

T.C.

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**SÜT HOMOJENİZASYONU VE YOĞURT STARTERİ İLE FERMENTASYON
ÜZERİNE ULTRASONİK DALGA GENLİĞİ VE SICAKLIĞIN ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

Ebru KIRPIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2018

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ebru KIRPIK tarafından hazırlanan ‘‘Süt Homojenizasyonu ve Yoğurt Starteri ile Fermentasyon Üzerine Ultrasonik Dalga Genliği ve Sıcaklığın Etkisinin Belirlenmesi’’ adlı tez çalışması 11/05/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Nihat AKIN

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

.....

Üye

Prof. Dr. Nihat AKIN

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARALI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Ebru KIRPIK

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜT HOMOJENİZASYONU VE YOĞURT STARTERİ İLE FERMENTASYON ÜZERİNE ULTRASONİK DALGA GENLİĞİ VE SICAKLIĞIN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Ebru KIRPIK

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

2018, 64 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nihat AKIN

Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

Bu çalışmada, süt homojenizasyonunda farklı seviyelerde ultrasonik dalga genliği (% 10, 30, 50 ve 70), işlem süresi (1 ve 5 dakika) ve sıcaklığı (55, 60 ve 65 °C) uygulanarak set tip yoğurt numuneleri üretilmiştir. Yoğurtların inkübasyon aşamasında asitifikasyon kinetikleri takip edilmiştir. Depolama süresince yoğurt örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Asitifikasyon sürecinde en yüksek değerler 55 °C’de homojenize edilen yoğurtlarda belirlenmiştir. Ultrasonikasyon uygulamaları yoğurtların toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), *Lactobacillus* ve *Streptococcus* sayılarında önemli farklılıklar oluşturmuştur. % 10 dalga genliği ile üretilen yoğurtlarda mikroorganizma sayıları kontrol grubundan daha yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Sonikasyon genliğinin artması yoğurtlarda mikrobiyal yükün önemli düzeyde azalmasını sağlamıştır.

Yoğurtların pH değeri, titrasyon asitliği ve su tutma kapasitesi üzerinde homojenizasyon süresi herhangi bir etki oluşturmamıştır. 1 dakikalık sonikasyon daha yüksek değerlerde su aktivitesinin kaydedilmesine sebep olmuştur. En yüksek pH değeri 55°C’de homojenize edilen yoğurtlarda gözlemlenmiştir. % 10 dalga genliği uygulanan yoğurtlar pH ve titrasyon asitliği açısından daha yüksek bulunmuştur. Yoğurtların su tutma kapasitesi değerleri 65 °C’de işlem gören numunelerde en az seviyelerde tespit edilmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi değerleri % 70 dalga genliği uygulanan gruplarda elde edilmiştir. Sonikasyon süresi uzadıkça yoğurtların su aktivitesinde düşüş belirlenmiştir. Sıcaklık ve dalga genliği L, a ve b kriterleri üzerinde bir etki oluşturmamıştır. Ultrasound süresi uzadıkça örneklerin parlaklık intensitesi daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresince örneklerin a değerleri azalmıştır. Yoğurtların sertlik, konsistens ve yapışkanlık değerleri sıcaklık arttıkça yüksek seviyelere ulaşmıştır. Sertlik ölçümlerinde en yüksek değer % 70 dalga genliği uygulanan yoğurtlarda belirlenmiştir. Sonikasyon genliği viskozite indeksi ve konsistens değerleri üzerinde herhangi bir etki oluşturmamıştır. % 10 dalga genliği uygulanarak üretilen yoğurtlar duyuşal açıdan en beğenilen gruplar olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dalga genliği, duyuşal değerlendirme, mikrobiyolojik özellikler, ultrasonikasyon, viskozite, yoğurt

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF EFFECTS OF ULTRASONIC WAVE AMPLITUDE AND TEMPERATURE ON MILK HOMOGENIZATION AND FERMENTATION WITH YOGURT STARTER

Ebru KIRPIK

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

Advisor: Assist. Prof. Durmuş SERT

2018, 64 Pages

Jury

Prof. Dr. Nihat AKIN

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Assist. Prof. Dr. Durmuş SERT

In this study, set type yogurt samples were produced by applying ultrasonic wave amplitude (10, 30, 50 and 70 %), process time (1 and 5 minutes) and temperature (55, 60 and 65 °C) at different levels in milk homogenization. The acidification kinetics of the yogurts were monitored during the incubation. During storage, physicochemical, microbiological and sensory properties of yogurt samples were investigated. The highest values in the acidification process were determined in yogurts produced from milk homogenized at 55 °C

Ultrasonication applications resulted in significant differences in total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), *Lactobacillus* and *Streptococcus* counts of yogurts. In yogurts produced from homogenized at 10 % wave amplitude, the counts of microorganisms were determined at higher levels than the control group. The increase in the sonication amplitude led to a significant reduction in microbial load in yogurts.

The time of homogenization did not affect the pH value, titration acidity and water holding capacity of the yogurts. Sonication for 1 min resulted in higher water activity values. The highest pH value was observed in the yogurt produced by homogenized at 55 °C. Yogurt produced by applying 10 % wave amplitude was found higher in terms of pH and titration acidity. The lowest water holding capacity values were determined in yogurt samples treated at 65 °C. The highest water holding capacity values were obtained in groups produced by applying 70 % wave amplitude. A decrease in the water activity of the yogurt was determined depending on increasing sonication time. Temperature and wave amplitude did not affect the L, a and b values. As the duration of sonication prolonged, the lightness intensity of the samples was found to be higher. The a values of samples decreased during storage. The values of hardness, consistency and cohesiveness of yogurts reached high levels as the temperature increased. In hardness measurements, the highest value was determined in yogurts produced by applying at 70% wave amplitude. Sonication amplitude did not affect viscosity index and consistency values. Yogurts produced by applying a 10 % wave amplitude are the most sensually favored groups. As a result of sensory analysis, yogurts produced by applying 10% wave amplitude were the most favored groups.

Keywords: Wave amplitude, sensory evaluation, microbiological properties, ultrasonication, viscosity, yogurt.

ÖNSÖZ

Tez konumun seçiminden araştırmanın yürütülmesi, değerlendirilmesi ve yazımı aşamalarında bilgi, tecrübe, hoşgörü ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT'e;

Her türlü yardım ve desteklerinden dolayı GTHB Bayburt İl Müdürlüğü Gıda ve Yem Şube Müdürü Gökmen ŞENGÜN'e;

Çalışmalarında beni yönlendiren ve her aşamada yanımda olup özverili katkılarda bulunan Gıda Mühendisi Alev BİNGÖL'e;

Yoğurt örneklerinin üretimi sırasında yardım eden NEÜ Gıda Mühendisliği lisans öğrencileri Büşra ONAT ve Merve DAL'a;

Maddi ve manevi her türlü destekleriyle her zaman benimle olan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ebru KIRPIK
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
TEZ BİLDİRİMİ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Ultrasonik Gücün Etkileri.....	5
2.2. Gıda İşlemede Ultrasonik Güç Uygulamaları.....	6
2.2.1. Mikrobiyal ve enzim inaktivasyonu.....	6
2.2.2. Kristalizasyon.....	8
2.2.3. Filtrasyon.....	9
2.2.4. Kurutma.....	10
2.2.5. Ekstraksiyon.....	11
2.2.6. Emülsifikasyon.....	12
2.2.7. Etin tenderizasyonu.....	14
2.3. Ultrasonik Gücün Gıda Özellikleri.....	15
2.3.1. Hidroksil radikalleri oluşumu.....	15
2.3.2. Ultrasonik gücün farklı kullanımları.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Yoğurt üretiminde kullanılan süt.....	20
3.1.2. Starter kültür.....	20
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Starter hazırlama.....	20
3.2.2. Yoğurt örneklerinin üretimi.....	20
3.2.3. Yoğurt örneklerinde yapılan analizler.....	21
3.2.3.1. Fizikokimyasal Analizler.....	21
3.2.3.1.1. pH ölçümü.....	21
3.2.3.1.2. Titrasyon asitliği.....	21
3.2.3.1.3. Su tutma kapasitesi.....	21
3.2.3.1.4. Su aktivitesi.....	21
3.2.3.1.5. Renk analizleri.....	21
3.2.3.2. Tekstürel Analizler.....	22

3.2.3.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	22
3.2.3.4. Duyusal Analizler.....	22
3.2.3.5. İstatistiki Değerlendirme.....	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Yoğurtların İnkübasyon Asitlik Gelişimi.....	23
4.2. Yoğurtların Fizikokimyasal Özellikleri.....	27
4.3. Yoğurtlara Renk Değerleri.....	33
4.4. Yoğurtların Tekstürel Özellikleri.....	37
4.5. Yoğurtlara Mikrobiyolojik Özellikleri.....	43
4.6. Yoğurtların Duyusal Özellikleri.....	48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
5.1. Sonuçlar.....	54
5.2. Öneriler.....	55
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

W: watt

mg: miligram

lt: litre

µm: mikrometre

cm: santimetre

N: normalite

g: gram

dk: dakika

ml: mililitre

sn: saniye

dk: dakika

Kısaltmalar

V_m: maksimum asitifikasyon oranı

T_m: maksimum asitifikasyon oranına ulaşılan zaman (dk)

T_e: inkübasyonun sonlandığı süre (dk)

kHz: kilohertz

mHz: megahertz

kPa: kilopascal

rpm: revolutions per minute

Subsp.: Subspecies

kob: Koloni oluşturan birimi

TMAB: Toplam mezofilik aerobik bakteri

1. GİRİŞ

Yoğurt; termofilik laktik asit bakterilerinden *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*) ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*L. bulgaricus*) karışık kültürlerinin süte ilave edilmesiyle üretilen fermente bir süt ürünüdür. Bu karışık kültürlerin yoğurt üretimindeki temel görevi; laktozu laktik aside dönüştürerek asitlik, ekzopolisakkarit üreterek viskoz bir yapı ve tipik yoğurt aromasını oluşturmaktır (Ott ve ark., 1999; Chaves ve ark., 2002; Chaves ve ark., 2003; Mckinley, 2005). Uluslararası Sütçülük Federasyonu (IDF) yoğurdu, “tam yağlı, yağlı, yarım yağlı, az yağlı, yağsız süt; konsantre süt, süt tozuyla kurumaddesi artırılmış süt, homojenize veya homojenize edilmemiş, pastörize veya sterilizasyon işleminden sonra soğutulup özel laktik asit bakterilerini içeren starter kültürleriyle tek başlarına veya karışımları kullanılarak fermente edilmiş, içerisinde tüketimden önce canlı laktik asit bakterileri içeren bir ürün” olarak tanımlamıştır (Akin, 2006).

Kolaylıkla sindirilebilen, yüksek besin değerine sahip, karbonhidrat, protein, yağ, vitamin, kalsiyum ve fosforca zengin bir kaynak olan yoğurt sindirimi kolay bir süt mamulüdür (Rasic ve Kurmann, 1978; Lee ve ark., 1988; Sanchez-Segarra ve ark., 2000).

Yoğurt ve fermente süt ürünleri genellikle sağlıklı gıdalar olarak kabul edilerek, süt ürünleri arasında dünyada yaygın olarak tüketilmektedirler (Remeuf ve ark., 2003). Yapılan çalışmalar karakteristik yoğurt bakterileri *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'un simbiyoz halde yaşadıklarını ve *Lactobacillus bulgaricus*'un proteinleri parçalayarak *Streptococcus thermophilus*'un gelişmesi için gerekli olan valini açığa çıkardığını göstermiştir (Wasselfall, 1973). *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*'a göre yalnız başına fazla asetaldehit üretmesine karşın bu iki bakteri birlikte kullanıldığında daha fazla düzeyde asetaldehit oluşumu, yoğurt bakterilerinin birbirlerini teşvik edici özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Diasetil ve aseton üretiminden *S. thermophilus* sorumludur, *L. bulgaricus*'un suşları az miktarda asetoin üretmektedir. Yoğurt bakterilerinin metabolik aktivitesi sonucunda uçucu yağ asitleri serbest hale geçmektedir. Laktoz ve aminoasitlerin transformasyonu, yağın parçalanması uçucu yağ asitlerinin oluşumuna neden olabilmektedir (Tamime ve Deeth, 1980).

Yoğurdun tüketiciler tarafından tercih edilmesinde tat ve aroması önemli rol oynamaktadır. Çeşitli bileşiklerin etkisiyle oluşan aroma yoğurdun duyuşal özelliklerini

belirleyen önemli bir kalite parametresidir (Hoffmann ve Heiden, 2000). Tipik yoğurt aromasını; yoğurt bakterileri tarafından üretilen, ekşimsi ve serinletici tat sağlayan laktik asit ve yoğurdun temel aroma bileşeni olarak düşünülen asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil gibi çeşitli karbonil bileşikleri teşkil etmektedir (Ott ve ark., 1997; Beshkova ve ark., 1998; Chaves ve ark., 2002).

Yapılan çalışmalarda yoğurdun tat ve aromasının uçucu ve uçucu olmayan asitler ve karbonil bileşiklerinin üretimiyle oluştuğuna dair genel bir kanı vardır (Fernandez-Garcia ve McGregor, 1994; Marshall ve Tamime, 1997; Beshkova ve ark., 2003; Akın, 2006). Söz konusu bileşenler içinde karbonil bileşenleri özellikle asetaldehit temel aroma maddesi diğerleri ise tat-aromayı destekleyici maddeler olarak kabul edilmektedir (Atamer ve ark., 2004; Şenel, 2006). Yoğurttaki uçucu bileşenlerle ilgili yapılan çalışmalarda bugüne kadar 60'dan fazla aroma maddesinin tanımlandığı bildirilmektedir (Ott ve ark., 1997).

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus*, yoğurtta tat-koku bileşenlerinin üretiminden ve son ürünün keskin asitliliğinden sorumlu mikroorganizma olarak tanımlanmaktadır. Yoğurdun tat-kokusu, sütte bulunan uçucu bileşenler ve fermantasyonu gerçekleştiren laktik asit bakterilerinin ürettiği ikincil metabolitler arasındaki dengeden dolayı oluşmaktadır. Bu bakteriler laktozu, büyük ölçüde laktik aside (yaklaşık %95), az miktarda da asetaldehit, diasetil, etanol, aseton ve asetoine dönüştürmektedir. Bu metabolitler yoğurdun tat-kokusunu oluşturan temel aroma bileşenleridir (Ott ve ark., 1999; Yaygın, 1999).

Yoğurtta, *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* tarafından asetaldehit ve diğer aromatik bileşiklerin oluşumu fermantasyon esnasında ve bazı süt bileşenlerinin ısıl işleme parçalanması sonucunda oluşmaktadır. Bu ürünlerin son miktarları ise farklı süt öğelerinden karbonil bileşiklerinin oluşumunu katalizleme yeteneğinde olan spesifik enzimlere bağlıdır (Lees ve Jago, 1978; Atamer ve ark., 2004; Akın, 2006; Şahan ve ark., 2007). Yoğurdun üretimi ve depolanması süresince üründe toplam uçucu yağ asitleri miktarında gözle görülür bir artış meydana gelmektedir. Bu yağ asitleri *S. thermophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un tek türleri ve karışık kültürler tarafından serbest hale geçirilmektedir. *S. thermophilus*'a göre, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un bu asitleri daha fazla ürettiği bilinmektedir. Yoğurttaki uçucu yağ asitlerinin miktarındaki artış, süt tipi, starter kültür türü, süte uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi ile depolama koşullarına bağlı değişmektedir. Ayrıca yağ içeriğinin yüksek olması serbest yağ asitleri miktarını artırmaktadır Yoğurdun oluşumu sırasında

en yüksek düzeyde asetik asit, takiben formik, kapron, kapril, kaprin, bütirik, propiyonik ve izovalerik asit meydana gelmektedir. Bu maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak yoğurttaki tat ve kokuya etkili olabilecekleri bildirilmiştir (Yaygın, 1999; Kondyli ve ark., 2002).

Ses dalgaları gıda sanayinde; oksidasyonun hızlandırılmasında, enzim aktivitesinin inhibisyonunda, emülsiyon, ekstraksiyon, kristalizasyon, filtrasyon ve degassing işlemlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca yoğurt gibi ürünlerde ultrasound uygulamasının *Lactobacillus* aktivitesini % 50 arttırdığı ve toplam üretim süresinde % 40'a varan azalmalar sağladığı bilinmektedir. Zira anlamda kullanıldığında ise, tohumların çimlenmesini hızlandırmakta olduğu belirtilmiştir. Tüm bu uygulamaların yanı sıra, sıvı dezenfektanlar ile birlikte yüzey dekontaminasyonu için de kullanılabilir (Povey ve Mason, 1998).

Katılardan fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, kırmızı ve sarı pigmentlerin ekstraksiyonu, soya fasülyesinden yağ ve proteinlerin ekstraksiyonu, yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu, üzüm, erik, mango gibi meyvelerde hücre zarının geçirgen hale gelmesi, meyve suları, püre, sos ve günlük ürünlerin işlenmesi, portakal suyu gibi dispersiyonların stabilitesi ultrasound uygulamalarının örneklerindedir. Gıda endüstrisinde; yüksek enerjili ultrason sıvı gıdalarda degassing işlemlerinde, oksidasyon/redüksiyon reaksiyonlarının indüklenmesinde, enzimlerin inaktivasyonunda, enzimler ve proteinlerin ekstraksiyonunda, kristalizasyonun indüklenmesinde, düşük enerjili ultrason canlı hücrelerin aktivitesini artırmak amacıyla, gıdaların yüzey temizliğini sağlamak için, ultrasonik olarak destekli ekstraksiyon, kristalizasyonun indüklenmesi, emülsifikasyon, filtrasyon, kurutma ve dondurma proseslerinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada farklı dalga genliği ve sıcaklık kullanılarak işlem gören süten üretilen set tip yoğurtların fiziksel, duyu ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda üretilen yoğurtların soğukta muhafazası süresince bazı fizikokimyasal değişimler ve mikrobiyolojik özellikler takip edilmiş, ayrıca üretilen yoğurtların tüketici açısından beğenilme derecesi izlenmiştir. Bu uygulamada yoğurtların hem değerlerini kaybetmeden uzun süre muhafaza edilmesi hem de tüketici açısından kabul edilebilirlik düzeylerinin korunması ve bu şekilde sektöre yeni seçenekler kazandırılabilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Zengin bir kaynak olan süt, binlerce yıldır insan beslenmesinde önemli bir yer almıştır (Frölich, 2002). Yüksek beslenme kalitesi ve eşsiz fiziko-kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı, sütün en değerli bileşeni protein olmuştur. Bu özellikler, peynir veya yoğurt gibi birçok süt ürününün üretimi veya karakteristiği için temeldir (Ratray ve Jelen, 1996; Huppertz ve ark., 2006).

Ultrasonikasyon uygulaması, pastörizasyon için termal olmayan alternatiflerden biridir. Ultrasonikasyon sırasında kavitasyon kabarcıklarının oluştumunun mikroorganizmaları inaktive ettiği düşünülmüştür (Morton ve ark., 1982). Bir ultrasonik arıtmanın, aralarında düşük enerji kullanımı (Neppiras, 1984; Ciccolini ve ark., 1997) ve termal proseslere bağlı hiçbir duysal kayıp olmaksızın birkaç ek faydası olmaktadır. Peynir, yoğurt vb. retmek için süt işleme sırasında, farklı süt bileşenlerinin önemi, ısının farklı süt bileşenleri üzerindeki etkileri hakkında kapsamlı çalışmalar yapılmasına yol açmıştır. Ultrasonikasyon, pastörizasyona nispeten yeni bir alternatiftir ve bu nedenle ultrasonikasyonun süt bileşenleri üzerindeki etkisini daha fazla araştırma ihtiyacı hissedilmektedir.

Günümüzde korunmuş ve işlenmiş gıdalara olan ilgi artmaktadır. Tüketiciler, besin özelliklerini azaltmadan daha az koruyucu madde ile daha az işlenmiş, daha doğal, daha uzun raf ömrüne sahip sağlıklı gıdaları tercih etmektedirler. Sonuç olarak, şu günlerde gıda özelliklerini değiştirebilecek termal enerjinin kullanımına dayanan en geleneksel yöntemlerin aksine, en az koruma ve işleme yöntemleri için yeni ve gelişmekte olan teknolojilerin ilerletilmesine önem verilmektedir.

Termal olmayan bir teknoloji olarak ultrasonik güç, gıda endüstrisinde büyük ilgi çekmektedir. Yeterince yüksek yoğunluğa sahip mekanik titreşimler vasıtasıyla, ultrasonik güç, yapısını farklılaştırarak ya da belirli kimyasal tepkimeleri ilerleterek yiyeceklerde değişiklikler yapabilmektedir. Gıda endüstrisinde ultrasonik güç uygulamaları çeşitliliği hızla artmaktadır. Bu teknolojinin kullanımı; işleme ve bakım maliyetlerinin düşürülmesi ve işlem sürelerinin kısaltılması gibi bazı önemli yararlar sağlamaktadır. Ancak, bu teknolojinin, duysal ve besleyici gıda özellikleri üzerine etkileri hakkında çok az bilgi bulunmaktadır.

2.1. Ultrasonik Gücün Etkileri

Ultrason, insan işitme üst limitinden daha büyük bir frekansta, katılar, sıvılar veya gazlar yoluyla yayılan ses dalgaları ve mekanik titreşimleri belirtir. Ultrasonik frekans aralığı 20 kHz'in üzerindeki frekanslarda bulunmaktadır. Ultrason frekans aralığının üst sınırı esas olarak ultrasonik sinyaller üretme kabiliyeti ile sınırlanmıştır.

Ultrasonun son zamanlarda gıdaların analizi ve işlenmesi için gıda endüstrisinde büyük bir ilgi uyandırmasına karşın, 2. Dünya Savaşı'ndan bu yana endüstride ultrasonik teknikler bulunmaktadır (Povey ve McClements, 1988). Genellikle ultrason uygulamaları iki geniş kategoriye ayrılır: Yüksek ve düşük yoğunluklu uygulamalar. Yüksek yoğunluklu uygulamalar; ağırlıklı olarak 1 W/cm^2 nin altındaki enerjilerle, 100 kHz'in üzerindeki frekanslarla karakterizedir. İlave olarak, yüksek yoğunluklu uygulamaların aksine, ultrasonik dalganın test edilen materyal üzerinde herhangi bir belirgin etkisi bulunmamaktadır. Gıda endüstrisinde düşük yoğunluklu ultrason, bir işlemleri kontrol etmek veya gazlı gıdalardaki hava kabarcığı gibi fizikokimyasal özellikleri, etlerdeki yağ oranı, sebze ve meyve karakterizasyonu, yumurta kalitesi, peynirde çatlaklar, bisküvilerde tekstür, süt koagülasyonu, şarap fermentasyonunun kontrolü ya da hamur karakterizasyonu hakkında bilgi edinmek için analitik bir teknik olarak uygulama alanı bulmuştur (Povey ve McClements, 1989; Contreras ve ark., 1992; McClements, 1997; Benedito ve ark., 2002; Simal ve ark., 2003; Salazar ve ark., 2004; Resa ve ark., 2007; Alava ve ark., 2007; Mizrach, 2008).

Diğer yandan, yüksek yoğunluklu ya da güçlü ultrason uygulamaları, 10 W/cm^2 den yüksek enerjilerle 100 kHz'in altındaki frekansları kullanmaya meyillidir. Bu uygulamaların, genellikle yoğun kavitasyonun üretilmesi ile test edilen materyal üzerinde bir etkiye sahip olması istenmiştir (Mason ve Lorimer, 1988). Kavitasyon, yüksek yoğunluklu ultrasonun önemli bir fiziksel olgusudur ve sıvı kabarcıklarının oluşumunu, büyümesini ve kabarcıkların çöküşünü içermektedir. Bazı tipik örnekleri arasında biyolojik hücrelerin parçalanması, emülsifikasyon, kurutma, karıştırma ya da mikrobiyal inaktivasyon bulunmaktadır. Ek olarak, ultrasonik güç uygulamalarının birçoğu sadece ultrasonik işlemler olmayıp, ultrasonik yardım süreçleri olarak görev almaktadır.

Ultrasonik güç, kavitasyon kabarcıklarının üretilmesi ve yıkımı ile sıvı ortamdaki kimyasal ve fiziksel değişiklikleri arttırmaktadır. Bir sıvı yeterince güçlü bir

ultrasona tabii tutulduğunda, sıvı, dönüşümlü olarak önce sıkıştırılır, sonra genişir, küçük boşluklar ve kabarcıklar ortaya çıkar. Bu kabarcıklar ultrasonik dalganın sıkıştırma ve genişleme döngüleri ile reaksiyona girer, büyür ve kritik boyuta geldiklerinde çökerler. Kabarcıkların çökmesi çevredeki ortama önemli hasar verecek kadar şiddetli olabilmektedir. Kabarcıktaki gazın 1 nanosaniyelik zaman ölçeği içinde yaklaşık 5000 °C'ye ve 1000 atm'den fazla basınca ulaştığı düşünülmektedir (Suslick ve Price, 1999). Bu yoğun lokal ısıtma veya sıcak noktalar, çeşitli uygulamalarda önemli olan kimyasal gaz fazı reaksiyonlarına sebebiyet verebilmektedir (Gould, 2001). Ancak bu ısı, çok lokalize olup kalıcı değildir. Geleneksel ısıtmada güç ultrasonu kullanıldığında işlemin etkisi artmaktadır.

