konsantrasyonundaki değişimler numuneler arasında karşılaştırılmıştır. Farklılıkların daha iyi gözlenebilmesi için sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 4-8).

Serbest yağ asitleri üzerine yapılan çalışmalarda, peynirlerin bütirik asit (C4:0) içeriklerinin olgunlaşma süresince artış gösterdiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Katsiari ve ark., 2000; Akın ve ark., 2003; Georgala ve ark., 2005; Özer ve ark., 2011). İncelenen tüm peynir örneklerinde depolama süresince C4:0 artışı rahatlıkla görülmektedir (Şekil 4). Bu artış özellikle çiğ süttten üretilmiş olan peynirlerde fazladır. Peynir denemeleri karşılaştırıldığında pastörizasyonun ve termosonifikasyon uygulmasının lipoliz etkilediği görülmektedir. Düşük düzeyde uygulanan sonikasyonda lipoliz düzeyinde bir azalma görülürken termosonikasyonun süresi ve sıcaklığı artırıldığında (65 °C 30 dak. 100 US) lipolizin çiğ süt üretimleri hariç diğer numunelrden daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni sonikasyonun yağ globüllerini parçlaması ve boyutlarını küçültmesi buna bağlı olarak

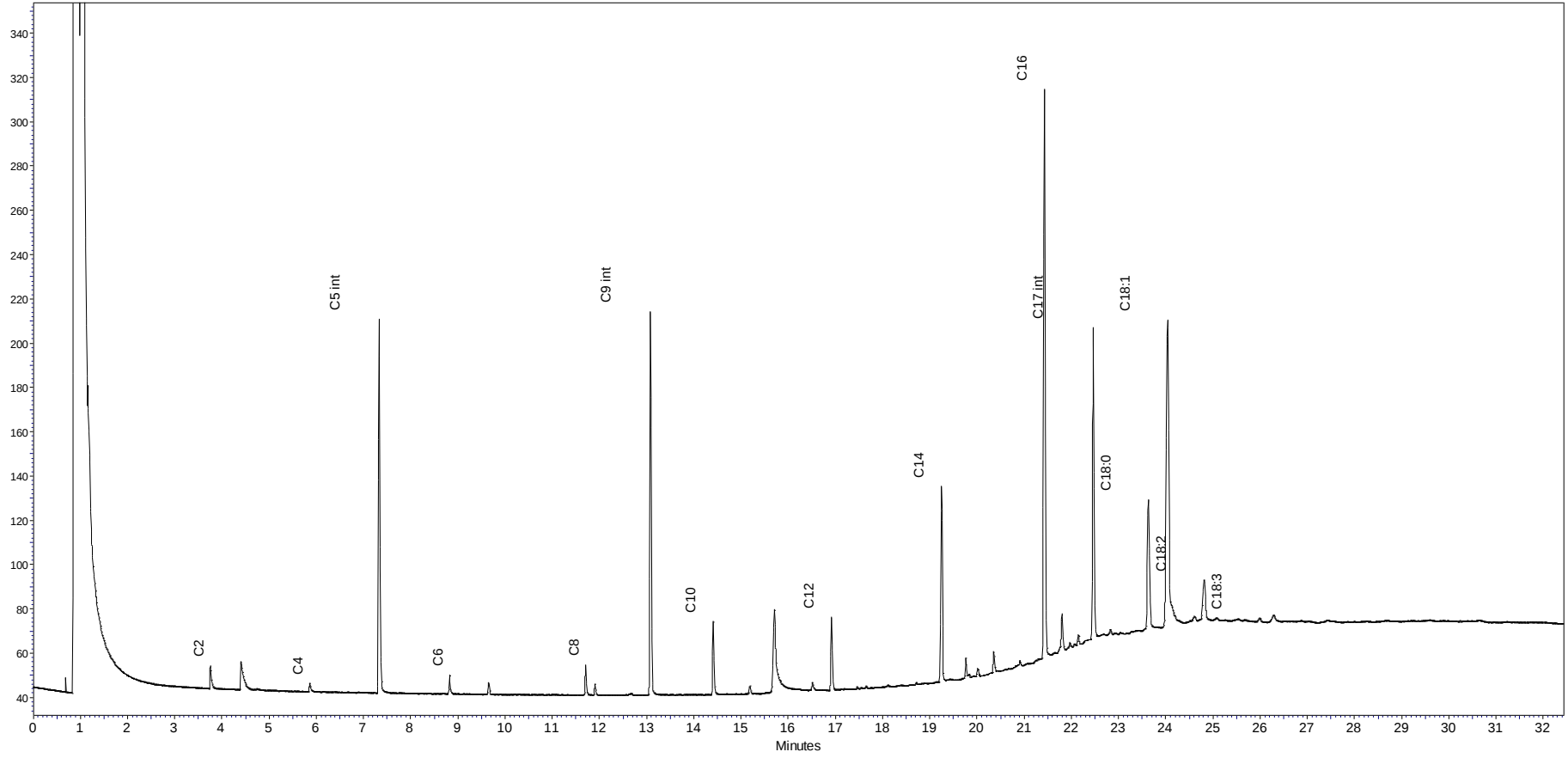
lipolize açık halle getirmesi olabileceğidir (Bermudez-Aguirre ve ark., 2008). Bununla beraber düşük düzey ultrasound uygulamalarında mikrobiyal inaktivasyona bağlı olarak lipoliz sınırlı kalmış olabilir. Bu durum (düşük lipoliz), düşük düzey ultrasound uygulamasında yağ globüllerinin parçalanmamış olabileceğini göstermektedir.

Peynirin tat-kokusuna önemli katkı sağlayan bir diğer kısa zincirli serbest yağ asiti olan kaproik asit (C6:0) miktarının olgunlaşma süresi boyunca artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4). Termosonikasyona bağlı artışlar bu yağ asidinde de görülmektedir.

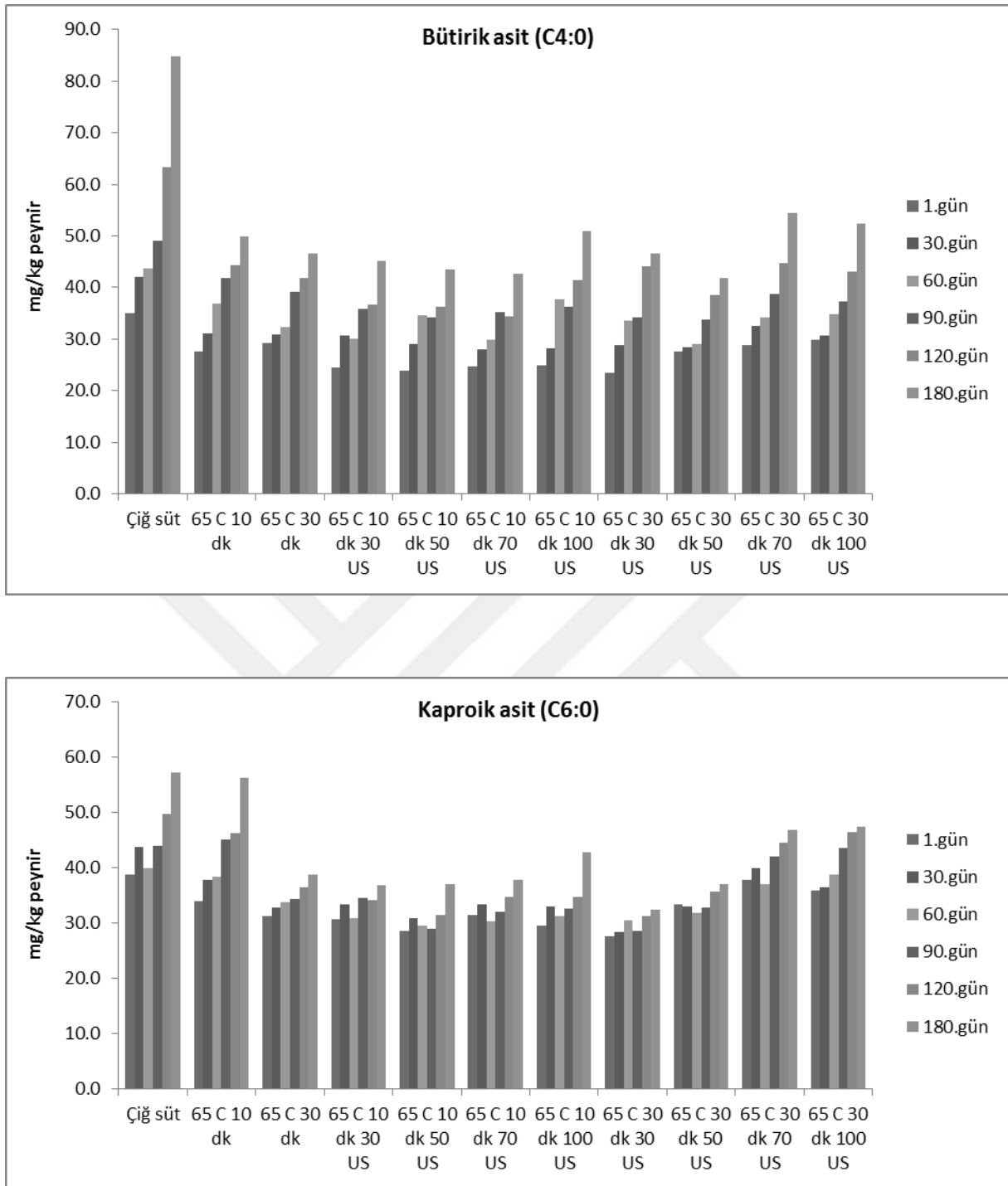
İlgili Şekillerden görülebileceği gibi olgunlaşma periyodu boyunca yağ asidi konsantrasyonları artmaktadır. Lipoliz sonucu en fazla açığa çıkan yağ asitleri C14:0, C16:0, C18:0 ve C18:1 yağ asitleridir. Peynirler kendi aralarında kıyaslandığında toplam serbest yağ asidi konsantrasyonu en fazla yüksek sıcaklık ve süre termosonikasyon uygulanmış numunelerde görülmektedir ($p<0.05$). Bunun nedeni bu sütlerdeki yağ globü membranlarının olası parçalanmaları olabilir. Bununla birlikte kısa zincirli yağ asitleri açısından değerlendirildiğinde; çiğ süttten ve düşük pastörizasyon uygulanmış süttten üretilen ürünlerde lipoliz daha fazla tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bunun nedeni bu ürünlerde görülen yüksek esteraz aktivitesi olabilir. Termosonikasyonun esterazları inaktive etmiş olması olabilir.



