



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BEYAZ PEYNİRLERİN BAZI FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNDE DEPOLAMA SIRASINDA
MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER ÜZERİNE
SÜTE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ, ORTA
ISI VE ULTRASOUND UYGULAMASININ
KOMBİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Fadime EROL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Aralık, 2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır.**

TEZ KABUL VE ONAYI

Fadime EROL tarafından hazırlanan “Beyaz Peynirlerin Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinde Depolama Sırasında Meydana Gelen Bazı Değişimler Üzerine Süte Yüksek Hidrostatik Basınç, Orta Isı ve Ultrasound Uygulamasının Kombine Etkisinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 06/11/2018 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. Cemalettin SARIÇOBAN

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet AVCI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması NEÜ BAP tarafından 131219002 nolu proje ile desteklenen 'Yüksek Hidrostatik Basınç ve Ultrasound Uygulanmış Sütten Üretilen Beyaz Peynirlerde Olgunlaşma Esnasında 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 here by 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.

İmza

Fadime EROL

Tarih: 04.12.2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYAZ PEYNİRLERİN BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDE DEPOLAMA SIRASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER ÜZERİNE SÜTE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ, ORTA ISI VE ULTRASOUND UYGULAMASININ KOMBİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Fadime EROL

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

2018, 58 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

Projede, beyaz peynir üretiminde kullanılan çiğ süte uygulanan yüksek hidrostatik basınç ve termosonikasyon işleminin etkinliğinin araştırılması ve bunun peynir kalitesi üzerine etkilerinin olgunlaşma periyodunda tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; birinci grupta; süt çiğ olarak beyaz peynire işlenmiştir. İkinci grup peynirler için sütlere yüksek hidrostatik basınç (150 MPa, tek kademe) ve ısı işlem (65 °C 10 ve 30 dakika) uygulanmıştır. Üçüncü grup peynirler için sütlere ısı işlem ve sonikasyon (% 30 dalga genliği) uygulanmıştır. Dördüncü grup peynirler için sütlere yüksek hidrostatik basınca ilave olarak termosonikasyon uygulanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda (1, 30, 60 ve 90. gün) fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin yanısıra SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi takip edilmiştir.

Termosonikasyon uygulanmış örneklerde yüksek basınç uygulamasına bağılı olarak randıman değerleri düşmüştür. En yüksek randıman 65 °C'de 30 dk ısı işlem ve % 30 dalga genliği uygulanmış peynirlerde tespit edilmiştir. Peynirlerin tuz değerleri yüksek basınç uygulanarak sonike edilen peynirlerde en düşük seviyede kalmıştır. Sonikasyon süresindeki artış peynirlerin asitlik değerinde düşüşe ve pH değerinde yükselmeye neden olmuştur. Isıl işlem süresi ve sonikasyon uygulaması peynirlerin kitle-yapı puanlarını azaltmıştır. Yüksek basınç uygulaması kitle-yapı kriterince en düşük peynir partilerinin üretilmesine neden olmuştur.

Peynir örneklerinde, asetik asit, bütanoik asit, hekzanoik asit ve oktanoik asitin olgunlaşma süresince değişik konsantrasyonlarda bulunduğu gözlenmiştir. Hekzanoik asit metil ester, asetik asit etil ester, ve bütanoik asit metil ester peynir örneklerinde tespit edilen esterlerdir. 2-propanon, 2-bütanon uçucu bileşikleri çiğ sütlere düşük düzeyde tespit edilmiştir. Ultrasound uygulamasının 3-Hidroksi 2-bütanon düzeylerini belirgin şekilde etkilediği görülmüştür. Yüksek ısı işlem ve basınç uygulanmış sütlere yüksek düzeyde hekzanal tespit edilmiştir. Üretilen peynirlerde 2-propanol, etanol, 2-etil 1-hekzanol ve benzenetanol tespit edilen alkollerdir.

Anahtar Kelimeler: Beyaz Peynir, Yüksek Hidrostatik Basınç, Ultrasound, Uçucu Lezzet Maddeleri

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF THE COMBINED EFFECT OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE, MEDIUM HEAT AND ULTRASOUND APPLICATIONS ON SOME PHYSIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WHITE CHEESES DURING STORAGE

Fadime EROL

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

Advisor: Asst. Prof. Dr. Durmuş SERT

2018, 58 Pages

Jury

**Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Asst. Prof. Dr. Durmuş SERT
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR**

In this project, it is aimed to investigate the efficacy of high hydrostatic pressure and termosonication applied to raw milk used in the production of white cheese, and its effects on the quality of cheese during the ripening period. For this purpose, in the first group; raw milk was processed to white cheese. For the second group of cheese, high hydrostatic pressure (150 MPa, single stage) and heat treatment (at 65 °C for 10 and 30 minutes) were applied to milk. For the third group of cheese, milk was treated with heat treatment and sonication (40% amplitude). For the fourth group of cheese, in addition to high hydrostatic pressure, termosonication was applied to milk. The physical, chemical and sensory properties, analysis of volatile substances by SPME GC-MS were monitored during the storage period of cheese samples (1, 30, 60 and 90 days).

The yield values of the termosonicated samples decreased due to high pressure application. The highest yield was determined at 65°C for 30 min heat treatment and 30% wavelength amplification. The salt values of the cheeses were at the lowest level in the sonicated cheeses by high pressure. The increase in the sonication period resulted in a decrease in the acidity value of the cheeses and an increase in the pH value. Heat treatment time and sonication application reduced the mass-structure points of cheeses. High pressure application has led to the production of the lowest cheese batches as mass -structure criteria.

In cheese samples, acetic acid, butanoic acid, hexanoic acid and octanoic acid were observed in different concentrations during ripening. Hexanoic acid methyl ester, acetic acid ethyl ester, and butanoic acid methyl ester are esters detected in cheese samples. 2-propanone, 2-butanone volatile compounds were detected in low concentrations in raw milk. It was observed that ultrasound application significantly affected the 3-hydroxy 2-butanone levels. A high level of hexanal was detected in high heat treatment and pressure applied milk. 2-Propanol, ethanol, 2-ethyl 1-hexanol and benzenethanol are alcohols in the cheese produced.

Keywords: White Cheese, High Hydrostatic Pressure, Ultrasound, Volatile Flavour Agents

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca beni yönlendiren, en umutsuz zamanlarda çok uzaklarda olmama rağmen bile yardımını ve desteğini her zaman hissettiğim değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Durmuş SERT'e, 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 Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca arkamda olduklarını hissettiğim ve her konuda her zaman beni destekleyen aileme de yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Fadime EROL
KONYA-2018



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	Error! Bookmark not defined.
TEZ BİLDİRİMİ.....	Error! Bookmark not defined.
ÖZET	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
ÖNSÖZ.....	Error! Bookmark not defined.
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	Error! Bookmark not defined.
1. GİRİŞ.....	Error! Bookmark not defined.
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Proteoliz ve Olgunlaştırma.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Yüksek Basınç Uygulaması	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Yüksek basınç teknolojisinin uygulama alanları.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Ultrasound Uygulaması.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1. Süt teknolojisinde ultrasound uygulamaları ..	Error! Bookmark not defined.
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	Error! Bookmark not defined.
3.1. Materyal	Error! Bookmark not defined.
3.2. Yöntem	Error! Bookmark not defined.
3.2.1. Peynir örneklerinin üretimi	Error! Bookmark not defined.
3.2.2. Örnekleri alma işlemi ve analize hazırlama ..	Error! Bookmark not defined.
3.2.3. Süt ve peyniraltı suyu örneklerinde uygulanan analizler.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.4. Peynir örneklerine yapılan analizler	Error! Bookmark not defined.
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	Error! Bookmark not defined.
4.1. Süt ve Peyniraltı Sularının Fizikokimyasal Özellikleri....	Error! Bookmark not defined.
4.3. Peynirlerinin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Sonuçlar.....	Error! Bookmark not defined.
4.4. Peynirlerin Azot Fraksiyonları ve Olgunlaşma İndeks Değerleri.....	Error! Bookmark not defined.
4.5. Peynirlerin Duyusal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim.....	Error! Bookmark not defined.
4.6. Uçucu Madde Analiz Sonuçları	Error! Bookmark not defined.
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	Error! Bookmark not defined.
5.1. Sonuçlar.....	Error! Bookmark not defined.
5.2. Öneriler.....	Error! Bookmark not defined.

KAYNAKLAR.....Error! Bookmark not defined.

ÖZGEÇMİŞ.....Error! Bookmark not defined.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CaCl₂ = Kalsiyum Klorür

H₂SO₄ Sülfürük Asit

NaOH =Sodyum Hidroksit

AgNO₃= Gümüş Nitrat

OH⁻= Hidroksil iyonu

H⁺= Hidrojen İyonu

NaCl= Sodyum Klorür

Kısaltmalar

YB= Yüksek Basınç

HPP=High Pressure Progressing (Yüksek Hidrostatik Basınç)

UHP =Ultra High Pressure Process (Ultra Yüksek Hidrostatik Basınç)

UHT = Ultra High Temperature

POD=Peroksidaz

PPO=Polifenoloksidaz

LOX=Lipoksigenaz

PME=Pektinmetilesteraz

TSE=Türk Standartları Enstitüsü

TS= Türk Standartları

1. GİRİŞ

Zengin besin değerine sahip olan peynir, sütün peynir mayası veya zararsız organik asitlerin etkisiyle pıhtılaştırıldıktan sonra değişik şekillerde işlenmesi, süzülmesi, şekillendirilmesi, tuzlanması çoğu zaman tat ve koku verme amacıyla bazı maddeler eklenmesi ve çeşitli süre ve derecelerde olgunlaştırılmasıyla elde edilmektedir (Yetişmeyen, 1997).

Dünyada en fazla tüketilen süt ürünü olan peynir, içerdiği yüksek biyolojik değerli proteinler, yağda eriyen vitaminler (A, D, E, K) ve mineral maddeler, özellikle kalsiyum ve fosfor bakımından oldukça zengin olması ayrıca peynirlerin olgunlaşması sırasında proteinlerin parçalanmasıyla proteinlerin sindirilebilirliğinin artması ve diğer gıdaların sindirilebilirliğine de yardımcı olması, düşük laktoz içeriğinden dolayı laktoz malabsorpsiyonu ve diyeti olanlar içinde son derece uygun bir gıdadır. Türkiye’de Beyaz, Kaşar ve Tulum peynirleri gibi ticari olarak üretilen peynirlerin dışında Urfa peyniri, Civil peyniri, Otlu peynir ve Mihaliç peyniri gibi mahalli peynir çeşitleri tüketilirken dünyada da hem ticari, hemde bölgesel olarak üretilen ve tüketilen 4000 çeşit peynir bulunmaktadır (Demirci ve ark., 1994).

Türkiye’de üretilen sütün yaklaşık % 20’si peynir yapımında kullanılmaktadır ve peynir çeşitleri arasında ekonomik değeri en yüksek olan beyaz peynirdir. Beyaz peynir sadece Türkiye’de değil dünyanın birçok ülkesinde örneğin Yunanistan’da Feta, Bulgaristan’da Bjalo Salamureno Sirene, Mısır’da Domiati, Romanya’da Teleme, İsrail’de Brinza, Amerika’da Ouesto Blanco ve Yugoslavya’da Beli Sir Kriskama adıyla bilinmekte ve tüketilmektedir. Beyaz peynir, çeşit olarak özellikle Balkanlarda üretilen peynirler ile (Feta, Beli sir kriskama, vb.) benzerlik göstermektedir ancak, olgunlaşma sıcaklıklarında farklılık olması nedeniyle bunlardan ayrılmaktadır.

Türkiye’de klasik ve kültürlü olarak iki farklı şekilde üretilen beyaz peynir çeşitli geleneksel peynirler arasında en yaygın üretilip tüketilen ve inek ve koyun sütünün veya bunların karışımından elde edilmektedir. Klasik peynir starter kültür kullanılmadan çiğ süt veya düşük sıcaklıkta işlem uygulanmış süttten geleneksel yöntemle göre üretilirken, kültürlü peynir ise endüstriyel yöntemle yüksek sıcaklıkta ısı işlem uygulanmış süttten starter kültür kullanılarak üretilmektedir. Bu çalışmada, beyaz peynir üretiminde kullanılan çiğ süte uygulanan yüksek hidrostatik basınç ve termosonikasyon işleminin etkinliğinin araştırılması ve bunun peynir kalitesi üzerine etkilerinin olgunlaşma periyodunda tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

TSE'ye göre beyaz peynir, "Çiğ sütlerin veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütlerin üretim tekniğine göre işlenmesi, gerektiğinde katkı maddelerinin ilavesi ve olgunlaştırılması sonucu elde edilen ürün" olarak tanımlanmaktadır. Kimyasal özellikleri açısından ise, laktik asit cinsinden en çok % 3, pH değeri 4.5'un üzerinde, rutubet miktarı, peynirde kütlece en çok % 60, tuz miktarı peynir kurumaddesinde en çok % 10, bakır en çok 1 mg/kg, kalay 250 mg/kg, kurşun 0.3 mg/kg ve civa 0.03 mg/kg'dan fazla bulunmamalıdır. TSE tarafından tanımlanmış olan tip özelliklerine göre, katı maddede süt yağı oranı tam yağlı beyaz peynirde kütlece en az % 45, yağlı beyaz peynirde kütlece en az % 30, yarım yağlı beyaz peynirde kütlece en az % 20, az yağlı (yavan) beyaz peynirde kütlece % 20'den az olmalıdır.

2.1. Proteoliz ve Olgunlaştırma

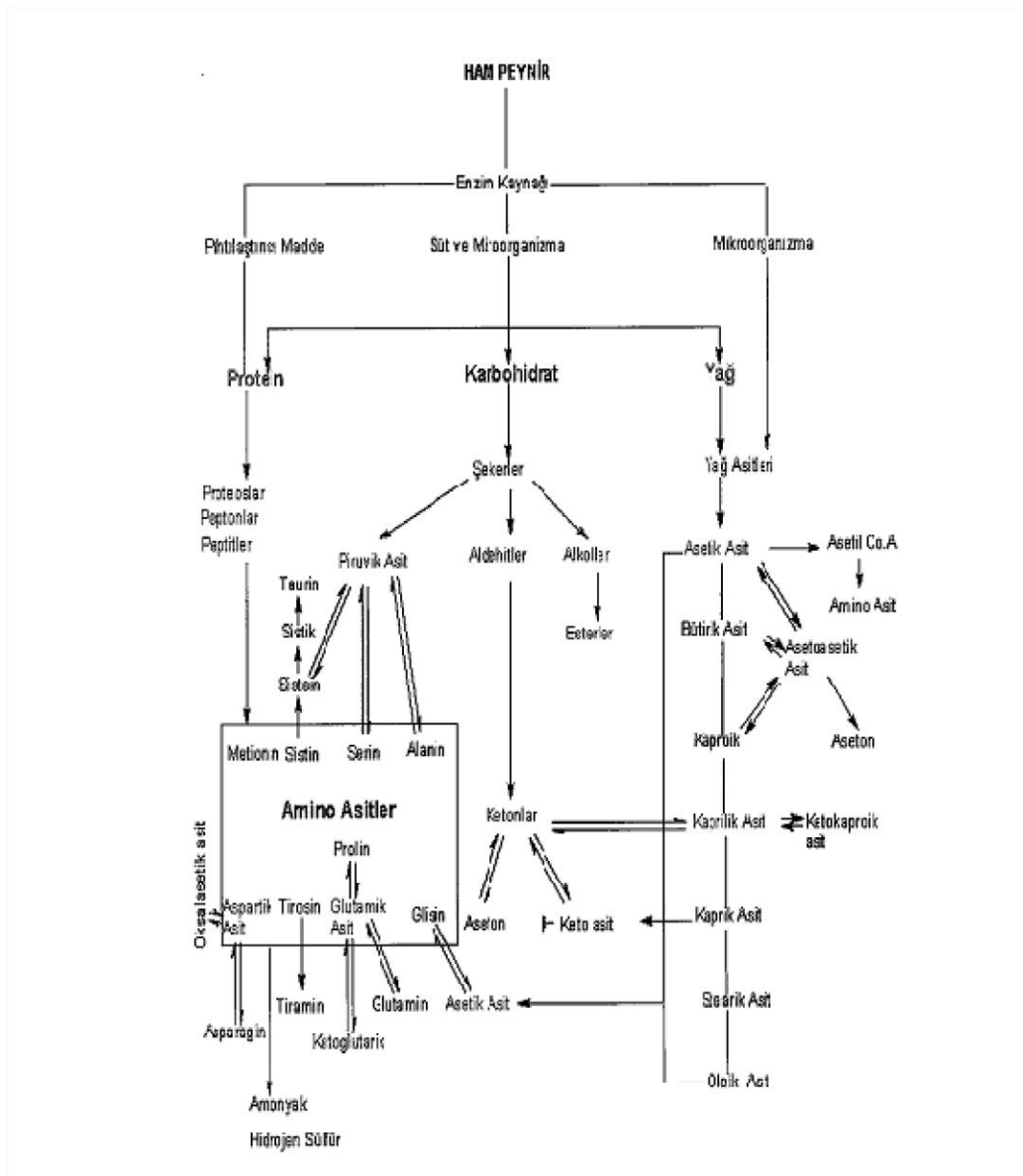
Peynir olgunlaşması sırasında meydana gelen önemli bir biyokimyasal olay olan proteoliz, peynir pıhtısında tekstürel değişimlere yol açarak, peptit ve serbest aminoasitlerin oluşumu ile peynirin lezzetini direkt etkilemektedir. Ayrıca serbest aminoasit katabolizmasının substratları olan aminoasitlerin üretimini sağlayarak ve peynir yapısında değişimlere yol açarak peynir olgunlaşmasında son derece önemli rol oynamaktadır (McSweeney ve Sousa, 2000). Peynir çeşitlerinin büyük bir kısmında peynir üretiminde kullanılan pıhtılaştırıcı enzim ve kısmen de mikrobiyel proteinazlar yoluyla gerçekleşen kazeinin hidroliziyle son ürünleri olan büyük molekül ağırlıklı peptitler (suda çözünmeyen) ve orta büyüklükteki peptidler (suda çözünen) oluşmaktadır. Oluşan bu peptidler olgunlaşmanın ilerleyen safhalarında rennin ve peynirin starter ve starter olmayan proteaz ve peptidazları ile suda çözünür formdaki küçük molekül ağırlıklı peptidler, serbest aminoasitler ve azotlu bileşiklere parçalanmaktadır. Böylece azotlu bileşiklerin suda çözünür forma geçmesiyle olgunlaşma derecesi ve niteliği arasında güçlü bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır (Kaptan, 2004).

Protein miktarlarında meydana gelen azalmaların, kazeinin enzimler tarafından parçalanması sonucu meydana gelen suda çözünür amino asitlerin salamuraya geçme eğiliminden kaynaklandığı düşünülmektedir (Michaelidou ve ark., 1998). İran'da üretilen salamura beyaz peynirler üzerine yapılan çalışmada protein oranlarının % 18.18-22.78 arasında değiştiği bildirilmiştir. Yine bu araştırmada protein miktarlarının toplam azot

miktarına bağlı olarak olgunlaşma süresince arttığı bildirilmiştir (Araznia ve ark., 1997). Dinkçi ve Gönç (2000) esteraz-lipaz enzim preparatı kullanarak ürettikleri beyaz peynir örneklerinde toplam azot miktarının 45 günlük olgunlaşma süresince azaldığını belirlemiştir. Hayaloğlu (2003) farklı starter kültürler kullanarak ürettiği 3 beyaz peynir örneğinde toplam protein miktarını % 12.78 ila 17.27 değerleri arasında değiştiğini tespit etmiştir. Salamura Beyaz peynir ve Feta peyniri ile gelenksel yöntemlerle üretilen yöresel salamura beyaz peynirlerdeki toplam protein miktarlarının olgunlaşma süresi boyunca azaldığı bildirilmiştir (Akbulut ve ark., 1996; Özer ve ark., 2003).

Özellikle salamurada olgunlaştırılan peynirlerde çok değişken olan nem içerisine bağlı olarak, yağ oranında depolama süresince artma ve azalmalar görülmekte bu azalmanın aynı zamanda mikrobiyal enzimler tarafından trigliseritlerin hidrolizasyonuna da neden olduğu bildirilmektedir (Fayed ve ark., 1989; Kaptan 2004). Hayaloğlu ve ark. (2002) Türkiye’de yapılan taze ve olgunlaştırılmış salamura beyaz peynirlerdeki yağ miktarlarını % 14.55 ile % 22.75 arasında farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Yine Hayaloğlu (2003) farklı starter kullanılarak üretilen ve 90 gün salamurada olgunlaştırılan peynir örneklerinde yağ ve kurumadde yağ oranlarının sırasıyla % 19.08-25.42 ve % 48.04-51.76 değerleri arasında değiştiğini görmüşlerdir. Dağdemir (2003) farklı starter kültürler kullanarak ürettiği 4 farklı salamura beyaz peynir örneğindeki yağ ve kurumadede yağ oranlarının sırasıyla % 17.8-19.1 ve % 45.17-46.79 arasında değiştiğini belirlemiştir. Diyarbakır’da üretilen beyaz peynirler üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise beyaz peynirlerin ortalama yağ oranlarının % 18 ve kurumadede yağ oranları ortalamasının % 40 olduğu bildirilmiştir (Merdivan ve ark., 2004). Sarantinopoulos ve ark. (2002) *E. faecium*’un 2 farklı suşunu kullanarak ürettikleri ve 60 gün salamurada olgunlaştırdıkları Feta peynirinin kurumadede yağ oranının ilk 30 günde azaldığını daha sonra artarak 60 gün sonunda % 44.5 olduğunu bildirmişlerdir.

Peynir sütüne starter kültür ilave edilmesi; sütün asitliğinin artmasını, pıhtıda kalan suyun daha kolay ayrılmasını sağlayarak bu peynirlerin kurumadde oranlarının da daha yüksek olmasını sağlamaktadır (Üçüncü, 2005). Öksüz ve ark. (2004) çiğ süten üretilen 150 Beyaz peynir örneği ile yaptıkları çalışmada nem içeriğinin % 30 ile % 61 arasında değiştiğini gözlemlerken, Uraz ve Şimsek (1998) ise Kasım ayında Ankara’da marketlerde satışa sunulan 20 Beyaz peynir örneği üzerine yaptıkları çalışmada kurumadde miktarını % 31.07-50.66 arasında bulmuşlardır. Kaymaz (1982) pastörize süten starter kültür kullanarak elde ettikleri peynirlerde pH değerinin 3 aylık olgunlaşma periyodu sonunda 4.80-4.95 düzeyinde bulunduğunu belirlemiştir. Dağdemir (2001) farklı starter kültürle ürettiği beyaz peynirlerde pH değerinin starter farklılığından önemli düzeyde etkilendiğini açıklamıştır.



