

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN SÜTÜN FİZİKOKİMYASAL VE
JELLEŞME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma TÜRKMEN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN SÜTÜN FİZİKOKİMYASAL VE
JELLEŞME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Fatma TÜRKMEN
506091538**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Meral KILIÇ-AKYILMAZ

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü' nün 506091538 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, **“Fatma TÜRKMEN”**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN SÜTÜN FİZİKOKİMYASAL VE JELLEŞME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ”** başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Meral KILIÇ-AKYILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. F. Seniha GÜNER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Filiz ALTAY
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 19 Aralık 2011
Savunma Tarihi : 26 Ocak 2012

ÖNSÖZ

Gıda endüstrisinde ısıt işleme alternatif yeni teknolojilerin kullanımını araştıran çalışmaların sayısı giderek artmaktadır, fakat ultrases işleme ile ilgili yapılan çalışmalarda ısıt işlemin yerine kullanımını araştıran çalışma sayısı sınırlı kalmaktadır. İTÜ Gıda Mühendisliği' nde yoğurt gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde yüksek sıcaklıkta ısıt işlemin yerine kullanılması amaçlanan yüksek güçlü ultrases işleme ile ilgili çalışma yapmaktan mutluyum ve elde edilen sonuçların ülkem için faydalı olmasını dilerim.

Yüksek lisans tez çalışmam süresince her konuda yol gösteren, yardım ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesini örnek aldığım değerli hocam Prof. Dr. Meral KILIÇ-AKYILMAZ' a teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ' e ve yaşamım boyunca eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca laboratuvar çalışmalarım sırasında manevi destek ve yardımları için Gıda Yük. Müh. Nalan DEMİR ve arkadaşım Tuba UZUNOĞLU' na çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam sırasında ve tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim, başarımın asıl sahibi olan annem, babam ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

Aralık 2011

Fatma TÜRKMEN
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Yoğurt.....	3
2.1.1 Tanımı ve özellikleri	3
2.1.2 Yoğurt üretimi ve kalite özellikleri	4
2.1.3 Yoğurtta yapısal kalite problemleri	6
2.1.4 Yüksek sıcaklıkta ısıtıl işlemin yoğurt üzerindeki etkisi	6
2.1.4.1 Isıtıl işleme alternatif yeni teknolojiler	8
2.2 Ultrases İşlemi.....	9
2.2.1 Ultrases işleminin sınıflandırılması	9
2.2.2 Ultrases işleminin sistem bileşenleri.....	10
2.2.3 Ultrases işleminin etki mekanizması.....	11
2.2.4 Ultrases işleminin kullanım alanları	13
2.2.5 Ultrases işleminin süt ve süt ürünlerinde kullanımı.....	13
3. MALZEME VE YÖNTEM	17
3.1 Malzeme	17
3.2 Yağlı ve Yağsız Sütlerin Bileşiminin Belirlenmesi	17
3.2.1 Kuru madde analizi	17
3.2.2 Yağ analizi	17
3.2.3 Protein analizi	18
3.3 Deneme Planı	18
3.3.1 Yüksek güçlü ultrases işleminin sütün fizikokimyasal özelliklerine ve serum proteinlerinin denatürasyonuna etkisinin belirlenmesi.....	18
3.3.1.1 pH.....	19
3.3.1.2 Titrasyon asitliği.....	19
3.3.1.3 İletkenlik	19
3.3.1.4 Çözünür kalsiyum miktarı.....	20
3.3.1.5 Kazein fraksiyonunda denatüre serum proteini analizi.....	20
3.3.2 Süte yüksek güçlü ultrases işleminin uygulanmasının laktik asit bakterileri ile jelleşmesine ve yoğurdun özelliklerine etkisinin belirlenmesi	22
3.3.2.1 Yoğurt üretimi.....	23
3.3.2.2 Jelleşme süresi.....	23
3.3.2.3 Jelleşme pH değeri	23
3.3.2.4 Jel sertliği ve dayanıklılığı	23

3.3.2.5 Jelin su tutma kapasitesi	24
3.4 İstatistiksel Analiz	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1 Sütün Bileşimi	27
4.2 Ultrases işleminin Sütün Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi	27
4.3 Ultrases İşleminin Kazeinle Birleşen Serum Proteini Miktarına Etkisi	32
4.4 Yağlı Sütlerle Hazırlanan Yoğurtların Jelleşme Özellikleri	34
4.4.1 Jelleşme süresi ve pH değeri	34
4.4.2 Jel sertliği ve dayanıklılığı	37
4.4.3 Jelin su tutma kapasitesi	41
4.5 Yağsız Sütlerle Hazırlanan Yoğurtların Jelleşme Özellikleri	43
4.5.1 Jelleşme süresi ve pH değeri	43
4.5.2 Jel sertliği ve dayanıklılığı	45
4.5.3 Jelin su tutma kapasitesi	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	59
ÖZGEÇMİŞ	75

KISALTMALAR

AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
BS	: Backscattering
H_E	: Homojenizasyon Etkinlik Değeri
HP	: Yüksek Basınç
LVR	: Linear Viscoelastic Range
STK	: Su Tutma Kapasitesi
TA	: Tribomechanical Activation
TCA	: Trikloroasetikasit
TS	: Termosonikasyon
US	: Ultrases

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Yoğurdun özellikleri.....	3
Çizelge 3.1 : Çalışmanın ilk aşamasında kullanılan ultrases işlem kombinasyonları.	19
Çizelge 4.1 : Pastörize-homojenize yağlı ve yağsız sütlerin bileşimi	27
Çizelge 4.2 : Ultrases ve ısıl işlemin sütün fizikokimyasal özelliklerine etkisi	28
Çizelge 4.3 : Ultrases işlem parametrelerinin sütün fizikokimyasal özelliklerine ve kazein fraksiyonundaki protein miktarına etkileri	29
Çizelge 4.4 : Ultrases ve ısıl işlemin kazeinle birleşen serum proteini miktarına etkisi.	33
Çizelge 4.5 : Yağlı sütlerde ultrases ve ısıl işlem uygulamasının jelleşme süre ve pH değerine etkisi	36
Çizelge 4.6 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtların jelleşme özellikleri	39
Çizelge 4.7 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda su tutma kapasitesi.	42
Çizelge 4.8 : Yağsız sütlerde ultrases ve ısıl işlem uygulamasının jelleşme süre ve pH değerine etkisi.	44
Çizelge 4.9 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtların jelleşme özellikleri.....	47
Çizelge 4.10 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda su tutma kapasitesi	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Yoğurt üretimi	5
Şekil 2.2	: Kullanılan ultrases cihazının şematik gösterimi.....	10
Şekil 4.1	: Sütün pH değerine ultrases işleminin güç ve sıcaklık etkisi	30
Şekil 4.2	: Sütün iletkenlik değerine ultrases işleminin sıcaklık ve süre etkisi	31
Şekil 4.3	: Kazeine bağlı denatüre serum proteini oranına ultrases işleminin sıcaklık ve süre etkisi.	34
Şekil 4.4	: Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.....	35
Şekil 4.5	: Yağlı sütlerde ultrases işleminin jelleşme süre ve pH düşüşüne etkisi ve ısıtma işlemi ile karşılaştırılması.....	37
Şekil 4.6	: Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.....	38
Şekil 4.7	: Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.	41
Şekil 4.8	: Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağsız sütlerle üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.	44
Şekil 4.9	: Yağsız sütlerde ultrases işleminin jelleşme süre ve pH düşüşüne etkisi ve ısıtma işlemi ile karşılaştırılması.....	45
Şekil 4.10	: Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.....	46
Şekil 4.11	: Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.	48
Şekil A.1	: Ultrases işleminin güçxsıcaklık ilişkisinin pH değeri üzerine etkisi.	60
Şekil A.2	: Ultrases işleminin sıcaklıkxsüre ilişkisinin iletkenlik değeri üzerine etkisi.....	61
Şekil A.3	: Ultrases işleminin sıcaklıkxsüre ilişkisinin kazein fraksiyonunda protein değeri üzerine etkisi.....	62
Şekil B.1	: Farklı sürelerde ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.	63
Şekil B.2	: En düşük ve en yüksek ultrases işlem parametreleri ile ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.....	64
Şekil B.3	: Farklı sürelerde ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.....	65
Şekil B.4	: Farklı sürelerde ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.	66
Şekil B.5	: En düşük ve en yüksek ultrases işlem parametreleri ile ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.	67
Şekil B.6	: En düşük ve en yüksek ultrases işlem parametreleri ile ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.....	68
Şekil C.1	: Sütün pH değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.	69

Şekil C.2 : Sütün titrasyon asitliği değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.	70
Şekil C.3 : Sütün iletkenlik değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.	71
Şekil C.4 : Sütün çözünür kalsiyum değerlerinde ultrases işleminin artık analizi. ..	72
Şekil C.5 : Sütün kazein fraksiyonunda protein değerlerinde ultrases işleminin artık analizi	73

YÜKSEK GÜÇLÜ ULTRASES İŞLEMİNİN SÜTÜN FİZİKOKİMYASAL VE JELLEŞME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünleri sütün pH değerinin düşürülmesi ile proteinlerin koagülasyonu sonucunda elde edilmektedir. Fermente süt ürünlerinde yapının zayıf olması ve serum ayrılması yapısal kalite kusurlarının başında gelmekte ve tüketicilerin beğenisini etkilemektedir. Özellikle yağsız fermente süt ürünlerinde bu problemler daha çok görülmektedir. Bu tip ürünlerde yapının iyileştirilmesi için yüksek sıcaklıkta ısıl işlem ve homojenizasyon işlemleri uygulanmaktadır. Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulaması ile serum proteinleri denatüre edilmekte ve denatüre olan serum proteinleri kazeinle ve kendi aralarında agregatlar oluşturmaktadır. Homojenizasyon işlemi ile de yağ globüllerinin çapı küçültülmekte ve bu globüllerin membranına kazein ve denatüre serum proteinleri dahil olmakta ve bu globüller de yapıya dahil olmaktadır. Bu işlemlerle yapı güçlendirilmekte ve serum ayrılması azaltılmaktadır.

Yüksek sıcaklıkta ısıl işlemin maliyeti artırması ve besin değerlerinde kayıplara yol açması son yıllarda ısıl işleme alternatif yeni teknolojilere olan eğilimi giderek artırmaktadır. Bu yöntemlerle ürünün yapısal özellikleri geliştirilebilirken aynı zamanda katkı ihtiyacı giderilebilmektedir. Yapısal özellikleri geliştirme potansiyeline sahip uygulamalar yüksek basınç ve yüksek güçlü ultrases uygulamalarıdır. Yüksek basınç işleminin literatürde fermente süt ürünlerinin yapısal özelliklerine etkisini inceleyen bir çok çalışma bulunmasına rağmen yüksek güçlü ultrases işlemi ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, yoğurt üretiminde yüksek güçlü ultrases işleminin yüksek sıcaklıkta ısıl işlemin yerine kullanılabilme potansiyelinin araştırılmasıdır. Bu amaçla ilk aşamada süte farklı güç, sıcaklık ve sürede yüksek güçlü ultrases işlemi uygulanarak yüksek sıcaklıkta ısıl işlemin sağlamış olduğu orana yakın bir oranda serum proteini denatürasyonu elde edilmeye çalışılmıştır. İkinci aşamada yüksek sıcaklıkta ısıl işlem ve yüksek güçlü ultrases işlemi uygulanmış sütlerden üretilen yoğurtların jelleşme özellikleri karşılaştırılmıştır.

Çalışmada 24 kHz sabit frekans, 400 W maksimum çıkış gücü ve 85 W/cm² maksimum akustik güç yoğunluğu sağlayan bir ultrases cihazı ve 22 mm çapında bir prob kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, pastörize ve homojenize yağlı süte farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve sürelerde (10-30 dk) ultrases işlemi uygulanmıştır. Kontrol örneği olarak yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (85°C-30 dk) uygulanmış bir örnek hazırlanmıştır. İşlem uygulanmış sütlerin fizikokimyasal özellikleri ve kazein fraksiyonunda protein miktarı belirlenerek karşılaştırılmıştır. Serum proteinlerinin denatürasyonu ve kazeinle birleşmeleri kazein fraksiyonundaki protein miktarındaki artış ile tespit edilmiştir. İkinci aşamada, yağlı ve yağsız sütlerle yüksek güçlü ultrases işlemi ve yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulanmış ve laktik asit bakterileri eklenerek jelleşmesi sağlanmıştır. İşlem görmüş sütlerin jelleşme pH'sı,

jelleşme süresi, elde edilen jelin su tutma kapasitesi ve reolojik özellikleri ölçülmüştür. Ultrases uygulanmış sütlerden elde edilen jellerin özellikleri ile yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi uygulanmış sütten elde edilen jelin özellikleri karşılaştırılmıştır. Ultrases uygulaması ile sütün fizikokimyasal özelliklerinde değişiklik meydana geldiği bulunmuştur. Ultrases işlem sıcaklığı pH, iletkenlik ve çözünür kalsiyum miktarı üzerinde etkili olmuştur. İşlem süresinin ise çözünür kalsiyum miktarı dışında diğer fizikokimyasal özellikler üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Ultrases işlem gücü ise sadece pH değeri üzerinde etkili olmuştur. Sütün pH değerinin uygulanan ultrases işlem sıcaklığı ve gücünün artırılması ile ısıtılma işlemi benzer şekilde azaldığı görülmüştür. İletkenlik sıcaklık ve sürenin artırıldığı durumlarda yükselmiştir. Çözünür kalsiyum miktarı ise düşük işlem sıcaklığında süre artarken artış göstermiş, sıcaklık yüksek iken azalma göstermiştir. Ultrases işlemi titrasyon asitliğinde herhangi bir değişime neden olmamıştır.

Kazein fraksiyonunda protein miktarı üzerinde ultrases işlem sıcaklığı ve süresinin etkili olduğu ancak gücün etkili olmadığı bulunmuştur. Sıcaklık ve süre artışıyla birlikte kazein fraksiyonunda ölçülen protein miktarının arttığı bulunmuş, bu da serum proteinlerinin ultrases işlemi sonucunda denatüre olduğu ve kazeinle birleştiğini göstermiştir. Gücün ve sıcaklığın düşük olduğu durumlarda kazein fraksiyonundaki protein miktarında düşük oranda bir artış tespit edilmiştir. Sıcaklığın 60°C olduğu durumlarda yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemin sağladığı düzeye yakın bir artış tespit edilmiştir.

Yüksek güç ve sıcaklıkta uzun süre (%100-60°C-30 dk) ultrases işlemi uygulanan sütün ısıtılma işlemi uygulanan örneğe göre daha kısa sürede jelleştiği ve jelleşme pH değerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Diğer ultrases işlem parametre kombinasyonlarında jelleşme süre ve pH değerlerinde ısıtılma işlemi göre önemli düzeyde bir farklılık bulunmamıştır. Su tutma kapasitesinin ultrases işlem gücü, sıcaklığı ve süresi artırıldıkça yükseldiği bulunmuştur. Ultrases uygulanmış yağsız sütlerden elde edilen jellerin ise jelleşme süresi, jelleşme pH'sı ve su tutma kapasitesi değerlerinin ısıtılma işlemi uygulanan örnekten elde edilen jelle göre farklı olmadığı bulunmuştur.

Reolojik analizlerde yağsız süt jellerinde ultrases işleminin yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemiyle karşılaştırıldığında olumlu bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Yağlı süt jellerinde %25-60°C-10dk ultrases işlemi ile yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi uygulanmış sütten elde edilen jelle benzer yapısal özelliklerde bir jel elde edilmiştir.

THE EFFECT OF HIGH POWER ULTRASOUND TREATMENT ON PHYSICOCHEMICAL AND GELATION PROPERTIES OF MILK

SUMMARY

Yoghurt and fermented milk products like yoghurt are obtained with decreasing the pH of milk that causes the coagulation of milk proteins. There are two major types; set and stirred yoghurt. Set yoghurt is produced by the lactic acid bacteria (*Streptococcus* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) ferment lactose into lactic acid giving a continuous gel structure in the consumer container. In stirred yogurt, the acid gel is formed during incubation in fermentation tanks, then it is disrupted by stirring.

In fermented milk products, unacceptable consistency and serum separation are the major textural quality defects and influence consumer's liking. Especially, in non-fat fermented milk products these defects are observed excessively. The texture is improved with techniques as high temperature treatment, adding of stabilizers or increasing the solid concentration. However, adding of stabilizer is not desired to eat by the consumers do not like the products contained additive.

Yoghurt gel structure is improved with the homogenization and high temperature heat treatment before the yoghurt production. Casein and denatured whey proteins are included the fat particles that reduced size by the homogenization treatment and so serum separation is prevented. Heating of milk is an important processing for the preparation of yoghurt as it influences the physical properties and microstructure of yoghurt. The temperature/time combinations for the heat treatments that are commonly used in the yoghurt industry include 85°C for 30 min or 90-95°C for 10-5 min. Whey proteins are denatured by the application of high temperature heat treatment and most of the denatured whey proteins interact with casein. As the temperature and time of heat treatment were increased, denaturation of whey proteins increased.

The tendency of new technologies that is alternative to heat treatment is increased rapidly as the high temperature heat treatment has high cost and causes the loss of nutrient content. Structural properties of products are improved with these techniques and also removed the additive requirement. High pressure and high power ultrasound applications have the potential to improve the structural properties. Ultrasonics are sound waves whose frequency is above the threshold of human hearing (>20kHz). Ultrasound treatment in food industry is used by divided into two different general groups: high-intensity ultrasound and low-intensity ultrasound. High-intensity ultrasound applications are used to modify a process or a product and is applied at low frequencies (20-300 kHz) to obtain high power levels(10-1000 W/cm²), whereas low-intensity ultrasound are applied to monitor a process or a product and uses higher frequencies (250 kHz to 1 MHz or more) to obtain lower power levels, less than 1 W/cm².

The number of studies with high power ultrasound treatment were smaller although there are great number of studies investigate the effect of high pressure treatment on structural properties of fermented milk products. The aim of this study was to investigate the application of high power ultrasound treatment can be alternative to high temperature heat treatment in yoghurt production. With this aim, whey protein denaturation provided by high temperature heat treatment were studied to obtain by the treatment of high power ultrasound to milk before the yoghurt production. The gelation properties of yoghurts obtained by the high temperature and high power ultrasound treated milks.

Treatment was carried out with an ultrasonic processor has maximum 400W output power and constant frequency at 24 kHz by using a 22 mm tip diameter and it has 85 W/cm² acoustic energy intensity. Ultrasound treatment was applied to pasteurized-homogenized milks at different power (20-100%), temperature (20-60°C) and times (10-30 min) at the first stage of study. Physicochemical properties of milk were measured and the amount of denatured whey protein in casein fraction was determined with the Kjeldahl Method. High temperature heat treatment (85°C-30min) was carried out as to compare with the effect of ultrasound treatment and ultrasound treatment combinations which have the amount of serum protein in casein fraction such as high temperature heat treatment were determined.

The effect of selected ultrasound treatment combinations on gelation properties of yoghurt was investigated and compared with the heat treatment in the second stage of study. Yogurt production was obtained by adding the lactic acid culture to the treated milks with heat or ultrasound treatment at 43°C fermentation step. Gelation time and pH value were determined with the measure obtained by the turbidimeter started at the same time with fermentation.

Dynamic oscillation tests were conducted to characterize the viscoelastic properties of yoghurts. Stress sweep was carried out from 0.01 to 1000 Pa at a constant frequency 1Hz and maksimum G' value (storage modulus) that gel was not broken was recorded. The length of linear viscoelastic range indicating that G' value is independent of the oscillation stress and a shear stress before gel structure started breaking down was determined as maksimum shear stress. Frequency sweep was performed from 0,1 to 100 Hz to determine the behavior of G' and G'' (loss modulus) of gels as the frequency was increased. In fermented milk products like yoghurt, G' and G'' increases while frequency is increased and G' has higher than G''. Rheological properties and water holding capacity of yoghurts treated with the ultrasound and heat treatment were determined after storage at 4°C for one day.

Changes were observed on the physicochemical properties of milk with ultrasound treatment. The temperature of utrasound treatment was effective significantly on pH, conductivity, amount as soluble calcium of milk. Treatment time was effective on the other physicochemical properties of milk except amount of soluble calcium. Ultrasound treatment power had effect only pH value of milk. pH value of milk in the ultrasound combination which has high temperature and high power similar to heat treatment. Conductivity increased in situation of increasing the treatment temperature and time. Amount of soluble calcium increased as the treatment time was increased at low temperature ultrasound treatment and decreased at the high temperature ultrasound treatment. Titratable acidity of milk was not affected by the ultrasound treatment significantly.

The temperature and time of the ultrasound treatment parameters were found effective on amount of whey protein in casein fraction. Amount of whey protein in casein fraction increased as the temperature and time of the ultrasound treatment were increased. The combination of ultrasound treatment, 25%-20°C-10min, was observed on whey proteins that none of them were associated with the casein micelle. 100%-60°C-30min ultrasound treatment combination gave close amount of whey protein associated with casein as in the high temperature heat treatment. The power of ultrasound treatment was found effective on amount of whey protein in casein fraction insignificantly.

G' and maksimum shear stress value of yoghurts were made by the treated with 25%-60°C-10min ultrasound combination were found close to high temperature heat treatment treated yoghurt. The length of linear viscoelastic range and G' of the yoghurts were observed to decrease as the time and power of ultrasound treatment. 25%-20°C-10min ultrasound treatment combination which whey protein was not observed in casein affected the gelation properties negatively compared with the 25%-60°C-10min ultrasound combination. All of the ultrasound and heat treated samples have high G' value compared with the G'' in the frequency sweep results. G' and G'' value of all yoghurts increased with similar a slope as the frequency was increased. Same results were obtained yoghurts prepared with full-fat and non-fat milk treated ultrasound or heat treatment.

Yoghurt which was obtained by the treated milk with 100%-60°C-30min and 25%-60°C-30min ultrasound combinations were found to have high gelation pH while they had low gelation time according to heat treatment. Gelation time and pH value did not change significantly upon ultrasound treatment combinations compared with the heat treatment. In addition, water holding capacity of yoghurt treated with 100%-60°C-30min was found higher than the heat treatment.

Water holding capacity was observed to increase as the ultrasound treatment time, temperature and power were increased. Water holding capacity increased since increasing the amount of whey protein associated with casein and reducing the size of fat and casein micelle. Yoghurts treated with 25%-60°C-30min and 100%-60°C-30min ultrasound combinations have higher water holding capacity value than the yoghurts treated with high temperature heat treatment and other ultrasound treatment.

In yoghurts prepared with non-fat milks, all gelation properties had smaller value than the heat treatment and gelation time, pH and water holding capacity did not significantly change upon ultrasound and heat treatment. According to the results of full-fat milk treated ultrasound, G' and maksimum shear stress value of yoghurts prepared with non-fat milks treated 25%-60°C-10min were close to heat treatment properties. Ultrasound treatment time (30 min) has negative effect on the yoghurt gel structure. Yoghurts treated with the 25%-60°C-30min combination has lower G' and maximum shear stress value than the yoghurts treated with 25%-60°C-10min combination.

Yoghurts prepared with ultrasound treatment combination, 25%-60°C-10min, were found to have gel structure close to the heat treatment. 100%-60°C-30min ultrasound treatment was observed to have the close value of whey protein in casein fraction compared with the heat treatment and maksimum level of water holding capacity. According the results of gelation properties, 25%-60°C-10min can be applied as alternative treatment to high temperature heat treatment since it was found to have similar gel structure heat treated samples.

1.GİRİŞ

Yoğurt ve benzeri fermente st Ürünleri sağlık açısından tercih edilen rnlerdir. Bu rnler sütün asitlendirilmesi sonucunda proteinlerin koagülasyonu ile jel yapının oluşturulduğu ürünlerdir. Yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinin üretiminde süte yüksek sıcaklıkta ısııl işlem (80-90°C, 30-10 dk) uygulanarak yapı güçlendirilmekte ve serum ayrılması azaltılmaktadır.

Yüksek sıcaklıkta ısııl işlem ile sütte bulunan serum proteinleri denatüre edilmekte, denatüre serum proteinlerinin kazeinle ve kendi aralarında birleşmeleri ile yapı güçlendirilmektedir (Dannenberg ve Kessler, 1988a; Beaulieu ve diğ, 1999; Corredig ve Dalgleish, 1999; Guyomark ve diğ, 2003; Anema, 2008). Ayrıca retim aşamasında homojenizasyon işlemi ile yağ globüllerinin çapı küçültülerek parçalanan yağ globüllerinin dış yüzeyine kazein ve serum proteinlerinin bağlanması ile yağın protein ağına dahil olması sağlanmaktadır. Ancak yüksek sıcaklıkta ısııl işlem olmadan tek başına homojenizasyon etkisi yapının güçlendirilmesi için yeterli olmamaktadır.

Fermente süt ürünlerinde en sık görülen yapısal kalite problemleri jel yapısının zayıf olması ve serum ayrılmasıdır. Yüksek sıcaklıkta ısııl işlem uygulaması ile serum ayrılması azaltılabilmektedir (Guyomark ve diğ, 2003). Kuru madde oranının artırılması veya stabilizör katkı maddelerinin ilave edilmesi ile fermente süt ürünlerinde serum ayrılması azaltılırken yapı güçlendirilebilmektedir. Fakat yüksek sıcaklıkta ısııl işlem uygulanmadan yapılan işlemlerin etkisi düşük olmaktadır (Anema, 2008; Köksoy ve Kılıç, 2004).

Yüksek sıcaklıkta ısııl işlem maliyeti artırmakta ve gıdaların besin değerinde düşmeye yol açabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda fermente süt ürünlerinde hem maliyeti düşürme hem de besin değerini koruma amacıyla ısııl işleme alternatif olabilecek yeni yöntemlere olan ilgi artmaktadır. Bu yöntemler sayesinde gıdaların yapısal özellikleri de iyileştirilebilmektedir. Yüksek basınç ve yüksek güçlü ultrases işlemi yapıyı geliştirme potansiyeline sahiptir. Yüksek basınç işlemi ile serum proteinleri denatüre edilebilmektedir (Huppertz ve diğ, 2004a; Lpez-Fandiño ve

diğ,1998). Yüksek basınç uygulamalarında basınç ve işlem süresinin artırılmasıyla serum proteini denatürasyonu artırılabilmekte ve jel yapının özellikleri iyileştirilebilmektedir (Harte ve diğ, 2003). Ayrıca yüksek basınç homojenizasyonu sayesinde denatüre olan serum proteinleri ile küçülen yağ partikülleri arasında etkileşim meydana geldiğinden dolayı yapı güçlendirilmektedir (Serra ve diğ, 2007). Yüksek basınç işleminin sütteki serum proteinlerine etkisi ve yoğurt üretimi ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen literatürde ultrases işleminin etkisi ile ilgili çalışmaların sayısı sınırlıdır.

Yüksek güçlü ultrases uygulamasının karıştırma, homojenizasyon, emülsiyon oluşturma, enzim ve mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanımı araştırılmaktadır. Ultrases işlemi ile yağ partiküllerinin boyutu küçültülebildiğinden klasik homojenizasyonun yerine kullanılabilmektedir (Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2008; Riener ve diğ, 2009; Şengül ve diğ, 2009). Yüksek güçlü ultrases işlemi ile serum proteinleri denatüre edilebilmektedir (Riener ve diğ, 2009; Villamiel ve de Jong, 2000). Ultrases işleminin proteinlerin yapısal özelliklerine etkisi ile ilgili çalışma sayısı ise sınırlıdır.