2.2. Gıda İşlemede Ultrasonik Güç Uygulamaları

Gıda sanayinde ultrasonik güç kullanımı, umut veren bir alandır. Ultrason teknolojisi, geniş ve güncel bir uygulama yelpazesini elinde bulundurmaktadır. Bununla birlikte, çok sayıda potansiyel ultrasonik işleme rağmen, bunların çoğu hala bir araştırma ortamıyla sınırlı olup az bir kısmı endüstriye katılmıştır. Bunun en önemli nedeni, ultrasonun piyasada bulunan hazır bir teknoloji olmaması ve her uygulamanın özel olarak geliştirilmesi ve ölçeklendirilmesi gerektiğidir. Burada, farklı alanlardaki ultrasonik gücün başlıca uygulama alanlarına değinilmiştir.

2.2.1. Mikrobiyal ve enzim inaktivasyon

Bu uygulama yoğun ultrasonografinin, biyokimyasal hücre duvarlarını kaviteasyon yoluyla bozma kabiliyetine dayanan, umut verici bir işlemdir. Uygulanan ultrasonun etkinliği; muamele edilecek mikroorganizma ve enzimin türüne, ultrasonik sinyalin genlik ve frekansına, maruz kalma süresine, besin hacmi ve besin türüne bağlı olarak değişmektedir. Ek olarak, ultrasonik güç, çok yüksek yoğunluklarda kullanılmadığı sürece mikroorganizmaların yok edilmesi ve enzim inaktivasyonu için çok etkili olmamaktadır. Tam da bu sebeple ultrason, mikroorganizmaların tahrip edilmesi ve enzim inaktivasyonu sağlamak için, genellikle basınç, ısı veya her ikisi gibi başka tekniklerle birlikte kullanılmaktadır. Böylece, örneğin, ultrasonik güç işlemi sırasında basıncın kullanılması, çeşitli mikroorganizmalardaki mikrobiyal inaktivasyon oranını, ortamın kaynama noktasının çok altındaki sıcaklıklarda bile arttırmaktadır. Tüm

bu süreçler, çeşitli araştırmacılar tarafından derinlemesine incelenmiş ve açıklanmaya çalışılmıştır (Ordonez ve ark., 1984; Raso ve ark., 1998; Manas ve ark., 2000; Manas ve Pagan, 2005)

Sonikasyon *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae* ve diğer bakteriler olmak üzere çok sayıda mikroorganizma üzerinde başarıyla uygulanmıştır (Piyasena ve ark., 2003). Maruz kalma süresi, sıcaklık, yoğunluk ve frekans, mikroorganizmaların başarıyla yok edilmesi için anahtar etmenlerdir. Jiranek ve ark. (2008), fiçilerdeki şarap yapım prosesinin çeşitli aşamalarında mikrobik aktiviteyi modüle etme ve yüklemde ultrasonik güç uygulamasını fark etmişlerdir. Böylece, örneğin, fermentasyon tanklarını ve fiçileri yüksek basınç ve sıcak su ile yıkamak yerine, daha düşük bir su sıcaklığı ve ultrasonik güç kullanmak daha etkili ve hızlı bir yöntem olabilir sonucuna ulaşılmıştır.

Farklı enzimlerin inaktive edilmesi için, farklı koşullar altında uygulamalar üzerinde çalışılmaktadır. Thakur ve Nelson (1997), lipoksigenazın inaktivasyonu için ortamın pH'sının önemli bir parametre olduğunu ortaya koymuştur. Raviyan ve ark., (2005), kavitasyon yoğunluğu ve sıcaklığının domatesteki pektin metil esterazın inaktivasyonu üzerindeki etkisi hakkında çalışmışlar ve farklı koşullar altında termal, sonikasyon ve termosonikasyon işlemleri arasında bir karşılaştırma yapmışlardır. Sıcaklığın artması, pek çok domates enzimi termal inaktivasyon testinde gösterilen inaktivasyon oranını yükseltmiştir (Lopez ve ark., 1997; Crelier ve ark., 2001). Farklı araştırmacılar tarafından çeşitli sıcaklıklarda yapılan çalışmada, azalmanın değerleri arasındaki farklılıklar; domates çeşidindeki farklılıklar, olgunlaşma derecesi, ısıtma ve sıcaklık ölçüm teknikleri ve enzim hazırlama ve deney yöntemi arasındaki farklılardan meydana gelebilmektedir.

Ayrıca, lizozimin inaktive edilmesi için, Manas ve ark. (2006) tarafından farklı sıcaklıklarda basınç altında deneyler uygulanmıştır. Oda sıcaklığında ultrasonik dalgalar ve basıncın, enzimi zorlukla inaktive ettiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, 200 kPa'lık bir dış basıncın uygulanması ve 60 ile 80 °C arasındaki sıcaklıkların ultrasonun inaktivasyon etkisini artırdığı fark edilmiştir.

Ultrasonun enzimler üzerindeki etkisinin enzimin türüne bağlı olduğu ve ayrıca birçok parametreden etkilendiği ortaya konmuş, bu konuda Kadkhodae ve Povey (2008), değişken parametrelerin ultrasonun toplam etkisine katkısını nicel olarak belirleyebilen ve dolayısıyla sürecin verimliliğindeki değişimleri tahmin edebilen matematiksel bir model geliştirmek için, farklı deneysel koşullar altında ultrasonik

etkilerin nasıl ve ne derece değiştiğini araştırmışlardır. Sonuçlar, ultrasonun α -amilazı etkili bir şekilde inaktive ettiğini ve inaktivasyon oranının en az 50 °C de olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, enzimin inaktivasyonuna farklı parametrelerin katkısının sıcaklık ile baskın olduğu belirlenmiş; enzimin amino asit bileşimi ve konformasyonel yapısının da büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

2.2.2. Kristalizasyon

Ultrasonun kristalizasyon üzerindeki en önemli etkisi, esasen kavitasyon olgusuna dayanan çekirdeklenme indüksiyonudur. Kavitasyon sırasında kristalleri ve çekirdekleri, çekirdeklenme merkezi olarak işlev görecektir çok sayıda tekdüze küçük kristallere bölmek mümkün olmaktadır. Bu etki çoğunlukla sonokristalizasyon olarak adlandırılmaktadır. Kristalizasyon işlemi, ultrasonik sinyalin genliği, frekansı ve muamele süresi vasıtasıyla kontrol edilebilmektedir. Böylece kristal boyutu dağılımının değiştirilmesine ve nokta kristalizasyonunun meydana gelmesine izin verilir (Povey ve Mason, 1998).

Ultrasonik gücün kristalizasyona uygulanması özellikle eczacılık ve ince kimyasal maddeler için uygundur. Bunlar, yüksek molekül ağırlıklı organikler olma eğiliminde oldukları için, kristalleşme açısından en zor maddeler arasında yer almaktadırlar (Ruecroft ve ark., 2005). Gıda endüstrisinde birçok gıda ürününde kristalizasyon sürecinin modifikasyonu ve kontrolüne dayanan bazı ilginç uygulamalar da yer almaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi şeker kristalit boyutunun kontrolüyle alakalıdır. Bu uygulama, özellikle dikkat çekicidir çünkü gıda ürünlerinin dokusu, materyalde dağılmış, çözülmemiş şeker kristallerinin boyutundan etkilenmektedir (Mason ve ark.,1996).

Ultrasonik güç uygulaması balda uzun süredir araştırılmaktadır (Kaloyereas, 1955; Liebl, 1978; Thrasyvoulou ve ark., 1994). Bal, kristalizasyon için doğal eğilimi olan aşırı doymuş bir şeker çözeltisidir. Bu, bal üretim sürecinin genel aşamaları boyunca kaçınılması gereken, istenmeyen bir durumdur. Balın kristalleştirilmesi geleneksel olarak bir ısıl işlemle geciktirilir. Isı, D-glikoz monohidrat kristallerinin çözülmesine yardım eder fakat aynı zamanda tatlı bal tadını olumsuz yönde etkiler. Alternatif olarak ultrasonik güç uygulaması, balda mevcut kristalleri ortadan kaldırır aynı zamanda kristalleşme sürecini geciktirir. Kristalizasyon analizi, ultrasonik güçle muamele edilen balın, ısı ile muamele edilen baldan daha uzun süre sıvı halde kaldığını

göstermiştir. İlaveten, nem içeriği, elektrik iletkenliği veya pH gibi balın kalite parametreleri üzerinde belirgin bir etkisi görülmediği belirtilmiştir.

Yağların kristalizasyonu; tereyağ, dondurma ve çikolata endüstrisinde kayda değer ilgi gören bir başka uygulamadır. Böylece, örneğin, ultrasonik gücün (20 kHz ve 100-300 W) tripalmitoilgliserol ve kakao yağı üzerindeki etkileri incelenmiştir (Higaki ve ark., 2001; Ueno ve ark., 2003). Sonuçlar, ultrason ışınlamasının yağların polimorfik kristalizasyonunu kontrol etmek için etkili bir araç olduğunu ve indüksiyon süresinin kıaldığını ortaya koymuştur. Kaviteasyon ve çekirdeklenme arasındaki ilişkiyi açıklamak için, çeşitli teoriler ileri sürülmüş ancak ultrasonun kristalizasyona katkısı hala tam olarak anlaşılammıştır.

2.2.3. Filtrasyon

Katı-sıvı filtrasyon pek çok teknolojinin kullandığı ortak bir uygulamadır. Filtrasyon katılardan sıvıları temizlemek veya bir sıvıdan katı maddeleri uzaklaştırmak amacıyla kullanılabilir. Ultrason yardımcı filtrasyon, geçmişte geniş çapta araştırılmıştır. Filtreden sıvı akış oranını büyük oranda artırmanın yanı sıra, ultrason uygulaması filtrenin kirlenmesini önleyerek temiz kalmasını sağlamaktadır (Fairbanks, 1973; Semmelink, 1973). Filtrasyon geliştirme teorileri iki etkiye dayanır. İlk olarak, sonikasyon ince parçacıkların aglomerizasyonuna sebep olmaktadır. İkinci olarak, sonikasyon, parçacıkları kısmen asılı tutmak için sisteme enerji sağlamakta ve böylece çözücü elüsyonu için daha fazla serbest kanal bırakmaktadır (Mason ve ark., 1996).

Gıda ve içecek endüstrisinin çeşitli sektörlerinde ultrasonik filtrasyon kullanılmıştır. Meyve özleri ve içeceklere uygulandığında bu teknik, pulpundan elde edilen meyve suyunu artırmak için kullanılmaktadır (Mason ve ark., 1996). Şeker pancarı ile üretilen meyve suyu, daha berrak bir hal alması için filtrelenir. Bira olgunlaşma aşamasında, olgunlaşma tankının dibinde oluşan maya ve birikimleri gidermek için filtreleme kullanılır. Ek olarak, şarap ve yenilebilir yağlar farklı üretim aşamalarında filtreleme işlemine tabii tutulmaktadır.

Kyllönenve ark. (2005), frekans, güç yoğunluğu, besleme özellikleri, çapraz akış hızı ve sıcaklık gibi ultrasonik filtrasyonun etkinliğini etkileyen birkaç parametre üzerinde uygulama yapmışlardır. Genel olarak, aralıklı ultrasonik sonikasyon kullanarak düşük ultrason frekansları ve yüksek güç yoğunlukları ile daha yüksek filtrasyon verimliliği elde edilmiştir. Bununla birlikte, ultrason, çamur gibi yüksek

konsantrasyonlu süspansiyonlar için daha az etkili olmuştur. Bu manada, birçok endüstriyel uygulamadaki mevcut gerekliliklerden bir tanesi, yüksek oranda konsantre olan ince partikül süspansiyonlarının işlenmesi olmuştur. Geleneksel filtreleme teknikleri tatmin edici değildir çünkü sıklıkla kirlilik oluşur ve bu da filtrasyon hızını yavaşlatır. Gallego-Juarez ve ark. (2003), döner vakumlu disk filtrelerinde konsantre ince partikül çamurlarının filtrasyonunda maddenin çıkarılmasına yardımcı olmak için bir ultrasonik güç tekniğinin pilot ölçekli geliştirilmesi ve uygulanması üzerinde araştırmalar yapmışlardır. Bir veya çeşitli güç dönüştürücüler, filtre yüzeyine paralel ve çok yakınına yerleştirilmiştir. Böylece parçacıklı malzemelerin aşırı derecede ince iki yoğun süspansiyonu elde edilmiş ve filtreleme verimliliğinde artış meydana gelmiştir.

2.2.4. Kurutma

Gıda dehidrasyonu için geleneksel sistemler esas olarak sıcak hava ile kurutma ya da dondurarak kurutmaya dayanmaktadır. Sıcak hava ile kurutma yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ancak gıda ürünüde bozulmalara yol açabilmektedir. Dondurarak kurutulan ürünlerdeki bozulma önemsizdir ancak işlem maliyeti fazladır. Geleneksel dehidrasyon yöntemlerinin aksine, ultrasonik güç, kurutma prosesinin daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmesi nedeniyle, prosesin maliyetini ve bozulma riskini azaltmaktadır.

Ultrasonik dehidrasyon hala gelişmekte olup, ultrasonik işlemin düşük kuruma oranları en büyük dezavantajlardandır. Ancak bu potansiyel uygulamanın geliştirilmesine katkı sağlamak için son yıllarda çalışmalar artırılmıştır. Ultrasonik güç doğrudan kurutulacak gıda maddesine bağlandığında, hızlı bir dizi alternatif sıkıştırma ve açılımlar bir çeşit sünger etkisi yaratmış ve üründen nemin hızlı çıkarılmasına sebep olmuştur (Floros ve Liang, 1994; Gallego-Juarez ve ark., 2007). İlaveten, ultrason, kuvvetle bağlı olan nemin çıkarılması için yararlı olabilecek kavitasyonu da meydana getirmiştir (Tarleton ve Wakeman, 1998; Fuente-Blanco ve ark., 2006).

Ultrasonik güç; elma, kavun, muz, papaya, karnabahar veya havuç gibi meyve ve sebzeleri kurutmak için ön muamele olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Her durumda, ultrason işleminden sonra kuruma süresi, muamele edilmemiş ürünlere kıyasla kısalmıştır. Mantar, Brüksel lahanası ve karnabahar gibi ürünlerin yapısı üzerine ön işlemlerin ve kurutma koşullarının etkisi, daha sonra rehidrasyonun nasıl etkilendiğini anlayabilmek için incelenmiştir (Jambark ve ark., 2007). Ultrasonla

muamele edilen numuneler için rehidrasyon özelliklerinin, muamele edilmemiş ürünlerden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Fernandes ve Rodrigues (2007), Fernandes ve ark. (2007) ve Fernandes ve ark. (2008), havada kurutmadan önce ultrasonik işlemin muz, papaya ve kavunların dehidrasyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Her durumda, entegre süreci (ultrason ve havada kurutma), toplam işlem süresini en aza indirgeyen çalışma koşullarını araştırmak üzere optimize edilmiştir. Ultrason ön muamelesi yaklaşık 20 dakika süreyle uygulandığında % 10 ile % 16 arasında zamana bağlı azalmalar olduğu görülmüştür.

Kuruma sürecini geliştirmek amacıyla Gallego-Juarez ve ark. (1999), bitkisel dehidrasyon için olağan ultrasonik banyoların önüne geçmek suretiyle, ürüne bağlı olarak ultrasonik titreşim uygulayan yeni bir hava gücü ultrasonu teknolojisi geliştirmek için çalışmışlardır. İki deneysel prosedür oluşturulmuştur. Bunlardan biri, hava ile taşınan ultrason yardımıyla basınçlı hava ile kurutma ve diğeri, materyal ile doğrudan temas halinde ultrason uygulayarak ultrasonik dehidrasyon. İlaveten, prosese dahil olan ana fiziksel parametrelerin nispi etkisinin bir çalışması, sistemin ön sanayi evresinde, gelişme için gerekli başlangıç noktalarının oluşturulması amacıyla 20 kHz'de çalışan ve basma gücü 100 W (Garcia-Perez ve ark., 2006) olan kademeli bir plaka dönüştürücü ile yapılmıştır. Havuç, elma ve patateslerde deneysel sonuçların yanı sıra bu yeni teknolojinin kapsamlı bir incelemesine Fuente-Blanco ve ark., (2006) ve Gallego-Juarez ve ark., (2007) öncü olmuşlardır. Doğrudan temasla elde edilen sonuçlar, kurutma etkisinin gıda dehidrasyonu için, çok etkili bir yöntem olduğuna işaret etmiştir. Bununla birlikte, yüksek yoğunluklu havayla taşınan ultrason uygulandığında elde edilen iyileşme, doğrudan temas uygulaması ile elde edilen iyileşmeden daha düşük olmuştur. Bunun en büyük nedeni, güç çevirici-hava-gıda akustik empedansı arasındaki uyumsuzluk nedeniyle üretilen sebze materyalinde ultrasonik enerjinin düşük penetrasyonudur.

2.2.5. Ekstraksiyon

Ultrasonik ekstraksiyon, kavitasyon olgusuna dayanır ve geleneksel yöntemlere göre daha verimli bir alternatif olmuştur. Kavitasyon biyolojik hücre duvarlarını parçalayıp, hücre içeriğini çözücü içinde serbest bırakmaktadır (Mason ve ark., 1996).

Böylece, şeker pancarından şeker çıkarma işlemi, ultrasonik güç kullanılarak ilettilmiştir (Chendke ve Fogler, 1975). Wang (1975), yağsız soya fasulyesinden, 20

kHz'lik bir frekansta çalışan 550 W'lık bir prob kullanarak protein ekstraksiyonu yapmış ve önceki tekniklere oranla daha verimli bir yöntem elde etmiştir. Daha sonra uygulama, soya fasulyesi proteini ekstraksiyonu için pilot tesis seviyesine kadar ölçeklendirilmiştir (Moulton ve Wang, 1982).

Son zamanlarda invitro embriyojenik ve embriyojenik olmayan turunçgil türlerinden Ca, K, Mg için ultrasonik ekstraksiyon prosedürü kültürler Arruda ve Rodriguez (2003) tarafından önerilmiştir. Deneyler sırasında, ultrasonik özütü optimize etmek için, 5, 10, 15 ve 30 dakika kadar farklı özütleme ortamları ve sonikasyon süreleri kullanılmış ve bu, numune taşıma ve operasyonel maliyetlerin önemli ölçüde azalmasıyla mükemmel bir alternatif ortaya çıkarmıştır. Albu ve ark. (2004), çözücü olarak bütanon, etil asetat ve etanol kullanarak *Rosmarinus officinalis* otundan karzonik asidin ekstraksiyon verimliliğini artırmak için ultrasonik güç kullanmışlardır. Ultrasonik güç, ekstraksiyon solventine olan bağımlılığı azalmış ve geleneksel ekstraksiyon çözücüsü olan etanolün performansını önemli ölçüde artırmıştır. İlaveten, sonikasyonun bir ultrasonik banyo veya prob sistemi kullanılarak elde edilen ekstrakte edilmiş arabonik asitlerin karşılaştırılabilir seviyeleri ile antioksidan materyallerin ekstraksiyonu için bir yöntem olarak büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmüş ve böylece, ekstraksiyon prosesinin büyütülmesi için bir potansiyel belirlemiştir. Bir diğer ilginç uygulama, fenolik bileşiklerin Hindistan cevizi kabuğu tozundan ekstre edilmesidir (Rodriguez ve Pinto, 2007). Kızartma süresi, kızartma sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, yüksek miktarda fenoliklerin ultrason destekli ekstraksiyon teknolojisi ile Hindistan cevizi kabuğundan ekstrakte edilebileceğini, ekstraksiyon zamanının proses için en önemli parametre olduğunu göstermiştir. Ekstraktlarda yüksek fenolik içerik (406.93 mg/l) elde etmek için, en iyi koşul 100 °C'de 60 dakika kızartma süresi ve 60 dakika ultrasonik ekstraksiyon süresi olduğu belirlenmiştir.

2.2.6. Emülsifikasyon

Ultrasonik gücün ilk uygulamalarından biri emülsifikasyon olmuştur. İlk kez Wood ve Loomis (1927) tarafından rapor edilmiştir. Aynı zamanda kavitasyona dayanan bu uygulama, katkı maddesi olmaksızın veya çok az katkı maddesi ile iki veya daha fazla karışmayan sıvının çok etkili, dengeli ve homojen şekilde karıştırılmasını sağlamıştır (Shoh, 1975; Mason ve ark., 1996). Emülsifikasyonun büyük avantajı, akış

prosesleri için online olarak kullanılabilmesidir. Böylece meyve suları, domates, ketçap ve mayonez üretiminde olduğu gibi, 12000 l/s kadar hacimler işlenebilmiştir (Mason ve ark., 1996).

Ultrasonik gücün süt homojenizasyonu üzerine etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Villamiel ve de Jong, 2000; Wu ve ark., 2001; Ertugay ve ark., 2004). 20 kHz'de taze inek sütünün sonikasyonunun yağ globüllerinin boyutunda bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur. Bu araştırmacılar, ultrasonik gücün yağ globül boyutunu azaltmada çok etkili olduğunu bulmuşlardır. 1 µm'den az yağ globülünün ortalama bir boyutu elde edilmiştir. Ayrıca, ultrasonik güç uygulaması, geleneksel homojenleştirme yöntemlerinden daha eşit dağılmış yağ parçacıklarıyla sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla geleneksel homojenizatör tarafından homojenize edilen süt, homojenize edilmemiş süttten daha küçük yağ globüllerine sahip olmakla birlikte, ultrasonik güçle homojenize edilen süt de klasik homojenizatörle homojenize edilen süttten daha küçük yağ globülleri bulundurmıştır. Klasik homojenizasyonda elde edilen yağ globül çapı, 180 W'lık bir güç seviyesinde 10 dakika süreyle ultrasonik emülsifikasyon vasıtasıyla elde edilmiştir (Villamiel ve de Jong, 2000). Genellikle, tüm işlemlerden sonra, yağ globül boyutunda % 81.5'a kadar önemli bir azalma sağlanmıştır.

Wu ve ark. (2001), aynı zamanda ultrasonik gücün yoğurt fermentasyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yoğurt starterinin aşılmasından önceki ultrason işlemi, su tutma kapasitesinde bir artışa neden olmuştur. İlâveten, inokülasyondan sonra uygulanan ultrasonik işlem, toplam fermentasyon süresini 0.5 saat azaltmıştır.

Daha yeni bir çalışmada; yağ ve sudan oluşan tipik emülsiyonlarda ışınlama süresinin, ışınlama gücünün ve yağın fizikokimyasal özelliklerinin dağılık faz hacmi ve dağılık faz damlacık boyutu üzerindeki etkileri incelenmiştir (Gaikwad ve Pandid, 2008). Deneylerde farklı viskoziteli yağlar kullanılmıştır. Özellikle, iki yenilebilir yağ ve iki mineral yağ kullanılmıştır. Sonuçlar, ışınlama süresinde bir artış ile dağılık faz hacmi artarken, dağılık faz damlacık boyutunun azaldığını göstermiştir. Benzer şekilde, ışınlama gücü arttıkça, dağılık fazın tutulmasında bir artış olmuştur. Ek olarak, yağın daha yüksek viskozitesi, emülsiyonda daha büyük bir damla boyutuyla ilgili bulunmuştur.

2.2.7. Etin tenderizasyonu

Yumuşaklık, tüketicilerin algıladığı et kalitesinin en önemli özelliklerinden birisidir. Etin yumuşaklığı türler arasında, bir tür içinde ve hayvanın farklı kasları arasında belirgin bir şekilde değişmekle birlikte etin pişirilmesinden de etkilenir. Genel olarak et, kesimden hemen sonra yumuşak yapıdadır. Ancak, rigor mortis ve post rigor sırasında meydana gelen değişikliklerden olumsuz etkilenir. Geleneksel olarak yaşlanma, yumuşak et üretmenin güvenliğini sağlama yöntemi olarak kabul edilmektedir. Etlerin yumuşamasına izin vermek için karkaslar, donma noktasının hemen üstünde bir sıcaklıkta birkaç gün asılır ancak bu durum alan ve sıcaklık kontrolü gereksinimleri nedeniyle üretim maliyetlerini artırır.

Ultrasonik güç kullanıldığında, kavitasyon etkileri vasıtasıyla, dokunun kas ve hücre yapısı bozulur, bu sayede tenderizasyon sağlanır. Ancak sonuçlar bazen birbiriyle çelişir. Çünkü ultrason muamele koşulları değişkendir ve eti yumuşatma üzerindeki etkileri değişebilir. Hatta bazı durumlarda, işlem koşullarının yumuşama üzerinde hiçbir etkisi olmadığı belirtilmiştir.