Şekil 2.1 Peynirde olgunlaşma ve parçalanma ürünleri (Altun 2003)

2.2. Yüksek Basınç Uygulaması

Gıdaların özelliklerinin geliştirilmesinde ve muhafazasında kullanılan katkı maddelerinin bir kısmının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin bulunmasıyla ayrıca tüketicilerin gıda konusunda bilinçlenerek ne yediğini, içinde ne olduğunu ve nasıl üretildiğini merak etmesiyle beraber, gıdaların daha güvenilir bir şekilde üretilmesi, besin değerini kaybetmeden tüketiciyle buluşturulması ve mümkün olduğunca doğal olması üreticilerin hedefleri arasına girmiştir. Bu amaçla hareket eden üreticiler ve bilimsel araştırmacılar çeşitli teknolojik çalışmalar yapmaya başlamışlar, son zamanlarda da özellikle yüksek basınç uygulamaları (YB) üzerinde önemle durmuşlardır. Prosesin doğal olması, mikrobiyolojik ve

enzimatik yönden olumsuz etkilerden belli ölçüde koruyabilmesi, dolayısıyla raf ömrünü uzatabilmesi ve besin değerini kayda değer düzeyde etkilememesi gibi nedenler gıda sanayiinde önemini arttırmaktadır. Isıl işleme alternatif veya düşük sıcaklıkla kombine YB uygulamasıyla ısıl işleme benzer sonuçlar vermesi de avantajları arasında görülmektedir.

Geleneksel ısıl işlemlere en benzer sonuçlar veren alternatiflerden biri olan yüksek basınç uygulaması, gıdaları korumak, çeşitlendirmek, muhafazasını sağlamak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır (Lanciotti ve ark., 2007). Gıdaların katı veya sıvı formda ambalajlı veya ambalajsız olarak işlenmesini sağlayan yüksek basınç işlemi (High Pressure Processing = HPP) veya ultra yüksek basınç (Ultra High Pressure Process = UHP) olarak da tanımlanan yüksek hidrostatik basınç özellikle 100 - 600 MPa arasında uygulanmaktadır. Temel prensibi, materyali çevreleyen suyun sıkıştırılmasına dayanarak suyun sıkıştırılması ile birlikte basıncın etkisinin materyalin şekline, büyüklüğüne bağlı olmaksızın, materyalin her noktasına anında eşit bir şekilde iletilmesini içermektedir. Yüksek hidrostatik basınç uygulaması, boyut, şekil ve gıda kompozisyonundan bağımsız olarak, her yüzeyde her zaman aynı şiddette etkili olduğu için gıdanın paket boyutu, şekli ve kompozisyonu işlem tayininde birer faktör olmadığından ısıl işleme yüksek basınç uygulamasını avantajlı kılmaktadır. Hem oda sıcaklığında hem de farklı sıcaklıklarda uygulanarak basıncın etkisinde farklılıklara neden olunabilmektedir. Bu durumda yüksek basıncın uygulandığı sistemlerde basıncın ve sıcaklığın düzenli ve güvenli kontrol edilerek sistemin iyi çalışması sağlanmalıdır. Yüksek basınç uygulaması yapılırken istenen basınç seviyesine ulaşıldıktan sonra çok daha az enerji harcanmaktadır. Hedef basınca bir kez ulaşıldıktan sonra pompa durdurulur, valf kapatılır ve kap içerisindeki basınç başka enerji girişine ihtiyaç duyulmaksızın tutulmaktadır. Isıl işleme göre uygulama süresinin kısa olması da avantajları arasındadır. Bu yöntem uygulanırken ekonomikliği, güvenilirliği, pratik kullanılabilirliği ve hacmindeki azalmanın az olması nedeniyle su tercih edilmesine rağmen, gazlar veya yağlar da kullanılabilir. Yüksek basınç sayesinde elde edilen inaktivasyon; basıncın hücrede değişimlere sebep olması, hücre zarında değişiklik meydana gelmesi, metabolizma ve genetik mekanizma üzerindeki etkilerden kaynaklanmaktadır (Arıcı, 2006).

Yüksek basınç sayesinde elde edilen inaktivasyon; basıncın hücrede değişimlere sebep olması, hücre zarında değişiklik meydana gelmesi, metabolizma ve genetik mekanizma üzerindeki etkilerden kaynaklanmaktadır (Arıcı, 2006).

600 MPa'lık basınçta bir saat oda sıcaklığında basınca maruz bırakılan çiğ sütün raf ömrünün 4 gün kadar uzayabileceğini ispatlayan Hite adlı bilim adamı aynı zamanda yüksek basınç teknolojisini de gıdalar üzerinde kullanan ve başarılı çalışmalara imza atan ilk bilim insanı olma ünvanına da sahip olmuştur (Deliza ve ark., 2005). Ticari olarak bu yöntemi ilk kullanan ise 1990 yıllarının başlarında Japonlardır. Soğukta depolanan asitli gıdaların pastörizasyonu amacıyla yüksek basınç uygulamasını kullanan Japonlar, bu yöntemi sanayiye

kazandırmışlardır. Avrupa ve ABD'deki ticari uygulamalarındaki gelişmelerin çok yavaş bir şekilde gerçekleşmesinin nedeni ise çok yüksek yatırım ve uygulama maliyetleri ve Avrupa'daki düzenlemelerden kaynaklanan problemlerdir (Ohlsson ve Bengtsson, 2002). Başta Japonya olmak üzere, Amerika ve bazı Avrupa ülkelerinde sınırlı da olsa yüksek basınç teknolojisinin gıda sanayisinde kullanımı sözkonusudur.

Yüksek basınç teknolojisinin gıdaların işlenmesinde ve muhafazasında kullanılmasıyla yüksek kalite ve besin değerine sahip, daha güvenilir ve raf ömrü uzatılmış gıdaların eldesi amaçlanmaktadır. Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi, gıda endüstrisinde taze gıda maddelerinin soğuk pastörizasyonu amacıyla kullanılmakta ve ısı ile yapılan pastörizasyona bir alternatif olmaktadır (Conet, 2005).

Et, meyve suyu ve süt ürünlerinde yaygın olmak üzere yüksek basınç uygulamasının protein modifikasyonu ve mikrobiyolojik özelliklerin iyileştirilmesi öncelikli olmak üzere kullanılabilirliğinin olması, gıdaların bileşenlerinin farklı olması nedeniyle, etkilerinin ayrı ayrı araştırılmasını gerektirmektedir. Örneğin, diğer birçok gıdadan farklı olarak et ve et ürünlerinde gevrekleştirme amacıyla da kullanılabilir. Ayrıca etlerde lipid oksidasyonu, renk ve faz değişimi üzerinde oldukça önemli etkileri bulunmakla beraber tuz oranını azaltmak için emülsiyon tipi et ürünlerinde kullanılabilirliği de bildirilmektedir.

2.2.1. Yüksek basınç teknolojisinin uygulama alanları

Etin kalitesinde etkili olan proteinlerin yapısında oluşabilecek herhangi bir değişim ürünlerin özelliklerini de etkileyebilmektedir. Proteinler matriksinde kovalent, disülfid, hidrojen bağları ve diğer interaksyonları içerebilmektedir. Bu bağların birçoğunun kırılması sonucu modifiye olan proteinlerin özelliklerinde de önemli değişimler meydana gelmektedir. Basınç kovalent bağları etkilememesine rağmen, hidrojen bağları ve diğer interaksyonları kırabilmektedir. Kuaterner yapının daha çok hidrofobik interaksyonlara sahip olması onun yüksek basınç uygulamasına karşı daha hassas bir yapı olmasına neden olmuştur.

Oligomerik proteinler düşük basınç uygulamalarında (<150-200MPa) dissosiyasyon olabilmekte ve negatif büyük basınç değişimleri de meydana gelebilmektedir. Bununla beraber laktat dehidrogenaz enziminin dissosiyasyonunda 500 ml/mol seviyesinde hacim değişiminin meydana geldiği bildirilmektedir (Lullien-Pellerin ve Balny, 2002). Kovalent olmayan bağların oluşması veya kırılmasıyla ve solvent moleküllerinin tekrar düzenlenmesinden dolayı denatürasyon ortaya çıkmakta ve hacimde azalma (30-80 ml/mol) meydana gelmektedir (Hendrickx ve ark., 1998). 200 MPa'nın üzerinde uygulanan yüksek

basınç, proteinlerin dissosiyasyonunu etkilerken, dissosiyeye olmuş oligomerlerin tekrar birleşmelerini de sağlayabildiğinden önemli oligomer değişimler gözlenmektedir. Proteinlerin tersinir açılımlarının 400-800 MPa'da da gözlenebilmesiyle yüksek basınç uygulamasında hidrofobik interaksyonların önemi ortaya çıkmaktadır (Lullien-Pellerin ve Balny, 2002). Proteinlerin sekonder yapıları üzerindeki değişimler ise ancak çok yüksek basınçlarda, heliksel yapının oluşumunu sağlayan hidrojen bağlarının kırılması sonucu ortaya çıkmakta ve sekonder yapıdaki değişimler genellikle geri dönüşümsüz gerçekleşmektedir.

Proteinler doğal yapılarını ve stabilizasyonlarını protein zincirindeki interaksyonlar ve bulunduğu çevredeki solvent interaksyonları ile koruyabildiğinden ve yüksek basınç uygulaması da protein-solvent interaksyonlarının hassas dengesini etkileyerek, polipeptid zincirinin açılmasına neden olduğundan bu durumda ayrıca, bazı biyokimyasal değişimler için, özellikle de enzimatik değişimler için, substrat sağlayabildiğinden büyük bir öneme sahiptir (Kurt ve Zorba, 2004).

Biyokimyasal tepkimelerin çoğunda hacim artışı meydana gelmesine rağmen yüksek basınç uygulaması, molekül boşluklarda azalmaya ve iç etkileşimlerde artmaya neden olduğu için hacimsel azalmaya yol açmaktadır. pH'da değişimler meydana gelmesinin nedeni; sulu sistemlerde iyonizasyonun artmasıyla beraber oluşan tepkimelerin neticesinde hacimde azalmanın meydana gelmesidir (Sanal ve Çalimli, 2000).

Yüksek basınç uygulamasının kullanıldığı etin en önemli proteinlerinden olan miyofibriler proteinlerle yapılan çalışmalarda, bu proteinlerin çözünürlüğünü artırdığı ve yapısal değişimlere yol açtığı belirlenmiştir (Hsu ve Ko, 2001). Hsu ve Ko, 500-2000 atm basınç uygulamalarında Tilapia kaslarından ekstrakte edilen myosinin önemli değişimlere uğradığını belirlemişlerdir. Myosin filamentlerinin 500 atm'lık basınçtan sonra açıldığı ve hacminin azaldığı, 1000-1500 atm'a kadar agregasyona uğradığı ve çözünmez strüktür oluşturduğu belirlenmiştir. Myosinin viskoz sol halden elastik jel haline dönüştüğü basınç aralığı 500 atm ile 1000 atm arasında iken 2000 atm'de myosinin düzensiz agregatlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Kamiyama ve ark. (2001) tavuk kasına 200 MPa'dan 600 MPa'ya kadar basınç uygulamışlar ve myosinin degradasyonuna yol açtığını bildirmişlerdir. Parés ve ark., (2000) ise 450 MPa'da 5-40 °C'de 15 dakika uyguladıkları basıncın, domuz kanı plazmasının proteinlerinin çözünürlüğünü azalttığını, tekstür ve su tutma kapasitesi üzerinde önemli bir farklılığa yol açmadığını bildirmişlerdir. Galazka ve ark. (1997) sığır serum albuminine 300'den 800 MPa'ya kadar uyguladıkları basınçlarda, yüzey hidrofobitesinde kısmen kayıp oluştuğunu ve bunun nedeninin ise basıncın etkisiyle proteinin

açılarak çözünürlüğünü kaybetmesinden kaynaklandığını belirlemişlerdir. Etteki bu etkisine rağmen yüksek basınç uygulamasının süt proteinlerinin yüzey özelliklerini ve jel özelliklerini geliştirdiği de bildirilmektedir (Johnson ve ark., 1993).

Gıdaların tekstürel özelliklerini belirleyen önemli bir faktör de proteinlerin jel oluşturma özellikleridir. Isıl işlem proteinlerdeki zayıf interaksyonları etkileyerek jel oluşumunu sağlaması açısından önemliyen genellikle gıdaların bazı besinsel özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Lullien-Pellerin ve Balny, 2002). Dolayısıyla yüksek basınç uygulamasının da proteinler üzerinde benzer etkilerinin olması, gıdanın özelliklerine önemli bir zarar vermemesi, proteinlerin jel oluşturma özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasını oldukça önemli bir hale getirmiştir.

YBH, önemli seviyede mikrobiyal inaktivasyonu, gıda katkı maddelerinin fonksiyonel ve besinsel özelliklerinin daha az enerji sarfiyatıyla korunmasına olanak sağlayabilmektedir. Isıl işlemlerle karşılaştırıldığı zaman yüksek basınç uygulaması esansiyel vitaminlerin, aroma maddelerinin ve fitokimyasalların daha az zarar görmesini sağlamaktadır (Gao ve ark., 2007). YBH uygulanmış sütlerle yapılan peynirlerin raf ömrünün arttığı, olgunlaşma süresinin kısaldığı ve yoğurtlarda yüksek asitliğin gelişmesinin önlendiği belirlenmiştir (Devlieghere ve ark., 2004).

Yüksek basınç işlemi uygulanırken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise uygulanan basınç seviyesidir. Çünkü uygulanan basınç seviyesi, mikroorganizmaların morfolojisi, hücre duvarları ve hücre zarları, genetik mekanizmaları ve biyokimyasal reaksiyonları üzerinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Yüksek basınç uygulamasıyla birlikte, hücre zarı geçirgenliği artarken bir yandan da hücre içi bileşenleri parçalanmaktadır. Ayrıca hücrede enerji üreten reaksiyonlar inhibe olmakta, hücre büyümesi için gerekli enzimler inaktif olurken ve büyüme için gerekli olan pH aralığı da azalmaktadır (Sanal ve Çalıklı, 2000; Hugas, 2002). Bu nedenlerle mikroorganizmaların özellikle vejetatif hücreleri önemli ölçüde zarar görmektedir. Günümüzde uygulanan pastörizasyon, sterilizasyon gibi ısı işlemler; mikroorganizmaların inaktif olmasını sağlamakta ve mikrobiyolojik kalite yükselirken, besin değerini de düşürebilmektedir. İşte bu nedenlerden dolayı alternatif sterilizasyon uygulamaları gıda proseslerinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Mikroorganizmaların yüksek basınç altındaki inaktivasyon kinetikleri; basınç seviyesi, uygulama zamanı, sıcaklık, pH, su aktivitesi ve gıda bileşenleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Hugas, 2002). Yüksek basınç işleminin mikroorganizmalar üzerindeki etkisi türlere göre de önemli farklılıklar göstermekte; sporlar oldukça dirençli olmakla beraber, Gram pozitif bakteriler Gram negatiflerden daha dirençlidirler. Basiller koklara kıyasla daha duyarlı iken

büyüme fazında bakterilerin dirençleri önemli ölçüde azalmaktadır (Hugas, 2002). Ayrıca mikroorganizmaların inaktivasyonunda yüksek basınç işleminin etkisi uygulanan sıcaklık ile de önemli derecede ilişkilidir. Sıcaklık artışına bağlı olarak hücre zarının geçirgenliğinin artmasıyla; optimum sıcaklıkta mikroorganizmaların yüksek basınç işlemine karşı dirençleri artarken, optimum sıcaklığın üzerindeki sıcaklık değerlerinde dirençleri azalmaktadır. Bu nedenle hücre zarında bulunan yağ asidi zincirlerinin doymuşluk seviyesi ve zincir uzunluğu hücre zarının direncini etkilemektedir. Ancak yüksek basınç uygulanmadan önce hücreye soğuk şoklama yapılırsa bu durumda hücrenin direnci basınca karşı artmaktadır. Yüksek basınç öncesi düşük sıcaklığa adaptasyon gösteren hücre zarı, yapısındaki yağ asitlerinin dallanmasına ve zincir uzunluğunun azalmasına neden olmakta ve yüksek basınç işlemine karşı direnci artırmaktadır. Ayrıca soğuk şoklamaya uğrayan proteinler de yüksek basınç işlemine karşı hücrenin direncini artırmaktadır (Hugas, 2002). Bu durumun soğukta muhafaza edilen ürünlerde basınç seviyesinin belirlenmesinde dikkate alınması gerekmektedir. YBH işlemlerinde sıcaklığın ve gıdanın özelliklerinin göz önünde tutularak, basınç ile sıcaklık seviyesinin hedef mikroorganizmalara bağlı olarak ayarlanması gerekmektedir. YBH proseslerinde sıcaklığa ilave, antimikrobiyal maddeler ve enzimler gibi diğer etmenlerinde kombinasyonu daha etkili sonuçlar alınabilmektedir.

YBH'nin süt ve ürünleri gibi kompleks yapıda olan gıdalara uygulanabilmesinde çok hassas çalışmanın gerekli olduğu ifade edilmektedir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, sütün gerek sıcaklık, gerek pH ve gerekse çevresel faktörlerden etkilendiğini ve bu amaçla belirli normların geliştirilmesinin şart olduğunu ifade edilmektedir (Hayakawa ve ark., 1994; Hinrick ve ark., 1995). Bu amaçla, yüksek basınç/süresi ile, sıcaklık uygulamasının süt ve ürünleri üzerinde gerek mikrobiyolojik ve gerekse yapısal özelliklerine hangi düzeyde ne tür bir etkide bulunduğu Çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2.1. Belirli basınç/süre ve sıcaklıkların, süt ve ürünlerine uygulanması sonucunda, sütün yapısında ve mikrobiyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimler (Hinrick ve ark., 1995)

Ürün	Basınç/Zaman	Sıcaklık	Mikroorganizma	Yapısal değişim
Çiğ Süt	1-14 kbar/dk.	20 °C	Sterilize olmamış süt canlı birkaç tür	
Çiğ Süt	7 bar	20 °C	Sterilize olmamış süt, <i>St. lacticus</i> ve <i>B. subtilis</i> dayanıklı	
Süt	10.5 kbar/1.5 saat	35 °C	Toplam kolonilerin % 0.05'i canlı, sporlar dayanıklı	
Süt	8.4 kbar/1 saat	25°C	Bacillus, Microbacterium ve Micrococcus inaktive olmamakta	
Kolosturum	1-4.5kbar/20dk	4-50 °C	Steril değil	
<i>Listeria monocytogenes</i> ilave edilmiş UHT süt	3 kbar/80 dk		Başlangıçtaki canlı sayısında 10 ⁻⁶ oranında azalma	
<i>Listeria innocua</i> ile inoküle edilmiş UHT süt	4.5 kbar/10-30 dk	25-26 °C	Başlangıçtaki canlı sayısında 10 ⁻⁵ oranında azalma	
<i>Lactobacillus plantarum</i> inoküle edilmiş UHT krema	7 kbar/2 dk	25 °C	Başlangıçtaki canlı sayısında 10 ⁻⁸ oranında azalma	
Bakteri sporları ile inoküle edilmiş süt	4 kbar/5 dk	20 °C	Sporlar inaktive olmamıştır.	
Taze krem peynir	4 kbar/5 dk	20 °C	Azalmış koloni sayısı	Serum ayrılması
Taze krem peynir	4 kbar/10 dk	20 °C	Maya ve Küf inaktivasyonu, ancak depolama sırasında mayalar kısmen aktif olabilmektedir.	Sert ve kırılğan yapı, serum ayrılması
Yarı sert peynir (Edamer)	4 kbar/5 dk	20 °C	Maya ve Küf inaktivasyonu, ancak depolama sırasında mayalar kısmen aktif olabilir	Düzdün ve parlak yüzeyle, homogenize ve sürülebilir peynir yapısı
Yoğurt	3 kbar/10 dk	<20 °C	Azalmış koloni sayısı, 10 °C'de 2 haftalık depolamada asitlik gelişimi olmamıştır.	20 °C'nin altındaki basınç uygulamalarında yapıda herhangi bir değişiklik kaydedilmemiştir.

Mikrofludizasyon olarak da bilinen yüksek basınç uygulamaları sütteki yağ globullerinin boyutlarını küçültmek amacıyla kullanıldığı belirtilmektedir. Prosesin önem kazanmasıyla mikrobiyolojik inaktivasyon uygulamalarında da denenmiştir. YB, sıcaklık, pH gibi işlemlerin kombinasyonu ile yapılan işlemlerin, süt teknolojisindeki uygulama alanları ve bu uygulamanın sonrasında, süt ve süt ürünlerinin depolama sırasındaki dayanıklılığı üzerindeki etkileri ile ilgili olarak, literatürlerde çok az bilgi bulunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, *Bacillus subtilis*, *E.coli* ve *Candida utilis* gibi mikroorganizmalar üzerine yüksek basınç uygulamasının etkilerini inceleyen araştırmacılar basınç seviyesinin, bakterilerin inaktivasyonunda son derece etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Süt içerisinde bulunan *Pseudomonas fluorescens* ile bu bakteriler tarafından salgılanan ve peynir yapımı sırasında sütün uygun jelifikasyonunu engelleyen proteazların yok edilmesinde, yüksek basıncın etkili bir yöntem olduğunu tespit edilmiştir. Ayrıca laktik asit bakterilerinin YB uygulamalarından, hücre duvarlarının yapısı nedeniyle çok az düzeyde etkilendikleri bildirilmiştir. Süt ürünlerinde yüksek basınç uygulamalarındaki ilk basamak, yağın seperasyonu, koyulaştırma gibi sütün ön işlemlerini içermekte ve yüksek basınç uygulaması bunu takip eden aşamada uygulanmaktadır. Konu ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda, proses durumunu takip eden ve dikkate alınması gereken birkaç hassas nokta üzerinde durulmasının gerekli olduğu bildirilmekte ve bu hassas noktaların, çevreye ve mikroorganizma türlerine bağlı olan mikrobiyolojik durumu etkileyebilecekleri ifade edilmektedir. Söz konusu faktörlerin genel olarak, çevre basınç, zaman ve sıcaklık olduğu bildirilmektedir (Hinrick ve ark., 1995; Kınık ve ark., 2004).

