



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülşah YILDIRIM

**ISIL OLAN VE OLMAYAN İŞLEMLER İLE
PASTÖRİZE EDİLEN YULAF SÜTÜNDEN
YOĞURT YAPIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2021

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ISIL OLAN VE OLMAYAN İŞLEMLER İLE
PASTÖRİZE EDİLEN YULAF SÜTÜNDEN YOĞURT
YAPIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gülşah YILDIRIM

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
OCAK – 2021**

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Gülşah YILDIRIM



ÖZET

ISIL OLAN VE OLMAYAN İŞLEMLER İLE PASTÖRİZE EDİLEN YULAF SÜTÜNDEN YOĞURT YAPIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Gülşah YILDIRIM

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hande DEMİR

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU

Ocak 2021, 61 sayfa

Bu çalışmanın amacı; ısıtım işlem (T) ve UV-C destekli ısıtım işlem görmüş (UV-C+T) olan yulaf sütünden set-tipi bitkisel kaynaklı yoğurt üretmektir. Bu amaçla, işlem görmemiş, ısıtım işlem görmüş (63 °C, 30 dak) ve UV-C destekli ısıtım işlem görmüş (10 döngü, 77,67 J/mL, 60 °C) yulaf sütü örneklerinden laktik asit fermantasyonu ile üretilen yoğurtların mikrobiyel, fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal değişimleri 21 gün boyunca takip edilmiştir. Hem T hem de UV-C+T işlemlerinde yulaf sütü örneklerin *E. coli* K-12 sayısında yaklaşık log 5 kob/mL düşüş sağlanmıştır. Depolama boyunca, UV-C+T işlem görmüş yulaf sütünden üretilen yoğurtlar, en yüksek pH (5-6) ve en düşük sineresis değerlerine sahip olmuştur. Yine UV-C+T işlem görmüş yulaf sütünden üretilen yoğurtların L* (60,9 ± 0,1) ve b* (4,9 ± 0,1) değerleri, işlem görmemiş ve T işlem görmüş örneklere göre daha düşüktür. Depolama esnasında, UV-C+T işlem görmüş yulaf sütünden üretilen yoğurtların sertlik (g) ve yapışma kuvveti (g) değerleri ise işlem görmemiş ve T işlem görmüş örneklere göre daha yüksek seyretmiştir. Bunun yanında, yoğurtların genel kabul edilebilirlik değerlendirmesi bakımından işlem görmemiş, T ve UV-C+T örnekleri arasında kayda değer ($P<0.05$) bir fark görülmemiştir. Bu çalışmanın sonuçları, UV-C+T yulaf sütünün son ürün olan yoğurdun karakteristik özelliklerini geliştirmek üzere kullanım potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Yulaf sütü, süt içermeyen yoğurt, sarmal tüplü UV-C reaktör, raf ömrü.

ABSTRACT

INVESTIGATION ON THE POSSIBILITIES OF YOGHURT PRODUCTION FROM OAT MILK PASTEURIZED BY THERMAL AND NON-THERMAL PROCESSES

Gülşah YILDIRIM

M.Sc., Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hande DEMİR

Co-Supervisor: Asisst. Prof. Dr. Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU

June 2021, 61 pages

The aim of this study was to produce set-type non-dairy yogurt from oat milk pasteurized by thermally (T) and UV-C (a coiled-tube type) assisted thermally (UV-C+T) processes. The yogurts were produced from untreated, T (63 °C, 30 min) and UV-C+T treated (10 cycles, 77.67 J/mL, 60 °C) oat milk by lactic acid fermentation and their microbiological, physicochemical, textural and sensorial changes monitored for 21 days. The reduction of *E. coli* K-12 was 5 log cfu/ml for both T and UV-C+T treated samples. Yogurts from UV-C+T treated oat milk has the highest pH (5-6) and the lowest syneresis value during the storage time. L^* (60.9 ± 0.1) and b^* (4.9 ± 0.1) values of yogurts from UV-C+T treated oat milk were lower compared to untreated and T treated oat milk. Yogurts of UV-C+T treated oat milk had higher hardness (g) and adhesive forces (g) values than the ones of untreated and T treated during the storage time. Moreover, there was no significant difference ($P < 0.05$) in terms of overall acceptability of yogurts of untreated, UV-C+T and T treated oat milk. Results showed that the use of UV-C+T treated oat milk has a potential for improving the characteristics of the final product.

Key Words: Oat milk, non-dairy yogurt, coiled tube UV-C reactor, shelf-life.

Aileme...



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez alanımın ve konumun belirlenerek, çalışmamın yürütülmesine yardımcı olan ve çalışma sürecim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Hande DEMİR'e ve ikinci danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans tezime değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DİDİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez konum kapsamında yapılan deneylerde teknik destek sağlayan Merve YILDIRIM'a, Belma EKE ve Muhammed Şefik ÖZEL'e teşekkürlerimi sunarım. Duyusal analiz paneline gönüllü panelist olarak katılan Gıda Mühendisliği Bölümü Akademik personeline değerli katılımlarından dolayı teşekkür ederim. Tez çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen aileme ayrıca sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi BAP (OKÜBAP-2019-PT3-016) birimi tarafından desteklenmiştir. Adı geçen kuruma teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İTHAF SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Yulafın Özellikleri ve Sağlık Açısından Yararları.....	8
2.2. Yoğurt.....	9
2.3 Bitkisel Sütler.....	10
2.3.1 Yer Fıstığı Sütü.....	10
2.3.2 Badem Sütü.....	12
2.3.3 Hindistan Cevizi Sütü.....	13
2.3.4 Soya Sütü.....	14
2.3.5 Yulaf Sütü.....	16
2.4 Gıdalarda Uygulanan İşlemler.....	18
2.4.1 Isıl Olmayan İşlem.....	18
2.4.2 Isıl İşlem.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1 Materyal.....	22
3.1.1 Yulaf Ezmesi.....	22
3.1.2 İçme Suyu.....	22
3.1.3 Mikroorganizma.....	23
3.1.4 Kullanılan Besiyeri ve Kimyasallar.....	23
3.2 Yöntem.....	23
3.2.1 Yulaf Sütü Üretimi.....	23

3.2.2 Yulaf Sütünün Özelliklerinin Belirlenmesi	24
3.2.3 <i>E. coli</i> K-12'nin Canlandırılması, İnokulasyonu ve Sayımı	24
3.2.4 Yulaf Sütünün Sürekli Sistem UV-C Reaktörde Pastörizasyonu.....	25
3.2.5 Yulaf Sütünün Geleneksel Isıl İşlem ile Pastörizasyonu.....	26
3.2.6 Yulaf Sütünün Sürekli Sistem UV-C Reaktör ve Isıl İşlem Kombinasyonu ile Pastörizasyonu	26
3.2.7 Yulaf Sütünden Yoğurt Yapımı	27
3.2.8 Depolama Boyunca Gözlenen Değişimler.....	29
3.2.9 İstatistiksel Analiz	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	34
4.1 Yulaf Sütünün Karakterizasyonu	34
4.2 Yulaf Sütünün Termal, UV-C ve UV-C Destekli Termal Yöntemler ile İşlenmesi.....	34
4.3 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanmasında Mikrobiyel Değişiklikler	36
4.4 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanması Sırasında Fizikokimyasal Değişiklikler	38
4.5 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanması Sırasındaki Renk Değişiklikleri	41
4.6 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanması Boyunca Tekstürel ve Duyusal Değişiklikler.....	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dünya’da 2010-2017 yılları arasındaki yulaf (bin ton) üretim miktarları.	4
Çizelge 1.2 Dünya’da 2010-2017 yılları arasındaki yulaf (milyon ton) tüketim miktarları	4
Çizelge 1.3 Yulaf sütünün kimyasal bileşimi	5
Çizelge 2.1 İdeal standart protein ile soya sütü ve inek sütü proteinlerinin esansiyel aminoasit kompozisyonu.....	16
Çizelge 2.2 Süte uygulanan ısı işlem normları ve mikroorganizmalar üzerine olan etkileri	20
Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan içme suyunun etiketinde yer alan bazı özellikler .	22
Çizelge 4.1 +4 °C’de depolama süresince yulaf sütü yoğurtlarındaki renk değişiklikleri.....	43
Çizelge 4.2 +4 °C’de depolama sırasında yulaf sütü yoğurtlarındaki duyu değişiklikler.....	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Bitki bazlı süt alternatiflerinin genel üretim akış şeması.....	3
Şekil 2.1 Yer fıstığı sütü üretimi akış şeması.....	11
Şekil 2.2 Badem sütü üretimi akış şeması.....	12
Şekil 2.3 Hindistan cevizi sütü üretimi akış şeması.....	13
Şekil 2.4 Soya sütü üretimi akış şeması	15
Şekil 2.5 Yulaf sütü üretimi akış şeması	17
Şekil 3.1 Yulaf sütü üretimi akım şeması	24
Şekil 3.2 Sürekli sistem UV-C reaktörü.....	25
Şekil 3.3 Isıl işlem uygulaması	26
Şekil 3.4 Isıl işlem ile kombine edilmiş sürekli sistem UV-C reaktörü şeması.....	27
Şekil 3.5 Isıl işlem ile kombine edilmiş sürekli sistem UV-C reaktörü ile pastörizasyon uygulaması	27
Şekil 3.6 Yulaf sütünden yulaf sütü yoğurdu üretimi işlem basamakları	28
Şekil 3.7 Yulaf yoğurdunun renk ölçümü.....	28
Şekil 3.8 Yulaf yoğurdunda toplam titrasyon asitliği ölçümü	31
Şekil 3.9 Yulaf sütü yoğurdunda viskozite ölçümü	32
Şekil 3.10 Yulaf yoğurdunda tekstür profil analizi.....	33
Şekil 4.1 Yulaf sütü örneklerinde termal (T), UV-C (UV-C) ve UV-C destekli termal (UV-C+T) teknikler ile <i>E. coli</i> K- 12 inaktivasyonu	35
Şekil 4.2 İşlem görmemiş, UV-C destekli ısıl işlem görmüş ve ısıl işlem görmüş yulaf sütünden elde edilen yoğurt örneklerinde 4°C'de saklama sırasında gerçekleşen LAB sayısı değişimi	38
Şekil 4.3 +4 °C'de depolama sırasında yulaf sütü yoğurtlarında a) pH ve titre edilebilir asitlik, b) sineresis, c) viskozite ve d) kuru madde içeriği değişiklikleri.....	41
Şekil 4.4 + 4 °C'de depolama sırasında yulaf sütü yoğurtlarında a) sertlik ve b) yapışma gücü değişiklikleri.....	45

SİMGELER ve KISALTMALAR

a*	Kırmızılık, Yeşillik
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANOVA	Tek-Yönlü Varyans Analizi
ATCC	American Type Cell Culture
b*	Sarılık, Mavilik
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komitesi
dak	Dakika
DNA	Deoksiribonükleik Asit
FDA	Food and Drug Administration
HDL	High Density Lipoprotein
HMF	Hidroksi Metil Furfural
HTST	High Temperature Short Time
J	Joule
kHz	KiloHertz
kob	Koloni Oluşturan Birim
L*	Aydınlık
LAB	Laktik Asit Bakterisi
LDL	Low Density Lipoprotein
Log	Logaritma
LTLT	Low Temperature Long Time
mL	Mililitre
MPa	Mega Paskal
N	Newton
nm	nanometre
<i>P</i>	<i>P</i> -değeri
PTFE	Politetrafloroetilen
sn	Saniye
TMO	Toprak Mahsulleri Ofisi
TPA	Tekstürel Profil Analizi
TSA	Tryptic Soy Agar

UHT	Ultra High Temperature
UV	Ultraviyole
UV-C	Ultraviyole – C tipi
VLDL	Very Low Density Lipoprotein
WHO	World Health Organization
ΔE	Örneklerin Toplam Renk Değeri Farklılığı



1. GİRİŞ

Süt; proteinler, mineraller, yağlar ve şekerlerden oluşan insan sağlığı için önemli olan tam bir gıda olarak kabul edilir (Silva vd., 2020). Yüzlerce yıldır inek sütü dünya çapında yaygın olarak tüketilmektedir (Vanga ve Raghavan, 2018). Ancak herkes tarafından kolayca sindirilen ve emilen bir gıda değildir. Çünkü sütün insan üzerinde laktoz intoleransı ve inek sütü protein alerjisi gibi olumsuz etkileri vardır. Dünya nüfusunun %75'inde laktoz intoleransı bulunmaktadır (Silva vd., 2020). Laktoz intoleransı, laktaz enziminin eksikliğinden dolayı, laktoz sindiriminin zayıf olması ve sonuç olarak süt ve süt ürünlerini aldıktan sonra kişide şişkinlik, karın ağrısı ve ishal gibi bazı semptomların ortaya çıkmasıdır. Süt ürünleri tüketimi 40 ülkede koroner kalp hastalığı insidansı ile korelasyon göstermiştir. Tek istisna, Finlandiya ile benzer bir kolesterol ve doymuş yağ alımını gösteren ancak daha düşük bir koroner kalp ölüm oranı gösteren Fransa'dır. Bu paradoks, Fransa'da koruyucu olabilen daha yüksek bitkisel gıda tüketimi (doymamış yağ asitleri içeren) ile açıklanmıştır. Ayrıca, çalışmalar 12-16 karbon atomlu doymuş yağ asitleri alımının artan plazma kolesterol düzeylerine neden olduğunu göstermiştir (Önning vd., 1998).

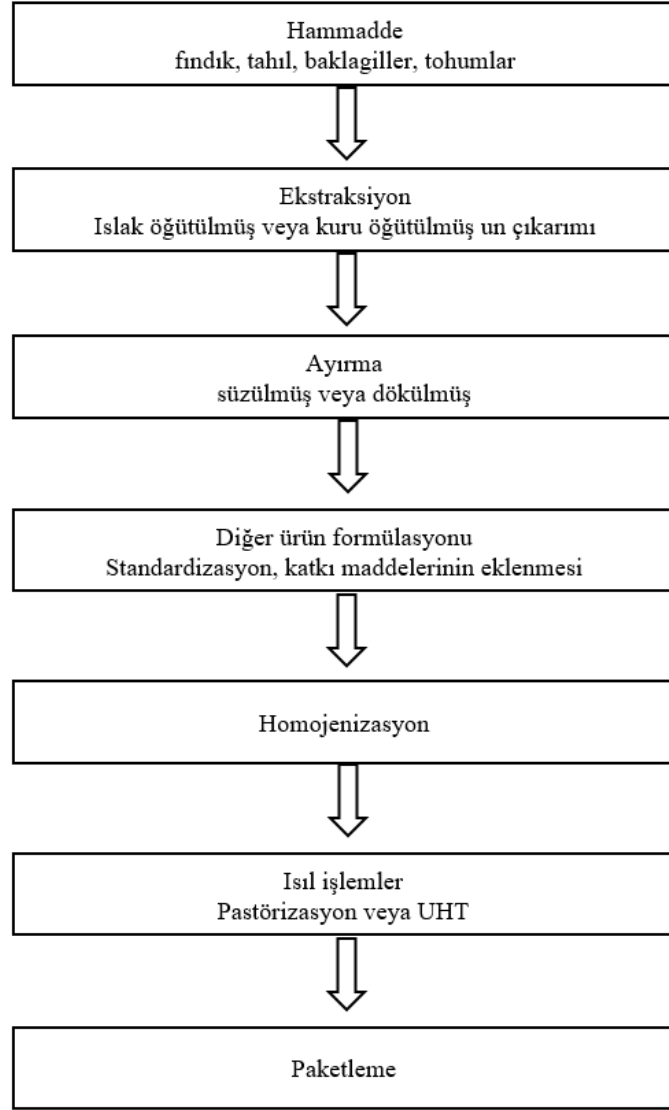
Geçtiğimiz on yılda, gıda ürünü geliştirme alanının tüm bölümlerinde büyük araştırma vurgusu, değişen ihtiyaçlara cevap vermek ve gıdalara daha yeni bir alternatif oluşturarak tüketicinin mevcut taleplerini karşılamak üzerine olmuştur. Yeni ürünler için fonksiyonel ve özel içeceklere yönelik artan bir araştırma çabası vardır (Sethi vd., 2016). Fonksiyonel içecek ihtiyacı da süt alternatiflerine olan talebin artmasına katkıda bulunan önemli bir faktördür (Deora ve Deswal, 2018). Fonksiyonel gıdalar temel beslenmenin yanı sıra sağlığa faydalı olan ve görünüşleri günlük olarak tüketilen geleneksel gıdalara benzemesine rağmen sağlık açısından faydalı olacak şekilde geliştirilmiş gıdalardır (Dayısoylu vd., 2014). Bitki sütü ikameleri, görünüşte inek sütüne benzeyen baklagiller, yağlı tohumlar, tahıllar veya tahıl benzeri ürünlerin su ile ekstrakte edilmiş özleridir (Mäkinen vd., 2016). Bitki bazlı süt ikameleri genellikle bitki materyalinin su içinde ekstraksiyonu, katıların ayrılması ve ürün formülasyonu, ardından homojenleştirme ve ısı işlemi ile üretilir. Soya ürünleri pazara hâkim olmakla birlikte, hindistancevizi endospermi, yulaf, badem, pirinç, kenevir ve kinoa tohumları gibi diğer bitki materyallerine dayanan ürünler de mevcuttur (Mäkinen vd., 2015).

Bitki bazlı süt alternatifleri, bitki materyalinin parçalanması için (tahıllar, tahıl benzerleri, baklagiller, yağlı tohumlar, fındık) su ile ekstrakte edilir ve homojenizasyon ile parçacık boyutları 5-20 mikro metre aralığına getirilir, görünüm ve kıvamı inek sütüne benzemektedir. Ancak, bu bitki bazlı süt alternatifleri için literatürde bir tanım ve sınıflandırma yoktur. Genel olarak bitkisel bazlı / bitkisel süt alternatifleri olarak aşağıdaki gibi beŐe ayrılırlar (Sethi vd., 2016):

- a) Tahıl bazlı: Yulaf sütü, Pirinç sütü, Mısır sütü
- b) Baklagil bazlı: Soya sütü, Yer fıstığı sütü, Börülce sütü.
- c) Fındık bazlı: Badem sütü, Hindistan cevizi sütü, Fındık sütü, Ceviz sütü.
- d) Tohum bazlı: Susam sütü, Keten sütü, Kenevir sütü, Ayçiçeği sütü.
- e) Tahıl benzeri bazlı: Kinoa sütü, Teff sütü.

Bitkisel süt alternatifleri vegan beslenmenin önemli bir parçasıdır. Hayvansal rnlerin tüketilmesine karşı olmak anlamına gelen “vegan” kelimesi ilk olarak Türkiye’deki Vegan Derneği kurucusu olan Donald Watson tarafından 1944 yılında ortaya çıkarılmıŐtır (Gökçen vd., 2019). Veganlık sekonder hayvansal ürünler dâhil hiçbir hayvansal ürünün tüketilmediği ve kullanılmadığı (deri, yn, ipek dâhil) bir beslenme biçimi ve bir yaŐam tarzıdır (Tunçay, 2018). Vejetaryenliğin Dünyanın artan nüfusunu doyurmak için bir çözüm olabileceği düşünülmektedir. Aynı büyüklükteki bir arazide bitkisel ürün yetiŐtirmenin, hayvan yetiŐtirmeye oranla daha çok sayıda insanı ve daha ucuza doyurulabileceği düşünülmektedir (Kendilci, 2020). Günümüzde veganların kullanabileceği tüm besin ögesi gereksinimini karŐılayan besin sayısı artış göstermektedir (Gökçen vd., 2019).

İnsanların vegan veya vejetaryenliği tercih etme nedenlerinden biri de sağlıktır. AraŐtırmalara göre vegan/vejetaryen beslenen bireylerin sağlığı, diğer bireylere göre daha iyi durumdadır (Tunçay, 2018). Ancak yeterli ve dengeli beslenmeye dikkat edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde vejetaryenlerde özellikle de veganlarda anemi (kansızlık), B12 vitamin eksikliği, osteoporoz (kemik erimesi) gibi durumlar görülmektedir (Kendilci, 2020). Vegan diyetle beslenenlerde bağırsak mikrobiyotasında çeŐitlilięin arttığı ve özellikle polifenolik bileŐenlerden gelen bağırsak metabolitlerinin de fazla olduğu yapılan çalışmalar sonucu grlmŐtr (Kendilci, 2020).