Smith ve ark. (1991), ultrason uygulanmasıyla, et numunelerinin yumuşatılmasının, ortalama tüketici tarafından tespit edilebilecek kadar büyük olduğunu ileri sürmüşlerdir. Etin 2-4 dakika sonikasyonundan sonra hassasiyetinde belirgin bir artış olmuştur. Bununla birlikte et, 8 dakikadan fazla sonike edildiğinde ters tepkiler gözlemlenmiş ancak araştırmacılar bunun nedenini açıklamamıştır. Bunun nedeninin işlem metodu olduğu kadar, ultrason yoğunluğu seviyeleri ve maruz kalma süresi olabileceği, bunların dışında farklı frekansların ve kullanılan kas tipinin değişikliğinin de tutarsız sonuçlara yol açmış olabileceği belirtilmiştir.

Yüksek frekanslı ultrasonik gücün etkisi üzerine de çalışılmıştır (Got ve ark., 1999). Araştırmacılar semimembranosus kaslarına 2.6 MHz'lik bir transdüser uygulamış fakat etin yumuşatılmasında kesin etki gözlenmemiştir. Bunun sebeplerinden birinin yüksek frekanslarda kavitasyon mümkün olmadığından, kavitasyondan elde edilen faydanın da sağlanamamış olabileceği olarak belirtilmiştir.

Jayasooriya ve ark. (2004), yüksek güçte ultrasonun etin fiziksel, biyokimyasal ve mikrobik özelliklerine etkilerini ve potansiyel faydalarını gözden geçirmişler, etin yumuşaklığı üzerine spesifik etkileri tartışmışlardır. Daha ileri araştırmalara ihtiyaç olmasına rağmen, ultrasonik güç, et ve et ürünlerinin özelliklerini değiştiren çok cazip bir alternatif teknik gibi gözükmektedir. Bu anlamda Jayasooriya ve ark. (2007), farklı

kas tiplerini yumuşatmak için gereken maruz kalma süresini ve yaşlanmaya olan etkisini belirlemek için ultrasonik gücün ve yaşlanmanın sığır kaslarının fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve ultrasonik gücün pH ve renk gibi diğer et özelliklerini olumsuz etkilediğini görmüşlerdir. Yaşlanma arttıkça ultrasonun yararları azalmıştır.

Stadnik ve ark. (2008), düşük frekanslı nispeten düşük yoğunluklu ultrason (45 kHz, 2 W/cm²) işleminin etin pH'sını ve su tutma kapasitesini etkileyip etkilemediğini araştırmışlar; ultrason işleminin etin pH'sı üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir.

2.3. Ultrasonik Gücün Gıda Özellikleri Üzerine İstenmeyen Etkileri

Ultrasonun süt homojenizasyonu, mikroorganizmaların tahrip edilmesi, pestilden meyve suyunun çıkarılması, kristalizasyonun kontrolü ve etin yumuşatılması gibi birçok faydası bulunmaktadır. Başta kavitasyon olgusuna dayanan bu uygulamalarda, ultrasonik güç genel olarak daha yüksek ürün verimi, düşük maliyetler, daha kısa işlem süreleri ve gelişmiş gıda özellikleri ile sonuçlanarak proses verimliliğini artırmıştır.

Uzun yıllar boyunca kapsamlı araştırmalar yapılmış olsa da, ultrasonun gıdadaki fonksiyonel özelliklerin modifikasyonuna yardımcı olan minimal bir işlem ve ısısal olmayan bir teknoloji olduğu varsayılarak, tek başına veya başka bir teknolojiyle kombine edilen ultrasonik gücün mevcut uygulamaları geliştirilmiştir. Bu nedenle gıdanın tadı, besin değeri ve vitaminleri ya az değişir ya da değişmez. Yapılan araştırmalar, bu yeni teknolojinin geliştirilmesine ve uygulamanın, eğer varsa, gıda ultrasonografisinin gıda ürünlerine uygulanması ile ilişkili olumsuz tepkileri tespit etmeye çok dikkat edilmeksizin yeni ürünler sunmaya odaklanmıştır. Bununla birlikte bazı araştırmalar olumsuz etkiler bildirilmiştir. Ancak bu istenmeyen etkiler hakkında çok az veri bulunmaktadır.

2.3.1. Hidroksil radikalleri oluşumu

Ultrasonik güç birçok fayda sağlamasına rağmen, kavitasyon sırasında elde edilen yüksek sıcaklık ve basınçların, hidrojen atomlarının ve hidroksil radikallerinin oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir. Bu durum gıdanın besleyici özelliklerini bozabilecek istenmeyen kimyasal reaksiyonlara neden olabilir.

Ashokkumar ve ark. (2008), farklı frekanslarda yaptıkları deneylerde, çok düşük frekansları seçerek hidroksil radikallerinin miktarının en aza indirilebildiğini fark etmişlerdir. Böylece, 20 kHz'de üretilen hidroksil radikali miktarının az olduğunu görmüşlerdir. Bu frekansta kavitasyon kabarcıkları geçici, daha yüksek frekansta ise karardır. Hem istikrarlı kavitasyon hem de aktif kabarcık sayısındaki artışın, ultrasonun frekansında bir artış ile üretilen hidroksil radikallerinin miktarını artırması beklenmektedir. Bu durum, frekans 20 kHz'den 358 kHz'e yükseldiğinde gözlemlenen hidroksil radikalindeki artışı açıklamaktadır. Ancak frekans 1062 kHz'e yükseldiğinde, hidroksil radikal veriminde görülen azalma açıklanamamıştır. Bu düşüşün, kabarcık büyümesinin genişleme aşamasında nispeten daha az zaman kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir. Yüksek frekanslarda çevrim, nispeten kısa sürmüş ve böylece çekirdeklenme ve büyüme için gereken süre azalmıştır. Bunun sonucunda da serbest radikal verimi düşük olmuştur (Riesz ve ark., 1985). Buna ek olarak genellikle yüksek yoğunluklar, daha yüksek sıcaklığa ve daha yüksek serbest radikal verimine yol açmıştır.

2.3.2. Ultrasonik gücün farklı kullanımları

Jambark ve ark. (2008), peyniraltı suyu proteini süspansiyonlarının çözünürlüğü ve köpürme özelliğine ultrason işleminin etkisini incelediğinde, gıda işlemede ultrasonik gücün kullanılmasının protein çözünürlüğünün artırılması gibi birçok avantaja yol açmasına rağmen, ultrasonik güç kullanıldığında köpürme kabiliyetinin ve diğer dezavantajların ortaya çıkabileceğini görmüşlerdir. Daha düşük frekanslar seçerek ultrasonik olarak üretilen radikaller ile gıda maddeleri arasındaki istenmeyen reaksiyonlar en aza düşürülebilmektedir (Ashokkumar ve ark., 2008). Seshadri ve ark. (2003), ultrasonik probu ½ inç kullanırken, ultrason ile muamele edildiğinde pektinin reolojik özelliklerinin olumsuz etkilenebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Sonikasyon süresi ve yoğunluğu arttıkça, jel kuvveti azalmış ve jelasyon süresi artmıştır. Öte yandan, UV-görünür absorpsiyon spektrumu ölçümleri, pektin jellerinin optik özelliklerinin, ultrasonik güç uygulamasıyla iyileştirilebileceğini ortaya çıkarmıştır. Ultrasonik olarak önceden muamele edilmiş pektinden oluşan jeller, belirgin biçimde daha az bulanık olmuştur.

Süt, ultrasonik güç ile işlendikten sonra fonksiyonel özelliklerini analiz etmek için daha geniş çapta incelenen gıda ürünlerindedir (Villamiel ve de Jong, 2000; Wu

ve ark., 2001; Vercet ve ark., 2002; Ertugay ve ark., 2004; Muthukumaran ve ark., 2005; Kresic ve ark., 2008; Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Canovas, 2008). Vitamin ve renk değişiklikleri çok önemlidir. Örneğin renk, tüketici duyusal kabulünü etkileyen önemli bir faktördür. Muthukumaran ve ark. (2005), 4 saat boyunca çeşitli peyniraltı suyu çözeltilerini sonike etmiş ve sonra, sonuçtaki çözeltilerin çözünür protein içeriğini, tüm numunelerde aynı konsantrasyon profillerini gösteren yüksek performanslı sıvı kromatografisi kullanarak analize tabi tutmuşlardır. Bu sonuçlar diğer çalışmalarla uyumlu olmuştur. Bununla birlikte Villamiel ve de Jong (2000), peyniraltı suyu çözeltilerinin 60 °C'yi aşan denaturasyonu ile ilgili bazı bulgular elde etmiştir. Muthukumaran ve ark., düşük sıcaklık (20-25 °C) ve güç seviyeleri (2 W/l) kullanıldığında, sonikasyonun peyniraltı suyu çözeltisi içindeki protein konsantrasyon profilini değiştirmedini fark etmişlerdir. Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Canovas (2008), tarafından da benzer gözlemler gerçekleştirilmiş, işlemden sonra protein içeriğinde bozulma ve renk değişimi gözlemlenmemiş ancak fizikokimyasal özellikler ve beslenme özelliklerinde ufak değişiklikler olduğu belirlenmiştir.

Ancak sonuçlar, farklı araştırmacılar arasında çelişmektedir. Vercet ve ark., (2001), süt ve portakal suyunda manotermosonikasyonun besin içeriği ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları üzerine etkileri hakkında çalışmalar yapmışlardır. Tiamin, riboflavin, askorbik asit ve karotenoidlerin, oksidasyona karşı hassas olduğunu görmüşlerdir. Ancak sütteki riboflavin ve tiamin vitaminlerinde herhangi bir etki söz konusu olmamıştır. Portakal suyunda askorbik asit ve karotenoid içeriği ile ilgili olarak bu besin maddelerinin yalnızca küçük kayıpları bulunmakla beraber, ortalama içerik normal değerlerin altında olmuştur. Bu nedenle, vitaminlerin, orta basınç altında, ısı ve ultrasonun birleşik etkisinden etkilenmediği düşünülmektedir. Bununla birlikte ultrasonla esmer pigmentler açıkça artmıştır. Termal koşullar uygulanmış bir çalışma ise esmer pigmentler üzerinde etkisizdir. Bir başka çalışmada, Valero ve ark. (2007), portakal suyundaki mikroorganizma inaktivasyonu üzerinde ultrasonun etkisini farklı işlem koşulları uygulayarak araştırmışlardır. Limonin içeriği enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarındaki kahverengi pigment üretimi ve renk ile ilişkili duyusal özelliklerin, çeşitli ultrason işlemlerinden olumsuz bir şekilde etkilenmediğini ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Tiwari ve ark. (2008), ultrasonik gücün portakal suyu üzerindeki etkisini, maruz kalma süresi ve yoğunluğun bir fonksiyonu olarak detaylandırmışlardır. İşlenmemiş ve işlenmiş meyve suyunun pH değeri arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, ultrasonik gücün, portakal suyunun başlıca

parametrelerinden olan renk kriterini önemli ölçüde etkilediğini keşfetmişlerdir. Bu tutarsızlıkların muhtemel sebepleri, deney koşullarının farklı olmasına bağlanmıştır. İlk olarak Vercet ve ark., ultrasonu ısı ve basınçla birlikte kullanmışlardır. İkincisi, tüm araştırmacılar benzer frekanslar kullanmış olmasına rağmen Tiwari ve ark (2008), 600 W'dan 1500 W'a kadar yoğunluk seviyeleri kullanırken örneğin, Valero ve ark. (2007), çalışmalarının çoğunda 120-300 W arasındaki değerleri tercih etmiş, 600 W değerinin üstüne çıkmamışlar, bununla birlikte, cm^2 başına ölçülen W değerlerini açıklamamışlardır. Ayrıca deneylerde işleme tabi tutulan portakal suyu, pulp içeriği, maruz kalma süresi gibi faktörler farklılık göstermiştir.

Domates salçası ile ilgili olarak, en önemli kalite parametresi renk ile birlikte yüksek viskozite olmaktadır. Bu nedenle, pektik enzimin inaktivasyonu, yüksek viskoziteli domates ürünleri elde etmekte gerekli olmaktadır. Vercet ve ark. (2002), domates salçasının reolojik özelliklerinin sadece negatif etkilenmediğini göstermekle kalmamış, manotermosonikasyonla iyileştirildiğini de ortaya koymuştur. Gerçekten de, bu gelişme kaviteasyon olgusuyla ilişkilendirilmiştir. Manotermosonikasyondan sonra domates salçası daha yüksek viskozite, yüksek kıvam endeksi, domates salçasından serbest bırakılmış daha az serum ve yüksek verim değerleri vermiştir.

Benzer oksidasyon reaksiyonları Chemat ve ark. (2004), tarafından da sunulmuştur. Gıda emülsifikasyonları ve ayçiçeği yağının işlenmesi sırasında metalik ve acımsı bir koku fark edilmiştir. Ayçiçeği yağının sonodegradasyonundan kaynaklanan bazı lezzetsiz bileşikler görülmüştür. Bu uçucu bileşikler, linoleik asit ve sterollerin bozunmasından kaynaklanmıştır. Yağın ultrasonik banyoda muamele edilmesinden sonra, serbest yağ asitleri içeriğinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür.

Ultrasonik gücün etkileri, fiziksel, kimyasal ve mekanik etkiler üreten çok sayıda parametreyle ilişkilidir. Tek tek veya kombinasyon halinde olan bu parametreler, prosesin etkinliğinde ve aynı zamanda gıda ürünlerinde ultrasonik gücün yararlarının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Genel bir sonuç olarak, her bir değişkenin ultrasonik güç etkilerine katkısını öğrenmek ve ölçmek için ultrasonik etkilerin farklı deneysel koşullar altında nasıl ve ne derece değiştiğini daha iyi anlamak amacıyla, daha ileri boyutta araştırmalar yapmak gerekmektedir.

Literatürde bildirilen birçok çalışma, ürün kalitesini veya proses verimliliğini artıran ya da gıda kalitesinde herhangi bir zararlı etkisi gözlenmeyen farklı uygulamalarda ultrasonik gücün olumlu yanlarını gün ışığına çıkarmaktadır. Genellikle değişken parametreler ultrasonik frekans, yoğunluk ve maruz kalma süresi olarak ortaya

çıkılmaktadır. Aynı şekilde ultrasonik güç, başka bir teknikle kombine halinde kullanıldığında, işlem sıcaklığı, kurutma işlemlerinde hava akışı veya mikroorganizma inaktivasyonundaki basınç gibi diğer parametreler de göze çarpmaktadır.

Ayrıca çok az sayıda da olsa, gıda ürünlerinde hiçbir yararlı etki göstermeyen bazı çalışmalar da bulunmaktadır. Bu olumsuz etkilerin çoğunun performansa, örneğin ultrasonik gücün yoğunluğu ve frekansı, maruz kalma süresi, işlemin türü, muamele edilecek gıdanın sıcaklık ve hacmi gibi etkenlere bağlı olabileceğini söylemek gerekir. Ayrıca sonuçları etkileyen anahtar parametrelerden biri gıdanın türü olduğu için, farklı araştırmacılar tarafından yapılan deneyler arasında kıyaslama yapmak zorlaşmaktadır.

Uzun yıllar boyunca ultrasonik güç uygulaması üzerine yoğun çalışmalar yapılmış olsa da, ultrasonik teknolojinin geliştirilmesi üzerine ve ultrasonun gıda özelliklerine etkileri hakkında çok sayıda çalışma yapılması gerekmektedir. Ayrıca ultrasonik güç teknolojisi, her uygulama için özel olarak uygulanmalıdır. Öte yandan, her bir değişkenin ultrasonik güce katkısını öğrenmek için, farklı deneysel koşullarda ultrasonik etkilerin nasıl ve ne kadar değiştiğini daha iyi kavramak ve bu yönde çalışmak gerekmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Yoğurt üretiminde kullanılan süt: Araştırmada rekonstitüe inek sütü kullanılmıştır. Kullanılan süt tozu Enka Süt A.Ş (Konya)'den temin edilmiştir.

3.1.2. Starter kültür: Yoğurt starteri olarak (Yogurt 709[®], dondurularak kurutulmuş formda, Peyma - Chr. Hansen A/S, İstanbul, Türkiye) *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbruckii* subsp. *bulgaricus*'u 1:1 oranında içeren kültür karışımı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Starter hazırlama

90 °C'de 30 dakika ısıtılmış taze inek sütü (pH 6.60, yağ % 3.8, kurumadde % 9.83) 45 °C'ye soğutulmuş % 4 (m/v) oranında kültür inoküle edilmiştir. İnoküle süt 45 °C'de pH 4.6'ya ulaşınca kadar inkübe edilmiş ve daha sonra kullanım öncesine kadar 4 °C'de depolanmıştır.

3.2.2. Yoğurt örneklerinin üretimi

Yoğurt numunelerinin üretimi Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan alet ve ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. % 12 (m/v) toplam kuru madde olacak şekilde süttozu rekonstitüe edilmiştir. Rekonstitüe süt farklı homojenizasyon sıcaklıklarına (55, 60 ve 65 °C) getirildikten sonra ultrasonik dalga genliği (% 0, 10, 30, 50 ve 70) değiştirilerek homojenize edilmiştir. Daha sonra 90 °C'de 10 dakika pastörize edilerek, 45 °C'ye soğutulmuştur. Süt grupları yoğurt kültürüyle (% 3 m/v) inoküle edildikten sonra 100 ml'lik steril vida kapaklı plastik kaplara doldurulmuş ve 45 °C'de pH 4.6-4.7'ye ulaşınca kadar inkübe edilmiştir. İnkübasyon sırasında asidifikasyon kinetiğinin belirlenmesi için pH takibi yapılmıştır. Yoğurtlarda Vm (maksimum asitifikasyon oranı), Tm (maksimum asitifikasyon oranına ulaşılan zaman, dk) ve Te (inkübasyonun

sonlandığı süre, dk) değerleri kaydedilmiştir. Oda sıcaklığında 30 dk ön soğutma sonrasında yoğurt örnekleri 4 °C’de depolanmış olup örneklerin analizleri 0., 7., 14. ve 21. günlerde yapılmıştır.

3.2.3. Yoğurt örneklerinde yapılan analizler

Yoğurt örneklerinde uygulanan analizler; fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyusal analizler alt başlıklarında verilmiştir.

3.2.3.1. Fizikokimyasal Analizler

3.2.3.1.1. pH ölçümü: Yoğurt örnekleri pH ölçümünden önce 1:1 oranında saf suyla homojen bir şekilde karıştırılmış ve değerler pH metre kullanılarak tespit edilmiştir. Cihazın kalibrasyonu için standart buffer çözeltileri (pH 4.01 ve 7.01; Merck) kullanılmıştır.

3.2.3.1.2. Titrasyon asitliği: Titrasyon asitliğinin belirlenmesinde 10 g yoğurt örneği tartılarak 10 ml saf su ile seyreltilmiştir. Titrasyon için 0.1 N NaOH çözeltisi ve indikatör olarak fenolftaleyn kullanılmış ve sonuçlar % laktik asit olarak gösterilmiştir (AOAC, 2002).

3.2.3.1.3. Su tutma kapasitesi: Su tutma kapasitesi (STK) Li ve Guo (2006) tarafından belirtilen metodun modifiye edilmesiyle belirlenmiştir. Yaklaşık 20 g yoğurt örneği (Y) 15 dk 4000 rpm’de 4 °C’de santrifüjlenmiştir. Ayrılan serum (S) uzaklaştırılmış ve tartılmıştır. STK şu şekilde hesaplanmıştır: $STK (\%) = (Y - S) / Y \times 100$

3.2.3.1.4. Su aktivitesi: Su aktivitesi ölçümleri Novasina LabMaster-aw (Novasina AG, Lachen, İsviçre) cihazı ile belirlenmiştir. Kalibrasyon için Salt-T bağıl nem standartları (Novasina AG, Lachen, İsviçre) kullanılmıştır.

3.2.3.1.5. Renk analizleri: Yoğurtların renk değerleri CR400 renk ölçüm cihazı (Minolta) kullanılarak ölçülmüştür. Cihaz kullanım öncesi referans tabla (L= 97.10, a= -4.88, b= 7.04) ile kalibre edilmiştir

3.2.3.2. Tekstürel Analizler: Ölçümler TA.XT2 tekstür profil analiz cihazı ve back extrusion rig (geri ekstrüzyon ünitesi) kullanılarak yapılmıştır. Tekstür profil analizi için Najgebauer-Lejko (2014)'nin yöntemi üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Bu analiz ile yoğurt numunelerinin sertlik (firmness), kıvam (consistency), yapışkanlık (cohesiveness) ve viskozite indeksi (viscosity index) değerleri ölçülmüştür. Bu amaçla 5 kg'lık yük hücresi ve 35 mm çapında silindirik prob kullanılmıştır. Prob üzerine uygulanan kuvvet otomatik olarak kaydedilmiştir. Analiz değerleri yapışkanlık (g), viskozite indeksi (g.sec), sertlik (g) ve kıvam (g.sec) olarak kaydedilmiştir. Kuvvet-zaman grafikleri Stable Micro Systems (Godalming, İngiltere) yazılımı ile çizilmiştir.

3.2.3.3. Mikrobiyolojik Analizler: Yoğurt örnekleri (10 g) steril stomacher torbalarına aseptik şartlar altında tartılarak üzerine 90 ml % 0.1 peptonlu su (Merck) eklenip 90 sn stomacher ile homojenize edilmiştir. Sonrasında uygun oranda dilüsyonlar hazırlanmıştır. Mikroorganizma sayımı için standart dökme plak yöntemi uygulanmıştır. İnkübasyon sonrasında petrilere oluşan 3-300 arası koloniler sayılıp sonuçlar koloni oluşturan birimin logaritması (log kob/g) olarak verilmiştir (IDF, 1992).

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı PCA besiyerinde (Merck) 30-32 °C'de 48 s inkübasyon sonrasında gerçekleştirilmiştir. Maya-küf sayımı % 10'luk tartarik asitle (Merck) pH'ı 3.5'e ayarlanmış PDA'da (Merck) 25 °C'de 96-120 s inkübasyon sonunda yapılmıştır. *Lactobacillus* sayımı için MRS agar (Merck, pH 5.4) kullanılmıştır. Petriler anaerobik olarak 42 °C'de 72 s inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında oluşan düzensiz beyaz renkteki koloniler sayılarak *Lactobacillus* sayısı log kob/g olarak belirlenmiştir. *Streptococcus* sayımında M17 agar (Merck, pH 7.1) kullanılmış ve inoküle edilen petriler 37 °C'de 48 s aerobik şartlar altında inkübe edilmiştir.

3.2.3.4. Duyusal Analizler: Yoğurtlar 1-10 arası puanlandırmayla görünüş, kıvam, koku ve tat kriterleri açısından değerlendirilmiştir (Anonim, 1999).

3.2.3.5. İstatistiksel Değerlendirme: Yoğurt örneklerine ilişkin analiz sonuçları tesadüf parselleri deneme deseni kullanılmış ve değişkenlere bağlı olarak varyans analizi yapılmıştır. Farklı grupların saptanması amacıyla da Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Yoğurtların İnkübasyon Asitlik Gelişimi

Yoğurt örneklerinin fermantasyon sürecindeki Vm, Tm ve Te değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Numuneler sıcaklık, US ve süre yönünden hem ayrı ayrı hem de interaksiyonlar şeklinde değerlendirilmiştir. Yoğurt örnekleri Vm değerleri açısından incelendiğinde, hem tek tek hem de birlikte uygulanan bütün kriterler önemli oranda fark oluşturmuştur.

Tm bazında değerlendirme yapıldığında, Vm kriterinde olduğu gibi bütün parametrelerin önemli ölçüde fark oluşturduğu gözlenmiştir.

Te değerlendirmesinde ise; sadece süre kriterinin istatistiki yönden bir etkisi olmaması ancak diğer ölçütler önemli farklar yaratmıştır.

Yoğurt örneklerinin fermantasyon sürecindeki Vm, Tm ve Te değerlerine ait Tukey testi sonuçları Çizelge 6.2’de verilmiştir. Buna göre; 55 °C’de homojenize edilmiş yoğurtların Vm değerleri en yüksek düzeyde ölçülmüştür. Farklı dalga genliklerinde uygulanan ultrasonikasyon işleminde ise; en yüksek Vm değerini % 70’lik uygulama göstermiştir. İşlem süresinde ise; 1 dakikalık uygulama, 5 dakikalık uygulamaya göre daha yüksek değerde tespit edilmiştir.

Yoğurtların Tm değerlerine bakılacak olursa, en yüksek değeri 55 °C’lik uygulama gören yoğurtlar göstermiştir. Ultrasonik uygulamada ise; en yüksek değer % 30’luk dalga genliğine maruz kalan yoğurtlar göstermiştir. İşlem süresi ise yine Vm değerinde olduğu gibi, 1 dakikalık uygulama gören yoğurtlarda gözlenmiştir.

Çizelge 6.1. Yoğurt örneklerinin fermantasyon sürecindeki Vm, Tm ve Te değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Vm [†]		Tm		Te	
		KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (A)	2	10.22	496.41 *	2201.65	101.52 *	12451.40	630.45*
Us (B)	3	6.41	311.52 *	901.47	41.57 *	375.25	19.00*
Süre (C)	1	12.28	596.68 *	150.52	6.94 *	36.75	1.86 ^{ns}
A x B	6	8.95	434.73 *	844.17	38.92 *	4853.65	245.75*
A x C	2	12.67	615.38 *	953.90	43.98 *	1128.94	57.16*
B x C	3	8.33	404.72 *	156.41	7.21 *	1799.92	91.14*
A x B x C	6	6.06	294.65 *	955.37	44.05 *	3493.85	176.90*
Hata	24	0.02		21.69		19.75	

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

Çizelge 6.2.Yoğurt örneklerinin fermantasyon sürecindeki Vm, Tm ve Te değerlerine ait Tukey testi sonuçları*

Faktör	N	Vm	Tm	Te
Sıcaklık				
55	16	15.40 ^a	210.06 ^a	308.06 ^a
60	16	14.29 ^b	199.25 ^b	257.63 ^c
65	16	13.84 ^c	186.63 ^c	262.19 ^b
US				
10	12	13.78 ^c	189.17 ^c	280.42 ^a
30	12	14.30 ^b	209.75 ^a	273.58 ^b
50	12	14.44 ^b	200.17 ^b	269.17 ^b
70	12	15.52 ^a	195.50 ^b	280.67 ^a
Süre				
1	24	15.02 ^a	200.42 ^a	276.83 ^{ns}
5	24	14.00 ^b	196.88 ^b	275.83

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

Numunelerin Te değerlerinde sıcaklık uygulaması yine diğerlerinde olduğu gibi 55 °C'de en yüksek değerine ulaşmıştır. Ultrasonikasyon işleminde ise % 10 ve % 70 dalga genliğiyle muamele edilen yoğurtlarda en yüksek seviyenin ölçüldüğü görülmüştür. Uygulanan işlem süresi ise Te değerlerinde istatistiki açıdan herhangi bir farklılığa yol açmamıştır.

Farklı dalga boyu uygulanarak üretilen yoğurtların fermentasyon sürecindeki Vm, Tm, Te değerleri değişimi Çizelge 6.3'de gösterilmiştir.

Yoğurtların üretiminde uygulanan dalga boyu ve sıcaklık farklılıkları Vm değerlerinde değişikliklere sebep olmuştur. Numunelerin Vm değerleri (11.40)-(18.68) aralığında seyretmiştir. 55 °C'de % 50 dalga genliğinin 1 dakika uygulandığı yoğurtlarda Vm en yüksek değerini alırken, en düşük Vm değeri 60 °C de % 10 dalga genlikli ultrasonikasyonun 5 dakika uygulanmasıyla elde edilmiştir.

Uygulanan dalga boyu ve sıcaklıklar Tm değerlerinde de büyük farklılıklar görülmesine sebep olmuştur. Örneklerin Tm değerleri (163.5)-(239.0) seviyeleri arasında değişmiştir. En yüksek Tm değeri, 60 °C'de % 30 dalga genliğinin 1 dakika süreyle uygulanmasıyla ortaya çıkarken, en düşük Tm değeri ise, 65 °C'de % 10 dalga genliğinin 5 dakika uygulanmasıyla elde edilmiştir.

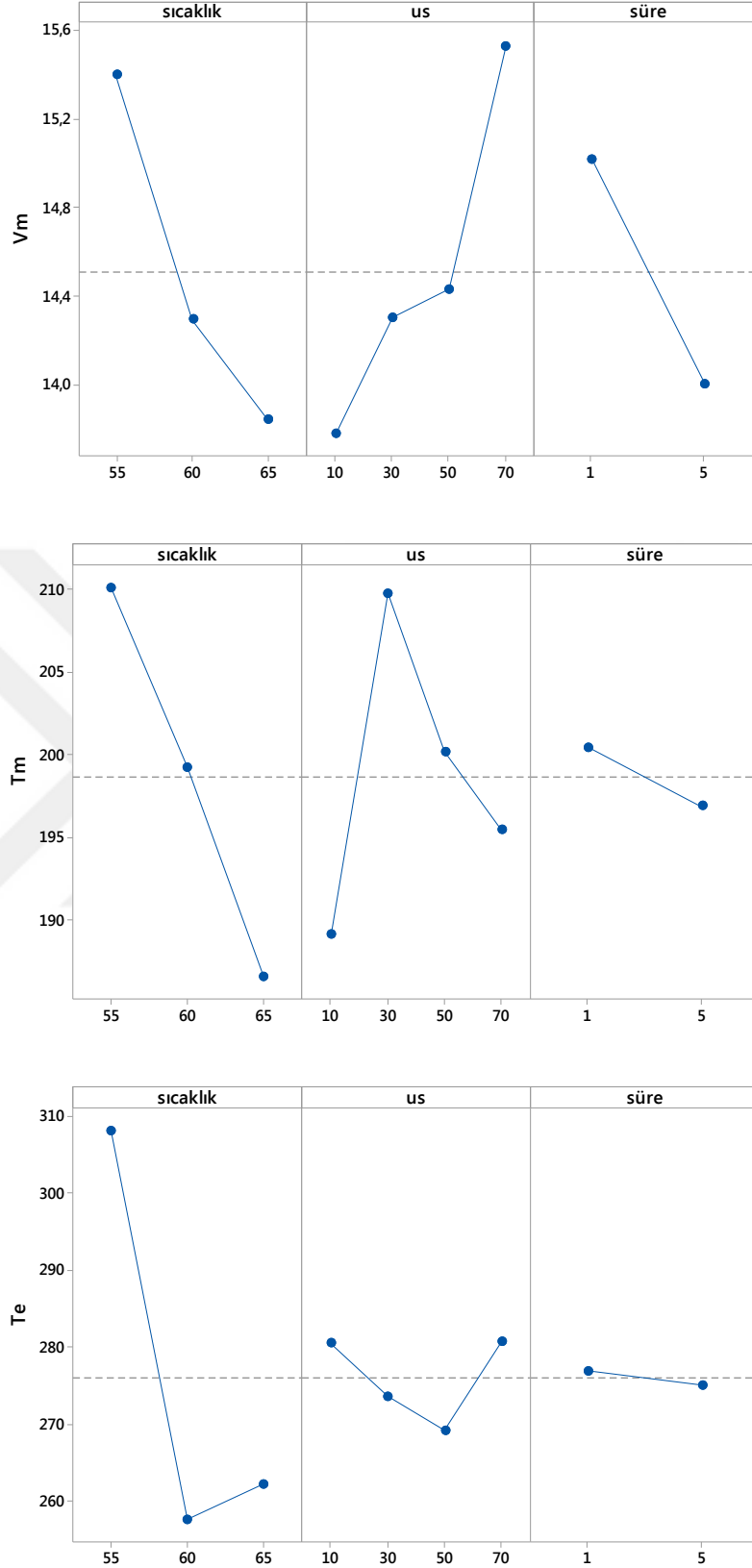
Çizelge 6.3. Yoğurt örneklerinin fermantasyon sürecindeki Vm, Tm ve Te değerleri

Sıcaklık (°C)	Us	Süre (dk)	Vm	Tm	Te
55	10	1	14.61±0.07	221.5±4.95	336.5±9.19
		5	11.95±0.08	179.0±1.41	288.5±4.95
	30	1	16.07±0.10	237.5±3.54	291.0±2.82
		5	17.37±0.04	209.0±1.41	269.0±1.41
	50	1	18.68±0.03	215.0±7.07	292.5±4.95
		5	12.56±0.15	218.5±9.19	296.0±5.65
70	1	18.10±0.14	208.0±2.82	340.5±3.53	
	5	13.82±0.25	192.0±4.24	350.5±2.12	
60	10	1	14.09±0.13	193.5±2.12	290.5±0.70
		5	11.40±0.08	206.0±5.65	302.5±3.53
	30	1	14.11±0.16	239.0±1.41	326.5±4.95
		5	14.03±0.04	207.5±3.53	226.5±2.12
	50	1	13.96±0.06	192.0±4.24	208.0±2.82
		5	15.43±0.13	179.0±1.41	241.5±6.36
70	1	13.89±0.16	169.5±0.71	222.5±3.53	
	5	17.45±0.16	207.5±3.54	243.0±4.24	
65	10	1	16.56±0.15	171.5±4.95	221.5±4.95
		5	14.10±0.14	163.5±2.12	243.0±4.24
	30	1	11.60±0.37	161.5±4.95	234.0±5.65
		5	12.65±0.02	204.0±8.48	294.5±3.53
	50	1	14.03±0.04	188.5±2.12	256.5±2.12
		5	11.93±0.10	208.0±2.82	320.5±7.77
70	1	14.49±0.24	207.5±3.54	302.0±2.82	
	5	15.38±0.06	188.5±9.19	225.5±0.70	

Farklı dalga boyları ve sıcaklık uygulaması yoğurtların Te değerlerinde de istatistiki açıdan farklılıklara yol açmıştır. Uygulanan işlemler sonucunda yoğurtlar (208.0)-(350.5) aralığında Te değerleri göstermiştir. 55 °C de 5 dakika % 70 dalga genliğiyle ultrasonikasyona tabi tutulan yoğurtların Te değeri en yüksek seviyede iken, 60 °C de 1 dakika % 50 dalga genlikli ultrasonikasyon işlemiyle elde edilen yoğurtlarda Te, en düşük değerini almıştır.

Yapılan çalışmada yoğurt numunelerinin, fermantasyon sürecindeki asitifikasyon süreci değerlerindeki değişime sıcaklık, us ve sürenin etkisi Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Vm değerine sıcaklık ters orantılı olarak etki etmiş, en yüksek Vm değeri 55 °C’de görülürken, en düşük Vm değeri 65 °C’de kaydedilmiştir. Ultrasonikasyon uygulamasında en hızlı artış % 50-70’lik aralıkta görülmüştür. Sürenin Vm değerine etkisi ise 1. dakikada en yüksek değerindeyken, 5 dakikada en düşük değerindedir.

Tm değeri 55 °C’de en yüksek seviyeye ulaşmışken, 65 °C’de en düşük seviyesindedir. Ultrasonikasyon uygulamasında ise % 10-30 dalga genliğinde en hızlı yükseliş görülmüşken, daha sonra değerler düşüşe geçmiştir. Sürenin Tm değerine etkisi ise 1 dakikalık işlemde en yüksek, 5 dakikalık işlemde en düşük değerindedir.



Şekil 6.1. Yoğurt örneklerinin fermentasyon sürecindeki V_m , T_m ve T_e değerlerindeki değişime sıcaklık, us ve sürenin etkisi

Numunelerin Te değerlerinde 55 °C’de en yüksek değer gözlenmiştir. 60 °C’de ise keskin bir azalmayla en düşük değere ulaşılmıştır. Uygulanan dalga genliği %10 ve %70 iken Te en yüksek değerinde, % 50 iken en düşük değerindedir. İşlemin uygulanma süresinin ise Te değerine istatistiki açıdan herhangi bir etkisi olmamıştır.

4.2. Yoğurtların Fizikokimyasal Özellikleri

Sıcaklık, ultrasonikasyon, süre ve depolamanın yoğurt örnekleri üzerindeki etkisi Çizelge 6.4’de verilmiştir. pH üzerinde, yoğurtlara uygulanan işlem süresinin istatistiki açıdan herhangi bir etkisi olmamasına rağmen, diğer faktörlerin önemli ölçüde etkisi olmuştur. Ayrıca sıcaklık-US, sıcaklık-süre, US-süre, sıcaklık-US-süre, Us-süre-depolama interaksiyonları numunelerin pH değerlerine büyük ölçüde etki ederken, diğer interaksiyonların istatistiki açıdan herhangi bir etkisi görülmemiştir.

Yoğurtlara uygulanan titrasyon asitliği değerlendirmesinde, işlem süresinin herhangi bir etkisi yokken, diğer kriterlerin büyük ölçüde farklılık yarattığı gözlenmiştir. Sıcaklık-süre, US-depolama, süre-depolama, sıcaklık-US-depolama, sıcaklık-US-süre-depolama interaksiyonları, yoğurtların titrasyon asitliği üzerinde olumlu ya da olumsuz bir farklılık yaratmazken, diğer kriterler önemli değişimler meydana getirmiştir.

Numunelerin su tutma kapasitesine de diğer değerlerde olduğu gibi, süre bir etkide bulunmamıştır. Bununla birlikte, sıcaklık-depolama, US-depolama, sıcaklık-US-depolama uygulamaları su tutma kapasitesine büyük etkiler yaparken, diğer kriterler, herhangi bir değişim ve farklılık yaratmamıştır.

Yapılan çalışmada yoğurt örneklerinin su aktivitesi, sıcaklık ve US uygulamalarından hiçbir şekilde etkilenmemiştir. Ancak uygulanan işlemin süresi ve depolama, su aktivitesini önemli ölçüde etkileyerek farklılığa sebep olmuştur. Ayrıca, US-depolama interaksiyonu su aktivitesi değerlendirmesinde büyük değişiklik yaratırken, diğer interaksiyonların hiçbiri, istatistiki açıdan olumlu ya da olumsuz bir farklılık yaratmamıştır.

Çizelge 6.4. Yoğurt örneklerinin pH, % LA, STK ve aw değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	pH		%LA		STK		Aw	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (A)	2	0.11	84.31*	0.043	73.85*	132.72	14.80*	0.000003	1.55 ^{ns}
Us (B)	3	0.03	27.63*	0.004	7.30*	40.48	4.51*	0.000000	0.16 ^{ns}
Süre (C)	1	0.00	0.44 ^{ns}	0.000	0.40 ^{ns}	23.03	2.57 ^{ns}	0.000022	9.89*
Depolama (D)	1	1.13	902.78*	2.958	5061.01*	808.60	90.16*	0.000096	43.07*
A x B	6	0.01	11.58*	0.004	6.12*	15.70	1.75 ^{ns}	0.000002	0.85 ^{ns}
A x C	2	0.02	14.57*	0.001	1.16 ^{ns}	5.51	0.61 ^{ns}	0.000001	0.43 ^{ns}
A x D	2	0.00	1.66 ^{ns}	0.009	15.97*	70.39	7.85*	0.000004	1.64 ^{ns}
B x C	3	0.01	6.06*	0.005	9.36	5.65	0.63 ^{ns}	0.000005	2.35 ^{ns}
B x D	3	0.00	0.88 ^{ns}	0.000	0.47 ^{ns}	44.78	4.99*	0.000007	3.03*
C x D	1	0.00	0.04 ^{ns}	0.000	0.14 ^{ns}	0.08	0.01 ^{ns}	0.000007	3.16 ^{ns}
A x B x C	6	0.01	8.45*	0.003	4.96*	13.01	1.45 ^{ns}	0.000002	0.70 ^{ns}
A x B x D	6	0.00	2.30 ^{ns}	0.001	1.53 ^{ns}	30.38	3.39*	0.000003	1.34 ^{ns}
A x C x D	2	0.00	0.60 ^{ns}	0.003	5.07*	10.09	1.13 ^{ns}	0.000001	0.65 ^{ns}
B x C x D	3	0.01	4.02*	0.004	6.07*	9.54	1.06 ^{ns}	0.000004	1.75 ^{ns}
A x B x C x D	6	0.00	1.02 ^{ns}	0.001	2.18 ^{ns}	6.45	0.72 ^{ns}	0.000004	1.75 ^{ns}
Hata	48	0.00		0.001		8.97		0.000002	

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

Yoğurt örneklerinin tekstür profil analizine ait Tukey testi sonuçları Çizelge 6.5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; pH, en yüksek değerini 55 °C'de işlem gören yoğurtlarda göstermiştir. Buna karşılık; % 10 ve 30 dalga genliğinde işlem gören örneklerin pH değeri diğer örneklerden yüksek olarak bulunmuştur. Uygulanan işlem süresinin yoğurt pH'larına istatistiki açıdan bir etkisi olmamıştır. Depolama süresi ise 1. günde, 21 güne göre daha yüksek pH değerine sebep olmuştur.

Yoğurt numuneleri titrasyon asitliği açısından incelendiğinde; en yüksek oran 65 °C'de işlem gören yoğurtlarda görülmüştür. Diğer sıcaklık derecelerinde istatistiki açıdan herhangi bir farklılık oluşmamıştır. Uygulanan ultrasonikasyon değerleriyle inceleme yapıldığında ise; en yüksek titrasyon asitliği % 10 ve 30 dalga genliğinde işlem gören yoğurt örneklerindedir. İşlem uygulama süresi titrasyon asitliğinde önemli bir fark yaratmamışken; 21 gün depolanan yoğurtlarda asitlik değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Çalışılan numunelerin su tutma kapasitesi üzerine sıcaklığın etkisi 55 ve 60 °C'lerde daha yüksektir. Uygulanan dalga genliğinde ise en düşük değer % 30'luk işlemde görülmüşken, diğer dalga genliklerinde daha yüksek değerler bulunmuştur. İşlem süresi, pH ve titrasyon asitliğinde olduğu gibi su tutma kapasitesinde de önemsiz bulunmuştur. Depolama süresi ise; 21 gün sonunda en yüksek su tutma kapasitesi değerleri tespit edilmiştir.

Çizelge 6.5. Yoğurt örneklerinin pH, % LA, STK ve aw değerlerine ait Tukey testi sonuçları*

Faktör	N	pH	%LA	STK	Aw
Sıcaklık					
55	32	4.07 ^a	0.90 ^b	58.62 ^a	0.982 ^{ns}
60	32	4.03 ^b	0.90 ^b	57.15 ^a	0.983
65	32	3.95 ^c	0.96 ^a	54.60 ^b	0.983
US					
10	24	4.06 ^a	0.91 ^{bc}	56.37 ^{ab}	0.983 ^{ns}
30	24	4.04 ^a	0.90 ^c	55.14 ^b	0.983
50	24	3.99 ^b	0.93 ^{ab}	57.78 ^a	0.983
70	24	3.98 ^b	0.93 ^a	57.88 ^a	0.983
Süre					
1	48	4.01 ^{ns}	0.92 ^{ns}	57.28 ^{ns}	0.983 ^a
5	48	4.02	0.92	56.30	0.982 ^b
Depolama					
1	48	4.13 ^a	0.74 ^b	53.89 ^b	0.984 ^a
21	48	3.91 ^b	1.10 ^a	59.69 ^a	0.982 ^b

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

Yoğurt örneklerinin pH, % LA, STK ve aw değerlerinin depolama sürecindeki değişimi Çizelge 6.6'da gösterilmiştir. Yoğurt örneklerinde pH değeri (3.81)-(4.31) arasında değişmektedir. En yüksek pH değeri 55 °C'de % 30 dalga genliği ile 5 dakika işlem gören yoğurtlarda 1 günlük depolama süresi sonunda gözlenirken, en düşük pH değeri 65 °C'de % 50 dalga genliği ile 5 dakika işleme tabi tutulan yoğurtlarda 21 günlük depolama sonunda görülmüştür.

Numunelerin titrasyon asitliği ise; (0.71)-(1.23) değerleri arasında görülmüştür. Titrasyon asitliği en yüksek değerine 65 °C'de homojenize edilen yoğurtlarda 1 dakikalık % 70 dalga genliği uygulanarak işlem gören örneklerin 21 günlük depolaması sonucunda ulaşmıştır. En düşük değerini ise, 3 farklı uygulamada göstermiştir. Bunlar; 55 °C'de % 30 dalga genliği ile 5 dakika işlem gören yoğurtlarda 1 gün depolama, 60 °C'de % 30 ve % 70'lik dalga genliği ile 1 dakika işlem gören örneklerin 1 gün depolama uygulamalarıdır.

Su tutma kapasitesi değerleri incelenecek olursa; (44.98)-(67.13) değerleri arasında değişen seviyelerde olduğu görülmüştür. Su tutma kapasitesi en yüksek seviyesini 55 °C'de % 70 dalga genliği ile 1 dakika işlem görüp, 21 gün depolanan yoğurtlarda göstermiştir. En düşük değer ise, 65 °C'de % 30 dalga genliği ile 5 dakika işlem görerek 1 gün depolanan yoğurtlarda belirlenmiştir.

Yoğurt örneklerinin su aktivitesi değerleri (0.979)-(0.986) arasında değişim göstermiştir. Örnekler en yüksek değerini 3 farklı uygulamada göstermiştir. Bunlar, 55

°C'de % 10 dalga genliği ile 1 dakika işlem görüp 1 gün depolanan, 60 °C'de % 30 dalga genliği ile 1 dakika işlem görüp 1 gün depolanan ve 65 °C'de % 30 dalga genliği ile 1 dakika işlem görüp 1 gün depolanan yoğurt numuneleridir. Aynı Şekilde en düşük su aktivitesi değeri de 3 farklı örneklerde görülmüştür. Bunlar; 55 °C'de % 10 dalga genliği ile 5 dakika işlem görerek 21 gün depolanan, 55 °C'de % 30 dalga genliği ile 5 dakika işlem görerek 21 gün depolanan ve yine 55 °C'de % 70 dalga genliği ile 1 dakika işlem görerek 21 gün depolanan numunelerdir. Bu değerlendirmelerden yola çıkararak; yoğurtlar genel olarak, en yüksek su aktivitesi değerini 1 gün depolanan numunelerde gösterirken, depolama süresi arttıķa su aktivitesi değerini düşerek 21 gün depolamada en düşük seviyesine inmiştir.

Yoğurt örneklerinde pH, titrasyon asitliği, su tutma kapasitesi ve su aktivitesi değerleri Şekil 6.2'de gösterilmiştir. pH zerine 55-60 °C arasında keskin bir düşüş olmamişken, 60-65 °C arasında daha net bir düşüş olmuştur. Ultrasonikasyon değerleri içinde pH'ya en net etki % 30-50 dalga genliği aralığında görülmüştür. Uygulanan işlemin süresinin pH üzerinde istatistiki açıdan herhangi bir etkisi olmamiştir. Depolama zamanının ise 1 günden 21 güne uzaması pH'da önemli bir düşüş göstermiştir.

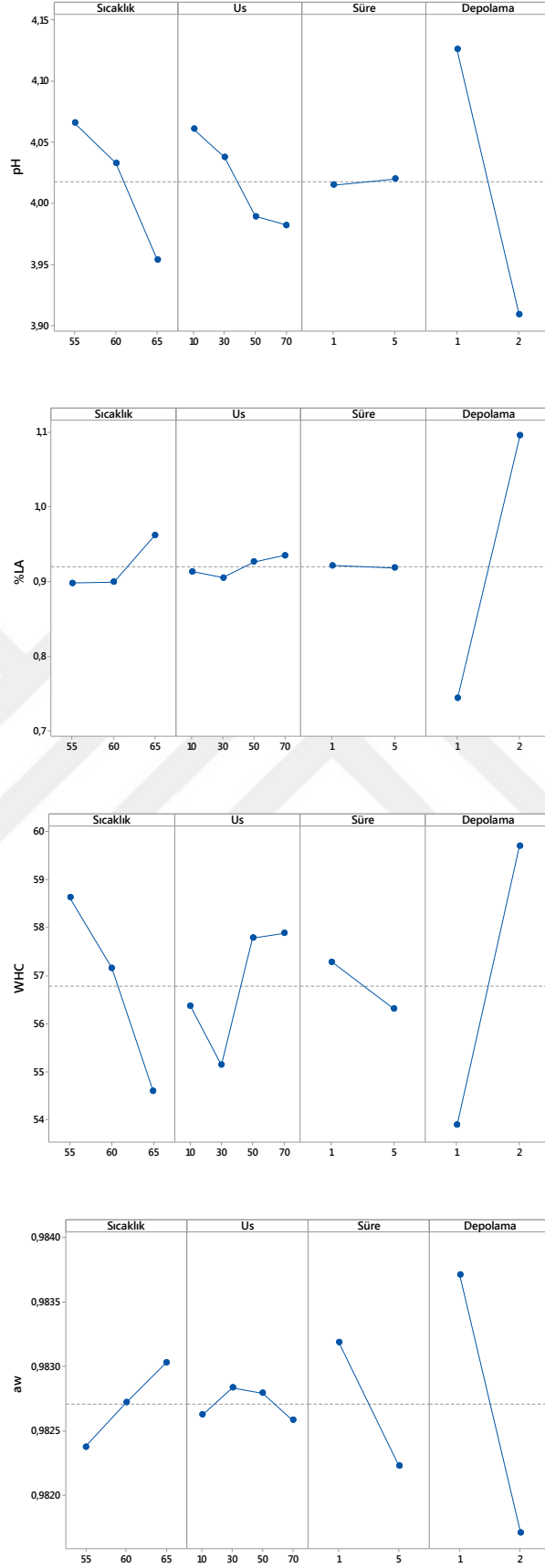
Titrasyon asitliği 55-60 °C'lerde belirgin bir farka uğramazken, 65 °C'ye çıkıldığında önemli lde yükselmiştir. Ultrasonikasyon uygulaması ile önce hafif bir düşüşe uğramış ancak daha sonra yükselme göstermiştir. Işlemin uygulanma süresinin titrasyon değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmamiştir. Depolama süresinin artması ise; titrasyon asitliğinde önemli derecede yükselmeye sebep olmuştur.

Su tutma kapasitesine sıcaklığın belirgin bir etkisi olmuştur. Sıcaklık arttıķa su tutma kapasitesinde ters orantılı olarak bir düşüş görülmüştür. Uygulanan dalga genliğinde ise net bir istikrar gözlemlenmemiştir. Işlem süresi arttıķa su tutma kapasitesi azalırken, depolama süresinin artması su tutma kapasitesini belirgin lde azaltmıştır.

Su aktivitesi değerleri; sıcaklık arttıķa doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Ultrasonikasyon işleminde bu Şekilde bir istikrar görülmezken, işlem ve depolama süresinin artması su aktivitesini azaltmıştır.

Çizelge 6.6.Yoğurt örneklerinin pH, % LA, STK ve aw değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

Sıcaklık (°C)	Us	Süre (dk)	Gün	pH	%LA	STK	Aw	
55	10	1	1	4.11±0.01	0.73±0.00	50.23±1.69	0.986±0.000	
			21	3.91±0.02	1.06±0.02	62.21±2.02	0.980±0.001	
	30	5	1	4.21±0.01	0.72±0.00	56.37±0.52	0.983±0.001	
			21	4.04±0.11	1.04±0.03	61.54±0.00	0.979±0.001	
	50	1	1	4.17±0.02	0.73±0.01	50.98±0.68	0.984±0.002	
			21	3.96±0.04	1.02±0.05	60.09±2.37	0.982±0.000	
	70	5	1	4.31±0.04	0.71±0.01	50.99±0.01	0.984±0.000	
			21	4.00±0.07	1.02±0.01	61.08±2.36	0.979±0.001	
	60	10	1	1	4.21±0.04	0.73±0.01	55.47±3.58	0.984±0.001
				21	3.96±0.01	1.04±0.03	65.85±1.62	0.982±0.000
		30	5	1	4.22±0.07	0.75±0.01	55.50±0.38	0.982±0.001
				21	3.98±0.01	1.10±0.03	61.09±0.43	0.984±0.001
50		1	1	4.09±0.03	0.77±0.01	57.12±5.18	0.984±0.000	
			21	3.89±0.00	1.07±0.03	67.13±2.04	0.979±0.001	
70		5	1	4.12±0.02	0.74±0.00	56.17±1.17	0.982±0.001	
			21	3.90±0.01	1.13±0.01	66.16±1.16	0.982±0.001	
65		10	1	1	4.21±0.01	0.73±0.02	54.62±3.76	0.984±0.000
				21	3.95±0.01	1.09±0.05	61.46±2.34	0.982±0.001
		30	5	1	4.21±0.01	0.74±0.00	52.24±1.07	0.983±0.001
				21	4.05±0.01	1.04±0.01	60.01±2.16	0.980±0.001
	50	1	1	4.25±0.06	0.71±0.02	52.64±3.06	0.986±0.001	
			21	3.97±0.03	1.04±0.04	58.61±1.68	0.981±0.004	
	70	5	1	4.12±0.01	0.76±0.01	53.00±2.18	0.984±0.000	
			21	3.88±0.00	1.12±0.04	57.35±1.05	0.982±0.000	
	70	10	1	1	4.14±0.02	0.73±0.02	58.83±0.24	0.984±0.001
				21	3.90±0.03	1.14±0.03	61.00±2.83	0.983±0.001
		30	5	1	4.05±0.02	0.73±0.01	53.20±1.02	0.983±0.001
				21	3.84±0.01	1.04±0.02	58.25±1.37	0.980±0.000
50		1	1	4.05±0.01	0.71±0.02	55.94±2.10	0.983±0.001	
			21	3.88±0.05	1.06±0.04	60.19±0.84	0.982±0.001	
70		5	1	4.14±0.04	0.72±0.00	56.09±0.91	0.982±0.004	
			21	3.88±0.01	1.03±0.01	61.00±0.31	0.983±0.001	
75		10	1	1	4.20±0.05	0.77±0.01	49.76±0.34	0.985±0.001
				21	3.92±0.05	1.19±0.01	60.07±3.94	0.984±0.001
		30	5	1	4.06±0.02	0.74±0.03	50.25±2.42	0.983±0.001
				21	3.86±0.04	1.11±0.04	57.62±0.10	0.981±0.001
	50	1	1	4.05±0.04	0.73±0.02	53.96±0.70	0.986±0.001	
			21	3.87±0.04	1.07±0.03	59.72±5.89	0.983±0.001	
	70	5	1	4.04±0.01	0.75±0.01	44.98±5.26	0.984±0.002	
			21	3.84±0.05	1.19±0.05	58.31±0.81	0.981±0.004	
	80	10	1	1	4.00±0.01	0.77±0.01	55.56±0.00	0.984±0.001
				21	3.84±0.06	1.17±0.03	55.72±0.39	0.982±0.000
		30	5	1	3.93±0.00	0.80±0.01	57.71±1.00	0.982±0.002
				21	3.81±0.05	1.12±0.04	55.20±0.81	0.984±0.001
50		1	1	4.01±0.00	0.80±0.03	57.09±0.86	0.985±0.000	
			21	3.84±0.04	1.23±0.02	50.50±2.07	0.982±0.002	
70		5	1	4.13±0.00	0.78±0.00	54.64±0.51	0.983±0.001	
			21	3.86±0.03	1.18±0.03	52.49±2.14	0.982±0.001	



Şekil 6.2. Yoğurt örneklerinin pH, % LA, STK ve aw değerlerine sıcaklık, us, süre ve depolamanın etkisi

4.3. Yoğurtların Renk Değerleri

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 6.7’de verilmiştir. Uygulanan sıcaklık, US, süre ve depolama kriterleri ve bunların interaksiyonlarının, numuneler üzerinde farklı etkileri olmuştur. Uygulanan işlemlerden sadece işlem süresi, L değerine büyük ölçüde etki ederken, diğer uygulamaların istatistiki açıdan herhangi bir etkisi görülmemiştir. a değeri; depolama, sıcaklık-süre ve sıcaklık-US-süre uygulamalarından önemli oranda etkilenirken, diğer işlemlerin olumlu ya da olumsuz hiçbir etkisi olmamıştır. b değeri ise sadece; sıcaklık-süre, sıcaklık-depolama ve US-süre interaksiyonlarından etkilenirken, diğer hiçbir uygulama, b değeri üzerinde bir farklılık yaratmamıştır.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait Tukey testi sonuçları Çizelge 6.8’de belirtilmiştir. Buna göre; L değerine sıcaklık, US ve depolama uygulamalarının hiçbir istatistiki etkisi olmamıştır. Ancak uygulanan işlemin süresi 5 dakika iken, L değeri en yüksek; 1 dakika iken en düşük değerini almıştır.

a değeri değişiminde ise etkisi olan faktör depolamadır. Depolama süresi 1 gün iken a en yüksek değerini almıştır. Ancak 21 gün depolanan yoğurt örneklerinde a değeri en düşük seviyesine inmiştir. Bununla beraber, sıcaklık, US ve işlem süresinin a değeri üzerine olumlu ya da olumsuz herhangi bir etkisi olmamıştır. b değeri ise; yoğurtlara uygulanan işlemleri hiçbirinden etkilenmemiştir. Sıcaklık, US, süre ve depolama faktörlerinin hiçbiri b değerinde istatistiki yönden bir etki meydana getirmemiştir.

Çizelge 6.7. Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	L			a			b		
		KO	F	KO	F	KO	F			
Sıcaklık (A)	2	0.53	1.75 ^{ns}	0.004	0.34 ^{ns}	0.07	0.50 ^{ns}			
Us (B)	3	0.51	1.68 ^{ns}	0.029	2.28 ^{ns}	0.13	0.97 ^{ns}			
Süre (C)	1	2.26	7.50*	0.008	0.59 ^{ns}	0.06	0.46 ^{ns}			
Depolama (D)	1	0.02	0.05 ^{ns}	0.281	21.87*	0.48	3.48 ^{ns}			
A x B	6	0.46	1.53 ^{ns}	0.026	2.04 ^{ns}	0.18	1.33 ^{ns}			
A x C	2	0.34	1.14 ^{ns}	0.044	3.40*	0.50	3.58*			
A x D	2	0.95	3.16 ^{ns}	0.005	0.37 ^{ns}	0.46	3.32*			
B x C	3	0.52	1.71 ^{ns}	0.009	0.67 ^{ns}	0.48	3.47*			
B x D	3	0.18	0.59 ^{ns}	0.013	1.01 ^{ns}	0.04	0.26 ^{ns}			
C x D	1	0.01	0.03 ^{ns}	0.000	0.00 ^{ns}	0.01	0.04 ^{ns}			
A x B x C	6	0.20	0.68 ^{ns}	0.039	3.02*	0.17	1.25 ^{ns}			
A x B x D	6	0.08	0.26 ^{ns}	0.008	0.63 ^{ns}	0.10	0.75 ^{ns}			
A x C x D	2	0.03	0.10 ^{ns}	0.008	0.65 ^{ns}	0.04	0.26 ^{ns}			
B x C x D	3	0.29	0.98 ^{ns}	0.021	1.66 ^{ns}	0.09	0.65 ^{ns}			
A x B x C x D	6	0.17	0.57 ^{ns}	0.009	0.69 ^{ns}	0.16	1.15 ^{ns}			
Hata	48	0.30		0.013		0.14				

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

Çizelge 6.8.Yoğurt örneklerinin renk değerlerine ait Tukey testi sonuçları*

Faktör	N	L	a	b
Sıcaklık				
55	32	88.84 ^{ns}	-2.99 ^{ns}	8.44 ^{ns}
60	32	88.69	-3.01	8.50
65	32	88.95	-3.00	8.53
US				
10	24	88.61 ^{ns}	-3.03 ^{ns}	8.55 ^{ns}
30	24	88.88	-3.03	8.43
50	24	88.87	-2.99	8.42
70	24	88.93	-2.95	8.55
Süre				
1	48	88.67 ^b	-3.01 ^{ns}	8.51 ^{ns}
5	48	88.98 ^a	-2.99	8.46
Depolama				
1	48	88.84 ^{ns}	-2.94 ^a	8.42 ^{ns}
21	48	88.81	-3.05 ^b	8.56

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

Yoğurt örneklerinin sıcaklık, US ve süre ile renk değerleri değişimi Çizelge 6.9'da verilmiştir. Yoğurt örneklerinde renk ölçüm kriterlerinden L değerinin (87.48)-(89.43) arasında değiştiği belirlenmiştir. Yoğurt örnekleri arasında en yüksek L değeri 60 °C sıcaklıkta 1 dk % 70 dalga genliği ile ultrasonikasyon uygulandığında görülmüştür. En düşük puan ise 65 °C de % 10 dalga genliği ile 1 dakika işlem gören yoğurtlarda bulunmuştur.

Renk ölçümünün diğer bir kriteri olan a değeri ise; (-3.16)-(-2.77) arasında değişmektedir. Yoğurt numuneleri en yüksek a değerini 60 °C'de % 50 dalga genliğine 1 dakika işlem gören yoğurtlarda ölçülmüştür. Numunelerin en düşük a değeri ise 65 °C'de % 50 dalga genliğiyle 5 dakika işlem gören yoğurtlarda belirlenmiştir.

Yoğurt örneklerinin renk değerlerinden olan b parametresi ise; (7.97)-(9.22) arasında değişiklik göstermiştir. Örnekler en yüksek b değerini 65 °C'de % 10 dalga genliğiyle 1 dakika işlem gören yoğurtlarda göstermiştir. En düşük değer ise yine 65 °C'de % 70 dalga genliğiyle 1 dakika işlem gören yoğurtlarda görülmüştür.

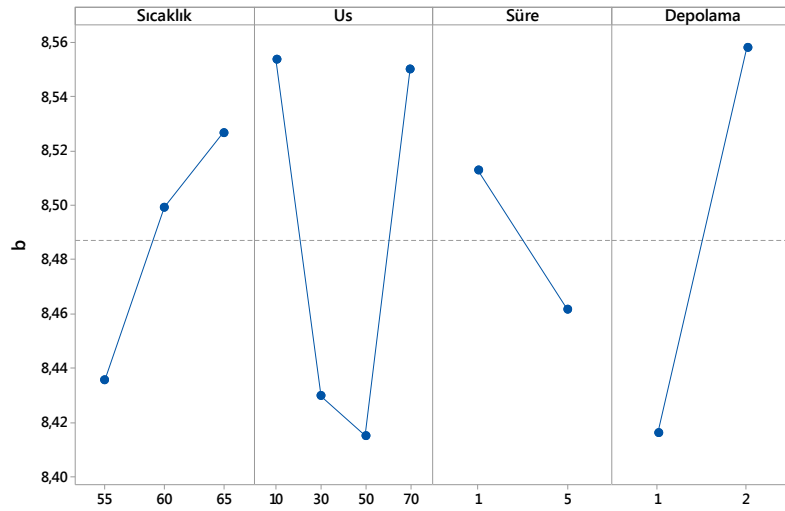
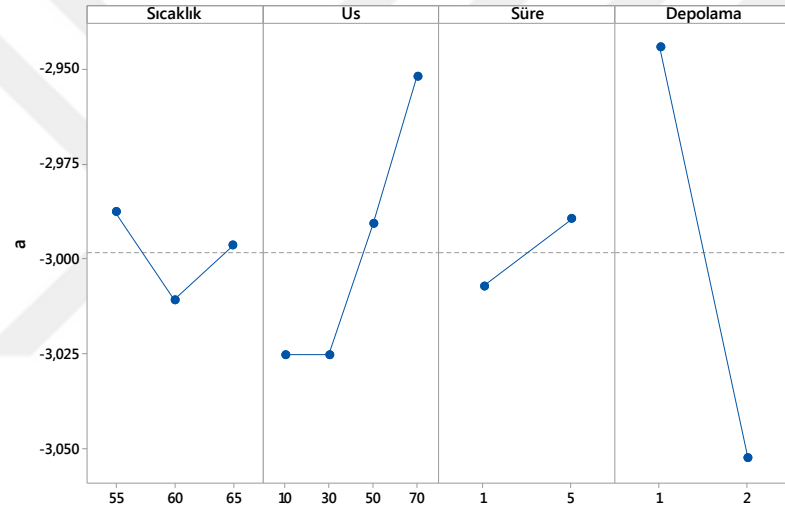
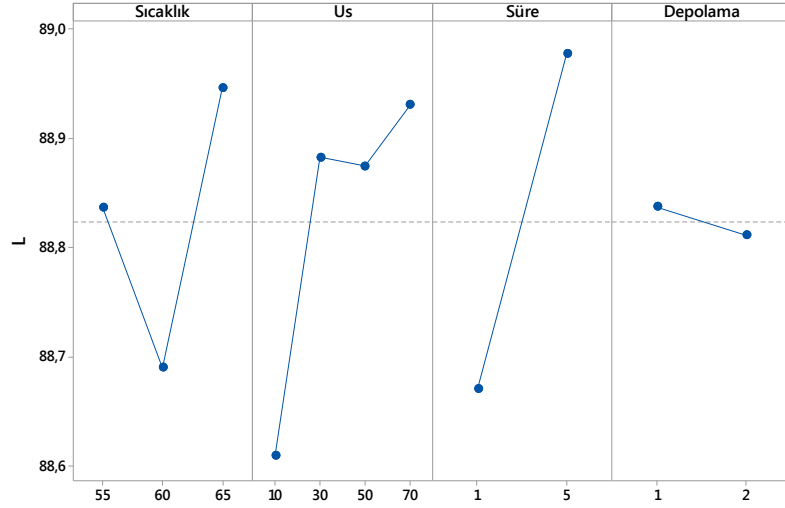
Yoğurt örneklerinin renk değişiminde L, a, b değerleri değişik sonuçlar göstermektedir. Numunelere uygulanan işlem ve interaksyonlardan sadece işlemin süresi, yoğurtların L değerinde büyük farklılıklar yaratırken, diğer hiçbir uygulama, istatistiki açıdan herhangi bir farklılık yaratmamıştır.

Çizelge 6.9. Yoğurt örneklerinin renk değerleri

Sıcaklık (°C)	Us	Süre (dk)	L	a	b
55	10	1	88.75±0.22	-2.96±0.09	8.15±0.18
		5	88.55±0.61	-2.96±0.13	8.78±0.63
	30	1	88.76±0.28	-2.97±0.11	8.52±0.39
		5	88.86±0.29	-3.09±0.29	8.88±0.89
	50	1	88.67±0.16	-2.98±0.03	8.09±0.01
		5	88.37±0.28	-3.06±0.08	8.70±0.07
70	1	88.66±0.52	-2.97±0.04	8.25±0.42	
	5	88.79±0.66	-3.06±0.21	8.69±0.59	
60	10	1	88.82±0.01	-2.91±0.16	8.18±0.01
		5	88.38±0.54	-3.08±0.01	8.46±0.15
	30	1	89.17±0.11	-3.01±0.08	8.25±0.24
		5	88.88±0.46	-3.04±0.01	8.38±0.03
	50	1	89.40±0.16	-2.77±0.15	8.20±0.03
		5	89.00±0.66	-3.00±0.08	8.57±0.01
70	1	89.43±0.14	-2.91±0.02	8.19±0.07	
	5	88.89±0.86	-3.05±0.06	8.68±0.15	
65	10	1	87.48±1.05	-2.99±0.16	9.22±1.03
		5	87.86±1.31	-2.97±0.13	8.59±0.01
	30	1	89.25±0.18	-2.92±0.02	8.23±0.17
		5	88.72±0.69	-3.11±0.11	8.36±0.10
	50	1	88.71±0.57	-3.01±0.10	8.09±0.19
		5	88.25±0.87	-3.16±0.17	8.35±0.21
70	1	89.19±0.28	-2.88±0.03	7.97±0.18	
	5	89.03±0.47	-3.05±0.01	8.45±0.42	

Örneklerin a değeri, sadece depolama, sıcaklık-süre ve sıcaklık-US-süre interaksiyonlarından önemli ölçüde etkilenerek, farklılık gösterirken, diğer hiçbir interaksiyon a değerinde bir değişim yaratmamıştır. Yapılan çalışmada, yoğurt numunelerinin b değerleri sıcaklık-süre, sıcaklık-depolama ve US-süre interaksiyonlarında önemli farklılıklar yaratırken, diğer uygulamaların hiç birinde istatistiki açıdan bir değişim meydana getirmemiştir.

Yoğurt örneklerinin renk değerindeki değişime sıcaklık, US ve sürenin etkisi Şekil 6.3'de verilmiştir. Buna göre; numunelerin L değeri 55 °C'den 60 °C'ye çıktığında en düşük seviyesine inmiş, ancak peşinden 65 °C'ye çıktığında en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Uygulanan dalga genliği % 10 olduğunda L değeri, en düşük seviyede; dalga genliği % 70'e çıkarıldığında bu değer en yüksek seviyede olmuştur.



Şekil 6.3. Yoğurt örneklerinin renk değerlerindeki değişime sıcaklık, us ve sürenin etkisi

Yapılan işlemin süresi de L değerinde önemli farklılıklara sebep olmuştur. 1 dakika işlem uygulamasında L değeri en düşük seviyedeysen, 5 dakikalık işlemde en yüksek değerine ulaşmıştır. Depolama süresi ise, L değerinde çok büyük değişimler yaratmasa da, süre arttıkça L değerinde azalma görülmüştür.

Yapılan çalışmada örneklerin a değerinde de büyük değişimler olduğu görülmüştür. a değeri; sıcaklık 60 °C iken en düşük, 55 °C iken en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Buna karşılık, US uygulamasında en düşük değeri % 10 ve % 30 dalga genliği uygulanarak yapılan yoğurtlarda gösterirken, % 30'dan sonra yükselişe geçerek, en yüksek değeri % 70 dalga genliği ile işlem gören yoğurtlarda göstermiştir. a değeri üzerine işlem süresinin doğru orantılı etkisi olduğu belirlenmiştir. 1 dakika işlem gören yoğurt numunelerinde a değeri daha düşükken, 5 dakika işlem gören numunelerde daha yüksektir. Depolama süresi ise; işlem süresinin tam tersinde, arttıkça a değerini azaltmıştır.

Numunelere uygulanan işlemlerin, b değerlerinde de önemli ölçüde etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Farklı sıcaklık uygulamaları, b değerinde belirgin değişimler yaratmıştır. b değeri en düşük seviyesini 55 °C'de alırken, en yüksek seviyesine 65 °C'de ulaşmıştır. Uygulanan ultrasonikasyon b değerinde büyük farklılıklara neden olmuştur. b değeri ultrasonikasyonda % 10 ve % 70 dalga genliği kullanıldığında birbirine yakın en yüksek değerleri alırken, diğer uygulamalarda en düşük değerlerde seyretmiştir. Süre, b değeri üzerinde etkisini ters orantılı olarak göstermiştir. Uygulanan işlemin süresi arttıkça, b değeri azalmaktadır. Depolama ise b değerini de arttıran bir uygulama olarak görülmektedir.

4.4. Yoğurtların Tekstürel Özellikleri

Yoğurt örneklerinin tekstür profil analizine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 6.10'da gösterilmiştir. İncelenen örneklerde uygulanan işlemlerin her biri farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Yapılan çalışmada numunelerin sertlik puanına sıcaklık, US, süre, depolama, sıcaklık-US, sıcaklık-depolama ve sıcaklık-US-süre interaksyonları önemli ölçüde etki etmişken, diğer değişkenler pozitif veya negatif yönde hiçbir değişim meydana getirmemiştir.

Çizelge 6.10. Yoğurt örneklerinin tekstür profil analizine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Sertlik		Kıvam		Yapışkanlık		Viskozite indeksi	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (A)	2	4432.81	6.72*	11058938	56.15 ^{ns}	559.71	3.85*	2686.49	2.49 ^{ns}
Us (B)	3	4324.51	6.55*	352182	1.79*	642.26	4.42*	822.36	0.76 ^{ns}
Süre (C)	1	14015.75	21.23*	5908428	30.00*	1727.44	11.89*	12041.55	11.15*
Depolama (D)	1	12305.52	18.64*	16288819	82.70*	631.61	4.35*	51.63	0.05 ^{ns}
A x B	6	8960.00	13.57*	4163604	21.14*	1257.59	8.66*	5436.17	5.03*
A x C	2	669.47	1.01 ^{ns}	1054443	5.35*	90.62	0.62 ^{ns}	1254.91	1.16 ^{ns}
A x D	2	4450.26	6.74*	752270	3.82*	76.91	0.53 ^{ns}	9912.11	9.18*
B x C	3	1370.23	2.08 ^{ns}	504418	2.56 ^{ns}	130.21	0.90 ^{ns}	2374.63	2.20 ^{ns}
B x D	3	1674.85	2.54 ^{ns}	452255	2.30 ^{ns}	119.64	0.82 ^{ns}	2375.73	2.20 ^{ns}
C x D	1	5783.84	8.76 ^{ns}	492609	2.50 ^{ns}	13.56	0.09 ^{ns}	1776.49	1.65 ^{ns}
A x B x C	6	4514.96	6.84*	2375510	12.06*	543.36	3.74*	4795.80	4.44*
A x B x D	6	655.04	0.99 ^{ns}	37713	0.19 ^{ns}	131.92	0.91 ^{ns}	1533.36	1.42 ^{ns}
A x C x D	2	1712.62	2.59 ^{ns}	473682	2.40 ^{ns}	47.86	0.33 ^{ns}	3031.76	2.81 ^{ns}
B x C x D	3	1200.39	1.82 ^{ns}	67195	0.34 ^{ns}	132.14	0.91 ^{ns}	732.39	0.68 ^{ns}
A x B x C x D	6	877.44	1.33 ^{ns}	359253	1.82 ^{ns}	154.49	1.06 ^{ns}	1731.86	1.60 ^{ns}
Hata	48	660.08		196969		145.27		1079.77	

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

Örneklerin kıvam değerlerinde sıcaklık kriterinin hiçbir etkisi olmamıştır. Ayrıca US-süre, US-depolama, süre-depolama, sıcaklık-US-depolama, sıcaklık-süre-depolama, US-süre-depolama ve sıcaklık-US-süre-depolama interaksiyonlarının da olumlu ya da olumsuz olarak, istatistiki açıdan hiçbir değişime sebep olmadığı görülmüştür.

Yapışkanlık değerlendirmesinde sıcaklık, US, süre, depolama, sıcaklık-US ve sıcaklık-US-süre interaksiyonları büyük etkiler yaratırken, diğer kriterler hiçbir etkide bulunmamıştır. Yoğurt numunelerinin viskozite indeksi ölçümlerinde süre, sıcaklık-US, sıcaklık-depolama ve sıcaklık-US-süre interaksiyonlarının önemli farklılıklar meydana getirdiği görülürken, diğer interaksiyonların istatistiki açıdan herhangi bir fark yaratmadığı belirlenmiştir.

Kıvam, sertlik, yapışkanlık ve viskozite indeksi kriterleri yönünden incelenen yoğurt örneklerinin tekstür profil analizine ait Tukey testi sonuçları Çizelge 6.11'de gösterilmiştir. Elde edilen değerlere göre; sertlik değeri en yüksek 60 ve 65 °C'de belirlenmiştir. Uygulanan ultrasonikasyon işlemi açısından sertlik en yüksek olduğu yoğurt numuneleri % 70 dalga genliği ile işleme maruz kalan yoğurtlardır. İşlem süresi ise sertlik kriterine ters orantılı olarak etki etmiştir. 1 dakikalık işlem gören yoğurtların sertliği daha yüksek iken, 5 dakika işlem gören yoğurtlarda bu değer daha düşüktür. Depolama süresindeki sertlik durumu ise depolanan gün uzadıkça artmaktadır. 21 gün depolanan yoğurtlarda sertlik değeri en yüksek seviyede iken, 1 gün depolanan yoğurtlarda sertlik en düşük seviyededir.

Yoğurt örneklerinin kıvam değeri uygulanan işleme göre önemli farklılıklar göstermektedir. 60 ve 65 °C’de homojenize edilen yoğurtlar en yüksek kıvam değeri ortaya çıkmıştır. Numunelere uygulanan ultrasonikasyon işlemindeki dalga genliğinin ise kıvama istatistiki açıdan herhangi bir etkisi olmamıştır. Buna karşılık; işlem süresi 1 dakika tutulduğunda yoğurtların kıvam ölçümü en yüksek olarak kaydedilmişken, 5 dakika uygulanan işlem sonrasında kıvam en düşük seviyede belirlenmiştir. Depolama süresi de en yüksek değerini 1 günlük depolama ile elde edilen yoğurtlarda göstermiştir.

Yapılan çalışmada numunelerin yapışkanlık kriteri de farklılık göstermiştir. 60 ve 65 °C’de homojenizasyon işlemi uygulanan yoğurtlarda yapışkanlık en yüksek değerdedir. Ultrasonikasyon işleminde ise en düşük değer % 50 dalga genliği uygulanan yoğurtlar göstermiştir. Diğer ultrasonikasyon uygulamalarında ise en yüksek yapışkanlık değerleri bulunmuştur. Uygulanan işlemin süresi 5 dakika olarak belirlendiğinde yapışkanlık en yüksek, 1 dakika olarak belirlendiğinde ise en düşük olmuştur. Depolama süresi de 1 gün olan yoğurtlarda yapışkanlık kriteri en yüksek iken, 21 gün olan yoğurtlarda bu değer en düşük seviyelerdedir.

Yoğurtların viskozite indeksi diğer kriterlere göre daha farklı bir tablo ortaya koymuştur. Yoğurtlara uygulanan sıcaklık, ultrasonikasyon ve depolama değerleri ne olursa olsun, viskozite indeksi puanına istatistiki açıdan önemli bir etkide bulunmamıştır. Buna karşılık uygulanan işlemin süresi ister 1 ister 5 dakika olsun yoğurtlarda düşük indeks değerlerine sebep olmuştur.

Çizelge 6.11. Yoğurt örneklerinin tekstürprofil analizine ait Tukey testi sonuçları*

Faktör	N	Sertlik (g)	Kıvam (g.sec)	Yapışkanlık (g)	Viskozite indeksi (g.sec)
Sıcaklık					
55	32	234.90 ^b	4900.89 ^b	-133.07 ^b	-291.67 ^{ns}
60	32	253.99 ^a	5794.88 ^a	-131.54 ^{ab}	-298.04
65	32	256.38 ^a	6009.21 ^a	-125.18 ^a	-279.98
US					
10	24	247.29 ^b	5538.63 ^{ns}	-130.97 ^{ab}	-291.64 ^{ns}
30	24	235.86 ^b	5433.01	-126.11 ^a	-286.17
50	24	243.30 ^b	5575.94	-136.83 ^b	-284.44
70	24	267.26 ^a	5725.72	-125.81 ^a	-297.37
Süre					
1	48	260.52 ^a	5816.41 ^a	-134.17 ^b	-301.10 ^b
5	48	236.34 ^b	5320.24 ^b	-125.69 ^a	-278.70 ^b
Depolama					
1	48	237.10 ^b	5816.41 ^a	-127.37 ^a	-289.16 ^{ns}
21	48	259.75 ^a	5320.24 ^b	-132.50 ^b	-290.63

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

Yoğurt örneklerinin tekstür profil analizi değerlerinin depolama sürecindeki değişimi Çizelge 6.12’de gösterilmiştir. Buna göre numunelerin sertlik ölçümleri (152.95)-(366.10) aralığında bir değişim göstermektedir. En yüksek sertlik değeri, 60 °C’de % 70 dalga genliği ile 1 dakika işlem gören yoğurtlar 21 günlük depolama süresi sonunda göstermiştir. En düşük sertlik değeri ise, 55 °C’de % 30 dalga genliğiyle 5 dakika işlem gören yoğurtlar 1 günlük depolamanın sonunda göstermiştir.

Yapılan çalışmada elde edilen kıvam ölçümleri 30.58-74.37 arasında değerler almaktadır. Çalışılan örneklerin en yüksek kıvam değeri, 60 °C’de % 70 dalga genliği ile 1 dakika işlem görek 21 gün depolanan yoğurtlar göstermiştir. En düşük puan ise; 55 °C’de % 30 dalga genliği ile 5 dakika işlem görek 1 gün depolanan yoğurtlar göstermiştir.

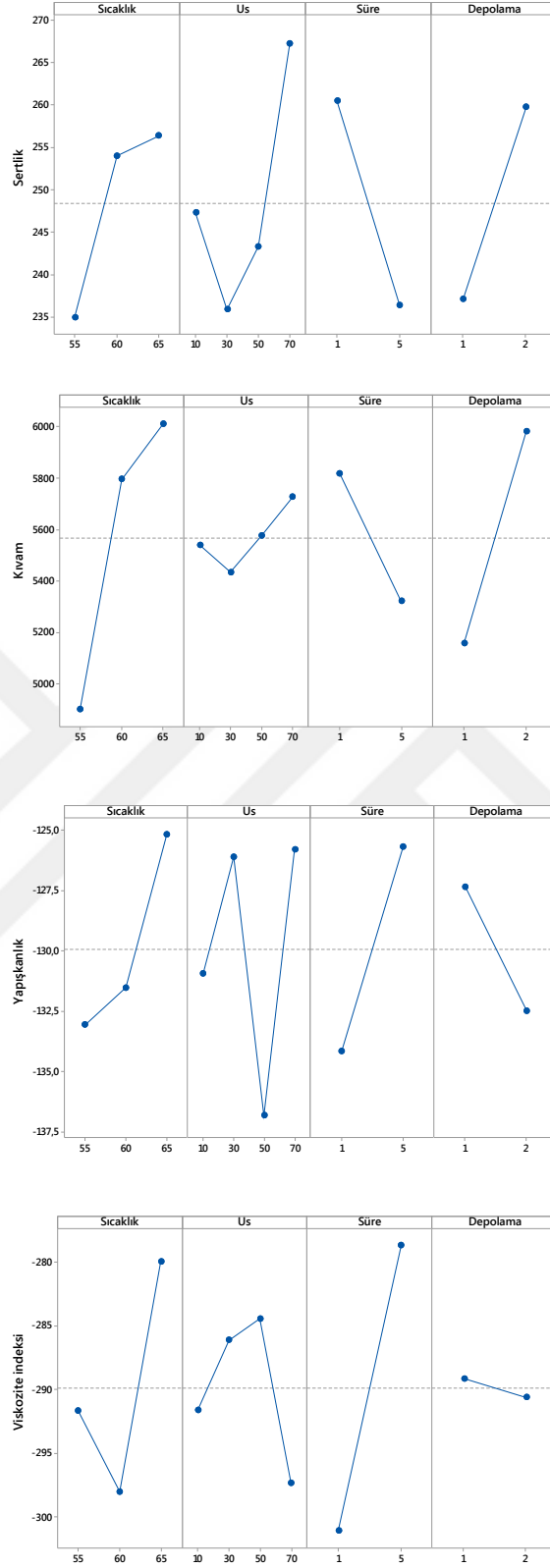
Elde edilen yoğurt örneklerinin yapışkanlık puanları (-174.86)-(-84.90) arasında değişmektedir. Bu yapışkanlık değerlerinin en yüksek değeri, 65 °C’de % 70 dalga genliği ile 5 dakika işlem gören yoğurtların 1 gün depolanması sonucu oluşmuştur. En düşük değer ise, 55 °C’de homojenize edilerek % 50 dalga genliği ile 5 dakika işleme tabi tutulmuş yoğurtların 21 günlük depolanmasının sonucunda görülmüştür.

Numunelerin viskozite indeksi ölçümleri ise; (-406.50)-(-191.85) arasında tespit edilmiştir. Viskozite indeks değerlerinin en yükseği 65 °C’de 5 dakika boyunca % 70 dalga genliğiyle muamele edilmiş yoğurt örneklerinin 1 gün depolanması sonucu elde edilmiştir. En düşük değer ise, aynı işlemin 55 °C’de yapılmasıyla bulunmuştur. Aynı işlem süresi, aynı dalga genliği ve aynı depolama süresinde 65 °C’de en yüksek değer elde edilirken, 55 °C’de en düşük değer elde edilmiştir.

Yoğurt örneklerinin tekstür profil analiz değerlerine sıcaklık, us, süre ve depolamanın etkisi Şekil 6.4’de gösterilmiştir. Buna göre; sertlik değeri değerlendirmesinde, sıcaklığın 55 °C’den 60 °C’ye çıkışında hızlı bir yükselme görülürken, 60 °C’den sonraki yükselme çok daha yumuşak olmuştur. Yine uygulanan ultrasonikasyon ile ölçümlerde önce bir düşme yaşanırken, % 30 dalga genliği sonrası değerinde etkili oranda yükselme görülmüştür. İşlem süresi sertlikte ani ve hızlı bir düşüş yapmıştır. Depolama süresi ise tam tersine sertlik değerinde ani ve hızlı bir yükselmeye sebep olmuştur.

Çizelge 6.12. Yoğurt örneklerinin tekstür profil analizi değerlerinin depolama sürecindeki değişimi

Sıcaklık (°C)	Us	Süre (dk)	Gün	Sertlik (g)	Kıvam (g.sec)	Yapışkanlık (g)	Viskozite indeksi (g.sec)
55	10	1	1	264.58±31.68	5153.05±205.05	-139.32±2.71	-333.61±15.27
			21	262.86±47.44	5954.05±442.30	-145.94±4.17	-291.82±55.88
		5	1	230.04±22.58	4459.59±253.36	-124.65±1.03	-293.36±21.04
			21	223.64±12.46	5111.94±207.30	-127.29±5.52	-266.30±48.42
	30	1	1	193.35±0.16	4270.92±35.16	-120.59±2.00	-263.07±0.28
			21	239.34±9.64	5222.12±173.74	-127.94±2.00	-292.05±8.71
		5	1	152.95±3.57	3058.17±36.27	-101.41±4.55	-221.98±0.10
			21	188.22±11.75	3707.70±183.51	-99.49±7.04	-219.05±25.85
	50	1	1	190.14±12.40	4577.04±149.04	-139.78±1.41	-301.57±0.57
			21	252.71±16.84	5868.69±120.20	-141.85±1.52	-342.04±12.15
		5	1	242.75±45.11	4798.62±499.33	-138.40±7.80	-317.51±16.75
			21	163.87±83.35	3781.63±2208.94	-174.86±66.51	-205.11±41.07
70	1	1	264.16±30.98	5080.41±355.93	-138.82±3.20	-349.27±8.24	
		21	269.33±10.78	5714.28±84.84	-133.11±3.25	-267.56±7.92	
	5	1	354.57±26.16	5779.24±72.58	-146.56±8.39	-406.50±12.72	
		21	266.04±50.64	5876.74±338.18	-129.17±1.25	-295.98±29.69	
60	10	1	1	210.93±15.49	4793.62±608.94	-120.06±18.79	-235.63±99.59
			21	248.00±11.70	6172.14±237.62	-138.40±11.16	-325.69±10.06
		5	1	212.08±62.39	4397.16±15.69	-132.04±7.80	-310.07±3.61
			21	249.00±3.90	5196.30±178.70	-129.28±1.30	-324.63±6.76
	30	1	1	228.74±17.06	4558.18±31.36	-134.34±0.65	-315.38±0.87
			21	281.62±12.67	5929.31±287.62	-138.44±8.61	-351.53±52.71
		5	1	226.36±18.47	5561.23±1.44	-126.11±2.87	-250.10±17.46
			21	278.56±6.82	6987.45±271.14	-129.44±13.86	-305.78±24.41
	50	1	1	226.13±5.58	5404.61±201.30	-130.70±9.37	-273.21±60.61
			21	283.04±36.99	6201.06±95.32	-139.70±0.11	-304.82±63.07
		5	1	222.11±27.73	5511.38±527.48	-127.56±10.56	-283.43±6.91
			21	246.85±22.75	6240.48±351.94	-122.20±6.99	-287.69±16.48
70	1	1	290.70±36.12	6183.67±456.49	-146.48±1.90	-299.87±5.84	
		21	366.10±16.68	7437.65±154.03	-134.34±12.02	-311.19±8.98	
	5	1	243.86±21.34	5470.02±29.34	-123.23±11.48	-303.18±6.85	
		21	249.76±7.91	6673.86±350.63	-132.27±12.24	-286.46±43.35	
65	10	1	1	235.63±19.44	5538.78±394.63	-120.97±9.37	-286.46±39.01
			21	278.44±6.44	6849.64±108.30	-134.26±11.81	-261.18±32.83
		5	1	271.55±4.50	6026.49±200.64	-124.96±1.35	-265.75±1.91
			21	280.74±0.38	6810.81±284.42	-134.42±0.43	-305.13±51.89
	30	1	1	249.68±11.37	6169.77±88.73	-129.21±5.63	-292.25±6.36
			21	278.94±0.00	7189.26±312.88	-139.05±9.04	-319.42±102.43
		5	1	238.00±27.57	5615.39±138.88	-126.72±3.84	-304.16±5.49
			21	274.50±0.54	6926.66±32.46	-140.62±6.82	-298.87±32.60
	50	1	1	277.22±24.75	6294.28±128.33	-144.33±4.82	-296.46±8.83
			21	328.38±33.42	6346.97±811.69	-138.97±6.12	-292.82±12.69
		5	1	220.20±13.11	5400.70±8.79	-116.46±11.10	-239.28±13.15
			21	266.23±5.85	6485.86±989.65	-127.22±2.71	-269.39±19.76
70	1	1	265.88±12.40	5970.02±76.27	-119.21±0.81	-305.96±1.83	
		21	266.38±7.91	6714.37±125.65	-124.34±10.13	-313.47±9.79	
	5	1	178.95±19.55	3681.52±283.18	-84.90±6.01	-191.85±7.83	
		21	191.48±1.73	4126.86±169.47	-97.31±5.47	-237.18±0.54	



Şekil 6.4. Yoğurt örneklerinin tekstür profil analiz değerlerine sıcaklık, us, süre ve depolamanın etkisi

Numunelerin kıvam ölçümleri de farklı değerler almıştır. Sıcaklıkla 60 °C'ye kadar ciddi bir hızla artan kıvam değerleri, 60 °C sonrasında daha yavaş bir artış göstermiştir. Uygulanan dalga genliği, puanlamayı değişken bir yapıda etkilemiştir. % 30 dalga genliğinde en düşük düzeyde olan puanlama % 70 dalga genliğinde en yüksek düzeyine ulaşmıştır. Önce düşüşe sonra yükselişe geçen kıvam değerleri net bir istikrar göstermemiştir. Uygulanan işlem süresi de aynı sertlik puanlamasında olduğu gibi ters orantılı olmuştur.

4.5. Yoğurtların Mikrobiyolojik Özellikleri

Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analizine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 6.13'de gösterilmiştir. Uygulanan işlemleri TMAB, *Lactobacillus* ve *Streptococcus* sayılarına etkileri farklı olmuştur. Sıcaklık, US, süre ve depolama kriterleri tek tek uygulandığında her biri TMAB sayısı değişiminde önemli ölçüde farklılık yaratmıştır. Sıcaklık-US, sıcaklık-süre, sıcaklık-depolama, süre-depolama ve sıcaklık-US-süre interaksiyonları da TMAB sayısında değişikliğe sebep olurken, diğer interaksiyonlar istatistiki açıdan herhangi bir etkiye sahip olmamıştır.

Lactobacillus sayılarında ise; sıcaklık, US, süre, depolama, sıcaklık-US, sıcaklık-süre, sıcaklık-depolama ve US-süre faktör ve interaksiyonları önemli etkiler göstermişken, diğer interaksiyonlar olumlu ya da olumsuz bir farklılık yaratmamış, herhangi bir etkiye sahip olmamıştır. *Streptococcus* sayılarındaki farklılık da pek çok değişkenden etkilenmiştir. *Streptococcus* sayılarında da diğerlerinde olduğu gibi, sıcaklık, US, süre ve depolama büyük etkiler gösterip, değişiklikler yaratmıştır. Ayrıca sıcaklık-US, sıcaklık-depolama, US-süre ve sıcaklık-US-süre interaksiyonları da büyük ölçüde değişim yapmıştır. Buna karşılık diğer interaksiyonların *Streptococcus* sayılarına istatistiki yönden hiçbir etkisi olmamıştır.

Üretilen yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analizine ait Tukey testi sonuçları, Çizelge 6.14'de gösterilmiştir. En yüksek TMAB sayısı, 60 °C sıcaklık uygulanan yoğurtlarda bulunurken, en düşük TMAB sayısı 65 °C sıcaklık uygulanan yoğurtlarda görülmüştür. *Lactobacillus* sayısındaki değişim ise en yüksek 60 °C'de görülürken, en düşük 65 °C'de görülmüştür. *Streptococcus* sayıları ise, yine diğer değerlerde olduğu gibi en yüksek 60 °C'de belirlenirken, en düşük 65 °C'de gözlemlenmiştir. Genel olarak mikroorganizma sayıları, 60 °C'de en yüksek seviyelerde olurken buna karşılık olarak 65 °C'de en düşük değerdedir.

Çizelge 6.13. Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analizine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	TMAB		Lactobacillus		Streptococcus	
		KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (A)	2	0.32	67.76*	2.09	363.03*	0.36	86.41*
Us (B)	3	0.53	111.19*	1.67	290.30*	0.94	227.89*
Süre (C)	1	0.08	17.11*	0.07	12.60*	0.24	57.49*
Depolama (D)	1	10.03	2123.95*	18.89	3288.86*	9.34	2264.40*
A x B	6	0.16	33.72*	0.07	12.63*	0.03	6.96*
A x C	2	0.03	6.27*	0.02	3.61*	0.00	0.24 ^{ns}
A x D	2	0.05	10.44*	0.63	110.35*	0.15	36.42*
B x C	3	0.01	2.43 ^{ns}	0.14	23.70*	0.05	11.37*
B x D	3	0.00	0.54 ^{ns}	0.01	0.98 ^{ns}	0.01	1.74 ^{ns}
C x D	1	0.02	4.86*	0.00	0.69 ^{ns}	0.01	1.34 ^{ns}
A x B x C	6	0.05	11.00*	0.01	2.21 ^{ns}	0.02	3.91*
A x B x D	6	0.00	1.00 ^{ns}	0.01	2.14 ^{ns}	0.00	0.69 ^{ns}
A x C x D	2	0.00	0.41 ^{ns}	0.00	0.69 ^{ns}	0.00	0.96 ^{ns}
B x C x D	3	0.00	0.31 ^{ns}	0.01	1.54 ^{ns}	0.00	1.13 ^{ns}
A x B x C x D	6	0.00	0.69 ^{ns}	0.01	0.97 ^{ns}	0.00	0.55 ^{ns}
Hata	48	0.00		0.01		0.00	

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

Yoğurtların uygulanan dalga genliği farklılıklarına bağlı olarak mikroorganizma sayısı farklılık göstermektedir. TMAB sayısı en yüksek % 10 dalga genliği ile işleme tabii tutulan yoğurtlarda görülürken, en düşük % 70 dalga genliği ile işlem gören yoğurtlarda görülmüştür. Yine aynı şekilde *Lactobacillus* sayıları da en yüksek değerini % 10 dalga genliğinde alırken, en düşük değerini % 70 dalga genliğiyle muamele sonucunda almıştır. *Streptococcus* sayıları en yüksek değerini % 10 dalga genlikli işleme tabii tutulan yoğurtlarda gösterirken, en düşük değerini % 70 dalga genliğiyle işleme tabii tutulan yoğurtlarda göstermiştir. Uygulanan dalga genliği değeri arttıkça mikroorganizma sayısında istatistiki açıdan önemli ölçüde düşüş gözlenmiştir.

Üretilen yoğurtların mikroorganizma sayısında işlem süresine bağlı olarak da değişim görülmüştür. 1 dakika işleme tabii tutulan yoğurtlarda mikroorganizma sayıları en yüksek seviyelerdeyken, 5 dakika işlem gören yoğurt örneklerinde bu sayı en düşük seviyelere inmiştir. TMAB sayısı en yüksek değerini 1 dakika ultrasonikasyona tabii tutulan yoğurtlarda alırken, en düşük değerini 5 dakika işleme tabii tutulan yoğurtlarda almıştır. Yine *Lactobacillus* sayıları da aynı şekilde 1 dakika işleme en yüksek değerindeyken, 5 dakika işlemde en düşük değerindedir. 1 dakika işlem gören yoğurtların *Streptococcus* sayıları da en yüksek seviyelerdeyken, 5 dakika işlem gören yoğurtlarda bu sayı en düşük seviyeye inmiştir.

Çizelge 6.14. Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analizine ait Tukey testi sonuçları*

Faktör	N	TMAB	<i>Lactobacillus</i>	<i>Streptococcus</i>
Sıcaklık				
55	32	7.10 ^b	7.31 ^b	7.51 ^a
60	32	7.23 ^a	7.42 ^a	7.52 ^a
65	32	7.03 ^c	6.93 ^c	7.33 ^b
US				
10	24	7.32 ^a	7.59 ^a	7.71 ^a
30	24	7.14 ^b	7.23 ^b	7.51 ^b
50	24	7.04 ^c	7.04 ^c	7.30 ^c
70	24	6.98 ^d	7.03 ^c	7.29 ^c
Süre				
1	48	7.15 ^a	7.25 ^a	7.51 ^a
5	48	7.09 ^b	7.19 ^b	7.41 ^b
Depolama				
1	48	7.44 ^a	7.66 ^a	7.77 ^a
21	48	6.80 ^b	6.78 ^b	7.14 ^b

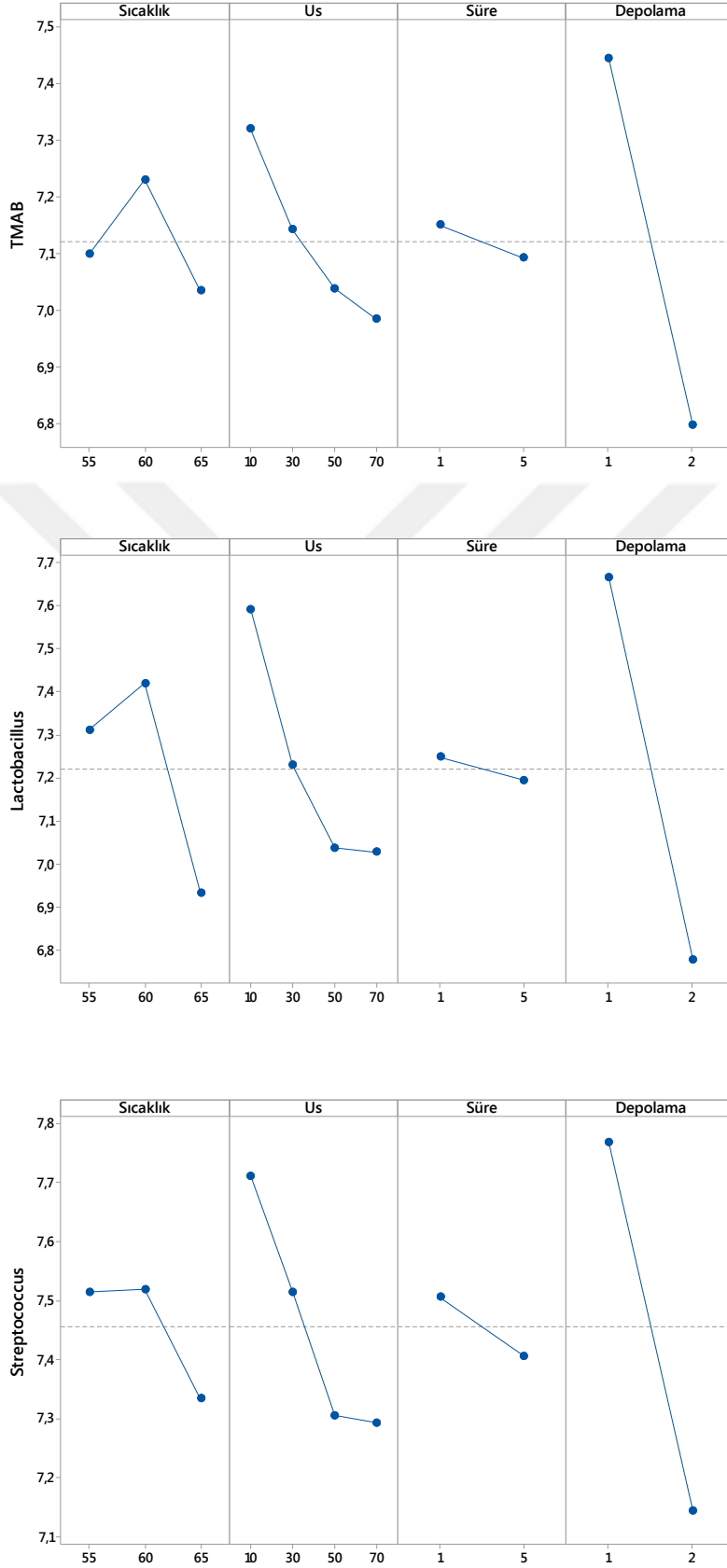
*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Uygulanan depolama süresi de yoğurtların mikroorganizma sayılarına etki etmektedir. 1 gün depolanan yoğurtlarda mikroorganizma sayısı en yüksek değerindeyken, 21 gün depolanan yoğurtlarda bu sayı en düşük seviyeye inmiştir. 1 gün depolama sonucunda en yüksek değerinde olan TMAB sayısı, 21 gün depolamada en düşük değerdedir. Yine 1 günlük depolamada en yüksek değerinde olan *Lactobacillus* sayısı da 21 gün depolama sonucunda en düşük değerine inmiştir. *Streptococcus* sayıları da 1 günlük depolamada en yüksek olarak gözlemlenmişken, en düşük değerini 21 gün depolama sonucunda almıştır. Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 6.15’de gösterilmiştir. Yoğurt örneklerinde TMAB sayısı 6.43-8.04 aralığında değişmektedir. En yüksek TMAB sayısı 55 °C’de % 30 dalga genliği ile 1 dakika işlem gören yoğurtlarda gözlemlenirken, en düşük TMAB sayısı 60 °C de 5 dakika % 70 dalga genliği ile işlem gören yoğurtlarda görülmektedir. Üretilen yoğurtların *Lactobacillus* sayısı 6.63-8.25 aralığında izlenmiştir. *Lactobacillus* sayısı en yüksek değerini 65 °C de % 10 dalga genliği ile 1 dakika işleme tabi tutulan yoğurtlarda gösterirken, en düşük değerini 60 °C’de % 70 dalga genliği ile 5 dakika işlem gören yoğurtlarda almıştır. *Streptococcus* sayıları ise; 7.02-8.19 arasında değişiklik göstermiştir. *Streptococcus* seviyesi en yüksek 65 °C de 1 dakika % 10 dalga genliğiyle ultrasonikasyona uğrayan yoğurtlarda görülmüştür. En düşük değer ise, 60 °C’de % 70 dalga genliği ile 5 dakika işlem gören yoğurt örneklerinde gözlenmiştir. Genel olarak; yoğurtların mikroorganizma sayıları 60 °C’de % 70 dalga genliği ile 5 dakika muamele sonucunda en düşük seviyeye inmiştir.

Çizelge 6.15. Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Sıcaklık (°C)	Us	Süre (dk)	TMAB	Lactobacillus	Streptococcus	
55	10	1	7.78±0.04	8.16±0.06	8.13±0.11	
		5	7.01±0.06	7.30±0.06	7.53±0.07	
	30	1	8.04±0.02	7.89±0.04	8.09±0.04	
		5	7.23±0.10	7.11±0.04	7.49±0.09	
	50	1	7.47±0.13	7.69±0.05	7.87±0.03	
		5	6.80±0.03	6.89±0.04	7.32±0.03	
	70	1	7.43±0.04	7.74±0.08	7.62±0.05	
		5	6.70±0.03	6.98±0.05	7.21±0.02	
	60	10	1	7.28±0.04	7.56±0.08	7.61±0.01
			5	6.51±0.06	6.78±0.03	7.13±0.04
30		1	7.32±0.04	7.73±0.02	7.68±0.17	
		5	6.54±0.08	6.73±0.02	7.13±0.09	
50		1	7.30±0.03	7.67±0.10	7.69±0.05	
		5	6.61±0.10	6.79±0.07	7.22±0.11	
70		1	7.12±0.05	7.31±0.05	7.50±0.03	
		5	6.43±0.04	6.63±0.10	7.02±0.04	
65		10	1	7.70±0.15	8.25±0.07	8.19±0.06
			5	7.29±0.04	7.59±0.04	7.57±0.04
	30	1	7.63±0.04	8.09±0.13	7.95±0.08	
		5	6.98±0.08	7.5±0.060	7.36±0.08	
	50	1	7.56±0.06	7.67±0.19	7.87±0.07	
		5	7.01±0.01	7.07±0.04	7.29±0.07	
	70	1	7.49±0.01	7.79±0.07	7.80±0.00	
		5	6.82±0.06	7.04±0.03	7.22±0.04	

Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerindeki değişime sıcaklık, US ve sürenin etkisi Şekil 6.5’de gösterilmiştir. TMAB sayısı 55 °C’den 60 °C’ye çıktığında en yüksek değerine ulaşmış, ancak daha sonra 65 °C’de en düşük seviyeye inmiştir. Ultrasonikasyonda uygulanan dalga genliği değerinin TMAB sayısına ters orantılı olarak etkisi vardır. TMAB sayısı, ultrasonikasyonun % 10 dalga genliği uygulandığı yoğurtlarda en yüksek değerdeyken, % 70 dalga genliği uygulanan yoğurtlarda en düşük değerdedir. İşlemin süresi, TMAB sayısında ciddi boyutta bir düşüş yaşatmamakla birlikte, 1 dakika işlem gören yoğurtlarda en yüksek olarak belirlenmiştir. Depolama süresinin ise, TMAB sayısında net ve önemli bir ölçüde değişiklik yaptığı görülmüştür. 1 gün depolanan yoğurtlarda TMAB sayısı en yüksek seviyesinde ölçülmüştür.



Şekil 6.5. Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerindeki değişime sıcaklık, us ve sürenin etkisi

Yoğurt örneklerinin *Lactobacillus* sayısı 55 °C'den 60 °C'ye çıkmakla beraber artış göstermiş ancak 65 °C'de işlem gören yoğurtlarda hızlı bir düşüşe uğramıştır. Uygulanan ultrasonikasyon işlemi ise *Lactobacillus* sayısında % 10'dan % 50'ye kadar hızlı bir inişe sebep olmuşken, % 50 ile % 70 dalga genliği arasında pek fark göstermeyerek hafif bir iniş gözlenmiştir. İşlemin uygulanma süresi 1 dakikada en yüksek *Lactobacillus* sayısını göstermiştir. Depolama süresi de TMAB de olduğu gibi 1. günde en yüksek değerdeyken, 21. günde hızlı bir inişle en düşük değerini almıştır.

Yapılan çalışmada yoğurt örneklerinin *Streptococcus* sayısı, 55 ve 60 °C'ler de büyük bir farklılık göstermezken, homojenizasyon sıcaklığı 65 °C olduğunda en düşük seviyesine inmiştir. Uygulanan dalga genliği oranları da *Streptococcus* sayılarında değişikliğe neden olmuştur. % 10 dalga genliğinde en yüksek değerde olan *Streptococcus* sayıları, % 50 dalga genliğine kadar hızlı bir düşüş yapmış ancak % 50-% 70 dalga genliği arasında yumuşak bir azalış göstermiştir. Uygulanan işlem süresinin de *Streptococcus* sayılarına etkisi büyüktür. *Streptococcus* sayıları en yüksek değerini 1 dakika işlem gören yoğurtlarda göstermektedir. Yoğurt numunelerinin depolanma süresi de *Streptococcus* sayısına ters orantılı olarak etki etmiştir. 1 gün depolanan yoğurtlarda *Streptococcus* sayısı en yüksek değerindeyken, 21 günün sonunda bu sayı en düşük seviyesindedir.

4.6. Yoğurtların Duyusal Özellikleri

Yoğurt örneklerinin duyusal özelliklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 6.16'da gösterilmiştir. Numuneler sıcaklık, US, süre ve depolama yönünden hem ayrı ayrı hem de interaksiyonlar şeklinde değerlendirilmiştir. Yoğurt örnekleri görünüş parametresi açısından değerlendirildiğinde, uygulanan işlem süresi haricindeki bütün parametreler önemli oranda fark yaratmış, buna karşılık işlem süresi istatistiki açıdan önemli bir fark oluşturmamıştır. Bununla birlikte, sıcaklık-US, sıcaklık-süre, US-süre ve US-depolama kriterlerinin birlikte uygulanması önemli farklar yaratırken, diğer kriterlerin birlikte kullanımı görünüş puanlamasında istatistiki açıdan herhangi bir farka sebep olmamıştır.

Örnekler kıvam puanı açısından incelendiğinde; yine görünüş puanlamasında olduğu gibi süre dışındaki bütün kriterlerin değerlendirmeye önemli etkisi olmuştur. Ayrıca, sıcaklık-US, sıcaklık-depolama, US-süre, US-depolama, sıcaklık-US-süre ve

sıcaklık-US-depolama interaksyonları önemli farklar oluştururken, diğer uygulamalar herhangi önemli bir fark oluşturmamıştır.

Koku puanı değerlendirmesinde ise, numunelerin hepsinde aynı sonuç bulunmuş, işlem kriterleri tek tek veya birlikte uygulandığında istatistiki açıdan herhangi bir farklılık yaratmamıştır. Tat puanlamasında; sıcaklık, süre, depolama ve sıcaklık-US interaksyonları önemli değişiklikler meydana getirirken, diğer kriterler herhangi bir değişikliğe sebep olmamıştır

Yoğurt örneklerinin duyu analizi sonuçlarına ait Tukey testi sonuçları Çizelge 6.17’de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek görünüş puanını 60 °C’de homojenize edilen yoğurtlar göstermiştir. Uygulanan dalga genliğinin görünüş puanı üzerindeki etkisi en yüksek % 10 ve 30 ile işlem gören yoğurtlarda gözlemlenmiştir. İşlemin uygulama süresinin görünüş değerlendirmesinde istatistiki açıdan herhangi bir fark yarattığı görülmemiştir. Depolama süresi ise; en yüksek puanını 1 günün sonunda göstermiştir.

Numunelerin kıvam puanı en yüksek 55 °C’de belirlenmiştir. Uygulanan ultrasonikasyon işlemi % 10 dalga genliğinde iken kıvam puanını en yüksek seviyede göstermiştir. Uygulanan işlem süresinin görünüş puanında olduğu gibi, kıvam puanında da istatistiki açıdan herhangi bir etkisi olmamıştır. Yoğurt numunelerinin depolama sürecindeki en yüksek kıvam puanı; depolama başlangıcında görülmüştür.

Çizelge 6.16. Yoğurt örneklerinin duyu özelliklerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Görünüş		Kıvam		Koku		Tat	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık (A)	2	0.34	21.70*	1.538	152.20*	1.34	1.87 ^{ns}	0.14	6.75*
Us (B)	3	0.13	8.01*	0.275	27.17*	0.49	0.68 ^{ns}	0.04	2.03 ^{ns}
Süre (C)	1	0.06	3.50 ^{ns}	0.001	0.09 ^{ns}	0.36	0.51 ^{ns}	0.16	7.80*
Depolama (D)	1	0.53	33.38*	0.230	22.77*	1.58	2.20 ^{ns}	0.62	30.41*
A x B	6	0.04	2.60*	0.053	5.25*	1.00	1.39 ^{ns}	0.11	5.35*
A x C	2	0.00	0.03*	0.002	0.22 ^{ns}	0.70	0.97 ^{ns}	0.00	0.11 ^{ns}
A x D	2	0.09	5.51 ^{ns}	0.263	25.99*	0.44	0.61 ^{ns}	0.04	2.07 ^{ns}
B x C	3	0.11	7.28*	0.082	8.15*	1.09	1.51 ^{ns}	0.03	1.56 ^{ns}
B x D	3	0.03	1.63*	0.059	5.81*	0.73	1.01 ^{ns}	0.02	0.95 ^{ns}
C x D	1	0.00	0.06 ^{ns}	0.023	2.32 ^{ns}	0.75	1.05 ^{ns}	0.05	2.26 ^{ns}
A x B x C	6	0.03	2.08 ^{ns}	0.069	6.87*	0.79	1.10 ^{ns}	0.04	1.85 ^{ns}
A x B x D	6	0.01	0.70 ^{ns}	0.045	4.49*	0.66	0.92 ^{ns}	0.01	0.65 ^{ns}
A x C x D	2	0.00	0.32 ^{ns}	0.007	0.65 ^{ns}	0.73	1.01 ^{ns}	0.00	0.20 ^{ns}
B x C x D	3	0.03	2.14 ^{ns}	0.018	1.74 ^{ns}	0.67	0.93 ^{ns}	0.01	0.43 ^{ns}
A x B x C x D	6	0.01	0.94 ^{ns}	0.009	0.90 ^{ns}	0.61	0.85 ^{ns}	0.01	0.56 ^{ns}
Hata	48	0.02		0.010		0.72		0.02	

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

Yapılan çalışmada yoğurt örneklerinin koku parametresi üzerinde sıcaklık, US, süre ve depolama kriterlerinin hiç birinin etkisi olmadığı görülmüştür. Çalışılan yoğurtların tat puanı en yüksek değerini 60 °C'lik sıcaklık ile işlem gören yoğurtlarda göstermiştir. Uygulanan dalga genliğinin tat parametresi üzerine istatistiki açıdan herhangi bir etkisi görülmemiştir. Buna karşılık; işlemin süresinin artması tat parametre değerini artırmıştır. Depolama başlangıcında tat puanında en yüksek değer belirlenmiştir.

Süte farklı ultrasonik dalga genliği uygulanarak üretilen yoğurtların duyu özelliklerinin depolama süresince değişimi Çizelge 6.18'de verilmiştir. Yoğurt örneklerinde görünüş puanlarının 8.15-9.10 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yoğurt örnekleri arasında en yüksek görünüş puanı 60 °C sıcaklıkta 1 dk % 10 dalga genliği ile ultrasonikasyon uygulandığında görülmüştür. En düşük puan ise 65 °C'de % 70 dalga genliği ile 1 gün depolama sonucunda bulunmuştur.

Yoğurt örneklerinin kıvam puanları depolama süresince 7.90-9.20 arasında değişmektedir. En yüksek puan % 10 dalga genliği ile 55 °C'de 1. günde, en düşük puan 65 °C'de % 50'lik dalga genliği uygulamasında 1. günde bulunmuştur.

Yoğurt örneklerinin koku puanlarının 8.08-8.75 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek koku puanı, 60 °C'de % 50 dalga genliğinde 1 dk'lık uygulamada 1. günün sonunda görülmüştür. En düşük koku puanı; 55 °C'de 1 dk süreyle uygulanan % 30 dalga genlikli ultrasonikasyonla 1. günün sonunda elde edilmiştir.

Çizelge 6.17. Yoğurt örneklerinin duyu analiz sonuçlarına ait Tukey testi sonuçları*

Faktör	N	Görünüş	Kıvam	Koku	Tat
Sıcaklık					
55	32	8.55 ^b	8.63 ^a	8.60 ^{ns}	9.05 ^b
60	32	8.65 ^a	8.53 ^b	8.46	9.14 ^a
65	32	8.44 ^c	8.21 ^c	8.19	9.01 ^b
US					
10	24	8.64 ^a	8.60 ^a	8.49 ^{ns}	9.09 ^{ns}
30	24	8.55 ^{ab}	8.45 ^b	8.20	9.10
50	24	8.53 ^b	8.40 ^{bc}	8.51	9.06
70	24	8.47 ^b	8.36 ^c	8.46	9.01
Süre					
1	48	8.57 ^{ns}	8.46 ^{ns}	8.48 ^{ns}	9.02 ^b
5	48	8.52	8.45	8.35	9.11 ^a
Depolama					
1	48	8.62 ^a	8.50 ^a	8.54 ^{ns}	9.15 ^a
21	48	8.47 ^b	8.40 ^b	8.29	8.99 ^b

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

Çizelge 6.18. Yoğurt örneklerinin duyu analizi sonuçlarının depolama sürecindeki değişimi

Sıcaklık (°C)	Us	Süre (dk)	Gün	Görünüş	Kıvam	Koku	Tat	
55	10	1	1	8.90±0.14	9.20±0.00	8.60±0.14	9.25±0.07	
			21	8.55±0.07	8.40±0.00	8.50±0.00	9.10±0.14	
	30	5	1	8.70±0.14	9.10±0.14	8.70±0.14	9.35±0.21	
			21	8.50±0.14	8.55±0.07	8.60±0.00	9.10±0.14	
	50	1	1	8.60±0.14	8.60±0.28	8.08±0.00	9.20±0.00	
			21	8.50±0.00	8.55±0.07	8.55±0.07	9.20±0.00	
	70	5	1	8.70±0.14	8.75±0.07	8.70±0.14	9.15±0.21	
			21	8.40±0.28	8.55±0.07	8.65±0.07	9.10±0.14	
	60	10	1	1	8.50±0.14	8.60±0.00	8.60±0.14	8.80±0.28
				21	8.40±0.00	8.30±0.14	8.60±0.14	8.75±0.35
		30	5	1	8.55±0.07	8.55±0.07	8.50±0.14	9.10±0.14
				21	8.45±0.21	8.45±0.07	8.50±0.00	8.95±0.07
50		1	1	8.75±0.07	8.75±0.07	8.65±0.07	8.90±0.14	
			21	8.40±0.00	8.55±0.07	8.55±0.07	8.80±0.00	
70		5	1	8.65±0.07	8.65±0.21	8.60±0.14	9.10±0.14	
			21	8.30±0.14	8.45±0.07	8.45±0.07	8.95±0.07	
65		10	1	1	9.10±0.14	8.80±0.00	8.50±0.14	9.10±0.14
				21	8.60±0.14	8.60±0.00	8.40±0.14	8.95±0.07
		30	5	1	8.70±0.14	8.60±0.14	8.35±0.21	9.30±0.14
				21	8.55±0.07	8.55±0.07	8.25±0.07	9.00±0.00
	50	1	1	8.55±0.07	8.60±0.00	8.30±0.42	9.10±0.14	
			21	8.50±0.00	8.60±0.00	8.30±0.80	9.10±0.14	
	70	5	1	8.90±0.00	8.50±0.00	8.50±0.14	9.25±0.07	
			21	8.65±0.07	8.60±0.00	8.45±0.07	9.20±0.00	
	70	10	1	1	8.70±0.14	8.60±0.00	8.75±0.07	9.10±0.14
				21	8.60±0.00	8.55±0.07	8.55±0.07	9.05±0.21
		30	5	1	8.60±0.28	8.50±0.14	8.60±0.14	9.20±0.00
				21	8.45±0.07	8.60±0.00	8.55±0.07	9.25±0.07
50		1	1	8.75±0.07	8.35±0.21	8.40±0.14	9.30±0.14	
			21	8.60±0.00	8.20±0.00	8.50±0.00	9.10±0.14	
70		5	1	8.60±0.14	8.45±0.07	8.25±0.35	9.25±0.07	
			21	8.50±0.00	8.35±0.07	8.45±0.07	8.95±0.07	
75		10	1	1	8.65±0.21	8.55±0.07	8.55±0.07	9.00±0.00
				21	8.55±0.07	8.50±0.00	8.50±0.00	8.85±0.07
		30	5	1	8.50±0.00	8.10±0.14	8.60±0.14	9.20±0.00
				21	8.40±0.14	8.30±0.14	8.35±0.21	8.90±0.14
	50	1	1	8.35±0.21	8.20±0.00	8.55±0.07	8.90±0.14	
			21	8.35±0.07	8.25±0.07	8.45±0.07	8.85±0.21	
	70	5	1	8.60±0.00	8.10±0.14	8.70±0.14	9.30±0.14	
			21	8.50±0.00	8.10±0.14	8.50±0.14	8.85±0.21	
	80	10	1	1	8.70±0.00	7.90±0.14	8.60±0.14	9.20±0.00
				21	8.60±0.00	8.00±0.00	8.35±0.07	9.00±0.00
		30	5	1	8.35±0.21	8.40±0.14	8.30±0.14	9.35±0.21
				21	8.45±0.07	8.30±0.00	8.20±0.00	9.00±0.00
50		1	1	8.15±0.21	8.10±0.14	8.55±0.07	9.15±0.21	
			21	8.35±0.07	8.20±0.00	8.40±0.00	8.85±0.07	
70		5	1	8.35±0.21	8.10±0.14	8.40±0.00	8.95±0.07	
			21	8.20±0.00	8.20±0.00	8.30±0.14	8.80±0.28	

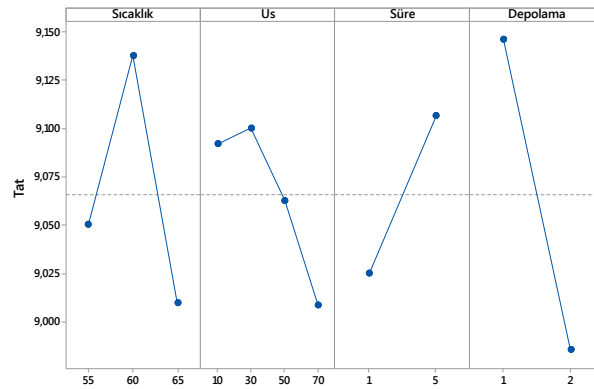
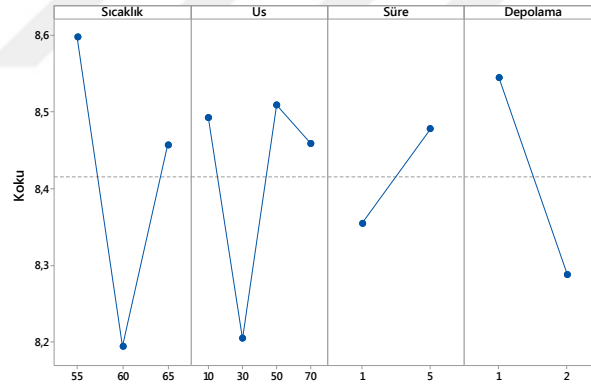
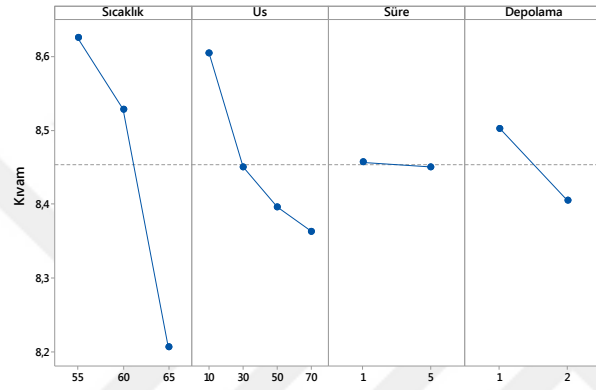
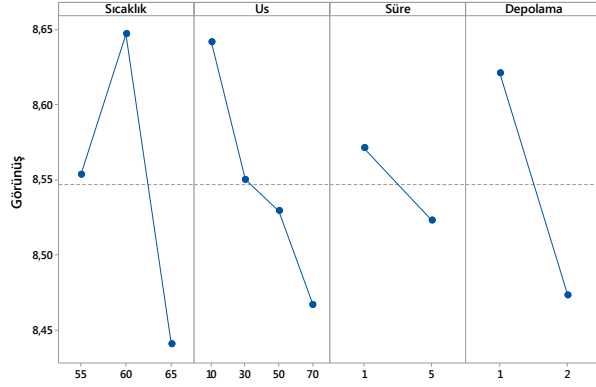
Ultrasonik dalga uygulanmış yoğurt gruplarında tat puanları 8.75-9.35 arasında bulunmuştur. En yüksek puanı 55 °C'de % 10 dalga genliğinde 5 dk sürede 1. gününde alırken, aynı sıcaklıkta 1 dk süreyle % 50 dalga genlikli ultrasonikasyon uygulanan yoğurt örneği 21. gününde en düşük puanı almıştır.

Yoğurt numunelerinde görünüş, kıvam, tat ve koku parametre değerlerinin değişimi Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Buna göre; görünüş puanı 60 °C'ye kadar artış göstermişken, sonrasında düşüşe geçerek en düşük değerine 65 °C'de ulaşmıştır. Ultrasonikasyonun görünüş puanına etkisi dalga genliği arttıkça azalmıştır. İşlem ve depolama süresi artışı da görünüş puanında azalmaya neden olmuştur.

Yapılan örneklerin kıvam puanlarındaki değişim işlemin uygulanma süresi hariç olmakla birlikte genel itibariyle ters orantılıdır. Sıcaklık artışı kıvam puanında düşüşe sebep olurken özellikle bu düşüş 60 °C'den sonra daha keskin olmuştur. Uygulanan dalga genliği de arttıkça kıvam puanında düşüş görülmüştür. İşlem süresinin istatistiki açıdan kıvam puanı değerlendirmesine herhangi bir etkisi olmamıştır. Yoğurtların depolama süresinin artması da kıvam puanını düşürmüştür.

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar, hiçbir parametrenin koku puanında değişim yapmadığını göstermiştir.

Tat puanı değerlendirmesinde ise; en yüksek puan 60 °C'de kendini göstermiştir. Uygulanan ultrasonikasyon değerlerinde; tat puanı önce artış gösterirken, % 30 dalga genliğinden sonra azalmaya geçmiştir. İşlem süresi arttıkça tat puanında doğru orantılı olarak bir artış görülmüştür. Depolama süresi artışı ise tat puanında azalma göstermiştir.



Şekil 6.6. Yoğurt örneklerinin duyu analizi sonuçlarına sıcaklık, us, süre ve depolamanın etkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada % 10, 30, 50 ve 70 oranlarında farklı dalga genlikleri, 1 ve 5 dakika işlem süresi ve 55, 60, 65 °C ile işleme tabi tutulmuş süttten set tip yoğurt üretilmiştir. 21 günlük depolama süresince yoğurt örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri incelenmiştir.

% 10 dalga genliği ile işlem gören yoğurtların duyusal özellikleri diğer yoğurtlardan daha yüksek bulunmuştur. Buna karşın, yoğurt numunelerinin koku puanlamasında, sıcaklık, US, süre ve depolama faktörlerinden hiç biri farklılık yaratmamıştır. Görünüş puanlamasında 60 °C’de işlem gören yoğurtların değerleri diğerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte depolama süresi uzadıkça görünüş puanında düşüş gözlenmiştir. Numunelerin kıvam değerlendirmesinde, 55 °C’de % 10 dalga genliği ile işlem görerek 1 gün depolanan yoğurtlar en yüksek puanı almıştır. Tat puanlamasında ise, 60 °C’de işleme tabi tutulan yoğurtlar en yüksek puanı alırken, uygulanan ultrasonikasyonun değerlendirmede hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür.

Yoğurtların asitifikasyon süreci farklılıklar göstermekle birlikte, Vm, Tm ve Te değerlerinin hepsinin, en yüksek değeri 55 °C’de homojenize edilen yoğurtlarda görülmüştür. Bununla birlikte; Vm değeri % 70 dalga genliği ile işlem gören yoğurtlarda en yüksek olarak belirlenmiştir. Tm değeri ise, % 30 dalga genliği sonrası en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Numunelerin Te değerleri ise; % 10 ve % 70 dalga genliğiyle üretilen iki farklı yoğurt örneğinde en yüksek düzeyde belirlenmiştir.

Farklı ultrasonikasyon uygulamaları yoğurtların TMAB, *Lactobacillus* ve *Streptococcus* sayılarında da farklılıklar göstermekle birlikte, % 10 dalga genliği ile üretilen yoğurtlarda mikroorganizma sayıları daha yüksek belirlenirken, % 70 dalga genliği kullanılan yoğurtlarda en az olarak belirlenmiştir. En yüksek TMAB ve *Lactobacillus* sayısı, 60 °C ile işleme tabi tutulan numunelerde gözlemlenirken. En yüksek *Streptococcus* sayısı 55 ve 60 °C’de işlem gören yoğurtlarda belirlenmiştir. Uygulanan işlemin süresi ve depolama bütün mikroorganizma türleri için de ters orantılı etki etmiştir. İşlem süresi ve depolama uzadıkça mikroorganizma sayıları azalmıştır.

Yoğurtların pH değerleri, titrasyon asitliği ve su tutma kapasitesi üzerinde uygulanan işlem süresinin herhangi bir etkisi olmadığı belirlenirken, su aktivitesi değerlerinde 1 dakika işleme tabi tutulan yoğurtların daha yüksek seviyeler kaydettiği

görülmüştür. Buna karşılık en yüksek pH değerini 55 °C'de homojenize edilen yoğurtlar göstermiştir. Ayrıca % 10 dalga genliği uygulanan yoğurtlar pH açısından diğerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Titrasyon asitliği seviyelerinde ise; yine en yüksek değeri % 10 dalga genliği ile muamele edilen yoğurtlar ortaya koymuştur. Yoğurtların su tutma kapasitesi değerleri 55-60 °C'de işlem gören numunelerde daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık uygulanan ultrasonikasyon oranı % 30 olduğunda en düşük değer elde edilmiştir. Bütün uygulamalardan farklı olarak, yoğurtların su aktivitesi değerlerine sıcaklık ve uygulanan dalga genliği faktörlerinin istatistiki açıdan bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. Örneklerin renk değerlendirmesinde de büyük ölçüde farklılıklar görülmüştür. Sıcaklık ve dalga genliğinin L, a, b kriterlerinden hiç biri üzerinde bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Uygulanan ultrasonikasyon işleminin süresi ise sadece L değerinde fark yaratmış, süre uzadıkça L değeri daha yüksek olarak bulunmuştur. Depolama ise sadece a değerine etki ederek, depolama süresi arttıkça a değeri azalmıştır. Yoğurtların tekstür özellikleri üzerinde çeşitli faktörler etki etmekle birlikte, viskozite indeksi sıcaklık, US ve depolama kriterlerinin hiç birinden etkilenmemiştir. Buna karşılık sertlik, kıvam ve yapışkanlık değerleri, sıcaklık arttıkça yüksek seviyelere ulaşmıştır. Uygulanan ultrasonikasyonun dalga genliğinin viskozite indeksinde olduğu gibi, kıvam puanlamasında da hiçbir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte sertlik puanlamasında en yüksek değeri % 70 dalga genliğiyle işlem gören yoğurt örnekleri göstermiştir.

5.2. Öneriler

Farklı sıcaklık, dalga genliği, işlem süresi ve depolama zamanları denenerek yapılan çalışmada, duyuusal yönden en fazla % 10 dalga genliğiyle işlem gören yoğurtların beğenildiği belirlenmiştir. Bunun dışında, depolama süresi uzadıkça yoğurtların duyuusal puanlamalarında azalma kaydedilmiştir. Bu bağlamda % 10 dalga genliği uygulanan yoğurtların tüketici açısından beğenilebileceği düşünülmektedir. Yoğurt üretiminde farklı bileşimde sütlere sonikasyon uygulanarak, yağ asit kompozisyonu, aroma bileşenleri, reolojik analizler ve yapısal ölçümler vb daha spesifik analizler yapılarak sonikasyonun etkilerinin daha net ortaya konması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akın, N., 2006, Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi, *Damla Ofset*, Konya.
- Alava, J. M., Sahi, S. S., Garcia-Alvarez, J., Turo, A., Chavez, J. A., Garcia, M. J. and Salazar, J., 2007, Use of ultrasound for the determination of flour quality. *Ultrasonics*, 46, 270–76.
- Albu, S., Joyce, E., Paniwnyk, L., Lorimer, J. P., and Mason, T.J., 2004, Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 261–65.
- AOAC, 2002, Official Methods of Analysis of AOAC Intl, 17th edn., Gaithersburg, MD.
- Anonim, 1999, TS 1330. Yoğurt. TSE (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.
- Arruda, S. C. C., Rodriguez, A. P. M. and Arruda, M. A. Z., 2003, Ultrasound-assisted extraction of Ca, K and Mg from in vitro citrus culture. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 14, 470–74.
- Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, Ll., Vilku, K. and Versteeg, C., 2008, Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: A preliminary study on a model system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 155–60.
- Atamer, M., Gürsoy, A., Şenel, E. ve Öztekin, Ş., 2004, Keçi sütü yoğurtlarında organik asit içeriğinin tat-aroma üzerine etkisi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, 2001-07-14-041, Ankara.
- Benedito, J., Carcel, J. A., Gonzalez, R. and Mulet, A., 2002, Application of low intensity ultrasonics to cheese manufacturing processes. *Ultrasonics*, 40, 19–23.
- Bermudez-Aguirre, D., and Barbosa-Canovas, G. V., 2008, Study of butter fat content in milk on the inactivation of *Listeria innocua* ATCC 51742 by thermo-sonication. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 176–85.
- Beshkova, D., Simova, E., Frengova, G. and Simov, Z., 1998, Production of flavour compounds by yogurt starter cultures, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20, 180-186.
- Chaves, A. C. S. D., Fernandez, M., Lerayer, A. L. S., Mierau, I., Kleerebezem, M. and Hugenholtz, J., 2002, Metabolic Engineering of Acetaldehyde Production by *Streptococcus thermophilus*, *Applied and Environmental Microbiology*, 5656–5662.
- Chaves, A. C. S. D., Ruas-Madiedo, P., Starrenburg, M., Hugenholtz, J. and Lerayer, A. L. S., 2003, Impact of engineered *Streptococcus thermophilus* strains over expressing glyA gene on folic acid and acetaldehyde production in fermented milk, *Brazilian Journal of Microbiology*, 34, 114-117.

- Chemat, F., Grondin, I., Shum Cheong Sing, A. and Smadja, J., 2004, Deterioration of edible oils during food processing by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 13–15.
- Chendke, P. K. and Fogler, H. S., 1975, *Macrosonics in industry. Part 4: Chemical processing.* *Ultrasonics*, 13, 31–37.
- Ciccolini, L., Taillandier, P., Wilhem, A.M., Delmas, H. and Strehaiano, P., 1997, Lowfrequency thermo-ultrasonication of *Saccharomyces cerevisiae* suspensions: Effect of temperature and of ultrasonic power. *Chemical Engineering Journal*, 65, 145-149.
- Contreras, N. I., Fairley, P., McClements, D. J. and Povey, M. J. W., 1992, Analysis of the sugar content of fruit juices and drinks using ultrasound velocity measurements, *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 515–29.
- Crelier, S., Robert, M.-C., Claude, J. and Juillerat, M.-A., 2001, Tomato (*Lycopersicon esculentum*) pectinmethylesterase and polygalacturonase behaviors regarding heat- and pressure-induced inactivation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5566–75.
- Ertugay, M. F., Şengül, M. and Şengül, M., 2004, Effect of ultrasound treatment on milk homogenisation and particle size distribution of fat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 303–308.
- Fairbanks, H. V. 1973, Use of ultrasound to increase filtration rate. *Proceedings of the Ultrasonics International Conference*, 11–15.
- Fernandes, F. A. N., Oliveira, F. I. P. and Rodrigues, S., 2007, Use of ultrasound for dehydration of papayas. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 339–45.
- Fernandes, F. A. N. and Rodrigues, S., 2007, Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82, 261–67.
- Fernandes, F. A. N., Gallao, M. I. and Rodrigues, S., 2008, Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 41, 604–10.
- Floros, J. D. and Liang, H., 1994, Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials. *Food Technology*, 48, 79–84.
- Fox, P.F. and Kelly, A.L., 2006, Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects - Part 1. *International Dairy Journal*, 16, 500-516.
- Frölich, P.W., 2002, Processing of milk and the influence on milk components. *New Food*, 5, 77-80.
- Fuente-Blanco, S., Riera-Franco, E., Acosta-Aparicio, V. M., Blanco-Blanco, A. and Gallego-Juarez, J. A., 2006, Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44, e523–27.

- Gaikwad, S. G. and Pandit, A. B., 2008, Ultrasound emulsification: Effect of ultrasonic and physicochemical properties on dispersed phase volume and droplet size. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, 554–63.
- Gallego-Juarez, J. A., Rodriguez-Corral, G., Galvez-Moraleda, J.C. and Yang, T. S., 1999, A new high intensity ultrasonic technology for food dehydration. *Drying Technology*, 17, 597–608.
- Gallego-Juarez, J. A., Elvira-Segura, L. and Rodriguez-Corral, G., 2003, A power ultrasonic technology for deliquoring. *Ultrasonics*, 41, 255–59.
- Gallego-Juarez, J. A., Riera, E., Fuente-Blanco, S., Rodriguez-Corral, G., Acosta-Aparicio, V. M. and Blanco, A., 2007, Application of high-power ultrasound for dehydration of vegetables: Processes and devices. *Drying Technology*, 25, 1893–901.
- Garcia-Perez, J. V., Carcel, J. A., Fuente-Blanco, S. and Riera-Franco, E., 2006, Ultrasonic drying of foodstuff in a fluidized bed: Parametric study. *Ultrasonics*, 44, e539–43.
- Got, F., Culioli, J., Berge, P., Vignon, X., Astruc, T., Quideau, J. M. and Lethiecq, M., 1999, Effects of high intensity high frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef. *Meat Science*, 51, 35–42.
- Higaki, K., Ueno, S., Koyano, T. and Sato, K., 2001, Effects of ultrasonic irradiation on crystallization behaviour of tripalmitoylglycerol and cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 513–18.
- Hoffmann, A. and Heiden, A., 2000, Determination of flavor and off flavor compounds in dairy products using stir bar sorptive extraction (SBSE) and thermal desorption GC/MSD/PFPD, Global Analytical Solutions App Note 5/2000, *Gerstel GmbH & Co.KG*, Aktienstrasse, 232-234.
- Huppertz, T., Fox, P.F., de Kruif, K.G. and Kelly, A.L., 2006, High pressure-induced changes in bovine milk proteins: a review. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1764, 593-598.
- IDF, 1992, General Standard of Identity for Fermented Milks, International Standard 163, *International Dairy Federation*, Brussels.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Paniwnyk, L. and Lelas, V., 2007, Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81, 88–97.
- Jambrak, A. R., Mason, T. J., Lelas, V., Herceg, Z. and Herceg, I. L., 2008, Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. *Journal of Food Engineering*, 86, 281–87.

- Jayasooriya, S. D., Bhandari, B. R., Torley, P. and D'Arcy, B. R., 2004, Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: A review. *International Journal of Food Properties*, 7, 301–19.
- Jayasooriya, S. D., Torley, P. J., D'Arcy, B. R. and Bhandari, B. R., 2007, Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscles. *Meat Science*, 75, 628–39.
- Jiranek, V., Grbin, P., Yap, A., Barnes, M. and Bates, D., 2008, High power ultrasonics as a novel tool offering new opportunities for managing wine microbiology. *Biotechnology Letters*, 30, 1–6.
- Kadkhodae, R. and Povey, M. J. W., 2008, Ultrasonic inactivation of *Bacillus amylase*. I. Effect of gas content and emitting face of probe. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, 133–42.
- Kaloyereas, S. A., 1955, Preliminary report on the effect of ultrasonic waves on the crystallisation of honey. *Science*, 121, 339–40.
- Kondyli E., Katsiari M. C., 2002, Fatty acid composition of raw caprine milk of a native greek breed during lactation, *International Journal of Dairy Technology*, 57-60.
- Krešić, G., Lelas, V., Jambrak, A. N., Herceg, Z. and Brncić, 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.
- Kyllonen, H. M., Pirkonen, P. and Nystrom, M., 2005, Membrane filtration enhanced by ultrasound: a review. *Desalination*, 181, 319–35.
- Liebl, D. E., 1978, Ultrasound and granulation of honey. *American Bee Journal*, 2, 107.
- Lee, H. B., Frend, A. and Shahani, K. M., 1988, Factors affecting the protein quality of yogurt and acidophilus milk, *Journal of Dairy Science*, 71, 3203-3213.
- Lees, G. J. and Jago, G. R., 1978, Role of acetaldehyde in metabolism: a review 2. the metabolism of acetaldehyde in cultured dairy products, *Journal of Dairy Science*, 61, 1216-1224.
- Lopez, P., Sanchez, A. C., Vercet, A. and Burgos, J., 1997, Thermal resistance of tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase at physiological pH. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 204, 146–50.
- Manas, P., Pagan, R., Raso, J., Sala, F. J. and Condon, S., 2000, Inactivation of *Salmonella Typhimurium* and *Salmonella Senftenberg* by ultrasonic waves under pressure. *Journal of Food Protection*, 63,451–56.
- Manas, P. and Pagan, R., 2005, Microbial inactivation by new technologies of food preservation. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 1387–99.

- Manas, P., Munoz, B., Sanz, D. and Condon, S., 2006, Inactivation of lysozyme by ultrasonic waves under pressure at different temperatures. *Enzyme and Microbial Technology*, 39, 1177–82.
- Mason, T. J. and Lorimer, J. P., 1988, *Sonochemistry: Theory, Applications and Uses of Ultrasound in Chemistry*. New York: John Wiley.
- Mason, T. J., Paniwnyk, L. and Lorimer, J. P., 1996, The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3, S253-60.
- McClements, D. J., 1997, Ultrasonic characterization of foods and drinks: Principles, methods, and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 1–46.
- Mckinley, M. C., 2005, The nutrition and health benefits of yoghurt, *International Journal of Dairy Technology*, 58, 1-12.
- Mizrach, A., 2008, Ultrasonic technology for quality evaluation of fresh fruit and vegetables in pre- and postharvest processes. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 315–30.
- Morton, K.I., ter Haar, G.R., Stratford, I.J. and Hill, C.R., 1982, The role of cavitation in the interaction of ultrasound with V79 Chinese hamster cells in vitro. *British Journal of Cancer*, 45, 147-150.
- Moulton, K. J. and Wang, L. C., 1982, A pilot-plant study of continuous ultrasonic extraction of soybean protein. *Journal of Food Science*, 47, 1127–29.
- Muthukumar, S., Kentish, S. E., Ashokkumar, M. and Stevens, G., 2005, Mechanisms for the ultrasonic enhancement of dairy whey ultrafiltration. *Journal of Membrane Science*, 258, 106–14.
- Neppiras, E.A., 1984, Acoustic cavitation series: part one. Acoustic cavitation: an introduction. *Ultrasonics*, 22, 25-28.
- Ordenez, J. A., Sanz, B., Hernandez, P. E. and Lopez-Lorenzo, P., 1984, A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermophilic streptococci. *Journal of Applied Bacteriology*, 54, 175–77.
- Ott, A., Fay, B. L. and Chaintreau, A., 1997, Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45, 850-858.
- Ott, A., Germond, J. E., Baumgartner, M. and Chaintreau, A., 1999, Aroma comparisons of traditional and mild yoghurts: Headspace Gas Chromatography quantification of volatiles and origin of α -diketones, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 47, 2379-2385.
- Piyasena, P., Mohareb, E. and McKellar, R. C., 2003, Inactivation of microbes using ultrasound: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207–16.

- Povey, M. J. W. and McClements, D. J., 1989, Ultrasonics in food engineering. Part II: Applications. *Journal of Food Engineering*, 9, 1–20.
- Povey, M. J. W. and Mason, T. J., 1998, *Ultrasound in Food Processing*. London: Blackie Academic and Professional.
- Rasic, J. and Kurmann, J. A., 1978, *Yoghurt: Scientific Grounds, Technology Manufacture and Preparation*, *Technical Dairy Publishers House*, Copenhagen, Denmark
- Raso, J., Palo, A., Pagan, R. and Condon, S., 1998, Inactivation of *Bacillus subtilis* spores by combining ultrasonic waves under pressure and mild heat treatment. *Journal of Applied Microbiology*, 85, 849–54.
- Ratray, W. and Jelen, P., 1996, Protein standardization of milk and dairy products. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 227-234.
- Raviyan, P., Zhang, Z. and Feng, H., 2005, Ultrasonication for tomato pectinmethylesterase inactivation: Effect of cavitation intensity and temperature on inactivation. *Journal of Food Engineering*, 70, 189–96.
- Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I. and Tissier, J. P., 2003, Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt, *International Dairy Journal*, 13, 773–782.
- Resa, P., Bolumar, T., Elvira, L., Perez, G. and Montero de Espinosa, F., 2007, Monitoring lactic acid fermentation in culture broth using ultrasonic velocity. *Journal of Food Engineering*, 78, 1083–91.
- Riesz, P., Berdahl, D. and Christman, C. L., 1985, Free radical generation by ultrasound in aqueous and nonaqueous solutions. *Environmental Health Perspectives*, 64, 233–52.
- Rodrigues, S. and Pinto, G. A. S., 2007, Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder. *Journal of Food Engineering*, 80, 869–72.
- Ruecroft, G., Hipkiss, D., Ly, T., Maxted, N. and Cains, P. W., 2005, Sonocrystallization: The use of ultrasound for improved industrial crystallization. *Organic Process Research and Development*, 9, 923–32.
- Sanchez-Segarra, P. J., Garcia-Martinez, M., Gordillo-Otero, M. J., Diaz-Valverde, A., Amaro-Lopez, M. A. and Moreno-Rojas, R., 2000, Influence of the addition of fruit on mineral content of yoghurts: nutritional assessment, *Food Chemistry*, 70, 85–89.
- Salazar, J., Turo, A., Chavez, J. A. and Garcia, M. J., 2004, Ultrasonic inspection of batters for on-line process monitoring. *Ultrasonics*, 42, 155–59.

- Scharer, H., 1938, A rapid phosphomonoesterase test for control of dairy pasteurization. *Journal of Dairy Science*, 21, 21-34.
- Semmelink, A., 1973, Ultrasonically enhanced liquid filtering. *Proceedings of the Ultrasonics International Conference, Guilford (England)*, 7-10.
- Seshadri, R., Weiss, J., Hulbert, G. J. and Mount, J., 2003, Ultrasonic processing influences rheological and optical properties of high-methoxyl pectin dispersions. *Food Hydrocolloids*, 17, 191-97.
- Shoh, A., 1975, Industrial applications of ultrasound – A review. I. High-power ultrasound. *IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics*, SU-22, 60-71.
- Simal, S., Benedito, J., Clemente, G., Femenia, A. and Rossello, C., 2003, Ultrasonic determination of the composition of a meat-based product. *Journal of Food Engineering*, 58, 253-57.
- Smith, N. B., Cannon, J. E., Novakofski, J. E., McKeith, F. K. and O'Brien, W. D., 1991, Tenderization of semitendinosus muscle using high intensity ultrasound. *Ultrasonics Symposium*, 1371-73.
- Stadnik, J., Dolatowski, Z. J. and Baranowska, H. M., 2008, Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (m. semimembranosus) during ageing. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 41, 2151-58.
- Suslick, K. S. and Price, G. J., 1999, Applications of ultrasound to materials chemistry. *Annual Review of Materials Science*, 29, 295-326.
- Şahan, N., Yasar K. and Hayaloglu, A. A., 2007, Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22(7), 1291-1297.
- Tamime, A.Y. and Deeth, H. C., 1980, Yoghurt: technology and biochemistry, *Journal of Food Protection*, 43, 939-976.
- Tarleton, E. S. and Wakeman, R. J., 1998, Ultrasonically assisted separation process. In: Povey, M. J. W. and Mason, T. M. (Eds.), *Ultrasound in Food Processing*, 193-218. London: Blackie Academic and Professional.
- Thakur, B. R. and Nelson, P. E., 1997, Inactivation of lipoxygenase in whole soy flour suspension by ultrasonic cavitation. *Die Nahrung*, 41, 299-301.
- Thrasylvoulou, A., Manikis, J. and Tselios, D., 1994, Liquefying crystallized honey with ultrasonic waves. *Apidologie*, 25, 297-302.
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P. and Cullen, P. J., 2008, Colour degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 41, 1876-83.

- Ueno, S., Ristic, R. I., Higaki, K. and Sato, K., 2003, In situ studies of ultrasound-stimulated fat crystallization using synchrotron radiation. *Journal of Physical Chemistry B*, 107, 4927–35.
- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N. and Lizama, V., 2007, Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80, 509–16.
- Vercet, A., Burgos, J. and Lopez-Buesa, P., 2001, Manothermosonication of foods and food-resembling systems: Effect on nutrient content and nonenzymatic browning. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 483–89.
- Vercet, A., Sanchez, C., Burgos, J., Montanes, L. and Lopez-Buesa, P., 2002, The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 53, 273–78.
- Villamiel, M. and de Jong, P., 2000, Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 472–78.
- Wang, L. C., 1975, Ultrasonic extraction of proteins from autoclaved soybean flakes. *Journal of Food Science*, 40, 549–51.
- Wasselfall, F., 1973, De rolle des saurmilchprodukte in der rekanvaleszens, *Schweizersche Nilchzeitung*, 39 (5), 309-310.
- Wood, R. W. and Loomis, A. L., 1927, The physical and biological effects of high frequency sound waves of great intensity. *Philosophical Magazine*, 4, 417–36.
- Wu, H., Hulbert, G. J. and Mount, J. R., 2001, Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1, 211–18.
- Yaygın, H., 1999, Yoğurt Teknolojisi, *Akdeniz Üniversitesi Basımevi*, Antalya, 331.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : EBRU KIRPIK
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : KARABÜK-1981
Telefon : 505-968-69-27
e-mail : ebru.kirpik@tarim.gov.tr

EĞİTİM

Derece : **Adı, İlçe, İl, Bitirme Yılı**
Lise : Sağlık Meslek Lisesi, Safranbolu, Karabük.1999
Üniversite :
 Kocaeli Ün. Köseköy Meslek Yüksekokulu, Köseköy, Kocaeli. 2007
 Selçuk Üniversitesi, Konya. 2013
Yüksek Lisans : Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007-2009	Karabük Ercan Sürücü Kursu	İlkyardım Öğretmeni
2009-2010	Konya Sancak Sürücü Kursu	İlkyardım Öğretmeni
2014-2014	Konya Beyhekim Devlet Hastahanesi	Gıda Mühendisi
2015-2015	Konya Selçuklu Halk Eğitim Merkezi	Gıda Tkn. Öğr.
2017-	GTHB Bayburt İl Müdürlüğü	Gıda Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Süt ve Süt Ürünleri Teknolojisi

YABANCI DİL

İngilizce