Peynir ve yoğurt üzerinde YB'nin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma da, yüksek basınç uygulaması ve sabit sıcaklıkta (30 °C) taze veya sert peynirlerin pH'nın etkisiyle yapısında ve syneresis'inde değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiş ve bu yapısal değişimlerin kalıcı olduğu bildirilmiştir. YB uygulamalarının yoğurttaki etkilerinin, peynirlerde gözlenen yapısal değişiklikler ile aynı özellikte olduğu, ancak yoğurtlarda meydana gelen bu değişimlerin, 20 °C'nin altındaki sıcaklıklarda önlenebileceğini ifade edilmiştir. Bununla birlikte yüksek basınç uygulaması ile sütün peynir mayası ile pıhtılaşma süresinin çok belirgin bir şekilde kıaldığı ayrıca jelin sertliğini ve su tutma kapasitesini düzenlediği de tespit edilmiştir (Hinrick ve ark., 1995). Termal işlemlere bir alternatif olarak ortaya konan YB uygulamalarının, sütteki kazein fraksiyonu ile, pH 4.6'da çökebilen misel fraksiyonuna ve β -laktoglobulin (β -Lg) denatürasyonuna sebep olduğu görülmüştür (Hayakawa ve ark.,1994; Lee ve ark., 1996; Tonello ve ark., 1992).

Buchheim ve ark. (1995) tarafından, ısıtılmış sütlerdeki kazein miseli, pH ve sütün mineral madde dengesi üzerine, basıncın etkileri incelenmiş ve araştırmacılar, yağsız süt ile UHT yağsız sütü denemelerinde kullanmışlardır. Araştırmada kullanılan basınç değerleri, 100 ile 500 Mpa arasında ve sıcaklık dereceleri de 5, 10, 20 ve 40 °C'lerde, 1.5 dakika ile 10 dakika arasında uygulanmıştır. Denemede, mineral madde dengesinin değişiminin incelenmesi amacıyla, yağsız inek sütü kullanılmış ve 74 °C'deki pastörizasyon sonrasında, süt, ultrafiltrasyon tekniği ile üç defa koyulaştırılmıştır. Araştırmada, kazein miselinin parçalanmasının ve pH değerindeki artışın, basınç uygulamasından yaklaşık olarak 10 dakika sonra gerçekleştiği tespit edilmiş ve ısı ile işlem görmüş sütteki pH artışının, ısıl işlem görmemiş sütünkinden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. UHT sütteki kazein misellerinin, 100 MPa ile 200 MPa'lık basınçlara karşı daha hassas olduğu, buna karşılık ısıtılmamış sütteki kazein miselinin, 200 MPa ile 300 MPa'daki basınçlarda, çok az değişimler gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmada, ısısal işlem görmemiş sütlere, 20 °C'nin yukarısında uygulanan sıcaklıklarda ve 250-300 MPa'lık basınçlarda, kazein miselinde değişimler olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada, 300-500 MPa'da ve daha düşük sıcaklıklarda (5-10 °C), doğal yapıdaki misellerin dayanıklılığının ortadan kalktığı da ifade edilmektedir. Buchheim ve ark. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek ısı uygulamalarının pH ile kalsiyum içeren örneklerin tümünde, çözülmüş kalsiyum miktarını azalttığı, ancak daha ileriki aşamalarda uygulanan basınç işleminin hem pH hem de çözülmüş kalsiyum değerlerini basınç uygulamadan önceki seviyelere getirdiği tespit edilmiştir. Söz konusu bu olgunun daha çok, sütün tamponlama ve kazeinin kalsiyum fosfat bağlama yeteneği ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir. YB uygulamaları konusunda yapılan ilk çalışmaların devamı olarak gerçekleştirilen araştırmalarda, süte yüksek basınç uygulanmasının kısmen de olsa kazein misellerinin parçalanmasına bağlı olarak, sütün ışığı dağıtma yeteneğini etkilediği ifade edilmektedir. Bu yapısal değişim sayesinde ise, basınç ile muamele edilmiş sütün, rennet ve asit ile koagülasyonu gibi fiziko-kimyasal özelliklerinin, normal sütlere göre daha iyi olduğu kabul edilmiştir (Buchheim ve ark., 1995; Desorby-Banon ve ark., 1994; Johnson ve ark., 1993; Lee ve ark., 1996; Schmidt ve Koops, 1977).

YB uygulanarak süt ve süt ürünleri üzerine yapılan çalışmalar, sütün su tutma kapasitelerini, protein hidrasyon indeksleri ile asitlendirme yolu ile elde edilen jelin dayanım gücü, ayrıca jelin sertliğinin arttığını göstermişlerdir. YB uygulamalarının, süt proteinlerinin yüzeylerinde yer alan hidrofobik grupların oranlarını arttırdığı ve kazein yapısında olmayan nitrojen fraksiyonları üzerinde önemli düzeylerde azalmalara yol açtığı saptanmıştır (Johnston ve ark., 1992; Johnston ve ark., 1993). Yüksek hidrostatik basınç

uygulamalarının sütlerin fizikokimyasal özelliklerine olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan başka bir çalışmada, % 9 kurumadeli süt, ultrafiltrasyon tekniği ile % 18 kurumaddeye konsantre edilmiş ve söz konusu bu süte, 0.3 saniye süre ile 310 MPa (45.000 psi) seviyesinde yüksek hidrostatik basınç uygulanmıştır. Hidrostatik basınç uygulamasını izleyen aşamada, süt +4 °C'ye soğutulmuştur. Soğutma işlemini takiben konsantre süt örneklerinin, emülsiyon stabilitesinin yüksek basınç uygulaması neticesinde azaldığı, konsantre edilmeyen sütlerde ise, emülsiyon kapasitesinin arttığı tespit edilmiş, sütlerdeki yüzey geriliminin ise, önemli düzeylerde değişmediği belirlenmiştir. Ayrıca yüksek basınç uygulamaları neticesinde, sütlerin renk ve görünümünün de etkilendiği, basınç uygulanan sütlerin basınç uygulanmayan sütlere göre, daha viskoz ve renklerinin de yeşilimsi ya da mavimsi olduğu tespit edilmiştir (Adapa ve ark., 1997).

Süt ve ürünlerinde YB uygulamalarının, peynir suyu proteinlerinin uygun bir sıcaklık ve basınçta denatüre olmalarını ve ayrıca, peynir suyu proteinleri arasında yer alan β -laktoglobulin'in, seçici olarak proteolizine olanak sağladığı ifade edilmektedir (Buchheim ve ark., 1995; Hayakawa ve ark., 1994; Hinrick ve ark., 1995; Tonello ve ark., 1992). Keçi sütüne 25 °C ve 50 °C'lerde 500 MPa değerinin üzerinde yüksek basınç uygulandığında sütlerdeki serum proteinlerinin denatürasyon oranları ile çözünürlüğün çok düşük seviyelere ulaştığı bildirilmiştir. Araştırmada, elde edilen değerler, 4.6 pH'da ve FPLC fast protein sıvı kromatografisi ile SDS PAGE sodyumdodesilsülfat poliakrilamid jel elektroforezi ile tespit edilmiştir. Aynı araştırmada uygulanan 25 °C'de yapılan yüksek basınç uygulamasında, β -laktoglobulinin kümelenme özelliği gösterdiği ancak bununla birlikte, sütteki immunoglobulinler ile α -laktalbuminin bu anlamda daha dayanıklı oldukları saptanmıştır. 50 °C sıcaklıkta uygulanan hidrostatik basıncın ise, sütteki proteinler üzerine olan etkilerinin arttığı ve immunoglobulinler ile alfa laktalbuminin kısmen denatüre olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmada, süte uygulanan yüksek basınç uygulamasının (500 Mpa'da 10 dakika) alkali fosfataz aktivitesi üzerine hiçbir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Felipe ve ark. 1997).

2.3. Ultrasound Uygulaması

Gıdaların işlenmesinde en önemli basamaklardan birisi hammadde de bulunan mikroorganizmaların inhibe edilmesidir. Ürünün insan sağlığını tehdit etmemesi ve raf ömrü boyunca bozulmadan tüketiciye ulaştırılması için bu bir gerekliliktir. Isısal olmayan işlemlerden biri olan ultrasound teknolojisi mikroorganizmaların inhibisyonunu sağladığı için

uygulanabilecek yöntemlerden birisidir. Enzim inaktivasyonu ve ekstraksiyonu, mikroorganizma inhibisyonu, dondurma, kurutma, filtrasyon, homojenizasyon /emülsifikasyon, tenderizasyon gibi gıda endüstrisindeki çeşitli alanlarda ultrasound teknolojisi uygulanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Günümüzde gıda endüstrisinde sınırlı kullanım alanı olan ultrasound teknolojisinin gelecekte çok daha yaygın uygulama alanının olacağı düşünülmektedir.

Sonikasyonun 20 kHz ile 10 MHz arasındaki frekanslarda uygulandığı görülmektedir. Düşük frekanslar yüksek güç elde etmek için tercih edilirken, 20 - 100 kHz arasındaki frekanslarda oluşan kaviteasyon sayesinde gıdalardaki mikroorganizmalar inaktif hale gelmektedir (Piyasena ve ark., 2003). Ultrasonik dalgalar materyalin yüzeyine çarptığında çok hızlı bir şekilde basınç ve sıcaklıkta lokal bir değişime neden olurken, kaviteasyon hücre membranında incelmeye ve mikroorganizmalar üzerinde inaktive edici bölgesel ısınma ve serbest radikal oluşumuna neden olmaktadır (Felows, 2000). Sonikasyon sayesinde sulu çözeltilerde *E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis* ve *P. aeruginosa* bakterileri, *Trichophyton mentagrophytes* mantarları ve *Feline herpesvirus* tip 1 virüsü de yok olmaktadır. Sütlerde sonikasyon sayesinde g (-)'ler g (+) bakterilere oranla daha hassas olduğu belirtilmektedir (Piyasena ve ark., 2003).

Sonikasyon uygulaması gıda endüstrisinde yüksek frekanslı ve düşük enerjili kontrollü ve düşük frekanslı ve yüksek enerjili olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır (Ercan ve Soysal, 2011). Yüzey temizliği, kristalizasyon, enzim inaktivasyonu, emülsifikasyon, filtrasyon, dondurma, etlerin tenderizasyonu gibi alanlarda uygulanan düşük sonikasyon yoğunluğu 1 W/m^2 den düşük ve frekansı 100 kHz'den yüksek bir işlemdir ve gıdanın fizikokimyasal özelliklerini tespit etmede de başarıyla kullanılmaktadır. Yüksek enerjili sonikasyon ise 1 W/m^2 den yüksek yoğunlukta ve 18-100 kHz frekansı arasında yeterince araştırma yapılmamış bir uygulamadır. Yüksek ultrases deaerasyon, OR, enzim ve proteinlerin ekstraksiyonu, enzim inaktivasyonu, kristalizasyonda çekirdek oluşumu gibi işlemlerde kullanılmaktadır (Thakur ve Nelson, 1997). Yüksek enerjili teknolojinin hücre parçalama, partikül boyutu azaltma ve bakteri sporlarının da öldürülmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Murppy ve ark., 2009).

Ultrasound işlemi suda OH-, H+ ya da hidroperoksitler gibi yüksek bakterisidal etkiye sahip serbest radikaller meydana gelmektedir (Soria ve Williamiel, 2010). Sıvı sistemlerde ultrasound teknolojisinin uygulaması daha etkili olmakta ve bu etki başlıca kaviteasyon olgusuna bağlı olmaktadır. Ultrasoundun üretilmesi; çok hızlı bir şekilde devam eden bir sıkıştırma ve ortam içinden geçerken ürettiği dalgaların osilasyonu şeklinde olmaktadır. Sıvı

içinde bulunan moleküllerin titreşmesi ve bu titreşimin komşu moleküle aktararak devam etmesi ile meydana gelmekte olan ses dalgaları sayesinde ve bu enerjinin aktarımı ile ortamdaki moleküllerde sıkışma ve gevşemeler oluşmaktadır. Sıkışma esnasında sıvıdaki moleküller birbirine yaklaşmakta, gevşeme sırasında birbirinden uzaklaşmaya başlamakta ve moleküller arasında meydana gelen çekim kabarcıkların oluşmasına neden olmaktadır. Moleküllerin birbirinden uzaklaşma anından yaklaşıma evresine geçerken seri devam eden osilasyon sonucu meydana gelen kabarcıklar birbirine yaklaşan moleküller arasında ani olarak patlamaya neden olmakta ve bu patlama ile kabarcığın etrafında çok kısa bir zaman diliminde 5500 °C'ye kadar bir sıcaklık ve 50 MPa bir basınç oluşmaktadır. Oluşan bu gaz kabarcıklarının ani patlaması sonucunda kavitasyon bölgesinde yüksek bir kesme etkisi ve türbülans oluşumu görülmektedir (O'Donnell ve ark., 2010). Ortamda oluşan enerji ve yoğunluk boyunca viskozite, yüzey gerilimi, buhar basıncı, serbest bırakılan gaz konsantrasyonu, katı partiküllerin durumu, sıcaklığı, uygulama basıncı kavitasyon büyüklüğüne de bağlı olarak değişmektedir. Kavitasyonun sonucu artan enerji miktarı kabarcık büyüme kinetiği ve sönüşü üzerindeki etkiye de bağlıdır. Yüksek yüzey gerilimine içeren sulu gıdalarda kavitasyon için ortamın etkisi çok daha fazla olmaktadır (Knorr ve ark., 2004).

Gıdalarda istenmeyen değişimlere neden olan ısı işlemlere göre oluşturduğu kavitasyon sayesinde mikroorganizmaları inaktive eden sonikasyon gıdalarda daha az değişime yol açmaktadır. Ultrasound işleminin mikroorganizmaları öldürme etkisi hücre duvarlarının parçalanması ile meydana gelmektedir (Butz ve Tauscho, 2002). Sonikasyon işlemi sayesinde kavitasyon oluşmakta ve gaz kabarcıkları meydana gelmektedir. Sonik enerji, gaz kabarcıklarındaki buharı etkin bir şekilde tutamadığı için kabarcığın patlaması sonucu ortam da yoğunlaşmasıdır. Bu durum ani bir şekilde yüksek bir sıcaklık ve basınç bölgesi oluşmasına ve yoğunlaşan ortamdaki mikroorganizmaların hücre duvarlarının zarar görmesine ve inaktif hale gelmesine neden olmaktadır. Isıtılmış bu bölge de böylece bakterilerin ölmesi sağlanmakta ancak çok sınırlı bir alanı kapsadığı için de bakterilerin tamamını öldürememektedir (Piyasena ve ark., 2003). Bu nedenle uygulanan ultrasound prosesinin sıvının her kısmına ulaşmasına imkan sağlanmalıdır. Termosonikasyon (sıcaklıkla kombine), monosonikasyon (basınçla kombine) ve monothermosonikasyon (ısı işlem ve yüksek basınçla kombine) ile ısı ve basınç beraberliğinde etkisi daha da arttırılan ultrasound uygulamaları sayesinde, ortamdaki tüm mikroorganizmaların inhibe edilmesi kolaylaşmaktadır (Güleç, 2006). Araştırmalar, ısı ve basınç işlemlerinin birlikte kullanıldığı sonikasyon uygulaması ile mikroorganizmaların daha etkin bir şekilde öldürülebildiğini

ortaya koymaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Ordenez ve ark. (1984), 20 kHz dalga boyunda, 160 W yoğunlukta ve 5 – 62 °C'ye kadar olan bir ısı uygulaması kullanarak yaptıkları ultrasound işleminde ısı+basıncın birlikte kullanıldığı ultrasound uygulamasının mikroorganizmalar üzerinde daha etkin bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Pagan ve ark. (1999) yaptığı araştırmada ise; ultrasound uygulaması gerçekleştirilen *L. monocytogenes*'in inhibisyonunda ortam sıcaklığının etkisinin olmadığı bulunmuştur. Bu işlemde sonikasyonla beraber basınç 200 kPa artırıldığında D-değerinin 1.5 dk azaldığı görülmüştür. 400 kPa olduğunda ise D-değeri 1 dakikaya indirgenmiştir. Sonikasyon uygulamasının mikroorganizmalar üzerine etkisinin ısı, basınç ve ısı+basınç uygulamaları sayesinde olacağı görülmüştür.

B. stearethermophilus üzerine ultrasound ile beraber ısı uygulamasının geleneksel ısı işlemlere göre daha yüksek inaktivasyon sağladığı görülmüştür. YB işlemi ile birlikte kombine edilmiş sonikasyon sayesinde ise *E. coli* inaktivasyonunun artması sağlanmıştır. Mikroorganizmaların çoğu 50 °C'de ultrasound işlemine karşı büyük duyarlılık göstermişler ve ısısal olmayan manyetik alan ve yüksek basınç teknolojileri ile beraber kullanıldığında *E. coli* kontaminasyonunda azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (San Martin, 2001).

Ultrasound işlemi aynı zamanda gıdalarda bulunan enzimlere karşı da etkilidir ve bu etki mikroorganizmalarda olduğu gibi ısı, basınç ve birlikte kullanılan diğer işlemlerin birlikte kullanımıyla artmaktadır. Ultrasound işlemi thermosonikasyon, monosonikasyon ve monothermosonikasyon uygulamaları şeklinde kullanıldığında süt ve meyve ürünlerinde bulunan lipoksigenaz, polifenoloksidaz, peroksidaz gibi enzimlere ve ısıya karşı dirençli olan lipaz ve proteaz enzimlerine karşı da etkili bir yöntem olmaktadır (Lopez ve Burgos, 1995). Ultrasound işleminin kavitasyon baloncuklarının patlaması sonucu açığa çıkan enerji ile açıklanmaktadır.

Coakley ve ark. (1973), alkol dehidrogenaz, katalaz ve lizozim'e 20 kHz'lik bir basınçla ultrasound işlemi uygulayarak yaptıkları bir çalışmada sonikasyon işleminin katalaz hariç enzimler üzerinde çok etkili olduğunu bildirmişlerdir. Lizozim inaktivasyonunda ortam sıcaklığı ve atmosferik basıncın çok etkili olmadığı, gereken sıcaklığın 60 - 70 °C ve basıncında 200 kPa olmasının uygun olduğu bildirilmiştir (Manas, 2006). Kadkhodae ve Povey (2008) α -amilaz üzerinde ısı işlem uygulamasında aktivasyon enerjisinin 109 kJ/mol K olduğu, thermosonikasyonla ise 19.27 kJ/mol K'e düştüğünü saptamışlardır. Özbek ve Ülgen (2000) ultrasound işleminin enzimlere olan etkisinin enzimlerin amino asit kompozisyonuna bağlı olduğunu söylemişlerdir. Cheng ve ark. (2007) tropikal meyvelere ultrasonik banyoda düşük basınçlarda işlem uyguladıklarında meyvelerin hücre duvarlarının

parçalandığını ve proteinlerin de denatürasyona uğradığını görmüşler ve bu nedenle düşük basınçlı ultrasound işleminin daha uygun olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Tiwari ve ark. (2009) pektin metil esteraz enzimi üzerinde 1.05 W/ml yoğunluğunda 10 dk. sonikasyonun % 62'lik bir azalmaya neden olduğunu gözlemlemişler ayrıca tek başına uygulanan ultrasound işleminin yeterli olmadığını vurgulamışlardır. Lopez ve ark. (1994) polifenoloksidaz üzerine monothermosonikasyon işleminin D değerinde azalmaya neden olduğunu gözlemlemişler ancak enzimlerin direncinin azaltılmasında ısı işlem ile kombinasyonun gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek ısı stabilitesinden dolayı sebzelerin ağarmasına neden olan bir enzim olan peroksidaz enzimi; meyve ve sebzelerde bulunan ve onlarda oluşturduğu renk ve tat değişimlerinden dolayı önemli bir enzimdir. Termosonikasyon işlemi peroksidaz enziminin inaktive olmasına neden olurken ağartma işlemi için de gerekli olan zamanı da azalmaktadır. Örneğin bazı gıda örnekleri için termosonikasyon uygulaması ile 5s olan ısı işlem oranının peroksidaz enziminin % 90 inaktivasyonu için 70 s ısısal işlem oranı gerektiği belirtilmiştir (Cruz, 2006). Ultrasound işlemi sırasında lipoksigenaz enziminin inaktivasyonu; sıcaklık, uygulama zamanı, pH, ultrasound frekans aralığı gibi faktörlere bağlı olsa da soya yağındaki enzim ultrasound işlemi ile birlikte % 75-85 oranında inaktive edilebilmektedir. Villamiel ve De Jong. (2000) ultrasoundun enzimler üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, ısı olmadan tek başına ultrasound uygulamasının bir etkisi olmadığını fakat sıcaklık 61 °C üzerine çıkarıldığında ve sonikasyon işlemi uygulandığında enzimlerin inaktive olduklarını görmüşlerdir. Sütte bulunan tüm enzimlere inaktivasyon etkisinin ortam özellikleri ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Günlük süte uygulanan ultrasound uygulaması ile sütteki patojen ve bozulma etmeni olan mikroorganizmalar kolaylıkla inhibe edilebilmekte fakat ortamdaki mikroorganizmaların çoğu ekstraselüler lipaz ve proteaz üreterek UHT ile elde edilen sütün kalitesini ve içilebilirliğini azaltabilmektedir. Monothermosonikasyon, ısıya dirençli mikroorganizmalara karşı uygulandığında geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili olabilmektedir (Lopez ve Burgos, 1995).

Birbirine karışmayan bu iki sıvıya ultrasound işlemi uygulandığında iyi bir homojenizasyon/emülsifikasyon işleminin gerçekleşmesi sağlanmakta ve ultrasound işleminin sıvılarda oluşturduğu kavitasyon sayesinde oluşan kabarcıkların bu iki sıvı arasında patlaması ile bir şok etki meydana gelmekte ve bu durumda da iki sıvının daha homojen bir şekilde karışması sağlanmaktadır. Düşük enerjili uygulanan ultrasound işlemine oranla yüksek enerjili ultrasound işlemi daha kararlı yapıda bir emülsiyon oluşumuna neden olmaktadır (Soria ve Willamiel, 2010). pH'ı 4-5 aralığında olan palm yağı ile β -lactoglobulin alginate karıştırılması sırasında ultrasound işlemi uygulanmış ve ultrasound işleminin pıhtılaşan

damlacıkları çok küçük hale getirebildiği ve emülsiyon için uygun bir ortam hazırladığı görülmüştür (Pongsawatmanit ve ark., 2006). Gaikwad ve Pandit (2008) yağdaki disperse fazdaki damlacık boyutları, disperse fazın hacmi ile fizikokimyasal özellikleri, zaman ve güç etkilerinin üzerine ultrasoundun etkisini araştırdıkları bir çalışmada normalde üretilen damlacık boyutları ile karşılaştırıldığında ultrasound işlemi uygulanarak elde edilen damlacıkların daha küçük boyutta olduğu görülmüştür. Ultrasound teknolojisinin kullanımıyla ketçap ve mayonez üretiminde de emülsiyon stabilitesinin artacağı düşünülmektedir (Povey, 1998). Bermudez-Aguirre ve ark. (2008) süte thermosonikasyon uygulaması ile granüler yüzey ile yağ globüllerinin daha küçük bir hal aldığı ve sütteki yağ globül membranın parçalandığını görmüşlerdir.

Endüstriyel emülsiyonun süresi, işçilik, emülgatör tedarik sıkıntısı ve maliyet yüksekliği nedeniyle sonikasyon endüstri için potansiyel bir alternatiftir. Gıda endüstrisinde daha yaygın kullanılacağı düşünülen ultrasound teknolojisinin daha iyi bir etki göstermesi için de ekipmanını dizayn ederken daha etkili bir emülsifikasyon işlemi için kavitasyon işleminin sınının tamamına etki edebileceği bir alet geliştirilmeli ve kullanılmalıdır.

Ette ürün güvenliği ve renk kalitesine ilaveten gevreklik özelliği de tüketiciler tarafından istenen en önemli özelliklerdendir. Etin gevrekliğini arttırmada ve stabilitesini sağlamada araştırılan teknolojik proseslerden sonikasyon, hücreler arası yapının mekanik değişimini etkileyebilmesi bakımından olumlu sonuçlar vermiştir (Got ve ark., 1999). Kısa süreli düşük frekanslı yüksek yoğunluklu sonikasyonun etin sertliğini azalttığı bildirilmiştir. % 2 tuz içeren jambona uygulanan ultrasenin moleküller arası kohezyonu artırabildiği tespit edilmiştir (Reynolds ve ark., 1978).

Knorr ve ark. (2004) sıcaklıkla birlikte sonike edilmiş portakal sularında askorbik asit parçalanmasının sadece sıcaklık uygulanan örneklere göre daha az oluştuğunu tespit etmişlerdir. Gıda endüstrisinde ultrasound cihazının yaydığı titreşimlerin etkisiyle kırılmalı ve heterojen mamüllerde en az kayıpla kesim yapılabilir. Sistemin kullanımıyla ürün kayıpları, bakım maliyeti azalmakta, yüzey kontaminasyonları engellenebilmektedir (Gomez ve ark., 2008). Ultrasenin turşu salamurasında uygulamasının avantajlı yönleri belirlenmiştir. Salamurada oluşan tuz kayıpları nedeniyle tuz ilavesi yapılmasının gerekmesi zaman ve maddi kayıplara neden olmaktadır. Sonikasyon ile turşularda tuzun infüzyonu hızlanmış ve salamura işlemi daha kısa sürede tamamlanabilmiştir (Chemat ve ark., 2011).

Mısır nişastası yüksek yoğunluklu ultrasound uygulamasına tabii tutulduğunda granüllerindeki kristal bölgeleri parçalamakta ve diferansiyel taramalı kalorimetre ölçümlerinin sonucunda jelatinleşme iç enerjisinin (entalpi) ve kıvam katsayısının

(consistency coefficient, k) önemli bir oranda azaldığı tespit edilmektedir. Mısır nişastası için 20 kHz'lik bir frekansta hem bir defalık toplu hem de sürekli akan ultrasound sistemleri ile yapılan çalışmalarda ise şekerleştirme verimi ve partikül boyutu dağılımı üzerine ultrasound etkileri tespit edilmiştir. Ultrasound uygulamasının mısır nişastasında şekerleşme oranını arttırdığı ve mısır peltesi içindeki partikül boyutunu da küçülttüğü ortaya çıkmıştır (Montalbo-Lomboy, 2010).

Ultrasound teknolojisi gıda ürünlerinden ve sebzelerden çeşitli bileşenlerin ekstrakte edilmesinde kullanılabilen bir teknolojidir (Vinatoru, 2001). Sonikasyon işleminin gıdalara daha az zarar ve kalite kaybını en aza indirgeyerek geleneksel kurutma yöntemlerine göre daha iyi kurutma yaptığı bulunmuştur. Wang ve ark. (2011) sarımsakta bulunan allyin liyaz enzimi üzerine yaptıkları ultrasound çalışmasında taze sarımsaktan elde edilen enzim aktivitelerinin düşük frekans ve orta yoğunluklu ultrasound işlemi ile geliştirilebileceğini göstermişlerdir.

2.3.1. Süt teknolojisinde ultrasound uygulamaları

Süt teknolojisinde istenmeyen mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktive edilmesi, ürünün raf ömrünün uzatılmasında en fazla ve etkin kullanılan muhafaza yöntemi ısıdır. Fakat ısı işlemi süt ve süt ürünleri üzerinde bazı olumsuz etkileri de bulunmakta bu da alternatif yöntemlerin arayışına neden olmaktadır. Isıl işleme alternatif teknolojilere yönelik eğilimde ultrasound yenilikçi teknolojilerden biri olarak yerini almıştır (Chouliara ve ark., 2010; Shanmugam ve ark., 2012). Sütte meydana gelen renk değişikliği ve istenmeyen aroma oluşumu ile duyuşal özelliklerde bozulma ve besin değerinde azalma ısı işlemi süresine ve şiddetine bağlı olarak oluşabilen dezavantajlar arasında sayılmıştır (Chouliara ve ark., 2010; Engin ve Karagul Yuçeer, 2012; Marchesini ve ark., 2012; Shanmugam ve ark., 2012).

Gıda sanayinde nispeten ucuz, basit, hızlı ve enerji tasarrufu sağlayan uygulamalara önemli bir talep bulunmakta ve ultrasound uygulamaları da bu alanda gelişen yeni teknolojilerden birisidir (Awad ve ark., 2012). Yüksek ısı işlemi ile kıyaslandığında süt endüstrisinde de, ultrasound uygulamaları, homojenizasyon veriminin artırılması ve yapının iyileştirilmesi gibi önemli avantajlara sahiptir (Huang ve ark., 2017; Paniwnyk, 2017).

Sonikasyon >20 kHz frekanstaki ses dalgalarından oluşmaktadır (Soria ve Villamiel, 2010; Awad ve ark., 2012; S hershenkov ve Suchkova, 2015). Güvenli, çevre dostu olması ve

toksik etki göstermemesi ultrasoundun avantajları arasında gösterilmiştir (Arzeni ve ark., 2012).

Sonikasyon düşük enerjili ve yüksek enerjili olmak üzere frekans aralığına göre sınıflandırılmaktadır (Jambrak ve ark., 2014; Nöbel ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2017). 100 kHz - 1 MHz frekans aralıklı ve yoğunluğu 1 W/cm^2 'den düşük uygulamalar düşük enerjili ultrasound uygulamaları olup genellikle gıda ürünlerini ve prosesleri izleme amacıyla işlemlerin değerlendirilmesinde ve kalite takibinde kullanılmaktadır (Loveday ve ark., 2013; Chandrapala ve Leong, 2015; Mohammadi ve ark., 2017). Yüksek enerjili sonikasyon 20 kHz - 100 kHz frekanslı ve $10 - 1000 \text{ W/cm}^2$ yoğunluklu işlemler olup gıdada fiziksel, kimyasal ve mekanik değişimlere neden olmaktadır (Mohammadi ve ark., 2014; Ashokkumar, 2015; Ojha ve ark., 2017).

Ultrasound uygulamalarının etkilerinden en önemlisi kavitasyondur. Akustik akış, şok dalgaları, mikro jetler, türbülans ve kayma kuvveti gibi aşırı fiziksel kuvvetler üretilir gibi sıvı ürünlerde değişikliklere sebep olan ve fiziksel ve kimyasal etkiler oluşturan kavitasyondur (Soria ve Villamiel, 2010; Ashokkumar, 2011; Chandrapala ve ark., 2012a). Ses enerjisi, sürekli dalga tipi bir hareket oluşturarak ortama girer ve bu hareketin bir sonucu olarak da boylamsal dalgalar oluşmaktadır (Knorr ve ark., 2004). Ultrases dalgaların sıvı içinde yayılmasıyla birlikte bölgesel basınç zamanla değişmektedir. Gaz cepleri basınç farkı nedeniyle genişleyip daralmakta (Riener ve ark., 2009; Chandrapala ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2015) ve bu cepler enerjiye doyunca patlamakta ve şok dalgasına yol açan kavitasyon meydana getirmektedir. Oluşan şok bölgeleri yüksek sıcaklık ($\sim 5000 \text{ K}$) ve basınç ($>100 \text{ MPa}$) meydana getirir (Pingret ve ark., 2013; Gao ve ark., 2014; Cheng ve ark., 2015). Baloncukların etrafında yüksek basınç ve sıcaklıktan kaynaklanan kavitasyon ve sönüm sıvı içinde kimyasal ve fiziksel etkileşimlere yol açabilmektedir (Arzeni ve ark., 2012).

Süt endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sonikasyon 20 - 40 kHz frekans arasında ve 10 W/cm^2 'den yüksek yoğunluklu uygulamalardır (Ashokkumar, 2015). Ultrasound işlemi, süt yağ globül boyutunu azaltmak, peynir altı suyu proteinlerinin koagülasyon özelliklerini geliştirerek jel kuvveti ve sıklığını arttırmak, homojenizasyonu ve emülsifikasyonu artırmak, sineresisi azaltmak, viskozite ve su tutma kapasitesini iyileştirmek amaçlarıyla kullanılabilir (Chandrapala ve ark., 2012b; Mohammadi ve ark., 2014; O'Sullivan ve ark., 2015).

Tipik bir su-yağ emülsiyonu olan ve yağ globülünün membranının emülgatör olarak işlev gördüğü sütte yağ globüller olarak bulunmaktadır. Membran üzerinde aglutininlerin etkileşimleri ve ara yüzey gerilimi sebebiyle süt yağ globülleri çarpışma ve büyüme

eğilimindedir (Sfakianakis ve Tzia, 2014). Süt yağı globülleri 1-10 μm çapında ve ağırlıklı olarak fosfolipid ve enzimleri içeren membranı ile çevrili olarak bulunur ve çoğu süt ürününün fizikokimyasal, duyu ve reolojik kalitesi yağ globüllerinin boyutlarıyla birlikte membranın bileşimine de bağlıdır.

Ultrasound işlemiyle beraber akustik kaviteyonun neden olduğu türbülans, karıştırma ve kayma kuvveti gibi kuvvetler ortalama globül çaplarını yağ globüllerini parçalayarak önemli ölçüde küçültmektedir (Chandrapala ve ark., 2016; Paniwnyk, 2017). Daha büyük çaplı yağ globüllerinin kaviteyonun sebep olduğu fiziksel kuvvetlerden etkilenmesi daha çok iken küçük globüller daha az etkilenmektedir (Shestakov ve ark., 2013). Ultrasoundun klasik homojenizasyona kıyasla homojenizasyon verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Wu ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada 450W gücündeki homojenizasyon etkisi diğer güç seviyelerinden daha iyi sonuç vermekle beraber 1, 6 ve 10 dak. süreyle 20 kHz, 90, 225 ve 450W ultrasound uygulamasının kullanımının klasik homojenizasyona kıyasla çok daha iyi bir homojenizasyon etkisine sahip olduğunu saptamıştır.

Almanza-Rubio ve ark. (2016) yapılan çalışmada, sütün yağ globül boyutuna etkisini belirlemek amacıyla krem peynir üretiminde ultrasound uygulaması kullanılmış ve 4-63 $^{\circ}\text{C}$ arasında, 30 dak.'ya kadar 20 kHz ve 0-100W arasında farklı kombinasyonlar uygulanmıştır. Termosonikasyon uygulamasının yağ globül boyutlarını 7 μm 'den 2 μm 'nin altına düşürdüğünü ve krem peynirin yağ içeriğini arttırdığını ve 35-50 $^{\circ}\text{C}$ arasında 50 W güçte 30 dak.'ya kadar olan uygulamalarda krem peynirlerin en iyi yapısal ve reolojik özelliklere sahip olduğunu belirlemiştir.

Farklı güçlerde ve sürelerde sonikasyon uygulamalarını karşılaştıran araştırmacılar, en iyi homojenizasyon etkinliği sağlayan kombinasyonun yüksek güç ve uzun sürede gerçekleştiğini saptamışlardır (Wu ve ark., 2001; Ertugay ve ark., 2004; Sengul ve ark., 2009; Vijayakumar ve ark., 2015). Ultrasoundun ısı işlem ile kombine kullanılmasıyla (termosonikasyon) üretilen krem peynirinde yağ içeriği, verim, yayılabilirlik, viskoelastik özellikler ve termal stabilitenin önemli ölçüde değiştiği saptanmıştır (Almanza-Rubio ve ark., 2016). Ayrıca ultrasound uygulamasının geleneksel homojenizatörlerle kıyaslandığında daha düşük yatırım maliyeti ve temizleme kolaylığı gibi avantajları da vardır (Shershenkov ve Suchkova, 2015). Ultrasound uygulamasının süttten yağ ayırmak için kullanılabilecek bir teknoloji olduğu belirlenmiştir. Ultrasound uygulaması sayesinde süttten yağ ayrımı hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve bu işlem sırasında yağ globül membranı da çok az zarar görmektedir (Leong ve ark., 2015; Leong ve ark., 2016).

Doğada sadece sütte bulunan ve süt proteinlerinin önemli kısmını oluşturan kazein ve süt serumu içinde pek çok fraksiyondan oluşan ve serumun % 20'lik kısmını oluşturan süt proteinleri sütün en önemli bileşenleridir. Ayrıca yoğurt ve peynir, süt proteinlerinin ısı ve asit etkisiyle pıhtılaşması sonucu oluşan protein jeli olduklarından, süt proteinleri bu ürünlerin oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Gerek fizikokimyasal açıdan gerekse beslenme yönünden yoğurt ve peynirin en önemli bileşeni olan süt proteinleriyle iyi bir jel yapısının oluşması için peynir altı suyu proteinlerinin denatürasyon özellikleri de kritik öneme sahiptir. Bu aşamada ultrasound uygulaması süt ürünlerinde emülsiyonların jelleşme süresini kısaltmakta ve jelleşme özelliklerini, jel kuvvetini ve elastik yapıyı da geliştirmektedir (Higuera-Barraza ve ark., 2016; Gursoy ve ark., 2016; Paniwnyk, 2017). Ultrasound uygulaması kazein misellerinin alt birimlere ayırmasını sağlamakta ve alt birimler birbiriyle ve kısmen denatüre olmuş peynir altı suyu proteinleri ile güçlü bir şekilde yeniden bir araya gelerek kuvvetli ağlar oluşturmaktadır. Ayrıca ultrasound sonucu oluşan çok sayıda daha küçük yağ globülleri ortama yerleşip, pıhtılaşmış protein kümelerinin güçlenmesini sağlamaktadır (Riener ve ark., 2009).

Rekonstitüe peynir altı suyu proteinlerinin jelleşme karakteristiğine sonikasyonun etkisini belirlemek amacıyla 20 kHz 60 dak.'ya kadar uygulamanın jelleşme özelliklerini geliştirdiği, jel kuvvetinde artış ve sineresiste azalma oluşturduğu tespit edilmiştir (Zisu ve ark., 2011). Ultrasoundun peynir altı suyu protein konsantrelerinin jelleşme özelliklerine etkisini belirlemek için 20 dak. 20 kHz, 750W US uygulamasının konsantrelerin elastik özelliklerini arttırdığı belirlenmiştir (Arzeni ve ark., 2012). Riener ve ark. (2009) yaptığı bir çalışmada; geleneksel ısı işlem uygulanan yoğurtlara kıyasla termosonike edilen yoğurtlarda 72 °C'de 10 dak. süreyle 24 kHz, 400W'da uygulamanın jel sıklılığını artırdığı gözlemlenmiştir. 30 °C'de, pH 8'de 20 kHz uygulamanın sütün rennetle pıhtılaşma özelliğini, jelleşme süresini ve pıhtı sıklılığını geliştirdiği saptanmıştır (Liu ve ark., 2014). Ultrasound uygulamasının jel sıklılığı üzerine etkisini belirlemek için 22.5 kHz, 50W'da muamelenin sütün asitlendirilmesi ile üretilen jelin sıklılığında artış ve jelleşme süresinde azalma sağladığı belirlenmiştir (Nguyen ve Anema, 2017).

Yoğurt içeceklerinin viskozitesi ve depolama esnasında serum ayrılması üzerine etkisinin belirlendiği ve termosonikasyon uygulamasının kullanıldığı bir çalışma yapılmış ve 70 °C'de 5 dak. ısı işlem ile 15 dak. 24 kHz, 100, 125 ve 150 W sonikasyon, 10 dak. 90 °C geleneksel ısı işlem muamelesi uygulanan yoğurt içecekleri ile termosonike edilerek üretilen içecekler mukayese edilmiştir. Termosonikasyon işleminin yoğurt içeceklerinde viskoziteyi

yükselttiği ve serum ayrılmasında düşüş oluşturduğu, 150 W uygulanan içeceklerde depolama sırasında serum ayrılması olmadığı tespit edilmiştir (Gursoy ve ark., 2016).

Erkaya ve ark. (2015) ayranın viskozitesi ve serum ayrılması üzerine etkisini belirlemek için; 60, 70 ve 80 °C, 35 kHz 1, 3 ve 5 dak. sürelerde termosonikasyon uygulamıştır. Sonike edilen gruplarda 90 °C'de 1 dak. ısıtma işlemi uygulanmış gruplara göre viskozite değerleri artmış, serum ayrılması azalmıştır.

Ultrasound uygulamasının peynir altı suyu proteinlerinin jelleşme özelliklerini geliştirdiğini, jel sıkılığı ve jel kuvvetini artırarak sineresisi azalttığını ayrıca jelleşme süresini kısaltmakta olduğunu çalışmalar göstermiştir. Sonikasyonun süt proteinlerinin jelleşme özelliklerini geliştirmek için alternatif olarak kullanılma potansiyelinin yüksek olduğu söylenmektedir.

Süt ürünlerinde viskoziteyi ve su tutma kapasitesini de arttıran sonikasyonun daha çok fermente süt ürünlerinde yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar meydana getirmiştir (Wu ve ark., 2001; Sfakianakis ve ark., 2015). Yoğurtlarda viskozite ve su tutma kapasitesi önemli kalite kriterleridir ve sıkı olmayan yapı, topaklanma ve serum ayrılması gibi önemli tekstürel kusurlarla çok sık karşılaşılır ve bu durum tüketicinin tercihini önemli düzeyde etkilemektedir (Özer, 2006; Riener ve ark., 2010; Gürsoy ve ark., 2016). Ultrasound uygulamasıyla fermente süt ürünlerinde toplam yağ membranı yüzey alanının artması ve yağ globüllerinin boyutlarının azalması sağlanmıştır. Yeni bağlanmış kazein misellerini içeren artan yüzey alanı, su tutma kapasitesini de arttırmakta ve hidrofilik özelliklerin artmasıyla da sineresis azalmaktadır. Sonikasyon ısıtma işlemi kombinasyonu yoğurt ve ayran gibi fermente süt ürünlerinde viskoziteyi ve su tutma kapasitesini arttırmakta ve depolama sırasında serum ayrılmasını azaltmaktadır.

Ultrasound uygulamasıyla, peynir altı suyunun protein denatürasyonu artmakta, proteinler ile kazein fraksiyonları arasında agregat oluşmakta ve viskozite etkilenmektedir (Wu ve ark., 2001; Sfakianakis ve ark., 2015; Higuera-Barraza ve ark., 2016). Süt teknolojisinde pastörizasyon veya sterilizasyon alternatifi olarak kullanıldığı takdirde kaviteasyon sonucu meydana gelen çok ani sıcaklık artışı ortamda bulunan zararlı bakterilerin de ölmesini sağlamaktadır. Birçok avantajının olmasının yanında sonikasyon sütte bulunan serum proteinlerinden oluşan serumun, serum albumine ve α -laktoalbumine denature olmasına neden olmakta, ayrıca sütün renginde olumsuz değişiklikler oluşturabilmektedir (Akdeniz ve Akalın, 2017).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Peyniri üretiminde kullanılan sütler: Araştırmada kullanılan inek sütleri Konya'da üretim gerçekleştiren bir süt işletmesinden alınmıştır ve sabah sağıcı sonrasında işletmeye getirilen sütler ön işlemlerden (filtrasyon, klarifikasyon) sonra en kısa sürede laboratuara aktararak 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: CaCl₂'nin % 40'lık çözeltisi ısıtılmış sültere 100 lt'ye 20 g olacak şekilde katılmıştır.

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

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

3.2. Yöntem

3.2.1. Peynir örneklerinin üretimi

Peynirler Tablo 3.1'deki süt örneklerinden Şekil 3.1'de gösterilen akış şemasına göre üretilmiştir. Birinci grupta; süt çiğ olarak beyaz peynire işlenmiştir. İkinci grup peynirler için sültere yüksek hidrostatik basınç (150 MPa, tek kademe) ve ısıtılmış işlem (65 °C 10 ve 30 dakika) uygulanmıştır. Üçüncü grup peynirler için sültere ısıtılmış işlem ve sonikasyon (% 30 dalga

genliği) uygulanmıştır. Dördüncü grup peynirler için sütlere yüksek hidrostatik basınca ilave olarak termosonikasyon uygulanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda (1, 30, 60 ve 90. gün) fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin yanısıra SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi yapılmıştır.

Tablo 3.1 Beyaz peynir yapımında kullanılan süt örneklerinin işleme şartları

Uygulama	Örnek	Kısaltma	Yüksek Hidrostatik basınç (MPa)	Sıcaklık (65 °C) Süre (dakika)	Amplitude (%)
1	Çiğ süt	Ç	-	-	-
2	Isıl işlem	I10	-	10	-
3		I30	-	30	-
4	Termosonikasyon	TS10	-	10	30
5		TS30	-	30	30
6	Yüksek basınç ve Isıl işlem	YB-I10	150	10	-
7		YB-I30	150	30	-
8	Yüksek basınç ve termosonikasyon	YB-TS10	150	10	30
9		YB-TS30	150	30	30

- ▶ Çiğ süt
- ▶ Filtrasyon, klarifikasyon
- ▶ Yüksek hidrostatik basınç uygulaması (25±1 °C)
- ▶ Isı işlem ve/veya sonikasyon uygulaması
- ▶ Soğutma (35±1 °C)
- ▶ Starter kültür ilavesi (% 1)
- ▶ CaCl₂ ilavesi (% 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)
- ▶ Porsiyonlama (8x8x8 cm ebatlarında)
- ▶ Ham peynir
- ▶ Salamura ilavesi (% 16 NaCl içeren salamurada, 15-17 °C ve 6 saat)
- ▶ Ön olgunlaştırma aşaması (15-17 °C ve pH 5.2-5.4 değerine ulaşınca kadar)
- ▶ Paketleme (% 7 NaCl içeren salamurada, PVC peynir kutusunda)
- ▶ Depolama (5 °C'de 90 gün)

Şekil 3.1 Peynir örneklerinin üretim akış şeması

3.2.2. Örnekleri alma işlemi ve analize hazırlama

Steril kaplara, aseptik koşullarda alınan örneklerin proje kapsamında ilgili mikrobiyolojik ekimleri yapıldıktan sonra fiziksel ve kimyasal analizlere geçilmiştir. İşletmeye gelen sütlerden, pıhtı kesiminden baskı işleminin tamamlanmasına kadar geçen süre içinde elde edilen peyniraltı sularından homojen bir şekilde 100'er ml'lik iki şişeye örnek alınmış ve TSE (1971)'e göre analize hazırlanmıştır.

3.2.3. Süt ve peyniraltı suyu örneklerinde uygulanan analizler

Süt ve peyniraltı suyu örneklerinde, toplam kuru madde (gravimetrik yöntemle), yağ (Gerber yöntemiyle), asitlik (% laktik asit cinsinden), pH (WTW 7310) (Anonymous, 1981) ve toplam azot (IDF, 1993) analizleri yapılmıştır. Protein miktarı % azot miktarının 6.38 faktörü ile çarpılmasıyla bulunmuştur. Renk analizleri CR400 renk ölçüm cihazı (Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak yapılmıştır (Pinho ve ark., 2004).

3.2.4. Peynir örneklerine yapılan analizler

3.2.4.1. Ham peynir verimi

Peynir örneklerinin randımanı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Randıman (\%)} = \frac{\text{Ham peynir miktarı}}{\text{Süt miktarı}} \times 100$$

3.2.4.2. Kurumadde

Yaklaşık 1.5-2.0 g peynir numunesi parçalanmış 100±5 °C'de 2-4 saat kurutularak peynirlerin kurumadde içeriği g/100g olarak hesaplanmıştır (IDF,1982).

3.2.4.3. Yağ ve kurumaddede yağ oranı

Peynir bütirometresinin özel kadehçiklerinin tıpa ile birlikte çıkarılmasıyla darası alınmıştır. Ardından homojen hale getirilmiş peynir örneklerinden 3'er gram tartılmıştır.

Kadehçik, tıpa ve örnek bütirometreye yerleştirilerek, bütirometrenin diğer ağzından tamamen örnek içinde kalacak şekilde yoğunluğu 1.52 olan H₂SO₄'den 10 ml ilave edilmiştir. Bütirometreler 70 °C'deki su banyosuna yerleştirilerek peynirin tamamen çözünmesi için aralıklarla çalkalanmış, üzerine 1 ml izoamil alkol ilave edildikten sonra iyice karıştırılarak bütirometrenin taksimatlı kısmındaki 35 çizgisine kadar 1.52'lik H₂SO₄'den ilave edilmiştir. Bütirometreler 10 dakika Gerber santrifüjde santrifüjlenmiş 65 °C'deki su banyosunda 5 dakika tutulduktan sonra okunan değer % yağ miktarı olarak kaydedilmiştir (Kurt ve ark., 1993). Kurumaddede yağ oranı, yağ miktarlarının kurumaddeye oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

3.2.4.4. Tuz ve kurumaddede tuz oranı

Peynir örnekleri homojen hale getirilerek 5 gram tartılmış, ardından sıcak saf su yardımıyla porselen havanda iyice ezilmiş ve yalnız sulu kısım ölçülü balona aktarılmıştır. Aynı işlem tüm tuzun suya geçmesi için 5-6 kez tekrarlanmıştır. Soğumaya bırakılan balon sonra 500 ml çizgisine kadar normal soğukluktaki saf su ile tamamlanmıştır ve ardından filtre kağıdından süzülmüştür. Süzüntüden 25 ml alınarak 1-2 damla % 5'lik potasyum kromat damlatılarak 0.1 N AgNO₃ ile kırmızı kiremit renk elde edilene kadar titre edilmiştir (Kurt ve ark., 1993). Kurumaddede tuz oranı, tuz miktarlarının kurumaddeye oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Tuz} = \text{Harcanan AgNO}_3 \text{ (ml)} \times 0.585 / m$$

m: Peynir örneği miktarı, 0.25 g

3.2.4.5. Titrasyon asitliği (% LA)

Peynir örnekleri homojen hale getirilmiş ve 10'ar gram tartılarak havanda ezilmiştir. Daha sonra ise 40 °C' deki saf sudan 100 ml eklenerek iyice karıştırılmış ve filtre kağıdından süzülmüştür. Süzüntüden 25 ml alınarak üzerine 2-3 damla %1'lik fenolftalein damlatılarak 0.1 N NaOH ile kalıcı pembe renk elde edilene kadar titre edilmiştir. Harcanan 0.1 N NaOH miktarı formülde yerine konularak % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği hesaplanmıştır (Kurt ve ark., 1993).

$$\% \text{ Laktik Asit} = \text{Harcanan NaOH(ml)} \times 0.009 \times 100 / m$$

m: Peynir miktarı

3.2.4.6. pH değeri ölçümü

Peynirlerin pH değerleri el tipi pH metre ile belirlenmiş olup 10 g peynir örneği 15 ml saf su içinde homojen hale getirilerek pH metrenin elektrotu daldırılıp pH değeri okunmuştur (Marshall, 1992).

3.2.4.7. Renk ölçümü

Renk analizleri CR400 renk ölçüm cihazı (Minolta) kullanılarak yapılmıştır. L, a ve b değerleri CIELAB renk aralığına göre belirlenmiştir. L parlak/koyu (0 siyah, 100 beyaz), a yeşil/kırmızı (-60 yeşil, 60 kırmızı) ve b mavi/sarı (-60 mavi, 60 sarı) aralığını ifade etmektedir. Cihaz kullanım öncesi referans tabla (L= 97.10, a= -4.88, b= 7.04) ile kalibre edilmiştir (Pinho ve ark., 2004).

3.2.4.8. Su aktivitesi

Su aktivitesi tayin cihazı (Novasina LabTouch-aw, İsviçre) ile belirlenmiştir.

3.2.4.9. Toplam azot, protein ve kurumadede protein tayini

Gripon ve ark. (1975)'na göre belirlenen toplam azot tayini için rendelenmiş peynir örneğinden 100 ml'lik bir behere tam 10 gr tartılmıştır. Ayrıca 50 ml'lik ayrı bir behere de tam 40 ml 0.5 M trisodyum sitrat (7.0 pH) konulmuştur. Trisodyum sitratı peynir örneği üzerine azar azar döküp cam baget yardımıyla ezerek peynir ile sitratın iyice karışması sağlanmış ve sonrasında su banyosuna yerleştirilen beherler 15-20 dakika boyunca 40 °C'de zaman zaman çalkalanarak tutulmuştur. 30 sn aralıklarla ve 30 saniye süre boyunca 4 kez çalkalanmış ve elde edilen karışım 200 ml'lik balon jöjeye aktarılıp, iki kez de yıkama yapılarak 200 çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan bu örnekten tam 2 ml yani 0.1 gr peynir örneği alınarak tam otomatik protein distilasyon ünitesi (Foss Kjeltex™ 8200, Danimarka) kullanılarak Kjeldahl yöntemine göre toplam azot tayini yapılmıştır. Toplam azot 6.38 faktörü ile çarpılarak protein miktarı belirlenmiştir. Kurumadde de protein oranları ise hesaplama yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.4.10. Proteolizin biyokimyasal göstergesinin belirlenmesi

Örneklerde suda çözünen azot, triklorasetik asitte (TCA; Merck) çözünen azot ve fosfotungustik asitte (PTA; Fluka, Japonya) çözünen azot ekstraktları Kuchroo ve Fox (1982)'un prosedürleri takip edilerek hazırlanmıştır. Yöntem için rendelenmiş peynirler (20 g) 40 ml distile su ile 7 dk homojenize (Daihan, WiseTis® Homogenizer HG-15D, Kore) edilmiş ve homojenizat 40 °C'de 1 saat tutulmuştur. Karışım 4 °C'de 5.000 g devirde 25 dk (Awel MF-20) santrifüjlenmiştir. Ayrılan yağ ve supernatant cam yününden geçirilerek süzölmüş sonrasında süzöntü (suda çözünen azot fraksiyonları) TCA'da ve PTA'da çözünen azot için kullanılmıştır. TCA'da çözünen azot ekstraktları suda çözünen azot fraksiyonlarının 16 ml'sine 4 ml triklorasetik asit (480 g/L) ilave edilerek hazırlanmıştır. Örnekler oda sıcaklığında 1 saat tutulmuş ardından filtre kâğıdından (Whatman No:1) süzölmüştür. PTA'da çözünen azot ekstraktları suda çözünen azot fraksiyonlarının 10 ml'sine 7 ml H₂SO₄ (4 mol/l) ve 3 ml fosfotungustik asit (333 g/l) eklenerek hazırlanmıştır. Karışım 4 °C'de 24 saat tutulmuş ardından filtre kâğıdından süzölmüştür. Suda, TCA'da ve PTA'da çözünen azot ekstraktlarının azot miktarı AOAC (1996)'ye göre belirlenmiştir.

3.2.4.11. Olgunlaşma indeksi değerleri

Peynir örneklerinin olgunlaşma düzeyleri, suda çözünen azot miktarının toplam azot miktarına oranlanmasıyla hesaplanmıştır. % 12'lik TCA'da çözünen azot miktarının yine toplam azot miktarına oranlanmasıyla da hesaplanan iki ayrı katsayı ile değerlendirilmiştir (Venema ve ark., 1987). Hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Olgunlaşma İndeksi (1)} = \frac{\text{Suda Çözünür Azot Miktarı}}{\text{Toplam Azot Miktarı}} \times 100$$

$$\text{Olgunlaşma İndeksi (2)} = \frac{\text{12'lik TCA'da Çözünür Azot Miktarı}}{\text{Toplam Azot Miktarı}} \times 100$$

3.2.4.12. SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi

Uçucu maddelerin ekstraksiyonunda çözücüsüz teknik kullanılmıştır. Bu amaçla 3 g örnek 20 mL'lik viallere alınmıştır. İç standart olarak 2-metil-3-heptanon kullanılmıştır. 40 ppm olacak şekilde hazırlanan iç standarttan örneklere 75 µl ilave edilmiştir. SPME fiber

olarak DVB/CAR/PDMS (1 cm fiber, divinilbenzen/ karboksen/ polidimetilsiloksan, Supelco) kullanılmıştır. Fiber, vial içinde 40 °C'de 30 dakika tepe boşluğunda tutulmuş ve uçucu maddelerin adsorplanması sağlanmıştır. Uçucu maddelerin analizinde TRACE DSQII (ThermoScientific, USA) GC-MS sistemi kullanılmıştır. Analiz koşulları Tablo 3'de verilmiştir (Hayaloglu ve ark., 2007; Özer ve ark., 2011).

Tablo 3.2 SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi için koşullar

Desorpsiyon	: SPME enjektör 250 °C'de 5 dk tutulmuştur.
Enjektör	: Splitless mode
Dedektör	: MS DSQII
Kolon	: TG-WaxMS kolon (60 m uzunluk x 0,25 mm iç çap x 0,25 µm film kalınlığı, Thermo Fisher Scientific, Bellefonte PA, USA)
Taşıyıcı gaz	: Helyum, 1 mL/dk akış hızında
Kütle aralığı	: 35-350 m/z (kütle/yük)
Sıcaklık programı	: 40 °C'de 10 dakika beklemeden sonra, 5 °C/dk hızla artarak 240°C'ye çıkmıştır. Bu sıcaklıkta 15 dk. bekletilmiştir.
İyon kaynağı sıcaklığı	: 230 °C
Transfer hattının sıcaklığı	: 250 °C

3.2.4.13 Duyusal analiz

Peynirlerin duyusal değerlendirilmesinde puanlama testi kullanılmıştır (Uysal ve ark., 2004). Peynir örnekleri kitle-yapı, görünüm ve genel beğeni kriterlerince 1-10 puan aralığında değerlendirilmiştir. Gıda Mühendisliği Bölümü elemanlarından oluşan 10 adet panelist duyusal analizin gerçekleştirilmesinde yardımcı olmuşlardır. Panelistlere, duyusal analizle ilgili ön bilgiler verildikten sonra peynirin kalite kriterlerinin nasıl olması gerektiği konusunda açıklamalar yapılmıştır (Bodyfelt ve ark., 1988).

3.2.4.14 İstatistiksel değerlendirme

İstatistiksel değerlendirmeler MİNİTAB (sür. 10.5) ve MSTAT paket programları kullanılarak yapılmıştır (Minitab, 1991).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Süt ve Peyniraltı Sularının Fizikokimyasal Özellikleri

Peynir üretiminde kullanılan sütlerin fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir. % laktik asit ve pH değerlerine bakılarak sütlerin taze olduğu söylenebilir. Kurumadde, yağ ve protein değerleri sırasıyla ortalama 10.22, 2.90 ve 3.02 olarak belirlenmiştir. Sütlerin parlaklık, değerleri 87.16 ortalama değer göstermiştir.

Peyniraltı sularının fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Elde edilen peynir altı sularının kurumadde değerlerinde uygulanan ısıl işlem ve sonikasyon dalga genliğine bağlı olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur. Isıl işlem uygulanmış süttten üretilen peyniraltı sularındaki kurumadde daha düşük oranlarda iken en yüksek kurumadde oranı (% 8.20) çiğ süttten üretilen peyniraltı sularında tespit edilmiştir. Ultrasonik işlem süresinin artmasıyla beraber peyniraltı suyu ile uzaklaşan kurumadde oranında kısmi artışlarda belirlenmiştir. Kurumadde kaybındaki artış yüksek basınç uygulamasıyla daha belirgin hale gelmiştir. Benzer bir ilişki peyniraltı sularının yağ, toplam azot ve protein değerlerinde de belirlenmiştir. Taze çiğ süttten peyniraltı suyu ile azotun % 25-29 oranında kayba uğradığı bir çalışmada, sütte bakteriyel gelişimle, peyniraltı suyu ile protein kayıpları arasındaki ilişki araştırılmıştır (Mc Caskey ve Babel, 1966).

Çizelge 4.1. Çiğ süttün fizikokimyasal özellikleri*

Özellik		
Kurumadde (%)		10.22±0.15
Yağ (%)		2.90±0.10
Toplam N (%)		0.48±0.02
Protein (%)		3.02±0.10
Tit. Asit. (%LA) ‡		0.17±0.02
pH		6.68±0.04
Renk Kriterleri	L değeri	87.16±0.28
	a değeri	-3.42±0.15
	b değeri	4.23±0.72

* (\bar{x} ±std sapma, n:3) † **KM:** Kurumadde, ‡ Titrasyon asitliği (% laktik asit)

Peyniraltı sularının titrasyon asitliği değerleri en düşük çiğ süttten elde edilen peynir sularında belirlenmiştir. Isıl işlem süresinin artmasına bağlı olarak sonikasyon uygulaması örneklerde peynir sularının asitlik değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Isıl işlem uygulanmış peynirlerde en yüksek laktik asit oranı yüksek basınç uygulanarak sonike edilen peynir sularında tespit edilmiştir.

Peyniraltı sularının parlaklık değerleri ısııl işlem süresinin artmasıyla çiğ süt peynirlerine benzerlik göstermiştir. Termosonikasyon uygulamasına bağlı olarak L değerleri peyniraltı sularında düşmüştür. Sonikasyon dalga genliğinde oluşturulan artış parlaklık değerlerini aynı grup peyniraltı sularında yükseltmiştir. Benzer korelasyon peyniraltı sularının b renk intensitesinde de gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2. Peyniraltı suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri*

İşleme şartları	KM [†] (%)	Yağ (%)	TN (%)	Protein (%)	Tit.Asit [‡] %LA	pH	L değeri	a değeri	b değeri
Ç	8.2±0.2	0.92±0.03	0.22±0.02	1.37±0.14	0.15±0.03	6.26±0.5	57.46±1.30	-2.48±0.18	5.31±0.28
I10	7.5±0.0	0.70±0.02	0.19±0.01	1.21±0.09	0.18±0.01	6.23±0.0	57.79±1.04	-2.42±0.65	5.28±1.61
I30	7.4±0.1	0.66±0.01	0.17±0.01	1.05±0.05	0.22±0.01	5.84±0.2	56.02±1.26	-3.14±0.04	3.72±0.12
TS10	7.5±0.0	0.73±0.04	0.20±0.03	1.28±0.18	0.20±0.01	5.95±0.2	49.88±0.65	-3.18±0.07	3.46±0.21
TS30	7.6±0.3	0.72±0.02	0.22±0.02	1.37±0.14	0.18±0.02	5.85±0.3	50.07±0.11	-3.02±0.02	4.31±0.11
YB-I10	8.0±0.0	0.80±0.02	0.24±0.00	1.53±0.00	0.19±0.02	5.90±0.5	52.08±0.95	2.08±0.24	7.65±2.03
YB-I30	7.7±0.2	0.74±0.02	0.23±0.01	1.44±0.05	0.20±0.01	5.83±0.4	50.12±1.24	-1.71±0.37	7.89±1.49
YB-TS10	7.8±0.1	0.76±0.02	0.23±0.01	1.47±0.09	0.20±0.01	5.85±0.2	51.47±2.65	-1.57±0.13	8.14±0.48
YB-TS30	7.6±0.2	0.74±0.01	0.20±0.01	1.24±0.05	0.22±0.02	5.80±0.2	48.53±2.21	-2.04±0.08	6.90±0.36

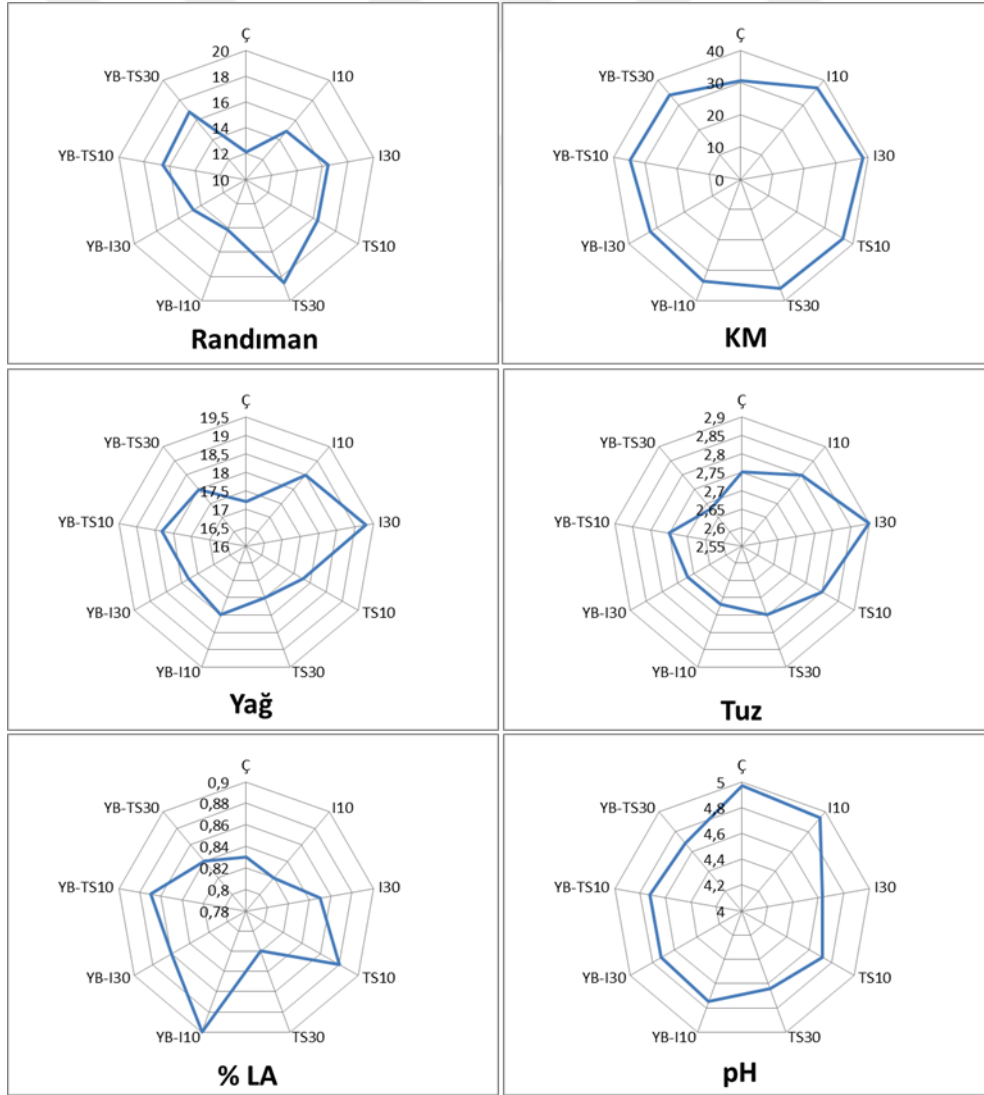
*(\bar{x} ±std sapma, n:3)

† **KM**: Kurumadde, **TN**: Toplam azot, ‡ Titrasyon asitliği (% laktik asit)

4.3. Peynirlerinin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Sonuçlar

Peynir örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişim Şekil 4.1’de verilmiştir. Peynirlerin randıman değerlerinde ısıl işlem süresinin artmasına bağlı olarak 22.46-35.75 artış meydana gelmiştir. Termosonikasyon uygulanmış örneklerde yüksek basınç uygulamasına bağlı olarak randıman değerleri düşmüştür. En yüksek randıman 65 °C’de 30 dk ısıl işlem ve % 30 dalga genliği uygulanmış peynirlerde tespit edilmiştir.

Taze peynirlerde kurumadde değeri en düşük çığ süttten üretilen peynirlerde, en yüksek 65 °C 30 dk ısıl işlem uygulanmış peynirlerde belirlenmiştir. Sonikasyon ve yüksek basınç kombinasyonu örneklerin kurumadde değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Termosonikasyon uygulanmış peynirlerde kurumadde de meydana gelen azalma ısıl işlem süresine bağlı olarak daha belirgin hale gelmiştir.

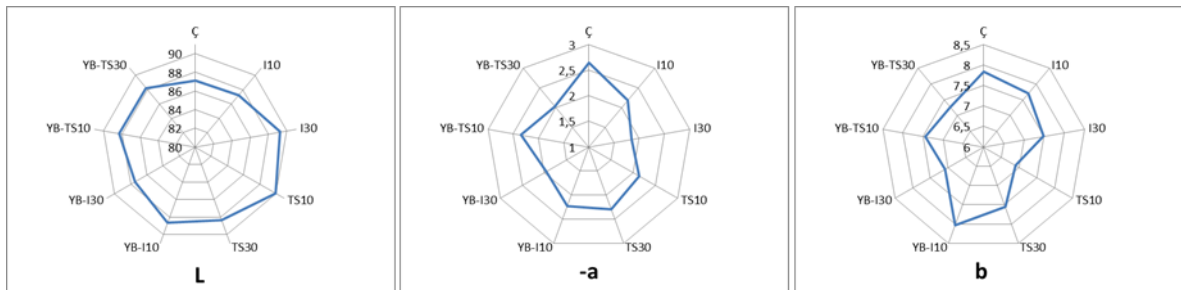


Şekil 4.1 Peynir örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişim

Taze peynir örneklerinin yağ değerlerinde 65 °C’de 30 dk ısıtma işlemi ve sonikasyon uygulanmış örneklerde çiğ süttten üretilen peynire kıyasla yüksek basınç kombinasyonuna bağlı olarak % 4.65 artış meydana gelmiştir. Peynirlerin tuz değerleri yüksek basınç uygulanarak sonike edilen peynirlerde en düşük seviyede kalmıştır. Sonikasyon süresindeki artış peynirlerin asitlik değerinde düşüşe ve pH değerinde yükselmeye neden olmuştur (Şekil 4.1). Asitlik değeri (% laktik asit) yüksek basınç uygulanmış peynirlerde ısıtma işlem süresine bağlı olarak azalmıştır.

Peynirlerde renk değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.2’de verilmiştir. Depolamanın ilk günü peynirlerde sonikasyon uygulanmayan gruplarda en yüksek parlaklık değeri 65 °C 30 dk ısıtma işlemi uygulanmış peynirlerde tespit edilmiştir. Sonikasyon uygulanmış gruplarda artan ısıtma muameleye bağlı olarak L değerlerinde kısmi azalmalar belirlenmiştir. Sonikasyon süresindeki değişim ve yüksek basınç uygulamasına bağlı olarak örneklerin parlaklık değerlerinde düşüş meydana getirmiştir. Peynirlerin parlaklık değerlerinde düşüşe neden olabilen; olgunlaştırma aşaması boyunca oluşan nem kaybı ve lipoliz derecesidir (Dufossé ve ark., 2005; Pinho ve ark., 2004).

Isıtma işlemi uygulanmış peynirlere göre termosonikasyon uygulanarak üretilen peynirlerin daha kırmızı renk intensitesine sahip olduğu bulunmuştur. Depolama başlangıcında özellikle yüksek basınç uygulanarak üretilen gruplarda b değerinde önemli artışlar tespit edilmiştir. Peynir örneklerinde renk değişimleri, olgunlaştırma periyodu boyunca meydana gelen kimyasal değişimlere ışık tuttuğu için önemlidir. Biyolojik ve fizikokimyasal açıdan dinamik bir ürün olan peynir, üretim ve olgunlaştırma periyodu sırasında başta ve en önemlisi proteoliz olmak üzere lipoliz gibi birçok değişimin meydana geldiği kompleks bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Kumar ve ark., 2006).



Şekil 4.2 Peynir örneklerinin renk değerlerinde meydana gelen değişim

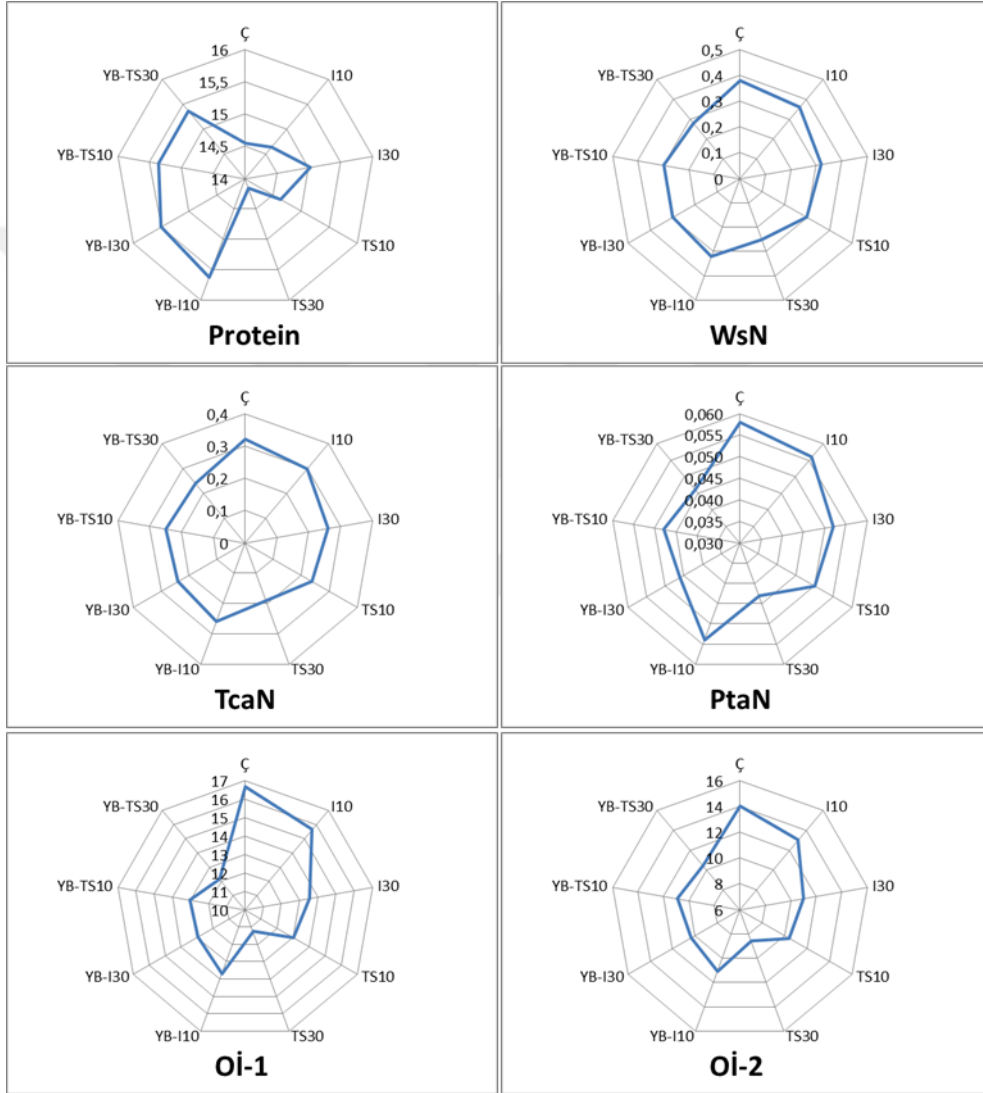
Olgunlaşma periyoduna göre peynir rengi üzerine yaptıkları bir çalışmada Rohm ve Jaros (1996), Gouda peynirinin olgunlaşması sırasında L değerinde azalma, a ve b değerlerinde artış belirlemişken, Martin ve ark., (2001)'nin yaptığı çalışma sonucunda ise olgunlaşma boyunca a değerinde bir değişim belirlenmemiş, olgunlaşmış peynirlerde L değerlerinde azalma, b değerinde artış olduğu bildirilmiştir. Ginzinger ve ark. (1999) peynirin olgunlaşması sırasında b değerindeki değişimin yüksek korelasyona sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Peynirlerde su aktivitesi değerleri uygulanan ısı işlem süresine bağlı olarak düşmüş; 0.918 (TS10) - 0.934 (çiğ) aralığında tespit edilmiştir. Sonikasyon süresindeki artış yüksek basınç kombinasyonu ile su aktivitesi değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Peynir dış yüzeyi ile onu çevreleyen atmosfer arasındaki kütle ve ısı değişiminin kinetiğini göstermek için anahtar faktörü; peynir yüzeyinin su aktivitesi olarak düşünülmektedir (Hardy, 1984; Pajonk ve ark., 2003; Rüegg, 1985). Uzun süre olgunlaştırılan peynirlerde son üründen alınan örneklerle belirlenen standart su absorpsiyon izotermelerinin kullanımı peynir olgunlaştırılması sırasında kompozisyon değişimi nedeniyle su aktivitesinin tam olarak belirlenmesi için uygun kabul edilmektedir (Mathlouthi ve ark., 1980). Trappist ve Hajdu peynirlerinde olgunlaştırma periyodunca belirlenen sonuçlarla benzerlik sonuçlar elde edilmiş (Bara-Herezegh ve ark., 2000) ve araştırmada üretilen peynir gruplarında depolama periyodu ilerledikçe su aktivitesi değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Başka bir çalışmada ise olgunlaştırma periyodunun ilerleyen aşamalarında proteoliz esnasında salınan karboksil ve amin gruplarının su moleküllerini bağlayarak su aktivitesinde bir azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Fox ve Mcsweeney, 1996). Walter ve Seeger (1990) su aktivitesi ile toplam nem miktarı arasında herhangi bir ilişki belirleyememesine rağmen, Todorova ve Kozev (1995) peynirin depolanması sırasında su aktivitesi ile nem miktarı ve organoleptik özellikler (tat, renk ve aroma) arasında bir interaksiyon olduğunu tespit etmiştir.

4.4. Peynirlerin Azot Fraksiyonları ve Olgunlaşma İndeks Değerleri

Peynirlere ait azot fraksiyonlarında depolama süresince meydana gelen değişim Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Beyaz peynirler çiğ süttten üretilen gruba kıyasla 10 ve 30 dk ısı işlem uygulanmış örneklerde sırasıyla % 0.65 ve 3.28 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Peynirlerde toplam azot değeri sonikasyon ve yüksek basınç uygulamasına bağlı olarak çiğ süte göre kısmi şekilde artmıştır. Şengül ve Çakmakçı (1998) ile Arslaner (2008)'in yaptıkları çalışmalarda ısı işlem uygulanmış sütün kullanılarak üretildiği peynirlerde toplam azot

oranının arttığını bildirmişlerdir. Sonikasyon uygulanan peynirlerde uygulama süresine bağlı olarak azot değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Peynir örneklerinin suda çözünür azot değerlerinde ısıl işlem ve artan sonikasyon süresine bağlı olarak azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Depolama periyodunun başında en düşük suda çözünür azot değeri 30 dk sonikasyon uygulanarak üretilen peynirlerde en yüksek çiğ süttten üretilen gruplarda tespit edilmiştir.

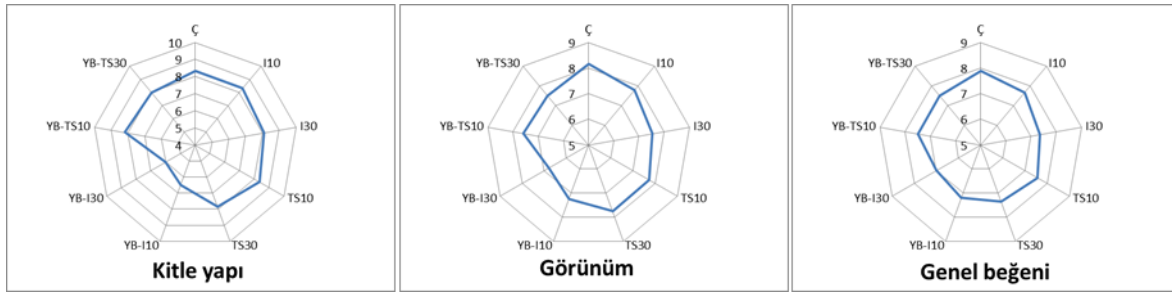


Şekil 4.3 Peynir örneklerinin azot fraksiyonlarında (%) ve olgunlaşma indekslerinde (OI) meydana gelen değişim

Suda çözünen azot içeriğinin farklı olmasında süte uygulanan ısıtma işleminin ve tuz oranının etkili olduğu bildirilmiştir (Fox, 1989; Kelly ve ark., 1996; Guinee, 2004). Ayrıca starter olmayan laktik asit bakterilerinin depolama boyunca proteolize neden olduğu belirtilmiştir (Cinbaş ve Kılıç, 2006). Isıtma işlem süresi ve artan sonikasyon süresine bağlı olarak depolama süresince peynirlerde TCA ve PTA'da çözünen azot fraksiyonlarında azalma tespit edilmiştir. Peynirlerde en yüksek olgunlaşma indeks değerleri çığ süttten elde edilen peynirlerde tespit edilmiştir. Olgunlaşma indeksleri ısıtma işlem uygulamasına, sonikasyon ve yüksek basınç kombinasyonuna bağlı olarak azalmıştır. Termosonikasyon uygulanmış gruplarda depolamanın ilerlemesiyle olgunlaşma indekslerinde diğer gruplara kıyasla kayda değer artışlar belirlenmiştir. Law (1987) tarafından yapılan çalışmada proteolitik bakteriler, laktik asit bakterileri, starter olmayan laktik asit bakterileri, maya ve küf gibi mikroorganizmaların ürettiği oldukları proteolitik enzimlerin olgunlaşma süresince olgunlaşma indeksi-1 değerlerinde meydana gelen artışa neden olduğu bulunmuştur.

4.5. Peynirlerin Duyusal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişim

Peynirlerin duyusal değerlendirme sonuçları Şekil 4.4'de verilmiştir. Depolama periyodunun başında çığ süt, 65 °C 10 dk ve 30 dk uygulanmış peynirlerde genel beğeni puanları sırasıyla 7.88, 7.67 ve 7.35 ortalama değerlerde değerlendirilmiştir. Sonikasyon uygulanmış peynirlerde genel beğeni puanları ısıtma işlem uygulanmış gruplara benzer olmuştur. Bu ilişki depolamanın ilerleyen günlerinde de devam etmiştir. Genel beğeni ortalamaları yüksek basınç uygulanmış örneklerde diğer grupların altında kalmıştır. Örneklerin görünüm puanları en yüksek çığ süttten üretilen gruplarda belirlenmiştir. Artan sonikasyon süresi ısıtma işlem uygulanmış gruplarda görünüm puanlarını artırırken; yüksek basınç kombine edilmiş gruplarda tersi seyir söz konusu olmuştur. Depolama periyodunun başlangıcında kitle yapı kriteri en yüksek ısıtma işlem uygulanmış gruplarda belirlenmiştir. Isıtma işlem süresi ve sonikasyon uygulaması peynirlerin kitle-yapı puanlarını azaltmıştır. Yüksek basınç uygulaması kitle-yapı kriterince en düşük peynir partilerinin üretilmesine neden olmuştur.



Şekil 4.4 Peynir örneklerinde duyu özelliklerinde meydana gelen değişim

4.6. Uçucu Madde Analiz Sonuçları

Peynirlerde önemli tat-koku bileşikleri, asitler, esterler, aldehit ve ketonlardır (McSweeney ve Sousa, 2000; Özer ve ark., 2011). Birçok peynir çeşidinin temel tat-kokusuna direkt olarak katkıda bulunan ve/veya diğer tat-koku bileşiklerinin oluşumu için substrat görevini üstlenen küçük ve orta boyutlu peptidleri ve aminoasitleri sağlamaktadır (McSweeney ve Sousa, 2000).

Peynir örneklerinde, asetik asit, bütanoik asit, hekzanoik asit ve oktanoik asitin olgunlaşma süresince değişik konsantrasyonlarda bulunduğu gözlenmektedir (Çizelge 4.5.). Yüksek basınç uygulaması, bakteriyel inaktivasyonda yol açmaktadır. Uygulanan basınca bağlı olarak lize olan bakteriler ve bunların enzimleri (proteolitik, lipolitik), peynir aromasına önemli katkıda bulunan kısa zincirli uçucu asitlerinin oluşumuna doğrudan veya dolaylı katkı sağlayabilmektedir. Ayrıca oluşan bu asitler metil-ketonların, alkollerin, laktonların ve esterlerin oluşumunda öncül rol oynamaktadır (Laciotti ve ark., 2006). Val, Leu ve Ile aminoasitlerinin metabolizması sonucu ise 2-metil propiyonik, 2- ve 3-metil bütanoik asitler üretilmektedir (Hayaloglu ve Brechancy, 2007). Üretilen örneklerde bu asitler tespit edilememiştir.

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 tespit edilen esterlerdir (Çizelge 4.6). Yüksek basınç uygulanmış peynirlerde bütanoik ve hekzanoik asit esterleri belirgin şekilde diğer denemelerden yüksektir. Bunun nedeni bu peynirlerde yüksek düzeyde oluşan serbest yağ asitlerinin bakteriler veya mayalar tarafından metabolize edilmesi sonucu oluşmuş olabilir (Lanciotti ve ark., 2006; Liu ve ark., 2004).

Peynir örneklerinde 7 adet keton tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). 2-Propanon, 2-bütanon, 2-pentanon, 2-nonanon, 2-heptanon, 3-hidroksi 2-bütanon (asetoin) ve 2,3-bütandion (diasetil) gibi bileşikler, serbest yağ asitlerinin β -ketoasitlere enzimatik oksidasyonu ve bunların daha sonra metil ketonlara dekarboksilasyonu sonucu oluşmaktadırlar (Engels ve ark., 1997; McSweeney ve Sousa, 2000). 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. Çiğ süt peynirlerinde asetoin ve diasetilin yüksek düzeyde bulunması, bu peynirlerde yer alan starter dışı bakterilerin metabolik faaliyetlerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Lanciotti ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada benzer şekilde çiğ süt peynirlerinin, UHPH peynirlerine göre çok daha yüksek düzeyde keton içerdiğini tespit etmişlerdir. Bununla beraber, 2-propanon, 2-bütanon uçucu bileşikler çiğ sütlerde düşük düzeyde tespit edilmiştir. Ayrıca, ultrasound uygulamasının 3-Hidroksi 2-bütanon düzeylerini belirgin şekilde etkilediği görülmektedir.

Olgunlaşma süresince peynir örneklerinde aldehitler hekzanal (kesilmiş çimenimsi) ve benzaldehit (bademimsi) tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). 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 göstermektedir. Bu çalışmada genelde yüksek ısı işlem ve UHPH uygulanmış sütlerde yüksek düzeyde hekzanal tespit edilmiştir. Bunun nedeni ısı işlemin alkil radikallarının oluşumuna neden olması ve bu gruplarında yağ oksidasyonunu kataliz etmesi olabilir (Pereda ve ark., 2008a). Ayrıca yüksek basınç uygulamasının oksijeni daha çözünür hale getirmesi ve bununla hidroperoksit ve aldehit oluşumunu kataliz etmesi de UHPH peynirlerde hekzanal miktarının yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir (Pereda ve ark., 2008b).

Üretilen peynirlerde 2-propanol, etanol, 2-etil 1-hekzanol ve benzenetanol tespit edilen alkollerdir (Çizelge 4.9). Çiğ süttten üretilen peynirlerde etanol değeri daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber bu peynirlerde 2-etil 1-hekzanol tespit edilememiştir. Çiğ süt peynirlerinde yüksek etanol varlığı starter dışı bakteri ve maya faaliyetlerine bağlanabilir. Sonuç olarak, incelenen örneklerde değişik düzeylerde uçucu maddeler tespit edilmiştir. Özellikle çiğ süttten üretilen peynirlerde (uçucu asitler ve hekzanal hariç) çeşit ve intensite olarak daha yüksek düzeydedir.

Çizelge 4.5 Peynir örneklerine ait uçucu (Asitler) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitrary unit))

Uçucu Bileşen				Peynir örnekleri							
Asitler	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg.süresi (gün)	Ç	I10	I30	TS10	TS30	YB-I30	YB-TS10	YB-TS30
Asetik asit	1453	MS,RI,AS	1	0.5	0.8	-	0.7	0.8	0.1	0.3	0.2
			30	1.4	0.6	1.7	1.4	0.7	0.3	0.2	0.1
			60	1.4	1.7	1.1	1.6	0.6	0.4	0.5	0.8
			90	3.0	2.6	1.7	2.6	1.8	0.9	-	-
			120	3.2	1.9	2.7	2.0	1.3	0.7	-	-
			180	3.7	4.4	3.6	2.6	0.6			
Bütanoik asit	1629	MS,RI,AS	1	13.9	4.1	5.0	5.8	6.5	32.9	27.1	11.3
			30	7.6	13.4	18.9	14.6	2.4	24.6	15.4	22.5
			60	15.2	12.9	11.2	12.8	9.0	39.0	15.2	27.0
			90	15.2	16.1	18.2	24.4	15.0	21.8	42.7	36.4
			120	34.5	26.3	20.8	25.5	20.7	44.5	34.6	30.8
			180	64.8	30.4	28.9	33.5	33.6			
Hekzanoik asit	1843	MS,RI,AS	1	2.3	2.2	2.3	9.3	6.3	15.6	20.2	31.4
			30	7.5	14.4	9.3	12.9	15.1	12.2	12.3	8.7
			60	16.8	20.5	13.2	13.1	13.8	33.1	31.3	43.8
			90	36.6	19.1	19.0	24.4	18.6	38.8	47.1	37.0
			120	34.0	29.5	12.0	31.1	13.6	42.8	46.7	33.3
			180	46.2	30.4	24.5	25.3	24.6			
Oktanoik asit	2060	MS,RI,AS	1	0.5	0.8	2.4	3.0	3.6	27.8	15.8	15.5
			30	2.3	6.2	8.8	5.6	2.4	18.2	12.6	10.9
			60	10.5	11.1	7.3	5.8	8.0	30.8	26.9	30.2
			90	15.0	8.5	16.4	7.2	3.1	38.2	60.6	47.6
			120	30.5	-	8.0	6.9	1.8	45.3	34.1	43.7
			180	21.9	11.1	18.1	9.8	9.4			

Çizelge 4.6 Peynir örneklerine ait uçucu (Esterler) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitery unit))

Uçucu Bileşen				Peynir örnekleri							
<i>Esterler</i>	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg.süresi (gün)	Ç	I10	I30	TS10	TS30	YB-I30	YB-TS10	YB-TS30
Asetik asit etil ester	884	MS,RI	1	2.2	-	1.9	-	-	-	-	-
			30	5.4	-	3	-	-	-	-	-
			60	7.3	2.4	0	0.7	2.8	1.0	0.8	3.0
			90	0.8	0.1	0.7	-	-	0.5	0.4	-
			120	6.9	-	-	-	-	-	-	-
			180	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Bütanoik asit metil ester	982	MS,RI	1	-	-	4	-	-	14.8	15.5	23.1
			30	-	-	6.2	-	-	2.3	5.0	3.9
			60	7.3	0	6.7	-	-	4.1	13.8	18.8
			90	8	2	9.1	5.3	1.9	7.1	13.0	13.0
			120	10.1	0.8	2.1	2.2	-	2.3	4.4	4.8
			180	0.4	-	1.2	0.8	-	-	-	-
Hekzanoik asit metil ester	1220	MS,RI	1	-	-	-	-	-	5.6	3.5	4.7
			30	0.4	-	-	-	-	0.5	0.7	0.1
			60	-	0.2	1.4	-	-	1.2	3.3	2.5
			90	6.6	3.6	12.2	2.5	1.7	3.1	8.8	7.4
			120	3.7	0.9	4.3	0	0.5	2.3	2.9	2.8
			180	0.4	1.4	1.7	0	0.5	-	-	-

Çizelge 4.7 Peynir örneklerine ait uçucu (Ketonlar) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitery unit))

Uçucu Bileşen				Peynir örnekleri							
Ketonlar	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg.süresi (gün)	Ç	I10	I30	TS10	TS30	YB-I30	YB-TS10	YB-TS30
2-Propanon	836	MS,RI	1	1.5	9.5	11.5	18.5	18.8	7.9	12.4	18.2
			30	2.9	18.5	21.8	20.3	11.7	6.1	6.6	5.7
			60	4	25.9	11.8	11.3	30.9	5.4	11.9	18.8
			90	0.3	2.2	3.7	3.9	2.8	2.9	4.3	3.6
			120	0.2	3.1	1.4	2.3	1.5	1.3	1.6	2.0
			180	0.3	1.8	1	0.8	1.1			
2-Bütanon	902	MS,RI	1	-	1.8	2	4.3	4.1	3.0	2.3	3.5
			30	0.6	3.1	4	4.4	2.1	1.2	1.1	0.9
			60	0.9	5.7	2.4	2.2	7.6	1.4	2.2	4.0
			90	0.1	0.8	1.1	1.4	0.9	1.1	1.1	1.2
			120	-	1.1	-	-	0.5	0.5	0.5	-
			180	-	1	-	0.4	0.5			
2-Pentanon	974	MS,RI	1	-	-	-	-	-	-	-	-
			30	1.2	-	2.3	-	-	0.8	-	-
			60	1.5	2.6	1.3	1.4	2.1	0.4	1.2	1.8
			90	1.5	0.8	0.6	0.8	0	0.9	1.1	1.0
			120	4	0.7	-	-	-	-	-	-
			180	0.6	-	4.1	5.3	4.2			
2,3-Bütandion (Diasetil)	978	MS,RI,AS	1	2.4	-	6.8	21.8	17.2	42.9	7.6	13.5
			30	6.8	-	13.5	-	-	-	-	4.0
			60	9.1	16.7	9.1	17.3	23.3	3.0	9.4	13.9
			90	11.7	1.9	2.2	5.7	4	1.3	3.2	3.1
			120	5.8	2.5	2.1	5.1	2.6	1.6	1.9	2.1
			180	11.5	3.6	12.2	6.3	2.1			

Çizelge 4.7 Devamı

Uçucu Bileşen				Peynir örnekleri							
<i>Ketonlar</i>	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg.süresi (gün)	Ç	I10	I30	TS10	TS30	YB-I30	YB-TS10	YB-TS30
2-Heptanon	1179	MS,RI	1	-	-	-	-	-	-	-	-
			30	-	-	2.1	-	-	-	0.8	-
			60	2.4	1.3	1.7	1	0.8	0.0	1.8	1.7
			90	1.1	1.3	2.2	1.1	1	3.0	3.3	3.2
			120	5.3	0.9	2.2	1.2	0.8	2.5	2.6	2.9
			180	1.4	1.5	3.5	6.6	3.4			
3-Hidroksi 2-bütanon (Asetoin)	1286	MS,RI	1	5.2	6.1	18.6	67.9	44.9	61.3	17.7	-
			30	11.6	13.2	33.2	52.5	14.4	7.8	8.7	10.4
			60	16.5	19.7	29.8	42.8	38.6	7.3	23.8	32.1
			90	21.8	6.1	9.5	17.8	6.6	44.4	7.7	8.7
			120	16.4	6.1	7.5	17.9	6	5.7	7.3	8.6
			180	11.2	3.8	4.5	6	3.6			
2-Nonanon	1390	MS,RI	1								
			30	1.7	-	1.8	0.7	-	0.9	-	-
			60	1.2	1.8	0.9	-	1.9	1.1	2.4	3.8
			90	-	-	0.2	0	0.2	0.4	1.1	1.0
			120	-	1.1	1.3	0.9	1	1.6	3.3	3.1
			180	0.4	1.2	1.7	1.3	1.1			

Çizelge 4.8 Peynir örneklerine ait uçucu (Aldehitler) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitrary unit))

Uçucu Bileşen				Peynir örnekleri							
Aldehitler	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg.süresi (gün)	Ç	I10	I30	TS10	TS30	YB-I30	YB-TS10	YB-TS30
Hekzanal	1079	MS,RI	1	-	0.9	1.6	-	1.2	1.3	3.5	7.9
			30	-	4.7	4.5	-	6	4.2	5.7	3.8
			60	1.4	-	5.8	2.2	-	2.7	4.7	4.8
			90	0.7	2.9	2.4	1	2.2	-	2.2	0.5
			120	7.7	1.4	2.9	2.6	1.1	2.4	1.7	1.5
			180	-	-	0.6	-	-	-	-	-
Benzaldehit	1536	MS,RI	1	0.2	0.4	0.5	0.8	0.5	1.1	0.6	1.3
			30	-	0.6	-	0.9	1	-	1.2	0.7
			60	-	0.6	0.6	0.5	1.1	0.5	0.6	-
			90	1.1	0.7	-	0.4	-	0.4	-	-
			120	1.7	-	1.8	0.7	-	-	-	-
			180	0.1	-	-	-	0.6	-	-	-

Çizelge 4.9 Peynir örneklerine ait uçucu (Alkoller) bileşiklerin analiz sonuçları (sonuçlar uçucu bileşik pik alanı /internal standart pik alanı olarak verilmiştir (arbitery unit))

Uçucu Bileşen				Peynir örnekleri							
Alkoller	RI	Tanımlama Yöntemi	Olg.süresi (gün)	Ç	I10	I30	TS10	TS30	YB-I30	YB-TS10	YB-TS30
2-Propanol	929	MS,RI	1	1.6	-	0.4	-	-	-	-	-
			30	2	-	0.7	-	-	-	-	-
			60	7.6	0.84	-	0.431	0.488	-	-	-
			90	0.3	-	-	-	-	-	-	-
			120	-	-	-	-	-	-	-	-
			180	-	-	-	-	-	-	-	-
Etanol	932	MS,RI,AS	1	26.1	8.3	9	15.6	21.5	5.2	4.9	-
			30	35.1	13.7	13.5	12.9	8.7	3.7	2.2	1.1
			60	65.1	19.9	9.2	8	28.7	3.3	4.6	7.2
			90	4.5	1.8	2.3	2.9	3.1	1.7	2.6	2.1
			120	31.1	2.5	-	2	1.8	1.2	1.2	-
			180	1.8	1.8	2.2	1.3	1.3	-	-	-
2-Etil 1-hekzanol	1490	MS,RI	1	-	0.6	0.7	1.7	1.6	-	-	2.6
			30	-	2.1	1.3	1.9	1	0.9	1.1	0.9
			60	-	1.7	1.6	1.3	2.5	0.9	1.9	2.2
			90	-	1.5	1.2	1.2	1.3	-	1.4	1.4
			120	-	1	0.9	1	0.9	1.5	1.1	1.2
			180	-	0.6	0.7	0.5	0.6	-	-	-
Benzenetanol	1927	MS,RI	1	0.3	0.3	0.5	0.6	0.5	0.3	0.5	0.8
			30	2	2.1	1.5	0.9	0.5	0.4	-	0.4
			60	4.5	2.4	1.4	-	-	-	-	-
			90	3.2	1.2	0.9	1.4	0.5	0.5	0.8	1.0
			120	7.5	0.8	1.7	-	0.5	-	0.6	0.8
			180	0.8	0.8	0.8	0.4	0.6	-	-	-

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada beyaz peynirlerin bazı fizikokimyasal özelliklerinde depolama sırasında meydana gelen bazı değişimler üzerine süte yüksek hidrostatik basınç ve ultrasound uygulamasının kombine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Beyaz peynir üretiminde kullanılan çiğ süte uygulanan yüksek hidrostatik basınç ve termosonikasyon işleminin etkinliğinin araştırılması ve bunun peynir kalitesi üzerine etkilerinin olgunlaşma periyodu boyunca tespit edilmesi için yapılan analizlerde birinci grupta; süt çiğ olarak beyaz peynire işlenirken ikinci grup peynirler için sütlere yüksek hidrostatik basınç (150 MPa, tek kademe) ve ısıtma işlemi (65 °C 10 ve 30 dakika) uygulanmıştır. Üçüncü grup peynirler için sütlere ısıtma işlemi ve sonikasyon (% 30 dalga genliği) uygulanmış dördüncü grup peynirler için sütlere yüksek hidrostatik basınca ilave olarak termosonikasyon uygulanmıştır. Peynir örneklerinde depolama periyodunda (1, 30, 60 ve 90. gün) fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerinin yanısıra SPME GC-MS ile uçucu maddelerin analizi takip edilmiştir.

Araştırmada üretilen peynir gruplarında depolama periyodu ilerledikçe su aktivitesi değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Isıtma işlemi uygulanmış peynirlere göre termosonikasyon uygulanarak üretilen peynirlerin daha kırmızı renk intensitesine sahip olduğu bulunmuştur. Depolama başlangıcında özellikle yüksek basınç uygulanarak üretilen gruplarda b değerinde önemli artışlar tespit edilmiştir.

Ultrasonik muamele süresinin artmasıyla peyniraltı suyu ile uzaklaşan kurumadde oranında da kısmi artışlar belirlenmiştir. Kurumadde kaybındaki artış yüksek basınç uygulamasıyla daha belirgin hale gelmiştir. Benzer ilişki peyniraltı sularının yağ, toplam azot ve protein değerlerinde de belirlenmiştir. Peyniraltı sularının titrasyon asitliği değerleri en düşük çiğ süttten elde edilen peynir sularında belirlenmiştir. Isıtma işlemi süresinin artmasına bağlı olarak sonikasyon uygulaması örneklerde peynir sularının asitlik değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Isıtma işlemi uygulanmış peynirlerde en yüksek laktik asit oranı yüksek basınç uygulanarak sonike edilen peynir sularında tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, 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 peynirlerinde yüksek etanol varlığı starter dışı bakteri ve maya faaliyetlerine bağlanabilir. Sonuç olarak, incelenen örneklerde değişik düzeylerde uçucu maddeler tespit edilmiştir. Özellikle çiğ süttten

Üretilen peynirlerde (uçucu asitler ve hekzanal hariç) eit ve intensite olarak daha yüksek düzeyde bulunmuştur.

5.2. neriler

- ✓ Peynirlerde ısıll işleme kombine edilmiş yüksek basınç uygulanmış sütlerin kullanımıyla depolama süresince lize olan bakterilerin ve bunların enzimlerinin uçucu kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumu peynir aromasına katkı sağladığı için peynir teknolojisi alanınıda kullanımına yönelik daha fazla çalışma yapılıp peynirlerin olgunlaşma süresince meydana gelen biyokimyasal etkileşimler ve peynir yapısı üzerine etkilerinin incelenmesi uygun olacaktır.
- ✓ Günümüzde gıda endüstrisinde sınırlı kullanım alanı olan ultrasound teknolojisinin gelecekte çok daha yaygın uygulama alanının olacağı dnldĞu için süt ve süt ürünleri alanında kullanımıyla oluşabilecek etkileri araştırılmalıdır.
- ✓ Süt rnlerinde viskoziteyi ve su tutma kapasitesini arttıran ultrasound uygulamasının, tüketicinin fermente süt ürünlerini tercih etmesinde tekstürel ve duysal özellikler büyük önem taşıdığı ayrıca daha çok fermente süt ürünlerinde yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar doğurduğu için fermente süt ürünleri üzerine çalışmalarının arttırılması önerilebilir.
- ✓ Ultrasound uygulaması sayesinde sütten yağ ayırımının hızlı bir şekilde gerçekleştiği ve bu işlem sırasında yağ globül membranı da çok az zarar grdĞu bildirilmiştir. Ayrıca ultrasound uygulamasının geleneksel homojenizatrlerle kıyaslandığıında daha düşük yatırım maliyeti ve temizleme kolaylığı gibi avantajları da olduğundan sütten yağı ayırmada kullanım imkanları üzerine daha çok araştırma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Adapa, S., Scmidt, K. A. and Toledo, R., 1997, Functional properties of skim milk processed with continuous high pressure throttling, *Journal of Dairy science*, 80, 1941-1948.
- Akbulut, N., Gönç, S., Kınık, Ö., Uysal, H., Akalın, S., ve Kavas, G., 1996. Bazı tuzlama yöntemlerinin Beyaz peynir üzerinde uygulanabilirliği ve peynir kalitesine etkileri üzerinde bir araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 17-24.
- Akdeniz, V. ve Akalın A. S., 2017, Ultrason uygulamasının süt ürünlerinde homojenizasyon, jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine etkisi, *Journal of Food*, 42(6), 743-753.
- Almanza-Rubio, J. L., Gutiérrez-Méndez, N., Leal-Ramos, M. Y., Sepulveda, D. and Salmeron, I., 2016, Modification of the textural and rheological properties of cream cheese using thermosonicated milk, *Journal of Food Engineering*, 168, 223-230.
- Altun, M., 2003, Beyaz peynirin olgunlaşmasında meydana gelen kimyasal değişikliklerin incelenmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Altun, M. ve Orak, H., 2002, Kaşar peynirinin uçucu aroma bileşikleri., *XVI. Ulusal Kimya Kongresi*, 459, Konya.
- Anonymous, 1981, Çiğ süt standardı. TS 1018. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- AOAC, 1996, Association of Official Analytical Chemists. Washington DC: CRC Press.
- Arslaner, A., 2008, Geleneksel yöntem ve farklı sütlerden ısı işlem uygulanarak üretilen ve farklı ambalaj materyallerinde olgunlaştırılan Erzincan tulum peynirinde bazı kalite niteliklerinin tespiti, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Arzeni, C., Martinez, K., Zema, P., Arias, A., Perez, O. E. and Pilosof, A. M. R., 2012, Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality, *Journal of Food Engineering*, 108, 463-472.
- Araznia, S., Ehsani, M. R., and Mirhadi, S. A., 1997, Evaluation of the physicochemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese, *International Dairy Journal*, 7, 473-478.
- Arıcı, M., 2006. Gıda muhafazasında yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisi, *Tekirdag Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 41-49.
- Ashokkumar, M., 2015, Applications of ultrasound in food and bioprocessing, *Ultrasonics Sonochemistry*, 25, 17-23.
- Ashokkumar, M., 2011, The characterization of acoustic cavitation bubbles – A overview, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 864-872.
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. and Youssef, M. M., 2012, Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review, *Food Research International*, 48, 410-427.
- Bara-Herezegh, O., Almassy, K. H. and Orsi, F., 2000, Development of a sensory scoring test system to evaluate the ripening of cheese, *Egyptian Journal of Dairy Science*, 28, 239-244.
- Bayraktaroğlu, G. ve Obuz, E., 2006, Ultrason yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı, *9. Gıda Kongresi*, 57-60, 24-26 Mayıs, Bolu.
- Bermudez-Aguirre, D., Mawson, R. and Barbosa-Canovas, G. V., 2008, Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment, *Journal of Food Science*, 73, 325-332.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J. and Trout, G. M. 1988, Sensory Evaluation of Dairy Products. New York: AVI Van Nostrand Reinhold.

- Buchheim, W., Schrader, K., Morr, C. V., Frede, E. and Schütt, M., 1995, Effects of high pressure on the protein, lipid and mineral phase of milk, *International Dairy Federation, Heattreatments & Alternative Methods*, 202-213.
- Butz, P. and Tauscho, B., 2002, Emerging technologies: Chemical aspects, *Food Research International*, 35 (2-3), 279-284.
- Chouliara, E., Georgogianni, K. G., Kanellopoulou, N. and Kontominas, M. G., 2010, Effect of ultrasonication on microbiological, chemical and sensory properties of raw, thermized and pasteurized milk, *International Dairy Journal*, 20, 307-313.
- Chandrapala, J., Ong, L., Zisu, B., Gras, S. L., Ashokkumar, M. and Kentish, S. E., 2016, The effect of sonication and high pressure homogenisation on the properties of pure cream, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33, 298-307.
- Chandrapala, J. and Leong, T., 2015, Ultrasonic processing for dairy applications: Recent advances, *Food Engineering Reviews*, 7, 143-158.
- Chandrapala, J., Oliver, C., Kentish, S. and Ashokkumar, M., 2012b, Ultrasonics in food processing, *Ultrasonics Sonochemistry*, 19, 975- 983.
- Chandrapala, J., Martin, G. J. O., Zisu, B., Kentish, S. E. and Ashokkumar, M., 2012a, The effect of ultrasound on casein micelle integrity, *Journal of Dairy Science*, 95, 6882-6890.
- Chandrapala, J., Zisu, B., Palmer, M., Kentish, S. AND Ashokkumar, M., 2011, Effects of ultrasound on the thermal and structural characteristics of proteins in reconstituted whey protein concentrate, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 951-957.
- Cinbas, T. and Kilic, M., 2006, Proteolysis and lipolysis in White cheese manufactured by two different production methods. *International Journal of Food and Technology*, 41, 530-537.
- Coakley, W. T., Brown, R. C. and James, C. J., 1973, The inactivation of enzymes by ultrasonic cavitation at 20 KHz, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 159, 722-729.
- Conet, J. M. P., Tapin, S., Gaeta, S. and Gervais, P., 2005, High-pressure inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* at subzero temperatures, *Journal of Biotechnology*, 115, 405-412.
- Cheng, X., Zhang, M., Xu, B., Adhikari, B. and Sun, J., 2015, The principles of ultrasound and its application in freezing related processes of food materials: A review, *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 576-585.
- Cheng, L. H., Soh, C. Y., Liew, S. C. and Teh, F. F., 2007, Effects of sonication and carbonation on guava juice quality, *Food Chemistry*, 104, 1396-1401.
- Cruz, R. M. S., Vieira, M. C. and Silva, C. L. M., 2006, Effect of heat and thermosonication treatments on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*), *Journal of Food Engineering*, 72(1), 8-15.
- Chemat, F., Zill-E-Huma and Khan, M. K., 2011, Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813-835.
- Dağdemir, E., 2001. Salamura beyaz peynir üretiminde farklı starter kültür kullanımının peynir kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, 73s, Erzurum.
- Dağdemir, E., Çelik, S. And Özdemir, S., 2003, The effects of some starter cultures on the properties of Turkish White cheese, *International Journal of Dairy Technology*, 56(4), 215-218.
- Deliza, R., Rosenthal, A., Abadio, F. B. D, Silva, C. H. O. and Castillo, C., 2005, Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers, *Journal of Food Engineering*, 67, 241-246.

- Desorby-Banon, S., Richard, F. and Hardy, J., 1994, Study of acid and rennet coagulation of high pressurized milk, *Journal of Dairy Science*, 77, 3267-3274.
- Devlieghere, F., Vermeiren, L. and Debevere, J., 2004, New preservation technologies: Possibilities and limitations, *International Dairy Journal*, 14, 273-285.
- Demirci, M., Şimşek, O. ve Taşan, M., 1994, Ülkemize yapılan muhtelif tip yerli peynirler. Her yönüyle peynir, *Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 125, 273-281.
- Dinkçi, N. ve Gönç, S., 2000, Mucor miehei'den elde edilen lipaz (Piccantase A) enziminin Beyaz peynirin olgunlaşmasında kullanılması üzerine araştırmalar, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2-3), 141-148.
- Dufossé, L., Galaup, P., Carlet, E., Flamin, C. and Valla, A., 2005, Spectrocolorimetry in the CIE L* a* b* color space as useful tool for monitoring the ripening process and the quality of PDO red-smear soft cheeses, *Food Research International*, 38, 919-924.
- Engels, W. J. M. and Visser, S., 1994, Isolation and comparative characterization of components that contribute to the flavour of different types of cheese, *Netherland Milk and Dairy Journal*, 48, 127-140.
- Engin, B. ve Karagul Yuceer, Y., 2012, Effects of ultraviolet light and ultrasound on microbial quality and aroma-active components of milk, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), 1245-1252.
- Ercan, S. Ş. ve Soysal, Ç., 2011, Ultrasoundun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması, *Gıda*, 36 (4), 225-231.
- Erkaya, T., Baslar, M., Sengül, M. and Ertugay, M. F., 2015, Effect of thermosonication on physicochemical, microbiological and sensorial characteristics of ayran during storage, *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 406-412.
- Ertugay, M. F., Şengül, M. and Şengül, M., 2004, Effect of ultrasound treatment on milk homogenisation and particle size distribution of fat, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 303-308.
- Fayed, E. O., Hagrass, A. E. A., Aly, A. A. and El Samragy, Y. A., 1989, Use of enterococci starter culture in the manufacture of a yoğurt-like product, *Cultured Dairy Products Journal*, 24, 16-23.
- Felows, P., 2000, Processing using electric fields, high hydrostatic pressure, light or ultrasound. In Food Processing Technology Principle and Practice. CRC Pres, Boca Raton Boston NY Washington, DC.
- Felipe, X., Capellas, M. and Law, A. J. R., 1997, Comparison of the effects of high-ressure treatments and heat pasteurization on the whey proteins in goat's milk, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (3), 627-631.
- Foz, P. F., 1989, Proyeolysis during cheese manufacture and ripening, *Journal of Dairy Science*, 72, 1379-1400.
- Fox, P. F. and McSweeney, P. L. H., 1996, Proteolysis in cheese during ripening, *Food Reviews International*, 12(4), 457-509.
- Garde, S., Carbonell, M., Fernandez-Garcia, E., Medina, M. and 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.
- Ginzinger, W., Jaros, D., Lavanchy, P. and Rohm, H., 1999, Raw milk flora affects composition and quality of berkğáse. 3. physical and sensory properties, and conclusions, *Lait*, 79, 411-421.
- Guinee, T. P., 2004, Salting and role of salt in cheese, *International Journal of Dairy Technology*, 57, 99-109.

- Gursoy, O., Yılmaz, Y., Gokce, O. and Ertan, K., 2016, Effect of ultrasound power on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink produced with thermosonicated milk, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(4), 235-241.
- Galazka, V. B., Ledward, D. A., Summer, I. G. and Dickinson, E., 1997, Influence of high pressure on bovine serum albumin and its complex with dextran sulphate, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3465-3471.
- Gao, Y. L., Ju, X. R., Qiu, W. F. and Jiang, H. H., 2007, Investigation of the effects of food constituents on *Bacillus subtilis* reduction during high pressure and moderate temperature, *Food Control*, 18, 1250-1257.
- Gao, S., Hemar, Y., Lewis, G. D. and Ashokkumar, M., 2014, Inactivation of *Enterobacter aerogenes* in reconstituted skim milk by high- and low-frequency ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 2099-2106.
- Gaikwad, S. G. and Pandit, A. B., 2008, Ultrasound emulsification: effect of ultrasonic and physicochemical properties on dispersed phase volume and droplet size, *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, 554-563.
- Gürsoy, O., Yılmaz, Y., Gokce, O. and Ertan, K., 2016, Effect of ultrasound power on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink produced with thermosonicated milk, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(4), 235-241.
- Got, F., Culioli, J., Berge, P., Vignon, X., Astruc, T., Quideau, J. M. and Lethiecq, M., 1999, Effects of high-intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef, *Meat Science*, 51, 35-42.
- Gómez, M., Oliete, B., García-Álvarez, J., Ronda, F. and Salazar, J., 2008, Characterization of Cake Batters by Ultrasound Measurements, *Journal of Food Engineering*, 89, 408-413.
- Güleç, H. A., 2006, Modern Gıda muhafazasında vurgulu elektrik alan ve ultrasound uygulamaları, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 73-76.
- Gripou, J. C., Dezmazeaud, M. J., Le Bars, D. and Bergere, J. L., 1975, Etude du rôle des micro-organismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages, *Le Lait*, 55 (548), 502-516.
- Hardy, J., 1984, L'activité de l'eau et le salage des fromages. In A. Eck (Ed.), *Le Fromage* (pp. 37-61). Paris, France: Technique et Documentation Lavoisier.
- Hayakawa, T., Kanno, T., Tomita, M. and Fujio, Y., 1994, Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation, *Journal of Food Science*, 59, 159-163.
- Hayaloglu, A.A. and 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.
- Hayaloğlu, A. A., Fox, P. F., Guven, M. and Cakmakçı, S., 2007, Cheeses of Turkey: 1. Varieties ripened in goat-skin bags, *Lait*, 87, 79-95.
- Hayaloğlu, A. A., Güven, M. and Fox, P. F., 2002, Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese 'Beyaz Peynir', *International Dairy Journal*, 12, 635-648.
- Hugas, M., Garriga, M. and Monfort, J. M., 2002, New mild technologies in meat processing; high pressure as a model technology, *Meat Science*, 62, 359-371.
- Higuera-Barraza, O. A., Del Toro-Sanchez, C. L., Ruiz-Cruz, S. and Márquez-Ríos, E., 2016, Effects of high-energy ultrasound on the functional properties of proteins, *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 558-562.
- Hinrick, J., Rademacker and Kessler, H. G., 1995, Food Processing of Milk Products With Ultrahtgh Pressure. International Dairy Fedeaion, Heat Treatments & Alternative Methods. 185-201.

- Hsu, K-C. and Ko, W-C., 2001, Effect of hydrostatic pressure on aggregation and viscoelastic properties of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) myosin, *Journal of Food Science*, 66(8), 1158-1162.
- Huang, G., Chen, S., Dai, C., Sun, L., Sun, W., Tang, Y., Xiong, F., He, R. and Ma, H., 2017, Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity, *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 144-149.
- International Dairy Federation, 1982, Cheese and Processed Cheese. Determination of the Total Solids Content (FIL-IDF Standard 4). Brussels: IDF.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Lelas, V., Paniwnyk, L. and Herceg, Z., 2014, Effect of ultrasound treatment on particle size and molecular weight of whey proteins, *Journal of Food Engineering*, 121, 15-23.
- Johnston, D. E., Austin, B. A. and Murphy, R. J., 1992, The effects of high pressure treatment of skim milk, *Milchwissenschaft*, 47, 760-763.
- Johnston, D. E., Austin, B. A. and Murphy, R. J., 1993, Properties of acid-set gels prepared from high pressure treated skim. milk, *Milchwissenschaft*, 48, 206-209.
- Kadkhodae, R., and Povey, M. J. W., 2008, Ultrasoundic inactivation of *Bacillus* α -amylase. I. Effect of gas content and emitting face of probe, *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(2), 133-142.
- Kamiyama, K., Ikeuchi, Y., Suzuki, A., Kim, K., Hayashi, T., Ito, T., 2001, An immunological assessment of myosin degradation in pressurized chicken muscle, *Journal of Food Science*, 66(8), 1126-1139.
- Kaptan, B., 2004, Farklı Bakteri Kùltürlerinin Beyaz peynir Yapımında Uygunluęunun ve Biyojen Amin Oluşturma Riskinin Belirlenmesi, Doktora Tezi Trakya Üniversitesi, Tekirdağ.
- Kaymaz, ř., 1982. İnek sùtù ile yapılan starterli ve startersiz salamura beyaz peynirlerin olgunlaşma sùreleri sırasında bazı serbest aminoasitlerin (Arg, Ile, Leu, Met, Phe, Trp) miktarları üzerine araştırmalar, *A. Ü. Ziraat Fakùltesi Dergisi*, 27(3-4), 545-560
- KELLY, M., Fox P.F. and McSweeney, P.L.H., Effect of salt-in-moisture on proteolysis in cheddar-type-cheeses. *Milchwissenschaft*, 51 (9), 498-501, (1996).
- Kınık, Ö., Kavas, G., Uysal, H. ve Kesenkas, H., 2004, Yüksek hidrostatik basınç tekniğinin sùt teknolojisinde uygulamaları, *Gıda*, 29(1), 95-102.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. and Lee, D-U., 2004, Applications and potential of ultrasoundic in food processing, *Trends in Food Science & Technology*, 15, 261-266.
- Kuchroo, C. N. and Fox, P. F., 1982, Soluble nitrogen in cheddar cheese: comparison of extraction procedures, *Milchwissenschaft*, 37, 331-335.
- Kumar, V. V., Sharma, V. and Bector, B., 2006, Effect of ripening on total conjugated linoleic acid and its isomers in buffalo cheddar cheese, *Internal Journal of Dairy Technology*, 59 (4), 257-260.
- Kurt, ř. ve Zorba, Ö., 2004, Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı, *Gıda*, 29(5), 357-364.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. and Çaęlar, A., 1993, Sùt ve Mamùlleri Muayene ve Analiz Metodları Rehberi. A.Ü. Yayınları No: 252/d, Ziraat Fak. Yay. No:18, A. Ü. Z. F. Ofset Tesisi. Erzurum.
- Lee, S. K., Anema, S. G., Schrader, K. and Buchheim, W., 1996, Effect of high hydrostatic pressure on Ca-caseinate system, *Milchwissenschaft*, 51.
- Lanciotti, R., Vannini L., Patrigiani F. et al., 2006, Effects of high pressure homogenization of milk on cheese yield and microbiology, lipolysis and proteolysis during Caciotta cheese. *Journal of Dairy Research*, 73, 216-226.

- Lanciotti, R., Patrignani, F., Iucci, L., Guerzoni, M. E., Suzzi, G., Belletti, N. and Gardini, F., 2007, Effects of milk high pressure homogenization on biogenic amine accumulation during ripening of ovine and bovine Italian cheeses, *Food Chemistry*, 104(2), 693-701.
- Law, B. A., 1987, Proteolysis in relation to normal and accelerated cheese ripening. In: P. F. Fox (Editor), *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Elsevier Applied Science, Vol.1, p. 365-392, London and New York.
- Leong, T., Johansson, L., Mawson, R., McArthur, S., Manasseh, R. and Juliano, P., 2016, Ultrasonically enhanced fractionation of milk fat in a litre-scale prototype vessel, *Ultrasonics Sonochemistry*, 28, 118-129.
- Leong, T., Juliano, P., Johansson, L., Mawson, R., McArthur, S. and Manasseh, R., 2015, Continuous flow ultrasonic skimming of whole milk in a liter-scale vessel, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 54, 12671-12681.
- Lullien-Pellerin, V. and Balny, C., 2002, High-pressure as a tool to study some proteins' properties; conformational modification, activity and oligomeric dissociation, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3, 209-221.
- Liu, Z., Juliano, P., Williams, R. P. W., Niere, J. and Augustin, M. A., 2014, Ultrasound improves the renneting properties of milk, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 2131-2137.
- Lopez, P. and Burgos, J., 1995, Lipoxygenase inactivation by manothermosonication: Effects of sonication physical parameters, pH, KCl, sugars, glycerol and enzyme concentration, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 620-625.
- Lopez, P., Sala, F. J., de la Fuente, J. L., Condon, S., Raso, J. and Burgos, J., 1994, Inactivation of peroxidase, lipoxygenase and polyphehol oxidase by manothermosonication, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 252-256.
- Loveday, S. M., Sarkar, A. and Singh, H., 2013, Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture, *Trends Food Science and Technology*, 33, 5-20.
- Manas, P., Munoz, B., Sanz, D. and Condon, S., 2006, Inactivation of lysozyme by ultrasonic waves under pressure at different temperatures, *Enzyme and Microbial Technology*, 39(6), 1177-1182.
- Marchesini, G., Balzan, S., Montemurro, F., Fasolato, L., Andrighetto, I., Segato, S. and Enrico Novelli, E., 2012, Effect of ultrasound alone or ultrasound coupled with CO₂ on the chemical composition, cheese-making properties and sensory traits of raw milk, *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 16, 391-397.
- Marshall, R. T., 1992, *Standart methods for the examination of dairy products*. 16th ed. APHA, Washington, USA.
- Martin, N., Buffa, Antonio, J., Trujillo, 2001, Marta pavia and buenaventura guamis, changes in textural, microstructural and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high pressure-treated goats' milk, *International Dairy Journal*, 11, 927-934.
- Mathlouthi, M., Conry, M., Jaillant, G. and Maitenaz, P., 1980, Water vapor sorption of Gruyere cheese, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 13, 264-268.
- Merdivan, M., Yilmaz, E., Hamamcı, C. and Aygun, R. S., 2004, Basic nutrients and element contents of white cheese of Diyarbakır in Turkey, *Food Chemistry*, 87, 163-171.
- McCaskey, T. A. and Babel, F.J., 1966, Protein losses in whey as related to bacterial growth of milk, *Journal of Dairy Science*, 49, 697.
- Mcsweneey, P. L. H. and Sousa, M. J., 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheese during ripening: A review, *Lait*, 80, 293-327.
- Michaeldou, A., Alichanidis, E., Urlaub, H., Polycroniadou, A. and Zerfiridis, G. K., 1998, Isolation and identification of some major water-soluble peptides in Feta cheese, *Journal of Dairy Science*, 81, 3109-3116.

- Minitab, 1991, Minitab Reference Manual (Release 7.1). Minitab Inc. Stat Coll PS 16801, USA.
- Murphy, R., Beard, B., Macry, J. and Berrang, M. E., 2009, Application of ultrasonic technology for killing *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* in fluid system, Institute of Food Technology, June 6-9,2009. Anaheim, CA. 236-01.
- Mohammadi, V., Ghasemi-Varnamkhashti, M., Ebrahimi, R. and Abbasvali, M., 2014, Ultrasonic techniques for the milk production industry, *Measurement*, 58, 93-102.
- Montalbo-Lomboy, M., Khanal, S. K., Leeuwen, J. (Hans) V., Raman, D. R., Jr, Dunn L. and Grewell, D., 2010, Ultrasonic pretreatment of corn slurry for saccharification: a comparison of batch and continuous systems, *Ultrasoundics Sonochemistry*, 17, 939-946.
- Nöbel, S., Ross, N. L., Protte, K., Körzendörfer, A., Hitzmann, B. and Hinrichs, J., 2016, Microgel particle formation in yogurt as influenced by sonication during fermentation, *Journal of Food Engineering*, 180, 29-38.
- Nguyen, N. H. A. and Anema, S. G., 2017, Ultrasonication of reconstituted whole milk and its effect on acid gelation, *Food Chemistry*, 217, 593-601.
- O'Donnell, C. P. Tiwari, B. K. Bourke, P. and Cullen, P. J., 2010, Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance, *Trends in Food Science and Technology*, 21, 358-367.
- Ohlsson, T. and Bengtsson, N., 2002., *Minimal Processing Technologies In The Food Industry*. Woodhead publishing limited, 41 s, England.
- O'Sullivan, J., Murray, B., Flynn, C. and Norton, I., 2015, Comparison of batch and continuous ultrasonic emulsification processes, *Journal of Food Engineering*, 167, 114-121.
- Ojha, K. S., Mason, T. J., O'Donnell, C. P., Kerry, J. P. and Tiwari, B. K., 2017, Ultrasound technology for food fermentation applications, *Ultrasoundics Sonochemistry*, 34, 410-417.
- Ordóñez, J. A., Sanz, B., Hernandez, P. E. and Lopez-Lorenzo, P., 1984, A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermotolerant *Streptococci*, *Journal of Applied Bacteriology*, 54, 175-177.
- Ozer, B., Kirmaci, H. A., Hayaloğlu, A., Akçelik, M. and Akkoç, N., 2011, The effects of incorporating wild type strains of *Lactococcus lactis* into Turkish Brined Cheese (Beyaz Peynir) on the fatty acid and volatiles content, *International Dairy Technology*, 64, 494-501.
- Ozer, B., 2006, *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. Toprak Ofset Matbaacılık, İzmir, Türkiye, 40 s. ISBN: 975-9944-5660-0-4.
- Öksüz, O., Arıcı, M., Kurultay, S. and Gümüüş, T., 2004, Incidens of *Escherichia coli* O157 in raw milk and white pilce cheese manufactured from raw milk in Turkey, *Food Control*, 15, 453-456.
- Özbek, B. and Ülgen, K., 2000, The stability of enzymes after sonication, *Process Biochemistry*, 35(9), 1037-1043.
- Pagan, R., Manas, P., Alvarez, I. and Condon, S., 1999, Resistance of *Listeria monocytogenes* to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures, *Food Microbiology*, 16, 139-148.
- Pajonk, A., Saurel, R., Andrieu, J., Laurent, P. and Blanc, D., 2003, Heat transfer study and modeling during emmental ripening, *Journal of Food Engineering*, 57, 249-255.
- Paniwnyk, L., 2017, Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review, *Ultrasoundics Sonochemistry*, 38, 794-806.
- Parès, D., Saguer, E., Toldrà, M. and Carretero, C., 2000, effect of high pressure processing at different temperatures on protein functionality of porcine blood plasma, *Journal of Food Science*, 65(3), 486-490.

- Pereda, J., Ferragut, V., Quevedo J.M. et al., 2008a, Effects of ultra-high-pressure homogenization treatment on the lipolysis and lipid oxidation of milk during refrigerated storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 7125-7130.
- Pereda, J., Jaramillo, D. P., Quevedo J.M. et al., 2008b, Characterization of volatile compounds in ultra-high-pressure homogenized milk, *International Dairy Journal*, 18, 826-834.
- Pingret, D., Fabiano-Tixie, A. S. and Chemat, F., 2013, Degradation during application of ultrasound in food processing: A review, *Food Control*, 31, 593-606.
- Pinho, O., Mendes, E., Alves, M. M. and Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2004, Chemical, physical and sensorial characteristics of "Terrincho" ewe cheese: changes during ripening and intravarietal comparison, *Journal of Dairy Science*, 87, 249-257.
- Pinho, P., Pintado, A. I. E., Gomes, A. M. P., Pintado, M. M. E., Malcasa, F. X. and Ferreira, I.M., 2004, Interrelationships among microbial, physicochemical, and biochemical properties of Terrincho cheese, with emphasis on biogenic amines, *Journal of Food Protection*, 67, 2779-2785.
- Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R. C., 2003, Inactivation of microbes using ultrasound: a review, *International Journal of Food Microbiology*, (87), 207-216.
- Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R. C., 2003, Inactivation of microbes using ultrasound, *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216.
- Pongsawatmanit, R., Harnsilawat, T. and McClements, D. J., 2006, Influence of alginate, pH and ultrasound treatment on palm oil-in-water emulsions stabilized by b-lactoglobulin, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 287, 59-67.
- Povey, M. J.W., 1998, Ultrasoundic of food, *Contemporary Physics*, 39(6), 467-478.
- Reynolds, J. B., Anderson, D. B., Schmidt, G. R., Theno, D. M. and Siegel, D. G., 1978, Effects of ultrasoundic treatment on binding strength in cured ham rolls, *Journal of Food Science*, 43(3), 866-869.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J. and Lyng, J. G., 2009, The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation, *Food Chemistry*, 114, 905-911.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J. and Lyng, J. G., 2010, A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks, *Food Chemistry*, 119, 1108-1113.
- Rohm, H. and Jaros, D., 1996, Colour of hard cheese 2. Factors of influence and relation to compositional parameters, *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung Forschung*, 204, 259-264.
- Ruegg, M., Water in dairy products related to quality, with special reference to cheese. In D. Simatos, & J. L. Multon (Eds.), *Properties of water in foods* (pp. 603-625). Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, (1985).
- San Martín M. F., Harte F. M., Lelieveld H., Barbosa-Cánovas G. and Swanson B. G., 2001, Inactivation effect of an 18-t pulsed magnetic field combined with other technologies on *Escherichia coli*, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2, 273-277.
- Sarantinopoulous, P., Kanaltzopoulous, G. and Tsakalidou, E., 2002, Effect of *Enterococcus faecium* on mikrobiological, physicochemical and sensory characteristics of greek feta cheese, *International Journal of Food Microbiology*, 76(1), 93-105.
- Sfakianakis, P., Topakas, E. and Tzia, C., 2015, Comparative study on high-intensity ultrasound and pressure milk homogenization: effect on the kinetics of yogurt fermentation process, *Food Bioprocess Technology*, 8, 548-557.
- Sfakianakis, P. and Tzia, C., 2014, Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review, *Foods*, 3(1), 176-193.

- Shershenkov, B. and Suchkova, E., 2015, Upgrading the technology of functional dairy products by means of fermentation process ultrasonic intensification, *Agronomy Research*, 13(4), 1074-1085.
- Schmidt, D. G. and Koops, J., 1977, Properties of artificial casein micelles. 2. stability towards ethanol, dialysis, pressure, *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 31, 342-357.
- Shestakov, S., Krasulya, O., Rink, R. and Ashokkumar, M., 2013, Sonication of dairy systems improves their properties, <http://www.ejta.org/en/shestakov5eng> (Erişim tarihi: 04.09.2013).
- Shanmugam, A., Chandrapala, J. and Ashokkumar, M., 2012, The effect of ultrasound on the physical and functional properties of skim milk, *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 16, 251-258.
- Soria, A. C. and Willamiel, M., 2010, Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food, *Trends in Food Science & Technology*, 21, 323-331.
- şanal, İ. S. ve alımlı, A., 2000, Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi ve gıda endüstrisinde uygulamaları, *Gıda*, 25(3), 193-201.
- şengöl, M. ve akmakı, S., 1998, Erzincan tulum (Savak) peynirlerinin bazı kalite kriterleri üzerine ambalaj materyali ve olgunlaşma süresinin etkisi. *Doğu Anadolu Tarım Kongresi*, 1687-1698, Erzurum.
- şengöl, M., Başlar, M., Erkaya, T. ve Ertugay, M. F., 2009, Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi, *Gıda*, 34(4), 219-222.
- Thakur, B. R. and Nelson, P. E., 1997, Inactivation of lipoxygenase in whole soy flour suspension by ultrasonic cavitation, *Nahrung*, 41(5), 299-301.
- Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K. and Cullen, P. J., 2009, Effect of sonication on orange juice quality parameters during storage, *International Journal of Food Science and Technology*, 44(3), 586-595.
- Todorova, D. and Kozev, A., 1995, Kachaval durability predicted by water activity, *Bulgarian Journal of Agriculture Science*, 1-4, 465-468.
- Tonello, Largeteau, A., Jolebert F., Deschamps, A. and Demazeau, G., 1992, Pressure effect on microorganisms and Immunoglobulins of bovine colostum. In: C. Banlny, R. Hayashi, K., Heremans & P. Masson (Editors), High Pressure and biotechnology. Colloque INSERM/John Libbey Eurotext Ltd. Bd. 224. 249-254.
- TSE, TS 1018 iğ süt standartı. (1971), Pp:9.
- Johnston, D. E., Austin, B. A., Murphy, R. J., 1993, Properties acid-set gels prepared from high pressure treated skim milk, *Milchwissenschaft*, 49(12), 206-209.
- Vijayakumar, S., Grewell, D., Annandarajah, C., Benner, L. and Clark, S., 2015, Quality characteristics and plasmin activity of thermosonicated skim milk and cream, *Journal of Dairy Science*, 98, 6678-6691.
- Yetişmeyen, A., 1997, *Süt teknolojisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1420, Ankara.
- Uraz, T. ve şimşek, B., 1998, Ankara piyasasında satılan Beyaz peynirlerin proteoliz düzeylerinin belirlenmesi, *Gıda*, 23(5), 371-375.
- Uysal, H., Kınık, Ö. ve Kavas, G., 2004, Süt ve Ürünlerinde Uygulanan Test Teknikleri, E.Ü. Ziraat fakültesi Yayınları, No:560, E.Ü. Basımevi, İzmir, Pp:101.
- Vinatoru, M., 2001, An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, *Ultrasounics Sonochemistry*, 8, 303-313.
- Wu, H., Hulbert, G. J. and Mount, J. R., 2001, Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter, *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 1, 211-218.
- Walter, R. and Seeger, S., 1990, Water activity and moisture content of selected foods of commerce in Hawaii, *Journal of Food Protection*, 53 (1), 72-74.

- Wang, J., Cao, Y., Sun, B., Wang, C. and Mo, Y., 2011, Effect of ultrasound on the activity of alliinase from fresh garlic, *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 534-540.
- Venema, D. P., Herstel, H. and Elenbaas, H. L., 1987, Determination of the ripening time of Edam and Gouda Cheese by chemical analysis, *Netherland Milk Dairy Journal*, 41, 215-216.
- Villamiel, M. and De Jong, P., 2000, Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins and native enzymes of milk, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 472-478.
- Zhang, Z., Regenstein, J. M., Zhou, P., Yang, Y., 2017, Effects of high intensity ultrasound modification on physicochemical property and water in myofibrillar protein gel, *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 960-967.
- Zhang, Z., Sun, D. W., Zhu, Z. and Cheng, L., 2015, Enhancement of crystallization processes by power ultrasound: current state-of-the-art and research advances, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 303-316.
- Zisu, B., Lee, J., Chandrapala, J., Bhaskaracharya, R., Palmer, M., Kentish, S. and Ashokkumar, M., 2011, Effect of ultrasound on the physical and functional properties of reconstituted whey protein powders, *Journal of Dairy Research*, 78, 226-232.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fadime EROL
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : EREĞLİ / 06.05.1990
Telefon : 05304548237
Faks :
e-mail : Fadime_erol@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ereğli Cumhuriyet Lisesi KONYA	2007
Üniversite	: Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği	2012
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2018
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-...	İçişleri Bakanlığı-Emniyet Genel Müdürlüğü	Polis Memuru
2013-2015	Gençlik ve Spor Bakanlığı- Konya Gençlik Merkezi	Gençlik Lideri
2013	AKBEL Süt ve Süt Ürünleri A.Ş.	Kalite Kontrol Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER İngilizce, İtalyanca

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR