

YOĞURT ÜRETİMİNİN FARKLI AŞAMALARINDA ULTRASON
UYGULAMASININ YOĞURTLARIN MİKROBİYOLOJİK VE BAZI
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF THE EFFECT OF ULTRASOUND APPLICATION ON THE
MICROBIOLOGICAL AND SOME PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF
YOGHURT AT DIFFERENT STAGES OF PRODUCTION

Nisanur EKTİK¹, Hakan TAVŞANLI²

Özet

Bu çalışmada laboratuvar ortamında üretilen yoğurt örneklerine üretimin farklı aşamalarında (mayalamadan önce ve sonra) uygulanan ultrason işleminin yoğurtların su tutma kapasitesi, homojenizasyon ve raf ömrü üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak yoğurt gruplarına 2-4 °C soğuk soğukta muhafazanın 1., 7. ve 15. günlerinde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısında her grupta 7. günde yaklaşık 0,5 log artışın olduğu belirlenmiştir. İnokulasyon sonrası ultrason (İ+U) grubunda 7. gün sonuçlarına göre *S. thermophilus* sayısında 1 log azalma olduğu saptanmıştır. En yüksek maya sayısı yine bu grupta 15. gün örneklerinde 5,02 log kob/g düzeyinde saptanmıştır. Kontrol, ultrason sonrası inokülasyon (U+İ) ve İ+U gruplarında su tutma kapasitesi 1. gün analizlerinde ortalama sırasıyla %28,45, %52,96, %46,48 olarak, 7. gün analizlerinde %34,49, %48,17, %50,52 olarak, 15. gün analizlerinde ise %31,34, %54,84 ve %47,84 olarak belirlenmiştir. Homojenizasyon etkinliğinde ise kontrol grubu, U+İ ve İ+U grupları arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Homojenizasyon etkinliği en yüksek %3,03 düzeyinde İ+U grubunda tespit edilmiştir. Kontrol, U+İ ve İ+U gruplarında 15. gün renk analizlerinde L değeri ortalamaları sırasıyla 81,55; 85,56; 84,46 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak ultrason uygulamasının soğuk muhafaza koşullarında depolama süresince yoğurt bakteri sayıları, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin tat ve aromayı etkileyecek bir kusur oluşturmadığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra depolama süresince su tutma kapasitesi, homojenizasyon etkinliği ve L değeri bakımından değerlendirildiğinde ultrason uygulamalarının yoğurdun reolojik özelliklerini geliştirdiği ve soğuk muhafaza koşullarında dayanma süresini artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ultrason, yoğurt, raf ömrü, su tutma kapasitesi, homojenizasyon.

Abstract

In this study, it was aimed to evaluate the effects of ultrasound application applied to yoghurt samples produced in laboratory environment at different stages of production (before and after fermentation) on the water holding capacity, homogenization, and shelf life of yoghurts. In order to achieve this aim, microbiological and physicochemical analyzes were performed on the 1st, 7th and 15th days of the yoghurt groups at 2-4 °C cold storage. It was determined that there was an increase of 0.5 log in the number of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in each group on the 7th day. According to the results of the 7th day in the ultrasound after inoculation (I + U) group, it was found that there was a 1 log decrease in the number of *S. thermophilus*. The highest yeast count was determined at 5.02 log cfu/g in 15th day samples of again I + U group. The water holding capacity in the control, inoculation after ultrasound U + I and I + U groups was determined respectively 28.45%, 52.96%, 46.48% in the first day analyzes, 34.49%, 48.17%, 50.52% in the 7th day analyzes, and 31.34%, 54.84% and 47.84% in the 15th day analysis. Also, in homogenization efficiency a significant difference between the control group, U + I and I + U groups has been determined. The highest homogenization efficiency was detected in I + U group at 3.03% level. In the control, U + I and I + U groups L value averages, in color analysis on the 15th day were determined as 81.55; 85.56; and 84.46 respectively. As a result, it was determined that in ultrasound applications yoghurt bacterial counts, pH and titration acidity values did not cause a defect that would affect taste and aroma during storage under cold storage conditions. In addition, in terms of water holding capacity, homogenization efficiency and L value during storage, it has been determined that ultrasound applications improve the rheological properties of yoghurt and increase its durability under cold storage conditions.

Keywords: Ultrasound, yoghurt, shelf life, water holding capacity, homogenization.

Geliş Tarihi (Received Date):29.04.2021, Kabul Tarihi (Accepted Date):06.05.2021, Basım Tarihi (Published Date): 30.05.2021 ¹Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye, ²Balıkesir Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Balıkesir, Türkiye **E-mail:** nisanurektik@hotmail.com, **ORCID ID's:** N.E; <https://orcid.org/0000-0001-9389-4362>, H.T.; <https://orcid.org/0000-0002-5124-3702>

1. GİRİŞ

Yoğurt sahip olduğu kendine özgü tadı ve dokusu ile tüm dünyada severek tüketilmesinin yanı sıra içerdiği besin öğeleriyle de sağlık için oldukça faydalı bir süt ürünüdür. Dünyanın farklı bölgelerinde; kullanılan çiğ sütün türü, işleme koşulları ve süt mayasının bileşimine göre farklı yoğurt türleri üretilebilmektedir. Türkiye’de ise üretilen yoğurtlar daha çok geleneksel metotlarla evlerde üretilirken, TÜİK verilerine göre 2020 yılında 1.113.782 ton ticari yoğurt üretildiği bildirilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2021). Yoğurt üretimi sırasında sütteki laktozun laktik asit bakterileri tarafından fermantasyonu sonucu laktik asit ile önemli biyoaktif ve aromatik bileşikler ortaya çıkmaktadır. Yoğurtların temel duyuşsal ve fizikokimyasal özellikleri büyük ölçüde fermantasyona dahil olan bakteriler ile ortaya çıkan bu bileşiklere bağlıdır. Bu özellikler aynı zamanda tüketicinin kabulü ve desteğinde önemli faktörlerdir (Hekmat ve Reid, 2006, ss. 163-166).

Ultrason, insan kulağının işitme aralığının üst sınırını (20 kHz) aşan frekans salınımlı bir ses basınç dalgası olarak tanımlanmaktadır (Yu vd., 2020, ss. 91-101). Ultrason uygulamaları son yıllarda gıdalarda raf ömrü uzatılması amacıyla kullanılan geleneksel işlemlere bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Gıda bilimi alanında ultrason; homojenizasyon, emülsifikasyon, ekstraksiyon, kristalizasyon, kesme ve mikrobiyal inaktivasyon gibi pek çok işlemde yaygın bir şekilde uygulanmaktadır (Yuan vd., 2021, ss. 374-385). Özellikle süt sektöründe pastörizasyona alternatif yöntemlerden biri olarak değerlendirilen ultrason işlemi ucuz, basit ve hızlı olması, toksik özellik göstermemesi, çevre dostu olması ve enerji tasarrufu sağlaması yönleri ile ilgi çekmektedir. Yüksek ısı işlem uygulamaları ile kıyaslandığında, homojenizasyon veriminin artırılması ve yapının iyileştirilmesi gibi avantajlara sahiptir (Paniwnyk, 2017, ss. 794-806; Huang vd., 2017, ss. 144-149). Yoğurt üretiminde ise yoğurt bakterilerinin faydalı metabolik faaliyetlerinin artırılmasına ve buna bağlı olarak yoğurtta homojenizasyon, su tutma kapasitesi ve asit oluşturma yeteneğini geliştirdiğine yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Aynı zamanda yoğurt prosesinde inkübasyon süresinin azaltılması ile daha az enerji kullanımı hedeflenmektedir.

Bu çalışma; laboratuvar ortamında üretilen yoğurt örneklerine üretimin farklı aşamalarında (mayalamadan önce ve sonra) uygulanan ultrason işleminin yoğurtların su tutma kapasitesi ve homojenizasyonu üzerine etkilerinin değerlendirmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra yoğurtların soğukta muhafaza süresince mikrobiyolojik ve bazı fizikokimyasal değişimleri takip edilerek raf ömrü belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece yoğurtların raf ömrü süresince güvenle muhafaza edilerek tüketici açısından kabul edilebilirlik düzeylerinin korunması ve bu sayede sektöre alternatif seçenekler kazandırılabilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL METOT

Çalışma materyali olarak kullanılan çiğ inek sütleri, 50 baş sağmalı olan bir çiftlikten temin edilmiştir. Sütler 4 °C soğuk zincir altında en kısa sürede laboratuvara getirilerek işleme alınmıştır. Tüm analizler birbirinden bağımsız üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



2.1 Çalışma gruplarının oluşturulması

2.1.1. Kontrol grubu

+4 C'de bulunan 200 ml süt örneğine 90 °C de 10 dakika ısı işlem uygulanmasının ardından, örnek mayalama ısısı olan 42 °C ye kadar soğutulmuş ve %3 oranında ticari yerel yoğurt ile mayalanmıştır. Mayalamanın ardından 42 °C de pH 4.8'e düşünceye kadar inkübe edilmiş ve 24 saat + 4 °C de soğutulduktan sonra analizleri yapılmıştır.

2.1.2. Ultrason sonrası inokülasyon (U+İ) grubu

90 °C de 10 dakika ısı işlem uygulanmasının ardından +4 C'ye soğutulan 200 ml süt örneğine %15 dalga boyunda mayalama ısısı olan 42 °C ye ulaşana kadar yaklaşık 15 dakika boyunca Bandelin Hd 2200.2, prob TT 13 (Amplichron® Germany) cihazı ile ultrason işlemi uygulanmıştır. Uygulamanın hemen ardından %3 oranında ticari yerel yoğurt ile mayalanmıştır. Mayalamadan sonra 42 °C de pH 4.8'e düşünceye kadar inkübe edilmiş ve 24 saat + 4 °C de soğutulduktan sonra analizleri yapılmıştır.

2.1.3. İnokülasyon sonrası ultrason (İ+U) grubu

90 °C de 10 dakika ısı işlem uygulanmasının ardından +4 C'ye soğutulan 200 ml süt örneği %3 oranında ticari yerel yoğurt ile mayalanmıştır. Mayalamanın ardından %15 dalga boyunda mayalama ısısı olan 42 °C' ye kadar yaklaşık 15 dakika boyunca Bandelin Hd 2200.2, prob TT 13 (Amplichron® Germany) cihazı ile ultrason işlemi uygulanmıştır. Ultrason işlemi sonrası 42 °C de pH 4.8'e düşünceye kadar inkübe edilmiş ve 24 saat + 4 °C de soğutulduktan sonra analizleri yapılmıştır.

2.2. Mikrobiyolojik analizler

10 gr yoğurt örnekleri, steril stomacher torbalarına tartılarak üzerlerine 90'ar ml steril Buffered Peptone Water (BPW) ilave edilmiş ve stomacherde (IUL 400) 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Bu şekilde 1:10 sulandırılan örneklerin homojenatından 1 ml alınarak önceden hazırlanmış, içerisinde 9 ml steril BPW içeren tüplere aktarılmıştır. Tüpler vorteksle karıştırılarak örneklerin seri ondalık dilüsyonları hazırlanılarak uygun besiyerleri üzerine ekim yapılmıştır.

2.3. Yoğurt bakterilerinin sayımı

Yoğurt örneklerinde *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısını tespit etmek amacı ile uygun dilüsyonlardan %10 laktoz ile zenginleştirilmiş MRS agar'a (Merck 1,10660) ve *Streptococcus thermophilus* sayısını tespit etmek için ise M17 agar'a (Merck 1.15108) ekimler yapılmıştır (Türk Standartları Enstitüsü, 2010).



2.4. Maya sayımı

Maya sayımı için uygun dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC) içeren petrilere yayma yöntemi ile ekimler yapılmıştır. Petriler 25°C’de’de beş gün inkübe edildikten sonra oluşan koloniler sayılmıştır.

2.5. Homojenizasyon etkinliği

Yoğurt örneklerinden soğutmanın hemen ardından yoğurt kabının üst tarafından (a) ve alt tarafından (b) alınan örneklerde yağ tayini yapılmış ve aşağıdaki formülle homojenizasyon hesaplanmıştır.

$$H_E = \frac{(a-b)}{a} \times 100$$

a

2.6. Renk analizi

Gruplarda renk ölçümleri Commission Internationale d’Eclairage (CIE, 1978; L değeri siyah/beyazlığı; a, kırmızı / yeşil renk özelliği; b, sarı / mavi renk özelliği)'ye göre, Lovibond® SV 100 renk ölçer ile (Amesbury, United Kingdom) analiz edilmiştir. Sonuçlar 3 tekrarda 5 dakika ara ile 5 ölçüm sonucunun ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

2.7. Raf ömrünün belirlenmesi

Yoğurt örneklerinin 1,7 ve 14. günlerde +4 °C de muhafazasında meydana gelecek değişiklikleri belirlemek amacı ile pH, titrasyon asitliği, su tutma kapasitesi, yoğurt bakterilerinin sayısı ve maya sayımı yapılmıştır.

2.8. pH değeri ve titrasyon asitliğinin (sH) ölçülmesi

Muhafazanın 1,7 ve 14. günlerinde yoğurt örneklerinin pH değerleri dijital pH metre cihazı (Hanna HI 2211, Germany) kullanılarak; titrasyon asitliği ise TS 1330/2006 standart metoduna göre yapılmıştır.

2.9. Su tutma kapasitesinin belirlenmesi

Yoğurt örneklerinden soğutmanın hemen ardından darası bilinen santrifüj tüplerine 10 g yoğurt örneği tartılmış ve 5000xg’de 4°C’de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant uzaklaştırılıp, sediment ağırlığının tartılması ile su tutma kapasitesi yüzde olarak belirlenmiştir.

2.10. İstatistiksel analiz

Analiz günlerinde elde edilen mikrobiyolojik veriler log₁₀ kob/g değerine dönüştürüldükten sonra; örneklerin su tutma, pH, sH ve renk değerleri ise direkt olarak SPSS 26 (IBM SPSS, USA) istatistik paket programı ile analiz edilmiştir. Homojenlik testi sonucunda

homojen dağılım gösteren gruplar arası farklılığın tespit edilmesi amacı ile varyans analizi (Anova test) uygulanmıştır. Varyans analizi ile anlamlılık gösteren ($p < 0.05$) verilerin farklılık düzeylerinin belirlenmesi amacı ile Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

Çalışmada 2-4 °C soğuk muhafaza koşullarında yoğurt örneklerinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus* sayısı 7-8 log kob/g aralığında belirlenmiştir. Muhafazanın 1., 7. ve 15. günlerinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı yönünden gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Ancak muhafaza günlerinde her grubun kendi içerisinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı yönünden anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p < 0.05$). 2-4 °C soğuk muhafaza koşullarında *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısında her grupta 7. günde yaklaşık 0,5 log artışın olduğu belirlenmiştir. *S. thermophilus* sayısı yönünden 1. gün kontrol ile U+İ grubu arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bunun yanında İ+U grubunun 7. gün sonuçlarına göre *S. thermophilus* sayısında 1 log azalmanın olduğu saptanmıştır. Yoğurt örneklerinin tamamında 1. gün analizlerinde maya grubu mikroorganizma saptanmamıştır. Ancak soğuk muhafaza koşullarında İ+U grubunun maya sayısında 7 ile 15. günleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu ($p < 0.05$), en yüksek maya sayısının da yine bu grupta 15. gün örneklerinde 5,02 log kob/g düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

2-4 °C soğuk muhafaza koşullarında yoğurt örneklerinde pH değeri bakımından anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($p > 0.05$). SH değeri yönünden ise U+İ grubu kendi içerisinde 1. ve 7. gün sonuçları arasında anlamlı bir farklılık ($p < 0.05$) gösterirken, 15. gün değerleri benzer olarak kaydedilmiştir ($p > 0.05$). Çalışmada üç grubun da 7. gününde pH değerlerinde azalma görülürken, aynı gün SH değerlerinde artış olduğu saptanmıştır. Analiz günlerinde su tutma kapasitesi yönünden ise kontrol ile U+İ ve İ+U grupları arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Kontrol, U+İ ve İ+U gruplarında 1. gün analizlerinde su tutma kapasitesi sırasıyla ortalama %28,45, %52,96, %46,48 olarak, 7. gün analizlerinde %34,49, %48,17, %50,52 olarak ve 15. gün analizlerinde ise %31,34, %54,84 ve %47,84 olarak belirlenmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi değerinin %54,84 ile U+İ grubunda ve 15. günde olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin homojenizasyon etkinliğinde ise kontrol, U+İ ve İ+U grupları arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Homojenizasyon etkinliği en yüksek %3,03 düzeyinde İ+U grubunda tespit edilmiştir (Tablo 2).

Yoğurt örneklerine ait renk skalası göstergelerinden biri olan L değerinde ise 1. gün sonuçlarına göre İ+U grubu ile diğer gruplar arasında anlamlı bir fark belirlenirken ($p < 0.05$), aynı grubun 1 ve 15. gün sonuçları benzer olarak değerlendirilmiştir ($p > 0.05$). Aynı zamanda ultrason uygulanan gruplar ile kontrol grubu arasında muhafazanın son günü olan 15. gün sonuçlarına göre anlamlı bir fark görülmüştür ($p < 0.05$). Kontrol, U+İ ve İ+U gruplarında 15. gün renk analizlerinde L değeri ortalamaları sırasıyla 81,55; 85,56 ve 84,46 olarak belirlenmiştir. Renk kriterlerinden a ve b değerlerinde ise gruplar arasında fark saptanmamıştır ($p > 0.05$) (Tablo 3).

Tablo-1: Yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> sayısı			<i>S. thermophilus</i> sayısı			Maya sayısı	
	1	7	15	1	7	15	7	15
Kontrol	7.75±0.56 ^{cd}	8.22±0.39 ^{ab}	7.65±0.55 ^{cd}	8.45±0.15 ^a	7.89±0.22 ^{bc}	7.90±0.18 ^{bc}	4.23±1.27 ^{abc}	3.60±0.00 ^{bc}
U+İ	7.79±0.26 ^{bc}	8.26±0.28 ^a	7.47±0.21 ^{cd}	7.63±0.47 ^{cd}	8.03±0.47 ^{abc}	8.35±0.34 ^{ab}	3.43±0.60 ^{bc}	4.49±0.52 ^{ab}
İ+U	7.68±0.28 ^{cd}	8.23±0.37 ^{ab}	7.29±0.23 ^d	8.33±0.07 ^{ab}	7.32±0.76 ^d	8.27±0.23 ^{ab}	2.95±0.04 ^c	5.02±0.47 ^a

*a,b,c,d farklılıklar belirtilmiştir (p<0.05).

Tablo-2: Yoğurt örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları

	pH			SH			Su Tutma Kapasitesi ^{**}			H _E
	1	7	15	1	7	15	1	7	15	
Kontrol	4.54±0.32 ^a	4.34±0.29 ^a	4.39±0.16 ^a	0.80±0.14 ^{ab}	0.89±0.13 ^a	0.81±0.02 ^{ab}	28.45±0.98 ^b	34.49±2.30 ^b	31.34±2.28 ^b	52.41±9.02 ^c
U+İ	4.55±0.38 ^a	4.31±0.28 ^a	4.40±0.08 ^a	0.61±0.15 ^b	0.87±0.09 ^a	0.78±0.05 ^{ab}	52.96±5.60 ^a	48.17±4.63 ^a	54.84±8.95 ^a	7.5±2.83 ^b
İ+U	4.64±0.18 ^a	4.37±0.14 ^a	4.26±0.21 ^a	0.71±0.07 ^{ab}	0.85±0.05 ^a	0.80±0.06 ^{ab}	46.48±5.70 ^a	50.52±8.56 ^a	47.84±10.79 ^a	3.03±1.68 ^a

* a,b,c,d farklılıklar belirtilmiştir (p<0.05).

** a,b,c,d farklılıklar belirtilmiştir (p<0.01).

Tablo-3: Yoğurt örneklerinin renk analiz sonuçları

	L Değeri			a Değeri			b Değeri		
	1	7	15	1	7	15	1	7	15
Kontrol	84.60±1.08 ^{ab}	81.76±1.62 ^b	81.55±1.00 ^b	-0.43±.28 ^a	-0.25±0.67 ^a	-0.13±0.65 ^a	4.13±0.82 ^a	3.95±0.92 ^a	4.06±0.95 ^a
U+İ	84.77±1.73 ^{ab}	86.23±1.24 ^a	85.56±0.85 ^a	0.06±0.33 ^a	0-.23±0.20 ^a	-0.13±0.05 ^a	3.96±0.72 ^a	3.76±0.37 ^a	4.03±0.30 ^a
İ+U	85.46±2.94 ^a	84.76±2.32 ^{ab}	84.46±2.19 ^a	0.00± ^a	0.20±0.52 ^a	-0.30±0.26 ^a	3.76±0.37 ^a	3.90±0.62 ^a	4.06±0.56 ^a

* a,b,c,d farklılıklar belirtilmiştir (p<0.05).

4. TARTIŞMA

Fermente bir süt ürünü olan yoğurt, insan sağlığı üzerine olumlu etkilerinden dolayı fonksiyonel gıdalar içerisinde yer almaktadır (Aryana ve Olson, 2017, ss. 9987-10013). Bu etkilere önemli bir protein, tiamin, riboflavin, B12, folat, niasin, kalsiyum, fosfor, magnezyum ve çinko kaynağı olması örnek verilmektedir (O'connell ve Fox, 2001, ss. 103-120). Bunların yanı sıra yoğurt süt laktozunun, yoğurt bakterilerinin fermantasyonu sırasında sentezlenen laktik asit ve biyoaktif bileşikler ile bağırsak pH'sını düşürerek patojen mikroorganizmaların üremesini engellemektedir (Preedy vd., 2013). Ayrıca bağışıklık sistemi için önemli olan diasetil, asetoin, hidrojen peroksit, reuterin, antifungal peptitler ve bakteriyosinler gibi çok çeşitli antimikrobiyal bileşikler üretilmektedir (Holzapfel, Geisen ve Schillinger, 1995, ss. 343-362; Matilla-Sandholm ve Saarela, 2003). Bu anılan olumlu etkilerinin oluşması için Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre yoğurdun toplam spesifik mikroorganizma sayısının en az 107 kob/g düzeyinde olması gerektiğini belirtmiştir (Türk Gıda Kodeksi [TGK], 2009). Çalışmada ultrason uygulaması ile kavitasyon alanlarında meydana gelen patlama ile açığa çıkan ısı sütü +4 °C den yaklaşık 15 dakika gibi bir sürede mayalama sıcaklığı olan 42 °C ye yükseltmiştir. Ancak ultrason uygulanan gruplarda yoğurt bakteri sayılarının kontrol grupları ile aynı ve 107 kob/g düzeyinin üzerinde olması, %15 dalga boyundaki ultrason uygulamasının yoğurt bakterileri üzerine antimikrobiyal bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Aynı zamanda çalışmada ultrason uygulanan gruplar ile kontrol grubu arasında yoğurt bakteri sayıları bakımından farklılığın olmaması ultrasonun yoğurt bakterileri üzerine sinerjik bir etkisinin de olmadığını kanıtlar. Çalışmaya benzer olarak Wu, Hulbert ve Mount (2000, ss. 211-218) 20 kHz 13 mm prob ile 150 ml süte 1, 6 ve 10 dakika süresince %20, 50 ve 100 dalga boyunda uygulanan ultrasonun, yoğurt bakterileri üzerinde sinerjik bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Çalışmadan farklı olarak Barukčić vd. (2015, ss. 94-101) 100 ml süt örneğine 20 kHz 12 mm prob ile 10 dakika uyguladıkları ultrasonun laktik asit bakterilerinde sinerjik etkiyi arttırdığını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada Gholamhosseinpour ve Hashemi (2019) 200 ml süt örneğine 30 kHz %25 dalga boyunda 5, 10 ve 15 dakika boyunca uygulanan ultrason sonucunda bakteriyal popülasyonda artış olduğunu kaydetmişlerdir. Niamah (2019, ss. 103) 40 kHz ve 0, 5, 10, 15 ile 20 dakika boyunca uygulanan ultrasonun fermantasyonda farklı laktik asit bakterileri üzerine yapmış olduğu etkileri incelediği çalışmada ise bakteri popülasyonundaki artış ya da azalmanın, bakterinin türüne ve ultrason uygulama süresine göre değiştiğini bildirmiştir. Tüm bu çalışmaların aksine Delgado vd. (2020, ss. 4638) keçi sütüne uyguladıkları ultrason ile yoğurt bakteri sayılarında azalmanın olduğunu ve bu azalmanın muhafaza süresince devam ettiğini rapor etmiştir. Çalışmalarda bulgular arasındaki farklılık; mevcut laktik asit bakterileri türlerinin ya da ultrasonun frekansı, gücü ve problemlerin farklılığı ile açıklanabilir. Bunun yanında çalışmada bakteri sayısı bakımından ultrasonun mayalamadan önce ya da mayalamadan sonra uygulanması arasında bir fark tespit edilmemiştir. Genel olarak ultrason uygulamalarına büyük hücrelerin, küçük olanlara göre dirençli olmasının yanı sıra membran geçirgenliğini artırması mikroorganizma popülasyonunda artışa neden olabilmektedir (Drakopoulou vd., 2009, ss. 629-634). Bu durum çalışmada ultrason uygulanan



gruplarda maya sayısının daha yüksek çıkmasını doğrular niteliktedir. Özellikle İ+U grubunda 15. gün örneklerindeki yüksek maya sayısı, yoğurt bakterilerinin inokülasyon ile yoğurda kontamine olan mayaların da ultrason uygulamasına maruz kalmasından kaynaklanabilir.

Çalışmada yoğurt örneklerinde soğuk muhafaza koşullarında kontrol grubu ile ultrason uygulanan gruplar arasında pH ve SH değişimleri bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Benzer olarak Gursoy vd. (2016, ss. 235-241) fermantasyon öncesi ultrason uyguladıkları ve +4 °C de muhafaza edilen yoğurt örneklerinin 1, 5 ve 10. günlerinde pH değerlerinin kontrol grubu ile benzer olduğunu bildirmişlerdir. Farklı olarak Potoroko vd. (2018, ss. 463-472) yoğurt fermantasyonunda farklı dalga boylarında uygulanan ultrasonun SH değerini arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmada yoğurt örneklerinde su tutma kapasitesi yönünden kontrol grubu ile ultrason uygulanan gruplar arasında önemli bir fark tespit edilmişken, ultrason grupları arasında ise fark görülmemiştir. Bu durum yoğurt bakterilerinin inokülasyonunun ardından ultrason uygulanmasının, örneklerin su tutma kapasitesine etkisinin olmadığını göstergesidir. Yoğurt örneklerinde genel olarak başarılı bir homojenizasyon için HE<10 olması beklenmektedir (Metin, 1998). Çalışmada İ+U grubunun (HE: 3,03) homojenizasyon etkinliğinin HE:0 değerine en yakın olarak tespit edilmesi, yoğurt bakterilerine ultrason uygulanmasının homojenizasyonda daha etkili olduğu sonucu çıkarılabilir. Şengül vd. (2009, ss. 219-222) 250 ml süt örneğine 20 kHz frekansta %70 dalga boyu, 3 ve 6 dakika uyguladıkları ultrason sonrası mayaladıkları yoğurt örneklerinde benzer HE değerini tespit ettiklerini bildirmişler. Ultrason uygulamalarının sütte yağ molekül çaplarını küçülttüğü ve buna bağlı olarak emülsiyon kuvvetini artırarak homojenizasyonu kuvvetlendirdiğine yönelik birçok araştırma bulunmaktadır (Riener vd., 2009, ss. 905-911; Sfakianakis vd., 2015, ss. 548-557). Ancak yapılan literatür taramalarında yoğurtların bakteri ile inokülasyondan sonra uygulanan ultrasonun homojenizasyon gücünü, ultrason uygulandıktan sonra yapılan inokülasyona kıyasla arttırdığına yönelik bir çalışma tespit edilememiştir. Bunun yanında çalışmaya benzer olarak birçok araştırmacı ultrason uygulanmasının yoğurdun su tutma kapasitesi ve homojenizasyonunda etkili olduğunu bildirmişlerdir (Riener vd., 2010, ss. 1108-1113; Bosiljkov vd., 2012, ss. 44-48; Sfakianakis vd., 2015, ss. 548-557).

Renk değerinin maddelerin niteliğini ve kalitesini belirleyen önemli özelliklerden biri olması, yoğurt örneklerinde soğuk muhafaza koşullarında raf ömrünün belirlenmesi amacıyla renk analizlerinin de yapılmasının gerekliliğini doğurmuştur. Yoğurt örneklerinin soğuk muhafaza koşullarında 1. 7. ve 15. gün analizlerinde kontrol grubunda "L" değerinde azalma; ultrason gruplarında ise artmaların olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara benzer olarak Riener vd., (2010, ss. 1108-1113), Gursoy vd., (2016, ss. 235-241); ultrason uygulanan yoğurt örneklerinde kontrol grubuna göre L değerinde artma olduğunu rapor etmişlerdir. CIE'e göre L değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) aralığında olup, 100 değerine yaklaştıkça gıda örneklerinde beyazlık artmaktadır. Bu durumda ultrason uygulanan grupların beyazlık değerini korudukları hatta arttırdıkları söylenebilir.

Sonuç olarak ultrason uygulanan yoğurt örneklerinde soğuk muhafaza koşullarında 15 gün depolama süresince yoğurt bakteri sayıları, pH ve titrasyon asitliği bakımından tat ve aromayı etkileyecek herhangi bir kusur oluşmadığı belirlenmiştir. Ancak su tutma kapasitesi, homojenizasyon etkinliği ve L değeri bakımından değerlendirildiğinde 15. gün analiz değerleri ile 1. gün analiz değerleri arasında farklılığın olması ultrason uygulamasının yoğurdun reolojik özelliklerini geliştirdiği ve soğuk muhafaza koşullarında dayanma süresini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKÇA

- Aryana, K. J., & Olson, D. W. (2017). A 100-year review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9987-10013. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12981>
- Barukčić, I., Jakopović, K. L., Herceg, Z., Karlović, S., & Božanić, R. (2015). Influence of high intensity ultrasound on microbial reduction, physico-chemical characteristics and fermentation of sweet whey. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 27, 94-101.
- Bosiljkov, T., Tripalo, B., Ježek, D., Brnčić, M., Karlović, S., & Dujmić, F. (2012). Influence of high intensity ultrasound treatments on physical properties of sheep milk. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology*, 7(special issue), 44-48.
- Delgado, K., Vieira, C., Dammak, I., Frasso, B., Brígida, A., Costa, M. & Conte-Junior, C. (2020) Different ultrasound exposure times influence the physicochemical and microbial quality properties in probiotic goat milk yogurt. *Molecules*, 25(20), 4638. <https://doi.org/10.3390/molecules25204638>
- Drakopoulou, S., Terzakis, S., Fountoulakis, M. S., Mantzavinos, D., & Manios, T. (2009). Ultrasound-induced inactivation of gram-negative and gram-positive bacteria in secondary treated municipal wastewater. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(5), 629-634. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2008.11.011>
- Gholamhosseinpour, A., & Hashemi, S. M. B. (2019). Ultrasound pretreatment of fermented milk containing probiotic *Lactobacillus plantarum* AF1: Carbohydrate metabolism and antioxidant activity. *Journal of Food Process Engineering*, 42(1), e12930. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12930>
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, 25, Ankara, Türkiye.
- Gursoy, O., Yilmaz, Y., Gokce, O., & Ertan, K. (2016). Effect of ultrasound power on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink produced with thermosonicated milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28, 235-241.
- Hekmat, S., & Reid, G. (2006). Sensory properties of probiotic yogurt is comparable to standard yogurt. *Nutrition Research*, 26, 163-166.
- Holzappel, W. H., Geisen, R., & Schillinger, U. (1995). Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International Journal of Food Microbiology*, 24(3), 343-362. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)00036-6](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)00036-6)

- Huang, G., Chen, S., Dai, C., Sun, L., Sun, W., Tang, Y., Xiong, F., He, R. & Ma, H. (2017). Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.018>
- Mattila-Sandholm, T., & Saarela, M. (Eds.) (2003). *Functional dairy products*. New York: Crc Press.
- Metin, M. (1998). Süt teknolojisi: Sütün bileşimi ve işlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 33, İzmir.
- Niamah, A. K. (2019). Ultrasound treatment (low frequency) effects on probiotic bacteria growth in fermented milk. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 7(2), 103.
- O'connell, J. E., & Fox, P. F. (2001). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: A review. *International Dairy Journal*, 11(3), 103-120. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00033-4)
- Paniwnyk, L. (2017). Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 794-806. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.025>
- Potoroko, I., Kalinina, I., Botvinnikova, V., Krasulya, O., Fatkullin, R., Bagale, U., & Sonawane, S. H. (2018). Ultrasound effects based on simulation of milk processing properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.06.019>
- Preedy, V. R., Srirajskanthan, R., & Patel, V. B. (2013). *Handbook of Food Fortification and Health*. New York: Humana Press.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2010). A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. *Food Chemistry*, 119(3), 1108-1113. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.025>
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2009). The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. *Food Chemistry*, 114(3), 905-911. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.037>
- Sfakianakis, P., Topakas, E. & Tzia, C. (2015). Comparative study on high-intensity ultrasound and pressure milk homogenization: Effect on the kinetics of yogurt fermentation process. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 548–557. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1412-9>
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., & Ertugay, M. F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34(4), 219-222.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2006). TS 1330 Yoğurt. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2010) TS ISO 9232, Yoğurt- Yoğurda özgü mikroorganizmaların (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*) belirlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2021). Süt ve süt ürünleri üretimi, Aralık 2020. Çevrimiçi <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sut-ve-Sut-Urunleri-Uretimi-Aralik-2020-37231>



Yoğurt üretiminin farklı aşamalarında ultrason uygulamasının yoğurtların mikrobiyolojik ve bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi

Ektik & Tavşanlı

Wu, H., Hulbert, G. J., & Mount, J. R. (2000). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1(3), 211-218.

Yu, H., Liu, Y., Li, L., Guo, Y., Xie, Y., Cheng, Y., et al. (2020). Ultrasound-involved emerging strategies for controlling foodborne microbial biofilms. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 91–101.

Yuan, S., Li, C., Zhang, Y., Yu, H., Xie, Y., Guo, Y., & Yao, W. (2021). Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in food: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 374–385. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.048>