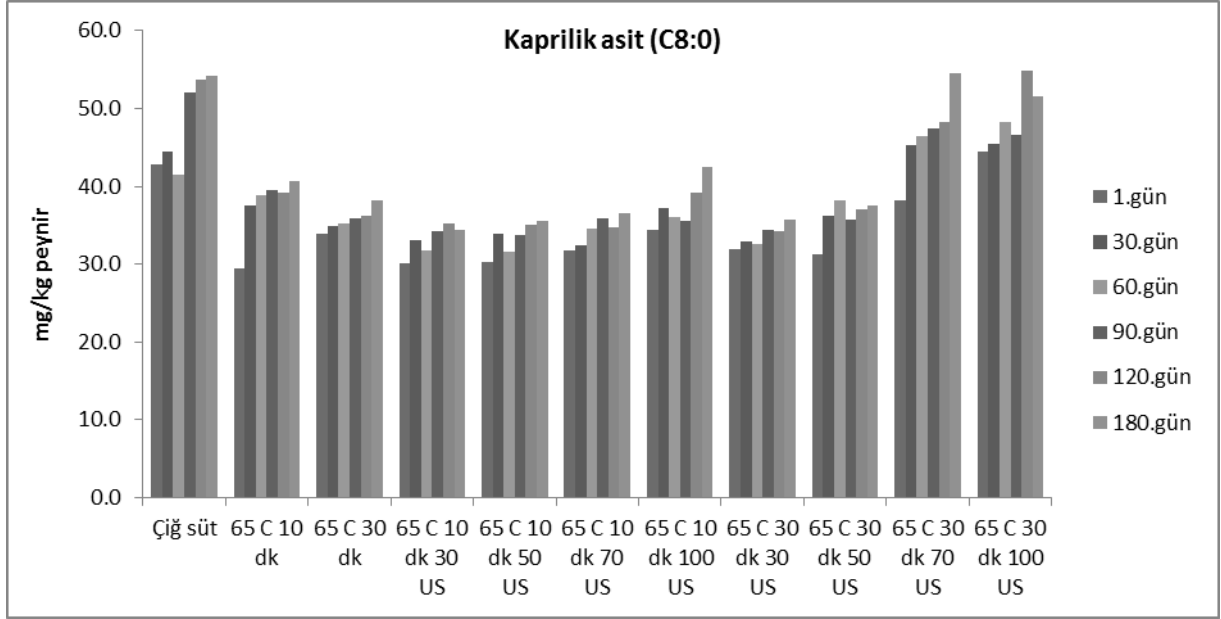
Şekil 2. Standart olarak kullanılan serbest yağ asitlerine (100 ppm) ait GC kromatogramı

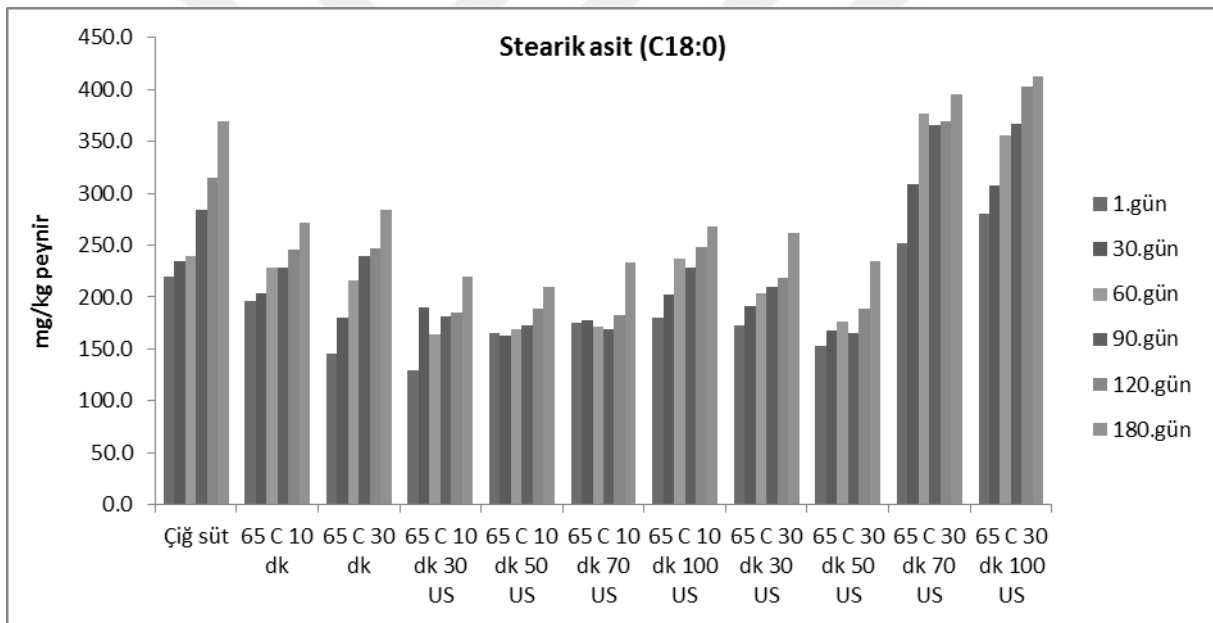
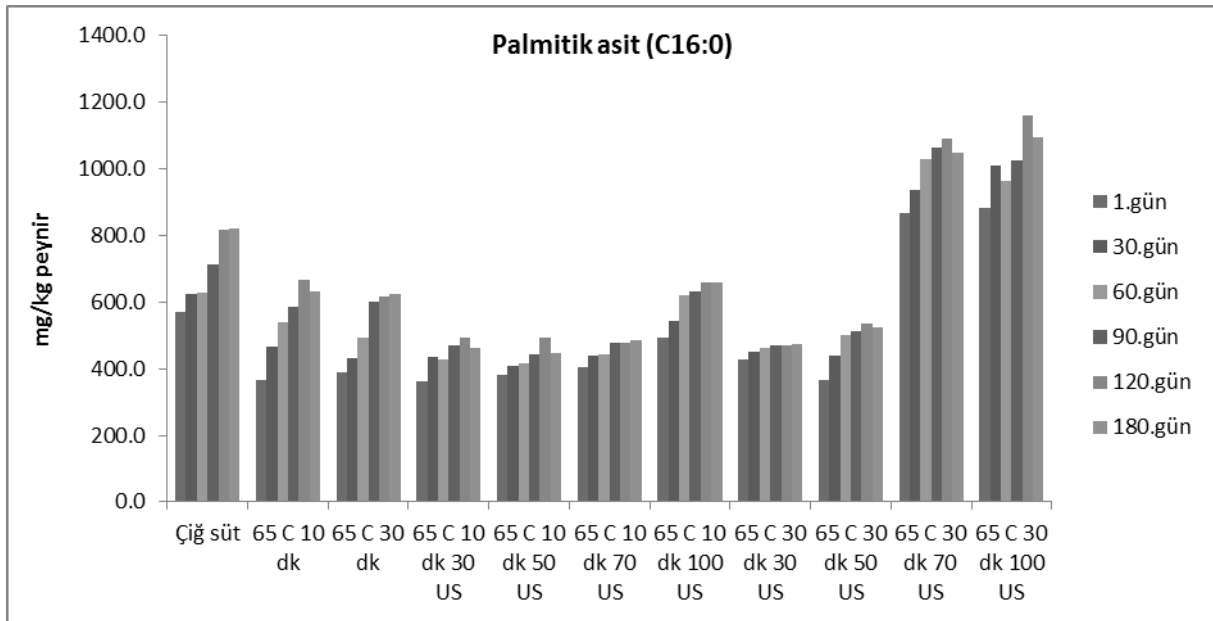


Şekil 3. Peynir örneğine ait serbest yağ asidi GC kromatogramı

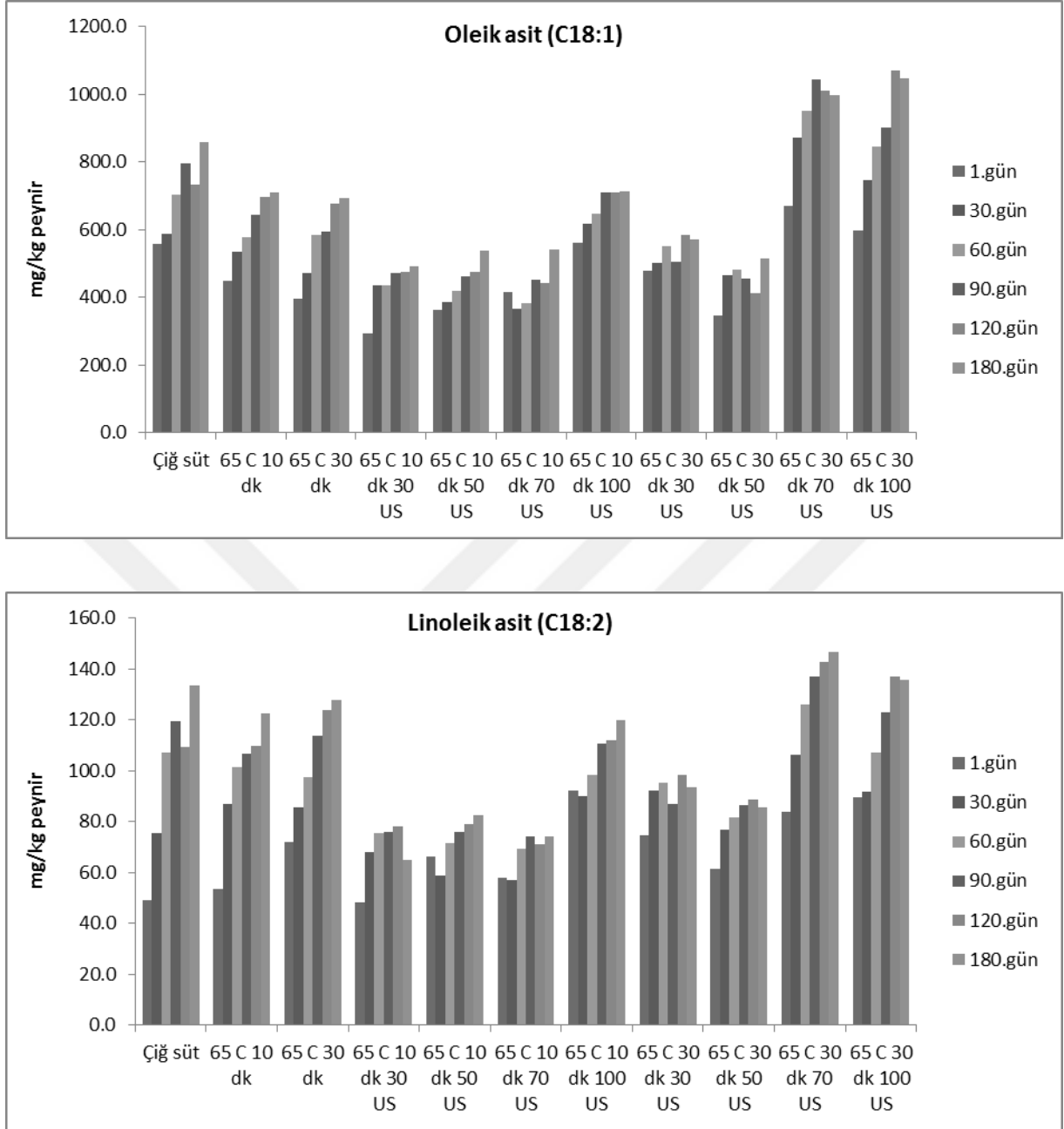


Şekil 4. Peynir örneklerinde ait olgunlaşma periyodu süresince tespit edilen serbest yağ asidi (C4:0; C6:0) konsantrasyonları (mg/kg peynir)





Şekil 7. Peynir örneklerinde ait olgunlaşma periyodu süresince tespit edilen serbest yağ asidi (C16:0; C18:0) konsantrasyonları (mg/kg peynir)



Şekil 8. Peynir örneklerinde ait olgunlaşma periyodu süresince tespit edilen serbest yağ asidi (C18:1; C18:2) konsantrasyonları (mg/kg peynir)

lineer değişimler gözlenmemiştir. Bununla beraber çiğ süttten üretilen peynirlerde aroma intensiteleri daha yüksektir. Peynir örneklerinde tespit edilen bütanoik asit peynirimsi keskin bir aromanın oluşumuna katkıda bulunurken, hekzanoik asit keskin keçimsi kokuya sebep olmaktadır. Bu değerler belirli sınırlar içerisinde kaldığı sürece peynirlerde duysal beğeniye artırmaktadır. Serbest yağ asitleri lipoliz nedeniyle oluşmakla birlikte, asetik, propiyonik ve bütanoik asit; laktoz ve laktik asit fermentasyonu sonucu da üretilmektedir (Andic ve ark., 2011). Val, Leu ve Ile aminoasitlerinin metabolizması sonucu ise 2-metil propiyonik, 2- ve 3-metil bütanoik asitler üretilmektedir (Hayaloglu ve Brechancy, 2007). Ancak örneklerimizde bu asitler tespit edilememiştir.

Peynirde meyvemsi tat-kokudan sorumlu olan esterler; alkoller ve karboksilik asitlerin direkt esterifikasyonu veya alkoliz yoluyla oluşmaktadır (Liu ve ark., 2004). Idiazabal (Barron ve ark., 2005), Minas (Correa Lelles Nogueira ve ark., 2005), Roncal (Ortigosa ve ark., 2005), Tulum (Hayaloglu ve ark., 2007) ve Kaşar (Hayaloglu, 2009) peynirlerinde bulunan temel esterlerin, etil esterler (etil asetat, etil bütanoat ve etil laktat gibi) olduğu bildirilmiştir. Esterler peynire meyve aroması vermekte ve alkol ve yağ asitleri arasındaki esterifikasyon reaksiyonu nedeni ile yağ asitlerinin keskinliğini minimize ederek tat-koku dengesine katkıda bulunmaktadır. Hekzanoik asit metil ester, asetik asit etil ester, ve bütanoik asit metil ester peynir örneklerinde bulunan esterlerdir (Çizelge 2). Ancak, peynir örneklerinde standart bir değişim gözlenmemiştir. Bu nedenle uygulanan deneme parametrelerinin olası etkileri hakkında sağlıklı bir yorum yapmak doğru olmayacaktır.

2-Propanon, 2-bütanon, 2-pentanon, 2-heptanon, 3-hidroksi 2-bütanon (asetoin) ve 2,3-bütandion (diasetil) gibi bileşikler (Çizelge 3), serbest yağ asitlerinin β -ketoasitlere enzimatik oksidasyonu ve bunların daha sonra metil ketonlara dekarboksilasyonu sonucu oluşmaktadır (Engels ve Visser, 1996; McSweeney ve Sousa, 2000). Ara bileşikler olan ketonlar alkollere indirgenebilmekte ve Blue peynirin keskin aromasına katkıda bulunmaktadır (Molimard ve Spinnler, 1996). Diasetil, sitrat metabolizması sırasında stabil olmayan öncül α -asetolaktattan kaynaklanmakta ve peynire tereyağ tat-kokusu vermektedir. Sitrat pozitif *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* and *Leuconostoc* suşları tarafından gerçekleştirilen laktoz ve sitrat metabolizması sonucunda oluşmaktadır (Garde ve ark., 2002). İncelenen peynir örneklerinde değişik konsantrasyonlarda keton tespit edilmiştir. Özellikle çiğ süttten üretilen peynirlerde değerler daha yüksek düzeydedir. Ultrasound uygulamasının 3-Hidroksi 2-bütanon düzeylerini etkilediği görülmektedir.

Geçiş bileşikleri olan aldehitler, hızla alkollere veya asitlere dönüştürüldüğü için peynirde birikmemektedirler (Hayaloglu ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada, kaşar

peynirinde altı farklı aldehit (asetaldehit, 2-propenal, 2-metil propanal, 2-metil bütanal, 3-metil bütanal ve benzaldehit) bulunduğu ve aldehit konsantrasyonunun diğer bileşiklerle karşılaştırıldığında çok düşük olduğu bildirilmiştir (Hayaloglu, 2009). Olgunlaşma süresince peynir örneklerinde bulunan aldehitler hekzanal (kesilmiş çimenimsi) ve benzaldehittir (bademimsi) (Çizelge 4). Ancak, aldehitler ara ürün oldukları için olgunlaşma süresince peynirlerdeki konsantrasyonları değişkenlik göstermektedir. Bunun nedeni mikroorganizmaların enzimatik aktiviteleri sonucu asitlere veya alkollere okside olmasıdır. Bu nedenle peynirde bulunan aldehit konsantrasyonları düşük olup sık değişkenlik gösterir.

Feta, Minas (Correa Lelles Nogueira ve ark., 2005) ve Cheddar (Arora ve ark., 1995) gibi peynirlerde bulunan temel alkol etanoldür. Esterlerin oluşumunda önemli role sahip olan etanol başlıca laktoz fermantasyonu ve Ala katabolizması ile üretilmektedir. 2-Metil-1-bütanol, 2-metil-1-propanol ve 3-metil-1-bütanol gibi dallanmış zincirli birincil alkollerin varlığı sırasıyla Ile, Val ve Leu katabolizmasından üretilen aldehitlerin dönüşümüne işaret etmektedir (Engels ve Visser, 1996). 2-Propanol, 2-Bütanol, 2-pentanol, 2-hekzanol, 2-heptanol, 1-hekzanol, 1-oktanol, heptanol gibi birincil alkoller temel olarak aldehitlerin indirgenmesiyle oluşmakta (Arora ve ark., 1995; Moio ve Addeo, 1998) ve peynire şarabımsı, tatlı, meyvemsi ve sert bir özellik kazandırmaktadırlar (Barron ve ark., 2005). Etanol, 3-metil 2-bütanol, 2-pentanol, 1-pentanol, 2-heptanol, 1-hekzanol, 2-etil 1-hekzanol, 1-oktanol, benzen etanol (fenilalkol olarakta isimlendirilen bu uçucu bileşik, en aromatik alkol olup gül kokusu benzeri bir aromaya sahiptir). Peynir örneklerinde 2-propanol, etanol, 2-etil 1-hekzanol ve benzenetanol peynir örneklerinde tespit edilen alkollerdir (Çizelge 5). Çiğ süttten üretilen peynirlerde etanol değeri daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber bu peynirlerde 2-etil 1-hekzanol tespit edilememiştir.

Yapılan bir çalışmada ultrasound uygulamasının % 1.5 yağlı pastörize sütlerde kavuğuşumsu bir kokuya neden olduğu bildirilmiştir (Riener ve ark., 2009). Araştırmada 1-hekzen, 1-nonen, toluen, n-hekzanal ve n-heptanal değerlerinin sonikasyonun ilk beş dakikasında arttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, sonikasyonun yağ asitlerinin pirolizine neden olarak lipit oksidasyonunu katalizleyebileceğini ve bununda aldehitlerin (hekzanal, heptanal gibi) oluşumuna neden olabileceğini bildirmişlerdir. Örneklerimizde hekzanal düzeyleri 100 US uygulamasında yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni yukarıda belirtilen lipit oksidasyonu olabilir. Sonuç olarak, incelenen örneklerde değişik düzeylerde uçucu maddeler tespit edilmiştir. Özellikle çiğ süttten üretilen peynirlerde çeşit ve intensite olarak daha yüksek düzeydedir. Ancak bu veriler istatistik yapmak veya deneme parametrelerini kıyaslamak için yeterli stabilitede değildir.

Çizelge 1. Peynir örneklerine ait uçucu (Asitler) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitary unit))