Şekil 1.1 Bitki bazlı süt alternatiflerinin genel üretim akış şeması (Jeske vd., 2018)

Yulaf (*Avena sativa* L.) önemli miktarda diyet lifleri ve fitokimyasal içeriği ile besin değeri yüksek bir tahıl ürünüdür (Rasane vd., 2015). Yulaf ve arpa gibi karyopsisli, kavuzlu tahıllar diğerlerine göre 2,5 kat daha fazla ham selüloz içerir. Kavuzdan ayrılan tanedeki protein miktarı buğdayinkinden daha fazladır (Yaver ve Ertaş, 2013). Tahıllarda suda çözünür lif; β -glukan ve arabinoksilan gibi polisakkaritlerden oluşur. Suda çözünür diyet lifi viskoz çözeltiler oluşturabilir (Manthey vd., 1999). β -glukan en önemli diyet liflerinden biri olarak kabul edilmektedir (Özcan vd., 2013). Yulafın serum kolesterolünün düşmesi ve kan şekeri seviyelerinin zayıflaması gibi olumlu sağlık etkilerinin β -glukandan kaynaklandığı bildirilmiştir (Johansson vd., 2004).

Ayrıca çölyak hastaları yulafı glutensiz bir diyetin parçası olarak kullanabilirler (Johansson vd., 2000).

Yulaf, bir birim kuru madde üretmek için pirinç hariç diğer tüm tahıllardan daha fazla nem gerektirdiğinden, serin ve nemli iklimde iyi yetişir. Yulaf ağırlıklı olarak Amerika ve Avrupa ülkelerinde, özellikle Rusya, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yetiştirilmektedir. Çoğunlukla hayvan besleme için ve bir ölçüde insan gıdası olarak kullanılır (Rasane vd., 2015). Dünya'daki yulaf üretimi ve tüketimi Çizelge 1.1 ve 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Dünya'da 2010-2017 yılları arasındaki yulaf (bin ton) üretim miktarları (TMO, 2017)

Ülkeler	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18
AB	7.366	7.809	7.815	8.943	7.905	7.510	8.050	8.178
Rusya	3.218	5.334	4.027	4.932	5.274	4.536	4.756	5.441
Kanada	2.451	3.158	2.812	3.906	2.979	3.428	3.195	3.724
ABD	1.178	779	929	938	1.019	1.300	940	717
Avustralya	1.128	1.262	1.121	1.255	1.198	1.300	1.873	1.119
Ukrayna	458	505	630	467	610	487	510	481
Çin	420	600	580	580	600	445	446	490
Türkiye	204	218	210	235	210	250	225	250
Diğer	3.091	3.043	3.046	2.998	3.210	3.035	3.954	3.588
Dünya	19.514	22.708	21.710	23.804	23.005	22.291	23.949	23.988

Çizelge 1.2 Dünya'da 2010-2017 yılları arasındaki yulaf (milyon ton) tüketim miktarları (TMO, 2017)

Ülkeler	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18
AB	7.8	7.8	7.7	8.1	7.7	7.4	8.0	7.8
Rusya	3.5	5.0	4.3	4.9	5.2	4.6	4.8	5.4
ABD	2.8	2.5	2.7	2.8	2.4	2.7	2.5	2.6
Kanada	1.5	1.4	1.6	1.7	1.7	1.6	1.8	2.1
Avustralya	0.9	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0	1.5	0.8
Türkiye	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Diğer	4.2	3.9	4.4	4.2	4.3	4.7	4.7	4.7
Dünya	20.5	21.6	21.6	22.4	22.2	21.7	23.9	24.0

Yararları ile uzun zamandır bilinen yulaf, sağlıklı bir diyetin parçası olarak popüler hale gelmekte ve fonksiyonel gıda pazarında yeni yulaf ürünleri ortaya çıkmaktadır

(Angelov vd., 2006). Yulaf sütü yüksek oranda lif, A, D, E ve B₁ vitaminleri ve mineraller (kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum ve demir) içerir (Deswal vd., 2014a). Yulafın çeşitli laktik asit bakterileri için uygun bir substrat olduğu ve fermente ürünlerin, özellikle yoğurtların işlevselliğinin, yulaf bazlı sütte geliştirilebileceği gösterilmiştir (Dinkçi vd., 2015). Yulaf sütünün kimyasal bileşimi izelge 1.3'te verilmiştir (Kahraman, 2011).

Çizelge 1.3 Yulaf sütünün kimyasal bileşimi (Kahraman, 2011)

Bileşenler	Konsantrasyon (g/100 mL)
Protein (g)	1,76
Karbonhidrat (g)	5,40
Yağ (g)	1,88
β -glukan (g)	0,32
Sodyum (g)	0,10
Toplam lif (g)	0,80

Yulaf sütü, yulaf ezmesinin suda çözünen özüdür (Deora ve Deswal, 2018; Zannini vd., 2012). Yulaf sütünün üretimi enzimatik reaksiyonlara (Deswal vd., 2014) veya ekstraksiyon tekniğine (Bernat vd., 2015a) dayanabilir, fakat her iki yöntemde de ürünün mikrobiyel ve fiziksel stabilitesi için pastörizasyon veya ultra yüksek sıcaklık (UHT) uygulaması gibi termal bir işlemlerle sonlandırılır (Mkinen vd., 2016).

Yapıları mikrobiyel bozulmaya yatkın olduğu için süt ve süt ürünlerinin güvenliği ve mikrobiyal kalitesi ele alınması gereken önemli konulardır. Gıda güvenliği ve raf ömrü stabilitesi sağlamanın en yaygın yolu gıdaya ısıl işlem uygulanmasıdır. Patojenik veya bozulma mikroorganizmalarını etkisiz hale getirmede yüksek verimliliğine rağmen, termal uygulamalar renk değişikliklerine ve önemli besin değeri kayıplarına neden olabilir. Tüketicilerin daha besleyici gıdalara olan talebi, gıda endüstrisinin minimum ısıl işlemlerle daha güvenli gıda üretmek için alternatif stratejiler tasarlama çabalarını tetiklemitir (Evrendilek, 2014).

Yulaf sütünün ana bileşeni olan yulafın 1998 yılında Salmonella serotip Agona enfeksiyonlarına neden olduğu bildirilmiştir (Centers for Disease Control and Prevention, 1998). Bitki kaynaklı sütün mikrobiyal raf ömrünü uzatmak için 100 °C'nin altında pastörizasyon uygulanır, ancak UHT uygulaması için 135 ilâ 150 °C sıcaklık aralığı birkaç saniye uygulanabilir (Mäkinen vd., 2016). Ancak, bitki kaynaklı sütlerde ısıl muamele protein ve vitaminlerin özelliklerinde, stabilite ve lezzet, aroma ve nihai ürünün rengi gibi organoleptik özelliklerde olumsuz değişikliklere neden olabilir (Silva vd., 2020). Bitki kaynaklı sütün ısıl işlemi sırasında, yüksek nişasta konsantrasyonuna bağlı jelatinizasyon (Deswal vd., 2014a) veya artan hidrofobiklik nedeniyle proteinlerin sedimantasyonu gibi teknolojik engellerle karşılaşılabilir (Mäkinen vd., 2016). Bu noktada, ısıl olmayan süreçler gibi, yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan beslenme, teknolojik veya duyu sorunları ortadan kaldıracak yeni teknikler geliştirilmektedir (Silva vd., 2020).

Araştırmacılar, soya sütüne yüksek basınç uygulayarak bitki kaynaklı sütün teknolojik sorunlarını çözme konusunda kayda değer sonuçlar elde etmiştir (Zhang vd., 2005). Isıl olmayan prosesler arasında UV-C (200-280 nm) ışınlama, birçok bakteri ve virüs üzerinde mikrop öldürücü etkiye ve pilot ölçekli veya endüstriyel üretim için tasarım esnekliğine sahip ekonomik bir tekniktir (Koutchma vd., 2009). UV teknolojisi özellikle içecek teknolojisinde umut verici bir termal olmayan muhafaza yöntemi olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Antimikrobiyel ultraviyole ışık aralığının, yağsız sütteki patojenlerin etkisiz hale gelmesi için (UV-C özellikle) 200 ilâ 280 nm arasında olduğu bildirilmiştir (Gunter-Ward vd., 2017). UV ışık, DNA dizisindeki timin ve sitozinler arasında çapraz bağlanmaya yol açarak mutasyona sebep olmakta ve böylelikle hücre ölümlerini gerçekleştirmektedir (Yangılar ve Kabil, 2013). UV-C teknolojisi ile ilgili bazı sınırlamaları aşmak, mikrobiyel yönden maksimum fayda elde etmek ve kaliteyi artırmak için, farklı kombine süreçler yakın zamanda denenmiştir. Kombine süreçlere, hafif termal ile birlikte UV-C ışık kullanımı örnek verilebilir (Vásquez-mazo vd., 2019).

UV-C uygulama çalışmaları birçok meyve ve sebze suyunun pastörizasyonu ve enzim inaktivasyon çalışmalarında başarılı sonuçlar elde etmiştir (Maghoumi vd., 2013; Kaya vd., 2015; Demir ve Oral, 2018). Ancak UV-C ışınlamanın bitki kaynaklı sütün

üzerindeki etkisini gözlemlemek için çok az araştırma yapılmıştır. Bandla vd. (2012b) ham soya sütünde *Escherichia coli* W1485 ve *Bacillus cereus* sporlarını sırasıyla 5.6 ve 3.29 log kob/mL ile, sarmal bir tüp UV-C reaktörü kullanarak inaktive etmeyi başarmıştır. Ayrıca Reynolds sayısının mikrobiyal inaktivasyon verimliliği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu gözlemlemiştir (Bandla vd., 2012b).

Yaygın olarak tüketilen ve fermente bir süt ürünü olan yoğurt, sütün fermantasyonu esnasında laktik asit oluşumu ile elde edilir. Üretimde kullanılan bakteriler *Streptococcus termophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*'tur. Bu kültür içeren süt ürünü, laktoz intoleransı olan bireyler için yararlıdır, çünkü yoğurt fermantasyonu sürecinde, laktoz, laktik aside dönüştürülür (Yaakob vd., 2012). Yoğurt bir çok biyoyararlanılabilir protein, mineral ve vitamin içerir. Bu nedenle, yoğurt dünya çapında tüketiciler arasında popüler bir favori haline gelmiştir (Yu vd., 2016).

Bu çalışmada, ham yulaf sütü iki teknikle pastörize edilmiştir. Yoğurt üretimine beslemeden önce, yulaf sütü UV-C ışınlama (sarmal tüp tipi UV-C reaktörü), ısı işlem ve bunların kombinasyonu ile pastörize edilmiştir. Bu tekniklerin pastörizasyon performansları hedef mikroorganizma *Escherichia coli* K-12 inaktivasyonu ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı yulaf sütü üzerinde olası avantajlı değişiklikleri gözlemlemek için yulaf sütü üzerinde iki pastörizasyon uygulamasının etkisini karşılaştırmaktır. Bu amaçla yulaf sütü, FDA'nın hedef mikroorganizmada 5log azaltma kriterini sağlayan normlar altında gerçekleştirilen ısı ve UV-C destekli ısı işlem ile pastörize edilmiştir. İşlem gören yulaf sütleri set tipi yoğurda beslenmiş ve 21 günlük depolama süresince yulaf sütü yoğurtlarının mikrobiyel, fizikokimyasal, tekstürel ve duyu kalitesi izlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Yulafın Özellikleri ve Sağlık Açısından Yararları

Yulaf, çeşitli fiziko-kimyasal, koloidal ve ara yüzey özelliklere sahip çok çeşitli fitokimyasallar bakımından zengin bir tahıl ürünüdür. Bu özelliklerin insan lipid metabolizması ve sağlık üzerindeki etkisi yulaf tüketimini etkilemiştir (Wilde vd., 2019). Yulaf, hipokolesterolemik ve antikanserojen özellikleri gibi çeşitli sağlık yararlarına sahiptir. Ayrıca kolestrol düşürücü etkisi bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Deswal vd., 2014). Yulaf ürünlerinin düşük glisemik indeksi özellikle diyabet hastaları için önemlidir (Angelov vd., 2006). Yulafın çölyak hastalarının diyetine uygunluğu son zamanlarda kabul edilmiştir (Rasane vd., 2015). Diyet lifi tüketiminin sağlığa faydaları tahıl gevreğinde yulafa olan ilgiyi artırmıştır. Diyet lifi, insanda sindirilmeyen bitki hücrelerinin bir parçası olup, kalın bağırsakta fermantasyona neden olmaktadır (Manthey vd., 1999).

Yulaf, yüksek besin değeri nedeniyle, sağlıklı ürünler geliştirmek için umut verici hammaddelerden birisidir (Deswal vd., 2014). Besleyici özelliği nedeniyle ekmekler, bisküviler, kurabiyeler, probiyotik içecekler, kahvaltılık gevrekler ve bebek maması gibi yulaf bazlı gıda ürünleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Rasane vd., 2015). Diğer tüm tahıllar gibi yulaf da lizin içermez. Yulaf yüksek çözünür lif içeriğine sahiptir, β -glukanlar ve yüksek miktarda doymamış yağ asitleri içerdiği için yulaf bazlı süt ve ürünlerine yönelik teknoloji gelişme göstermektedir (Brückner-Gühmann vd., 2019). β -glucan viskozite ve jel oluşumunu artırma gücüne sahiptir (Kaur ve Riar, 2020).

Sürücüoğlu (2003) tarafından yapılan bir çalışmada sağlıklı ve gönüllü kişilerin (10 kadın, 10 erkek) diyetlerine ilave edilen yulaf ezmesinin kan/serum glikoz, trigliserid, toplam kolesterol, HDL, LDL, ve VLDL kolesterol düzeylerine etkisi incelenmiştir. Araştırılmaya alınanlar iki gruba ayrılmış; I. gruba 40 g/gün yulaf ezmesi, II. gruba 60 g/gün yulaf ezmesi verilmiş ve üç hafta yemeleri istenmiştir. Bu üç haftanın sonunda yulaf ezmesinin katılımcıların kanlarındaki serum glikoz, trigliserid, toplam

kolesterol, LDL ve VLDL kolesterol düzeylerini etkilediği ve başlangıca göre azalttığı sonucuna varılmıştır.

2.2. Yoğurt

Yoğurt en popüler gıda ürünlerinden biridir. Yoğurt, dünya çapında üretilen fermente bir süt ürünüdür. Üretim süreçleri, sütte asit pıhtılaşması yoluyla protein sisteminin destabilizasyonuna bağlı olarak gelişen laktik asit fermantasyonuna dayanır (Arslan, 2018). En yaygın kullanılan yoğurt starter kültüründe *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* yer almaktadır (Brückner-Gühmann vd., 2019). Bu kültür içeren süt ürünü laktoz intoleransı olan bireyler için yararlıdır.

Yoğurt genellikle mikro besin bileşimine sahip olsa da süte benzer şekilde, yüksek protein konsantrasyonu, vitaminler (B₂ ve B₁₂ vitamini gibi) ve mineraller (kalsiyum, magnezyum, potasyum, çinko) içermektedir. Artan yoğurt alımı insan sağlığını iyileştirmek için önemlidir (Vásquez-mazo vd., 2019). Laktoz intoleransı veya protein alerjileri ve kolesterol içeriği süt ürünleri talebini son zamanlarda artırmaktadır (Gies vd., 2019).

Yoğurt inek sütünden yapılmış olmasına rağmen, bu tür ürünleri yulaf sütü, soya sütü, mısır sütü veya mango küspesi-soya sütü ve manda sütü kombinasyonu gibi varyasyon gıda kaynaklarından yapmak için yaklaşımlar bulunmaktadır (Isanga ve Zhang, 2009). Bu amaçla yoğurt üretimine alternatif olarak bitkisel sütlerle üretilen yoğurtlarda son dönemde gelişme görülmüştür. Örneğin Yaakob vd. (2012) yaptıkları bir çalışmada, içerik formülasyonunu ve hindistan cevizi sütü yoğurt üretiminin işleme parametreleri olan sıcaklık, zaman ve başlangıç kültürü miktarı faktörlerini optimize etmek için yanıt yüzeyi metodu kullanmış ve söz konusu faktörlerin duyuşal özellikler üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Ayrıca fizikokimyasal pH, titre edilebilir asitlik ve viskozite gibi özellikler de analiz edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise Donkor vd. (2007) probiyotik soya yoğurdunun kimyasal bileşimi, reolojik ve duyuşal özelliklerini incelemiştir. 4 °C'de 28 günlük depolama sırasında soya sütü yoğurdu, her biri %2 (w/v) veya %1 (w/v) inulin ile desteklenmiştir. Soya yoğurdu üretimi için bir baz olarak rafinoz ve glikoz kullanılmıştır. Probiyotik bakteriler daha fazla aldehit tüketmeleri sebebiyle,

yoğurt starter kültürü ile kıyaslandığında, soya fasulyesinin tipik fasülyemsi aromasının azaltılması konusunda daha başarılı olmuştur.

Yoğurt üretimi için kullanılan bitkisel kaynaklardan bir diğeri de bademdir. Bernat vd., (2015b)'nin yaptığı çalışmada badem bazlı matrislerdeki probiyotikler, fermente ürünler elde etmenin bir yolu olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada hem sağlığı geliştiren gıdalara yönelik mevcut talebi hem de standartlara alternatif bir yoğurt üretimi üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla badem sütü üzerinde yüksek basınçla homojenizasyon ve ısıl işlemin kombine etkisi araştırılmış olup, çalışmanın sonuçları probiyotik kültür ile badem sütünden üretilen yoğurdun fonksiyonel bir ürün olarak laktoz intoleransı ve inek sütü proteinlerine alerjisi olan kişilere sunulabileceğini göstermiştir.

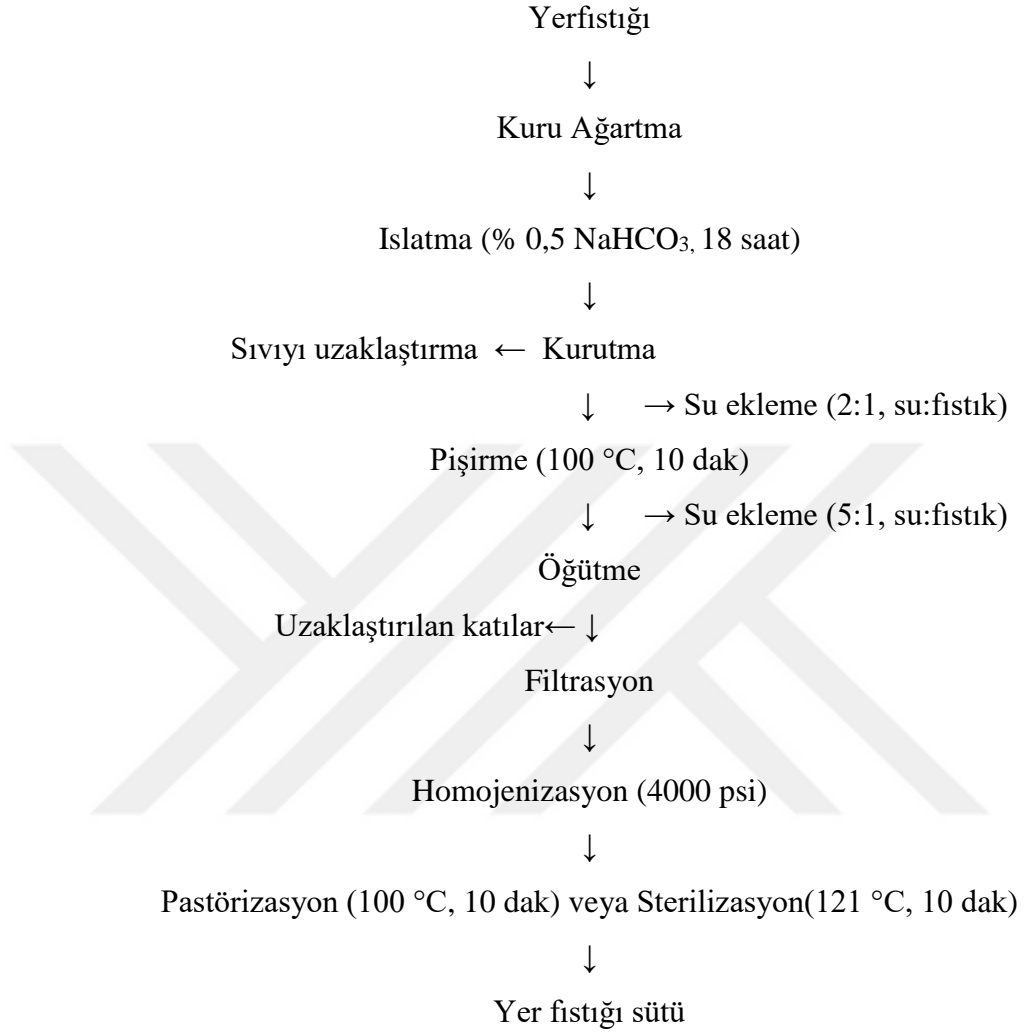
Oleik ve linoleik asitler bakımından zengin olduğu bilenen yer fıstığı da bitkisel süt üretiminde kullanılmıştır. Arslan (2018)'in yaptığı bir çalışmada, yer fıstığı sütünden elde edilen yoğurt ve kefirin fizikokimyasal, tekstürel ve reolojik özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, geleneksel yer fıstığı sütünün elde edilmesi işleminde uygulanan filtrasyon ve homojenizasyon basamakları yerine mikroakışkanlaştırma uygulanmıştır. Araştırmacı, mikroakışkanlaştırma tekniğinin uygun konsantrasyonlardaki sukroz ile birlikte kullanıldığında yer fıstığından yoğurt ve kefir üretiminin mümkün olduğu sonucuna varmıştır.

2.3 Bitkisel Sütler

2.3.1 Yer Fıstığı Sütü

Fıstık, dünya çapında çok çeşitli formlarda yetiştirilen ve tüketilen önemli bir üründür. Fıstık (*Arachis hypogaea*) fasulye/baklagil Fabaceae ailesinin üyesidir (Arslan, 2018). Son 50 yılda fıstık sütü üretiminin birçok yolu geliştirilmiştir. Bu düşük maliyetli sütün yüksek bir protein içeriği bulunmaktadır. 1950'lerin başından bu yana, araştırmacılar tarafından fıstık sütü ve fıstık sütü ürünlerinin türevlerini üreten çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Arslan, 2018). Yer fıstığı sütü üretiminde en eski yöntemlerden biri

fıstık ununu su ile karıştırmaktır (Lee ve Beuchat, 1992). Şekil 2.1’de yer fıstığından, yer fıstığı sütü üretimine ait akım Şeması verilmiştir.

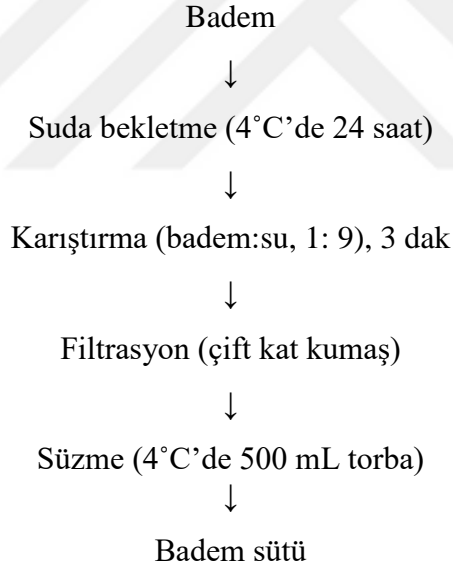


Şekil 2.1 Yer fıstığı sütü üretimi akış Şeması (Lee ve Beuchat, 1992)

Isanga ve Zhang (2009) tarafından yapılan bir çalışmada yoğurt üretimi için yer fıstığı sütüne 4 g/100 g yağsız süt tozu takviye edilmiştir. Nihai ürün fizikokimyasal testlere tabi tutulmuş ve çalışma boyunca inek sütü yoğurdu kontrol örneği olarak kabul edilmiştir. Bu alışma fıstık sütü yoğurdunun inek sütü yoğurdundan daha yüksek protein içeriği, yağ içeriği ve su tutma kapasitesine sahip olduğu, ayrıca sinerize karşı daha dayanıklı olduğu görölmüştür.

2.3.2 Badem Sütü

Badem, *Prunus amygdalus* ailesinde bulunan sert kabuklu meyvelerden biridir. İçerdiği yağ asitleri ve çözünebilir posadan dolayı kalp damar hastalıklarına karşı koruyucu, B grubu vitaminleri bakımından zengin olduğu için anemiye karşı koruyucu olabileceği, kalsiyumca zengin olduğu için kemik ve dişlerin sağlığını korumada etkili olabileceği, potasyumu zengin ve sodyumu düşük olduğu için hipertansiyondan koruyucu etkisi olabileceği belirtilmiştir (Ceylan ve Özer, 2020). Akdeniz bölgesinden geldiğinden beri badem ve ondan yapılan içecekler yüzyıllardır tüketilmektedir. Son yıllarda badem sütü alternatif olarak ortaya çıkmıştır ABD, Avrupa ve Avustralya pazarında süt dışı içecek olarak bulunmaktadır. Badem sütü, bademlerin parçalanmasıyla elde edilen koloidal bir dispersiyon su şeklindedir. Bu bitki bazlı içecek, laktozdan mustarip tüketicilere yöneliktir (Dhakal vd., 2014). Üretim aşaması Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Badem sütü üretimi akış şeması (Dhakal vd., 2014)

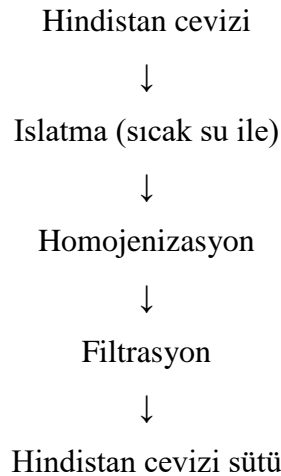
Badem sütünün ısı olmayan işlemler ile muamele edildiği bir çalışmada; Briviba vd. (2016) çiğ badem sütünü, mikroorganizmaların inaktif hale getirildiği normlar olan 350 MPa ve 85 °C’de ultra yüksek basınçlı homojenizasyon işlemine tabi tutmuş ve ultra yüksek basınçlı homojenizasyon işleminin B₁ ve B₂ vitaminleri üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmadığını görmüşlerdir. Valencia-Flores vd. (2013) tarafından

yapılmış olan bir diğerk çalışmada ise; badem sütünė uygulanan ultra yüksek basınçlı homojenizasyon işlemi ile geleneksel ısıl işlemin mikrobiyel, fiziksel ve kimyasal kalite üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ultra yüksek basınçlı homojenizasyon işlemi ile ılımlı sıcaklıklar birleştirildiğinde badem sütünde raf ömrü boyunca mikrobiyel kararlılık görüldüğü bildirilmiştir.

2.3.3 Hindistan Cevizi Sütü

Günümüzde ünlü tropikal meyvelerden biri olan Hindistan cevizi, birçok gıda ürünü türü için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Hindistan cevizi sütü veya olgun Hindistan cevizi etinden elde edilen sıvı olan “santan”, mekanik kuvvet kullanarak Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) ve biraz su ilavesiyle elde edilir (Yaakob et al., 2012). Hindistan cevizi sütü, doğal olarak oluşan proteinler tarafından stabilize edilen bir emülsiyondur.

Hindistan cevizi sütü Tayland’da popüler pişirme malzemelerinden biridir. Popüler Tayland yemekleri arasında Hindistan cevizi sütü kullanarak yapılan yemekler ve tatlılar vardır. Bu yüzden gıda bilim insanları ve gıda mühendisleri Hindistan cevizi sütü üzerinde çalışmalar yapıp ürün geliştirmektedirler (Tansakul ve Chaisawang, 2006).



şekil 2.3 Hindistan cevizi sütü üretimi akış şeması

Isıl olmayan işlemlerden ultraviyole ışınlama tekniği Hindistan cevizi sütüne uygulanmıştır. Bunun için Hindistan cevizi sütüne *Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium* inokule edilmiş ve örnekler anüler tip bir UV-C reaktörde muamele edilmiştir. Her iki mikroorganizma için de 30,33 mL/s akış hızında yarım saatlik UV-C ışınlama sonucunda $4,1 \pm 0,1$ log'luk inaktivasyon söz konusu olmuştur (Ochoa-Velasco vd., 2014).

Yaakob vd. (2012), Hindistan cevizi sütünden yoğurt yapımı üzerinde çalışmışlardır. Yoğurt üretiminde optimizasyon işlemi gerçekleştirildiğinde fermantasyon sıcaklığı, fermantasyon süresi ve starter kültür miktarının duyuşal olarak genel kabul edilebilirlik üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. Fakat birçok panelist Hindistan cevizi yoğurdunda Hindistan cevizinin yapısından gelen karakteristik tadı olumsuz bulmuştur.

2.3.4 Soya Sütü

Soya sütü, soya fasulyesinin (*Glycine max* L.) su özütüdür. Bol ve ucuz bir protein kaynağı sağlayabilen bir tohumdur. Ancak stakiyoz ve rafinoz gibi sindirilemeyen oligosakkaritlerin varlığı ve çiğ fasulye aroması soya sütünün tüketimini sınırlandırmaktadır (Mei vd., 2017). İçme sütü olarak kullanılmasının yanı sıra fermente ve fermente olmayan çeşitli süt mamullerinin üretiminde de kullanılmaktadır.

Soya sütüne gıda ve beslenme uzmanlarının büyük ilgisi, bitki proteinleri içerisinde en iyi oranlanmış aminoasit yapısına sahip olması ve inek sütüne alternatif olmasından kaynaklanmaktadır (Gürsoy vd., 1999). Soya sütü üretim aşamaları Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Çizelge 2.1'e bakıldığında ise soya sütünün lizin ve metiyonin+sistin aminoasitleri hariç ideal standard protein için gerekli aminoasitlere sahip olduğu söylenebilir. Jacobsen vd., (1998) tarafından yapılan bir çalışmada bazı soya ürünlerinde bulunan izoflavonların (genistein ve daidzein gibi) kanser riskini azaltabileceği öne sürülmüştür. Söz konusu çalışmada, izoflavon içeren bir içecek olan soya sütü ile prostat kanseri insidansı arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Sık sık soya

sütü tüketiminin (günde bir defadan fazla) prostat kanseri riskinde % 70 azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.

Bir diğer çalışmada ise soya sütü, sarmal tüplü bir UV reaktöründe UV ışınlama ile muamele edilmiştir (Bandla vd., 2012b). Çalışmada UV reaktörün kullanılmasıyla *E. coli*'de 5,6 log kob/mL ve *B. cereus* sporlarında 3,29 log kob/mL inaktivasyon sağlanmıştır. Soya sütüne UV ışınlama uygulanan bir diğer çalışmada ise *Salmonella* Enteritidis inaktivasyonunun 4 ilâ 18 °C arasında sıcaklığa bağlı olduğu ve 18 °C ile UV ışınlama birleştirildiğinde $5,40 \pm 0,17$ log kob/mL inaktivasyon sağlandığı bildirilmiştir (Possas vd., 2018). Söz konusu çalışmalar bitki bazlı sütlerin ısı olmayan işlemler ile muamele edilmesinde umut verici sonuçlar elde etmiş olup, bu tez kapsamında yapılan çalışmalara motivasyon oluşturmuştur.

Soya tanesi



Islatma



Parçalama



Haşlama



Filtrasyon



Soya sütü

Şekil 2.4 Soya sütü üretimi akış şeması

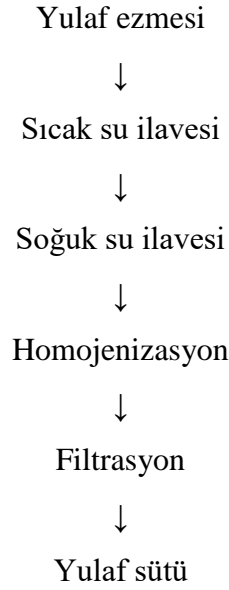
Çizelge 2.1 İdeal standart protein ile soya sütü ve inek sütü proteinlerinin esansiyel aminoasit kompozisyonu (g/100g protein) (Gürsoy vd., 1999)

Esansiyel Aminoasit	İdeal Standart Protein (FAO/WHO)	Soya Sütü Proteini	İnek Sütü Proteini
Izolösin	4,0	5,3	6,3
Lösin	7,0	8,8	10,0
Lisin	5,5	3,5	8,1
Metiyonin+sistin	3,5	2,5	3,5
Fenilalanin+tirozin	6,0	8,0	10,3
Treonin	4,0	4,5	4,9
Valin	5,0	5,0	6,9
Toplam	36,0	38,9	51,4

2.3.5 Yulaf Sütü

Bitkisel süt üretiminde tercih edilen kaynaklardan biri olan yulaf, vitaminler, fenolik asitler, avenantramidler, flavonoidler, steroller ve fitik asit ile antioksidan aktivite gösteren birçok bileşiğin iyi bir kaynağıdır. Yulaftan elde edilen süt ise aynı zamanda sindirim sistemi için yararlı olan ve kolonorektal kansere karşı koruyucu olan beta-glukan gibi lif bileşikleri için iyi bir kaynaktır, yüksek lif içeriği nedeniyle optimal bir ağırlığın korunmasına yardımcı olur ve kolesterol ve lipid düşürücü etkiler sergiler (Kahraman, 2011). Yulaf sütü, buharla hazırlanmış veya ısıtılmış yulaf gevreği veya yulaf unundan yapılır (Önning vd., 1999).

Dinkçi vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada inek-yulaf sütü karışımı kullanılarak kefir üretiminin potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu nedenle % 20, % 40 ve % 60 yulaf sütü içeren kefir örnekleri üretilmiştir. Yulaf sütü oranının kefir örneklerinin fizikokimyasal, reolojik, mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine etkisi, 21 günlük soğuk koşullarda saklanması sırasında incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda lactococci ve lactobacilli canlı hücre sayımları örnekler arasında değişim göstermekle birlikte en yüksek yulaf sütü içeriğine sahip olan örneklerde en yüksek sayıma ulaşıldığı görülmüştür.



Şekil 2.5 Yulaf sütü üretimi akış şeması

Kahraman (2011) tarafından yapılan çalışmada farklı miktarda yabanmersini aroması, kefir kültürü ve yulaf sütü (% 0, 15, 30, 45 ve 50) içeren kefir ürünlerinin optimizasyonu yapılmış ve 4 °C'de 21 gün boyunca depolanmıştır. Optimizasyonda tepki yüzey yöntemi kullanılıp, örneklerin mikrobiyolojik, pH ve duyuşsal karakteristikleri incelenmiştir. Optimizasyon sonucunda ideal seviyede mikrobiyolojik, pH ve duyuşsal özellik gösteren kefir örneklerinden en fazla yulaf sütü içeriğine sahip olan üç örnek tekrar üretilip, bu örneklerde fiziksel, kimyasal mikrobiyolojik, duyuşsal ve aroma özellikleri depolama süresi boyunca analiz edilmiştir.

Yulaf sütü üretiminde kullanılan bir diğere yöntem de filtrasyon öncesi enzim ile muameledir. Deswal vd., (2014b) yulaf sütü üretiminde bulamaç (yulaf ve su) konsantrasyonu, enzim konsantrasyonu ve enzim muamele süresi faktörleri gibi bağımsız değışkenlerin, verim, toplam kuru madde miktarı ve kıvam indeksi üzerine etkileri incelenmiş ve optimize edilmiştir.

Gupta ve Bisla (2019) farklı konsantrasyonlarda inek sütü ile karıştırılan yulaf sütünden elde edilen yoğurt duyuşsal değıerlendirmeye tabi tutulmuş, panelistler en yüksek skoru 60:40 oranındaki inek sütü:yulaf sütü karışımına vermiştir. Bunun

yanında sadece inek sütü ile yapılmış olan yoğurdun protein oranı sadece yulaf sütünden yapılan yoğurda göre yaklaşık 2 kat fazladır. Yukarıda sıralanan çalışmalar bize yulaf sütünün starter kültür ile mayalanabileceği ve fermente bir ürüne dönüşebileceği konusunda fikir vermiştir. Bunun yanında yapılan literatür araştırması, yulaf sütünden yoğurt üretimi üzerinde sınırlı sayıda çalışma olduğunu göstermiştir.

2.4 Gıdalarda Uygulanan İşlemler

Gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar, gıda sanayiinde istenilmeyen bir durumdur. Bu sorunu çözebilmek için farklı birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmada ise ısı olmayan işlem ve ısı işlem yöntemleri denenerek hangisinde en etkili sonuca ulaşabileceği araştırılmıştır.

2.4.1 Isıl Olmayan İşlem

Isıl yöntemlere alternatif olarak geliştirilen yöntemler vurgulu elektrik alan, vurgulu (atımlı) ışık, yüksek basınç uygulaması, ultrases, mikrofiltrasyon, X ışınları, ultraviyole ışık, yüksek voltaj ark deşarjı ve salınımlı manyetik alan yöntemleridir. Isıl olmayan işleme teknolojileri, gıdaların tazeliğini korumak için kullanılır ve ısının neden olduğu gereksiz değişiklikleri ve kusurları önler. Mevcut ısı olmayan gıda işleme teknolojileri arasında, ultraviyole (UV-C) teknolojisi daha ekonomiktir (Bandla vd., 2012a).

Bazı gıda ürünleri işlem görmeden depolamaya uygun değildir. Raf ömürleri bu yüzden kısa olur. Bu gibi durumlarda UV ışın uygulaması gıdanın tekstüründe değişikliğe neden olmadan gıdanın daha uzun süre raf ömrüne sahip olmasında katkıda bulunabilir (Demir ve Oral, 2018). Koutchma vd. (2016), UV-C bölgede (200 – 280 nm) ışığın özellikle 253,7 nm dalga boyunda en etkili germisidal etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında, besinsel ve duyu kaliteden ödün vermeden istenen mikrobiyel inaktivasyon seviyelerine ulaşmak gereklidir (Possas vd., 2018). Hâlihazırda, UV-C ışığı pastörizasyon için kullanılmaktadır. Özellikle meyve suları ve nektarlar gibi sıvı gıdalarda *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, ve *Saccharomyces*

cerevisiae gibi mikroorganizmaları inaktive etmek için kullanılmaktadır (Ochoa-Velasco vd., 2014).

Literatürde, inek sütünde mikrobiyel inaktivasyon amacıyla UV-C ışın ile muamele edildiği birçok çalışma (Ahmed vd., 2019; Altic vd., 2007; Cappozzo vd., 2015) bulunmakla birlikte, bitkisel sütlerin ısı olmayan işlemler ile muamelesi üzerine kısıtlı sayıda araştırma bulunmaktadır.

2.4.2 Isıl İşlem

Isıl işlem, gıdaların mikrobiyel yükünü azaltarak raf ömrünü uzatan bir işlemdir. Isıl işlem sütün besin değerini, duyuşal ve teknolojik özelliklerini uygulanan süre ve şartlara bağılı olarak etkilemektedir. Düşük sıcaklıkta uygulanan ısılı işlem, kazein ve serum proteinlerinin fonksiyonel ve besinsel özelliklerini etkilememektedir. Yüksek sıcaklıklarda uygulanan işlemler β -laktoglobulinin denatürasyonuna neden olarak su bağılama kapasitesini artırmaktadır. Bu durum yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde avantaj sağlamaktadır (Gündoğdu vd., 2012).

Isıl işlem uygulamaları ile ortaya çıkan reaksiyonlardan biri proteinlerin serbest amino grupları ile indirgen şekerlerin serbest aldehit grupları arasında gerçekleşen enzimatik olmayan Maillard reaksiyonudur (Urgu vd., 2017). Isıl işlem uygulanan sütlerde Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan ara ürünlerden biri olan HMF, sütlere uygulanan ısılı işlemin şiddetini ve kalitesinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Özünü ve Koçak (2010) tarafından yapılan çalışmada, ayranı işlenecek süte uygulanan farklı üç normdaki ısılı işlemin (75, 85 ve 95 °C'de 5'er dk.) ayranların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Isıl işlem gören örneklerden depolamanın (4-5 °C) 1., 7. ve 14. günlerinde örnekler alınmış ve çeşitli analizler yapılmıştır. Farklı ısılı işlem normlarının ayranların pH, titrasyon asitliği ve laktik asit değerleri ile yoğurt bakterilerinin sayısı ve örneklerin tat-aroma ve kıvam gibi duyuşal nitelikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir. Ancak, örneklerin asetaldehit içerikleri ile serum ayrılması ve viskozite değerleri üzerine farklı

ısıtım işlem normlarının etkisi önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. En yüksek viskozite ve en düşük serum ayrılması değerleri 95 °C’de 5 dakikalık ısıtım işlem uygulanan süttten üretilen ayran örneklerinde elde edilmiştir.

Gündoğdu vd. (2012) süte uygulanan ısıtım işlem normları ve mikroorganizmalar üzerine olan etkilerini Çizelge 2.2’de gösterildiği gibi sınıflandırmıştır.

Çizelge 2.2 Süte uygulanan ısıtım işlem normları ve mikroorganizmalar üzerine olan etkileri

Uygulanan ısıtım işlem	Amaç	Süre	Sıcaklık
Düşük sıcaklıkta uzun süre pastörizasyon (LTLT)	Vejetatif hücrelerin % 99 imhası. Sporlar canlı.	30 dak	62-65 °C
Yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörizasyon (HTST)	Vejetatif hücrelerin % 99,5 imhası. Sporlar canlı.	40-45 sn	71-74 °C
Çok yüksek sıcaklıkta sterilizasyon (UHT)	Sporlar dâhil bakterilerin % 100 imhası.	2-6 sn	135-150 °C

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada; öncelikle yulaf sütünün üretimi ve üretilen yulaf sütünün mikrobiyel temelde güvenli hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bunun için yulaf sütüne geleneksel ısıtım işlemin yanı sıra, besinsel ve duyuşsal özelliklere göreceli olarak daha olumlu etkisi olduğu bilinen UV-C ışınlama işlemi uygulanmıştır. Her iki yöntemde de FDA’nın 5 log inaktivasyon sağlama şartı benimsenmiştir. Bu şartın sağlanıp sağlanmadığını belirleyebilmek için hedef mikroorganizma olarak *E. coli* K-12 kullanılmıştır. UV-C ışınlama işlemi, ileride yapılabilecek sistemlere örnek teşkil etmesi bakımından sarmal tüplü UV-C reaktöründe gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilerleyen fazlarında UV-C ışınlamanın tek başına istenen hedefe ulaşmada başarılı olmadığını görmüş, bu nedenle UV-C reaktör, ılımlı ısıtım işlem ile kombin edilmiştir. Literatürde bu gibi yöntemlere başvurulduğu ve bu sayede her iki yöntemin de ılımlı koşullarda kullanılabildiği görülmüştür. *E. coli* K-12’de 5 log ve üzeri inaktivasyonu sağlayan koşulların belirlenmesinin ardından, ısıtım işlem görmüş ve UV-C ışınlama

görmüş olan yulaf sütü örnekleri set tipi yoğurda beslenmiştir. Hiç işlem görmemiş olan yulaf sütü de aynı şekilde set tipi yoğurda beslenmiş ve kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Her üç gruptan yeterli sayıda yoğurt örneği üretildikten sonra depolama aşamasına geçilmiştir. Buzdolabı sıcaklığında depolanan örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerinde yoğurt örneklerinin mikrobiyel (toplam canlı sayımı ve toplam laktik asit bakterisi sayımı), fizikokimyasal (pH, toplam titrasyon asitliği, sineresis, viskozite, kuru madde içeriği, absorpsiyon katsayısı), optik (CIE Lab renk değerleri), tekstürel ve duyuşal özellikleri takip edilmiştir. Bu sayede pastörizasyon çeşitlerinin yoğurdun kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Yulaf Ezmesi

Eti firmasının Lifalif marka yulaf (*A. sativa* L.) ezmesi, yulaf sütü üretiminde kullanıldı. Ürün üzerinde yer alan etikete göre yulaf ezmesinin 100 g'ı; 13,9 g protein, 1,4 g şeker, 7,4 g yağ, 56,2 g karbonhidrat ve 0,02 g tuz içermektedir. Yulaf ezmeleri kullanıma kadar kilitli poşetinde ve buzdolabı sıcaklığında muhafaza edildi.

3.1.2 İçme Suyu

Bu çalışmada yulaf sütü üretiminde SAKA marka içme suyu kullanıldı. Kullanılan içme suyunun etiket bilgileri Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan içme suyunun etiketinde yer alan bazı özellikler

Anyonlar ve Katyonlar	Analiz Değerleri (mg/L)
Florür (F ⁻)	0,04
Bikarbonat (HCO ₃)	104,92
Klorür (Cl ⁻)	1,2
Sülfat (SO ₄)	6,9
Kalsiyum (Ca)	32,2
Magnezyum (Mg)	4,2
Potasyum (K)	0,2
Sodyum (Na)	5,4
Demir (Fe ⁺²)	0,007
Toplam Mineralizasyon	176,89

3.1.3 Mikroorganizma

Yulaf sütünün ısıl olan ve olmayan işlemler ile pastörizasyonunda FDA'nın hedef mikroorganizmada 5log azalma sağlanması koşulunu test edebilmek için *Escherichia coli* K-12 (ATCC 25253) suşu hedef mikroorganizma olarak kullanıldı. *E. coli* K-12, *E. coli* O157:H7'nin patojen olmayan vekil suşu olup, her iki suşun UV ışına hassasiyeti benzerlik göstermektedir (Koutchma vd., 2004).

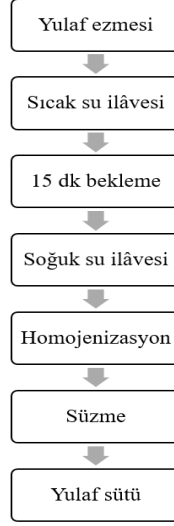
3.1.4 Kullanılan Besiyeri ve Kimyasallar

Plate Count Agar (PCA), peptonlu su, Nutrient Broth (NB), Tryptic Soy Broth (TSB), Tryptic Soy Agar (TSA), De Man, Rogosa ve Sharpe agar (MRS) ve glukoz Merck firmasından temin edildi.

3.2 Yöntem

3.2.1 Yulaf Sütü Üretimi

Tez çalışmasına konu olan yulaf sütü üretimi Şekil 3.1'de özetlendiği şekilde gerçekleştirildi. Buna göre; ilk aşamada yulaf ezmesine 1:2 (w/v) oranında kaynatılmış (yaklaşık 90-100 °C) içme suyu ilave edildi. 15 dak'lık bekleme süresinin ardından karışımın üzerine 1:1 (v/v) oranında oda sıcaklığında içme suyu (Saka, pH: 8,22) ilave edildi. Bunu takiben 1 dak süre boyunca el blenderi (Moulinex Optipro, 600 W, Groupe SEB, Fransa) ile karışım içerisindeki yulaf ezmesi parçacıkları homojenize edildi. Homojenize edilen karışım peynir bezi yardımı ile tüm sıvı kısmı çıkış yapıcaya kadar el ile sıkılarak ekstrakte edildi. Yulaf sütü üretimi işlemlerin hemen öncesinde taze olarak gerçekleştirildi.



Şekil 3.1 Yulaf sütü üretimi akım şeması

3.2.2 Yulaf Sütünün Özelliklerinin Belirlenmesi

Yulaf sütünün yoğunluğunu belirlemek için mezürde 100 mL seviyesine kadar gelmiş olan yulaf sütü tartıldı. Ölçümü alınan kütlenin hacme bölünmesi ile yoğunluk (kg/m^3) hesaplandı. Yulaf sütünün viskozitesi Selecta STS 2011 (Selecta, İspanya) viskozimetresinde R2 spindle kullanılarak 100 rpm'de ve oda sıcaklığında ($23\text{ }^\circ\text{C}$) ölçüldü. Yulaf sütünün nem içeriği (%) 3 g numunenin $105\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanmış olan etüvde sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile belirlendi. Yulaf sütünün protein içeriği Kjeldahl metoduna göre belirlendi ve dönüşüm faktörü Suebsiri vd. (2019)'e göre 5,83 olarak alındı. Yulaf sütünün pH değeri ise bir pH metre (HI 2211, Hanna Instruments, ABD) yardımı ile oda sıcaklığında ve karıştırma esnasında belirlendi. Absorbans katsayısını belirleyebilmek için yulaf sütü örnekleri su ile 1:2, 10, 25, 50, 100, 200, 250 ve 500 oranlarında karıştırıldı. Bu karışımların absorbans değerleri UV-görünür spektrofotometrede saf suya karşılık 254 nm 'de ölçüldü. Bu bölümde yapılan tüm analizler 3 paralel olarak gerçekleştirildi (Bandla vd., 2012b).

3.2.3 *E. coli* K-12'nin Canlandırılması, İnokulasyonu ve Sayımı

$-80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de gliserol stokta muhafaza edilen *E. coli* K-12 suşu, steril özeyle alınarak 10 mL Nutrient sıvı besiyerine aktararak $37\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 24 saat boyunca inkübe edildi. 24 saatin sonunda Tryptic Soy Broth ortamına aktarılan kültür tekrar $37\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 24 saat

inkübasyona bırakıldı. 24 saat sonra zenginleşen kültür 3000 rpm'de 15 dak santrifüjlendi. Süpernatantın dikkatlice dökülmesinden sonra 1 mL steril tamponlanmış peptonlu su ilave edildi ve 30 sn vortekslendi. 10^{6-7} kob/mL seviyesine ulaşacak kadar tüp çalışılan hacime aseptik olarak ilave edildi (Demir ve Oral, 2018). Ünlütürk vd. (2008)'e göre peptonlu su tüpleri kullanılan seyreltmelerden yayma plaka yöntemi kullanılarak Tryptic Soy Agar (TSA)'a ekim yapıldı ve 37 °C'de, 24 saat inkübasyona bırakıldı. Her bir seyreltmeden en az 2 paralel ekim yapıldı ve sonuçların ortalaması koloni oluşturan birim (kob) / mililitre (mL) olarak ifade edildi.

3.2.4 Yulaf Sütünün Sürekli Sistem UV-C Reaktörde Pastörizasyonu

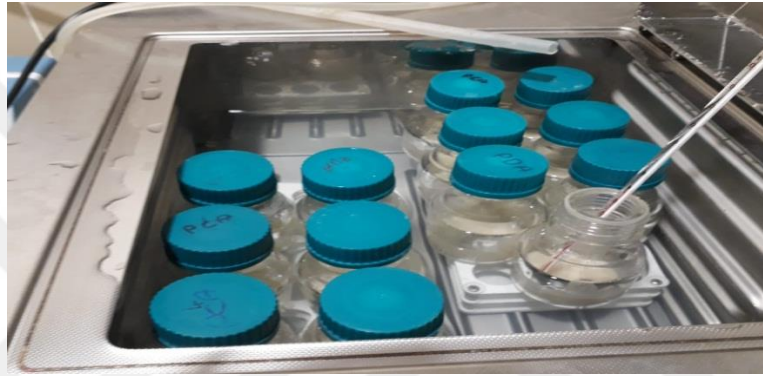
Yulaf sütü üretimi Şekil 3.1'de özetlendiği gibi işlem başlamadan hemen önce üretildi. Cam rezervuara pompa ve vana kapalı konumda iken 1500 mL yulaf sütü aseptik koşullarda eklendi. Cam rezervuar manyetik karıştırıcı üzerine alındı ve bir balık yardımı ile hem sütün sürekli karıştırılması, hem de sıcaklığın sabit tutulması sağlandı. UV-C lambalar işlem başlamadan yarım saat önce açıldı. Son durumda pompa ve vana açık konuma getirilip döngü başlatıldı. Sürekli sistem UV-C reaktör sistemi Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Sürekli sistem UV-C reaktörü

3.2.5 Yulaf Sütünün Geleneksel Isıl İşlem ile Pastörizasyonu

Şekil 3.1’de gösterilen aşamalarla üretilen yulaf sütü her şişeye 100 mL olacak şekilde paylaştırıldı. Su banyosunun (Precisdig Model, JP Selecta S.A., Barselona) sıcaklığı dengeye geldiğinde şişeler içerisine dizildi. Bir şişenin ağzı açık bırakılıp termometre ile sıcaklığı ölçüldü. Sıcaklık 63 °C’ye gelince 30 dakika boyunca sıcak su banyosunda bekletildi. Süre bitimi sonunda buzlu suya alınıp sıcaklığın etkisinin devam etmesi engellendi. Geleneksel ısıl işlem uygulaması Şekil 3.3’te gösterilmektedir.

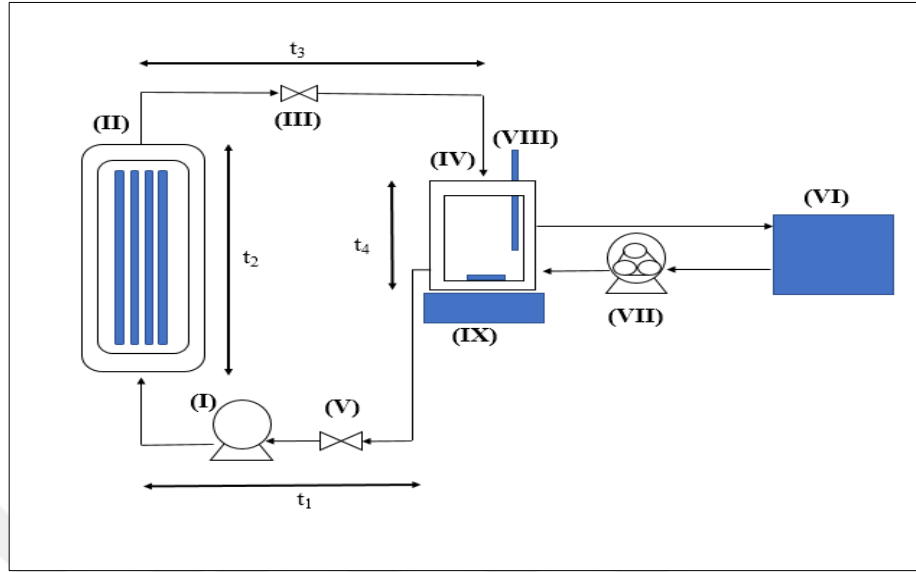


Şekil 3.3 Isıl işlem uygulaması

3.2.6 Yulaf Sütünün Sürekli Sistem UV-C Reaktör ve Isıl İşlem Kombinasyonu ile Pastörizasyonu

Tez çalışmasına konu olan yulaf sütü üretimi Şekil 3.1’de özetlendiği gibi işlem başlamadan hemen önce üretildi. Şekil 3.4 ve 3.5’te verilen sistemde gösterildiği gibi UV lambaları (II) işlem başlamadan yarım saat önce açıldı. İşlem için rezervuara (IV) 1500 mL süt aseptik koşullarda eklendi. Sıcak su banyosunun (VI) sıcaklığı 70 °C’ye getirildi. Rezervuarın ceketinden 70 °C’lık su bir pompa yardımıyla sürekli döngü olacak şekilde geçirildi. Cam reaktör manyetik karıştırıcı (IX) üzerine alındı, bir balık yardımı ile hem sütün sürekli karıştırılması, hem de sıcaklığın sabit tutulması sağlandı. Döngüyü başlatmadan önce vana (V) ve pompa (I) kapalı konumdaydı. Reaktörün içerisindeki sütün sıcaklığı 60 °C’ye gelince pompa (I) ve vana (V) açık konuma getirilip döngü başlatıldı. PTFE boru ile sarmal şekilde çevrelenmiş olan 4 adet UV-C lambadan oluşan reaktör (II) kısmına ulaşan yulaf sütü bu bölgede UV-C ışına maruz

kaldı. Sarmal borunun dışına kullanıcının UV-C ışına maruz kalmaması için paslanmaz çelikten yapılan bir ceket yerleştirildi.



Şekil 3.4 Isıl işlem ile kombine edilmiş sürekli sistem UV-C reaktörü şeması (Demir ve Oral, 2018)

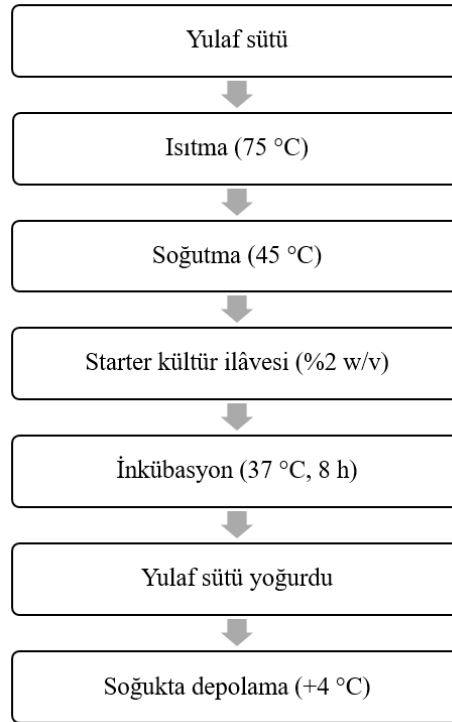


Şekil 3.5 Isıl işlem ile kombine edilmiş sürekli sistem UV-C reaktörü ile pastörizasyon uygulaması

3.2.7 Yulaf Sütünden Yoğurt Yapımı

Yoğurt yapımı için gerekli olan süt üretimi Şekil 3.1’de anlatıldığı gibi yapıldı. Elde edilen yulaf sütünden 750 mL bir behere alındı. Manyetik karıştırıcının sıcaklığı 100

°C'ye getirildi. Yulaf sütünün nişastalı yapısı nedeniyle ortaya çıkan topaklanma sorunu karıştırma işleminin sürekli hale getirilmesi ile ortadan kaldırıldı. Sütün sıcaklığı 75 °C olunca ısıtma işlemi bırakılıp sütün sıcaklığının 45 °C'ye düşmesi beklendi. Sütün sıcaklığı 45 °C'ye geldiğinde süte *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* içeren starter kültür (YC-350 YoFlex®, Chr. Hansen, Danimarka) eklendi. Kültür eklenmiş süt 90 mL'lik kavanozlara paylaştırıldı ve inkübatörde 37 °C'de 8 saat inkübasyona bırakıldı. Laktik asit bakterilerinin yaygın olarak kullanılan inkübasyon sıcaklığı olan 42 - 45 °C sıcaklık aralığı yulaf nişastasının jelleşme sıcaklığı olan 44 °C ile kesiştiği için yulaf sütünden yoğurt üretiminde inkübasyon sıcaklığı 37 °C olarak tercih edilmiştir. İnkübasyon süresi ise ön denemeler sonucunda pH değerinin 4,2'ye düştüğü 8 saat olarak belirlenmiştir. Yulaf sütünden yulaf sütü yoğurdu üretme işlemi Şekil 3.6'da özetlenmiştir.



Şekil 3.6 Yulaf sütünden yulaf sütü yoğurdu üretimi işlem basamakları

3.2.8 Depolama Boyunca Gözlenen Değişimler

İşlem görmemiş, ısıtılmış işlem görmüş (63 °C, 30 dak) ve ısıtılmış işlem ile kombin edilmiş UV-C ışınlatma (77,67 J/mL, 60 °C) gören yulaf sütlerinden elde edilen yulaf yoğurdu örneklerinde raf ömrü süresi belirlenirken, inek sütünden yapılan normal bir yoğurdun raf ömrü süresi dikkate alındı. Bu süre esas alınarak yoğurt üretildikten sonra 1 gece dolapta bekletildi. Daha sonra 1. gün, 7. gün, 14. gün ve 21. günlerde, yoğurtta, aşağıda belirtilen analizler yapıldı.

Toplam Laktik Asit Bakterisi Sayımı

Toplam laktik asit bakterileri için gerekli seyreltmeler yapıldı. (MRS) besiyerine dökme plaka yöntemi ile ekim yapıldı ve 37 °C’de, 48 saat inkübasyona bırakıldı. Her seyreltmeden 2 paralel olacak şekilde ekim yapıldı. Laktik asit bakterileri oksijensiz solunum yaptığı için ekim yapılan petri tabloları anaerobik ortamda, 48 saat inkübe edildi ve sayımlar alındı. Alınan sonuçların ortalamaları koloni oluşturan birim (kob) / mililitre (mL) olarak ifade edildi (Bedani vd., 2014).

Renk Ölçümü

Yulaf sütünden elde edilen yoğurdun Konika Minolta CR400 portatif renk ölçüm cihazı ile renk analizi yapıldı. Portatif renk ölçüm cihazı ters şekilde sabitlendi. 20 g olarak tartılan yulaf yoğurtları, pet bardak içerisine konuldu. Pet bardağın üzeri beyaz bir kâğıt ile boşluk kalmayacak şekilde kapatıldı. Ardından pet bardak cihazın üzerine optik camı tamamen kapatacak şekilde yerleştirildi. Ölçüm tuşuna basılarak, L* (aydınlık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık, mavilik) değerleri cihaz tarafından saptandı. Her yoğurt için 3 ölçüm alındı. Hesaplamalar bu 3 ölçümün ortalaması alınacak şekilde yapıldı. Toplam renk değişimi Denklem 3.1 ile hesaplandı. Referans olarak örneklerin 0. gün ölçümleri alındı.

$$\Delta E = \sqrt{[(L + L_{ref})^2 + (a + a_{ref})^2 + (b + b_{ref})^2]} \quad (3.1)$$



Şekil 3.7 Yulaf yoğurdunun renk ölçümü

pH ve Toplam Titrasyon Asitliği Ölçümü

Oda sıcaklığında bulunan yulaf yoğurtlarının pH değeri, laboratuvar tipi pH metre ve manyetik karıştırıcı kullanılarak belirlendi. Toplam titrasyon asitliğini belirlemek için homojen olarak alınan 10 g numune üzerine 10 mL saf su ve ardından 500 µL fenolfitaleyn çözeltisi eklendi. 0,1 N NaOH ile pH değeri 8,1 olana kadar titre edildi. Sarfiyat kaydedildi ve laktik asit cinsinden (LA, %) toplam titrasyon asitliği aşağıdaki eşitlik ile hesaplandı (Vásquez-mazo vd., 2019).

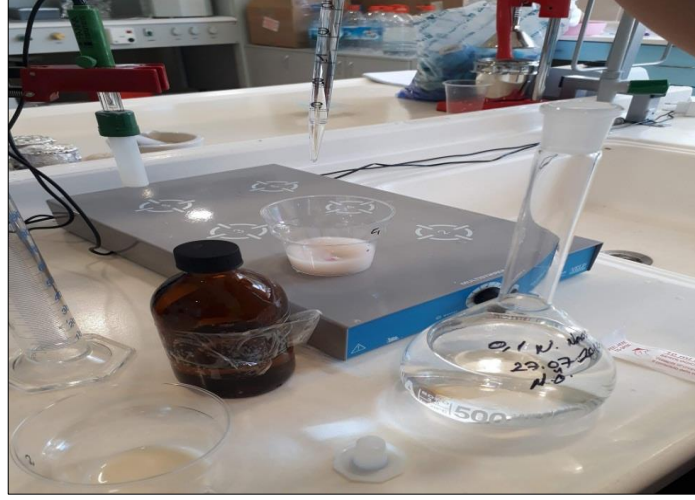
$$\text{Titrasyon asitliği, \%} = \frac{V * F * E * 100}{m} \quad (3.2)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, mL

F: Titrasyon faktörü

E: 1 mL 0,1 N NaOH'ın eşdeğer ait miktarı, g

m: Titre edilen örneğin gerçek miktarı,



Şekil 3.8 Yulaf yoğurdunda toplam titrasyon asitliği ölçümü

Kuru Madde Tayini

Yulaf sütünden elde edilen yoğurdun çözünen toplam kuru madde miktarı, nem tayini yapılarak hesaplandı. Ölçümler 3 paralel olacak şekilde oda sıcaklığında yapıldı. Nem tayini için; her numune homojenize edildi, ardından ayrı ayrı her numuneden 3 g tartılarak 105 °C etüvde 24 saat bekletildi. 24 saat sonunda numunelerin tartımı alındı ve hesaplamalar yapıldı.

Viskozite Ölçümü

Yulaf yoğurdunda viskozite Selecta Viskozimetre cihazı ile yapıldı. Kontrol örneği ve ısıtılmış işlem görmüş sütle yapılan yoğurtların ölçümü R₃ spindle, 50 rpm'de yapıldı. UV-C reaktör ve ısıtılmış işlem görmüş süttten yapılan yoğurttaki ölçüm ise R₄ spindle, 50 rpm'de yapıldı. Tork % 50 civarında iken en yakın sonucun verildiği düşünülerek o torktaki viskozite değerleri ve sıcaklıkları not edildi.



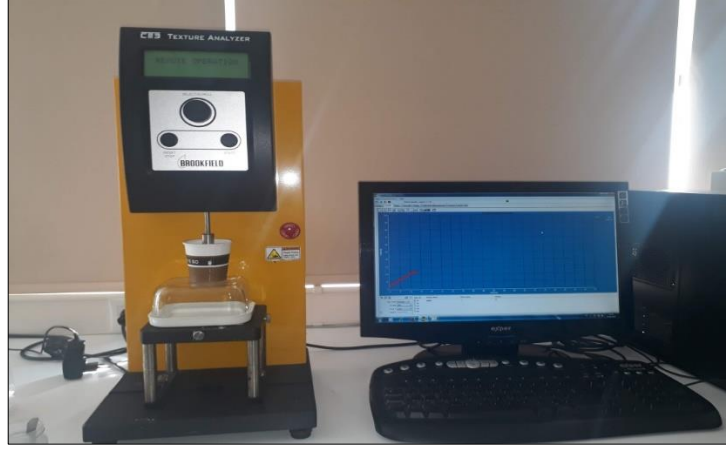
Şekil 3.9 Yulaf sütü yoğurdunda viskozite ölçümü

Sineresis Belirlenmesi

Yulaf sütü yoğurdunda sineresis bakılırken, yoğurt numunesinden 10 g alınıp darası alınan 15 mL'lik santrifüj tüplerine koyuldu. Santrifüj cihazında 1200 rcf'de 10 dak santrifüjlendi. Santrifüjden alınan süpernatantın alınıp tartıldı, daha sonra kalan kısım da tartılıp değerler kaydedildi ve sonuçlar g ayrışan serum / g örnek olarak ifade edildi (Dönmez vd., 2017).

Tekstür Profil Analizi

Isıl işlem gören, ısıl işlem destekli UV-C işlem gören ve hiç işlem görmemiş yulaf sütlerinden üretilen yulaf sütü yoğurtlarının aralarındaki farklılıkların etkisi araştırılmak üzere tekstürel profil analizi yapıldı. Analizden hemen önce, buzdolabında bekletilmiş olan yoğurtlardan 50 g ölçüm için karton bardaklara aktarıldı. Tekstür profil analizi, Brookfield marka cihazda, silindirik prob (TA4/1000, 38,1 mm çap, 20 mm uzunluk) kullanılarak yapıldı. Her bir test için aynı işlem 3 kez uygulandı. Prob hızları; 2,0 mm/s (test-öncesi), 0,5 mm/s (test) ve 0,5 mm/s (test-sonrası) şeklindedir. Hedef mesafe ve trigger yükü sırasıyla 7 mm ve 4,5 g'dır.



Şekil 3.10 Yulaf yoğurdunda tekstür profil analizi

Duyusal Değerlendirme

Raf ömrü çalışması kapsamında üretilen yulaf sütü yoğurdu örneklerinin duyusal değerlendirilmesi için üretilen örnekler rastgele seçilen 3 haneli sayılar ile kodlandı. Yaşları 22 ilâ 40 arasında değişen ve 3 erkek ile 4 kadından oluşan 7 kişilik duyusal panelist grubu, önce duyusal değerlendirme kriterlerini içeren kartları doldurdular. Ardından söz konusu panelistler örnekleri görünüm, kaşıkla kıvam, ağızda kıvam, tat-aroma, asitlik, yulafımsı tat ve genel kabuledilebilirlik bakımından 9 puanlık bir skala kullanarak değerlendirdiler. Bu skalada 1: hiç beğenmedim, 9: fevkalade beğendim anlamlarına gelmektedir.

3.2.9 İstatistiksel Analiz

İşlem görmemiş, ısıtılmış (63 °C, 30 dak) ve ısıtılmış destekli UV-C ışınlatma (77,67 J/mL, 60 °C) gören yulaf sütlerinden elde edilen yulaf yoğurdu örneklerinin mikrobiyel, fizikokimyasal, renk değeri, tekstürel ve duyusal analiz sonuçlarının ortalamaları arasındaki farkların kayda değer (% 95 güven aralığında) olup olmadığı istatistik yazılımı Minitab (versiyon 16.0, ABD) ile tek-yönlü ANOVA testi (Tukey metodu) kullanılarak belirlendi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Yulaf Sütünün Karakterizasyonu

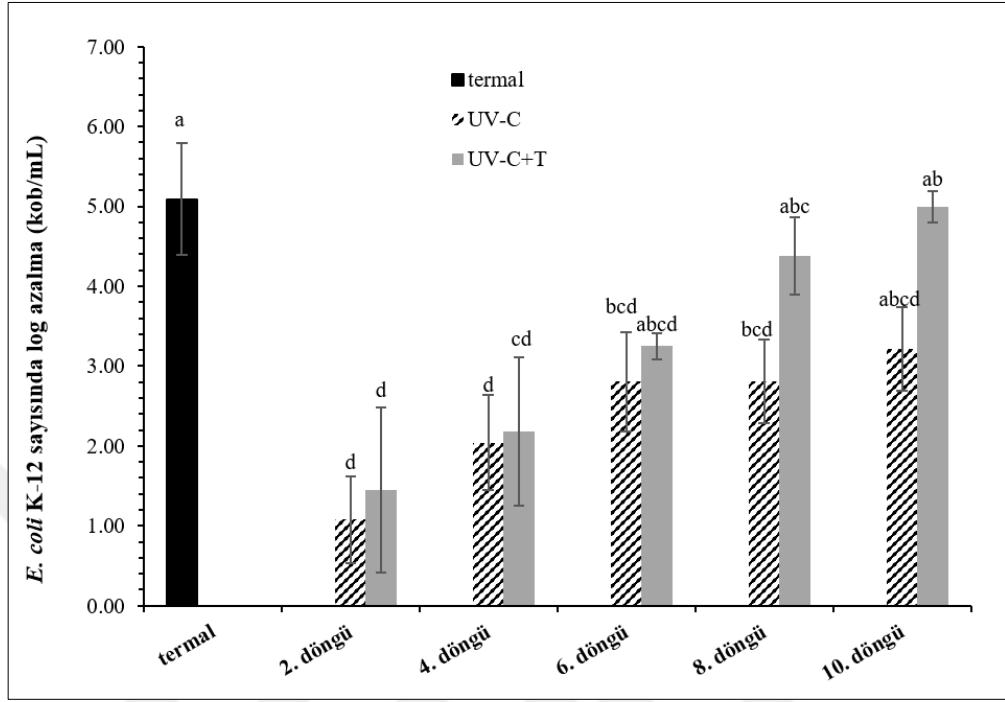
Taze hazırlanmış yulaf sütünün bazı karakteristik özellikleri; kuru madde içeriği % $10,28 \pm 0,05$ (y.b.), yoğunluğu $1101,1 \pm 10,7$ kg/m³, pH değeri $7,32 \pm 0,06$, protein içeriği $4,55 \pm 0,08$ % (w/v) olarak belirlenmiştir. Yulaf sütünün nötr pH'ı, patojenik mikroorganizma büyüme riskini azaltmak, dolayısıyla ürünün kalitesini arttırmak için termal (ısı) veya termal olmayan bir işlemin gerekliliğini getirmektedir. Viskozite, sürekli sistemlerin tasarımı ve optimizasyonu için sıvı gıdaların önemli bir özelliğidir. Taze yulaf sütünün viskozitesi, sırasıyla sıcaklık 20'den 60 °C'ye yükseldiğinde, $163,67 \pm 12,49$ mPa.s'den, $182,40 \pm 15,90$ mPa.s'ye yükselmiştir. Yulaf nişastasının 44,7 ilâ 73,7 °C arasında jelatinleştiği bildirildiğinden, bu sonuç beklenmektedir (Tester ve Karkalas, 1996).

Renk, bir gıdanın tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini etkileyen ilk görsel özelliğidir (Abid vd., 2014). Taze yulaf sütünün CIE L * (aydınlık), a * (kırmızılık) ve b * (sarılık) renk parametreleri sırasıyla; $68,57 \pm 1,20$, $-0,9 \pm 0,10$ ve $11,26 \pm 0,65$ olarak ölçüldü. Absorpsiyon katsayısı, UV emiliminin düşüklüğü ile doğrudan ilişkilidir, burada düşük UV emilimi daha fazla UV'nin nüfuz etmesine izin vermektedir (Sew vd., 2014). Yulaf sütünün absorpsiyon katsayısı 254 nm'de $5,18 \pm 0,05$ cm⁻¹ olarak belirlenmiştir bu da daha iyi bir UV penetrasyon gücü ve mikroorganizmaların UV'ye daha fazla maruz kaldığını göstermektedir. Soya sütünün 254 nm'de absorpsiyon katsayısı Bandla vd. (2012b) tarafından $1,59 \pm 0,1$ cm⁻¹ olarak bildirilmiştir.

4.2 Yulaf Sütünün Termal, UV-C ve UV-C Destekli Termal Yöntemler ile İşlenmesi

Bitki bazlı süt ürünü işlemedeki en önemli adımlardan biri, ürünün raf ömrü boyunca mikrobiyel güvenlik ve süspansiyon stabilitesini sağlayan ısı işlemidir. Bununla birlikte, termal olmayan teknikler, minimal olarak işlenmiş taze benzeri bir bitki bazlı süt ürünü elde etmek için ısı işlemi yerini alabilir. Bu çalışmanın ilk bölümünde,

yulaf sütü örneklerine inokule edilen *E. coli* K- 12'nin inaktivasyonu termal (T), UV-C (UV-C) ve UV-C destekli termal (UV-C+T) teknikleriyle test edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Yulaf sütü örneklerinde termal (T), UV-C (UV-C) ve UV-C destekli termal (UV-C+T) teknikler ile *E. coli* K- 12 inaktivasyonu (çubukların üzerindeki farklı harfler, Tukey testi ile belirlenen her çalışma arasında önemli farklılıkları temsil eder)

Yulaf sütünün termal işlemi, *E. coli* K-12'de $\log 5,09 \pm 0,70$ kob/mL azalmaya neden olurken, UV-C+T sisteminden yulaf sütünün 10 kez geçişinden (kümülatif doz: 162,77 J/mL) sonra $\log 5,00 \pm 0,20$ kob/mL'dir. Bu noktada, T ve UV-C+T işlem görmüş yulaf sütü örnekleri arasında *E. coli* K-12'nin inaktivasyonu açısından anlamlı bir fark yoktur ($P < 0,05$). Yulaf sütünün UV-C reaktörden 10 kez (kümülatif doz: 72,34 J/mL) geçişi sonrası elde edilen *E. coli* K-12'deki $\log 3,22$ kob/mL'lik azalma, sıvı gıdalarda uygulanan UV ışınlama için FDA'nın mikroorganizmalardaki hedeflediği 5log'luk azalmayı karşılayamamıştır (FDA, 2004). Fermente süt ürünlerinde izin verilen maksimum *E. coli* sayısı, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde 3 kob/g'dır (Resmi Gazete, 2011). Bu nedenle, duyu analizlerde gıda zehirlenmesi riski nedeniyle yoğurt üretimi için yulaf sütünün UV-C ile işlenmesi iptal edilmiştir.

Bitki bazlı süt ürünlerinin UV-C ile işlem görmesi hakkında sınırlı sayıda rapor bulunabilmektedir. Bandla vd. (2012b) soya sütüne sarmal tüp UV reaktör vasıtası ile 11,187 mJ/cm²'lik bir doz uygulayarak *E. coli* W1485'i log 5,6 kob/mL ile etkisiz hale getirmeyi başarmışlardır. Ochoa-Velasco vd., (2014), Hindistan cevizi sütünü 30,33 mL/s akış hızında (1,82 L/dak olarak hesaplanmıştır) çift tüp tipi UV-C ışınlama sistemi kullanarak muamele etmişler ve hem *E. coli* hem de *S. typhimurium* için 30 dak sonra log 4,1 ± 0,1 kob/mL azalma gerçekleşmiştir.

Bununla birlikte, günlük sütte farklı mikrobiyel inaktivasyon sonuçlarına neden olan çeşitli dozlarda UV-C ışın uygulama işlemi ile ilgili birçok çalışma vardır. Engin ve Karagul Yüceer (2012), UV ile işlenmiş sığır sütünde 13,87 J/mL dozun altında *E. coli* sayısında önemli bir (2,85 ila < log 1 kob/mL) azalma bildirmiştir. Başka bir çalışmada, Vásquez-Mazo vd. (2019) çiğ inek sütünün toplam koliform sayısının, ince bir katman reaktöründe 2 J/mL UV-C uygulanarak log 4,02 kob/mL azaltılabileceğini göstermiştir. İnek sütünün absorbands katsayısı 300 cm⁻¹ olarak bildirilmiştir (Koutchma, 2009). Murakami vd. (2006), *E. coli* K-12'nin inaktivasyon oranının model çözeltilerin absorbands katsayısından etkilendiğini rapor etmişlerdir. Kaya ve Ünlütürk (2016), bu çalışmada üretilen yulaf sütüne benzer bir absorbands katsayısına (5,63 cm⁻¹) sahip pastörize edilmiş berrak beyaz üzüm suyunun UV-C uygulaması üzerinde çalışmışlar ve *Saccharomyces cerevisiae*'yi pilot ölçekli bir sürekli akış UV sistemi ile 65,5 mJ/cm² uygulayarak log 3,39 ± 0,04 kob/mL ile inaktive etmeyi başarmışlardır. Öte yandan Gayán vd. (2011) sarmal yaylı ince film reaktörden geçirilen (tartrazin ile pH 7 McIlvaine tamponu, 6,3 cm⁻¹ absorbands katsayısı) bir model çözeltilisini işlemişlerdir. Mevcut çalışmaya kıyasla nispeten düşük bir doz değeri (5,76 J / mL) uygulayarak, fakat önemli ölçüde düşük bir akış hızı, yani 0,083 L / dak kullanarak *E. coli*'de log 5,6 kob/mL inaktivasyon elde etmişlerdir (Gayán vd., 2011).

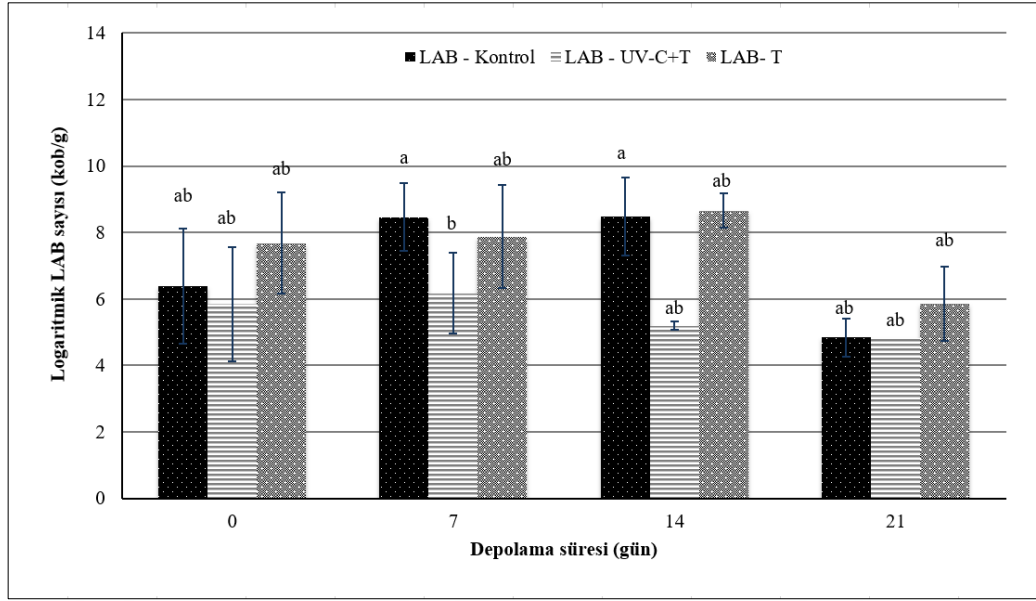
4.3 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanmasında Mikrobiyel Değişiklikler

Çalışmanın bu bölümünde, tüketici kabulünü ve duyu kalitesini artırmak için yulaf sütü, yulaf sütü yoğurdu elde etmek için fermantasyona tabi tutulmuştur. Bu kapsamda, yulaf sütü yoğurdu üretimi için termal (63 °C, 30 dak) ve UV-C destekli

termal (162,77 J/mL ve 60 °C) işleme teknikleri ile muamele edilen yulaf sütleri, çiğ (pastörize edilmemiş) yulaf sütünden elde edilen yulaf sütü yoğurdu ile karşılaştırılmıştır. İşlem görmemiş (kontrol), UV-C destekli ısı işleme görmüş (UV-C+T) ve ısı işleme görmüş (T) olan yulaf sütlerinden elde edilen yulaf sütü yoğurtları 4 °C'de saklandı ve 21 gün boyunca izlendi.

Şekil 4.2, 21 günlük depolama süresince işlem görmemiş (kontrol), T ve UV-C+T yulaf sütü yoğurtlarında laktik asit bakterilerinin (LAB) canlılığını göstermektedir. Başlangıçta (sıfırıncı gün), kontrol, T ve UV-C+T yulaf sütü yoğurtlarının (Şekil 4.2) LAB sayıları arasında önemli bir ($P < 0,05$) fark bulunmaması, yulaf sütünde yer alan besin bileşenlerinin fermantasyon sürecinde, starter kültürün büyümesi için yeterli olduğuna işaret etmiştir (Bernat vd., 2015a). Depolama 14. güne doğru ilerlerken, kontrol ve T yulaf sütü yoğurtlardaki LAB sayısı 10^{7-8} kob/g seviyesinin biraz üzerinde seyretmiştir, ancak UV-C+T yulaf sütü yoğurtlardaki LAB sayısı 10^6 kob/g seviyesinde kalmıştır. Dinkçi vd. (2015), yulaf sütü ürünlerinde LAB'in canlılığının, yulaf sütündeki ana fermente edilebilir karbonhidrat olan maltozu kullanma yeteneklerine atfedilebileceğini ifade etmiştir. Daha önceki bir çalışmada, Mårtensson vd., (2002), ticari yoğurt kültürlerinin (*S. salivarius* subsp. *thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) depolama süresi boyunca (30 gün) yulaf bazlı bir süt ürünü içinde stabil canlılığını rapor etmişlerdir. Bernat vd. (2015a) ayrıca, mayalanmış bir yulaf sütü ürününde depolama süresini 10^{7-8} kob/mL seviyesinin üzerinde bitiren başlangıç kültürünün, depolama sırasında canlılığında hafif bir azalma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında, fermente süt ürünlerinde diyet liflerinin LAB büyümesi üzerindeki olumlu etkisini gösteren bazı raporlar da vardır (Pelaes Vital vd., 2015).

Çalışmamızda, depolama sonunda kontrol, T ve UV-C+T yulaf sütü yoğurtların LAB sayıları 10^6 kob/g seviyesinin altına düşmüştür (Şekil 4.2). Bununla birlikte, yoğurt kültürlerinin soğuk depolama sırasında raf ömrünün sonuna kadar canlılıklarını 10^{6-7} kob/g seviyesinin üzerinde tutmaları beklenmektedir (Damin vd., 2008). İşlem görmemiş yulaf sütü yoğurtta LAB'nin canlılık kaybı, bu mikroorganizmaların asitten zarar görmesinin bir sonucu olabilmektedir (Shah, 2000).



Şekil 4.2 İşlem görmemiş, UV-C destekli ısıl işlem görmüş ve ısıl işlem görmüş yulaf sütünden elde edilen yoğurt örneklerinde 4°C'de saklama sırasında gerçekleşen LAB sayısı değişimi (çubukların üzerindeki farklı harfler Tukey testi ile belirlenen her örnek arasındaki önemli farklılıkları temsil eder)

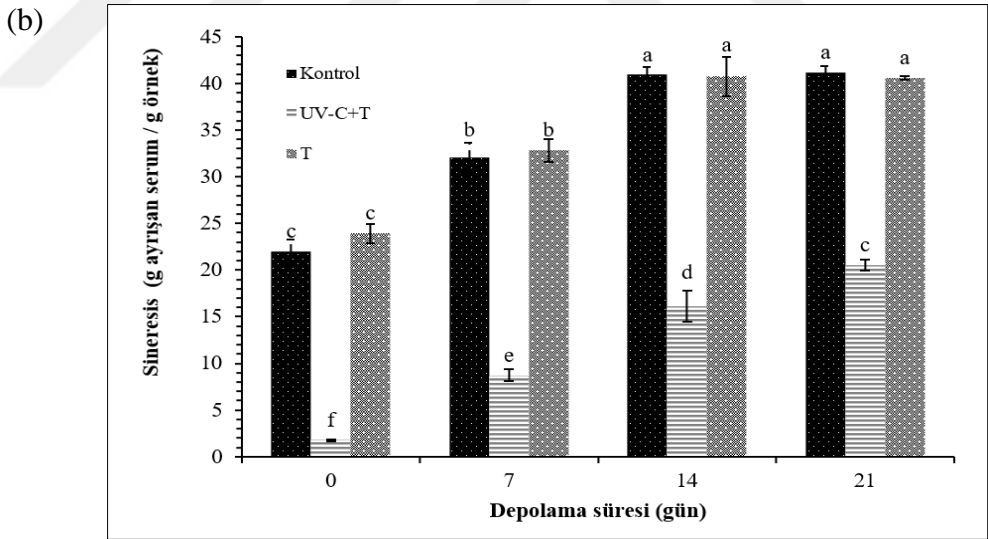
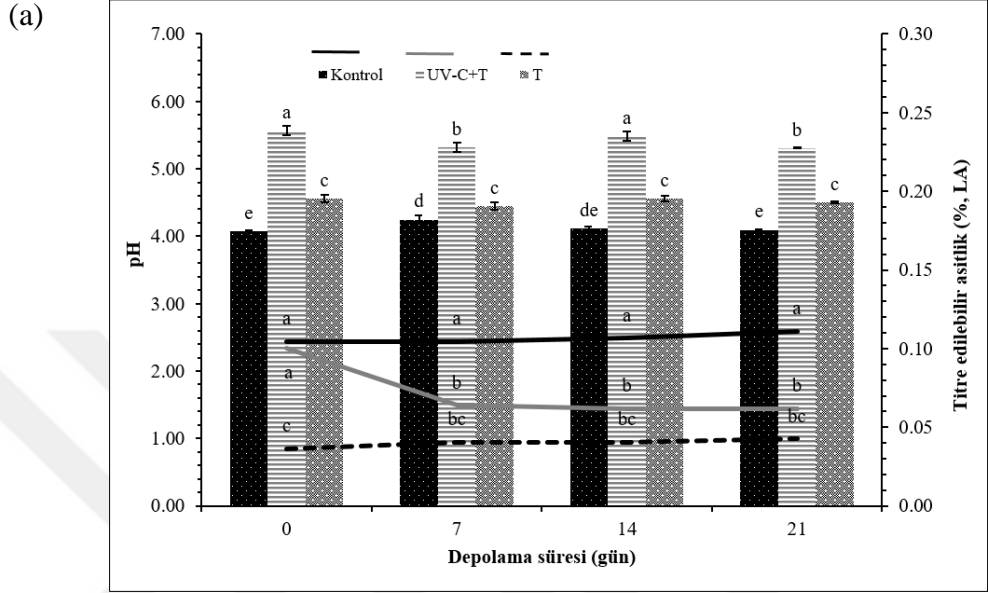
4.4 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanması Sırasında Fizikokimyasal Değişiklikler

Depolama süresi boyunca kontrol, T ve UV-C+T yulaf sütü yoğurdu numunelerindeki pH ve toplam titrasyon asitliği (%) değişimleri Şekil 4.3a'da gösterilmiştir. Şekil 4.3a'da görülebileceği gibi, UV-C+T numunelerinin pH değerleri depolama boyunca 5,0'ın üzerindeydi, bu da 14. güne kadar UV-C+T numunelerinin LAB sayısının (Şekil 4.2), kontrol ve T yulaf sütü yoğurt örneklerinden nispeten daha düşük olması ile uyumludur. Ek olarak, UV-C+T yulaf sütü yoğurdu örneklerinin toplam titrasyon asitliği değerleri stabildir, ancak depolama boyunca kontrol yoğurt örneklerinden daha düşüktür (Şekil 4.3a). İşlem görmemiş yulaf sütü yoğurdu örneklerinin başlangıç pH'ı $4,07 \pm 0,02$ olup, 7. günde biraz artış göstermiş, ancak depolama süresini $4,09 \pm 0,01$ seviyesinde sona erdirmiştir (Şekil 4.3a). Genel olarak, depolama süresi boyunca pH ve toplam titrasyon asitliği değerlerinin stabil kalması (Şekil 4.3a), yulaf proteinlerinin iyi tamponlama kapasitesi nedeniyle kontrol, T ve UV-C+T yulaf sütü yoğurdu örneklerinde post-asidifikasyon oluşmamasına atfedilebilir (Ilnytska vd., 2016). Aksine, düşük tamponlama kabiliyeti ve karbonhidratların starter kültürler tarafından devam eden fermantasyonu nedeniyle soya sütü için post-asidifikasyon rapor

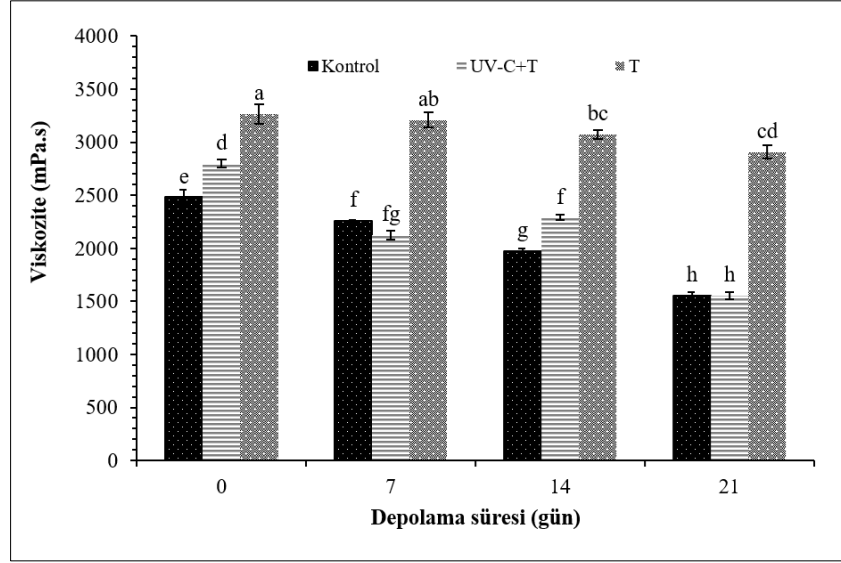
edilmiştir (Bedani vd., 2014). Post-asidifikasyon, yoğurdun duyusal ve fiziksel kalitesi ile LAB'nin canlılığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilecek istenmeyen bir olgudur (Han vd., 2012).

Sineresis, set tipi yoğurtların jel matrisinden serum salınımından kaynaklı teknolojik bir kusuru olarak kabul edilir (Dönmez vd., 2017). Sıvı fazın jelden ayrılmasını (sineresis) engellemek için stabilizatörler, çözünür katılar veya proteinler gibi gıda katkı maddeleri yoğurda işlenecek süte eklenebilir (Vásquez-mazo vd., 2019). Şekil 4.3b, sineresis değerinin 0. günden 21. güne kadar tüm numuneler için arttığını göstermektedir; bununla birlikte, tüm yoğurt örneklerinin viskoziteleri, depolanmaları sırasında azalma göstermiştir (Şekil 4.3c). Sineresisin ile viskozite arasında ters orantılı bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Dönmez vd., 2017). Üç örnek arasında, UV-C+T yulaf sütünden elde edilen yoğurt örnekleri, depolama boyunca en düşük sineresis değerlerine sahiptir (Şekil 4.3b). Bu bulgu ile uyumlu olarak Engin ve Karagül Yüceer (2012), UV-C ile muamele edilmiş sığır sütünden elde edilen yoğurt örneklerinin sineresis değerlerinin, ultrasonik veya ısıtılmış sütlerden elde edilen yoğurtlardan daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Engin ve Karagül Yüceer (2012) bunu, UV ışıklarının, süt proteinlerinin özellikleri üzerindeki etkisi ile ilişkilendirmişlerdir. Bununla birlikte, Brückner-Gühmann vd., (2019), yulaf proteini konsantratinin, inek sütüne eklenmesi sonucunda, su tutma kapasitesini geliştirdiğini ve yulaf proteinlerinden ziyade yulaf nişastasının rolü nedeniyle yoğurdun sineresisini azalttığını göstermiştir. Tester ve Karkalas (1996) bu olayı yulaf nişastası ile açıklamıştır. Jelatinizasyon sırasında, çift sarmal olarak paketlenmiş dış amilopektin zincirleri, çift sarmal yapısını stabilize eden kırık hidrojen bağları nedeniyle açılmaktadır. Daha sonra, kırık hidrojen bağlarının yerini su ile hidrojen bağları alır (Tester ve Karkalas, 1996). Vatanasuchart vd. (2005) UV-C'nin, aynı zamanda yulaf nişastasının ana bileşenleri (Tester vd., 2004) olan tapyoka nişastasının amiloz ve amilopektin molekülleri üzerindeki degradasyon etkisini gözlemlemiştir. Öte yandan, soya fasulyesi yoğurdu örneklerinin sineresis seviyesi üretim gününde % 60-70 arasındadır (Mei vd., 2017), ancak yulaf sütü yoğurtlarının sineresis, depolamanın son gününde bile % 42'yi aşmamıştır (Şekil 4.3b). Depolama boyunca viskozitede gerçekleşen değişimlerden bahsedecek olursak, yulaf sütü yoğurdu numunelerinin viskozite değerlerinin depolama sırasında azalan bir eğilimi (Şekil 4.3c) olduğu

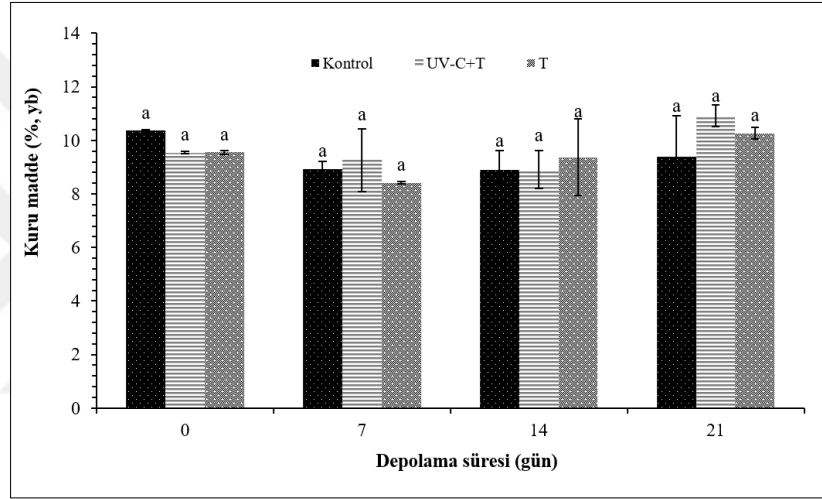
görülmektedir. Bu azalış, yoğurttaki bulunan karboksilik asitler tarafından β -glukanın degrade edilmesine bağlanabilir (Mäkinen vd., 2012). Degradasyon, molar kütlesi ve dolayısıyla viskozitesi nispeten daha düşük β -glukan elde edilmesine neden olabilir (Mäkinen vd., 2012).



(c)



(d)



Şekil 4.3 +4 °C'de depolama sırasında yulaf sütü yoğurtlarında a) pH ve titre edilebilir asitlik, b) sineresis, c) viskozite ve d) kuru madde içeriği değişiklikleri (Kontrol: işlem görmemiş yulaf sütünden yoğurt, UV-C+T: UV-C destekli ısı işlem görmüş yulaf sütünde yoğurt, T: ısı işlem görmüş yulaf sütünden yoğurt) (çubukların üzerindeki farklı harfler Tukey testi ile belirlenen her örnek arasındaki önemli farklılıkları temsil eder)

4.5 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanması Sırasındaki Renk Değişiklikleri

Renk, tüketicilerin seçimini etkileyen bir ürünün temel kriteridir. İşlem görmemiş, UV-C+T ve T yulaf sütü örneklerinden elde edilen yoğurtların L*, a*, b* ve ΔE değerleri 21 gün boyunca izlenerek Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Depolama süresi işlem görmemiş (kontrol) ve T örneklerinin L* değerlerini anlamlı ($P<0,05$) derecede etkilememiştir. Depolama süresince, kontrol ve T örneklerinin L* değerleri birbirine benzer ve UV-C+T örneklerine göre daha yüksektir. UV-C ile işlenmiş hindistan cevizi sütü örnekleri için daha düşük L* değerleri benzer şekilde Ochoa-Velasco vd. (2014) tarafından bildirilmiş olup, bu durumun Maillard reaksiyonları veya lipidlerin oksidasyonu ile ilgili olduğu belirtilmiştir.

Yulaf, diğer tahıllar ile kıyaslandığında nispeten yüksek lipit içeriği ile bilinir, fakat aynı zamanda yulaf lipitlerinin oksidasyona uğrama şansını artıran önemli miktarda lipolitik enzim içermektedir (Dimberg vd., 2001). Bununla birlikte, daha önce yulaf bazlı yiyecekleri stabilize etmek için söz konusu lipolitik enzimleri inaktive etmekte ısı işlem kullanılmıştır (Dimberg vd., 2001). Yukarıda bahsedilenler, T örneklerine göre UV-C+T için düşük olan L* değerlerini açıklamaktadır (Çizelge 4.1). Bu durumu destekleyen farklı bir çalışmada, Makarapong vd. (2020), radyasyonun lipid oksidasyonuna yol açabileceği ve UV-C ile işlenmiş büyükbaş sütün, işlenmemiş süttten daha yüksek TBARS değerlerine sahip olabileceğini destekleyen bir sonuç ortaya koymuştur. Ayrıca, bu çalışmada işlem görmemiş ve T örneklerinin başlangıç L* değerleri Bernat vd. (2015a) tarafından bildirilen fermente yulaf sütü örneğinin parlaklık düzeyi ile uyumludur. Benzer şekilde, araştırmacılar 28 günlük depolama boyunca fermente yulaf sütü örneklerinin L* değerinde herhangi bir değişiklik gözlemlememişlerdir (Bernat vd., 2015a).

Çizelge 4.1'deki tüm a* değerlerinin, CIELab ölçeğinin kırmızı-yeşil ekseninin negatif tarafında olması, yulaf sütü yoğurdu örneklerinin yeşil alanda olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.1'e göre, UV-C+T örneklerinin yeşilliği, ilk 14 gün boyunca kontrol ve T örneklerinden daha yüksek seyretmiş, ancak depolama sonunda üç numunenin a* değerleri eşitlenmiştir. Yulaf sütü yoğurtlarının b* değerleri ise, renk skalasının sarı alanında 4,7 ilâ 8,3 arasında değişmiştir. Depolama süresince UV-C+T örneklerinin b* değerleri, kontrol ve T örneklerine göre daha düşüktür (Çizelge 4.1). Genel olarak, toplam renk değişimi depolama süresi boyunca azalma eğilimindedir (Çizelge 4.1), UV-C+T, tüm numuneler arasında en yüksek ΔE skorlarına sahiptir. Tüm ΔE değerleri Bernat vd. (2015a) sonuçları ile uyumlu olarak, 4,0 seviyesinin altındadır. Hindistan cevizi sütünün UV-C ile muamelesi ($1,026 \text{ kJ/m}^2$), toplam renkte

2,7 değişiklikle sonuçlanmış (Ochoa-Velasco vd., 2014), bununla birlikte, UV-C ışınlanmasının inek sütünde nispeten daha yüksek ΔE değerlerine neden olduğu bildirilmiştir (Hu vd., 2015).

Çizelge 4.1 +4°C'de depolama süresince yulaf sütü yoğurtlarındaki renk değişiklikleri

Parametre	Örnek	Depolama süresi (gün)			
		0	7	14	21
L*	Kontrol	67,6 ± 0,5 ^{Aa}	67,7 ± 1,3 ^{Aa}	68,6 ± 1,4 ^{Aa}	68,1 ± 0,6 ^{Aa}
	UV-C+T	62,7 ± 1,6 ^{BCc}	64,4 ± 1,5 ^{ACa}	65,8 ± 0,7 ^{Aa}	60,9 ± 0,1 ^{Cb}
	T	65,6 ± 0,3 ^{Ab}	67,0 ± 1,8 ^{Aa}	68,0 ± 1,1 ^{Aa}	67,8 ± 0,0 ^{Aa}
a*	Kontrol	-0,7 ± 0,1 ^{ABa}	-0,5 ± 0,0 ^{Aa}	-0,8 ± 0,0 ^{BCa}	-0,9 ± 0,0 ^{Ca}
	UV-C+T	-1,2 ± 0,1 ^{Bb}	-1,0 ± 0,1 ^{Ab}	-1,3 ± 0,0 ^{Bc}	-0,9 ± 0,0 ^{Aa}
	T	-1,0 ± 0,0 ^{Cb}	-0,8 ± 0,1 ^{Ab}	-1,0 ± 0,1 ^{BCb}	-0,8 ± 0,0 ^{ABa}
b*	Kontrol	8,2 ± 0,2 ^{Aa}	6,4 ± 0,1 ^{Ca}	8,3 ± 0,2 ^{Aa}	6,2 ± 0,0 ^{Ba}
	UV-C+T	6,3 ± 0,2 ^{Bc}	4,7 ± 0,1 ^{Cc}	6,7 ± 0,1 ^{Ab}	4,9 ± 0,1 ^{Cc}
	T	7,1 ± 0,1 ^{Ab}	5,4 ± 0,1 ^{Cb}	7,2 ± 0,2 ^{Ab}	6,2 ± 0,0 ^{Bb}
ΔE	Kontrol	-	2,2 ± 0,3 ^{Aa}	1,4 ± 1,1 ^{Aa}	1,4 ± 0,1 ^{Ab}
	UV-C+T	-	2,5 ± 1,2 ^{Aa}	3,1 ± 0,7 ^{Aa}	2,3 ± 0,0 ^{Aa}
	T	-	2,7 ± 0,5 ^{Aa}	2,4 ± 1,1 ^{Aa}	2,3 ± 0,0 ^{Aa}

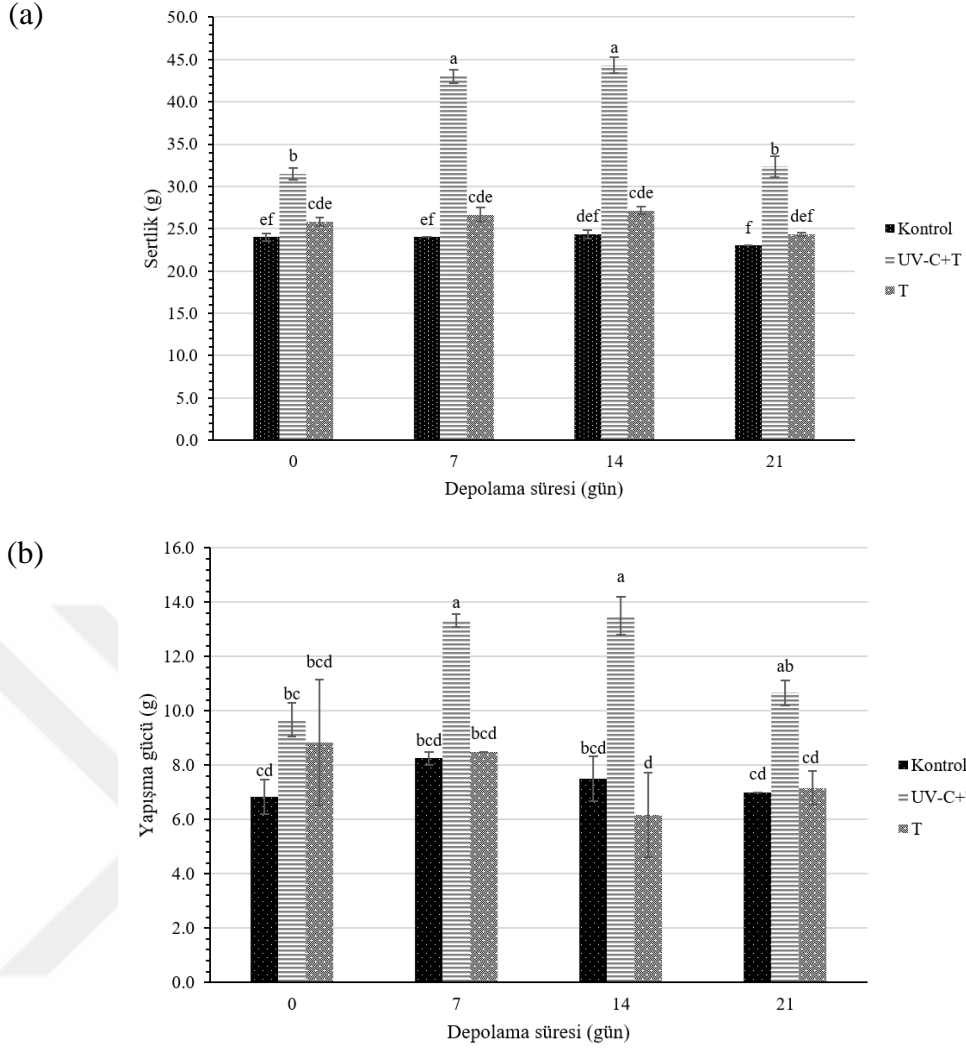
Sonuçlar Aynı satırdaki farklı büyük harfler, depolama günleri arasında önemli farklılıkları göstermektedir ($P < 0,05$). Aynı sütündeki farklı küçük harfler, her renk parametresi için önemli farklılıkları göstermektedir ($P < 0,05$). Kontrol: işlem görmemiş yulaf sütünden yoğurt, UV-C+T: UV-C destekli ısı olarak işlenmiş yulaf sütünden yoğurt, T: ısı olarak işlenmiş yulaf sütünden yoğurt anlamına gelmektedir.

4.6 Yulaf Sütü Yoğurtlarının Depolanması Boyunca Tekstürel ve Duyusal Değişiklikler

Ürünün kabul edilebilirliği için yoğurt kalitesinin en önemli özelliklerinden biri tekstürel özellikleridir (Mudgil vd., 2018). Sertlik, Mudgil vd., (2017) tarafından belirli bir deformasyona ulaşmak için gerekli olan kuvvet olarak açıklanmıştır ve yoğurdun sıklılığının bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir.

İşlem görmemiş (kontrol), UV-C+T ve T yulaf sütü örneklerinden elde edilen yoğurtların temel doku parametreleri; yoğurtların sertlik ve yapışma kuvveti değerleri

21 gün boyunca depolama sırasında test edilmiş ve sırasıyla Şekil 4.4a ve b'de gösterilmiştir. UV-C+T numunelerinin sertlik ve yapışma kuvveti değerleri depolama süresince kontrol ve T numunelerine göre anlamlı olarak daha ($P<0,05$) yüksek elde edilmiştir. Bu sonuç, en düşük sineresis değerlerine sahip olan UV-C+T örnekleri ile uyumludur (Şekil 4.3b). Yulaf sütü yoğurt jelinin stabilitesini en çok UV-C+T örneklerinin koruduğu sonucuna varılabilir. Vásquez-Mazo vd. (2019), UV-C ile muamele edilmiş inek sütünden elde edilen yoğurt numuneleri için termal olarak muamele edilenlere göre daha yüksek sertlik değerleri gözlemlemiştir. Ayrıca kontrol ve ısıtma işlem görmüş yulaf sütünden elde edilen yoğurt numunelerinin sertlik ve yapışma kuvveti değerleri depolama süresinin sonuna kadar önemli ($P<0,05$) ölçüde değişmemiştir. Maksimum sertlik değeri, UV-C+T örneği için $44,3 \pm 0,9$ g olarak depolamanın 14. gününde elde edilmiş olup, optimize edilmiş fermantasyon koşulları altında set tipi kinoa yoğurdu için 50,14 g sertlik değeri elde eden Zhang vd. (2018) ile uyumludur. Depolamanın 14. gününden sonra, UV-C+T numunelerinin sertliği, Şekil 4.3b'deki artan sineresis değerleri doğrultusunda önemli ($P<0,05$) ölçüde azalmıştır. Kaur ve Riar (2020), β -glukan'ın suyu hapsediğini ve yoğurda yapısını kazandırdığını bildirmişlerdir. Ek olarak, set tipi yoğurt (inek sütünden) örneklerinin yapışkanlığının, artan β -glukan konsantrasyonu ile azaldığını bildirmişlerdir (Kaur ve Riar, 2020). Literatürdeki çalışmaların çoğu (Brückner-Gühmann vd., 2019; Lucey, 2004), hayvansal süt yoğurtlarının geliştirilmiş tekstürünü toplam katı içeriğindeki artışla ilişkilendirmiştir. Bununla birlikte, Şekil 4.3d, üç çeşit yoğurt için de depolama boyunca kuru maddenin değişmemiş içeriğini açıkça göstermektedir.



Şekil 4.4 + 4 °C'de depolama sırasında yulaf sütü yoğurtlarında a) sertlik ve b) yapışma gücü değişiklikleri (Kontrol: işlem görmemiş yulaf sütünden yoğurt, UV-C+T: UV-C destekli ısıtılmış işlem görmüş yulaf sütünde yoğurt, T: ısıtılmış işlem görmüş yulaf sütünden yoğurt) (çubukların üzerindeki farklı harfler Tukey testi ile belirlenen her örnek arasındaki önemli farklılıkları temsil eder)

Yoğurt örneklerinin görünümü, kaşıқта kıvam, ağızda kıvam, lezzet, asitlik, yulafımsı aroma ve genel kabul edilebilirliği, eğitimli bir panelist grup tarafından 21 gün boyunca izlenmiştir (Çizelge 4.2). Genel olarak, panelistler depolama sırasında kontrol, UV-C+T ve T yoğurt örneklerinin duyu özellikleri arasında anlamlı ($P<0,05$) bir fark bulamamışlardır. Sadece, UV-C+T yoğurdunun kaşıktaki kıvamı depolama boyunca önemli ($P<0,05$) ölçüde azalmıştır. Bu sonuca göre, yulaf sütünün UV-C veya termal yöntemle pastörize edilmesinin, yulaf sütü yoğurdunun duyu kalitesinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı düşünülmektedir. Ancak, Bandla vd.

(2012a), hidrolitik ekşime ve süt lipidlerindeki uçucu bileşiklerdeki değişime bağlı olarak, 1.günden sonra UV-C ile muamele edilen inek sütü için istenmeyen tat oluşumu bildirmiştir. Cilliers vd. (2014) ayrıca, UV ile muamele edilmiş sığır sütünden olası oksidasyonun bir göstergesi olarak “yağlı” lezzet tanımlaması elde etmiştir. Bu çalışmada, verilen skorlar dışında, panelistlerden ekstra yorumları istenmiş ve hiçbir panelist herhangi bir örnek için istenmeyen bir tattan bahsetmemiştir.

Çizelge 4.2’de, 7. ve 14. günlerde panelistlerin toplam titrasyon asitliği (şekil 4.3a) sonuçları ile uyumlu olarak, örneklerin asitliğini fark edebildiği göstermektedir. Depolama süresi arttıka kontrol ve UV-C+T rneklerinin genel kabul edilebilirliği biraz azalmıştır, ancak T rnekleri için panelist puanları hafif bir artış göstermiştir. Ek olarak, bu çalışmadaki yoğurt örnekleri aromalı değildir, ancak Mårtensson vd. (2002), bitki bazlı süt ürünlerinin genel kabul edilebilirlik puanının çeşitli tatların eklenmesiyle geliştirilebileceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.2 +4 °C'de depolama sırasında yulaf sütü yoğurtlarındaki duyuşal değişiklikler

Parametre	Örnek	Depolama süresi (gün)			
		0	7	14	21
Görünüm	Kontrol	7,9 ± 1,4 ^{Aa}	7,9 ± 0,8 ^{Aa}	7,6 ± 1,2 ^{Aa}	6,7 ± 1,0 ^{Aa}
	UV-C+T	8,3 ± 0,7 ^{Aa}	7,4 ± 1,0 ^{Aa}	7,9 ± 1,1 ^{Aa}	7,0 ± 0,8 ^{Aa}
	T	7,3 ± 0,7 ^{Aa}	7,1 ± 1,0 ^{Aa}	7,4 ± 0,7 ^{Aa}	7,1 ± 1,7 ^{Aa}
Kaşıқта Kıvam	Kontrol	7,9 ± 1,1 ^{Aa}	7,4 ± 0,9 ^{Aa}	7,4 ± 1,4 ^{Aa}	6,6 ± 1,4 ^{Aa}
	UV-C+T	8,1 ± 0,6 ^{Aa}	7,6 ± 0,9 ^{ABa}	7,7 ± 1,3 ^{ABa}	6,3 ± 1,2 ^{Ba}
	T	7,9 ± 0,6 ^{Aa}	7,3 ± 0,9 ^{Aa}	7,1 ± 0,8 ^{Aa}	6,3 ± 2,0 ^{Aa}
Ağızda Kıvam	Kontrol	7,7 ± 1,4 ^{Aa}	7,1 ± 1,1 ^{Aa}	7,4 ± 1,4 ^{Aa}	6,4 ± 1,5 ^{Aa}
	UV-C+T	7,9 ± 0,6 ^{Aa}	7,0 ± 2,6 ^{Aa}	7,3 ± 1,5 ^{Aa}	7,0 ± 0,9 ^{Aa}
	T	6,3 ± 2,0 ^{Aa}	6,1 ± 1,8 ^{Aa}	6,9 ± 0,6 ^{Aa}	6,0 ± 2,3 ^{Aa}
Tat	Kontrol	6,9 ± 1,0 ^{Aa}	6,9 ± 0,6 ^{Aa}	7,3 ± 1,2 ^{Aa}	6,6 ± 0,9 ^{Aa}
	UV-C+T	6,4 ± 1,4 ^{Aa}	5,4 ± 1,9 ^{Aa}	6,6 ± 1,5 ^{Aa}	6,0 ± 1,1 ^{Aa}
	T	5,1 ± 2,4 ^{Aa}	6,0 ± 1,4 ^{Aa}	7,1 ± 1,2 ^{Aa}	6,6 ± 1,3 ^{Aa}
Asitlik	Kontrol	7,0 ± 0,8 ^{Aa}	6,1 ± 1,6 ^{Aa}	7,3 ± 0,7 ^{Aa}	6,1 ± 0,8 ^{Aa}
	UV-C+T	7,1 ± 1,6 ^{Aa}	5,0 ± 1,6 ^{Aa}	6,7 ± 1,4 ^{Aa}	6,1 ± 1,6 ^{Aa}
	T	6,3 ± 2,2 ^{Aa}	5,6 ± 1,9 ^{Aa}	6,9 ± 1,0 ^{Aa}	7,0 ± 0,8 ^{Aa}
Yulafımsı Aroma	Kontrol	7,6 ± 1,3 ^{Aa}	6,4 ± 1,3 ^{Aa}	7,0 ± 0,9 ^{Aa}	6,1 ± 0,6 ^{Aa}
	UV-C+T	7,1 ± 0,8 ^{Aa}	6,1 ± 1,9 ^{Aa}	7,1 ± 1,5 ^{Aa}	6,1 ± 1,1 ^{Aa}
	T	6,3 ± 1,7 ^{Aa}	6,6 ± 1,4 ^{Aa}	7,3 ± 0,9 ^{Aa}	6,7 ± 1,0 ^{Aa}
Genel Kabul	Kontrol	7,3 ± 1,0 ^{Aa}	7,1 ± 0,6 ^{Aa}	7,4 ± 1,0 ^{Aa}	6,4 ± 1,0 ^{Aa}
Edilebilirlik	UV-C+T	7,3 ± 0,9 ^{Aa}	6,1 ± 2,2 ^{Aa}	7,0 ± 1,4 ^{Aa}	6,4 ± 1,0 ^{Aa}
	T	5,9 ± 2,4 ^{Aa}	6,3 ± 1,2 ^{Aa}	7,1 ± 0,6 ^{Aa}	6,7 ± 1,6 ^{Aa}

Sonuçlar Aynı satırdaki farklı büyük harfler, depolama günleri arasında önemli farklılıklar gösterir ($P < 0,05$). Aynı sütundaki farklı küçük harfler, her renk parametresi için önemli farklılıklar gösterir ($P < 0,05$). Kontrol: işlem görmemiş yulaf sütünden yoğurt, UV-C+T: UV-C destekli termal olarak işlenmiş yulaf sütünden yoğurt, T: termal olarak işlenmiş yulaf sütünden yoğurt.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bitkisel bir ürün olan yulaf sütü üretilmiş ve yulaf sütünden üretilen yoğurtlara raf ömrü kazandırmak amacıyla çeşitli yöntemler ile pastörize edilmiştir. Öncelikle, üretilen yulaf sütünün çeşitli karakteristik özellikleri belirlenmiştir. pH değeri nötr bölgeye yakın olan yulaf sütünün ve dolayısıyla bu sütte üretilen yoğurdun güvenli gıda üretimi amacıyla ısıtılan ya da olmayan bir pastörizasyon işlemi görmesi gerektiği bu noktada belirlenmiştir. Bunun yanında, göreceli olarak düşük bir absorpsiyon katsayısına sahip olduğu belirlenen yulaf sütüne UV-ışınlama uygulaması yapılabileceği görülmüştür.

Mikrobiyel kalitesinin sağlanması amacıyla yulaf sütüne ısıtılan işlem (63 °C, 30 dak), UV-C ışınlama (10 döngü, 77,67 J/mL) ve UV-C ışınlama destekli ısıtılan işlem (10 döngü, 77,67 J/mL, 60 °C) uygulaması yapılmıştır. Söz konusu uygulamaların etkisini tespit edebilmek için, başlangıçta bilinen bir konsantrasyonda *E. coli* K-12 inokule edilmiş ve uygulama sonrası hedef mikroorganizma olan *E. coli* K-12'nin sayısındaki azalma takip edilmiştir. Denemeler sonucunda, ısıtılan işlem ve UV-C destekli ısıtılan işlem uygulamalarının *E. coli* K-12 sayısında sıvı gıdaların UV ışınlaması için belirlenmiş bir FDA kriteri olan log 5 kob/mL azalma oranını sağladığı, fakat tek başına UV-C uygulamasının bu seviyenin altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle tezin geri kalanındaki denemelerde yulaf sütü üzerinde tek başına UV-C ışınlama uygulaması kullanılmamıştır.

Fermantasyon sonucunda yulaf sütünün yulafımsı tadının giderildiği ve ortaya tüketimi daha kolay ve bir o kadar da probiyotik mikroorganizma içeren bir ürün çıktığı birçok çalışmada raporlanmıştır. Bunun üzerine çalışmanın ikinci kısmında yulaf sütünden yoğurt üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Isıtılan işlem görmüş olan ve UV-C destekli ısıtılan işlem görmüş olan yulaf sütleri, ticari starter kültür kullanılarak yoğurt üretimine beslenmiştir. Üretilen yoğurtlar 21 gün depolanarak raf ömrü belirleme çalışması yapılmıştır. İşlem görmüş olan bu yoğurtlar bu süreçte hiçbir işlem görmemiş olan yulaf sütünden üretilmiş olan yoğurtlar ile karşılaştırılmıştır.

Depolama çalışması esnasında yoğurtlarda meydana gelen mikrobiyel, fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal değişiklikler izlenmiştir. Mikrobiyel analizler, kontrol ve ısıt işlem görmüş olan örneklerde LAB sayısı depolama boyunca UV-C destekli ısıt işlem görmüş olan örneklere göre daha yüksek seyretmiştir. Depolamanın sonunda ise tüm örneklerin LAB sayıları 10^6 kob/g seviyesinin altına düştüğü belirlenmiştir. Yoğurtların depolama süresi boyunca pH ve toplam titrasyon asitliği değerleri genel olarak stabil kalmıştır. Sineresis bakımından depolama boyunca UV-C destekli ısıt işlem görmüş olan örnekler diğerlerine göre üstünlük sağlamıştır. Bu sonuç yulaf sütünün doğru yöntemle pastörize edilmesinin yoğurt kalitesinde iyileştirme sağlayabileceğini göstermiştir. Yoğurtların viskozitesi ise depolama boyunca azalan bir eğilim göstermiştir. Toplam renk değişimi bakımından tüm örnekler depolama boyunca oldukça düşük bir seviyede kalmıştır. En yüksek toplam renk değişimi değerleri ise UV-C destekli ısıt işlem görmüş olan örneklerde gözlemlenmiştir. Sineresis sonuçlarına paralel olarak tekstürel analiz sonucu elde edilen sertlik ve yapışma gücü değerleri de UV-C destekli ısıt işlem görmüş olan örneklerde gelişim göstermiştir. Depolama süreci boyunca duyuşal olarak değerlendirilen örnekler arasında kabul edilebilirlik bakımından önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Literatürde şimdiye kadar yulaf sütünün ultraviyole ışınlama ile pastörizasyonu üzerinde bir çalışma bulunmadığından, bu tez kapsamında yapılmış olan çalışmaların, hem mikrobiyel olarak güvenli bir bitkisel kaynaklı hammaddenin UV-C ışınlamadan yararlanılarak üretilmesi hem de söz konusu ürünün başka bir son ürün olan yoğurdun karakteristik özelliklerinin geliştirilmesi konusundaki boşluğu dolduracağına inanılmaktadır. Bunun yanında ileriki çalışmalarda yulaf sütünün sadece UV-C ışınlama ile pastörizasyonuna imkan veren bir UV-C reaktör tasarlanması ve böylece ısıt işlem kullanmadan mikrobiyel inaktivasyon kriterlerinin sağlanması ele alınabilecek konulardır.

Yulaf ulusal olarak üretimi yaygın bir üründür. Yulaf sütü ve yulaf sütü yoğurdu üretimi son zamanlarda tüm dünyada alternatif protein kaynaklarına yönelen tüketicilere hitap eden, katma değer yaratan ve aynı zamanda doğru ambalajlama ile ihracat potansiyeli olan ürünlerdir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar ile tüm dünyada büyümekte olan bu pazarda Türkiye'nin de kendi kaynaklarını kullanarak yer

alabilmesi adına üreticilere fikir verilmiş ve konu hakkındaki potansiyel sergilenmiştir.



KAYNAKLAR

- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M. M., Wu, T., Lei, S., Zeng, X., Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(3), 984–990, 2014.
- Ahmed, J., Ismail, M., Farid, M., Investigate the efficacy of UV pretreatment on thermal inactivation of *Bacillus subtilis* spores in different types of milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52(July 2018), 387–393, 2019.
- Altic, L.C., Rowe, M.T., Grant, I.R., UV Light Inactivation of *Mycobacterium avium* subsp . *paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaque TB phage assay and culture . *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11), 3728–3733, 2007.
- Angelov, A., Gotcheva, V., Kuncheva, R., Hristozova, T., Development of a new oat-based probiotic drink. *International Journal of Food Microbiology*, 112(1), 75–80, 2006.
- Arslan, S., Peanut milk production by the microfluidization, physicochemical, textural and rheological properties of peanut milk products; yoghurt and kefir. *ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara*, 122, 2018.
- Bandla, S., Choudhary, R., Watson, D.G., Haddock, J., Impact of UV-C processing of raw cow milk treated in a continuous flow coiled tube ultraviolet reactor. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(2), 86–93, 2012a.
- Bandla, S., Choudhary, R., Watson, D.G., Haddock, J., UV-C treatment of soymilk in coiled tube UV reactors for inactivation of *Escherichia coli* W1485 and *Bacillus cereus* endospores. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 71–76, 2012b.
- Bedani, R., Vieira, A.D.S., Rossi, E.A., Saad, S.M.I. Tropical fruit pulps decreased probiotic survival to invitro gastrointestinal stress in synbiotic soy yoghurt with okara during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 436–443, 2014.

- Bernat, N., Cháfer, M., González-Martínez, C., Rodríguez-García, J., Chiralt, A., Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. *Food Science and Technology International*, 21(2), 145–157, 2015.
- Bernat, N., Chafera, M., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C., Probiotic fermented almond “milk” as an alternative to cow-milk yoghurt '. *International Journal of Food Studies*, 4(October), 201–211, 2015.
- Briviba, K., Gräf, V., Walz, E., Guamis, B., Butz, P., Ultra high pressure homogenization of almond milk: Physico-chemical and physiological effects. *Food Chemistry*, 192, 82–89, 2016.
- Brückner-Gühmann, M., Benthin, A., Drusch, S., Enrichment of yoghurt with oat protein fractions: Structure formation, textural properties and sensory evaluation. *Food Hydrocolloids*, 86, 146–153, 2019.
- Cappozzo, J.C., Koutchma, T., Barnes, G., Chemical characterization of milk after treatment with thermal (HTST and UHT) and nonthermal (turbulent flow ultraviolet) processing technologies. *Journal of Dairy Science*, 98(8), 5068–5079, 2015.
- Centers for Disease Control and Prevention., Multistate outbreak of Salmonella serotype Agona infections linked to toasted oats cereal. In *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 1998.
- Ceylan, M.M., ve Özer, E.A., Optimisation of almond milk producing using response surface method. *Journal of Agriculture*, 3(1), 6–18, 2020.
- Cilliers, F.P., Gouws, A. P., Koutchma, T., Engelbrecht, Y., Adriaanse, C., Swart, P., A microbiological, biochemical and sensory characterisation of bovine milk treated by heat and ultraviolet (UV) light for manufacturing Cheddar cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23, 94–106, 2014.
- Damin, M.R., Minowa, E., Alcântara, M.R., Oliveira, M.N., Effect of cold storage on culture viability and some rheological properties of fermented milk prepared with yogurt and probiotic bacteria. *Journal of Texture Studies*, 39(1), 40–55, 2008.
- Dayısoylu, K.S., Gezginç, Y., Cingöz, A., Fonksiyonel gıda mı, fonksiyonel bileşen mi? *Gıdalarda fonksiyonellik. Gıda / the Journal of Food*, 39(1), 57–62, 2014.

- Demir, H., ve Oral, M.O., Nonthermal pasteurization of onion juice by continuous UV-C reactor. *Journal of Food Safety*, 38(6), 1–9, 2018.
- Deora, N.S., ve Deswal, A., Non-dairy based beverages: An insight. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, 1(1), 1–4, 2018.
- Deswal, A., Deora, N.S., Mishra, H.N., Effect of concentration and temperature on the rheological properties of oat milk. *Food and Bioprocess Technology*, 7(8), 2451–2459, 2014a.
- Deswal, A., Deora, N.S., Mishra, H.N., Optimization of enzymatic production process of oat milk using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 610–618, 2014b.
- Dhakal, S., Liu, C., Zhang, Y., Roux, K.H., Sathe, S.K., Balasubramaniam, V.M., Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk. *Food Research International*, 62, 215–222, 2014.
- Dimberg, L.H., Sunnerheim, K., Sundberg, B., Walsh, K., Stability of oat avenanthramides. *Cereal Chemistry*, 78(3), 278–281, 2001.
- Dinkçi, N., Kesenkaş, H., Korel, F., Kınık, Ö., An innovative approach: cow/oat milk based kefir. *Mljekarstvo*, 65(3), 177–186, 2015.
- Donkor, N.O., Henriksson, A., Vasiljevic, T., Shah, N.P., Rheological properties and sensory characteristics of set-type soy yogurt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 9868–9876, 2007.
- Dönmez, Ö., Mogol, B.A., Gökmen, V., Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 901–907, 2017.
- Engin, B., ve Karagul Yuceer, Y., Effects of ultraviolet light and ultrasound on microbial quality and aroma-active components of milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), 1245–1252, 2012.
- Evrendilek, G.A. Non-thermal processing of milk and milk products for microbial safety. In *Dairy Microbiology and Biochemistry: Recent Developments*, pp. 322–355, 2014.

- FDA, Guidance for industry: Juice HACCP hazards and controls guidance (1st ed.). Food and Drug Administration of United States of America. Final Guidance 2004.
<https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ucm072557.htm>. Erişim tarihi: 15.12.2020.
- Gayán, E., Monfort, S., Álvarez, I., Condón, S., UV-C inactivation of *Escherichia coli* at different temperatures. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(4), 531–541, 2011.
- Gies, M., Maria, A., Servent, A., Dhuique-mayer, C., Incorporation and stability of carotenoids in a functional fermented maize yogurt-like product containing phytosterols. *LWT - Food Science and Technology*, 111(April), 105–110, 2019.
- Gökçen, M., Aksoy, Y.Ç., Ateş Özcan, B., Vegan beslenme tarzına genel bakış. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 50–54, 2019.
- Gündoğdu, E., Yıldız, H., Çakmakçı, S., Süt bileşenleri üzerine ıslı işlemin etkileri ve besin değeri konusunda değerlendirmeler. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 162–165, 2012.
- Gunter-Ward, D.M., Patras, A., Bhullar, M.S., Kilonzo-Nthenge, A., Efficacy of ultraviolet (UV-C) light in reducing foodborne pathogens and model viruses in skim milk. August, 2017.
- Gupta, S., ve Bisla, G. Nutritional and sensory characteristics of oat milk based yoghurt. *International Journal of Applied Home Science*, 6, 261–265, 2019.
- Gürsoy, O., Gökçe, R., Kınık, Ö., Beslenmede yeni yaklaşımlar: Soya sütü ve ürünleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2–3), 1123–1130, 1999.
- Han, X., Zhang, L., Du, M., Yi, H., Li, J., Zhang, L., Effects of copper on the post acidification of fermented milk by *St. thermophilus*. *Journal of Food Science*, 77(1), 25–28, 2012.
- Hu, G., Zheng, Y., Wang, D., Zha, B., Liu, Z., Comparison of microbiological loads and physicochemical properties of raw milk treated with single- / multiple-cycle high hydrostatic pressure and ultraviolet-C light. *High Pressure Research*, 35(3), 330–338, 2015.

- Ilnytska, O., Kaur, S., Chon, S., Reynertson, K.A., Nebus, J., Garay, M., Southall, M. D., Colloidal oatmeal (*Avena sativa*) improves skin barrier through multi-therapy activity. *Journal of Drugs in Dermatology*, 15(6), 684–690, 2016.
- Isanga, J., ve Zhang, G., Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6), 1132–1138, 2009.
- Jacobsen, B.K., Knutsen, S.F., Fraser, G.E., Does high soy milk intake reduce prostate cancer incidence? The Adventist Health Study (United States). *Cancer Causes and Control*, 9, 553–557, 1998.
- Jeske, S., Zannini, E., Arendt, E.K., Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International*, 110, 42–51, 2018.
- Johansson, L., Tuomainen, P., Ylinen, M., Ekholm, P., Virkki, L., Structural analysis of water-soluble and -insoluble beta-glucans of whole-grain oats and barley. *Carbohydrate Polymers*, 58, 267–274, 2004.
- Johansson, L., Virkki, L., Maunu, S., Lehto, M., Ekholm, P., Varo, P., Structural characterization of water soluble beta-glucan of oat bran. *Carbohydrate Polymers*, 42, 143–148, 2000.
- Kahraman, C., Production of kefir from bovine and oat milk mixture. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 131, 2011.
- Kaur, R., ve Riar, C.S., Sensory, rheological and chemical characteristics during storage of set type full fat yoghurt fortified with barley β -glucan. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 41–51, 2020.
- Kaya, Z., ve Unluturk, S., Processing of clear and turbid grape juice by a continuous flow UV system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33, 282–288, 2016.
- Kaya, Z., Yildiz, S., Ünlütürk, S., Effect of UV-C irradiation and heat treatment on the shelf life stability of a lemon-melon juice blend: Multivariate statistical approach. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 230–239, 2015.

- Kendilci, E.A. *Vejetaryen beslenmenin sağlık üzerine etkisi: Sistemik derleme*. İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Malatya, 2020.
- Koutchma, T., Fourney, L.J., Moraru, C.I., *Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- Koutchma, T., *Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods*. *Food and Bioprocess Technology*, 2, 138–155, 2009.
- Koutchma, T., Keller, S., Chirtel, S., Parisi, B., *Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactors*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(2), 179–189, 2004.
- Koutchma, T., Popović, V., Ros-Polski, V., Popielarz, A., *Effects of ultraviolet light and high-pressure processing on quality and health-related constituents of fresh juice products*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(5), 844–867, 2016.
- Lee, C., ve Beuchat, L.R., *Chemical, physical and sensory characteristics of peanut milk as affected by processing conditions*. *Journal of Food Science*, 57(2), 401–405, 1992.
- Lucey, J.A., *Cultured dairy products: An overview of their gelation and texture properties*. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2–3), 77–84, 2004.
- Maghoumi, M., Gómez, P.A., Mostofi, Y., Zamani, Z., Artés-Hernández, F., Artés, F., *Combined effect of heat treatment, UV-C and superatmospheric oxygen packing on phenolics and browning related enzymes of fresh-cut pomegranate arils*. *LWT - Food Science and Technology*, 54(2), 389–396, 2013.
- Makarapong, D., Tantayanon, S., Gowanit, C., Inchaisri, C., *Development of an innovative apparatus using UV-C for controlling the number of microorganisms in raw milk after milking*. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 301–305, 2020.
- Mäkinen, O.E., Uniacke-low, T., Mahony, J.A.O., Arendt, E.K., *Physicochemical and acid gelation properties of commercial UHT-treated plant-based milk substitutes and lactose free bovine milk*. 168, 630–638, 2015.

- Mäkinen, O.E., Kivelä, R., Nyström, L., Andersen, M.L., Sontag-Strohm, T., Formation of oxidising species and their role in the viscosity loss of cereal beta-glucan extracts. *Food Chemistry*, 132(4), 2007–2013, 2012.
- Mäkinen, O.E., Wanhalinna, V., Zannini, E., Arendt, E.K., Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349, 2016.
- Manthey, F.A., Hareland, G.A., Huseby, D.J., Soluble and insoluble dietary fiber content and composition in oat. *Cereal Chemistry*, 76(3), 417–420, 1999.
- Mårtensson, O., Öste, R., Holst, O., The effect of yoghurt culture on the survival of probiotic bacteria in oat-based, non-dairy products. *Food Research International*, 35, 775–784, 2002.
- Mei, J., Feng, F., Li, Y., Effective of different homogeneous methods on physicochemical, textural and sensory characteristics of soybean (*Glycine max* L.) yogurt. *CyTA - Journal of Food*, 15(1), 20–26, 2017.
- Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S., Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3810–3817, 2017.
- Mudgil, P., Jumah, B., Ahmad, M., Hamed, F., Maqsood, S., Rheological, microstructural and sensorial properties of camel milk yogurt as influenced by gelatin. *LWT - Food Science and Technology*, 98(August), 646–653, 2018.
- Murakami, E.G., Jackson, L., Madsen, K., Schickedanz, B., Factors affecting the ultraviolet inactivation of *Escherichia coli* in apple juice and a model system. *Journal of Food Process Engineering*, 29(1), 53–71, 2006.
- Ochoa-Velasco, C.E., Cruz-González, M., Guerrero-Beltrán, J.Á., Ultraviolet-C light inactivation of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in coconut (*Cocos nucifera* L.) milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 199–204, 2014.
- Önning, G., Åkesson, B., Öste, R., Lundquist, I., Effects of consumption of oat milk, soya milk, or cow's milk on plasma lipids and antioxidative capacity in healthy subjects. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 42(4), 211–220, 1998.

- Önning, G., Wallmark, A., Persson, M., Åkesson, B., Elmståhl, S., Öste, R., Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 43(5), 301–309, 1999.
- Özcan, T., Kurtuldu, O., Delikanlı, B., Tahıl içerikli süt ürünlerinin geliştirilmesinde B - Glukan kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 87–96, 2013.
- Özünü, B.T., ve Koçak, C., The effect of different heat treatments of milk on quality of Ayran. *GIDA - Journal of Food*, 35(5), 355–362, 2010.
- Pelaes Vital, A.C., Goto, P.A., Hanai, L.N., Gomes-da-Costa, S.M., de Abreu Filho, B.A., Nakamura, C.V., Matumoto-Pintro, P.T., Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1028–1035, 2015.
- Possas, A., Valero, A., García-Gimeno, R.M., Pérez-Rodríguez, F., de Souza, P.M., Influence of temperature on the inactivation kinetics of Salmonella Enteritidis by the application of UV-C technology in soymilk. *Food Control*, 94, 132-139, 2018.
- Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(February), 662–675, 2015.
- Sethi, S., Tyagi, S.K., Anurag, R.K., Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423, 2016.
- Sew, C.C., Mohd Ghazali, H., Martín-Belloso, O., Noranizan, M.A., Effects of combining ultraviolet and mild heat treatments on enzymatic activities and total phenolic contents in pineapple juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 511–516, 2014.
- Shah, N.P., Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 894–907, 2000.
- Silva, A.R.A., Silva, M.M.N., Ribeiro, B.D., Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, 131(June 2019), 108972, 2020.

- Suebsiri, N., Kokilakanistha, P., Laojaruwat, T., Tumpanuvat, T., Jittanit, W., The application of ohmic heating in lactose-free milk pasteurization in comparison with conventional heating, the metal contamination and the ice cream products. *Journal of Food Engineering*, 262(May), 39–48, 2019.
- Sürücüoğlu, M.S., Sağlıklı yetişkinlerde yulaf ezmesinin kan lipidleri üzerine etkisi. *Gıda / the Journal of Food*, 28(4), 385–393, 2003.
- Tansakul, A., ve Chaisawang, P., Thermophysical properties of coconut milk. *Journal of Food Engineering*, 73(3), 276–280, 2006.
- Tester, R.F., ve Karkalas, J., Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chemistry*, 73(2), 271–277, 1996.
- Tester, R.F., Karkalas, J., Qi, X., Starch - Composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151–165, 2004.
- Toprak Mahsülleri Ofisi, 2017 Hububat Raporu, 2017.
- Tunçay, G.Y., Sağlık Yönüyle Vegan / Vejetaryenlik. *Eurasian Journal of Health Sciences*, 1(1), 25–29, 2018.
- Unluturk, S., Atilgan, M.R., Baysal, A.H., Tari, C., Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *Journal of Food Engineering*, 85(4), 561–568, 2008.
- Urgu, M., Saatli, T.E., Türk, A., Koca, N., Isıl işlem görmüş içme sütlerinde (Pastörize, UHT ve Laktozsuz UHT Süt) hidroksimetilfurfural içeriğinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 15(3), 249–255, 2017.
- Valencia-Flores, D.C., Hernández-Herrero, M., Guamis, B., Ferragut, V., Comparing the effects of ultra-high-pressure homogenization and conventional thermal treatments on the microbiological, physical, and chemical quality of almond beverages. *Journal of Food Science*, 78(2), E199–E205, 2013.
- Vanga, S.K., ve Raghavan, V., How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 10–20, 2018.
- Vásquez-mazo, P., Loredó, A.G., Ferrario, M., Guerrero, S., Development of a novel milk processing to produce yogurt with improved quality. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 964–975, 2019.

- Vatanasuchart, N., Naivikul, O., Charoenrein, S., Sriroth, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydrate Polymers*, 61(1), 80–87, 2005.
- Wilde, P.J., Garcia-Illatas, G., Lagarda, M.J., Haslam, R.P., Grundy, M.M.L. (2019). Oat and lipolysis: Food matrix effect. *Food Chemistry*, 278(June 2018), 683–691, 2019.
- Yaakob, H., Ahmed, N.R., Daud, S.K., Malek, R.A., Optimization of ingredient and processing levels for the production of coconut yogurt using response surface methodology. 21(4), 933–940, 2012.
- Yangılar, F., ve Kabil, E., Süt ve süt ürünlerinde bazı ısıl olmayan mikrobiyal inaktivasyon yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 97–108, 2013.
- Yaver, E., ve Ertaş, N., Yulafın bileşimi, hububat endüstrisinde kullanım alanları ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Teknolojisi Dergisi*, 50, 41–50, 2013.
- Yu, H., Wang, L., Mccarthy, K.L., Characterization of yogurts made with milk solids nonfat by rheological behavior and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(4), 804–812, 2016.
- Zannini, E., Pontonio, E., Waters, D.M., Arendt, E.K., Applications of microbial fermentations for production of gluten-free products and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93(2), 473–485, 2012.
- Zhang, H., Li, L., Tatsumi, E., Isobe, S., High-pressure treatment effects on proteins in soy milk. *LWT - Food Science and Technology*, 38(1), 7–14, 2005.
- Zhang, X.F., Liu, C. L., Wang, J.Q., Wang, C.N., Optimization of the process for developing a symbiotic set-type quinoa yogurt using response surface methodology. *International Journal of Probiotics and Probiotics*, 13(4), 151–160, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Gülşah YILDIRIM

2. Doğum Tarihi :

3. Ünvanı : Gıda Mühendisi

4. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Okul/Üniversite	Bitirme Yılı
Lise	Sayısal	Kırıkhan Anadolu Lisesi	2014
Lisans	Gıda Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2018

5. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Gıda Mühendisi		2019

6. Yayınları:

Demir, H., Simsek, M., & Yıldırım, G. (2021). Effect of oat milk pasteurization type on the characteristics of yogurt. LWT, 135 (2021) 110271.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110271>