Yüksek güçlü ultrases işlemi ile ilgili yapılan sınırlı sayıda çalışmada ultrasesin daha çok homojenizasyon etkisi araştırılmış, yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde yüksek sıcaklıkta ısıl işlem yerine uygulanması ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada amaç, yüksek güçlü ultrases işleminin yoğurt üretiminde yüksek sıcaklıkta ısıl işlem yerine kullanım potansiyelinin belirlenmesidir. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, yüksek güçlü ultrases işleminin sütün fizikokimyasal özelliklerine ve serum proteinlerinin denatürasyonuna etkisi belirlenmiştir. İkinci aşamada, süte yüksek güçlü ultrases işleminin uygulanmasının sütün jelleşme özelliklerine ve bu süttten elde edilen yoğurdun özelliklerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulanmış sütün ve bu süttten üretilen yoğurdun özellikleri ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Yoğurt

2.1.1 Tanımı ve özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği' nde fermente süt ürünü, “sütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermentasyonu ile pH değerinin koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde düşürülmesi sonucu oluşan ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda, canlı ve aktif olarak bulunduran süt ürünü” olarak tanımlanmakta, yoğurt ise “fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anon., 2009).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği' ne göre yoğurtta protein, yağ ve titrasyon asitliği miktarı belirtilirken kuru madde miktarı belirtilmemiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 :Yoğurdun özellikleri (Anon., 2009).

Özellik	Yoğurt (Ağırlıkça %)
Süt proteini	En az 3,0
Süt yağı	En fazla 15
Titrasyon asitliği (Laktik asit olarak)	En az 0,6 En fazla 1,5

2.1.2 Yoğurt üretimi ve kalite özellikleri

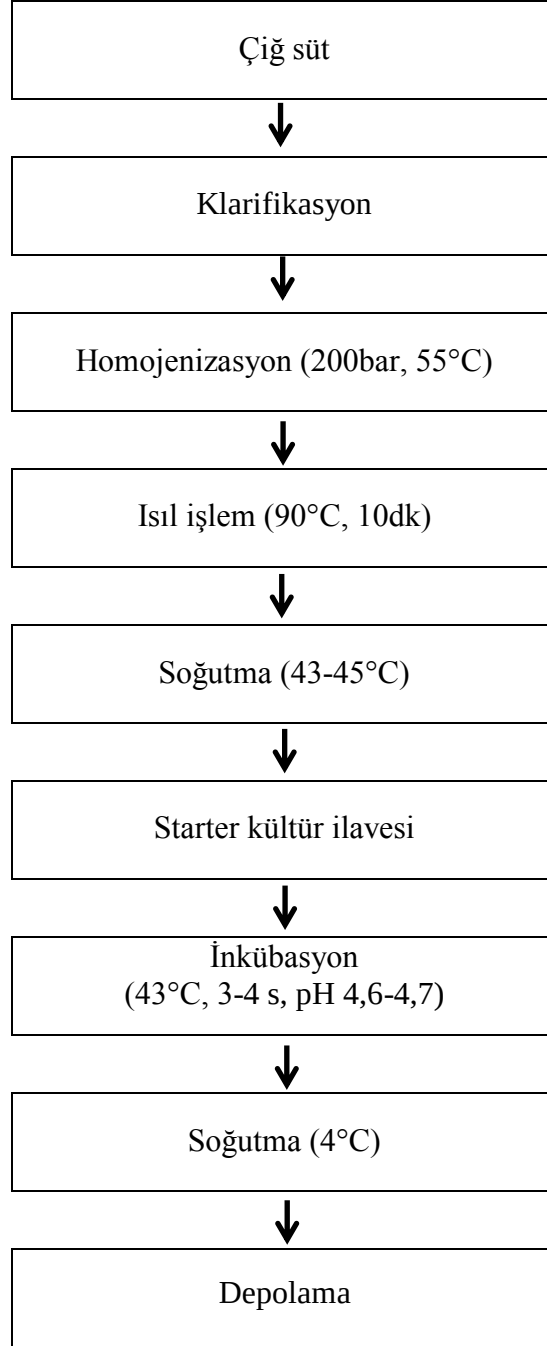
Süte yapılan ön işlemlerden sonra laktik asit kültürü ilavesi ile fermentasyon sonucunda yoğurt üretimi yapılmaktadır (Şekil 2.1). Yoğurt, iki farklı yapım tekniği ile üretilmektedir. Set yoğurt (pıhtısı kırılmamış yoğurt) üretiminde ön işlemlerden sonra süt ambalaj kaplarına doldurulur. İnkübasyon işlemi bu kaplar içerisinde yapılmaktadır. Pıhtısı kırılmış yoğurt üretiminde ise inkübasyon işlemi bir içerisinde yapılmakta ve inkübasyon sonunda pıhtı kırılarak ambalaj kaplarına doldu-

rulmaktadır. Bunların dışında homojenizasyon işleminin yapılmadığı geleneksel bir ürün olan kaymaksız yoğurt üretim tekniği de mevcuttur (Anon., 2008).

Piyasada satışa sunulan pıhtısı kırılmış veya kırılmamış yoğurtlar içerdiği yağ oranı, protein oranı ve aroma maddesi gibi özelliklerine göre çeşitlendirilmektedir. Protein oranı en az %5,6 oranına yükseltilmiş süzme veya torba yoğurdu; ağırlıkça en az %50 meyve, püre veya konsanterelerini içeren meyveli yoğurt; farklı yağ oranlarına göre tam yağlı, yarım yağlı veya yağsız olarak satışa sunulmaktadır (Anon., 2009).

Yoğurt üretiminde homojenizasyon işlemi ile küçülen yağ partikülleri sayesinde protein-yag etkileşimi artmaktadır (Bermúdez-Aguirre ve diğ., 2008). Yüksek sıcaklıkta uygulanan ısıl işlem ile serum proteinlerinin denatürasyonu gerçekleşmektedir. Denatüre olan serum proteinleri ve kazein arasında meydana gelen etkileşim ile yapı güçlendirilmektedir (Dannenberg ve Kessler, 1988a).

Kaliteli bir yoğurtta, parlak süt rengine, homojen bir yapıda, kendine has hafif mayhoş lezzete ve fermente aromaya sahip, yapı ve görünüm açısından çatlak olmalı ve serum ayrılması olmamalıdır (TS 1330, 1989).



Şekil 2.1 : Yoğurt üretimi (Özer, 2006).

2.1.3 Yoğurtta yapısal kalite problemleri

- Serum ayrılması

Fermente süt ürünlerinde görülen en önemli fiziksel problem serum ayrılmasıdır. Serum ayrılması ürün içindeki protein partiküllerinin zamanla çökmeleri sonucunda sıvı kısmın jel yapıdan ayrılması ile oluşmaktadır. Özellikle yağsız fermente süt ürünlerinde serum ayrılması daha çok görülmektedir.

Yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi (95°C, 10dk) uygulanarak serum proteinlerinin denatüre edilmesi ve kazeinle birleşmesi ile serum ayrılması azaltılabilmektedir (Guyomark ve diğ., 2003). Üretim öncesi süte uygulanan ısıtılma işlemi sıcaklığı ve süresi serum ayrılmasını etkilemektedir. Isıtılma işlemi sıcaklık ve süresi artırıldıkça serum proteinlerinin denatürasyon oranı artırılmakta, kazein ile serum proteinleri arasındaki etkileşim artmakta ve serum ayrılması azaltılabilmektedir (Dannenberg ve Kessler, 1988a).

2.1.4 Yüksek sıcaklıkta ısıtılma işleminin yoğurt üzerindeki etkisi

Fermente süt ürünlerinde yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi uygulaması sonucunda ürünün yapısal özellikleri iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla genellikle süte 80-95°C ile 30-5dk arasındaki sıcaklık ve süre değerleri ile yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi uygulanmaktadır. Sıcaklık ve süre artırıldıkça denatüre olan serum proteini miktarı ve bunların kazeinle oluşturdukları kompleks miktarı artmaktadır (Corredig ve Dalgleish, 1999). β -laktoglobulinler 70°C de 10 dk ısıtılma işlemi uygulaması ile denatüre olmaya başlarken α -laktalbumin denatürasyonu 80°C de 5 dk ısıtılma işlemi uygulaması sonrasında başlamaktadır (Law, 1995).

Serum proteinlerinin kazein miselleri ile etkileşiminde önemli rol oynayan β -laktoglobulinler süte serum proteinlerinin çoğunluğunu oluşturmaktadır. β -laktoglobulin iki disülfid bağı ve bir sülfidril grubu içermektedir (Corredig ve Dalgleish, 1999). β -laktoglobulin kazein miselleri ile yapısında bulunan sülfidril grubu aracılığıyla kompleks oluşturmaktadır (Beaulieu ve diğ., 1999; Corredig ve Dalgleish, 1999). α -laktalbuminler ise dört adet disülfid bağı içerdiğinden kazein ile etkileşime girebilmeleri için β -laktoglobulinlere ihtiyaç duymaktadırlar (Dalgleish ve diğ., 1997).

Yüksek sıcaklıkta ısıtılma işlemi (80°C-30dk) ile serum proteinleri % 90 oranında denatüre edilebilmekte ve denatüre olan serum proteinlerinin çoğu kazeinle birleşmektedir (Anema ve Li, 2003; Lucey ve diğ., 1998). Kazein ile birleşen serum proteinlerinin oluşturduğu jelin G' değeri, denatüre olan fakat kazeinle birleşmeyen serum proteinlerinin oluşturduğu jelin G' değerinden daha yüksek olmaktadır (Lucey ve diğ., 1998).

Jel yapının özelliklerinin iyileştirilebilmesi amacıyla ısıtılma işlemi öncesi süte serum proteini ilavesi yapılabilmektedir. Süte sadece α -laktalbumin (α -La) eklendiği zaman κ -kazein- α -La kompleksi oluşumu artış gösterirken, sadece β -laktoglobulin (β -lg) eklendiğinde κ -kazein- β -lg kompleksi oluşumunda bir artış sağlanamamaktadır (Corredig ve Dalgleish, 1996, 1999). Kazein miselleri β -lg ile kompleks oluşturabilmek için sınırlı sayıda bağa sahip olduğu için, β -lg konsantrasyonu artırıldığında oluşan κ -kazein- β -lg kompleksi miktarında değişiklik olmadığı bildirilmektedir (Corredig ve Dalgleish, 1996, 1999). Süte sadece serum proteini olarak α -La bulunduğu kompleks oluşumu meydana gelmemektedir. α -La' in κ -kazein ile etkileşime girebilmesi için öncelikle β -lg ile bir ara bileşik oluşturması gerektiği bildirilmektedir (Corredig ve Dalgleish, 1996, 1999; Dalgleish ve diğ., 1997).

Beaulieu ve diğ. (1999) farklı oranlarda kazein:serum proteini içeren örneklerde 95°C de 5 dk ısıtılma işlemi uygulaması sonucunda örneklerin hiç birinde çözünür β -lg' e rastlanmadığını, kazein oranı azaldıkça çözünür α -La miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca serum proteini oranı artırıldıkça serum proteinlerinin kendi aralarında oluşturdukları çözünür agregatların (α -La/ α -La, β -lg/ β -lg, β -lg- α -La) meydana geldiği ve serum proteini miktarının artırılmasıyla agregatların büyüklüğünün arttığı bildirilmiştir.

Jel oluşumu öncesi sütün farklı pH değerlerine sahip olması da denatüre serum proteinlerinin kazein ile kompleks oluşturmasını etkilemektedir. pH değerinin yükseltilmesiyle serum proteinlerinin denatürasyon oranı değişmezken kazein-serum proteini kompleksi oluşumunun azaldığı ve jelleşme zamanı ve pH' sının arttığı bildirilmiştir (Lucey ve diğ., 1998; Vasbinder ve Kruif, 2003). Isıtılma işlemi sırasında kazeinle bağlanan denatüre serum proteinlerinin miktarı arttıkça elde edilen asit jelinin sertliği artmaktadır (Lucey ve diğ., 1998). Sütün pH değeri 5,8' de iken pH 6,8' e göre β -lg kazein ile daha hızlı bir şekilde kompleks oluşturmaktadır (Corredig

ve Dalgleish, 1996). pH 6,55 de kazein miselleri üzerinde serum proteinleri homojen bir şekilde dağılmakta ve pH değerinin azaltılması veya yükseltilmesi sonucunda homojen olmayan bir dağılımın olduğu bildirilmektedir (Vasbinder ve Kruif, 2003).

Serum proteinleri denatürasyonu ile jel yapıdan serum ayrılması engellenebilmektedir (Dannenberg ve Kessler, 1988a; Guyomark ve diğ, 2003). Isıl işlem sıcaklığı (70-130°C) yükseltildiği zaman jel yapıdan ayrılan serum miktarı azalmaktadır (Dannenberg ve Kessler, 1988b). β -lg denatürasyon oranı % 60' a kadar jelin sertliği artış göstermekte, %60 ile %90 arasında artış azalırken %90 denatürasyon oranının üzerinde artış görülmemektedir. 120°C ve üzerinde kazein agregatları olduğundan, κ -kazein- β -lg kompleksi oluşumu azalmakta ve jel sertliğinde azalma görülmektedir (Dannenberg ve Kessler, 1988b; Parnell-Clunies, 1986).

2.1.4.1 Isıl işleme alternatif yeni teknolojiler

Gıda sanayinde istenmeyen mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktive edilmesi, ürünün raf ömrünün uzatılması amacıyla en fazla kullanılan muhafaza yöntemi ısıl işlemdir. Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem maliyeti artırmakta ve aynı zamanda besin değerini azaltabilmektedir. Isıl işlemin neden olduğu bu olumsuzlukları giderebilmek amacıyla ısıl işlemin yerine kullanılabilecek alternatif yeni gıda muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir. Yeni muhafaza yöntemleri sayesinde minimum işlem görmüş, mikrobiyal açıdan güvenli ve yüksek besin değerine sahip gıdaları üretebilmek mümkün olmaktadır.

Isıl olmayan gıda muhafaza yöntemleri arasında ışınlama, yüksek basınç uygulamaları, ultrases ve elektriksel alan en fazla kullanılan yeni yöntemler olarak sayılabilir (Krešić ve diğ, 2008). Bu yöntemler arasında yapıyı geliştirme potansiyeline sahip yöntemler yüksek basınç ve ultrases işlemleridir.

-Yüksek basınç işlemi

Yüksek basınç uygulaması ile serum proteinleri denatüre edilebilmektedir. β -lg denatürasyonu 100 MPa basıncın üzerinde gerçekleşirken α -la denatürasyonunun 400 MPa basıncın üstünde mümkün olabildiği bildirilmiştir (Huppertz ve diğ, 2004a; López-Fandiño ve diğ, 1998). Kazein misel boyutu 250 MPa basınçta artarken 300 MPa basıncın üzerinde azalma olmaktadır. Uygulanan basıncın şiddeti artırıldıkça kazein miselinin bütünlüğünü sağlayan kolloidal kalsiyum fosfat çözünür hale

geçtiğinden misel boyutunda küçülme meydana gelmektedir. Misel boyutundaki artışın denatüre olan serum proteinlerinin misele bağlanmasıyla ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Huppertz ve diğ, 2004a).

Yüksek basınç uygulaması sonrasında ultrasantrifüj ile serum fazı ayrılan örneklerde (pellet) 400 MPa üzerinde pellet ağırlığının β -lg ile kazein arasındaki etkileşimden dolayı işlem uygulanmayan örneklerle göre artış gösterdiği, dolayısıyla kazeinle birleşen serum proteini miktarında artış olduğu bildirilmektedir (Huppertz ve diğ, 2004b).

Fuente ve diğ. (1999) süte uygulanan yüksek basınç (2,5 MPa/sn-10dk) ve yüksek sıcaklıkta ısıtıl işlemin (80°C, 10-30dk) mineral madde içeriğine etkilerini karşılaştırmışlardır. Çözünür fazda Ca, Mg ve P miktarlarında ısıtıl işlem sonrası azalma, yüksek basınç işlemi sonrasında ise artış görüldüğünü bildirmişlerdir.

López-Fandiño ve diğ. (1998) yüksek basınç işleminin çözünür fazda α_{s1} ve β -kazein miktarında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Basınç değeri 100 MPa' ın altında iken serumda kazeine ait partikül görülmemiştir. Basınç kazeinin misel yapısında iyonik ve hidrofobik etkileşimlere zarar verdiğinden dolayı misel fragmanlarıyla birlikte CaPO_4 çözünür faza geçmektedir.

2.2 Ultrases İşlemi

2.2.1 Ultrases işleminin sınıflandırılması

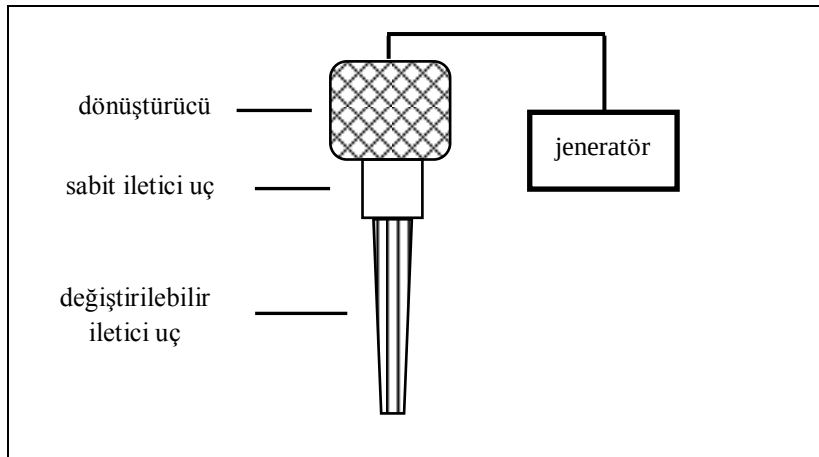
Ultrases insan kulağı tarafından algılanamayan yüksek frekansa sahip (>20 kHz), katı, sıvı ve gaz ortamda ilerleyebilen ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Salazar ve diğ, 2010).

Ultrases işlemi gıda endüstrisinde uygulama alanı açısından düşük ve yüksek yoğunluklu (güçlü) ultrases işlemi olarak iki kategoride incelenmektedir (Weiss ve diğ, 2011). Düşük yoğunluklu ultrases uygulamaları 100 kHz' in üzerindeki frekans değerine ve 1 W/cm^2 nin altındaki enerji yoğunluğuna sahiptir. Düşük yoğunluklu ultrases uygulandığı materyal üzerinde herhangi bir etkiye neden olmamaktadır. Bu nedenle proses kontrolü ve fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılabilir (Mason, 1998; Muthukumarappan ve diğ, 2010).

Yüksek yoğunluklu ultrases 100 kHz' in altındaki frekanslarda ve $10\text{W}/\text{cm}^2$ nin üzerindeki enerji yoğunluğunda uygulanmaktadır (Mason, 1998). Yüksek yoğunluklu ultrasesin başlıca etkisi kavitasyondur. Kavitasyon gıdanın yapısında fiziksel veya kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir (Ashokkumar ve diğ, 2010; Salazar ve diğ, 2010). Yüksek yoğunluklu ultrases işleminin ısı işlem veya yüksek basınç işlemi ile birlikte kullanımı ile etkisi artırılabilir. Ultrases işlemi orta dereceli sıcaklık ($40\text{-}60^\circ\text{C}$) ile uygulandığında termosonikasyon, sıcaklık ve basınç ile beraber uygulandığında manotermosonikasyon olarak adlandırılmaktadır (Riener ve diğ, 2009).

2.2.2 Ultrases işleminin sistem bileşenleri

Ultrases sistemini oluşturan ana parçalar jeneratör, dönüştürücü ve iletici kısımdır (Mason, 1998). Jeneratör, alternatif akımı dönüştürücünün kullanabileceği yüksek frekanslı alternatif akıma çevirmektedir. Dönüştürücü yüksek frekanslı elektrik akımını mekanik titreşimlere dönüştürmektedir. İletici kısımda ise mekanik titreşimler ultrases işleminin uygulanacağı ortama iletilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Kullanılan ultrases cihazının şematik gösterimi (Mason, 1998).

Piezoelektrik dönüştürücüler ultrases sistemlerinde en sık kullanılan dönüştürücülerdir (Mason, 1998). Piezoelektrik dönüştürücülerde üzerine mekanik bir basınç uygulanan bazı seramik ve kristal malzemelerde bir elektriksel gerilim oluşmaktadır. Malzeme genişleyip daralarak titreşmekte ve ses oluşmaktadır. Sıvı zorlamalı (liquid-driven) ve manyetostriktif dönüştürücü sistemlerine göre piezoelektrik dönüştürücüler daha fazla elektrik tasarrufu sağlamaktadır ve tüm frekans aralıklarında çalışmak mümkün olabilmektedir.

Ultrasonik banyolar ve prob sistemleri ultrases işleminde en fazla kullanılan, yüksek frekanslı sesi ortama iletmeye yarayan ileticilerdir (Mason, 1998). Ultrasonik banyolarda dönüştürücü tankın altına yerleştirilmiştir ve örnek ile direk temas söz konusu değildir. Prob sistemlerine kıyasla banyo sistemlerinde maliyet düşüktür. Tanklarda örnek hacmi büyük olduğundan ve kavitasyon etkisinin tanka zarar verebilmesinden dolayı uygulanan güç yoğunluğu düşük olmaktadır (Jambrak ve diğ, 2008; Mason, 1998). Prob sistemlerinde dönüştürücüye bağlı halde bulunan bir başlık bulunmaktadır. Başlığın uç kısmına farklı boyutlara sahip problemler takılabilmektedir (Mason, 1998). Problemlerin çapı değiştikçe uygulanan gücün yoğunluğu değişmektedir ve her prob için örnek hacmi farklı olmaktadır. Titanyum gibi aşınmaya dayanıklı maddelerle prob üretimi yapılmaktadır.

2.2.3 Ultrases işleminin etki mekanizması

Ultrases işlemi bir ortama uygulandığı zaman üç farklı etki meydana gelebilmektedir: 1- Mekanik titreşim oluşumu, 2- Akustik dalga oluşumu, 3- Akustik kavitasyon (Ashokkumar ve diğ, 2010). Mekanik titreşim ve akustik dalga etkisi kavitasyonel olmayan fiziksel etki olarak sınıflandırılabilir (Ashokkumar ve diğ, 2010). Uygulanan örnek içinde katı parçacıklar varsa mekanik titreşimler sayesinde bu parçacıklar parçalanabilmektedir. Akustik dalga etkisi sıvı içinde oluştuğunda kütle transferi artmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010). Bu iki etki sayesinde temizleme, ekstraksiyon ve dilimleme gibi uygulamaları gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir (Ashokkumar ve diğ, 2010; Muthukumarappan ve diğ, 2010). Akustik kavitasyon, ultrases uygulamalarında görülen ana etkidir. Kavitasyon, sıvı içinde var olan mikro baloncukların büyümesi ve patlaması ile meydana gelen etki olarak tanımlanmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010; Weiss ve diğ, 2011). Baloncukların patlaması sırasında yüksek sıcaklık (2000-5000 K) ve yüksek basınç (100 MPa) oluşmaktadır (Madadlou ve diğ, 2009). Yüksek sıcaklık etkisiyle ortamda bulunan baloncukların içindeki su buharı ve gaz molekülleri (N_2 ve O_2) arasında endotermik kimyasal reaksiyonlar (kimyasal etki) meydana gelmekte ve reaktif radikaller oluşmaktadır. Ayrıca yapıda bulunan su buharı bileşenlerine ayrılarak OH^- ve H^+ radikalleri oluşmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010). Kavitasyonun kimyasal etkilerinin yanı sıra kayma kuvveti, türbülans ve mikrojet gibi fiziksel etkileri de bulunmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010).

Kavitasyon 2 farklı şekilde oluşabilmektedir: 1- Geçici kavitasyon, 2- Kararlı kavitasyon. Prob sistemlerinde, 20 kHz ve üzerindeki frekanslarda geçici kavitasyon oluşmaktadır (Weiss ve diğ, 2011). Birkaç akustik çevrim süresinde gaz baloncukları büyümekte ve hemen patlamaktadır. Oluşan yeni baloncukların boyutları çok küçük olmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010).

Kararlı kavitasyonda, 200 kHz ve üzerindeki frekanslarda yaklaşık 1000 akustik çevrim sonrasında baloncuklar büyümektedir (Ashokkumar ve diğ, 2010). Baloncukların patlaması geçici kavitasyondaki gibi olmakta fakat şiddeti daha az olmaktadır. Baloncukların oluşumu ve hemen patlaması sürekli ve hızlı bir şekilde olmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010). Frekansın yükselmesi ile ultrasesin kavitasyonel fiziksel etkileri zayıflarken reaktif madde oluşumu artmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010).

Ultrases işlemi uygulanmadan önce frekans seçimi için örnekte hangi etkinin isteneceği belirlenmelidir (Ashokkumar ve diğ, 2010). 1 MHz' in üzerindeki frekansa sahip ultrases işlemlerinde fiziksel etki çok zayıfladığından yapıda hasar meydana gelmesi istenilmeyen uygulamalarda kullanılabilir. Emülsiyon oluşumu için güçlü kayma kuvveti ve temel radikallerin oluşumu istenirken ekstraksiyon ve temizleme gibi işlemlerde kavitasyonel olmayan fiziksel etkilerin oluşması istenmektedir. Süt endüstrisinde kavitasyonel fiziksel etkilerin oluşması istendiğinden ve radikal oluşumu istenmediğinden dolayı düşük frekanslı ultrases işlemi tercih edilmektedir.

Kavitasyon etkiyle meydana gelen kayma kuvvetleri polimerik maddelerde kovalent bağları kırmak için yeterli olmaktadır (Güzey, 2002). Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem ile serum proteinleri globüler yapısını (native state) kaybederek denatüre (completely unfolded) edilmektedir. Fakat ultrases işleminden sonra serum proteinlerinde bu iki durum arasında ara bir yapının (molten globular state) olduğu bildirilmektedir (Güzey, 2002). Bu yapıda ısıl işlemin serum proteinlerinde yarattığı değişiklikten farklı olarak α -heliks ve β -sheet sekonder yapılarının kaybolmadığı, fakat ısıl işleme benzer şekilde tersiyer yapının kaybolduğu bildirilmiştir (Gülseren, 2004; Güzey, 2002).

2.2.4 Ultrases işleminin kullanım alanları

a- Emülsiyonlaştırma: Kavitasyon etkisiyle baloncukların patlaması esnasında oluşan yüksek sıcaklık ve basınç birbirine karışmayan iki veya daha çok sıvının homojen bir karışım meydana getirmesine yardımcı olmaktadır (Weiss ve diğ, 2011). Bu şekilde yüzey aktif maddelerin ilavesine gerek kalmamaktadır.

b- Boyut azaltma: Dilimleme, parçalama, kıyma gibi ticari uygulamalarda ultrases işleminden yararlanılabilmektedir (Mason, 1998). Prob sisteminde keskin uçlu bir aparatla işlem uygulanmaktadır. Klasik boyut küçültme yöntemlerinde oluşan üründe çatlama, ufalanma gibi sorunlar engellenebilmektedir.

c- Ekstraksiyon: Hücre membranlarının geçirgenliği ve hücre içinde bağlı halde bulunan maddelerin aktivasyonu artırılmakta dolayısıyla düşük sıcaklık ve sürede ekstraksiyon yapılabilmektedir (Mason, 1998). Isıya duyarlı aroma bileşiklerinin kaybı engellenebilmektedir (Mason, 1998).

ç- Mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu: Hücre duvarının kavitasyon etkisiyle zarar görmesi ve oluşan radikallerin bakterisid etki göstermesi ile mikroorganizmalar inaktive edilebilmektedir (Feng ve Yang, 2011). Ultrases işlemi sıcaklık ve basınç ile uygulandığında mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonu artmaktadır (Feng ve Yang, 2011).

d- Kristalizasyon: Kristalizasyonun başladığı nokta ve oluşan kristallerin sayısı kontrol altına alınabilmektedir (Mason, 1998). Kristalizasyon hızı artırılabilme ve küçük kristaller elde edilebilmektedir.

Bu kullanım alanlarından başka temizleme, köpük oluşumunun engellenmesi, gaz giderme, filtrasyon ve kurutma gibi uygulamalarda da ultrases işlemi kullanılabilmektedir (Mason, 1998). Ultrases işlemi sıcaklık ve basınç gibi işlemlerle birlikte kullanıldığında ürün üzerinde etkisi daha fazla görülebilmektedir (Ulusoy ve Karakaya, 2011).

2.2.5 Ultrases işleminin süt ve süt ürünlerinde kullanımı

Süt ve süt ürünlerinde ultrases işlemi homojenizasyon, köpük giderme, emülsiyon oluşturma, mikrobiyel ve enzimatik inaktivasyon ve sütün içindeki bileşenlerin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Ashokkumar ve diğ, 2010).

Jambrak ve diğ. (2008, 2010) ultrases işleminin serum proteinleri üzerindeki pH, iletkenlik ve çözünürlük özellikleri bakımından etkisini incelemişlerdir. 20kHz (prob), 40kHz (banyo) ve 500kHz (banyo) olmak üzere 3 farklı frekans değerine sahip ultrases işlemi uygulanmıştır. Ultrases işleminin sütün pH' ına etkisinin olmadığı bulunmuştur. İletkenlik prob sistemi uygulamasından sonra artarken banyo uygulamalarında azalmıştır. İletkenliğin artması ultrases işlemi sonunda oluşan hidroksil radikallerine bağlanmıştır. Araştırmacılar 23°C' deki örneğin sıcaklığının 20 kHz sonrasında 43-45°C' ye, 40-500kHz sonrasında ise 27-30°C' ye yükseldiğini bildirmişlerdir. Frekans 20kHz olduğunda hem yüksek enerjiye sahip olduğundan hem de uygulama esnasında probun örnek ile direkt temas etmesinden dolayı diğer iki frekanslı işleme göre sıcaklıkta daha büyük bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Jambrak ve diğ. (2008) serum proteinleri süspansiyonlarının çözünürlüklerine banyo ve prob sistemlerinin etkisi araştırıldığında banyo sisteminin çözünürlüğü değiştirmedeği görülmektedir. Prob sisteminde ise çözünürlük artış göstermiştir. Yüksek frekansta ultrases işleminde kavitasyonun kimyasal etkilerinin serum proteinlerinin yapısında değişiklik yaratmadığı, düşük frekanslı prob sistemlerinde oluşan fiziksel kuvvetlerin serum proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirdiği bildirilmektedir.

Villamiel ve de Jong. (2000) yağlı ve yağsız sütlerde ultrasesin serum proteini denatürasyonuna etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar ultrases işlemi (20kHz, 75,5°C-102,3s) ile beraber sıcaklık uygulamasının (75,5°C-102,3s) da etkisini incelemişlerdir. Sıcaklık ile ultrases işlemi arasında sinerjistik etki olduğunu bildirmişlerdir. Yağlı sütlerde katı madde içeriğinin yüksek, protein oranının düşük olmasından dolayı yağsız sütlere göre daha yüksek serum proteini denatürasyonu mümkün olabilmektedir. Yağlı sütlerde ultrases işlemi uygulandığında %41,75 β -lg, %6,17 α -La denatürasyonu elde edilirken, yağsız sütlerde %29,10 β -lg, %3,59 α -La denatürasyonu elde edilmiştir (Riener ve diğ, 2009; Villamiel ve de Jong, 2000).

Yüksek güçlü ultrases (US), yüksek basınç (HP) ve tribomekanik aktivasyon (TA) uygulamalarının serum proteini çözeltilerine etkileri karşılaştırıldığında çözünürlüğün yüksek basınç uygulamasından sonra azaldığı bulunmuştur (Krešić ve diğ, 2008). Çözünürlükteki bu azalma HP işleminin β -lg denatürasyonuna neden olması ile açıklanmıştır. Ultrases işlemi sonunda örnek sıcaklığı (42-46°C) protein denatürasyonu için yeterli olmadığından serum proteini denatürasyonu mümkün ol-

mamıştır. Ultrases işlemi serum proteinleri çözeltilerinde viskozitede değişiklik göstermezken, HP işleminin serum proteini denatürasyonundan dolayı viskoziteyi artırdığı bildirilmiştir (Krešić ve diğ, 2008; Jambrak ve diğ, 2008, 2010).

Ultrases uygulaması ile proteinlerin yüzey aktiviteleri artırılabilir (Weiss ve diğ, 2011). Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulamasının da proteinlerin yüzey aktivitesini artırdığı bilinmesine rağmen ultrases işleminde serum proteinlerinin globüler yapısının tam olarak kaybolmaması ısıl işlemin yarattığı denatürasyon ile açıklanamamaktadır (Gülseren, 2004; Güzey, 2002). Ultrases işlem süresinin uzatılmasıyla yapıda bulunan kovalent bağların kırılabilirdiği bildirilmektedir (Weiss ve diğ, 2011).

Ultrases işlemi ile yağın partikül boyutunu azaltmak mümkün olmaktadır (Villamiel ve de Jong, 2000). Yağ partiküllerinin çapı termosonikasyon (TS) işlemi (45°C-10 dk) ile geleneksel yöntemle göre 2,5 kat kadar düşürülebilmektedir (Riener ve diğ, 2009). Yağ miktarı azaltıldıkça partikül çapında daha çok azalma sağlanabilmektedir (Riener ve diğ, 2009). Ultrases işleminde sütün sıcaklığı 63±0,5°C’ de tutulduğu zaman yağ partiküllerinin ortalama çapının 1µm’ den daha aşağıya indirilebildiği görülmektedir (Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2008).

Bermúdez-Aguirre ve diğ. (2008) ultrases işlemi sonunda küçülen yağ partiküllerinin membranlarının daha granüler bir yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kazein misellerinin hidrofobik kısımlarının membran yüzeyine bağlanması sonucunda daha granüler bir yapı elde edilmiştir ve ultrases işlem süresi artırıldıkça etkinin arttığı bulunmuştur.

Ertugay ve diğ. (2002) homojenizasyon etkinlik değeri (H_E) ultrases uygulaması ile düşürülebildiğini bildirmişlerdir. İyi bir homojenizasyonun olabilmesi için H_E değeri 10’ un altında olması gerektiği bilinmektedir. Ultrases işlem süresi ve gücü artırıldıkça H_E değeri azaltılmaktadır.

Nguyen ve diğ. (2010) ultrases işleminin asit jeli oluşumuna etkisini yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (80°C-30dk) ile karşılaştırmışlardır. Bu amaçla yağsız süte farklı sürelerde (5-30dk) ultrases işlemi uygulamışlardır. Ultrases işleminin gerçekleştirildiği sıcaklık değeri serum proteini denatürasyonu için gerekli sıcaklık değerinden düşük olduğunda (20-40°C) asit jelinin G’ (elastik modülüs) değeri düşük çıktığını, işlem sıcaklığının serum proteini denatürasyon sıcaklığına ulaşması

ile G' değerinin ısıl işlem ile hazırlanan asit jelinin G' değerine yaklaştığını bildirmişlerdir.

şengöl ve diğ. (2009) ultrases işlemi ve geleneksel homojenizasyonla homojenize edilen sütlerden elde edilen yoğurtların su tutma kapasitelerini ölçmüşler ve işlemlerin homojenizasyon etkinlik değerlerini karşılaştırmışlardır. Ultrases işlemi için 2 farklı süre (3-6dk) ve 3 farklı güç seviyesi (%20-50-70), klasik homojenizasyon için 55°C' de 200 bar basınç uygulamışlardır. Güç seviyesi %50' nin üzerinde olduğunda klasik homojenizasyona göre daha iyi homojenizasyon etkinlik değeri elde edilmiştir. Ayrıca su tutma kapasitesinin, ultrases işlemi uygulanmış yoğurtlarda daha yüksek çıktığı bildirilmiştir. Riener ve diğ. (2009) de su tutma kapasitesinin (STK) ultrases işlemi ile üretilen yoğurtlarda geleneksel yöntemle üretilmiş olan yoğurtlara göre daha yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Yüksek güçlü ultrases uygulaması klasik ısıl işlem uygulamasına göre serum ayrılmasını daha fazla azaltabilmektedir (Riener ve diğ, 2010).

Ultrases işlemi uygulanmış pastörize sütler ile üretilen yoğurt örneklerinde tekstürel özelliklerin geleneksel yöntem ile üretilenlerinkine göre daha iyi olduğu bildirilmektedir. Sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri geleneksel yöntemle üretilen yoğurtlara göre daha yüksek bulunurken, esneklik ve yapışkanlık değerleri geleneksel yöntemle üretilenlerinkine benzerlik göstermiştir (Riener ve diğ, 2010).

Ultrases işlemi sonrasında yoğurdun renk değerlerinde değişiklik meydana geldiği bildirilmiştir (Riener ve diğ, 2010). Ultrases işlemi yoğurtta L* değerini yükseltmiş, a* ve b* değerlerini ise düşürmüştür (Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2008; Riener ve diğ, 2010). Isıl işlem uygulaması sonucunda enzimatik esmerleşme reaksiyonunun meydana gelmesi a* değerinin yüksek çıkmasıyla ilişkilendirilmiştir (Riener ve diğ, 2010). Ultrases işleminden sonra küçülen yağ partikül boyutuyla birlikte daha iyi bir homojenizasyon sağlandığı için L* değerinin daha yüksek çıktığı bildirilmiştir (Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2008).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

Çalışmada piyasadan temin edilen 2 farklı ticari markaya ait pastörize homojenize yağlı süt kullanılmıştır. Pastörize yağsız süt ise Tat Konserve Sanayi A.Ş. (Bursa)'den temin edilmiştir. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* karışımı liyofilize kültür (DVS YC-350, Peyma-Chr. Hansen, İstanbul) yoğurt üretiminde kullanılmıştır.

3.2 Yağlı ve Yağsız Sütlerin Bileşiminin Belirlenmesi

3.2.1 Kuru madde analizi

Analizden önce $39\pm1^{\circ}\text{C}$ ' ye ısıtılmış olan süt 20°C ' ye soğutulmuştur. Boş kurutma kapları kapakları açık olacak şekilde etüvde $102\pm2^{\circ}\text{C}$ ' de 30 dakika kurutulmuştur. Kapakları kapatılarak desikatöre alınmış ve oda sıcaklığına kadar soğutulup kapakları ile birlikte tartılmıştır. Yaklaşık 3 ml süt kurutma kabına konularak kapağıyla birlikte tartım alınmıştır. Kaplar açık şekilde kaynayan su banyosunda yaklaşık 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda kurutma kabının dış yüzeyi bir bez yardımıyla silindikten sonra kapakları açık olacak şekilde etüvde $102\pm2^{\circ}\text{C}$ ' de 2 saat kurutulmuştur. Kapakları kapatılarak desikatöre alınmış ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tekrar tartım alınmıştır. 1 saat daha etüve ($102\pm2^{\circ}\text{C}$) konulmuş ve tartım alınmıştır. Bu işleme iki tartım arasındaki fark 0,5 mg' dan az olana kadar devam edilmiştir. Paralel işlemler arasındaki farkın % 0,05 kuru madde miktarından daha az olmasına dikkat edilmiştir (Metin ve Öztürk, 2002a). Sonuçlar % kuru madde olarak hesaplanmıştır.

3.2.2 Yağ analizi

Gerber Yöntemi ile yağ miktarı tayin edilmiştir. Analizden önce $39\pm1^{\circ}\text{C}$ ' ye ısıtılmış olan süt 20°C ' ye soğutulmuştur. Bütirometreye önce 10 ml H_2SO_4 (%91-1,82 g/ml) konulmuştur. Sırasıyla 11 ml süt ve 1 ml amil alkol bütirometrenin iç çeperine değdi-

rilerek asitin üzerine eklenmiştir. Bütirometrenin ağız kısmı kurulanarak tıkaç ile sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Kuru bir bez ile tutularak oluşan pıhtı çözününceye ve ortamda beyazlık kalmayınca kadar çok yavaş bir şekilde alt üst edilmiştir. Gerber santrifüjü ile 5 dakika santrifüj edildikten sonra 65°C su banyosunda 3-5 dakika tutulmuştur. Daha rahat okuma yapabilmek amacıyla tıkaç yavaşça itilerek yağın bütirometrenin üst kısmına çıkması sağlanmış ve okuma yapılmıştır. Bütirometrenin skalasında okunan değer % yağ (g yağ/ 100 ml süt) miktarı olarak alınmıştır. Paralel işlemler arasında farkın maksimum %0,1 yağ değeri olmasına dikkat edilmiştir (Metin ve Öztürk, 2002b).

3.2.3 Protein analizi

Analizi yapılacak olan sütlerde toplam azot miktarı Kjeldahl Yöntemi ile tayin edilmiş ve sonuç 6,38 ile çarpılarak protein miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2002a).

3.3 Deneme Planı

Çalışma iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada, yüksek güçlü ultrases işleminin yağlı sütün fizikokimyasal özelliklerine ve serum proteinlerinin denatürasyonuna etkisi incelenmiştir. İkinci aşamada, yağlı ve yağsız süte yüksek güçlü ultrases işlemi uygulanmasının sütün jelleşme özelliklerine ve bu süttten üretilen yoğurdun özelliklerine etkisi incelenmiştir. Her aşamada ultrases işleminin etkisi yüksek sıcaklıkta ısıl işlemin etkisi ile karşılaştırılmıştır.

3.3.1 Yüksek güçlü ultrases işleminin sütün fizikokimyasal özelliklerine ve serum proteinlerinin denatürasyonuna etkisinin belirlenmesi

Yüksek güçlü ultrases işlemi için 400 W maksimum güce ve 24 kHz frekansa sahip bir ultrases cihazı (UP400S, Hielscher, Almanya) ve 22 cm çapında titanyum prob (H22D, Hielscher, Almanya) kullanılmıştır. Kullanılan probun maksimum enerji yoğunluğu 85 W/cm² ve genliği 120 µm'dir. Süt sıcaklığının 20°C olması gereken durumda sütler su banyosunda 40°C'de ön ısıtma yapılmış ve çalışma sıcaklığına soğutulmuştur. İşlem sıcaklığı 60°C olan sütler ise direk kendi sıcaklığına getirilerek ultrases işlemi uygulanmıştır. Probun kapasitesine göre 500 ml yağlı süt metal bir kap içerisine konularak prob sütün içinde 3 cm derinliğe kadar daldırılmıştır. İşlemin uygulandığı kap su veya buzlu su banyosunda tutularak örnek sıcaklığı en fazla ±2°C

değişecek şekilde sabit tutulmuştur. Süte farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve süre (10-30 dk) kombinasyonlarında ultrases işlemi uygulanmıştır (Çizelge 3.1). Süte su banyosunda yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (85°C, 30 dk) uygulanarak kontrol örneği hazırlanmıştır. Süt örneklerinin pH, titrasyon asitliği, iletkenlik, çözünür kalsiyum miktarı ve kazein fraksiyonundaki protein miktarı ölçülmüştür. Kazein fraksiyonundaki protein miktarının artışı dolaylı olarak işlem sonucunda denatüre olan serum proteini miktarını göstermektedir.

Çizelge 3.1 : Çalışmanın ilk aşamasında kullanılan ultrases işlem kombinasyonları.

Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
25	20	10
25	20	30
25	60	10
25	60	30
100	20	10
100	20	30
100	60	10
100	60	30
-	85	30
-	60	10
-	60	30

3.3.1.1 pH

100 ml süt örneğinde 25±2°C’ de problu pHmetre (pH330i, WTW 82362, Almanya) ile pH değeri ölçülmüştür.

3.3.1.2 Titrasyon asitliği

Süt (20 ml) bir erlene konularak üzerine süt hacminin iki katı kadar saf su ilave edilmiştir. Üzerine 2 ml fenolftalein eklenmiştir ve 0,1 M NaOH ile kalıcı pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan 1 ml 0,1 M NaOH miktarı 0,0090 g laktik asit eş değeri olarak hesaplanmıştır. Sonuç % laktik asit olarak verilmiştir (AOAC, 2002d).

3.3.1.3 İletkenlik

Süt örneklerinin iletkenliği 100 ml örnek kullanılarak 25±2°C’ de iletkenlik cihazı (Tetacom96, WTW, Almanya) ile ölçülmüştür. Sonuç mS/cm olarak verilmiştir.

3.3.1.4 Çözünür kalsiyum miktarı

Süt örnekleri 100 000 g, 20°C de 1 saat santrifüj (Supra 30K, Hanıl, Kore) edilmiştir. Üstte kalan sıvı kısım (süpernatant) katı kısımdan (pellet) bulaşma olmayacak şekilde alınarak kaba filtre kağıdından bir behere süzölmüştür. 100 ml süpernatanta 10 ml KCl (4 mol/L) çözeltisi ve balık eklenerek 5 dk manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından çok yavaş bir şekilde karıştırmaya devam edilirken iyon metre (Ca800 DIN, WTW, Almanya) ile okuma yapılmıştır. Sonuç mg/L olarak verilmiştir (Fuente ve diğ, 1999). Standart CaCl_2 çözeltilerine (50, 200, 1000 mg/L) 100 ml standart çözelti için 10 ml KCl (4M) ilave edilerek yapılan kalibrasyon işleminden sonra ölçümler alınmıştır.

3.3.1.5 Kazein fraksiyonunda denatüre serum proteini analizi

İşlem uygulanmamış olan pastörize homojenize yağlı sütlerde toplam azot (AOAC, 2002a), protein olmayan azot (AOAC, 2002b) ve kazein azot miktarları (AOAC, 2002c) Kjeldahl Yöntemi ile belirlenmiş ve % protein olarak hesaplanmıştır. Toplam protein miktarı (toplam azot-protein olmayan azot)x6,38 formülü ile hesaplanmıştır. Sütteki % serum proteini miktarı ise toplam protein miktarından kazein miktarının çıkarılması ile hesaplanmıştır. Isıl işlem ve ultrases işlemi sonrasında kazein fraksiyonundaki serum proteini miktarı işlem görmüş olan sütlerde kazein miktarından kontrol örneğine ait kazein miktarının çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Kazeine bağlı serum proteinlerinin oranı ise kontrol örneğindeki serum proteini miktarına göre yüzde kazeine bağlanan serum proteini olarak hesaplanmıştır.

-Toplam azot analizi

Yakma tüplerine 12 g potasyum sülfat (K_2SO_4), 1 ml bakır sülfat katalizör çözeltisi ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -0,05 g/ml) ve 8-10 adet kaynama taşı ilave edilmiştir. Ardından $38 \pm 1^\circ\text{C}$ ' ye ısıtılmış olan süttten 5 ml alınarak 0,0001 g hassasiyetle tartılmıştır ve yakma tüplerine konmuştur. Daha sonra 20 ml sülfürik asit (H_2SO_4 -%95-98) tüplerin iç çeperlerine değdirilerek ilave edilmiştir. Ön yakma (180 - 230°C 'de 30dk) işleminden sonra örnekler 410 - 430°C ' de içerik berraklaşınca kadar yakılmıştır. İçerik berraklaştıktan sonra en az 1 saat daha yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işlemi sona erdiğinde tüpler yaklaşık 25 dakika oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Distilasyon için 50 ml borik asit (H_3BO_3 -%4 w/v) ve 5 damla metil kırmızı/bromokresol yeşili indikatör çözeltisi (0,2 g metil kırmızı / 100 ml %95 lik

etanol, 1,0 g bromokresol yeşili 500ml / %95 lik etanol ile 1:5 metil kırmızı bromokresol çözeltisi) erlene konularak distilat toplama bölümüne yerleştirilmiştir. Soğuma işleminden sonra 85 ml saf su ilave edilen yakma tüplerine 65 ml sodyum hidroksit (NaOH-%40 w/w) çözeltisi eklenmiştir ve 150 ml distilat toplanmıştır. Distilat 0,1 M hidroklorik asit (HCl) ile kalıcı pembe renk görülünceye kadar titre edilmiştir. Harcanan HCl miktarı ml olarak kaydedilmiştir. 1 g sakkaroz ile kör deneme yapılmıştır. Sonuç % azot miktarı olarak hesaplanmıştır. Paralel işlemler arasında maksimum farklılığın % 0,03 protein olmasına dikkat edilmiştir (AOAC, 2002a).

$$\text{Azot miktarı, \%} = \frac{1,4007x(V_s - V_b) \times M}{W} \quad (3.1)$$

Vs: örnek için harcanan HCl miktarı (ml)

Vb: kör için harcanan HCl miktarı (ml)

M: HCl molaritesi

W: örnek ağırlığı (g)

-Protein olmayan azot analizi

Analizden önce 38±1°C' ye ısıtılmış olan 10 ml süt erlene konulmuş ve 0,0001 g hassasiyetle tartılmıştır. Trikloroasetik asit çözeltisi (40 ± 0,5 ml, TCA-%15 w/v) süt üzerine eklenmiş ve tekrar tartım alınmıştır. Erlen içeriği karıştırılarak yaklaşık 5 dakika çökmesi için beklenmiştir. Ardından filtre kağıdı (Whatman No.1, 15cm, N içermeyen) ile filtre edilmiş ve filtrat toplanmıştır. Filtratın berrak olmasına ve partikül içermemesine dikkat edilmiştir. Filtrattan 20 ml 50 ml' lik behere pipet yardımıyla alınmış ve tartılmıştır. Filtrat yakma tüplerine konularak toplam azot analizindeki gibi diğer reaktantlar kullanılarak yakma, distilasyon ve titrasyon işlemleri yapılmıştır. Kör denemede 16±0,5 ml TCA kullanılmıştır (AOAC, 2002b). Sonuç % azot miktarı olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Azot miktarı, \%} = \frac{1,4007x(V_s - V_b) \times M}{(W_f \times W_m) / [W_t - (W_m \times 0,065)]} \quad (3.2)$$

Vs: örnek için harcanan HCl miktarı (ml)

Vb: kör için harcanan HCl miktarı (ml)

M: HCl molaritesi

Wf: filtrat ağırlığı (g)

Wm: süt ağırlığı (g)

Wt: TCA + süt ağırlığı (g)

-Kazein azot analizi

Analizden önce $38\pm1^{\circ}\text{C}$ ' ye ısıtılmış olan 5 ml süt erlene koyulmuş ve 0,0001 g hassasiyetle tartılmıştır. Üzerine $70\pm0,5$ ml saf su ilave edilmiştir. Hafifçe karıştırıldıktan sonra pH değerini 4,6 ya getirebilmek için $0,75\pm0,02$ ml (%10 v/v) asetik asit eklenmiş ve 10 dakika beklenilmiştir. Ardından $0,75\pm0,02$ ml sodyum asetat ($6,80\pm0,01\text{g}$ sodyum asetat trihidrat/50ml) eklenmiş ve karıştırılarak filtre edilmiştir. Erlenin kenarlarında kalmış olan kalıntılar 30 ml tampon çözeltisi ($1\pm0,1$ ml sodyum asetat ile $1\pm0,1$ ml asetik asit karıştırılmış ve saf su ile 100 ml ye tamamlanarak hazırlanmıştır) ile yıkanarak filtre kağıdından tekrar süzölmüştür. Aynı işlem iki kez uygulanmıştır. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra filtre kağıdı yakma tüpüne atılarak toplam azot analizindeki gibi diğer reaktantlar kullanılarak yakma, distilasyon ve titrasyon işlemleri yapılmıştır. Filtre kağıdı, asetik asit ve sodyum asetat ile kör yapılmıştır. Hesaplama toplam azot analizindeki gibi yapılmış ve sonuç 6,38 ile çarpılarak kazein miktarı bulunmuştur (AOAC, 2002c).

3.3.2 Süte yüksek güçlü ultrases işleminin uygulanmasının laktik asit bakterileri ile jelleşmesine ve yoğurdun özelliklerine etkisinin belirlenmesi

İkinci aşamada ilk aşamadan seçilmiş olan ultrases işlem parametreleri kullanılarak yağlı ve yağsız sültere ultrases işlemi uygulanmış ve bu sülterle yoğurt üretilmiştir. Yoğurt üretimi sırasında sütün laktik asit bakterileri ile jelleşme özellikleri ve yoğurdun yapısal özellikleri incelenmiştir. Seçilen ultrases işlem parametre kombinasyonları serum proteini denatürasyonun en yüksek olduğu %100-60C-30dk, denatürasyonun olmadığı %25-20-10, belirli oranda denatürasyon elde edilen %25-60C-10, %25-60C-30dk'dır.

Yağlı sülterle çalışılırken tüm ultrases parametre kombinasyonlarını sütün raf ömrü süresince uygulamak mümkün olmadığından çalışma farklı sülterin kullanıldığı iki grupta gerçekleştirilmiştir. Süt değiştirildiğinde sütün özellikleri değişeceği için her grupta yüksek sıcaklıkta ısıl işlem kontrol örneği hazırlanmıştır. Ultrases işleminde

uygulanan 60°C sıcaklığın ölçülen özelliklere etkisinin olup olmadığının belirlenmesi için 60°C’de 10dk ve 60°C’de 30dk ısıtma işlemi uygulanan örnekler de hazırlanmıştır. Tüm analiz gruplarında ultrases işlemi ve yüksek sıcaklıkta ısıtma işlemi 2 tekrarlı olacak şekilde uygulanmıştır.

3.3.2.1 Yoğurt üretimi

Dondurucuda saklanan starter kültürden (1 paketin ağırlığı 13,29g) 50U/250L olacak şekilde 0,27 g tartılarak oda sıcaklığındaki süte (50 ml) ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda 30 dk karıştırılarak aktivasyonu sağlanmıştır. İşlem uygulanmış ve 43°C’ ye getirilmiş olan 500 ml süte son üründe % 0,054 olacak şekilde kültür ilave edilerek kültürün homojen bir şekilde süt içerisinde dağılması için 10 dk manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Örnekler üretim sonrasında yapılacak analizler için farklı kaplara konularak pH değeri 4,6 oluncaya kadar 43°C’ de maksimum 5 saat etüvde inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonrasında örnekler +4°C’ de depolanmıştır.

3.3.2.2 Jelleşme süresi

Starter ilave edilmiş olan 500 ml örnekten 20 ml alınarak türbidimetre tüpüne konulmuştur ve kapağı kapatılarak türbidimetre cihazına (Turbiscan Lab Expert, Formulaction, Fransa) yerleştirilmiştir. Türbidimetrede okumanın yapılması ve pH ölçümü için 43°C’ deki etüve konulan örneğin inkübasyona bırakılması eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Etüvdeki örneğin pH değeri 4,6 oluncaya kadar her 10 dakikada bir kez okuma alınmıştır ve jelleşme tamamlandığında örnekler cihazdan çıkartılarak +4°C’ de depolanmıştır. Jelleşme süresi olarak zamana karşı çizilen “backscattering” geri ışık saçınımı grafiği üzerinde maksimum backscattering (BS) değerinin ilk gözlemlendiği süre alınmıştır.

3.3.2.3 Jelleşme pH değeri

Etüvdeki örneğin inkübasyonu boyunca her 20 dakikada bir pH ölçümü yapılmıştır. Jelleşme pH değeri türbidimetre ile belirlenen jelleşme süresine karşılık gelen pH değeri olarak belirlenmiştir.

3.3.2.4 Jel sertliği ve dayanıklılığı

Üretilmiş olan yoğurtlar +4°C’ de 24 saat bekletildikten sonra jel sertliği ve dayanıklılığı için reolojik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler reometre (Thermo Haake

Rheostress RS1, Almanya) kullanılarak paralel plakalı (PP35Ti, Thermo Haake, Almanya) sensör ile spatül yardımıyla alınan yaklaşık 1 ml örnek hacmi ile gerçekleştirilmiştir. Örneğin yerleştirildiği zemin ile sensör arasındaki boşluk 1 mm olacak şekilde ayarlanmış ve su banyosu kullanılarak örnek sıcaklığı ölçüm esnasında +4°C’ de sabitlenmiştir. Sıcaklığın dengeye gelmesi için örnek hazneye yerleştirildikten sonra 5 dakika bekletilmiştir. Ölçüm aralarında yoğurdun hazırlanmış olduğu kap buzlu suyun içinde bekletilmiştir. Örneklerde kayma gerilimi taraması ve frekans taraması yapılmıştır. Kayma gerilimi taramasında sabit frekansta (1 Hz) artan kayma gerilimine (0,01-1000 Pa) karşı G' (elastik modülüs) ve G'' (viskoz modülüs) değerleri ölçülerek lineer viskoelastik bölge, kırılma gerilimi ve kırılma gerinimi tespit edilmiştir. Kayma gerilimi taraması sonuçlarında jel, kayma gerilimi 1 Pa’ dan yüksek değerlerde deforme olmaktadır. Deformasyon olmayan bölgede başlangıç G' değerlerinin ortalaması alınarak bulunan G' değeri jel sertliğini ifade etmek için kullanılmıştır. Jelin kırılmadan dayanabildiği maksimum kayma gerilimi değeri (kırılma gerilimi, τ) ve kayma gerinimi (kırılma gerinimi, γ) ise jelin dayanıklılığını göstermektedir (Anema, 2008).

Frekans taraması ise lineer viskoelastik bölgede (5 Pa sabit kayma geriliminde) sabit kayma geriliminde (5 Pa) frekans artırılarak (0,1-100 Hz) G' ve G'' değerleri ölçülmüştür. Jelin dayanıklılığının zamana bağımlı olarak ifade edilmesi için frekans taraması verileri kullanılmıştır. Frekans taraması verilerinden elde edilen grafiklerde yoğurt jellerinin G' ve G'' değerlerinin artan frekansa karşı davranışı izlenmiş, G' , G'' eğrilerinin birbirlerine göre durumları ve eğimleri incelenmiştir (Steffe, 1996; Pouzot ve diğ, 2005). Hazırlanmış olan her yoğurt örneği için 3 kez kayma gerilimi taraması, 3 kez de frekans taraması yaptırılmıştır.

3.3.2.5 Jelin su tutma kapasitesi

Yoğurt üretiminden 24 saat sonra su tutma kapasitesi (STK) santrifüj metodu (Parnell-Clunies, 1986) ile belirlenmiştir. Santrifüj tüplerinde üretilmiş olan 30 g yoğurt örneği 13,500xg’ de 10°C’ de 10dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra pellet ağırlığı tartılmıştır. Su tutma kapasitesi başlangıç yoğurt ağırlığına göre yüzde pellet ağırlığı olarak verilmiştir.

3.4 İstatistiksel Analiz

Çalışmanın birinci aşamasında sütün fizikokimyasal özellikleri ve kazein fraksiyonundaki protein miktarı üzerinde ultrases işlem parametrelerinin etkisi 3 faktörlü (güç, sıcaklık, süre) 2 seviyeli faktöriyel analiz yöntemi ile incelenmiştir. İşlemler arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Farklılıklar 0,05 önem düzeyinde belirlenmiştir. İstatistiksel analizler Minitab 12.2 (USA) yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

İkinci aşamada, sütün jelleşme süresi, jelleşme pH'sı, jel sertliği (elastik modülü), jel dayanıklılığı (kırılma gerilimi ve gerinimi) ve jelin su tutma kapasitesine işlemlerin etkisi tek yollu ANOVA yöntemi ile incelenmiştir. İşlemler arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Sütün Bileşimi

Çalışmanın 1. ve 2. aşamasında kullanılan yağlı ve yağsız sütlerde toplam kuru madde, yağ ve protein analizi sonuçları Çizelge 4.1 de gösterilmiştir. Yağlı ve yağsız sütlerde bulunan protein ve yağ değeri, yoğurt için standartta (Anon., 2009) verilen protein ve yağ değerine uygun olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1 : Pastörize-homojenize yağlı ve yağsız sütlerin bileşimi.

Bileşen	I. Aşama		II. Aşama
	Yağlı	Yağlı	Yağsız
Toplam kuru madde (%)	11,6 ± 0,1	10,7 ± 0,1	8,3 ± 0,0
Protein (%)	3,0 ± 0,2	3,3 ± 0,0	3,0 ± 0,2
Yağ (%)	3,1 ± 0,0	3,3 ± 0,1	0,1 ± 0,0

4.2 Ultrases İşleminin Sütün Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi

İşlem uygulanmamış (kontrol), ısıtıl işlem ve ultrases işlemi uygulanmış sütlerde pH, titrasyon asitliği, iletkenlik ve çözünür kalsiyum miktarı ölçülmüştür. Ultrases işleminin titrasyon asitliği değerinde değişikliğe neden olmadığı bulunmuştur ve ısıtıl işlem ile karşılaştırıldığında titrasyon asitliği değerlerinde farklılık çıkmamıştır. Ultrases işlemi pH, iletkenlik ve çözünür kalsiyum miktarında ise işlem uygulanmamış örneğe göre değişikliğe sebep olmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Ultrases ve ısıt işlemin sütün fizikokimyasal özelliklerine etkisi.

İŞLEM			pH	Titrasyon asitliği (% laktik asit)	İletkenlik (mS/cm)	Çözünür kalsiyum (mg/L)
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)				
	Kontrol		6,80 ± 0,03 ^c	0,108 ± 0,001 ^a	4,77 ± 0,00 ^{abc}	202,2 ± 0,7 ^{ef}
25	20	10	6,83 ± 0,00 ^{cd}	0,102 ± 0,002 ^a	4,75 ± 0,02 ^a	210,6 ± 4,9 ^f
25	20	30	6,85 ± 0,01 ^d	0,109 ± 0,000 ^a	4,76 ± 0,00 ^{abc}	257,8 ± 0,3 ^h
25	60	10	6,73 ± 0,01 ^b	0,115 ± 0,001 ^a	4,76 ± 0,01 ^{ab}	161,8 ± 0,1 ^b
25	60	30	6,72 ± 0,00 ^b	0,110 ± 0,001 ^a	4,81 ± 0,01 ^c	158,3 ± 2,0 ^b
100	20	10	6,82 ± 0,01 ^{cd}	0,108 ± 0,001 ^a	4,76 ± 0,03 ^{abc}	245,6 ± 1,8 ^g
100	20	30	6,79 ± 0,01 ^c	0,104 ± 0,001 ^a	4,78 ± 0,01 ^{abc}	183,0 ± 1,3 ^c
100	60	10	6,73 ± 0,01 ^b	0,109 ± 0,000 ^a	4,76 ± 0,01 ^{ab}	165,6 ± 4,7 ^b
100	60	30	6,73 ± 0,01 ^b	0,120 ± 0,016 ^a	4,80 ± 0,00 ^{bc}	178,7 ± 5,2 ^c
-	85	30	6,66 ± 0,01 ^a	0,110 ± 0,005 ^a	4,75 ± 0,01 ^a	128,9 ± 1,3 ^a
-	60	10	6,74 ± 0,00 ^b	0,110 ± 0,001 ^a	4,79 ± 0,01 ^{abc}	194,5 ± 0,6 ^{de}
-	60	30	6,71 ± 0,00 ^b	0,110 ± 0,000 ^a	4,76 ± 0,01 ^{ab}	186,7 ± 0,1 ^{cd}

Ultrases işlem gücü sadece pH üzerinde etkili olurken, işlem sıcaklığının fizikokimyasal özelliklerin tümünde etkili olduğu bulunmuştur. İşlem süresi ise iletkenlik ve kazein fraksiyonunda protein miktarına etki etmiştir (Çizelge 4.3).

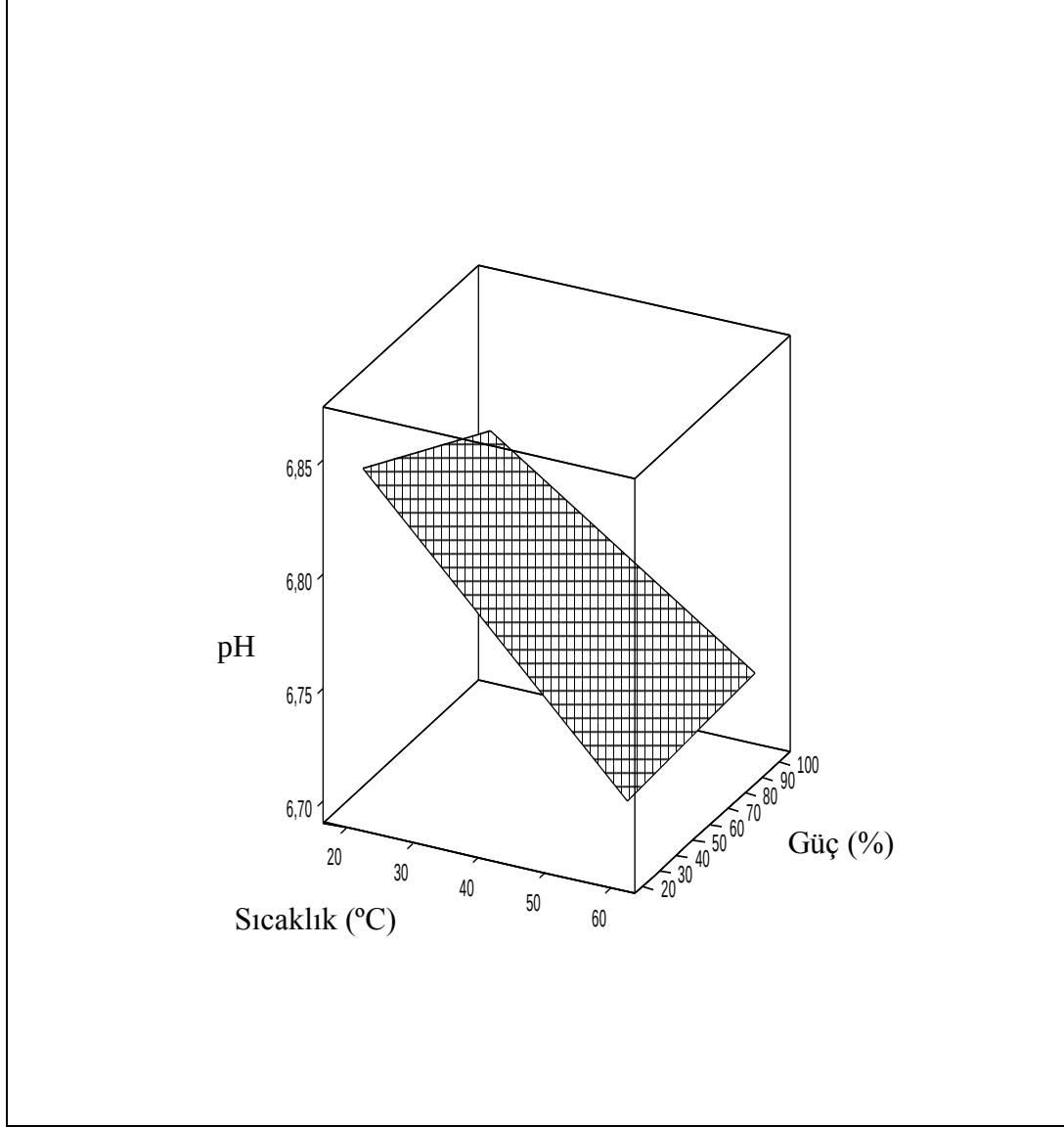
Çizelge 4.3 : Ultrases işlem parametrelerinin sütün fizikokimyasal özelliklerine ve kazein fraksiyonundaki protein miktarına etkileri.

ULTRASES İŞLEM PARAMETRESİ	pH	İletkenlik (mS/cm)	Çözünür kalsiyum (mg/L)	Kazein fraksiyonunda protein (%)
Güç	*	-	-	-
Sıcaklık	**	*	**	**
Süre	-	*	-	*
Güç x Sıcaklık	*	-	-	-
Sıcaklık x Süre	-	*	-	*

* Etki 0,05 düzeyinde önemlidir.

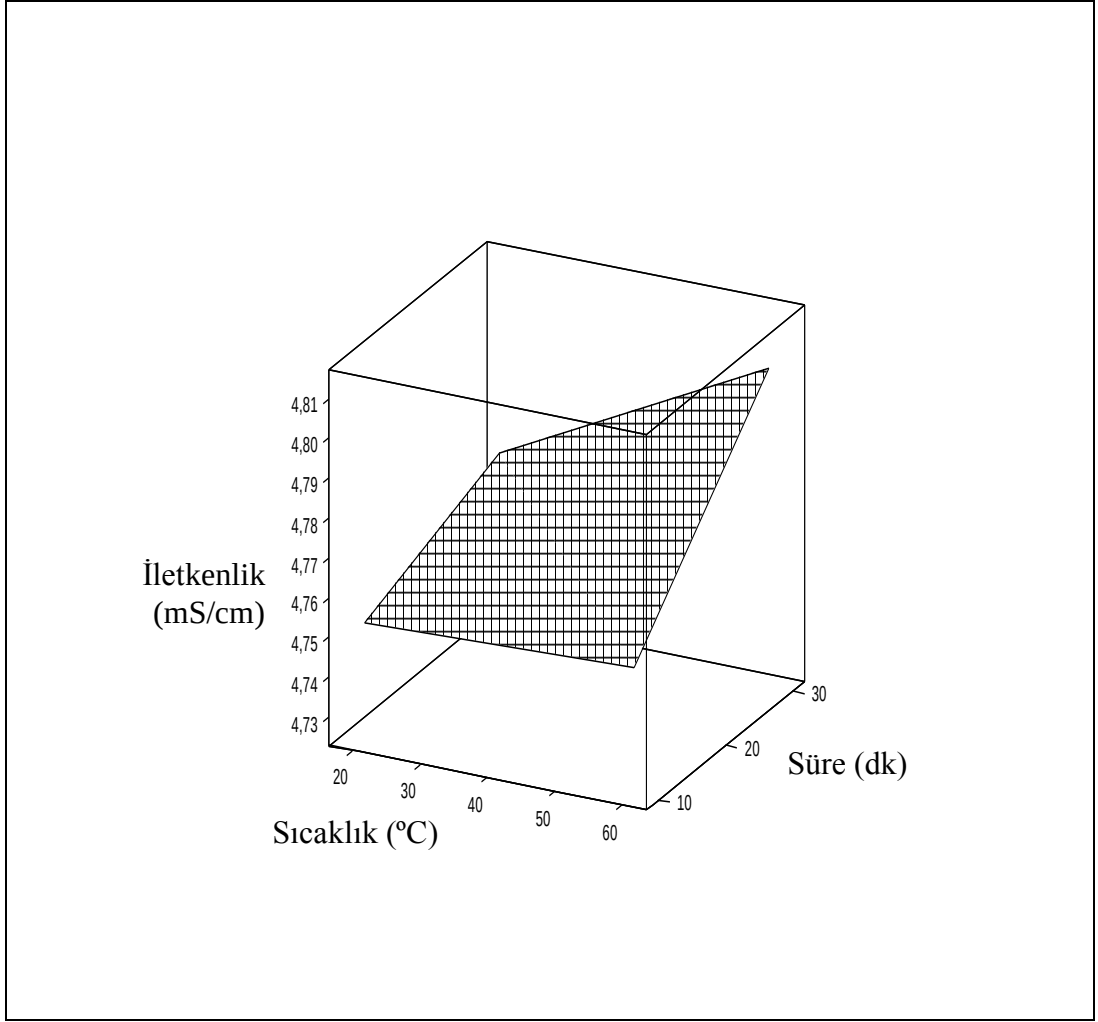
**Etki 0,01 düzeyinde önemlidir.

pH değerinde sıcaklığın artmasıyla ısıl işleme benzer bir etkiyle azalma görülmüştür (Şekil 4.1). Sıcaklık düşük iken ultrases gücünün pH üzerine etkisi daha fazla olmaktadır. Jambrak ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada ultrases işlemi (27-45°C) sonrasında pH değişikliği gözlenmediğini belirtmişlerdir. Çalışmada kullanılan ultrases işlem sıcaklığı yüksek olduğu için pH değerinde bir azalma görülmüştür.



Şekil 4.1 : Sütün pH değerine ultrases işleminin güç ve sıcaklık etkisi.

Ultrases işlem süresi ve sıcaklığı artırıldığında iletkenliğin artış gösterdiği bulunmuştur (Şekil 4.2). Jambrak ve diğ. (2008, 2010) ultrases işleminde prob sisteminde iletkenliğin arttığını banyo sisteminde iletkenliğin azaldığını bildirmişlerdir. Prob sisteminde iletkenliğin artmasını işlem sırasında serbest radikallerin oluşması ile ilişkilendirirken banyo sistemindeki azalmanın nedeninin iyon agregatlarının oluşumu ile viskozitenin artmasından kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.2 : Sütün iletkenlik değerine ultrases işleminin sıcaklık ve süre etkisi.

Çözünür kalsiyum miktarına ultrases işleminin etkisi sadece ultrases işlem sıcaklığının 60°C olduğu durumlarda gözlenmiştir. Genel olarak işlem uygulanmamış örneğe göre düşük sıcaklıkta süre artarken iletkenlik ve çözünür kalsiyum miktarındaki artış paralellik göstermiştir. Ultrases işleminin sıcaklık yüksek iken çözünür kalsiyum miktarını azalttığı bulunmuştur. Çözünür kalsiyum miktarındaki değişim düşük sıcaklıkta (20°C) kazeinin dağılması ile ilgilidir. Ultrases işlem sıcaklığı 60°C olduğunda ise ısıl işlemde olduğu gibi kolloidal faza geçiş olmaktadır.

Fuente ve diğ. (1999), yüksek basınç işleminin (2,5MPa/s, 10dk) çözünür kalsiyuma etkisini ısıl işlem ile karşılaştırmışlardır. Isıl işlem sonrası çiğ süte göre kalsiyum miktarında azalma olduğunu, yüksek basınç işlemi sonrasında ise kalsiyum miktarının arttığını bildirmişlerdir.

Yüksek basınç işleminin kazein misellerine zarar vermesi ve misel üzerinden kalsiyumfosfat ile misel fragmanlarının ayrılmasını iyonik kalsiyum miktarının artması ile ilişkilendirmişlerdir. López-Fandiño ve diğ. (1998) de 300 MPa' a kadar yüksek basınç işleminin çözünür kalsiyum miktarını artırdığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmaya benzer şekilde ultrases işlem sıcaklığı 20°C iken süre ve gücün artırılmasıyla çözünür kalsiyum değerinde artış elde edilmiştir. Bu durum kazeinin yapısına ultrases işleminin etki etmesinden kaynaklanmıştır.

Huppertz ve diğ. (2004a) 400-800 MPa basınç aralığında β -laktoglobulinlerin %80 oranında denatüre olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yüksek sıcaklık işlemi ile çözünür kalsiyumun kolloidal forma geçmesi nedeniyle azaldığı bildirilmektedir (Geerts ve diğ, 1983). Yüksek basınç işleminden önce ısıtma işlemi uygulandığında oluşan kazein-Ca- β -lg kompleksi nedeniyle yüksek basıncın kazein miseline etki etmediğini bildirmişlerdir (Harte ve diğ, 2003; Fuente ve diğ, 1999). Yüksek basınç işlemi öncesi ısıtma işlemi uygulanan örneklerde çözünür kalsiyum miktarında herhangi bir artış gözlenmemiştir (Fuente ve diğ, 1999). Araştırmacıların kalsiyum üzerinde sıcaklığın etkisi ile elde ettikleri sonuçlar işlem sıcaklığı 60°C olan ultrases uygulaması sonrasında çözünür kalsiyum miktarının kontrol örneğine göre düşük çıkması ile paralellik göstermektedir.

4.3 Ultrases İşleminin Kazeinle Birleşen Serum Proteini Miktarına Etkisi

Pastörize homojenize yağlı süt örneklerine farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve sürelerde (10-30dk) ultrases işlemi uygulanarak yüksek sıcaklıkta ısıtma işleminin (85°C-30dk) sağladığı kazeinle birleşen denatüre serum proteini miktarına yakın bir miktar sağlayan ultrases işlem parametreleri belirlenmiştir. Kazein fraksiyonunda protein analizi yapılmış ve işlem uygulanmamış örneğin kazein miktarına göre artış miktarı kazeinle birleşen serum proteini olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Kazein fraksiyonundaki artış dolaylı olarak serum proteinlerinin denatürasyon derecesini ifade etmektedir.

Çizelge 4.4 : Ultrases ve ısıtıl işlemin kazeinle birleşen serum proteini miktarına etkisi.

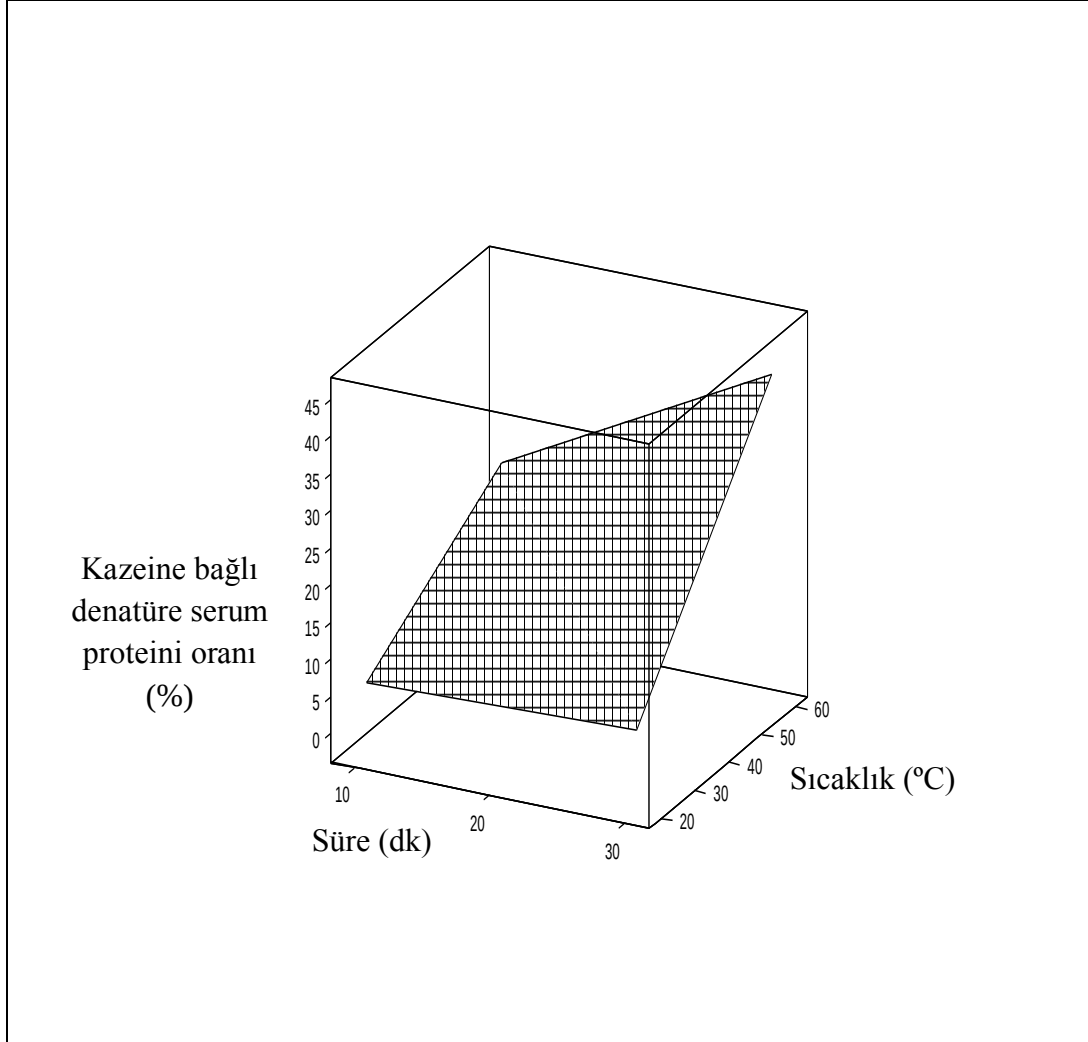
İŞLEM			Kazein fraksiyonunda protein (%)	Kazeine bağlı serum proteini (%)	Kazeine bağlı serum proteini oranı (%)
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)			
	Kontrol		2,52 ± 0,01 ^a	-	-
25	20	10	2,52 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00	0 ± 0
25	20	30	2,55 ± 0,02 ^{ab}	0,03 ± 0,02	10 ± 5
25	60	10	2,59 ± 0,00 ^c	0,07 ± 0,00	21 ± 1
25	60	30	2,65 ± 0,00 ^d	0,13 ± 0,00	38 ± 0
100	20	10	2,56 ± 0,01 ^{bc}	0,04 ± 0,01	13 ± 2
100	20	30	2,53 ± 0,01 ^{ab}	0,02 ± 0,01	5 ± 3
100	60	10	2,59 ± 0,02 ^c	0,07 ± 0,02	21 ± 4
100	60	30	2,67 ± 0,01 ^d	0,15 ± 0,01	43 ± 2
-	85	30	2,75 ± 0,00 ^e	0,24 ± 0,00	69 ± 1
-	60	10	2,56 ± 0,00 ^{bc}	0,04 ± 0,00	12 ± 1
-	60	30	2,59 ± 0,00 ^c	0,07 ± 0,00	22 ± 1

Isıl işleme en yakın düzeyde kazeinle birleşen serum proteini miktarını veren ultrases işlem parametre kombinasyonu %100-60°C-30dk olarak bulunmuştur. %25-20°C-10dk ultrases uygulanmış olan örnekte kazeinle birleşen serum proteini olmamıştır. Nguyen ve diğ. (2010) de sırasıyla giriş sıcaklığı 20, 40 ve 60°C; çıkış sıcaklığı 41, 58 ve 76°C olan yağsız sütlere 50W çıkış gücünde 30 dakikalık ultrases işlemi uyguladıklarında 20 ve 40°C’ de denatürasyon olmazken 60°C’ de yaklaşık %70 oranında serum proteininin denatüre olduğunu bildirmişlerdir. %100W-60°C-30dk ultrases işlem kombinasyonu ile % 48 oranında denatürasyon elde edilmiştir. Yapılan çalışmaya kıyasla aynı sıcaklıkta denatürasyon oranının düşük çıkması ultrases işlemi sırasında işlem sıcaklığının 60°C’ de sabit tutulmasından kaynaklanmıştır.

Düşük düzeyde ısıtıl işlem uygulanan örneklerde (60°C, 10 ve 30dk) de kazein fraksiyonunda artış tespit edilmiştir. Ancak aynı sıcaklıkta ultrases uygulanmış örneklerde daha fazla artış tespit edildiğinden ultrases işleminin de denatürasyonda etkili olduğu saptanmıştır.

Ultrases sıcaklık ve süresi kazeinle birleşen serum proteini miktarına etki ederken ultrases gücünün etkili olmadığı görülmüştür. Genel olarak örnek sıcaklığı ve işlem süresi artırıldıkça kazeinle birleşen serum proteini miktarı artmaktadır (Şekil 4.3).

İşlem süresi sıcaklık yüksek olduğunda kazeinle birleşen serum proteini miktarını daha fazla artırmaktadır. Villamiel ve de Jong. (2000) serum proteinlerinin denatürasyonunda, ısı ile ultrases uygulaması arasında sinerjistik bir etki olduğunu bildirmişlerdir. Ultrases işlemi ve ısıl işlem birlikte uygulandığında aynı sıcaklıktaki ısıl işleme göre serum proteini denatürasyonunun yaklaşık 2 kat daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.3 : Kazeine bağlı denatüre serum proteini oranına ultrases işleminin sıcaklık ve süre etkisi.

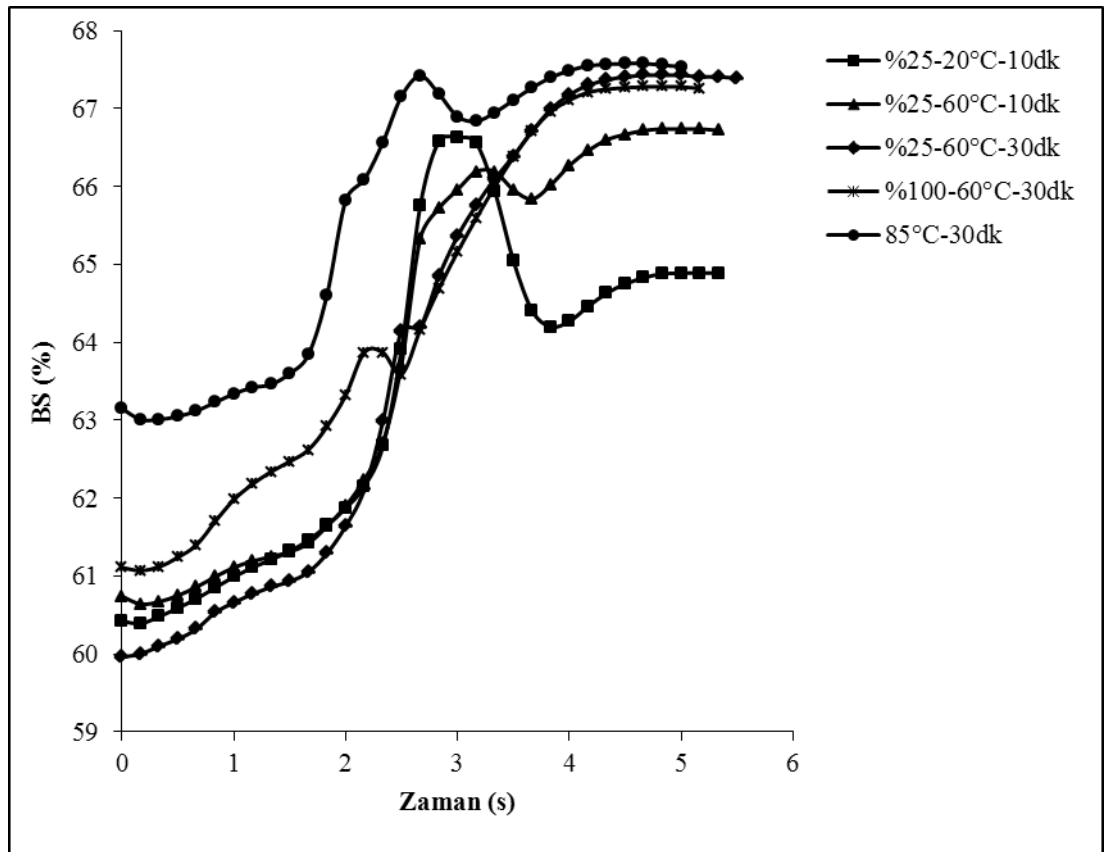
4.4 Yağlı Sütlerle Hazırlanan Yoğurtların Jelleşme Özellikleri

4.4.1 Jelleşme süresi ve pH değeri

Çalışmanın ilk kısmında elde edilen kazeinle birleşen serum proteini oranlarına, ultrases işleminin parametre etkisine göre ikinci aşama için ultrases işlem kombinasyonları belirlenmiştir. Bu amaçla ısıl işleme en yakın düzeyde kazeinle

birleşen serum proteini miktarını veren %100-60°C-30dk, denatürasyonun olmadığı ve ultrasesin sadece homojenizasyon etkisinin gözlenebileceği %25-20°C-10dk kombinasyonları seçilmiştir. Sürenin jelleşme üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla da %25-60°C-10dk ve %25-60°C-30dk ultrases işlem kombinasyonları seçilmiştir.

Örneklerin türbidimetre ile analizlerinden elde edilen grafiğe göre BS değerinin pik yaptığı ilk nokta jelleşme süresi olarak alınmıştır (Şekil 4.4). BS değeri türbidimetre ile sütteki bileşenlerin ışığı saçma değeridir. Jelleşme süresinde proteinler birleştikçe BS değeri artış göstermektedir.



Şekil 4.4 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.

%25-60°C-10dk ultrases işlemi ve ısıl işlem uygulanmış yoğurtlarda jelleşme süreleri arasında farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.5). %25-60°C-30dk ultrases işlemi ile üretilen yoğurtlarda jelleşme süresi kısalmıştır. Riener ve diğ. (2009) 45°C' de 10dk ultrases işleminin ısıl işleme (90°C-10dk) göre jelleşme süresini kısalttığını ve jelleşme pH değerinde yükselmeye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.5 : Yağlı sütlerde ultrases ve ısıt işlem uygulamasının jelleşme süre ve pH değerine etkisi.

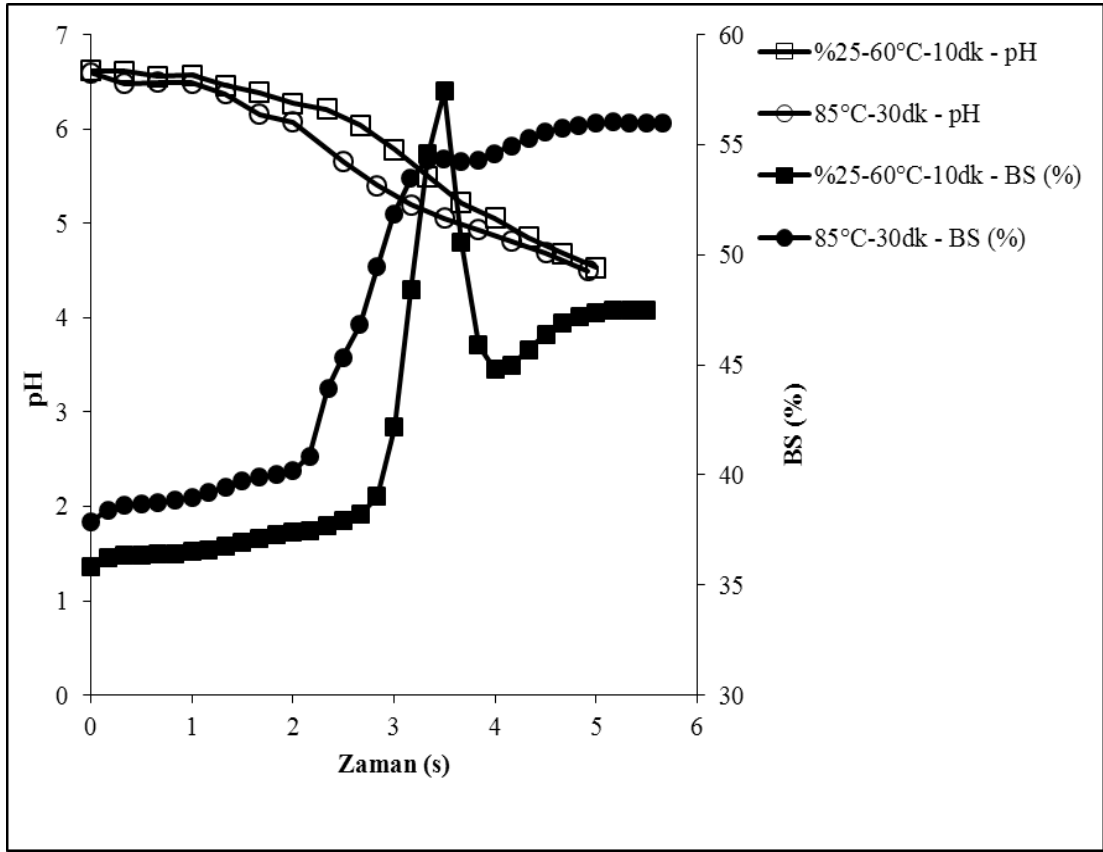
İŞLEM			Jelleşme süresi (dk)	Jelleşme pH' sı
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)		
25	20	10	175 ± 7 ^{bc}	5,3 ± 0,1 ^a
25	60	10	185 ± 7 ^c	5,2 ± 0,0 ^a
25	60	30	155 ± 7 ^b	5,4 ± 0,1 ^{ab}
100	60	30	125 ± 7 ^a	5,7 ± 0,0 ^b
-	85	30	175 ± 10 ^{bc}	5,2 ± 0,0 ^a
-	60	10	170 ± 0 ^{bc}	5,2 ± 0,0 ^a
-	60	30	173 ± 4 ^{bc}	5,4 ± 0,2 ^a

Isıl işleme en yakın düzeyde kazeinle birleşen serum proteini miktarını veren ultrases işlem kombinasyonu (%100W-60°C-30dk) jelleşme süresini ısıt işleme göre yaklaşık 50 dk düşürmüştür.

%25-20°C-10dk ile ısıt işlemin benzer jelleşme sürelerine sahip olduğu bulunmuştur. Jelleşme pH değeri, ısıt işlem ile %25-20°C-10dk işlemi arasında farklılık göstermezken %100-60°C-30dk işlemi diğer kombinasyonlara göre jelleşme pH değerini artırmıştır.

Anema (2008) yüksek sıcaklıkta ısıt işlem öncesinde sütün farklı pH değerlerine sahip olmasının serum proteinlerinin kazeinle birleşmesini etkilediğini açıklamıştır. pH değerinin artırılmasıyla denatüre çözünür serum proteini agregatı miktarının arttığını, kazeinle birleşen serum proteini miktarında bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Vasbinder ve Kruif, (2003) de ısıt işlem öncesi sütün pH değerinin yüksek olmasının jelleşme pH değerini yükselttiğini açıklamışlardır. %100W-60°C-30dk ultrases işlem kombinasyonu kazein miselinden κ -kazeinlerle bağlanmış olan denatüre serum proteinlerinin çözünür hale geçmesine sebep olabileceğinden dolayı jelleşme pH değerinde yükselme gözlenmiştir.

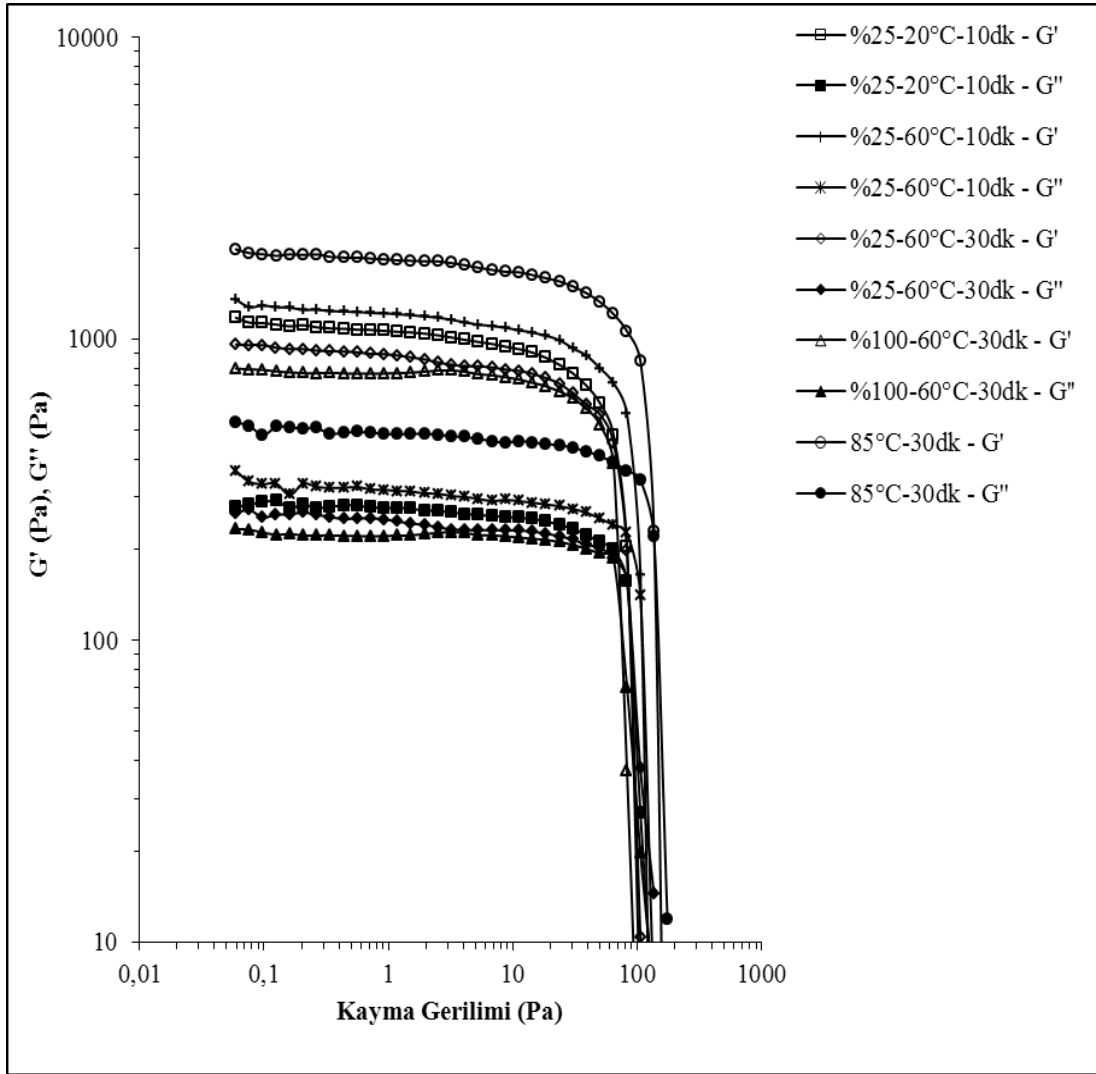
%25-60°C-10dk ultrases işlemi ve ısıt işlem uygulanmış örneklerin fermentasyonu sırasında pH düşüşlerinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.5). Şengül ve diğ. (2009), yaptıkları çalışmada ultrases gücü ve süresinin artırılmasıyla pH düşüşünde farklılık olmadığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.5 : Yağlı sütlerde ultrases işleminin jelleşme süre ve pH düşüşüne etkisi ve ısıl işlem ile karşılaştırılması.

4.4.2 Jel sertliği ve dayanıklılığı

Hazırlanan yoğurtlar +4°C’ de 1 gün bekletildikten sonra reometre ile analiz edilmiştir. Jel sertliği kayma gerilimi taramasında elde edilen G’ değeri ile ifade edilmiştir. G’ değeri başlangıç kayma gerilimi değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Jel dayanıklılığı ise kayma gerilimi taramasında artan kayma gerilimi ile jelin kırıldığı noktada ölçülen maksimum kayma gerilimi değeri ile verilmiştir. Kayma gerilimi taramasında jel yapının artan kayma gerilimine karşı deforme olmadan kalabildiği bölge lineer viskoelastik bölge (LVR) olarak gösterilmektedir (Paseephol ve diğ, 2008). Bu noktadan sonra jel yapı kırılmakta ve G’ değerinde düşüş gözlenmektedir. %25-60°C-10dk ultrases işlemi ile üretilen yoğurdun deforme olmadan kalabildiği maksimum kayma gerilimi değeri ısıl işlem ile elde edilen yoğurdunki ile benzerlik göstermiştir. %25-60°C-30dk ultrases işleminin ise kırılmadan dayanabildiği maksimum kayma gerilimi ısıl işleminden daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.

%25-60°C10dk ile %25-60°C-30dk ultrases işlemi arasında jel sertliği ve kırılma gerilimi arasında farklılık bulunmazken %25-60°C 10dk ultrases kombinasyonunun ısıtma işlemine en yakın jel sertliğine sahip olduğu görülmüştür. Aynı sıcaklıkta ultrases işlem süresinin artırılması jelin sertliğini olumsuz yönde etkilemiştir.

Isıtma işlemine en yakın düzeyde kazeinle birleşen serum proteini miktarını veren %100-60°C-30dk ultrases işlemi uygulanarak üretilen yoğurdun G' değerinin diğer ultrases kombinasyonları ve ısıtma işlemi uygulanarak üretilen yoğurtlara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca LVR bölgesinin kısa olduğu ve düşük bir kayma gerilimi ile deforme olabildiği görülmüştür.

60°C-10 ve 30dk ısıtma işlem uygulamaları ile ultrases işlemi arasında jel sertliği ve dayanıklılığı açısından farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.6). Ultrases işlemi ile aynı

sıcaklıkta olan kontrol grubuna göre kazeinle birleşen serum proteinleri oranlarında artış sağlarken jelleşme üzerinde olumlu bir sonuç alınamamıştır. Özellikle sürenin artırılmasıyla ultrases işlemi ile üretilmiş yoğurdun G' değeri kontrol örneğinin (60°C-30dk) G' değerinden daha düşük olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.6 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtların jelleşme özellikleri.

İŞLEM			Elastik modülüs (G', Pa)	Kırılma gerilimi (Pa)	Kırılma gerinimi
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)			
25	20	10	1079 ± 63 ^a	31,1 ± 2,1 ^a	0,04 ± 0,00 ^{ab}
25	60	10	1258 ± 46 ^{ab}	47,2 ± 0,4 ^{ab}	0,05 ± 0,00 ^{ab}
25	60	30	888 ± 11 ^a	34,4 ± 5,4 ^a	0,05 ± 0,01 ^{ab}
100	60	30	772 ± 44 ^a	28,1 ± 0,3 ^a	0,04 ± 0,00 ^{ab}
-	85	30	1736 ± 272 ^b	64,5 ± 7,8 ^b	0,05 ± 0,00 ^b
-	60	10	994 ± 109 ^a	30,0 ± 4,2 ^a	0,04 ± 0,00 ^{ab}
-	60	30	1063 ± 120 ^a	30,0 ± 7,2 ^a	0,04 ± 0,01 ^a

%25-20°C-10dk ve %100-60°C-30dk ultrases işlemi uygulanan örneklerin kayma gerilimi taramasından elde edilen G' değerleri ısıl işlem ile üretilen yoğurdun G' değerinden düşük çıkmıştır. Ultrases işleminin serum proteinlerinde kazeinle birleşme sağlayamadığı %25-20°C-10dk kombinasyonunun gevşek yapıya sahip olduğu G' değerinin düşük çıkmasıyla görülmüştür. Aynı güç ve sürede fakat yüksek sıcaklıkta ultrases işlemi uygulandığında (%25-60°C-10dk) ısıl işleme benzeyen bir yapıda sertlik elde edilmiştir. Isıl işlem ile denatüre olan serum proteinleri kazein ile bağlanmakta ve sıkı bir jel yapısı elde edilmektedir. %25-60°C-10dk ultrases işlemi uygulanan örnekte görüldüğü gibi istenilen jel sertliğinin elde edilebilmesi için ultrases işleminde belli oranda denatürasyonun sağlanması gereklidir.

Nguyen ve diğ. (2010) 50W çıkış gücü uygulanan ultrases işlemini 20 ve 40°C' deki yağsız süte uyguladıktan sonra hazırlanan asit jellerinde G' değerinin işlem uygulanmayan örneğin G' değerine yakın olduğunu bildirmişlerdir. Harte ve diğ. (2003) de ısıl işlem olmadan düşük sıcaklıkta yüksek basınç işlemi uygulandığında üretilen yoğurtların sertliğinin kontrole yakın olduğunu bildirmişlerdir. Serum proteinlerinin kazein ile etkileşime girmemesi G' değerinin düşmesine neden olmaktadır.

Riener ve diğ. (2009) ultrases işlemi (%100W, 45°C, 10dk) uygulanmış yoğurtların G' değerinin ısıl işlem uygulanmış yoğurtların G' değerinden daha yüksek olduğunu

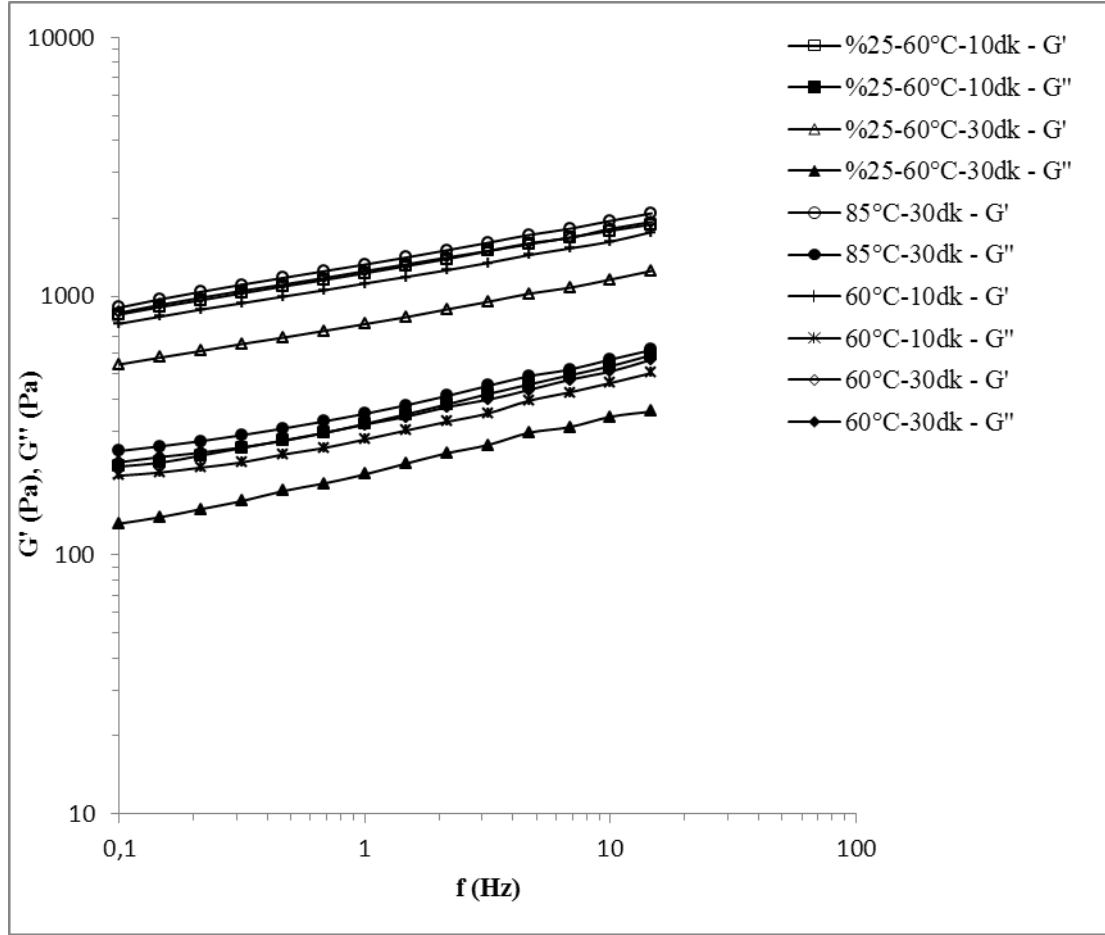
bildirmişlerdir. Araştırmacılar serum proteini denatürasyonunun ultrases işlemi uygulanmış sütlerde daha düşük çıkmasına rağmen G' değerinin ultrases işlemi uygulanmış yoğurtlarda yüksek çıkmasını işlem etkisiyle kazeinlerin disosiye olması ve fermentasyon sırasında tekrar bir araya gelerek güçlü bir jel yapı oluşturması ile ilişkilendirmişler. Ayrıca ultrases işlemi boyunca ilk 6 dakikada sıcaklık serum proteinleri denatürasyonun gerçekleşmeye başladığı sıcaklığa (72°C) ulaşmış, sonrasında sabit kalmıştır. Denatürasyondan daha çok ultrasesin homojenizasyon etkisinin yoğurt sertliğini artırdığını bildiren araştırmacılar ultrases uygulamasını tek bir güç ve süre kombinasyonunda uygulamışlar, süre artırıldıkça jel yapıya homojenizasyonun etkisini araştırmamışlardır.

Nguyen ve diğ. (2010) ultrases işleminin asit jeli oluşumuna etkisini yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (80°C -30dk) ile karşılaştırmışlardır. Bu amaçla yağsız süte farklı sürelerde (5-30dk) ultrases işlemi uygulamışlardır. İşlem sırasında sıcaklık kontrolü yapılmadığı için örneklerin sıcaklığının 20°C ' den yaklaşık 95°C ' ye ulaştığını bildirmişlerdir. Ultrases işlemi ilk 5 dk' da düşük G' değeri gösterirken sürenin artmasıyla G' değerinin yükseldiğini bildirmişlerdir. 15 dk ultrases uygulamasından sonra ise G' değerinin düşmeye başladığı ve işlem uygulanmayan örneğe yakın bir değerde olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar jel elektroforez ile sütlerin serum fazında κ -kazein miktarını belirlemişler ve ultrases işlem süresi artırıldıkça κ -kazein miktarının artış gösterdiğini dolayısıyla κ -kazein ile bağlanan serum proteinlerinin çözünür faza geçmesinin G' değerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Lucey ve diğ. (1998) yağsız sütlerde ısıl işlem (80°C -30 dk) sonrasında serum proteinlerinin denatürasyonunun jelleşmeye olan etkisini araştırmışlardır. Denatüre olup kazeine bağlanan serum proteinlerinin oluşturduğu asit jellerinin G' değerinin kazeinle bağlanmayıp çözünür agregat oluşturan serum proteinlerinin oluşturduğu asit jellerinin G' değerinden daha yüksek olduğunu açıklamışlardır.

Frekans taramasında elde edilen sonuçlarda tüm işlem grupları için G' değerinin G'' değerinden yüksek olduğu ve frekansa bağımlı olarak G' ve G'' değerlerinin frekans artırıldıkça düşük bir eğimle artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.7). Frekans taramasında $\log f'$ ye karşılık çizilen $\log G'$ grafiğinin eğimi (n) jelin yapısı hakkında bilgi vermektedir (Arzeni ve diğ, 2012). Kovalent jellerde $n=0$ iken, fiziksel jellerde

$n > 0$ olmaktadır. Serum proteini konsantrasyonu için n değerinin 0,092 çıktığı bildirilmiştir (Arzeni ve diğ., 2012).



Şekil 4.7 : Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.

Yoğurt gibi viskoelastik özellikteki jel sistemlerinde G' ve G'' değerleri frekansa bağımlı olarak değişirken tam bir jel yapının olduğu durumda değerler frekansa bağımsız olmaktadır (Steffe, 1996). Tüm örnek grupları için G' değerinin G'' değerinden yüksek olması jel yapının elastikiyetinin yüksek olduğunu göstermektedir.

4.4.3 Jelin su tutma kapasitesi

%25-20°C-10dk, %25-60°C-10dk ve %25-60°C-30dk ultrases işlemi uygulanan örnekler ile ısıtma işlemi uygulanan örneğin su tutma kapasiteleri arasında farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.7). %25-60°C-30dk ultrases işlem kombinasyonunun ısıtma işleme yakın bir değerde STK değerine sahip olduğu ve %100-60°C-30dk ultrases işlemi ile üretilen yoğurtların STK değerlerinin benzer olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.7 : Ultrases ve ısıt işlem uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda su tutma kapasitesi.

İŞLEM			STK (%)
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	
25	20	10	38,9 ± 0,1 ^a
25	60	10	44,5 ± 0,4 ^a
25	60	30	54,4 ± 0,2 ^{ab}
100	60	30	66,1 ± 1,4 ^b
-	85	30	44,6 ± 5,2 ^a
-	60	10	45,7 ± 6,0 ^a
-	60	30	42,2 ± 6,6 ^a

%100-60°C-30dk işleminin en yüksek STK değerine sahip olduğu bulunmuştur. %100-60°C-30dk ultrases işlemi ile su tutma kapasitesinin yüksek çıkması yağ ve kazein boyutunun azaltılması ile ilişkilendirilmiştir. Yağın homojenizasyonu sonrasında yağın yapısına kazeinlerin ve denatüre serum proteinlerinin dahil olması ile jelleşme sonrasında yapıda suyun tutulması kolaylaşmaktadır (Riener ve diğ, 2009). Jambrak ve diğ. (2008), ultrases işleminin serum proteini çözeltisinde çözünürlüğü artırdığını bildirmişlerdir. Serum proteinlerinin yapısındaki amino asitlerin hidrofilik kısımlarının suya doğru açılmasından dolayı çözünürlüğün artmış olabileceğini bildirmişlerdir. Serra ve diğ. (2007) de 200 MPa üzerinde uygulanan yüksek basınçta homojenizasyon işleminin 90°C-90s-15 MPa’ da klasik homojenizasyona göre STK’ da artış sağladığını bildirmişlerdir. Basınç arttıkça STK’nın artmasını serum proteini denatürasyonu, protein-protein ve protein-yag etkileşimleri ile açıklamışlardır. Uygulanan işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça su tutma kapasitesinin artması yağın ve kazein misellerinin boyutlarının azalması ile ilgilidir.

Şengül ve diğ. (2009) yaptıkları çalışmada ultrases işleminin farklı güç ve süre seviyelerinin etkisini klasik homojenizasyon işlemi ile karşılaştırmışlardır. Düşük güç ve sürede klasik homojenizasyona yakın STK değeri elde edildiğini, ultrases işleminin gücünün ve süresinin artırılmasıyla STK değerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Ultrases işlemi sonrasında yağ partikül boyutu klasik homojenizasyon işlemine göre azaltılabilmektedir (Riener ve diğ, 2009; Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2008; Villamiel ve de Jong, 2000; Ertugay ve diğ, 2002). Bermúdez-Aguirre ve diğ. (2008) ısıt işlem ve termosonikasyon uygulanmış sütlerde yağ globüllerinin boyutunu incelemişlerdir. Termosonikasyon uygulaması ile yağ partiküllerinin boyutunun 1µm’ den daha aşağıya indirilebildiğini bildirmişlerdir.

Küçülen yağ partiküllerinin membranlarının daha granüler bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Araştırmacılar kazein misellerinin hidrofobik kısımlarının yağın membran yüzeyine bağlanmasını granüler yapı ile ilişkilendirmişler ve küçülen yağ partiküllerinin sayısının artmasıyla yağ-protein ağında daha fazla su tutulabildiğini bildirmişlerdir.

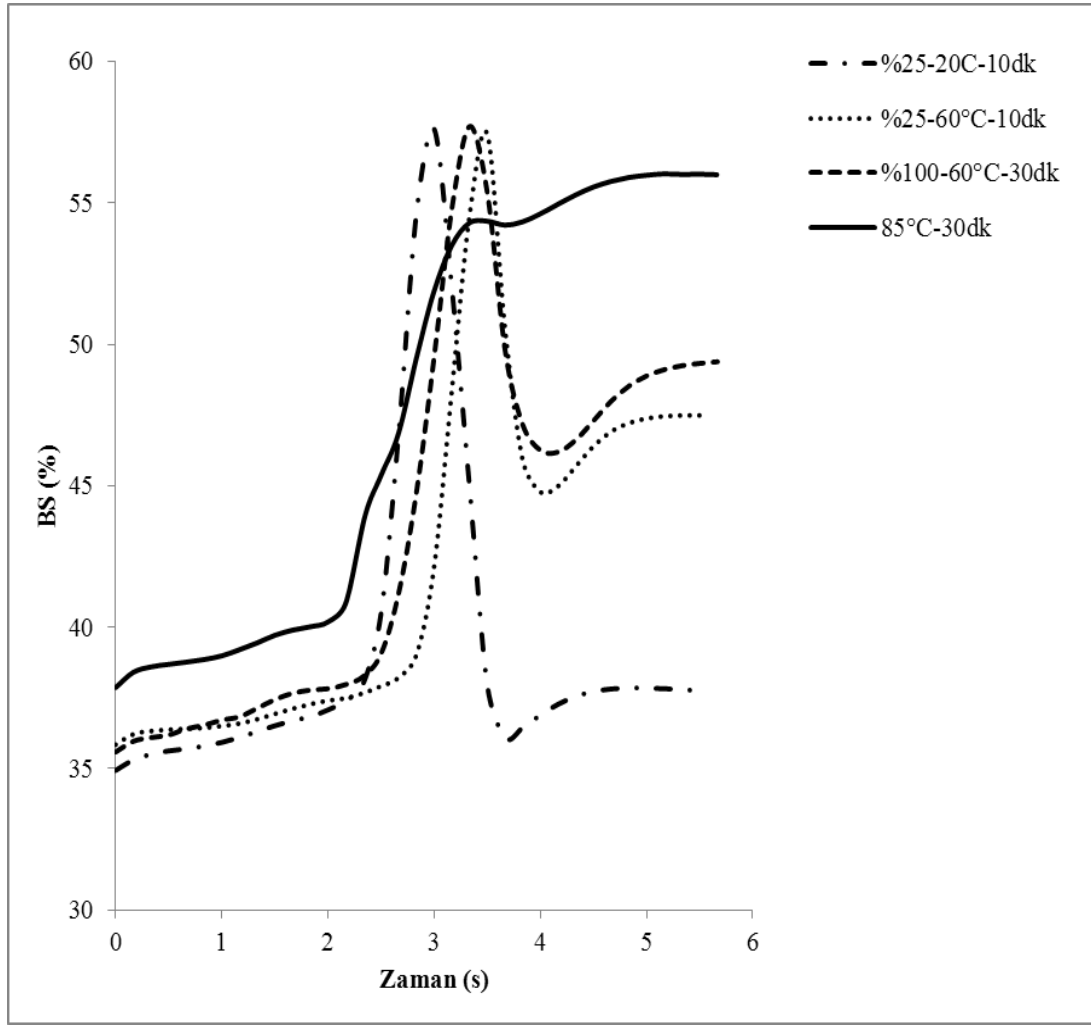
Ertugay ve diğ. (2002) homojenizasyon etkinlik değerinin (H_E) ultrases uygulaması ile düşürülebildiğini bildirmişlerdir. İyi bir homojenizasyonun olabilmesi için H_E değerinin 10' un altında olması gerektiği bilinmektedir. Ultrases işlem süresi ve gücü artırıldıkça H_E değeri azalmıştır. %40 güç ve 10dk ultrases işleminden sonra H_E değerinin 10' un altına indirilebildiğini bildirmişlerdir.

Madadlou ve diğ. (2009), farklı pH değerlerine sahip kazein çözeltilerine farklı güçlerde ultrases işlemi uygulamışlar ve en düşük kazein boyutunun pH değerinin yüksek olduğu örneğe uygulanan yüksek güçte ultrases işlemi ile elde edilebildiğini bildirmişlerdir. pH değeri arttıkça kazein boyutunun daha da azalmasını, ultrasesin gevşek misel yapısına etkisinin daha çok olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Huppertz ve diğ. (2004a), 100-200 MPa arasında yüksek basınç işleminin kazein misel boyutunu değiştirmediğini, 250 MPa sonrasında boyutun %20 azaldığını ve 300-800 MPa arasında boyutun yaklaşık %50 oranında azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

4.5 Yağsız Sütlerle Hazırlanan Yoğurtların Jelleşme Özellikleri

4.5.1 Jelleşme süresi ve pH değeri

Yağsız sütlerle %25-60°C-10dk ve %100-60°C-30dk ultrases işlemi ile ısıtıl işlem uygulandıktan sonra üretilmiş olan yoğurtlarda jelleşme süreleri arasında fark bulunmazken %25-20°C-10dk kombinasyonu ile üretilen yoğurtların jelleşme süresinin azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.8).



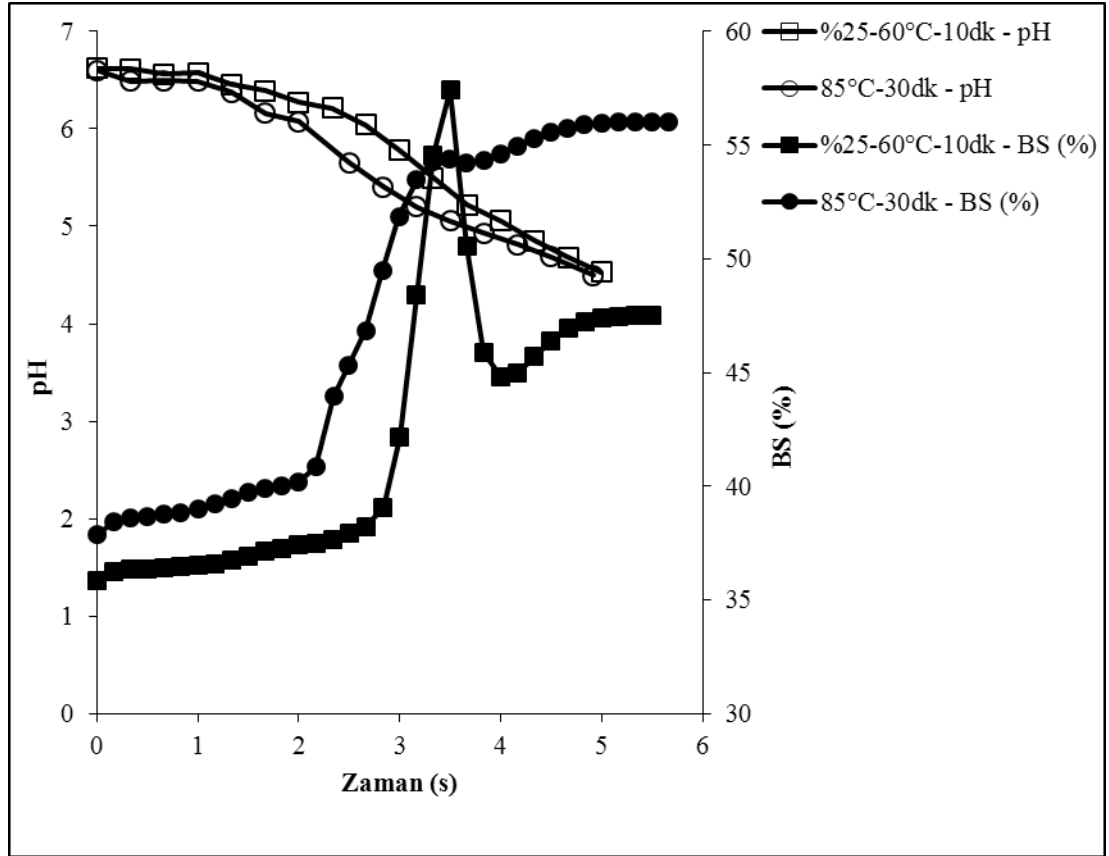
Şekil 4.8 : Ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağsız sütlerle üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.

Yağsız sütlerde ultrases işlemi ve ısıtma işlem uygulamaları arasında jelleşme pH değerleri açısından fark olmadığı görülmüştür. Ultrases işlem kombinasyonları arasında da jelleşme pH değerleri farklı çıkmamıştır. %100-60°C-30dk ultrases kombinasyonu yağlı süte uygulandığında jelleşme pH sınırı yükseltirken yağsız süte uygulandığı zaman jelleşme pH sınırı değiştirmemiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 : Yağsız sütlerde ultrases ve ısıtma işlem uygulamasının jelleşme süre ve pH değerine etkisi.

İŞLEM			Jelleşme süresi (dk)	Jelleşme pH' sı
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)		
25	20	10	181 ± 1 ^a	5,3 ± 0,1 ^a
25	60	10	215 ± 7 ^b	5,3 ± 0,2 ^a
100	60	30	202 ± 2 ^{ab}	5,2 ± 0,0 ^a
-	85	30	205 ± 7 ^b	5,1 ± 0,0 ^a

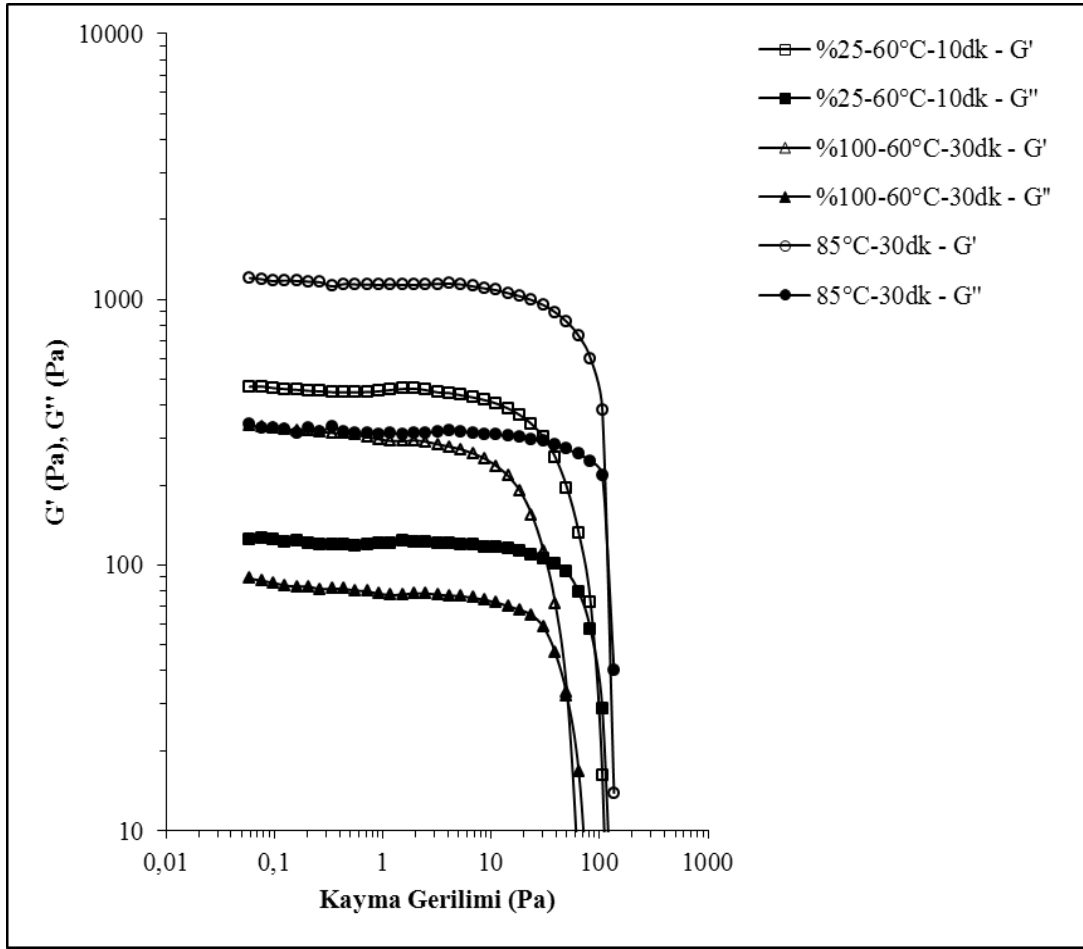
%25-60°C-10dk ultrases işlemi ile ısıtıl işlem fermentasyonun 1.saatinde benzer pH düşüşü göstermiştir. Fermentasyonun ilerlemesiyle birlikte %25-60°C-10dk nın pH düşüşünün ısıtıl işlem göre yavaşladığı fakat fermentasyonun sonuna doğru tekrar benzerlik gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Yağsız sütlerde ultrases işleminin jelleşme süre ve pH düşüşüne etkisi ve ısıtıl işlem ile karşılaştırılması.

4.5.2 Jel sertliği ve dayanıklılığı

Ultrases işlemi uygulanmış yağsız sütlerle hazırlanan yoğurtların jel sertliği ve dayanıklılığı yağlı sütlerle hazırlanan yoğurtlara göre düşük bulunmuştur. Yağlı sütlerle yapılan stres taraması sonuçlarına benzer şekilde jel yapısının en iyi olduğu örnek ısıtıl işlem uygulanan örnek olarak bulunmuştur. Stres taramasında LVR bölgesinin en uzun olduğu örnek ısıtıl işleme ait olan örnek olurken ultrases işlemine ait örneklerin LVR bölgeleri kısa çıkmıştır. %25-60°C-10dk ultrases kombinasyonu uygulanan örneğin %100-60°C-30dk kombinasyonu uygulanan örneğe göre kırılmaya karşı daha dayanıklı olduğu görülmüştür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : Ultrases ve ısıt işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.

Ultrases işleminin yağlı sütlerde serum proteini denatürasyonuna etkisinin yağsız sütlerle kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Riener ve diğ, 2009; Villamiel de Jong, 2000). Villamiel ve de Jong, (2000) yağsız sütlerde hem katı madde oranının düşük olması hem de ultrases işleminin yağlı sütlerde homojenizasyon etkisiyle daha fazla serum proteinine ulaşabilmesinin denatürasyonu artırabileceğini bildirmişlerdir. Yağın jel yapısına dahil olmamasından dolayı protein-yağ etkileşimleri oluşmadığından yağsız yoğurtların yapısının daha gevşek ve kırılabilir olduğu görülmüştür. Yağlı sütle yapılan denemelerden elde edilen sonuçlarda olduğu gibi %25-60°C-10dk ultrases işlemi ile üretilen yoğurtların artan gerilime karşı deforme olmadan kalabilmesi açısından %100-60°C-30dk işlemine göre üstünlük sağladığı görülmüştür.

Yağsız yoğurtların kayma gerilimi taraması sonuçlarına göre ultrases işlemi uygulanmış örneklerin kırılma gerilimlerinin ısıt işleme göre çok düşük çıktığı görülmüştür (Çizelge 4.9). %100-60°C-30dk ultrases işlemi uygulanarak üretilmiş

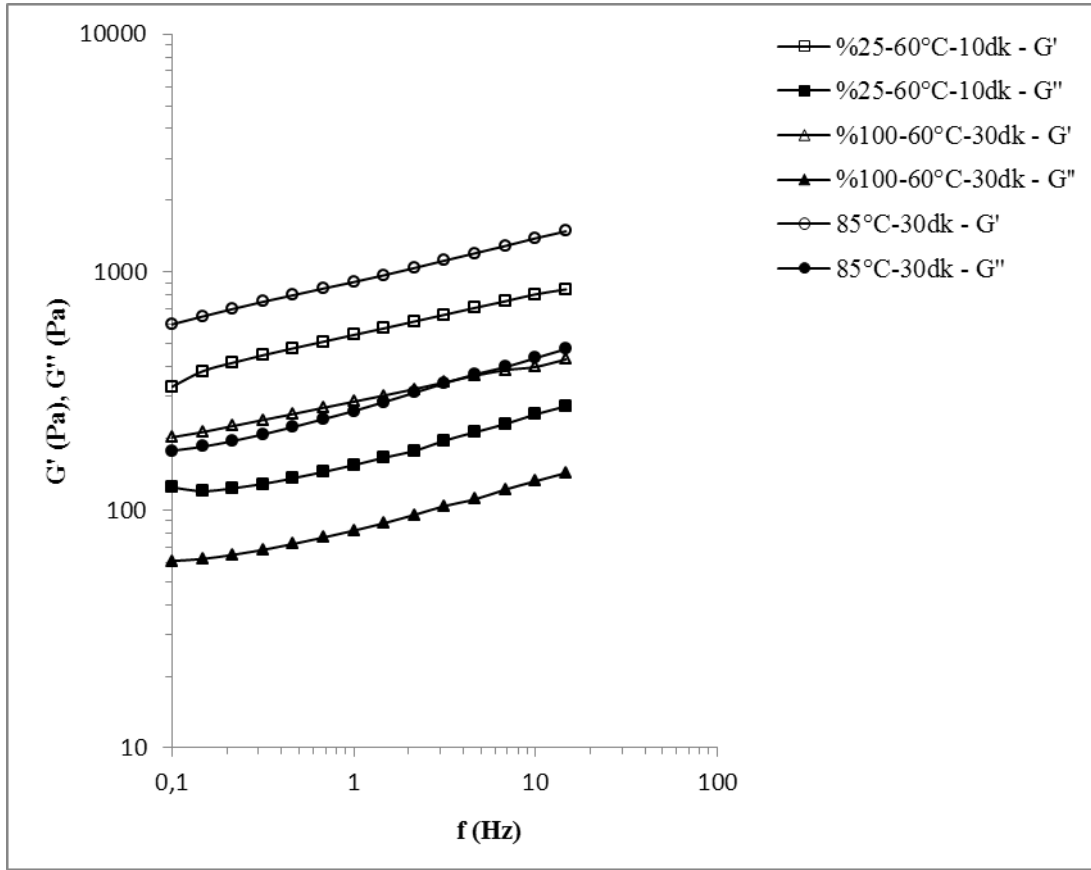
olan yağsız yoğurtların dayanıklılıkları %25-60°C-10dk işlemi ile aynı çıkmıştır. Ultrases işlemi uygulanmış örneklerin kırılması için gereken gerilimin ısıl işleme göre daha düşük olduğu görülmüştür. %25-20°C-10dk ultrases işlem kombinasyonu ile üretilen yağsız yoğurtların üretim sonrasında serum ayrılması çok fazla olduğundan dolayı reoloji ölçümlerinde jel sertliği ve dayanıklılığı çok yüksek çıkmıştır. Bu nedenle %25-20°C-10dk ultrases işlemine ait reoloji sonuçları çizelgede verilmemiştir.

Çizelge 4.9 : Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtların jelleşme özellikleri.

İŞLEM			Elastik modülüs (G',Pa)	Kırılma gerilimi (Pa)	Kırılma gerinimi
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)			
25	60	10	462 ± 6 ^a	17,8 ± 0,9 ^a	0,05 ± 0,00 ^a
100	60	30	313 ± 9 ^a	11,6 ± 0,9 ^a	0,05 ± 0,00 ^a
-	85	30	1174 ± 127 ^b	55,1 ± 4,6 ^b	0,07 ± 0,00 ^b

Riener ve diğ. (2009) ultrases işlemi uygulanmış farklı yoğurtlarda yağ içeriği artırıldıkça G' değerinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Jelin G' değerinin yükselmesini küçülen yağ partiküllerinin sayısının artmasından dolayı protein-yağ etkileşiminin artması ile ilişkilendirmişlerdir. Nguyen ve diğ. (2010) yağsız sütlerde 50W çıkış gücünde 60°C' de 30 dk ultrases uygulaması ile üretilen yoğurtların G' değerinin ısıl işleme yakın olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar yağsız süt tozu ile kuru maddeyi yağlı sütün kuru madde (%12) miktarına yükseltmişler ayrıca ultrases işlemi sırasında sıcaklık sabit tutulamadığı için sütün sıcaklığının 76°C' ye çıktığını bildirmişlerdir. Anema (2008), yüksek sıcaklıkta ısıl işlem öncesinde yağsız sütlerde kuru madde oranının artırılmasının G' ve kayma gerilimi değerlerini yükselttiğini bildirmiştir.

Ultrases ve ısıl işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurt örneklerinin frekans taramasından elde edilen sonuçlara göre frekansın artırılmasıyla yoğurtların G' ve G'' değerlerinin belli bir eğimle arttığı görülmüştür (Şekil 4.11). Tüm yağsız yoğurt örnekleri için G' değeri G'' değerinden yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11 : Ultrases ve ısıt işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.

4.5.3. Jelin su tutma kapasitesi

Isıl işlem ve ultrases işlemi uygulanan yağsız sütlerle üretilen yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri arasında farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.10). Ultrases işlemi ve ısıt işlem uygulanmış yağsız sütlerden hazırlanan yoğurtların su tutma kapasitelerinin yağlı sütlerle göre azaldığı görülmüştür. Su tutma kapasitesinin serum proteini denatürasyonu, yağın homojenizasyonu ve sütün kuru madde içeriği ile değiştiği bilinmektedir (Dannenberg ve Kessler, 1988a; Köksoy ve Kılıç, 2003; Riener ve diğ, 2009).

Çalışmada ısıt işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtların STK değerinin yağlı yoğurtlarınkine göre düşük çıkması yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda STK değerinin serum proteinlerinin denatürasyonu ile ilişkili olmadığını göstermektedir. Yağsız yoğurtlarda STK değerinin düşük çıkmasının nedeni yağlı sütlerle oranla yağsız sütlerin daha seyreltik bir yapıda olması ve proteinler arasındaki mesafenin artması ile fermentasyon sırasında oluşan ağ yapıda suyun hapsedilememesinden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.10 : Ultrases ve ısıtım işlem uygulanmış yağsız sütlerden üretilen yoğurtlarda su tutma kapasitesi.

İŞLEM			STK (%)
Güç (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	
25	20	10	23,3 ± 0,7 ^a
25	60	10	15,7 ± 3,1 ^a
100	60	30	16,8 ± 0,9 ^a
-	85	30	23,2 ± 3,5 ^a

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında yüksek güçlü ultrases işleminin yoğurt üretiminde yüksek sıcaklıkta ısıl işleme alternatif olarak kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla ilk aşamada yağlı süte farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve sürelerde (10-30dk) ultrases işlemi uygulanarak sütün fizikokimyasal özelliklerine ve kazein fraksiyonundaki protein miktarına etkileri yüksek sıcaklıkta ısıl işlem (85°C-30dk) ile karşılaştırmalı olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında süte farklı güç, süre ve sıcaklıklarda ultrases işlemi uygulanarak yağlı ve yağsız yoğurtlar üretilmiştir. Hazırlanan yoğurtların jelleşme süre ve pH değerleri, sertlik ve dayanıklılıkları ve su tutma kapasiteleri belirlenerek ısıl işlem uygulanan örneğin değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Yüksek sıcaklık uygulanan örneğin değerleri ile yakın değerler sağlayan ultrases işlem parametrelerinin %100-60°C-30dk olduğu bulunmuştur. %25-20°C-10dk ultrases işlemi ile kazeinle birleşen serum proteini miktarı elde edilemezken sıcaklık ve sürenin artırılmasıyla serum proteinlerinin kazeinle birleşmelerinin arttığı görülmüştür. Ultrases işlem gücünün kazeinle birleşen serum proteini miktarına etki etmediği bulunmuştur.

Ultrases işleminin sütün fizikokimyasal özelliklerinde değişiklik yarattığı görülmüştür. Sütün pH değerinin ultrases işlem sıcaklığı ve gücünün artırılması ile düştüğü gözlenirken titrasyon asitliği sonuçlarında değişiklik görülmemiştir. İletkenlik değerlerinin ultrases işlem sıcaklığı ve süresi ile değiştiği, çözünür kalsiyum miktarının ise sadece işlem sıcaklığından etkilendiği görülmüştür. Düşük sıcaklıkta ultrases işleminin çözünür kalsiyum miktarını artırması kazein misellerinin dağılması ile ilişkilendirilmiştir.

Ultrases işlemi uygulanmış yağlı sütlerden hazırlanan yoğurt örneklerinde genel olarak su tutma kapasitesi, jelleşme süre ve pH değerinin değişmediği gözlenmiştir. Sadece %100-60°C-30dk ultrases işleminin ısıl işlem uygulanmış örneklerden daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu, jelleşme pH değerini yükseltirken

jelleşme süresini düşürdüğü görülmüştür. Yağsız sütlerle yapılan çalışmada ise %100-60°C-30dk kombinasyonunun diğer ultrases işlemlerinden farklılık göstermediği görülmüştür. Sütün yağ içeriği jel yapının oluşmasında protein-yag etkileşimini artırarak yapısal özellikleri geliştirdiğinden yağsız sütlerle yapılan çalışmada örnekler olumsuz yönde etkilenmiştir.

Yağlı yoğurtların reolojik analizlerine göre ısıt işlemler uygulanan örneğin jel özelliklerine en yakın özellikleri veren ultrases işlemler kombinasyonunun %25-60°C-10dk olduğu görülmüştür. Aynı sıcaklıkta sürenin artırılmasıyla yoğurt yapısının olumsuz etkilendiği ve maksimum güç, sıcaklık ve süre uygulanan (%100-60°C-30dk) ultrases işleminin ise jel yapının sertliğini ve dayanıklılığını azalttığı görülmüştür. Ultrases işleminin yağsız yoğurtlar üzerinde olumlu bir etkisi saptanmamıştır. Yağlı yoğurtlarda ısıt işleme en yakın etkiyi sağlayan ultrases kombinasyonu %25-60°C-10dk yağsız sütlerle uygulandığında jel sertliği ve dayanıklılığının olumsuz etkilendiği görülmüştür.

Yüksek sıcaklıkta ısıt işlemin sağlamış olduğu kazeinle birleşen serum proteini miktarına yakın değeri %100-60°C-30dk ultrases işlemler kombinasyonu vermesine rağmen yoğurt üretiminde ısıt işleme en yakın jel yapısını sağladığı için %25-60°C-10dk ultrases işlemler kombinasyonunun kullanılması önerilmektedir. Analiz sürecinde özellikle yüksek güç ve sıcaklığın uygulandığı ultrases işlemlerinde sütün rengi ve kokusunda değişiklik yaptığı gözlenmiştir. Rengin hafif grileştiği ve yanık kokusuna benzer bir kokunun oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca zaman içinde ultrases probunun ucunda aşınmanın olduğu gözlenmiş ve gözenekli bir yapının oluştuğu görülmüştür. Ultrases işlemleri sırasında örneğe prob malzemesinin bulaşması riski de ayrıca değerlendirilmelidir. Bu nedenle düşük güçte çalışmanın hem maliyet hem de probun aşınmasını önleyebilmesi açısından avantajlı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anema, S. G.** (2008). Effect of milk solids concentration on the gels formed by the acidification of heated pH-adjusted skim milk. *Food Chemistry*, 108, 110-118.
- Anema, S. G. ve Li, Y.** (2003). Association of denatured whey proteins with casein micelles in heated reconstituted skim milk and its effect on casen micelle size. *Journal of Dairy Research*, 70, 73-83.
- Anon.** 2008. Yoğurt, Gıda Teknolojisi, Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara. Alındığı tarih: 03.12.2011, adres: <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/yogurt.pdf>
- Anon.** 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. (Tebliğ No: 2009/25), Resmi Gazete Sayı: 27143, 16 Şubat 2009, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- AOAC,** (2002a). Nitrogen (total) in milk: method 991.20, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, 17th ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Gaithersburg.
- AOAC,** (2002b). Nonprotein nitrogen in whole milk: method 991.21, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, 17th ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Gaithersburg.
- AOAC,** (2002c). Casein nitrogen content of milk: method 998.06, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, 17th ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Gaithersburg.
- AOAC,** (2002d). Acidity of milk: method 947.05, Ch. 33, in *Official Methods of Analysis*, 17th ed., volume 2, Association of Official Analytical Chemists, Inc., Gaithersburg
- Arzeni, C., Martínez, K., Zema, P., Arias, A., Pérez, O. E., Pilosof, A. M. R.** (2012). Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Journal of Food Engineering*, 108, 463-472.
- Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M., Zisu, B.** (2010). The ultrasonic processing of dairy products-An overview. *Dairy Science Technology*, 90, 147-168.
- Beaulieu, M., Pouliot, Y. ve Pouliot, M.** (1999). Thermal aggregation of whey proteins in model solutions as affected by casein/whey protein ratios. *Journal of Food Science*, 64, 776-780.
- Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R. ve Barbosa-Cánovas, G. V.** (2008). Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment. *Journal of Food Science*, 73, 325-332.

- Corredig, M. ve Dalglish, D. G.** (1996). Effect of temperature and pH on the interactions of whey proteins with casein micelles in skim milk. *Food Research International*, 29, 49-55.
- Corredig, M. ve Dalglish, D. G.** (1999). The mechanisms of the heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. *International Dairy Journal*, 9, 233-236.
- Dalglish, D. G., van Mourik, L. V. ve Corredig, M.** (1997). Heat-induced interactions of whey proteins and casein micelles with different concentrations of α -lactalbumin and β -lactoglobulin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4806-4813.
- Dannenberg, F. ve Kessler, H. G.** (1988a). Effect of denaturation of β -lactoglobulin on texture properties of set-style nonfat yoghurt. 1. Syneresis. *Milchwissenschaft*, 10, 632-635.
- Dannenberg, F. ve Kessler, H. G.** (1988b). Effect of denaturation of β -lactoglobulin on texture properties of set-style nonfat yoghurt. 2. Firmness and flow properties. *Milchwissenschaft*, 10, 700-704.
- Ertugay, M. F., Şengül, M., Şengül, M.** (2004). Effect of ultrasound treatment on milk homogenization and particle size distribution of fat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 303-308.
- Feng, H. ve Yang, W.** (2011). Ultrasonic processing: in *Nonthermal Processing Technology for Food*, p.135-152, Eds. Zhang, H. Q., Barbosa-Cánovas, G. V., Balasubramaniam, V. M., Dunne, C. P., Farkas, D. F., Yuan, J. T. C., IFT Press, India.
- Fuente, M. A., Olano, A., Casal, V. ve Juárez, M.** (1999). Effects of high pressure and heat treatment on the mineral balance of goats' milk. *Journal of Dairy Research*, 66, 65-72.
- Geerts, J. P., Bekhof, J.J. ve Scherjon, J.W.** (1983). Determination of calcium ion activities in milk with an ion-selective electrode. Alinear relationship between the logarithm of time and the recovery of the calcium ion activity after heat treatment. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 37, 197-211.
- Guyomarc'h, F., Queguiner, C., Law, A.J.R., Horne, D.S. ve Dalglish, D.G.** (2003). Role of the soluble and micelle-bound heat-induced protein aggregates on network formation in acid skim milk gels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5, 7743-7750.
- Gülseren, İ.** (2004). *High-intensity ultrasound mediated structure-function changes of BSA as affected by pH* (yüksek lisans tezi).
- Güzey, D.** (2002). *Modification of protein structure and functionality using high-intensity ultrasound* (yüksek lisans tezi).
- Harte, F., Luedecke, L., Swanson, B., Barbosa-Cánovas, G. V.** (2003). Low-fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatics pressure and thermal processing. *Journal of Dairy Science*, 86, 1074-1082.

- Huppertz, T., Fox, P. F., Kelly, A. L.** (2004a). High pressure treatment of bovine milk: effects on casein micelles and whey proteins. *Journal of Dairy Research*, 71, 97-106.
- Huppertz, T., Fox, P. F., Kelly, A. L.** (2004b). Dissociation of casein in high pressure-treated bovine milk. *International Dairy Journal*, 14, 675-680.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, I. L.** (2008). Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *Journal of Food Engineering*, 86, 281-287.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Lelas, V., Krešić, G.** (2010). Ultrasonic effect on physicochemical and functional properties of α -lactalbumin. *Food Science and Technology*, 43, 254-262.
- Köksoy, A., Kılıç, M.** (2003). Effects of water and salt level on rheological properties of *ayran*, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13, 835-839.
- Köksoy, A. ve Kılıç, M.** (2004). Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, *ayran*. *Food Hydrocolloids*, 18, 593-600.
- Krešić, G., Lelas, V., Jambrak, A. R., Herceg, Z., Brnčić, S. R.** (2008). Influence of novel food processing Technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins. *Journal of Food Engineering*, 87, 64-73.
- Law, A. J. R.** (1995). Heat denaturation of bovine, caprine and ovine whey proteins. *Milchwissenschaft* 50, 384-388.
- López-Fandiño, R., Fuente, M. A., Ramos, M. ve Olano, A.** (1998). Distribution of minerals and proteins between the soluble and colloidal phases of pressurized milks from different species. *Journal of Dairy Research*, 65, 69-78.
- Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H. ve Munro, P.A.** (1998). Effect of interactions between denatured whey proteins and casein micelles on the formation and rheological properties of acid skim milk gels. *Journal of Dairy Research*, 65, 555-567.
- Madadlou, A., Mousavi, M. E., Emam-djomeh, Z., Ehsani, M., Sheehan, D.** (2009). Sonodisruption of re-assembled casein micelles at different pH values. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16, 644-648.
- Mason, T. J.** (1998). Power ultrasound in food processing-the way forward: in *Ultrasound in Food Processing*, p.105-126, Eds. Povey, M. J.W ve Mason, T. J., Blackie Academic& Professional, London.
- Metin, M., Öztürk, G. F.** (2002a). Toplam kuru madde tayini: Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler), s.120-122, Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova-İzmir.
- Metin, M., Öztürk, G. F.** (2002b). Homojenize edilmiş içme sütlerinde Gerber yöntemiyle yağ tayini. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri (Duyusal, Fiziksel ve Kimyasal Analizler), s. 166-175, Ege Meslek Yüksekokulu Basımevi, Bornova-İzmir.

- Muthukumarappan, K., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Cullen, P. J.** (2010). Ultrasound processing: rheological and functional properties of food: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*, p. 85-102, Eds. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.
- Nguyen, N. H. A., Anema, S. G.** (2010). Effect of ultrasonication on the properties of skim milk used in the formation of acid gels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 616-622.
- Özer, B.** (2006). Yoğurt üretiminde uygulanan işlemler. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi, s.11-125, Sidas Medya LTD. ŞTİ, Çankaya-İzmir.
- Parnell-Clunies, E. M., Kakuda, Y., Mullen, K., Arnott, D.R. ve deMan, J. M.** (1986). Physical properties of yoğurt: A comparison of vat versus continuous heating systems of milk. *Journal of Dairy Science*, 69, 2593-2603.
- Paseephol, T., Small, D. M. ve Sherkat, F.** (2008). Rheology and texture of set yoğurt as affected by inulin addition. *Journal of Texture Studies*, 39, 617-634.
- Pouzot, M., Benyahia, L., Durand, D. ve Nicolai, T.** (2005). Linear and non-linear rheological properties of β -lactoglobulin gels in relation to their microstructure: in *Food Colloid: Interactions, Microstructure and Processing*, p.37-47, Eds. Dickinson, E., Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., 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., Lyng, J. G.** (2010). A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. *Food Chemistry*, 119, 1108-1113.
- Salazar, J., Chávez, J. A., Turó, A. ve García-Hernández, M. J.** (2010). Effect of ultrasound on food processing: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*, p. 65-84, Eds. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.
- Serra, M., Trujillo, A.J., Quevedo, J.M., Guamis, B., Ferragut, V.** (2007). Acid coagulation properties and suitability for yoğurt production of cows' milk treated by high-pressure homogenization. *International Dairy Journal*, 17, 782-790.
- Steffe, J. F.** (1996). Viscoelasticity: in *Rheological Methods in Food Process Engineering*, p. 312-332, Freeman Press, USA.
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., Ertugay, M.F.** (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34(4), 219-222.
- TS 1330**, 1989. Yoğurt standardı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- Ulusoy, K., Karakaya, M.** (2011). Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *Gıda*, 36, 1-8.
- Vasbinder, A. J., Kruif, C. D.** (2003). Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *International Dairy Journal*, 13, 669-677.
- Villamiel, M. ve 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.
- Weiss, J., Gülseren, İ. ve Kjartansson, G.** (2011). Physicochemical effects of high-intensity ultrasonication on food proteins and carbohydrates: in *Nonthermal Processing Technology for Food*, p.109-134, Eds. Zhang, H. Q., Barbosa-Cánovas, G. V., Balasubramaniam, V. M., Dunne, C. P., Farkas, D. F., Yuan, J. T. C., IFT Press, India.

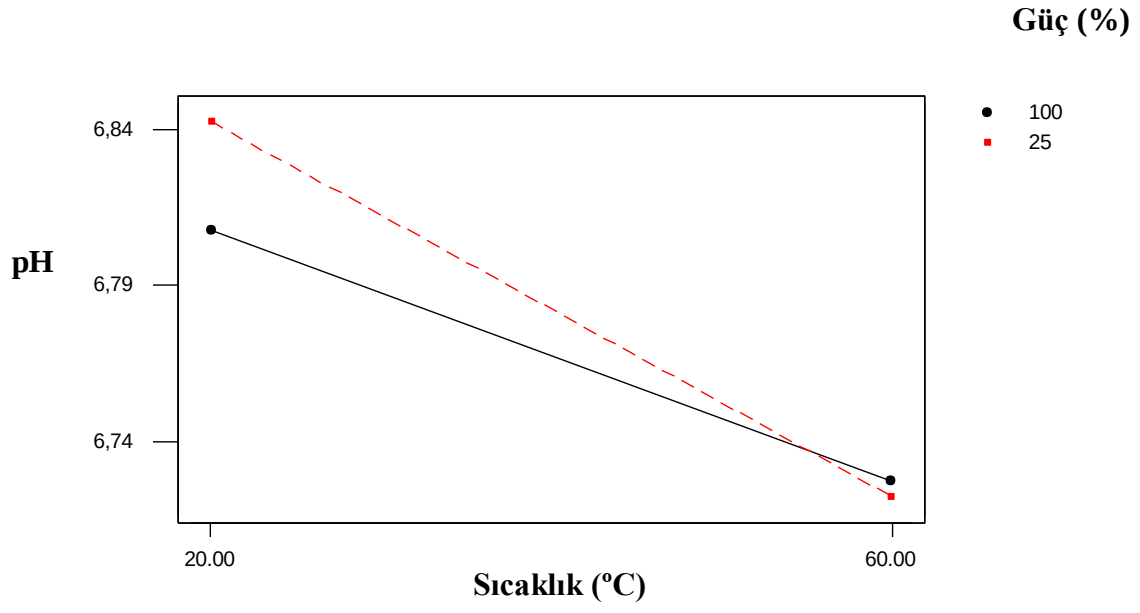
EKLER

EK A.1 : Ultrases Parametrelerinde Etkileşim Grafikleri

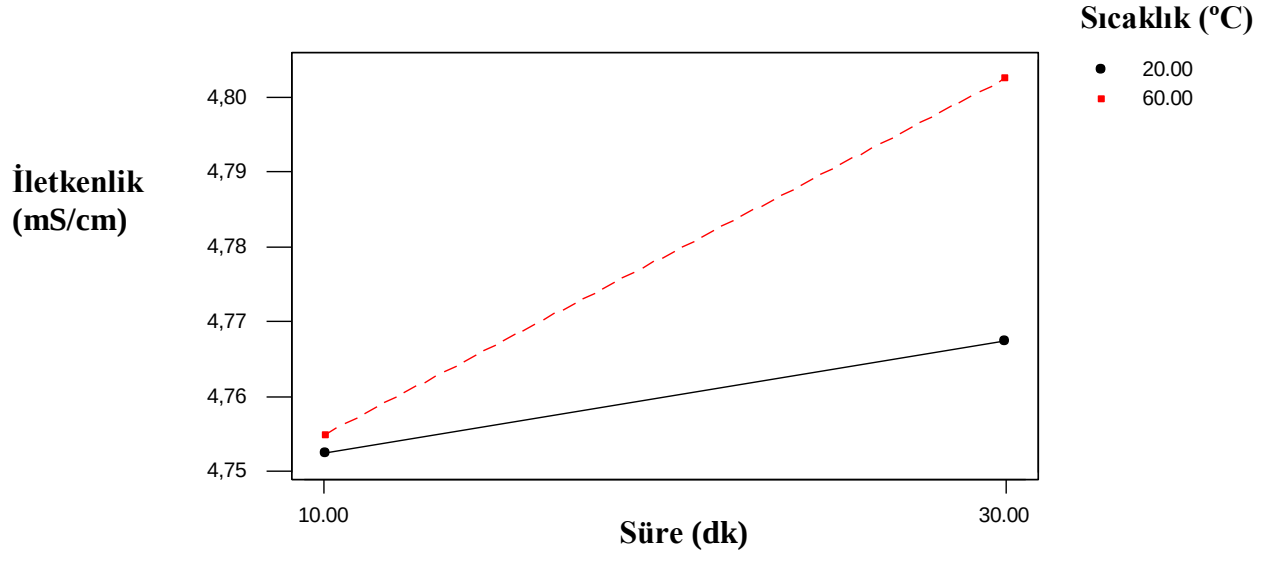
EK B.1 : Ultrases İşleminin Sütün Jelleşme Özelliklerine Etkisi

EK C.1 : Artık Analizi

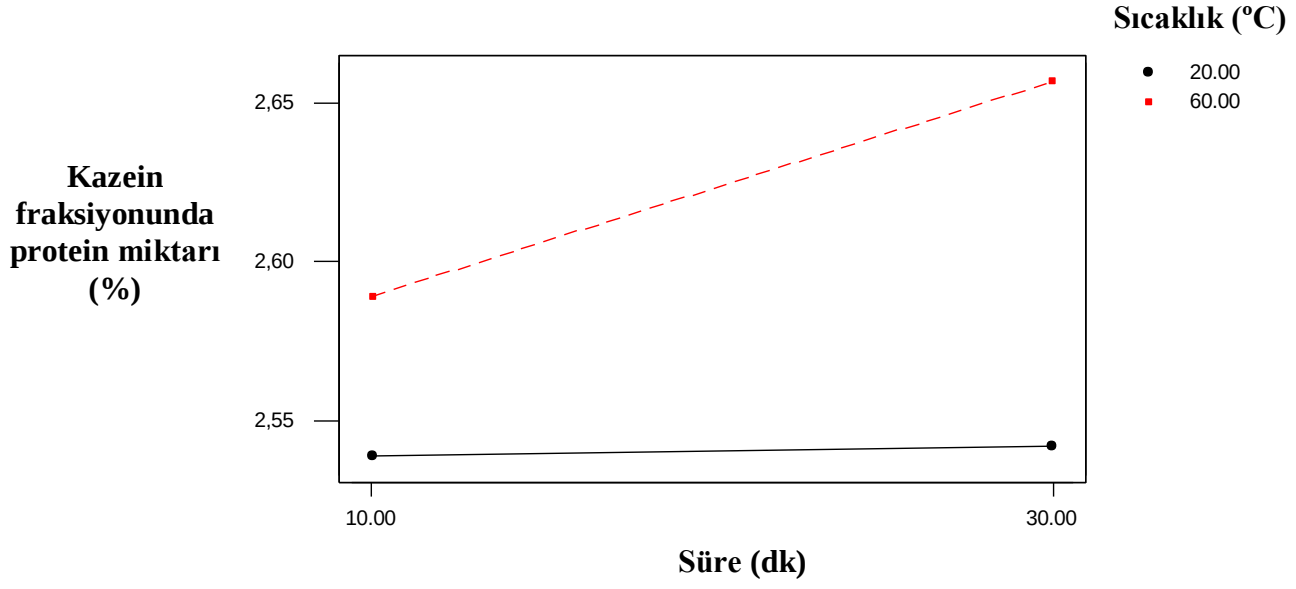
EK A.1 : Ultrases Parametrelerinde Etkileşim Grafikleri



Şekil A.1 : Ultrases işleminin güçxsıcaklık ilişkisinin pH değeri üzerine etkisi.

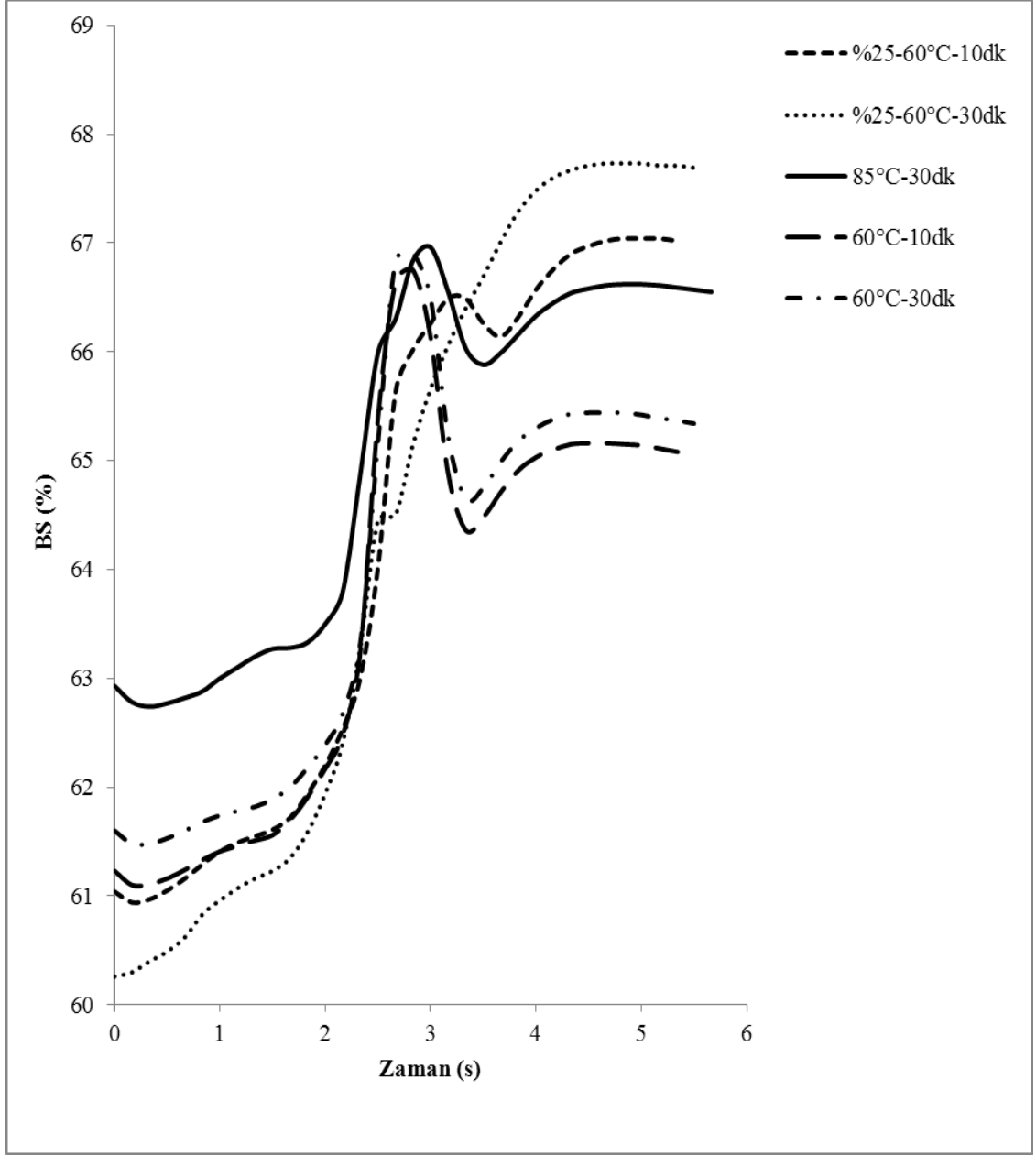


Şekil A.2 : Ultrases işleminin sıcaklıksüre ilişkisinin iletkenlik değeri üzerine etkisi.

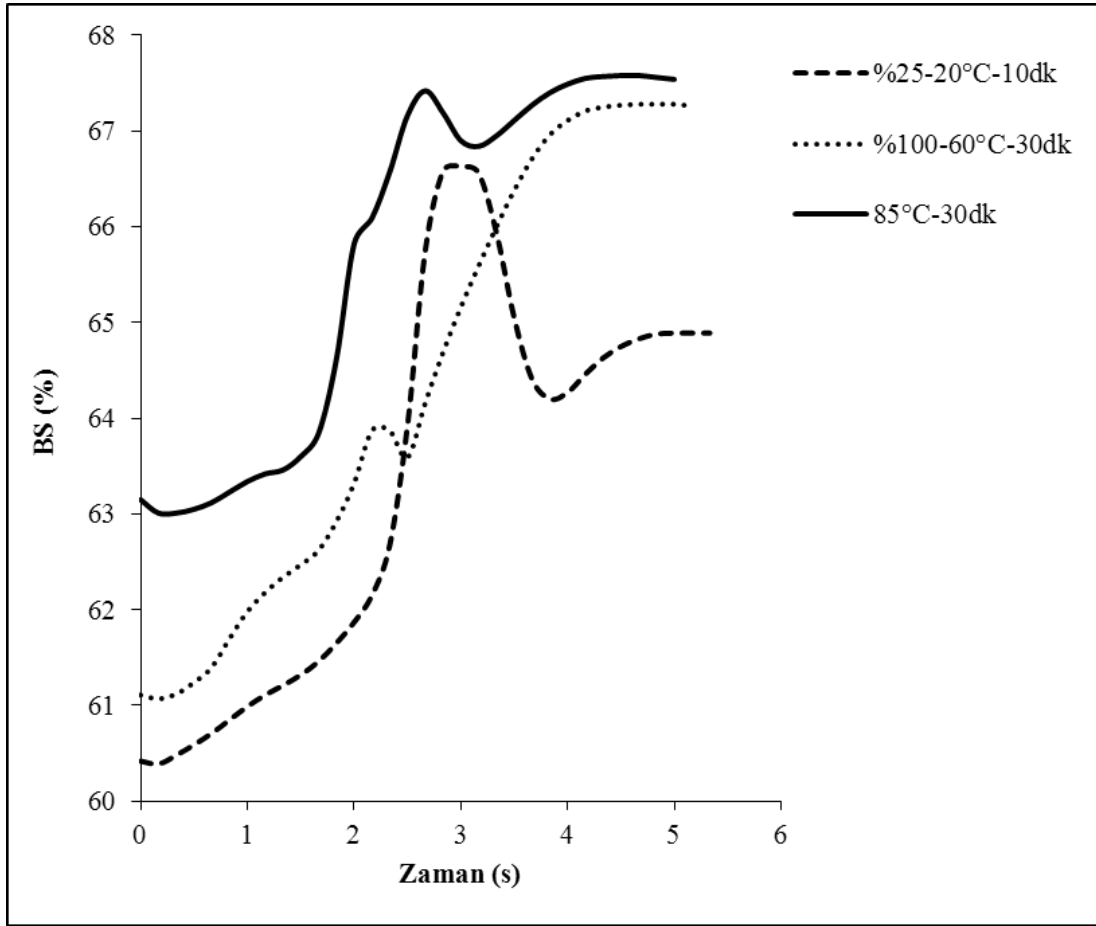


Şekil A.3 : Ultrases işleminin sıcaklıksüre ilişkisinin kazein fraksiyonunda protein değeri üzerine etkisi.

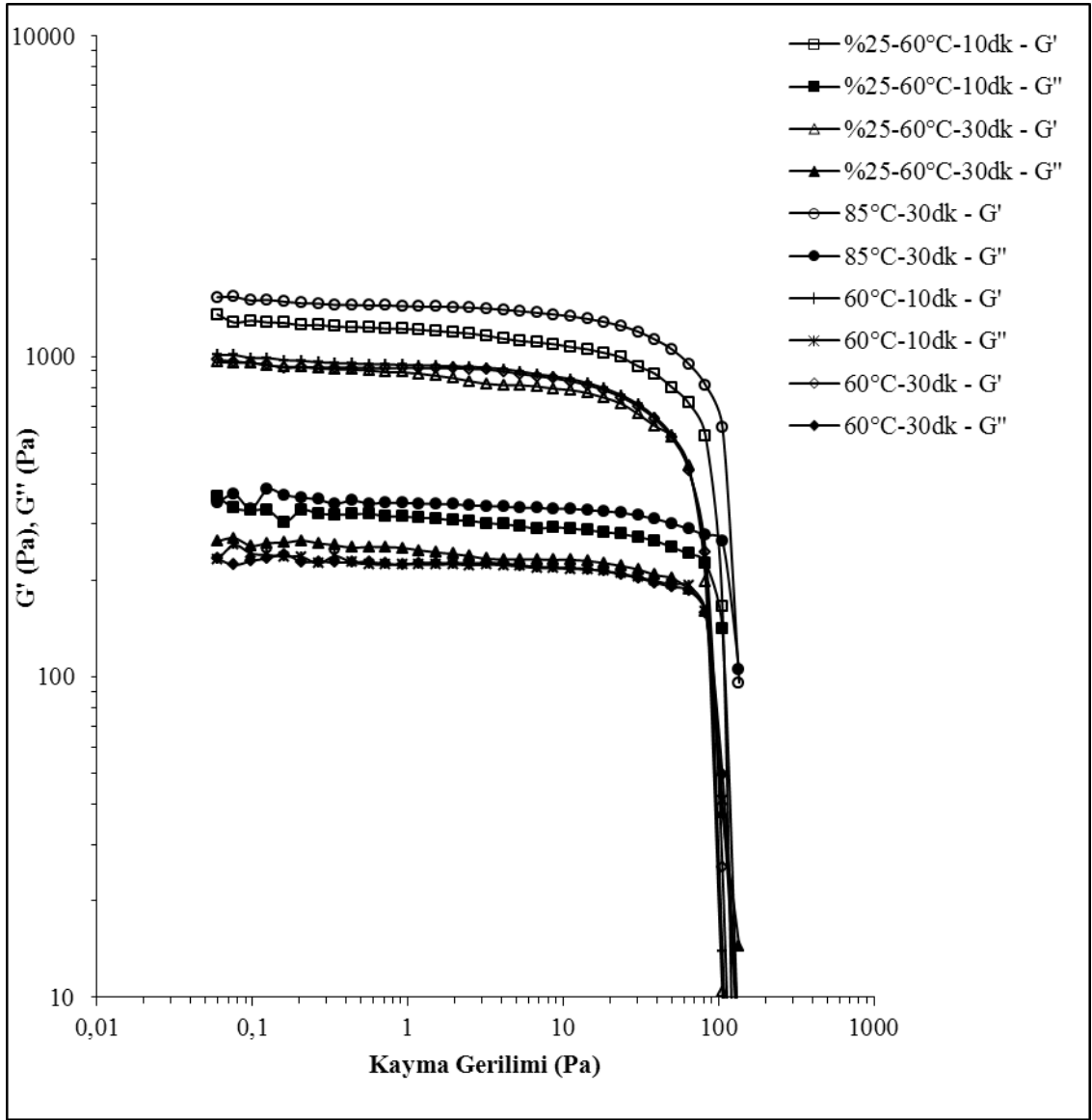
EK B.1 : Ultrases İşleminin Sütün Jelleşme Özelliklerine Etkisi



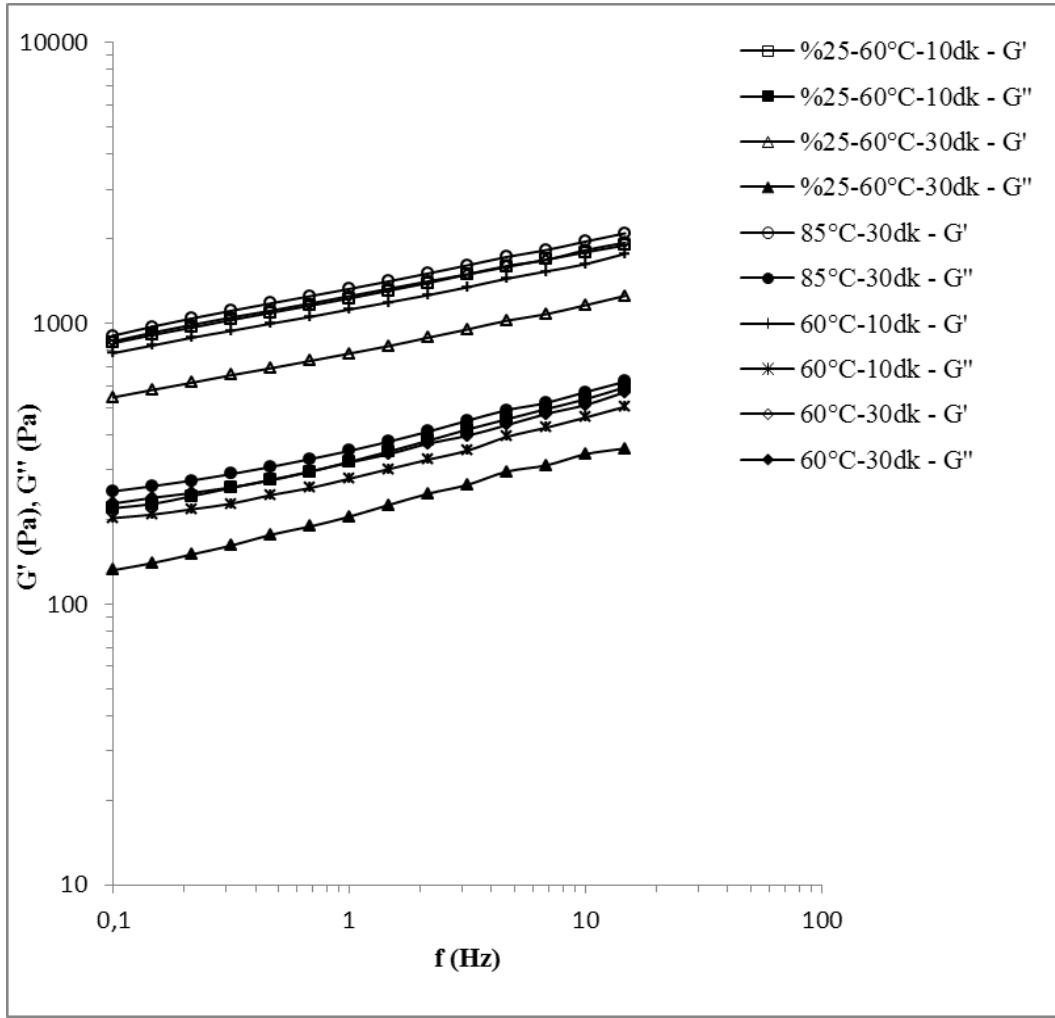
Şekil B.1 : Farklı sürelerde ultrases ve ısıtma işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.



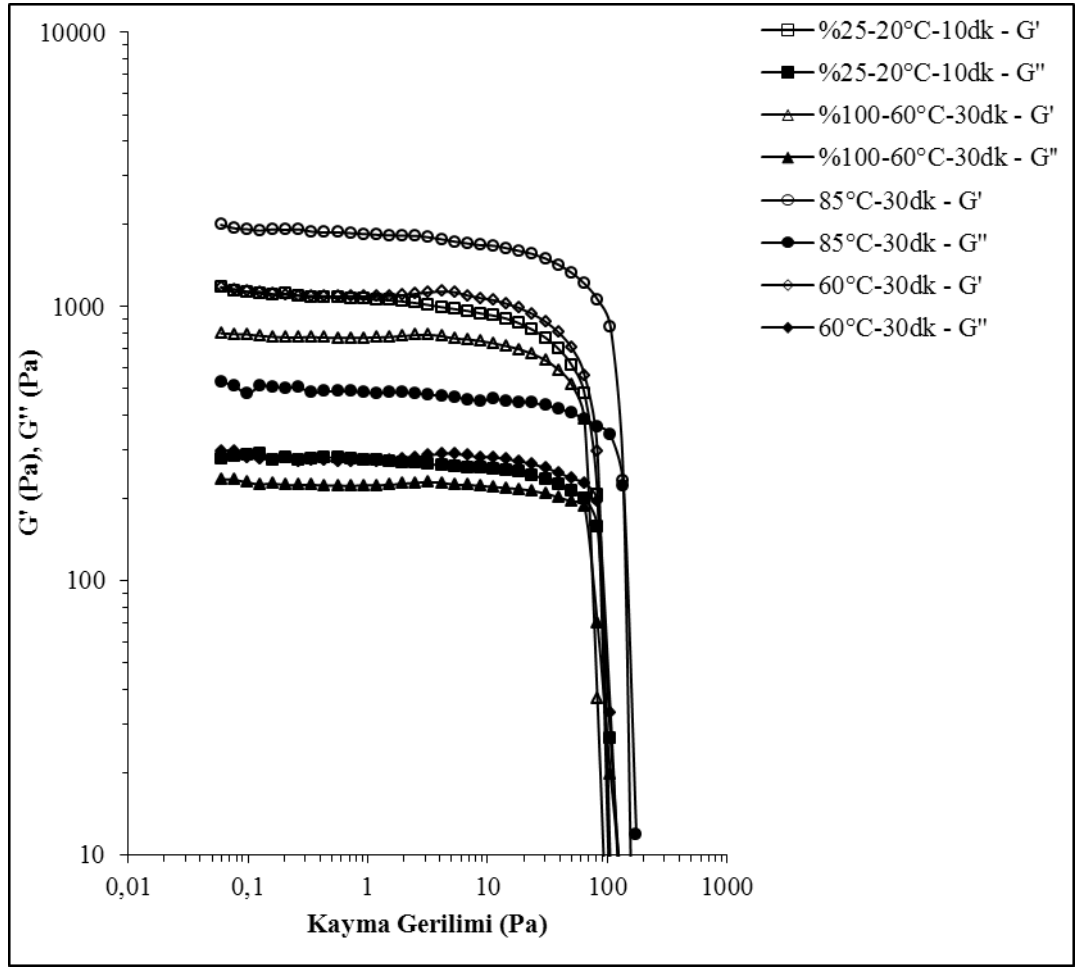
Şekil B.2 : En düşük ve en yüksek ultrases işlem parametreleri ile ısıtılmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda jelleşme süreleri.



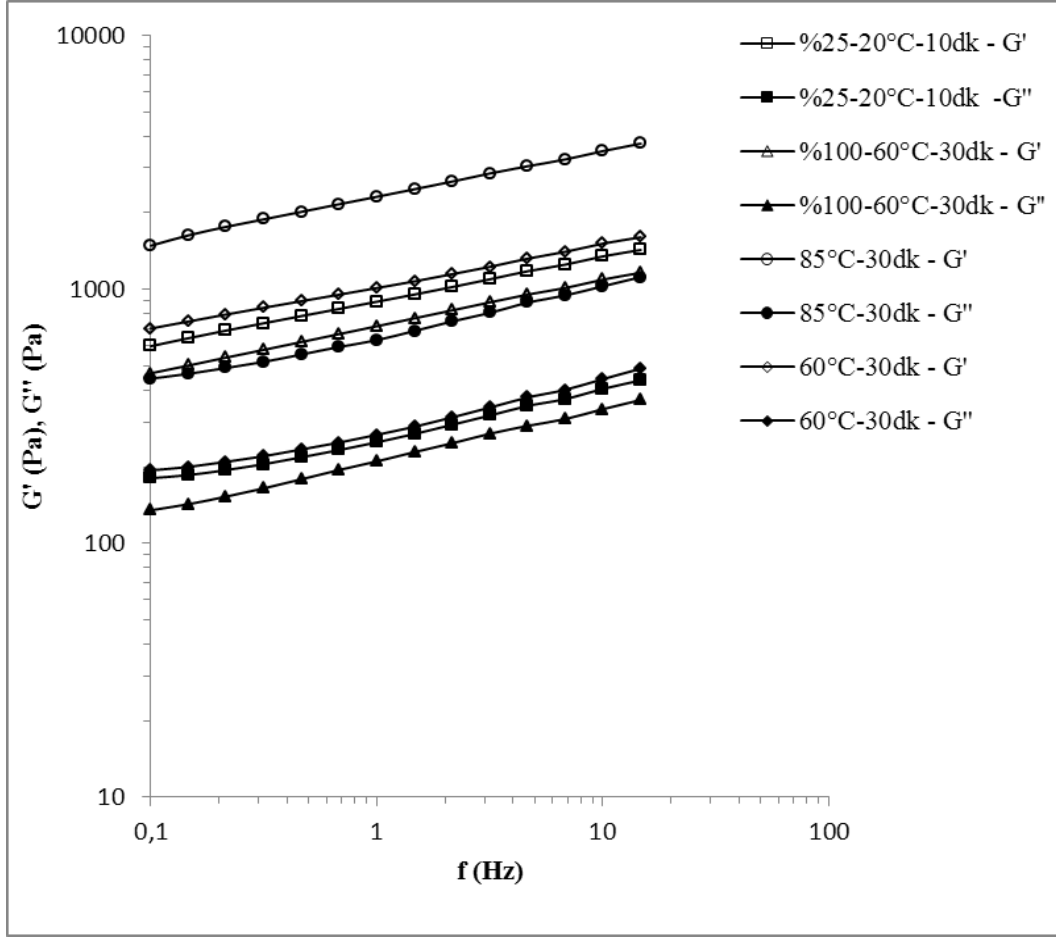
Şekil B.3 : Farklı sürelerde ultrases işlemi ve ısıtıl işlem uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.



Şekil B.4 : Farklı sürelerde ultrases işlemi ve ısıtım işlemi uygulanmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.

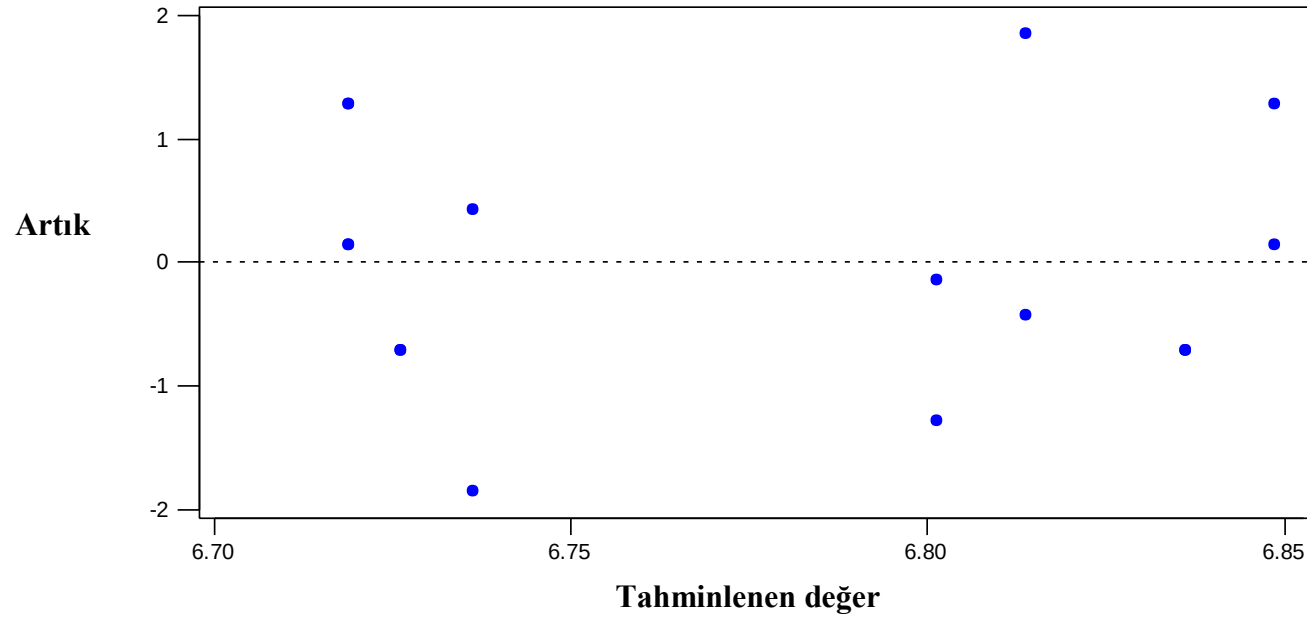


Şekil B.5 : En düşük ve en yüksek ultrases işlem parametreleri ile ısıtılmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda kayma gerilimi taraması.

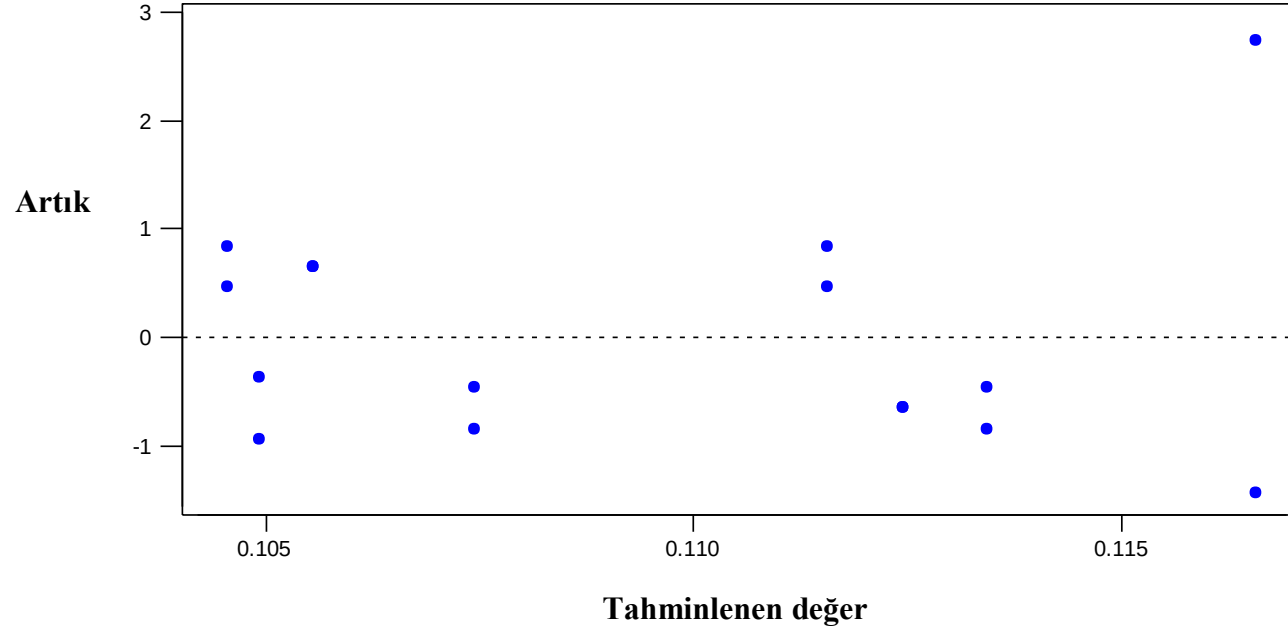


Şekil B.6 : En düşük ve en yüksek ultrases işlem parametreleri ile ısıtılmış yağlı sütlerden üretilen yoğurtlarda frekans taraması.

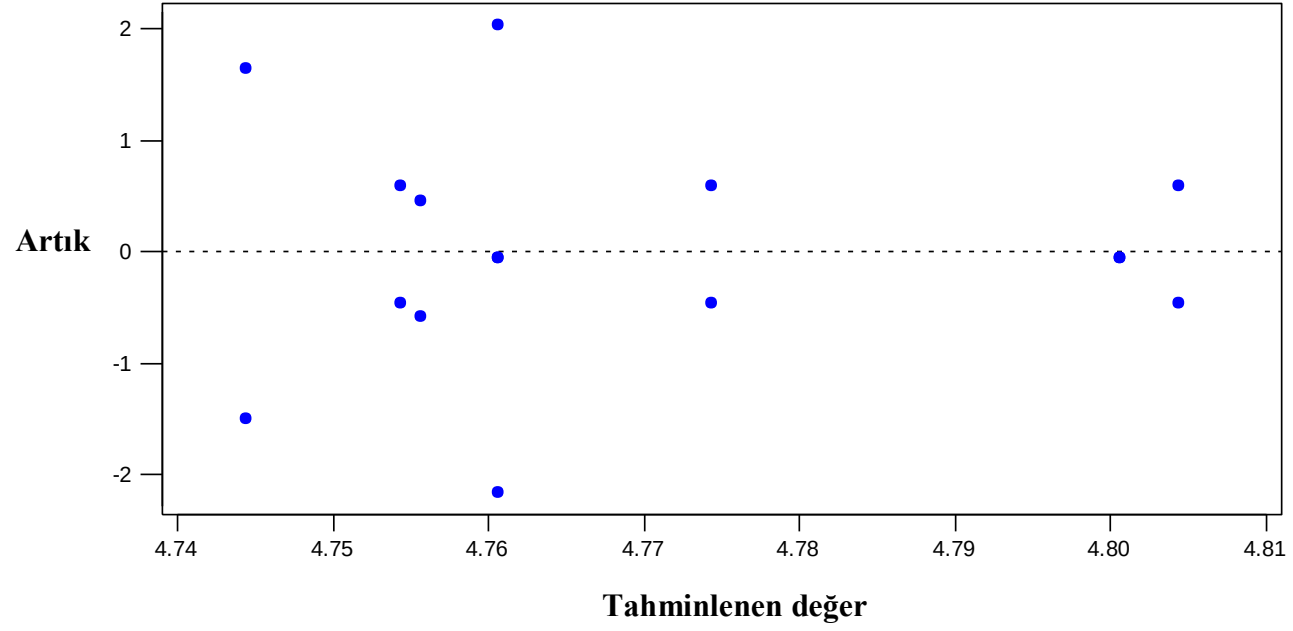
EK C.1 : Artık Analizi



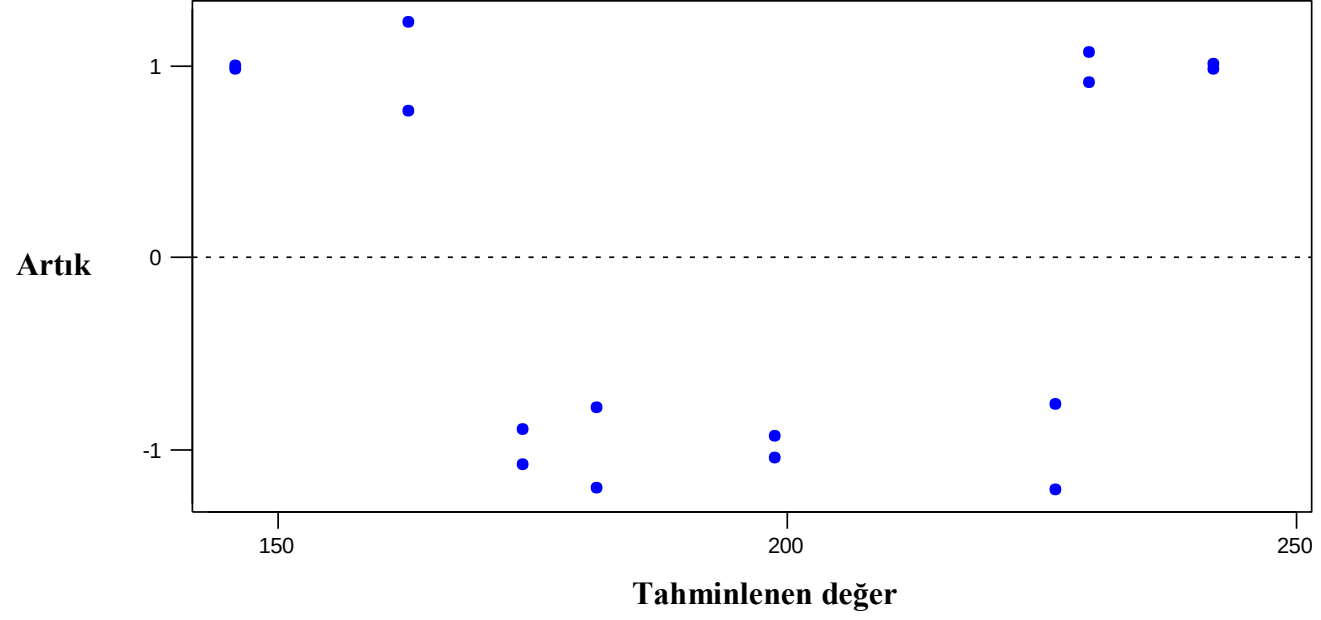
Şekil C.1 : Sütün pH değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.



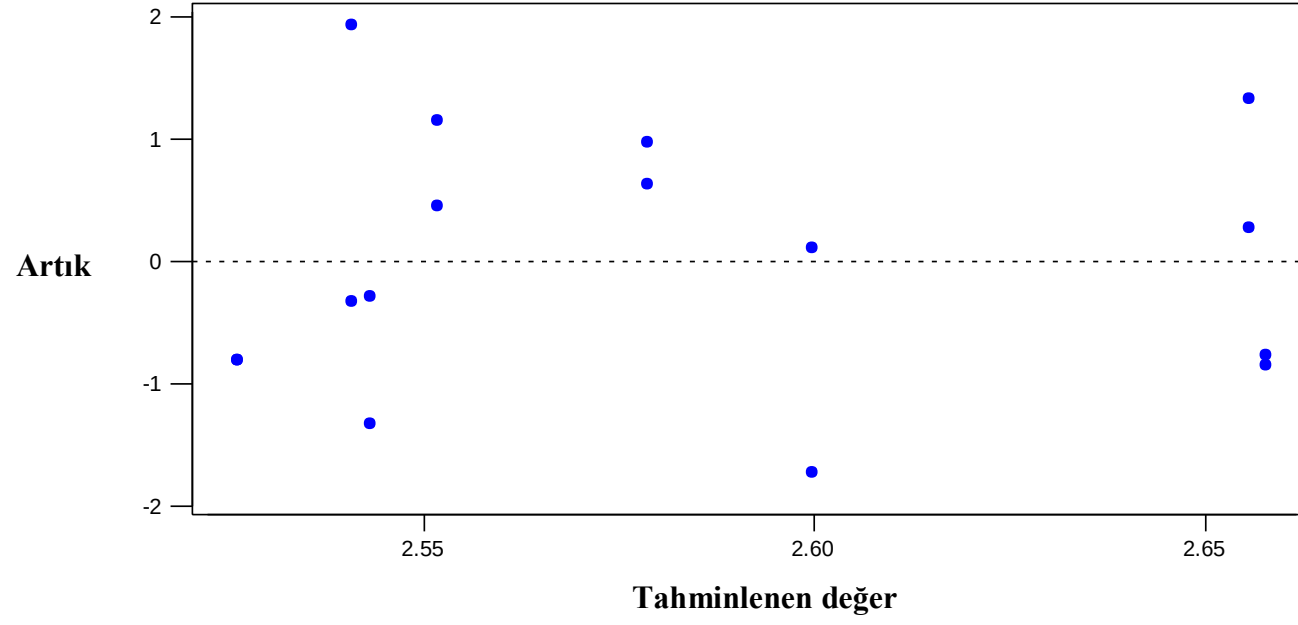
Şekil C.2 : Sütün titrasyon asitliği değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.



Şekil C.3 : Sütün iletkenlik değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.



Şekil C.4 : Sütün çözünür kalsiyum değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.



Şekil C.5 : Sütün kazein fraksiyonunda protein değerlerinde ultrases işleminin artık analizi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Fatma TÜRKMEN

Doğum Yeri ve Tarihi: 24.01.1985 - İstanbul

Adres: Kadımeahmet M. Araplık S. 4/7 Beyoğlu-İstanbul

E-Posta: fat.turk@hotmail.com

Lisans: Hacettepe Üniversitesi – Gıda Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim: İstanbul Bölge Hıfzıssıhha Enstitüsü,
Temmuz-Ağustos 2007 (Stajyer)

Maret A. Ş., Temmuz-Ağustos 2008 (Stajyer)

Ankara Halk Ekmek A. Ş., Eylül 2008 (Stajyer)

Isıl işlem görmüş patates ürünlerinde antioksidan aktivitenin belirlenmesi, Şubat-Haziran 2009 (Lisans mezuniyet bitirme ödevi)

Ultras ses işleminin fermente süt ürünlerinde kullanım potansiyelinin belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran 2010-Mayıs 2011 (Tübitak proje bursiyeri)

TEZDEN TÜRETİLEN SUNUMLAR

▪ **Türkmen, F.,** Kılıç-Akyılmaz, M., 2011: Effect of high power ultrasound on some properties of milk. *Nove Approaches in Food Industry, International Food Congress*, 26-29 Mayıs 2011, İzmir, Türkiye (Poster).

▪ **Türkmen, F.,** Kılıç-Akyılmaz, M., 2011: Effects of high power ultrasound treatment parameters on some properties of milk. *4th International Congress on Food and Nutrition together with – 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety*, 12-14 Ekim, 2011, İstanbul, Türkiye (Poster).