Uçucu Bileşen				Peynir grupları										
Asitler	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg. süresi (gün)	Çiğ süt	65 C 10 dk	65 C 30 dk	65 C 10 dk 30 US	65 C 10 dk 50 US	65 C 10 dk 70 US	65 C 10 dk 100 US	65 C 30 dk 30 US	65 C 30 dk 50 US	65 C 30 dk 70 US	65 C 30 dk 100 US
Asetik asit	1453	MS,RI,AS	1	0.5	0.8	-	0.7	-	0.7	-	0.8	-	-	-
			30	1.4	0.6	1.7	1.4	0.6	0.6	0.3	0.7	0.7	0.7	-
			60	1.4	1.7	1.1	1.6	2.6	0.7	-	0.6	1.8	1.1	0.5
			90	3.0	2.6	1.7	2.6	1.5	1.3	0.7	1.8	0.6	0.6	0.7
			120	3.2	1.9	2.7	2.0	1.0	2.1	1.7	1.3	2.7	1.0	0.7
			180	3.7	4.4	3.6	2.6	2.3	2.4	2.1	0.6	1.7	0.9	0.7
Bütanoik asit	1629	MS,RI,AS	1	13.9	4.1	5.0	5.8	1.0	3.3	8.0	6.5	13.2	10.8	13.6
			30	7.6	13.4	18.9	14.6	10.8	4.3	15.9	2.4	10.0	8.6	8.1
			60	15.2	12.9	11.2	12.8	10.6	10.0	22.4	9.0	12.8	19.8	19.6
			90	15.2	16.1	18.2	24.4	13.8	24.4	33.9	15.0	20.3	33.0	16.0
			120	34.5	26.3	20.8	25.5	23.1	33.8	44.7	20.7	26.7	27.9	25.4
			180	64.8	30.4	28.9	33.5	33.5	41.7	56.7	33.6	27.6	48.6	37.0
Hekzanoik asit	1843	MS,RI,AS	1	2.3	2.2	2.3	9.3	2.3	7.7	12.9	6.3	9.3	5.9	2.5
			30	7.5	14.4	9.3	12.9	5.1	11.9	9.0	15.1	15.5	22.2	17.2
			60	16.8	20.5	13.2	13.1	14.7	23.6	12.8	13.8	27.5	30.9	46.8
			90	36.6	19.1	19.0	24.4	13.2	23.8	22.7	18.6	28.3	22.0	27.2
			120	34.0	29.5	12.0	31.1	27.5	43.7	41.3	13.6	17.4	35.7	41.4
			180	46.2	30.4	24.5	25.3	26.9	34.1	30.9	24.6	35.1	41.2	37.9
Oktanoik asit	2060	MS,RI,AS	1	0.5	0.8	2.4	3.0	1.3	2.4	5.5	3.6	6.0	6.4	9.7
			30	2.3	6.2	8.8	5.6	2.8	4.9	5.6	2.4	6.0	9.4	10.4
			60	10.5	11.1	7.3	5.8	5.9	8.9	12.5	8.0	9.8	15.6	26.1
			90	15.0	8.5	16.4	7.2	7.4	9.2	28.3	3.1	18.9	23.6	18.2
			120	30.5	-	8.0	6.9	11.2	14.4	17.7	1.8	-	15.8	18.9
			180	21.9	11.1	18.1	9.8	4.7	12.0	14.5	9.4	13.2	18.8	20.5

Çizelge 2. Peynir örneklerine ait uçucu (Esterler) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitary unit))

Uçucu Bileşen			Peynir grupları											
Esterler	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg. süresi (gün)	Çiğ süt	65 C 10 dk	65 C 30 dk	65 C 10 dk 30 US	65 C 10 dk 50 US	65 C 10 dk 70 US	65 C 10 dk 100 US	65 C 30 dk 30 US	65 C 30 dk 50 US	65 C 30 dk 70 US	65 C 30 dk 100 US
Asetik asit etil ester	884	MS,RI	1	2.2	-	1.9	-	-	-	-	-	2.8	0.9	-
			30	5.4	-	3.0	-	-	-	-	-	2.6	-	-
			60	7.3	2.4	0.0	0.7	1.4	1.6	3.0	2.8	3.0	1.8	6.9
			90	0.8	0.1	0.7	-	0.3	0.3	0.4	-	0.4	-	-
			120	6.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
			180	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bütanoik asit metil ester	982	MS,RI	1	-	-	4.0	-	-	3.4	5.9	-	8.4	9.0	9.9
			30	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-	2.3	5.4
			60	7.3	0.0	6.7	-	3.4	-	2.9	-	5.2	5.9	10.6
			90	8.0	2.0	9.1	5.3	3.2	6.3	4.6	1.9	4.3	6.0	6.0
			120	10.1	0.8	2.1	2.2	1.0	1.6	1.6	-	1.5	3.5	3.4
			180	0.4	-	1.2	0.8	0.7	0.4	1.6	-	1.4	0.9	1.2
Hekzanoik asit metil ester	1220	MS,RI	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-
			30	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			60	-	0.2	1.4	-	0.5	0.9	-	-	-	-	-
			90	6.6	3.6	12.2	2.5	3.3	4.9	4.2	1.7	3.9	4.3	3.2
			120	3.7	0.9	4.3	0.0	0.9	1.3	1.2	0.5	1.3	2.0	2.4
			180	0.4	1.4	1.7	0.0	0.7	0.5	1.4	0.5	0.0	1.0	0.9

Çizelge 3. Peynir örneklerine ait uçucu (Ketonlar) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitary unit))

Uçucu Bileşen			Peynir grupları											
Ketonlar	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg. süresi (gün)	Çiğ süt	65 C 10 dk	65 C 30 dk	65 C 10 dk 30 US	65 C 10 dk 50 US	65 C 10 dk 70 US	65 C 10 dk 100 US	65 C 30 dk 30 US	65 C 30 dk 50 US	65 C 30 dk 70 US	65 C 30 dk 100 US
2-Propanon	836	MS,RI	1	1.5	9.5	11.5	18.5	7.4	13.3	24.6	18.8	44.2	24.5	28.8
			30	2.9	18.5	21.8	20.3	8.5	14.1	17.0	11.7	24.3	16.2	21.0
			60	4.0	25.9	11.8	11.3	20.1	21.9	18.6	30.9	33.6	24.2	52.6
			90	0.3	2.2	3.7	3.9	4.5	5.4	4.5	2.8	4.9	3.5	4.5
			120	0.2	3.1	1.4	2.3	3.7	1.6	3.4	1.5	3.1	2.6	2.1
			180	0.3	1.8	1.0	0.8	1.4	0.5	1.8	1.1	1.6	1.6	1.4
2-Bütanon	902	MS,RI	1	-	1.8	2.0	4.3	1.2	2.3	4.3	4.1	8.5	4.0	5.1
			30	0.6	3.1	4.0	4.4	1.2	2.5	3.1	2.1	4.9	3.1	3.8
			60	0.9	5.7	2.4	2.2	4.2	4.9	1.6	7.6	6.6	4.6	10.3
			90	0.1	0.8	1.1	1.4	1.0	1.6	1.6	0.9	1.7	1.2	1.3
			120	-	1.1	-	-	0.6	1.8	1.2	0.5	1.9	1.0	-
			180	-	1.0	-	0.4	0.5	0.2	0.7	0.5	0.6	0.5	-
2-Pentanon	974	MS,RI	1	-	-	-	-	-	1.1	2.5	-	-	-	-
			30	1.2	-	2.3	-	-	0.9	0.0	-	2.4	1.8	1.6
			60	1.5	2.6	1.3	1.4	-	2.6	2.0	2.1	3.2	3.4	0.9
			90	1.5	0.8	0.6	0.8	0.7	1.3	1.7	0.0	1.3	0.8	0.9
			120	4.0	0.7	-	-	-	0.6	0.0	-	1.2	0.0	-
			180	0.6	-	4.1	5.3	-	4.8	2.6	4.2	15.2	1.4	-
2,3-Bütandion	978	MS,RI,AS	1	2.4	-	6.8	21.8	-	6.7	-	17.2	21.5	11.6	-
			30	6.8	-	13.5	-	-	-	-	-	18.5	-	-
			60	9.1	16.7	9.1	17.3	11.5	14.9	9.3	23.3	20.1	19.0	14.4
			90	11.7	1.9	2.2	5.7	3.7	2.8	6.1	4.0	5.9	2.8	2.3
			120	5.8	2.5	2.1	5.1	1.6	1.9	2.8	2.6	3.7	3.2	1.7
			180	11.5	3.6	12.2	6.3	2.1	11.2	1.1	2.1	2.2	1.1	1.8

<i>Ketonlar</i>	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg. süresi (gün)	Peynir grupları										
				Çiğ süt	65 C 10 dk	65 C 30 dk	65 C 10 dk 30 US	65 C 10 dk 50 US	65 C 10 dk 70 US	65 C 10 dk 100 US	65 C 30 dk 30 US	65 C 30 dk 50 US	65 C 30 dk 70 US	65 C 30 dk 100 US
2-Heptanon	1179	MS,RI	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			30	-	-	2.1	-	-	0.5	-	-	1.9	-	-
			60	2.4	1.3	1.7	1.0	0.8	0.8	0.0	0.8	2.9	1.3	2.6
			90	1.1	1.3	2.2	1.1	1.2	1.4	1.9	1.0	2.0	1.9	2.0
			120	5.3	0.9	2.2	1.2	0.9	0.9	1.6	0.8	1.6	2.3	3.9
			180	1.4	1.5	3.5	6.6	0.9	3.3	2.2	3.4	12.1	2.1	2.8
3-Hidroksi 2-bütanon	1286	MS,RI	1	5.2	6.1	18.6	67.9	6.8	20.2	36.5	44.9	49.9	26.7	28.0
			30	11.6	13.2	33.2	52.5	13.9	15.6	15.0	14.4	34.0	16.8	16.3
			60	16.5	19.7	29.8	42.8	18.0	26.9	7.4	38.6	41.9	37.0	23.7
			90	21.8	6.1	9.5	17.8	6.2	6.4	17.9	6.6	10.1	5.5	15.6
			120	16.4	6.1	7.5	17.9	4.3	5.3	9.9	6.0	9.5	9.8	8.1
			180	11.2	3.8	4.5	6.0	3.4	3.4	5.8	3.6	6.5	3.5	5.1
2-Nonanon	1390	MS,RI	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			30	1.7	-	1.8	0.7	-	-	-	-	-	-	-
			60	1.2	1.8	0.9	-	1.6	1.3	-	1.9	1.7	2.4	2.1
			90	-	-	0.2	0.0	0.0	0.7	0.6	0.2	0.4	0.0	0.3
			120	-	1.1	1.3	0.9	0.8	1.0	1.5	1.0	1.2	2.6	2.2
			180	0.4	1.2	1.7	1.3	1.4	1.2	1.4	1.1	2.1	1.3	2.0

Çizelge 4. Peynir örneklerine ait uçucu (Aldehitler) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitrary unit))

Uçucu Bileşen				Peynir grupları										
Aldehitler	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg. süresi (gün)	Çiğ süt	65 C 10 dk	65 C 30 dk	65 C 10 dk 30 US	65 C 10 dk 50 US	65 C 10 dk 70 US	65 C 10 dk 100 US	65 C 30 dk 30 US	65 C 30 dk 50 US	65 C 30 dk 70 US	65 C 30 dk 100 US
Hekzanal	1079	MS,RI	1	-	0.9	1.6	-	1.6	1.8	4.0	1.2	-	6.3	8.7
			30	-	4.7	4.5	-	3.3	3.4	6.9	6.0	0.0	3.4	3.3
			60	1.4	-	5.8	2.2	-	1.2	0.9	-	4.7	-	5.7
			90	0.7	2.9	2.4	1.0	1.5	1.2	1.1	2.2	1.7	0.5	2.8
			120	7.7	1.4	2.9	2.6	1.3	1.1	4.1	1.1	3.4	-	2.5
			180	-	-	0.6	-	-	-	-	-	1.5	-	-
Benzaldehit	1536	MS,RI	1	0.2	0.4	0.5	0.8	0.3	0.6	0.8	0.5	1.7	0.7	0.8
			30	-	0.6	-	0.9	0.5	0.6	-	1.0	0.9	0.5	-
			60	-	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	-	1.1	0.9	1.4	-
			90	1.1	0.7	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
			120	1.7	-	1.8	0.7	-	-	-	-	-	-	-
			180	0.1	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-

Çizelge 5. Peynir örneklerine ait uçucu (Alkoller) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitary unit))

Uçucu Bileşen				Peynir grupları										
Alkoller	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg. süresi (gün)	Çiğ süt	65 C 10 dk	65 C 30 dk	65 C 10 dk 30 US	65 C 10 dk 50 US	65 C 10 dk 70 US	65 C 10 dk 100 US	65 C 30 dk 30 US	65 C 30 dk 50 US	65 C 30 dk 70 US	65 C 30 dk 100 US
2-Propanol	929	MS,RI	1	1.6	-	0.4	-	-	0.2	-	-	1.4	1.2	-
			30	2.0	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
			60	7.6	0.84	-	0.431	-	-	-	0.488	0.436	0.679	-
			90	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Etanol	932	MS,RI,AS	1	26.1	8.3	9.0	15.6	7.8	11.9	26.8	21.5	40.9	22.3	21.7
			30	35.1	13.7	13.5	12.9	6.3	10.2	15.3	8.7	20.1	13.7	10.8
			60	65.1	19.9	9.2	8.0	17.8	17.3	10.8	28.7	27.7	24.1	26.6
			90	4.5	1.8	2.3	2.9	3.7	4.9	5.1	3.1	4.6	3.4	4.0
			120	31.1	2.5	-	2.0	2.4	1.8	5.1	1.8	5.0	5.6	-
			180	1.8	1.8	2.2	1.3	1.6	0.7	2.7	1.3	3.4	2.1	2.9
2-Etil 1-hekzanol	1490	MS,RI	1	-	0.6	0.7	1.7	0.9	1.2	2.5	1.6	4.5	5.2	1.7
			30	-	2.1	1.3	1.9	1.0	2.0	1.9	1.0	1.9	2.1	2.2
			60	-	1.7	1.6	1.3	2.2	2.2	0.9	2.5	2.3	3.0	2.1
			90	-	1.5	1.2	1.2	1.3	0.9	1.9	1.3	1.0	1.1	-
			120	-	1.0	0.9	1.0	0.7	1.1	1.3	0.9	1.2	1.7	1.8
			180	-	0.6	0.7	0.5	0.7	0.4	0.9	0.6	0.7	0.9	0.8
Benzenetanol	1927	MS,RI	1	0.3	0.3	0.5	0.6	0.0	0.2	0.7	0.5	0.8	0.4	0.5
			30	2.0	2.1	1.5	0.9	-	-	-	0.5	1.3	-	-
			60	4.5	2.4	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-
			90	3.2	1.2	0.9	1.4	0.5	0.5	0.6	0.5	1.3	1.1	-
			120	7.5	0.8	1.7	-	-	0.5	1.0	0.5	-	0.9	0.9
			180	0.8	0.8	0.8	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.5	0.4	0.6

4.3. Peynirlerin Tekstürel Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim

Peynirlerin tekstür profil analiz sonuçlarının depolama sürecindeki değişimi Çizelge 6’da, varyans analiz sonuçları Çizelge 7’de ve Tukey testi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Peynirlerin sertlik (hardness) değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 10’da verilmiştir. Isıl işlem uygulanarak üretilen gruplarda çiğ süttten üretilen peynirlere göre uygulama süresine bağlı olarak sertlik değerlerinde önemli artışlar tespit edilmiştir. Çiğ süt, 65 °C 10 ve 30 dk ısıtıl işlem uygulanmış gruplarda depolamanın ilk günü sırasıyla ortalama sertlik değerleri 525.70, 876.59 ve 1066.74 g olarak belirlenmiştir. Isıl işlem ve sonikasyon uygulamasının birlikte uygulandığı gruplarda en düşük ortalama değerler 65 °C 30 dk termosonikasyon uygulanmış gruplarda belirlenmiştir. Ultrasonik dalga genliğindeki artış termosonikasyon gruplarında sertlik değerlerinde orantısız azalmalara neden olmuştur.

Çizelge 6. Peynir örneklerinin tekstür profil değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

Süre (dk)	Us	Gün	Sertlik	İç yapışkanlık	Sakızimsılık	Elastikiyet-Sürülebilirlik	Çiğnenebilirlik
10	0	1	878.39±2.55	0.46±0.01	409.51±1.44	0.82±0.00	332.63±5.62
		90	1205.55±0.21	0.38±0.00	457.60±7.63	0.63±0.00	290.01±0.91
		180	1355.65±14.63	0.29±0.00	402.24±4.76	0.59±0.00	234.47±1.60
	30	1	864.05±1.63	0.58±0.01	508.95±4.65	0.88±0.00	449.40±4.10
		90	1043.28±10.01	0.49±0.00	510.11±0.42	0.73±0.00	373.68±2.15
		180	1218.04±17.52	0.42±0.00	515.77±6.47	0.68±0.00	347.53±3.01
	50	1	746.79±0.37	0.49±0.00	371.62±3.65	0.85±0.01	312.98±3.18
		90	616.25±5.14	0.43±0.01	355.78±7.84	0.72±0.00	263.50±2.69
		180	1012.40±5.80	0.34±0.01	340.61±3.13	0.67±0.01	235.42±4.22
	70	1	600.47±4.29	0.46±0.01	281.90±3.25	0.84±0.01	235.68±1.16
		90	842.02±3.30	0.40±0.00	337.11±4.19	0.68±0.00	233.32±2.93
		180	978.67±11.10	0.32±0.00	321.46±8.40	0.64±0.01	203.13±5.27
	100	1	500.89±5.24	0.48±0.00	238.21±2.88	0.82±0.00	200.26±6.99
		90	616.15±11.60	0.35±0.00	203.27±10.01	0.66±0.00	140.31±3.28
		180	704.16±11.50	0.29±0.00	204.40±1.64	0.62±0.01	128.87±2.31
30	0	1	1061.47±7.45	0.44±0.01	468.13±2.78	0.72±0.00	336.79±2.28
		90	1290.37±5.70	0.32±0.00	416.11±9.96	0.53±0.01	214.67±1.03
		180	1495.66±6.73	0.27±0.00	412.06±5.01	0.49±0.01	200.00±4.38
	30	1	828.88±4.69	0.54±0.00	449.67±0.78	0.86±0.00	390.21±6.25
		90	1142.65±19.73	0.42±0.00	479.75±3.27	0.66±0.05	332.58±3.10
		180	1291.06±6.56	0.34±0.00	440.56±7.30	0.65±0.00	293.55±2.90
	50	1	663.99±1.93	0.49±0.00	321.88±4.90	0.85±0.00	275.51±0.83
		90	945.69±9.81	0.35±0.01	330.44±2.66	0.68±0.00	232.42±6.76
		180	1092.18±4.86	0.29±0.00	321.66±5.29	0.64±0.00	204.35±0.35
	70	1	561.91±2.14	0.40±0.00	227.60±3.96	0.81±0.00	184.17±3.26
		90	839.97±7.54	0.38±0.00	316.18±1.39	0.69±0.00	218.94±1.93
		180	958.33±2.65	0.28±0.00	268.01±3.91	0.64±0.00	174.35±1.48
	100	1	422.96±3.92	0.38±0.01	166.41±5.34	0.75±0.00	123.75±2.28
		90	701.75±9.26	0.25±0.01	167.83±3.51	0.67±0.00	117.60±3.96
		180	829.48±4.42	0.24±0.01	204.57±0.83	0.64±0.00	132.47±4.15

Çizelge 7. Peynir örneklerinin tekstür profiline ait varyans analizi sonuçları

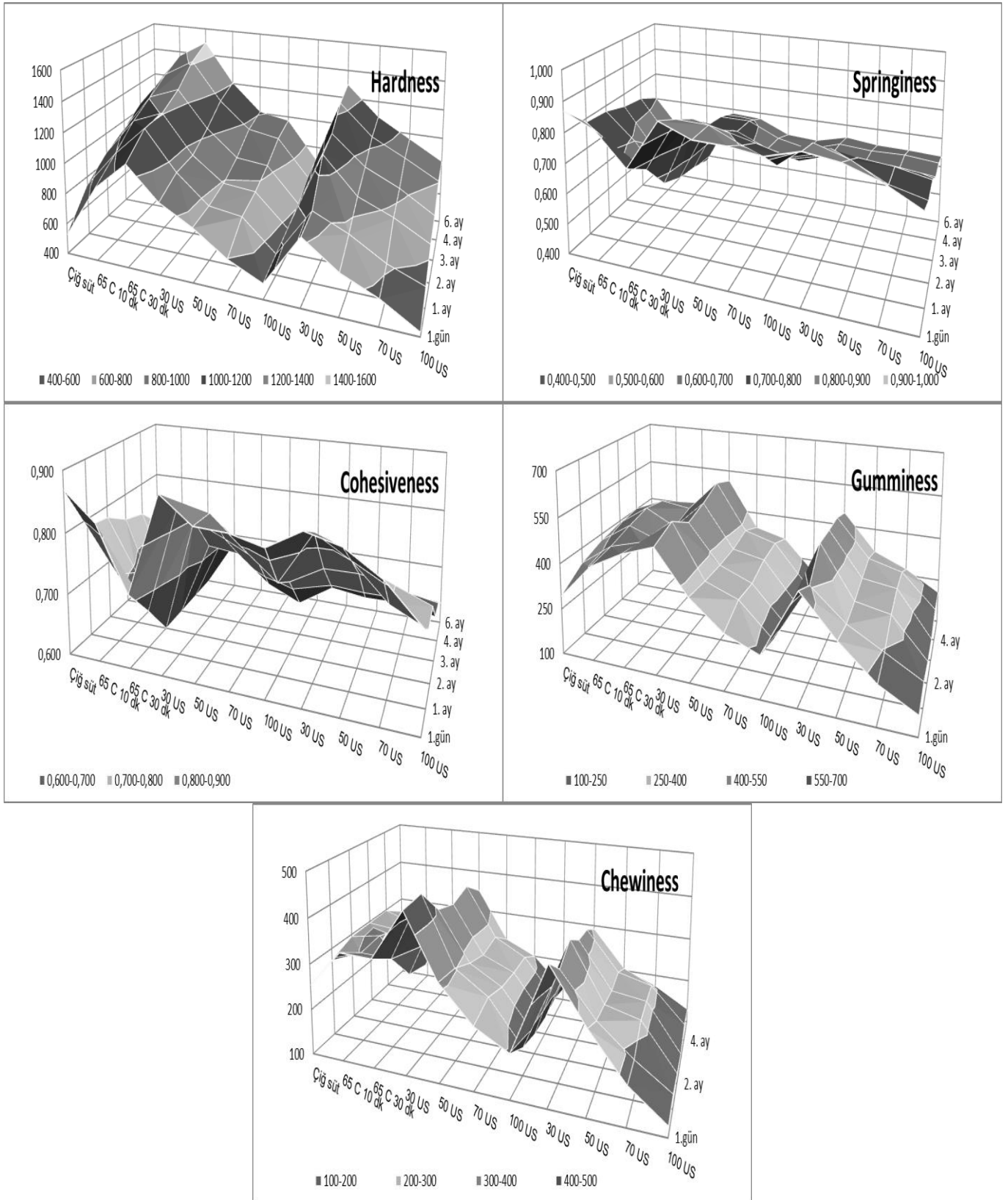
VK	SD	<u>Sertlik</u>		<u>İç Yapışkanlık</u>		<u>Sakızimsılık</u>		<u>Elastikiyet-Sürülebilirlik</u>		<u>Çiğnenebilirlik</u>	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Süre (A)	1	59356.21	14.70*	0.041	1706.62*	14580.70	567.30*	0.0199	196.27*	20154.20	1561.81*
Us (B)	4	637021.45	157.77*	0.031	1296.39*	152171.66	5920.68*	0.0246	242.04*	81398.34	6307.82*
Depolama (C)	2	727178.40	180.10*	0.135	5599.90*	1251.31	48.69*	0.2136	2101.33*	24048.90	1863.63*
A x B	4	11258.49	2.79*	0.001	50.92*	1751.93	68.16*	0.0041	40.31*	210.63	16.32*
A x C	2	22072.72	5.47*	0.001	21.33*	76.38	2.97 ^{ns}	0.0003	2.92 ^{ns}	287.66	22.29*
B x C	8	9339.31	2.31 ^{ns}	0.001	54.34*	1561.55	60.76*	0.0011	10.84*	2291.81	177.60*
A x B x C	8	10123.34	2.51*	0.001	30.96*	1217.12	47.36*	0.0009	8.71*	852.73	66.08*
Hata	30	4037.73		0.000		25.70		0.0001		12.90	

* p<0.05 , ** p<0.01, ns:istatistiki açıdan önemsiz.

Çizelge 8. Peynir örneklerinin tekstür profiline ait Tukey testi sonuçları *

Faktör	N	Sertlik	İç yapışkanlık	Sakızimsılık	Elastikiyet-Sürülebilirlik	Çiğnenebilirlik
Süre						
10	30	878.85 ^b	0.41 ^a	363.90 ^a	0.72 ^a	265.41 ^a
30	30	941.76 ^a	0.36 ^b	332.72 ^b	0.69 ^b	228.76 ^b
US						
0	12	1214.51 ^a	0.36 ^d	427.61 ^b	0.63 ^d	268.09 ^b
30	12	1064.66 ^b	0.47 ^a	484.13 ^a	0.74 ^a	364.49 ^a
50	12	846.22 ^c	0.40 ^b	340.33 ^c	0.74 ^a	254.03 ^c
70	12	796.89 ^c	0.38 ^c	292.04 ^d	0.72 ^b	208.26 ^d
100	12	629.23 ^d	0.33 ^e	197.45 ^e	0.69 ^c	140.54 ^e
Depolama						
1	20	712.98 ^c	0.47 ^a	344.39 ^b	0.82 ^a	284.14 ^a
90	20	924.37 ^b	0.38 ^b	357.42 ^a	0.67 ^b	241.70 ^b
180	20	1093.56 ^a	0.31 ^c	343.13 ^b	0.63 ^c	215.41 ^c

* Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır.



Şekil 10. Olgunlaşma periyodunca peynir örneklerinin tekstürel özelliklerinde meydana gelen değişim (hardness: sertlik, springiness: elastikiyet-sürülebilirlik, cohesiveness: iç yapışkanlık, gumminess: sakızimsılık, chewiness: çiğnenebilirlik)

Peynir gruplarının elastikiyet-sürülebilirlik (Springiness) değerlerindeki değişim Şekil 10'da verilmiştir. Elastikiyet değerleri termosonikasyon uygulamasına bağlı olarak artmıştır. Uygulanan dalga genliğine bağlı olarak depolamanın ilk günü belirgin olmayan ilişki ilerleyen periyotta azalma yönünde meyil kazanmıştır. En düşük elastikiyet değeri 65 °C 30 dk ısıt işlem uygulanmış grupta belirlenmiştir. İç yapışkanlık (Cohesiveness) değerleri depolama süresince tüm grup peynirlerde azalmıştır. En yüksek iç yapışkanlık değeri 65 °C 10 dk ısıt işlem uygulanmış gruplarda tespit edilmiştir. Isıt işlem süresi ve sonikasyon dalga genliği iç yapışkanlık değerlerini azaltmıştır. Depolama süresince iç yapışkanlık değeri 0.245-0.586 aralığında değişmiştir.

Termosonikasyon işlemi peynir örneklerinin sakızimsılık (Gumminess) değerlerinde önemli değişimler meydana getirmiştir. Çiğ süttten üretilen gruplara kıyasla ısıt işlem uygulaması sakızimsılık değerini artırmıştır. Depolama periyodunun 4. ayına kadar sakızimsılık değerinde meydana gelen artış 6 aylık peynirlerde azalma eğilimine girmiştir. Peynirlerin çiğnenebilirlik değeri sonikasyon uygulanmayan gruplarda ısıt işlem uygulaması ile artmıştır. Termosonike edilmiş grup peynirlerde artan dalga genliği çiğnenebilirlik değerlerini düşürmüştür. En düşük çiğnenebilirlik değeri 65 °C 30 dk ısıt işlem uygulanmış % 100 dalga genliği uygulanmış gruplarda belirlenmiştir. Olgunlaşma süresince çiğnenebilirlik 122.14-452.36 aralığında değişmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Projede, beyaz peynir üretiminde kullanılan çiğ sütün pastörizasyonunda termosonikasyon işleminin etkinliğinin araştırılması ve bunun peynir kalitesi üzerine etkilerinin olgunlaşma periyodunda tespit edilmesi amaçlanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda yağ asitleri kompozisyonu, uçucu maddelerin analizi ve tekstür profil analizi takip edilmiştir.

Peynirde, serbest yağ asitleri lipoliz sonucu serbest kalmakta ve özellikle, kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin düşük algı eşiklerine bağlı olarak peynirin tat-kokusuna direkt olarak katkıda bulundukları düşünülmektedir. Çalışmada bütirik asitten başlayan (C4:0) ve linoleik aside (C18:2) kadar olan 10 adet serbest yağ asidinin konsantrasyonundaki değişimler numuneler arasında karşılaştırılmıştır. İncelenen tüm peynir örneklerinde depolama süresince C4:0 artışı rahatlıkla görülmektedir. Bu artış özellikle çiğ süttten üretilmiş olan peynirlerde fazladır. Peynir denemeleri karşılaştırıldığında pastörizasyonun ve termosonikasyon uygulamasının lipolizi etkilediği görülmektedir. Peynirin tat-kokusuna önemli katkı sağlayan bir diğer kısa zincirli serbest yağ asidi olan kaproik asit (C6:0) miktarında olgunlaşma süresi boyunca artış görülmüştür. Lipoliz sonucu en fazla açığa çıkan yağ asitleri C14:0, C16:0, C18:0 ve C18:1 yağ asitleridir. Peynirler kendi aralarında kıyaslandığında toplam serbest yağ asidi konsantrasyonu en fazla termosonikasyon uygulanmış numunelerde görülmektedir.

Peynirde tat-koku bileşiklerinin oluşumu için temel yollar laktoz ve laktat metabolizması, lipoliz ve proteolizdir. Peynirlerde önemli tat-koku bileşikleri, asitler, esterler, aldehit ve ketonlardır. Serbest yağ asitleri lipoliz nedeniyle oluşmakla birlikte, asetik, propiyonik ve bütanoik asit; laktoz ve laktik asit fermentasyonu sonucu da üretilebilmektedir. Val, Leu ve Ile aminoasitlerinin metabolizması sonucu ise 2-metil propiyonik, 2- ve 3-metil bütanoik asitler üretilmektedir. Peynir örneklerinde bu asitler tespit edilememiştir. İncelenen peynir örneklerinde değişik konsantrasyonlarda keton tespit edilmiştir. Özellikle çiğ süttten üretilen peynirlerde değerler daha yüksek düzeydedir. Ultrasound uygulamasının 3-Hidroksi 2-bütanon düzeylerini etkilediği görülmektedir. Ancak, aldehitler ara ürün oldukları için olgunlaşma süresince peynirlerdeki konsantrasyonları değişkenlik göstermektedir. Bunun nedeni mikroorganizmaların enzimatik aktiviteleri sonucu asitlere veya alkollere okside olmasıdır. Bu nedenle peynirde bulunan aldehit konsantrasyonları düşük olup sık değişkenlik gösterir. 2-propanol, etanol, 2-etil 1-hekzanol ve benzenetanol peynir örneklerinde tespit

edilen alkollerdir. Çiğ süttten üretilen peynirlerde etanol değeri daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber bu peynirlerde 2-etil 1-hekzanol tespit edilememiştir.

Çiğ süt, 65 °C 10 ve 30 dk ısıt işlem uygulanmış gruplarda depolamanın ilk günü sırasıyla ortalama sertlik değeri 525.70, 876.59 ve 1066.74 g olarak belirlenmiştir. Isıt işlem ve sonikasyon uygulamasının birlikte uygulandığı gruplarda en düşük ortalama değeri 65 °C 30 dk termosonikasyon uygulanmış gruplarda belirlenmiştir. Ultrasonik dalga genliğindeki artış termosonikasyon gruplarında sertlik değeri orantısız azalmalara neden olmuştur. Elastikiyet değeri termosonikasyon uygulamasına bağlı olarak artmıştır. İç yapışkanlık (Cohesiveness) değeri depolama süresince tüm grup peynirlerde azalmıştır. Depolama süresince iç yapışkanlık değeri 0.245-0.586 aralığında değişmiştir. Termosonikasyon işlemi peynir örneklerinin sakızimsılık (Gumminess) değeri önemli değişimler meydana getirmiştir. Çiğ süttten üretilen gruplara kıyasla ısıt işlem uygulaması sakızimsılık değeri artırmıştır.

5.2. Öneriler

Ultrasoundun mikroorganizmaları ortadan kaldırdığı ispatlanmasına rağmen bu yöntem tek başına uygulandığında ürünün mikroorganizma sayısının gerekli oranda düşmediği ve dolayısıyla etkisiz olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda ultrasoundun başka yöntemlerle birlikte uygulanması gerektiği kanaatine varılmıştır. Bunlar; ultrasound ve ısıt işlem (termosonikasyon); ultrasound ve basınç (manosonikasyon); ultrasound, basınç ve ısıt işlem (manotermosonikasyon) uygulamaları olarak sıralanabilir. Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının ısıt işlemler, enzimatik karışımlar, doğal antimikrobiyal ve antioksidan maddelerle birlikte kullanılabilir olması bu yöntemin etkinliğini artırmaktadır. Geleneksel ısıt işlem yöntemlerine göre uygulama süresinin daha kısa olması ve sıcaklıktan kaynaklanan zararların azaltılması bu tekniği diğer yöntemlere göre avantajlı hale getirmektedir. Süt endüstrisinde sonikasyon uygulamalarının diğer yöntemlerle kombine denemesine ihtiyaç bulunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Akın, N., Aydemir, S., Kocak, C., Yıldız, M.A., 2003. Changes of free fatty acid contents and sensory properties of white pickled cheese during ripening. *Food Chemistry*, 80, 77-83.
- Al-Otaibi, M. M., Wilbey, R .A., 2006. Effect of chymosin reduction and salt substitution on the properties of UF produced white salted cheese. *International Dairy Journal*, 16, 903-909.
- Andic, S., Tuncturk, Y., and Javidipour, I. 2011. Effects of frozen storage and vacuum packaging on free fatty acid and volatile composition of Turkish motal cheese. *Food Science and Technology International*, 17, 375-394.
- Anonymus, 2000. Food and Drug Administration Report, Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies: Ultrasound. Published June 2, 2000 Available at <http://vm.cfsan.fda.gov/~comm/ift-us.html>.
- Anonymous, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu Süt ve Süt Ürünleri Sanayi Alt Komisyon Raporu, No: DPT: 2636-OIK: 644, Ankara, Türkiye.
- Anonymous, 2006. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu Süt ve Süt Ürünleri Sanayi Alt Komisyon Raporu, Ankara, Türkiye.
- Anonymous, 2010. Dünya ve Türkiye Süt Endüstrisi Raporu, ASÜD (Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Derneği, Ankara, Türkiye.
- Arora, G., Cormier, F., Lee, B. 1995. Analysis of odor active volatiles in Cheddar cheese headspace by multidimensional GCMS/ Sniffing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 748-752.
- Azarnia, S., Ehsani, M. R., Mirhadi, S. A., 1997. Evaluation of the physico-chemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. *International Dairy Journal*, 7 (6-7), 473-478.
- Barron, L. J. R., Redondo, Y., Aramburu, M., Perez-Elortondo, F. J., Albisu, M., Najera, A. I., de Renobales, M. 2005. Variations in volatile compounds and flavour in Idiazabal cheese manufactured from ewe's milk in farmhouse and factory. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1660-1671.
- Battistotti, B., Corradini C., 1999. Italian cheese. Cheese: chemistry, physics and microbiology, Volume II, In Fox P.F. (Ed.), 2nd ed., Aspen Publication, MARYLAND, Pp. 221-243.

- Bermudez-Aguirre, D., Corradini, M. G., Mawson, R., Barbosa-Canovas, G. V., 2010. Modeling the inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermosonication. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 10, 172-178.
- Bermudez-Aguirre, D., Mawson, R., Canovas-Barbosa, G. V., 2008. Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment, *Journal of Food Science*, 73, E325-E332.
- Bosset, J. O., Collomb, M., Sieber, R. 1993. The aroma composition of Swiss Gruyere cheese IV. The acidic volatile components and their changes in content during ripening. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 26, 581-592.
- Cameron, M., McMaster, L. D., Britz, T.J., 2009. Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *Dairy Science and Technologies*, 89, 83-98.
- Carcel, J. A., Benedito, J., SanJuan, N., Sánchez, E., 1998. Aplicación de los ultrasonidos en las industrias de productos lácteos y derivados. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 135-141.
- Chich, J. F., Marchesseau, K., Gripon, J. C., 1997. Intracellular esterase from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* NCDO 763: purification and characterization. *International Dairy Journal*, 7, 169-174.
- Christie, W. W., 1995. Composition and structure of milk lipids. *Advanced dairy chemistry-2-Lipids*, In Fox P. F. (Ed.), 2nd ed., Chapman & Hall, London, pp. 1–36.
- Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H., Wilkinson, M. G., 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A Review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13, 841-866.
- Correa Lelles Nogueira, M., Luachevsky, G., Rankin, S. A., 2005. A Study of volatile composition of Minas Cheese. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 38, 555-563.
- Cruz, R. M. S., Viera, C. M., Silva, C. L. M., 2008. Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 483-488.
- Deeth, H. C., Touch, V., 2000. Methods for detecting lipase activity in milk and milk products. *Australian Journal of Dairy Technology*, 55, 153-168.
- De Jong C., Badings, H. T., 1990. Determination of free fatty acids in milk and cheese. Procedures for Extraction, Clean Up, and Capillary Gas Chromatographic Analysis, *Journal of High Resolution Chromatography*, 13, 94-98.

- Demirdöven, A., Baysal T., 2009. The use of Ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25, 1-11.
- Engels, W. J. M., Visser, S., 1996. Development of cheese flavor from peptides and amino acids by cell-free extracts of *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* B78 in a model system. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 50, 3-17.
- Fernandes, F., Rodrigues, S., 2007. Ultrasound as pre-treated for drying of fruits: dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82, 261-267.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H., 2000. *Fundamentals of cheese science*. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc.
- Fox, P. F., O'Connor, T. P., McSweeney, P. L. H., 1996. Cheese: physical, biochemical, and nutritional aspects, *advances in Food and Nutrition Research*, 39, 163-328.
- Fox, P. F., Law, J., McSweeney, P. L. H., Wallace, J., 1999. Biochemistry of cheese ripening. cheese: chemistry, physics and microbiology, Volume I, In Fox P.F. (Ed.), 2nd ed., Pp. 389-438.
- Fox, P. F., Stepaniak, L., 1993. Enzymes in cheese technology. *International Dairy Journal*, 3, 509-530.
- Frias, J., Penas, E., Ullate M., Vidal-Valverde, C., 2010. Influence of drying by convective air dryer or power ultrasound on the vitamin C and β -carotene content of carrots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10539-10544.
- Garcia, M. L., Burgos, J., Sanz B., Ordonez J. A., 1989. Effect of heat and ultrasonic waves on the survival of two strains of *Bacillus subtilis*, *Journal of Applied Bacteriology*, 67, 619-628.
- Garde, S., Carbonell, M., Fernandez-Garcia, E., Medina, M., Nunez, M. 2002. Volatile compounds in Hispanico Cheese manufactured using a mesophilic starter, a thermophilic starter and bacteriocin-producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* INIA 415. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6752-6757.
- Georgala, A., Moschopoulou, E., Aktypis, A., Massouras, T., Zoidou, E., Kandarakis, I. G., Anifantakis, E., 2005. Evolution of lipolysis during the ripening of traditional Feta cheese. *Food Chemistry*, 93 (1), 73-80.
- Guerrero, S., Lopez-malo, A., Alzamora, S. M., 2001. Effect of ultrasound on the survival of *Saccharomyces Cerevisiae*: influence of temperature, pH and amplitude, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2, 31-39.
- Hayaloğlu, A. A., 2009. Volatile composition and proteolysis in traditionally produced mature kashar cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1388-1394.

- Hayaloglu, A. A., Brechany, E. Y., 2007. Influence of milk pasteurization and scalding temperature on the volatile compounds of Malatya, a farmhouse Halloumi-type Cheese. *Lait*, 87, 39-57.
- Hayaloglu, A. A., Cakmakci, S., Brechany, E. Y., Deegan, K. C., McSweeney, P. L. H., 2007. Microbiology, biochemistry and volatile composition of tulum cheese ripened in goat's skin or plastic bags. *Journal of Dairy Science*, 90, 1102-1121.
- Hayaloglu, A. A., Özer, B., 2011. Peynirde olgunlaşma. *Peynir biliminin temelleri*, Hayaloğlu A.A. ve Özer B. (Ed.), Sidas, İzmir, Pp. 173-202.
- Huppertz, T., Hinz, K., Zobrist, M. R., Uniacke, T., Kelly, A. L., Fox, P. F., 2005. Effects of high pressure treatment on the rennet coagulation and cheese-making properties of heated milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 279-85.
- Hughes, D. E., Nyborg, W. L., 1962. Cell disruption by ultrasound, *Science*, 38, 108-114.
- Hulsen, U., 1999. Alternative heat treatment processes, *European Dairy Magazine*, 3, 20-24.
- Ishimiro, Y., Karube, I., Suzuki, S., 1981. Acceleration of immobilized α -chymotrypsin activity with ultrasonic irradiation. *Journal of Molecular Catalysis*, 12, 253-259.
- Jang, J. H., Moon, K. D., 2011. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chemistry*, 124, 444-449.
- Jelacic, I., Bozanic, R., Brncic, M., Tripalo, B., 2012. Influence and comparison of thermal, ultrasonic and thermo-sonic treatments on microbiological quality and sensory properties of rennet cheese whey. *Mljekarstvo*, 62 (3), 165-178.
- Jimenez-Munguia, M. T., Arce-Garcia, M. R., Argaz, A., Palou, E., Lopez-Malo, A., 2001. Mold spore inactivation during cavitation due to ultrasound treatments, IFT 2001 Annual Meeting Technical Program, Abstracts, pp: 154.
- Johnson, L. L., Peterson, R. V., Pitt, W. G., 1998. Treatment of bacterial biofilms on polymeric biomaterials using antibiotics and ultrasound, *Journal of Biomaterial Science, Polymer Ed.*, 9 (11), 1177-1185.
- Jooyandeh, H., Kaur A., Minhas, K. S., 2009. Lipases in dairy industry: A review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 46(3), 181-189.
- Kadkhodae, R., Povey, M. J. W., 2007 Ultrasonic inactivation of *Bacillus* α -amylase. I. Effect of gas content and emitting face of probe. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, 133-142.

- Karaca, O. B., 2007. Mikrobiyel kaynaklı proteolitik ve lipolitik enzim kullanımının beyaz peynirlerin özellikleri ve olgunlaşmaları üzerine etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, pp.174.
- Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., Alichanidis, E., Roussis, I. G., 2000. Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. *International Dairy Journal*, 10, 369-373.
- Kheadr, E. E., Vuillemand, J. C., El-Deeb, S. A., 2002. Acceleration of cheddar cheese lipolysis by using liposome-entrapped lipases. *Food Chemistry and Toxicology*, 67(2), 485-491.
- Kim, S. M., Zayas, J. F., 1989. Processing parameters of chymosin extraction by ultrasound. *Journal of Food Science*, 54(3), 700-703.
- Koçak, C., Gürsel A., Avşar Y. K., Semiz, A., 1994. Acceleration of Kasar and skin cheeses by commercial lipase preparation. 24th International Dairy Congress, Australia, pp: 1.
- Knorr, D., Zenker M., Heinz V., Lee D. U., 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 261-266.
- Kuldiloke, J., Eshtiaghi, M. N., 2008. Application of non-thermal processing for preservation of orange juice. *Kmitl Science and Technology*, 8, 1-11.
- Lee, B. H., Kermasha, S., Baker B. E., 1989. Thermal, ultrasonic and ultraviolet inactivation of Salmonella in thin films of aqueous Media and Chocolate, *Food Microbiology*, 6, 143-152.
- Lee, D. U., Heinz, V., Knorr, D., 2003 Effects of combination treatments of nisin and high-intensity ultrasound with high pressure on the microbial inactivation in liquid whole egg. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4, 387-393.
- Lillard, H. S., 1993. Bactericidal effect of chlorine on attached Salmonella with and without sonication, *Journal of Food Protection*, 56(8), 716-717.
- Lillard, H. S., 1994. Decontamination of poultry skin by sonication, *Food Technology*, Dec., 72-73.
- Liu, S. Q., Holland, R., Crow, V. L., 2004. Esters and their biosynthesis in fermented dairy Products: A review. *International Dairy Journal*, 14, 923-945.
- Lopez-Malo, A., Jimenez-Fernandez, M., Palou, E., 2001. *Penicillium digitatum* spores inactivation by combining thermoultrasonication treatments and antimicrobial agents, IFT 2001 Annual Meeting Technical Program, Abstracts, 151.
- Luque De Castro, M. D., Priego-Capote, F., 2007. Ultrasound-assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 717-724.

- Mason, T. J., Paniwnyk L., Lorimer J. P., 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3, 253-260.
- McClements, D. J., 1995. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 293-299.
- McSweeney, P. L. H., Sousa, M. J., 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during ripening: A Review. *Lait*, 80, 293-324.
- Miles, C. A., Morley, M. J., Hudson, W. R., Mackey, B. M., 1995. Principles of separating microorganisms from suspensions using ultrasound, *Journal of Applied Bacteriology*, 78, 47-54.
- Minitab, 1991. Minitab Reference Manual (Release 7.1). Minitab Inc. Statc Coll PS 16801, USA.
- Moio, L., Addeo, F., 1998. Grana Padano cheese aroma, *Journal of Dairy Research*, 65 (2), 317-333.
- Molimard, P., Spinnler, H. E., 1996. Compounds involved in the flavour of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. *Journal of Dairy Science*, 79, 169-184.
- Noci, F., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D. A., Morgan, D. J., Lyng, J. G., 2009. Effect of thermosonication, pulsed electric field and their combination on inactivation of *Listeria innocua* in milk. *International Dairy Journal*, 19 (1), 30-35.
- Olivecrona, T., Bengtsson-Olivecrona, G., 1991. Indigenous enzymes in milk. II. Lipase. *Food Enzymology*, Vol. 1, In Fox P.F. (Ed.), Elsevier Applied Science, London, pp. 62-78.
- Ordóñez, J. A., Sanz, B., Hernandez, P. E., Lopez-Lorenzo, P., 1984. A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermophilic Streptococci, *Journal of Applied Bacteriology*, 54, 175-177.
- Ortigosa, M., Arizcun, C., Torre, P., Izco, J. M., 2005. Use of wild *Lactobacillus* strains in an adjunct culture for a roncal-type cheese. *Journal of Dairy Research*, 72, 168-178.
- Oulahal-Lagsır, N., Martial-Gros, A., Boistier, E., Blum, L. J., Bonneau, M., 2000. The development of ultrasonic apparatus for noninvasive and repeatable removal of fouling in food processing equipment, *Letters in Applied Microbiology* 30 (1), 47-52.
- Özer, B. H., Kırmacı, H. A., Hayaloğlu, A., Akçelik, M., Akkoç, N., 2011. The effects of Incorporating wilk-type strains of *Lactococcus lactis* into Turkish White-Brined cheese (Beyaz peynir) on the fatty acid and volatile content. *International Journal of Dairy Technology*, 64, 494-501.
- Özhan, N., 2000. Şalgam suyunda *E. coli*'nin yaşama süresinin bulunması, (Yüksek Lisans Tezi), Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Öztek, L., 1991. Peynirde olgunlaşma ve buna etkili faktörler. II. Milli Süt ve Ürünleri Sempozyumu: Her Yönüyle Peynir, Pp: 125-141.
- Öztürk, G. F., 1993. Kaşar peynirinin olgunlaşmasının hızlandırılması üzerine nötral proteaz ve nötral proteaz-lipaz enzim kombinasyonunun etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora Tezi).
- Pagan, R., Manas, P., Alvarez, I., Condon, S., 1999a. Resistance of *Listeria Monocytogenes* to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures, Food Microbiology, 16, 139-148.
- Pagan, R., Manas, P., Raso, J., Condon, S., 1999b. Bacterial resistance to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures, Applied and Environmental Microbiology, 65(1), 297-300.
- Patist, A., Bates, D., 2008. Ultrasonic innovations in the food Industry: from the laboratory to commercial production. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9, 147-154.
- Piyasena, P., Mohareb E., McKellar R. C., 2003 Inactivation of microbes using ultrason: a review. International Journal of Food Microbiology, 87: 207-216.
- Rahman, S. M., 2007. Handbook of Food Preservation. (2nd ed.). CRC Press. London, Pp: 713-739.
- Raso, J., Pagan, R., Condon S., Sala F. J., 1998. Influence of treatment and pressure on the lethality of ultrasound, Applied and Environmental Microbiology, 64(2), 465-471.
- Riener, J., F. Noci, D. A. Cronin, D. J. Morgan, Lyng, J. G., 2009. Characterisation of volatile compounds generated in milk by high-intensity ultrasound. International Dairy Journal, 19, 269-272.
- Roberts, R. T., 1993. High intensity ultrasonics in food processing. Chemistry and Industry, 15, 119-121.
- Salleh-Mack, S. Z., Roberts J. S., 2007. Ultrasound pasteurization: the effects of temperature, soluble solids, organic acids and pH on the inactivation of *Escherichia coli*. Ultrasonics Sonochemistry, 14, 323-329.
- Sanglay, G. C., Eifert J. D., Sumner, S. S., 2004. Foodborne pathogens and disease recovery of *Salmonella* spp. from raw produce surfaces using ultrasonication. Foodborne Pathogens and Disease, 1(4), 295-299.
- Scherba, G., Weigel, R. M., O'Brien, W. D., 1991. Quantitative assessment of germicidal efficacy of ultrasonic energy, Applied and Environmental Microbiology, 57(7), 2079-2084.

- Skauen, D., 1976. A comparison of heat production and cavitation intensity in several ultrasonic cell disrupters, *Ultrasonics*, 14, 173-176.
- Stasiak, D. M., Dolatowski, Z. J., 2007. Influence of sonication on honey crystallization. *Polish Journal Food and Nutrition*, 57, 133-136.
- Stumpf, P. K., Gren, D. E., Smith, F. W., 1946. Ultrasonic disintegration as method of extracting bacterial enzymes, *Journal of Bacteriology* 51, 487-493.
- Şenel, E., Atamer, M., Öztekin, F. Ş., 2011. The oxidative and lipolytic stability of Yayıklık butter from different species of mammals milk (cow, sheep, goat) yoghurt. *Food Chemistry*, 127, 333-339.
- Şengül, M., Başlar M., Erkaya T., Ertugay M. F., 2009. Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi, *Gıda*, 34(4), 219-222.
- Şengül, M., Erkaya, T., Başlar, M., Ertugay, M. F. 2011. Effect of photosonation treatment on inactivation of total and coliform bacteria in milk, *Food Control*, 22 (11), 1803-1806.
- Topcu, A., 2004. Kaşar ve beyaz peynirlerde acılaşmaya yol açan peptidlerin saptanması ve acılaşmada depolama koşulları ile starter kültürlerinin etkisinin incelenmesi, (Doktora tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TÜİK, 2012. Süt Ürünleri Üretim İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr>, [Ziyaret Tarihi: 04 Mart 2013].
- Üçüncü, M., 2002. Süt Teknolojisi. II. Bölüm. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 32. Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, İzmir.
- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N., Lizama, V., 2007. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80, 509-516.
- Villamiel, M., van Hamersveld, E. H., de Jong, P., 1999. Review: Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products. *Milchwissenschaft*, 54 (2), 69-73.
- Villamiel, M., de Jong, P., 2000. Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* and *Streptococcus thermophilus* in trypticase soy broth and total bacteria in milk by continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating, *Journal of Food Engineering*, 45, 171-179.
- Virone, C., Kramer, H. J. M., van Rosmalen, G. M., Stop, A. H., Bakker, T. W., 2006. Primary nucleation induced by ultrasonic cavitation. *Journal Crystal Growth*, 1, 9-15.
- Virto, M., Chavarri, F., Bustamante, M. A., Barron, L. J. R., Aramburu, M., Vicente, M. S., Perez-Elortondo, F. J., Albisu, M., de Renobales, M., 2003. Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture. Lipolysis and flavour. *International Dairy Journal*, 13, 391-399.

- Walstra, P., Wouters, J. T. M., Geurts, T. J., 2006. Dairy Science and Technology, 2nd edn. Boca Ratón, FL, CRC, Taylor and Francis.
- Wrigley, D. M., Llorca, N. G., 1992. Decrease of *Salmonella typhimurium* in skim milk and egg by heat and ultrasonic waves treatment, Journal of Food Protection, 55(9), 678-680.
- Wu, H., Hulbert G. J., Mount, J. R., 2000. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1, 211-218.
- Wu, H., Hulbert G.J., Mount J.R., 2001. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1, 211-218.
- Wu, J., Gamage, T. V., Vilku, K. S., Simons, L. K., Mawson, R., 2008. Effect of thermosonication on quality improvement of tomato juice. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9, 186-195.
- Yetişmeyen, A., 1995. Süt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1420/420.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Merve YAŞA
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA – 27.05.1990
Telefon : 05531433743
e-mail : merve_kazygc@hotmail.com

EĞİTİM

	Bitirme Yılı
Lise : Selçuklu Dolapoğlu Anadolu Lisesi , Konya	2008
Üniversite : Selçuk Üniversitesi, Konya	2012
Yüksek Lisans : Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya	

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR