



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KESİKLİ SİSTEMDE

ULTRAVİYOLE IŞIK UYGULAMASININ

YOĞURDUN KÜF SAYISI VE

ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Turkuaz Ecem SAATLİ OĞUL

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nurcan KOCA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 23.11.2018

Bornova-İZMİR

2018

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

KESİKLİ SİSTEMDE
ULTRAVİYOLE IŞIK UYGULAMASININ
YOĞURDUN KÜF SAYISI VE
ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Turkuaz Ecem SAATLİ OĞUL

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nurcan KOCA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 23.11.2018

Bornova-İZMİR

2018



Turkuaz Ecem SAATLİ OĞUL tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “**Kesikli Sistemde Ultraviyole Işık Uygulamasının Yoğurdun Küf Sayısı ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 23.11.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Nurcan KOCA



Raportör Üye: Doç. Dr. Gülten TIRYAKI GÜNDÜZ



Üye: Prof. Dr. Sevcan ÜNLÜTÜRK





EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Kesikli Sistemde Ultraviyole Işık Uygulamasının Yoğurdun Küf Sayısı ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi”** başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

23/11/2018



Turkuaz Ecem SAATLİ OĞUL



ÖZET**KESİKLİ SİSTEMDE
ULTRAVİYOLE IŞIK UYGULAMASININ
YOĞURDUN KÜF SAYISI VE
ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

SAATLİ OĞUL, Turkuaz Ecem

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nurcan KOCA

Kasım 2018, 82 sayfa

Gıda sektöründe, ısıtıl işlem uygulanamayan ya da ısıtıl işlem uygulanmış, ancak sonrasında bulaşma olasılığı yüksek olan gıdaların yüzey dekontaminasyonu her zaman önemini korumuştur. Yoğurdun depolanması sırasında yüzey küflenmesi süregelen bir problemdir. Bu küflenmeyi önlemek amacıyla, herhangi bir koruyucu ilavesi de yasal nedenlerle mümkün değildir. Dolayısıyla, çalışmada yoğurt yüzeyine kesikli bir sistem ile UV-C ışık uygulanmasının, uygulama sonrasında ve depolama süresince hem küf inaktivasyonu hem de ürün kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, kaymaksız ve kaymaklı yoğurt yüzeylerine kesikli sistem ile 0,321–19,26 kJ/m² doz UV-C ışık (254 nm) uygulanmış ve küf inaktivasyonu, lipid oksidasyon düzeyi, renk, sertlik ve duyu özellikleri üzerine etkileri saptanmıştır. İkinci aşamada ise, bir önceki aşamada belirlenen dozlarda (0,321–1,926 kJ/m²) kaymaksız yoğurt yüzeylerine UV ışık uygulanarak, 21 günlük depolama süresince küf gelişimi, lipid oksidasyonu ve duyu özellikleri değerlendirilerek UV-C ışık uygulamasının ürün raf ömrüne etkileri tespit edilmiştir.

Kaymaklı yoğurt örneklerinde kaymaksız yoğurt örneklerine kıyasla daha yüksek lipid oksidasyon değerleri ve daha düşük küf inaktivasyonu sonuçları elde edilmiştir. Kaymaksız yoğurtlarda kontrol grubuna göre 1,926 kJ/m² doz uygulama ile 2,18 log azalma sağlanırken; kaymaklı yoğurtlarda kontrol grubuna göre 5,778 kJ/m² doz UV-C ışık uygulaması ile 1,2 log azalma sağlanmıştır. UV-C ışık uygulaması ile kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlarda yüzey küflenme probleminin önemli ölçüde azaltılabildiği ancak, yüksek UV-C ışık uygulamalarının lipid oksidasyonuna ve duyuşsal olarak yabancı lezzete neden olduğu ortaya konulmuştur.

UV-C ışık uygulanmış kaymaksız yoğurtlarda yüzeyde küf gelişimi yavaşlamıştır. Kontrol örneğinde depolama boyunca yüzeyde küf gelişimi gözlenirken, 0,321 kJ/m² doz UV ışık uygulanmış örneklerde depolama süresi ilerledikçe yüzeyde küf gelişimi görülmemiştir. Bu durum, düşük dozlarda dahi UV-C ışık uygulamasının küf sporlarının çimlenmesini engellediğini ortaya koymuştur. Depolama süresi boyunca yüzey küf sayılarında en etkili UV-C ışık dozu 1,926 kJ/m² olarak belirlenmiş, ancak bu dozda duyuşsal olarak yabancı lezzet tespit edilmiştir.

Çalışmada, yoğurtta yüzey küflenmesini engellemek amacıyla UV-C ışık uygulamasının potansiyel bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur. Buna karşın, uygulamada özellikle yabancı lezzet oluşumu nedeniyle dozun önemli olduğu ve bu uygulamanın iyi hijyen uygulamalarına (GHP) alternatif olmayacağı, bu uygulamaların yanısıra bir destek olarak kullanımının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ultraviyole ışık, oksidasyon, yoğurt, küf inaktivasyonu, kalite değişiklikleri

ABSTRACT**THE EFFECT OF BATCH SYSTEM
ULTRAVIOLET LIGHT APPLICATION
ON THE MOLD GROWTH
AND THE QUALITY OF YOGHURT**

SAATLI OĞUL, Turkuaz Ecem

MSc in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nurcan KOCA

November 2018, 82 pages

In the food industry, surface decontamination of foods that have not been heat treated and also surface decontamination of heat treated but contaminated foods have always been important. Mold growth is an ongoing problem during the storage of yoghurt. In order to inhibit mold growth, any preservative addition is not possible for legal reasons. Therefore, in the study, it was aimed to determine the effect of batch system UV-C light application on the mold growth and the quality of yoghurt both after application and both during storage.

The research was carried out in two stages. In the first stage, 0,321-19,26 kJ/m² doses of UV-C lights (254nm) were applied on homogenized and creamy yoghurt surfaces with the batch system. And their effects on mold inactivation, lipid oxidation level, color, hardness, and sensory properties were determined. In the second stage, UV-C light was applied to homogenized yoghurt surfaces at the doses determined in the previous stage (0,321-1,926 kJ/m²). The effects of UV-C light application on the shelf life of yoghurts were determined by evaluating mold growth, lipid oxidation and sensory properties during 21 days of storage.

Higher lipid oxidation values and lower mold inactivation were obtained in the creamy yoghurt samples than the homogenized yoghurt samples. UV-C light application was found to be effective on the mold count and 2,18 log decrease was

obtained compared to the control group in homogenized yoghurt by application of 1,926 kJ/m² dose. And at the creamy yoghurt, 1,2 log reduction was achieved compared to the control group by application 5,778 kJ/m² dose. With UV-C light application, it was revealed that surface moldiness problem can be significantly reduced in homogenized and creamy yoghurts however high doses of UV-C light applications cause lipid oxidation and sensory foreign flavor.

With UV-C light application, mold growth on the yoghurt surfaces decelerated. In fact, control samples and 0,321 kJ/m² dose of UV-treated samples were found to have the similar mold count. Although the mold growth was observed on the surface in the control sample but it was not seen in the 0,321 kJ/m² dose of UV-treated samples. During the storage period, the most effective UV-C light dose was found to be 1,926 kJ/m² in surface mold count, but sensory foreign flavor was determined at this dose.

In this study, it was determined that UV-C light application is a potential method to prevent surface mold growth in yoghurts. On the other hand, it is concluded that the UV-C light application dose is important because of the foreign flavor formation and this application will not be an alternative to good hygiene practices (GHP) and it will be appropriate to use it as a support.

Keywords: Ultraviolet light, oxidation, yoghurt, inactivation of mold, quality changes

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve sonrasında her zaman desteğini hissettiğim, önemli görüş ve önerileriyle hem eğitimim boyunca hem de tezimin ortaya çıkmasında büyük katkılar sağlayan çok değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Nurcan KOCA'ya saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez savunma sınav jürisinde yer alarak görüşlerini ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Sevcan ÜNLÜTÜRK ve Doç. Dr. Gülten TİRYAKİ GÜNDÜZ'e çok teşekkür ederim. Bu süreçte tanıştığım ve güzel anılar biriktirdiğim değerli dostum Aylın TÜRK GÜL'e destekleri için çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca elde ettiğim tüm başarılarımı borçlu olduğum, sonsuz sevgilerini her zaman derinden hissettiğim, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli annem Hanife SAATLİ, değerli babam Sait SAATLİ ve değerli kardeşim Erdem SAATLİ'ye tüm özverileri için en içten teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım. Bana olan güvenini ve desteğini her zaman hissettiren değerli eşim Furkan OĞUL'a en derin sevgilerimi sunar, çok teşekkür ederim.

Ayrıca, 2018/MUH/008 nolu araştırma projesi çerçevesinde sağlanan maddi destekten ötürü Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne çok teşekkür ederim.

Turkuaz Ecem SAATLİ OĞUL

İzmir, Kasım 2018



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Ultraviyole Işık	3
2.2. İnaktivasyon Mekanizması	4
2.3. UV Işık Kaynakları ve Ekipmanlar.....	5
2.3.1. UV ışık kaynakları (lambalar).....	5
2.3.2. UV ışık uygulama ekipmanları	6
2.4. Ultraviyole-C Işık Yüzey Uygulamalarının Mikrobiyal İnaktivasyon Verimliliğini Etkileyen Faktörler.....	7
2.5. Gıda Sanayiinde UV-C Işık Uygulama Alanları.....	10
2.5.1. Havaya UV-C ışık uygulamaları	10
2.5.2. Sıvılara UV-C ışık uygulamaları.....	10
2.5.3. UV-C ışık yüzey uygulamaları.....	16
2.6. UV Işık Yüzey Uygulamasının Gıdaların Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1. Materyal.....	27
3.2. Yöntem	27
3.2.1. Deneme planı	27
3.2.2. Yoğurt üretimi	28
3.2.3. Mikrobiyolojik analiz yapılacak yoğurt örneklerine küf sporlarının bulaştırılması.....	29
3.2.4. UV-C ışık uygulaması	30
3.2.5. Çiğ süt analizleri	30
3.2.6. Yoğurt örneklerinde yapılan analizler	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1. Çiğ Sütün Bileşimi	35
4.2. UV-C Işık Uygulamasının Kaymaksız Yoğurdun Özellikleri Üzerine Etkileri	37
4.2.1. Kaymaksız yoğurdun kimyasal bileşimi üzerine etkisi	37
4.2.2. Kaymaksız yoğurdun sertlik indeksi üzerine etkisi	38
4.2.3. Kaymaksız yoğurdun renk değerleri üzerine etkisi	39
4.2.4. Kaymaksız yoğurdun lipid oksidasyonu üzerine etkisi	40
4.2.5. Kaymaksız yoğurdun küf sayısı üzerine etkisi	42
4.2.6. Kaymaksız yoğurdun duyuşal değerlendirme bulguları üzerine etkisi.	44
4.3. UV-C Işık Uygulamasının Kaymaklı Yoğurdun Özellikleri Üzerine Etkileri	46
4.3.1. Kaymaklı yoğurdun kimyasal bileşimi üzerine etkisi	46
4.3.2. Kaymaklı yoğurdun sertlik indeksi üzerine etkisi	47
4.3.3. Kaymaklı yoğurdun renk değerleri üzerine etkisi	48

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3.4. Kaymaklı yoğurdun lipid oksidasyonu üzerine etkisi	49
4.3.5. Kaymaklı yoğurdun küf sayısı üzerine etkisi	50
4.3.6. Kaymaklı yoğurdun duyusal değerlendirme bulguları üzerine etkisi ..	53
4.4. UV-C Işık Uygulamasının Depolama Süresi Boyunca Kaymaksız Yoğurdun Özellikleri Üzerine Etkileri.....	55
4.4.1. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine etkisi	55
4.4.2. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince renk değerleri üzerine etkisi	56
4.4.3. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince oksidasyon değerleri üzerine etkisi	58
4.4.4. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince küf sayısı üzerine etkisi	59
4.4.5. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme bulguları üzerine etkisi	61
5. GENEL SONUÇLAR.....	65
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	69
ÖZGEÇMİŞ	80
EKLER	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Elektromanyetik spektrumda UV ışıkları	3
2.2 UV ışık uygulamasının öncesi ve sonrasında DNA yapısı	4
4.1 Kaymaksız yoğurtlarda UV dozu ile değişen lipid oksidasyonu değişimi	41
4.2 Kaymaksız yoğurtlarda UV-C ışık uygulama dozlarının artmasına bağlı küf sayısı değişimi.....	43
4.3 Kaymaklı yoğurtlarda UV dozu ile değişen lipid oksidasyonu değişimi.....	49
4.4 Kaymaklı yoğurtlarda UV-C ışık uygulama dozlarının artmasına bağlı küf sayısı değişimi.....	51
4.5 Depolama süresi boyunca artan UV-C dozuna bağlı kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin değişimi	59
4.6 Depolama süresi boyunca artan UV-C dozuna bağlı doğal olarak küf sporları bulaştırılmış kaymaksız yoğurt örneklerinin küf sayıları değişimi.....	60
4.7 Depolamanın 17. gününde doğal olarak küf sporları bulaştırılmış kaymaksız yoğurt örneklerinin görünümü	61
EK 1. Kaymaksız Yoğurt Duyusal Değerlendirme Formu	81
EK 2. Kaymaklı Yoğurt Duyusal Değerlendirme Formu	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Bazı mikroorganizmaların tamamını inhibe etmek için gereken UV-C ışık (254 nm) dozları.....	9
2.2 UV-C ışığın meyve sularına uygulanmasına dair bazı çalışmalar.....	13
2.3 UV-C ışığın süte uygulanmasına dair bazı çalışmalar.....	15
2.4 Bazı plastik ambalaj malzemelerinin UV-C ışık geçirgenliği	17
2.5 UV-C ışığın peynir yüzeyine uygulanmasına dair bazı çalışmalar	19
2.6 Meyve ve sebzelerde yüzey UV-C ışık uygulamalarına dair bazı mikrobiyolojik çalışmalar.....	20
2.7 Et ürünlerinde yüzey UV-C ışık uygulamalarına dair bazı çalışmalar	22
4.1 Yoğurtların üretiminde kullanılan çiğ sütün özellikleri.....	35
4.2 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin bileşimi	37
4.3 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	38
4.4 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerine ait sertlik indeksi değerleri	38
4.5 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri.....	39
4.6 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin kroma, ΔE ve BI değerleri	40
4.7 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerine ait TBARS değerleri	41
4.8 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerine ait küf sayıları ve azalma miktarları.....	42
4.9 Kaymaksız yoğurt örneklerine ait duyuşal değerlendirme bulguları.....	44
4.10 Kaymaklı yoğurt örneklerinin kimyasal bileşimi	46
4.11 Kaymaklı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	46
4.12 Kaymaklı yoğurt örneklerine ait sertlik indeksi değerleri	47
4.13 Kaymaklı yoğurt örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri	48
4.14 Kaymaklı yoğurt örneklerinin kroma, ΔE ve BI değerleri.....	48
4.15 Kaymaklı yoğurt örneklerine ait TBARS değerleri.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.16 UV uygulanmış kaymaklı yoğurtların sadece kaymak tabakalarına ait TBARS değerleri	50
4.17 UV ışık uygulanmış kaymaklı yoğurt örneklerine ait küf sayıları ve azalma miktarları	51
4.18 Kaymaklı yoğurt örneklerine ait duyuşal değerlendirme bulguları	53
4.19 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince titrasyon asitliği değerleri	55
4.20 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince pH değerleri	55
4.21 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince L^* değerleri.	56
4.22 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince a^* değerleri.	56
4.23 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince b^* değerleri.	57
4.24 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince kroma değerleri	57
4.25 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince ΔE değerleri.	57
4.26 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince BI değerleri.	57
4.27 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince TBARS ($A_{450nm/g}$) değerleri	58
4.28 UV ışık uygulanmış ve küf sporları bulaştıırılmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince küf sayılarındaki logaritmik değişimler($\log_{10}kob/g$)	59
4.29 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyuşal değerlendirme renk puanları	62
4.30 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyuşal değerlendirme görünüş puanları.....	62
4.31 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyuşal değerlendirme su salma puanları.....	62
4.32 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyuşal değerlendirme kıvam puanları	62

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)ÇizelgeSayfa

4.33 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme yanık lezzet puanları.....	63
4.34 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme yabancı koku puanları.....	63
4.35 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme yabancı tat puanları.....	63
4.36 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme toplam izlenim puanları.....	63



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
α	Alfa
A	Absorbans
%	Yüzde
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece
μm	Mikrometre
a^*	Kırmızılık ve yeşillik değeri
Ar	Argon
b^*	Sarılık ve mavilik değeri
BI	Esmerleşme indeksi
cm	Santimetre
dk	Dakika
DNA	Deoksiribonükleik asit
g	Gram
He	Helyum
J/cm^2	Joule/santimetrekare
J/l	Joule/litre
J/m^2	Joule/metrekare
kJ/m^2	Kilojoule/metrekare
Kr	Kripton
L	Litre
L^*	Aydınlık değeri
mJ/cm^2	Milijoule/santimetrekare
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mW/cm^2	Miliwatt/santimetrekare
$\text{mWsaniye}/\text{cm}^2$	Miliwattsaniye/santimetrekare
N	Normalite
Ne	Neon
nm	Nanometre

O ₃	Ozon
pH	Hidrojenin gücü
s	Saniye
v/v	Hacim/hacim
W/m ²	Watt/metrekare
w/v	Kütle/hacim
Xe	Ksenon
β	Beta
ΔE	Delta E

Kısaltmalar

A.Ş.	Anonim Şirketi
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
BG	Bone guard torba
CPP	Cast polipropilen
DVS	Direct Vat Set
FDA	U.S. Food and Drug Administration
HAV	Hepatit A virüsü
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
IDF	International Dairy Federation
kob	Koloni oluşturan birim
LED	Işık yayan diyotlar
LP	Düşük basınçlı lamba
LPHO	Düşük basınçlı amalgam lamba
MNV-1	Murine Norovirus 1
MP	Orta basınçlı lamba
OPP	Oriente polipropilen
PA	Poliamid
PDA	Potato Dextrose Agar
PE	Polietilen
PET	Polietilen tereftalat
PP	Polipropilen

PVC	Polivinil klorür
rpm	Dakikadaki devir sayısı
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TBA	Tiyobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif bileşenleri
UV	Ultraviyole ışık
UV-A	Ultraviyole ışık - A
UV-B	Ultraviyole ışık - B
UV-C	Ultraviyole ışık - C





1. GİRİŞ

Gıdaların üretiminde; gıda güvenliğini sağlamak, patojen mikroorganizmaları ve enzimleri yok etmek amaçları için en yaygın olan dekontaminasyon yöntemi ısıtma işlem uygulamalarıdır. Ancak ısıtma işlemi gıdaların duyuşal, besleyici ve biyoaktif özellikleri gibi kalite özelliklerini etkilemektedir, ayrıca gıdaların tümü ısıtma işlem uygulamalarına uygun olamamaktadır. Bu nedenle, son yıllarda gıdaların kalitesini, besin değerini ve duyuşal özelliklerini daha az etkileyecek ısıtma olmayan teknolojilerin uygulanması önem kazanmıştır. Ayrıca her ne kadar ısıtma işlemi uygulansa dahi açıkta gerçekleştirilen ve uzun süren üretim aşamalarında özellikle yüzey bulaşmaları önemli bir sorun olmaktadır. Gıdalarda kalite kaybına yol açan birçok enzimatik aktivite, oksidasyon ve dehidrasyon gibi değişimler daha çok gıda yüzeyinde başlamaktadır. Bu nedenle, gıda yüzeyindeki mikroorganizmaları yok etmek ya da kontrol altına almak amacıyla yüzey uygulamaları önem kazanmaya başlamıştır.

Süt ürünlerinde üretim esnasında ürün yüzeyine mikroorganizma bulaşması söz konusudur ve özellikle küfler asidik ortamda ve düşük sıcaklıklarda rahatlıkla gelişebildikleri için küf bulaşması en sık karşılaşılan durumdur. İyi üretim uygulamalarına önemin artması ile her ne kadar bu durum kontrol altına alınmaya çalışılsa da sektörün hala önemli sorunlarından birisidir.

Küf bulaşmasının en sık karşılaşıldığı süt ürünlerinin başında yoğurt gelmektedir. Özellikle kaymaklı yoğurt üretimi sırasında kaplarda gerçekleştirilen soğutma ve inkübasyon aşamalarının açık olarak yapılması nedeniyle ortamdan bulaşmalar sıklıkla görülmektedir. Bu durum hem üründe bozulmalar nedeniyle ekonomik kayıplara neden olmakta hem de ileri aşamalarda mikotoksin oluşumuna sebep olarak insan sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu nedenle, bu sorunun daha üretim safhasında yani depolama öncesinde çözülmesi bir gerekliliktir.

Gıda yüzeyindeki mikroorganizmaları yok etmek ya da kontrol altına almak için ısıtma olmayan bir yüzey dekontaminasyon uygulaması olan Ultraviyole-C (UV-C) ışık yüzey uygulamasının gıda sektöründe kullanımı giderek artmaktadır. Ayrıca, gıdanın besleyici özelliklerinin geliştirilmesinde etkili olup olmadığı da ilgi uyandıran bir konudur. Bu amaçla gıdaya UV-C ışık uygulanarak yapılan D vitamini zenginleştirme çalışmalarında etkin sonuçlar alındığı görülmüştür (Burton,

1951; Mau et al., 1998). Genel olarak UV ışık uygulamasının yüzey uygulamalarıyla ilgili yapılan çalışmalar irdelendiğinde; süt ürünleri, et ürünleri, meyve ve sebzeler gibi pek çok gıda üzerinde etkili sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Dolayısıyla, gıdanın özelliklerine ve uygulama amaçlarına göre çeşitli kesikli ve sürekli sistemler geliştirilmektedir. Gıdalar arasında UV ışığın kullanımına yönelik çalışmalar süt ve süt ürünlerinde sınırlı sayıda olmakla birlikte çalışmalar daha çok meyve ve sebzeler üzerine yapılmıştır. Ayrıca, sıvı gıda ve içeceklerde mikrobiyal yükün azaltılması amacıyla UV ışık uygulamalarının en yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu durum, 2000 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'nin ultraviyole ışığı taze sıkılmış meyve sularında ısıtılma alternatif bir yöntem olarak onaylaması ile hız kazanmıştır (Koutchma, 2008). Ayrıca, temizlik ve sanitasyon uygulamalarına ilaveten ekipman yüzeylerinin veya ambalaj malzemelerinin dezenfeksiyonunda da etkin sonuçlar göstermektedir.

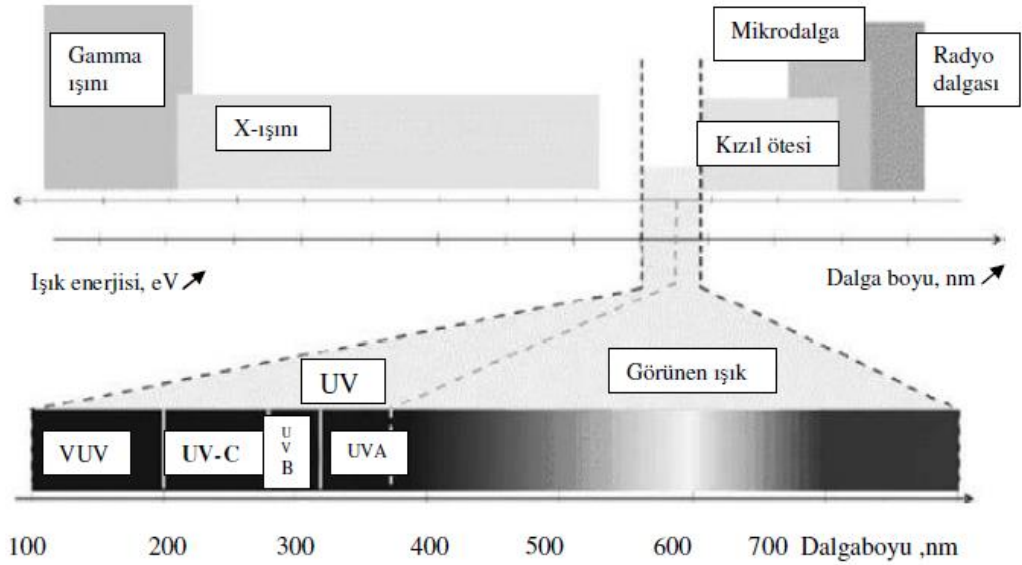
Ülkemizde ise UV ışık uygulamalarıyla ilgili yapılan çalışmalar, dünyadaki çalışmalara göre kısıtlı kalmaktadır. Yapılan araştırmalar daha çok sıvı gıdalar üzerine olmakta ve mikrobiyal inaktivasyon çalışmaları üzerine yoğunlaşmaktadır. Süt ürünlerine UV-C ışık uygulamaları ile ilgili çalışmalar ise oldukça az sayıdadır. Genellikle çalışmalar mikrobiyal inaktivasyon üzerine yapılırken, araştırmaların genel olarak süt ürünlerinden ziyade sadece süt üzerine olduğu görülmektedir. Yüzey uygulamalarının etkilerini ortaya koyan çalışmalar da oldukça sınırlıdır. Hem yüzeyde mikrobiyal inaktivasyonu hem de üründeki kimyasal, oksidatif ve duyuşal değişimlerin de ele alındığı çalışmalara dünyada ve ülkemizde ihtiyaç vardır.

Bu çalışma ile kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlara üretim sonrası kesikli bir sistem ile UV-C ışık uygulamasının küf inaktivasyonu üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte, bu işlemin kalite değişimlerine yol açmaması da önemlidir. Özellikle yağ içerikli ürün olması nedeniyle oksidasyon önemli bir risktir. Dolayısıyla, UV-C ışık uygulamasının kaymaksız ve kaymaklı yoğurt bileşim, sertlik, renk, oksidasyon ve duyuşal özellikler üzerine etkileri de belirlenmiştir. Çalışmada, oksidasyon gelişimi ve duyuşal değişimler detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca kimyasal ve duyuşal değişimlerin kabul edilebilir olduğu dozlarda uygulanan UV-C ışığın kaymaksız yoğurdun raf ömrüne etkisi de incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Ultraviyole Işık

Ultraviyole ışık (UV) güneşten gelen elektromanyetik radyasyon enerjisinin bir türüdür. Görünen ışık ile X-ışınları arasındaki bölgede yer alan ve dalga boyları 100 ile 400 nm arasında değişen elektromanyetik ışınlardır (Sosnin et al., 2006). Ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki konumu Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Koutchma et al., 2009). Dalga boyuna göre; uzak-UV (10-200 nm) ve yakın-UV (200-400 nm) olarak ikiye ayrılmaktadır. Yakın-UV ise; UV-A (uzun UV, siyah ışık; 315-400 nm), UV-B (orta UV, 280-315 nm), UV-C (kısa UV, germisidal UV; 200-280 nm) olarak sınıflandırılmaktadır (Koutchma et al., 2009). UV-A genellikle su arıtma işlemlerinde, UV-B bitki büyümesi ve olgunlaşmasında, UV-C ışıkları ise 250-270 nm dalga boyları aralığında gıdalardaki patojenler ve diğer mikroorganizmaların inaktivasyonunda etkili olmaktadır (Choudhary and Bandla, 2012).



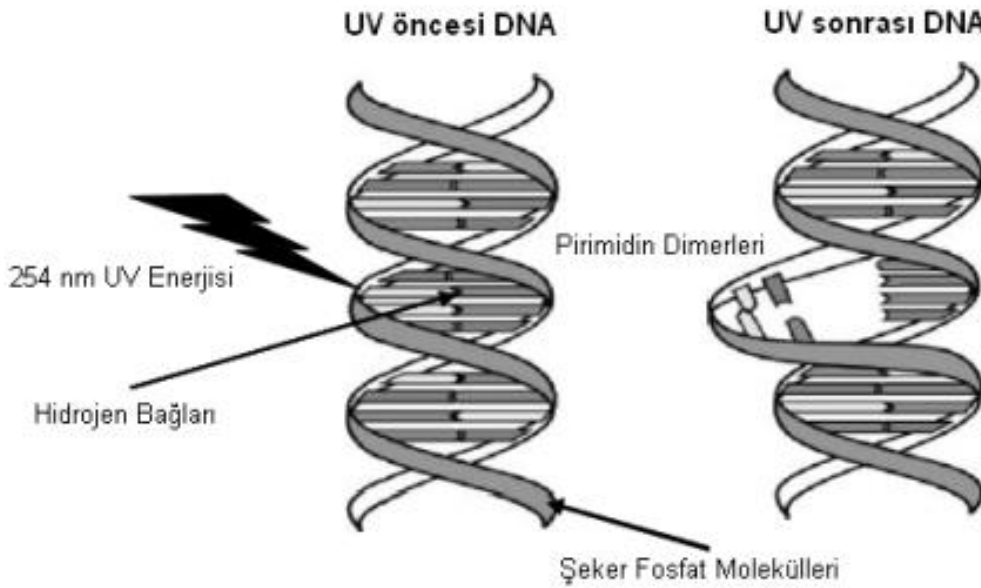
Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrumda UV ışıkları

UV ışık dalgaboyları arasında UV-C (200-280 nm) ışık, gıda yüzeylerindeki mikroorganizmaların kimyasal madde kullanılmadan veya ısıl işlem uygulaması yapılmadan kısa sürede inaktive edilmesi için potansiyel bir yöntemdir. UV-C ışık; kısa dalga boyu ve yüksek enerjisi nedeniyle bakteri, virüs, protozoa, maya, küf gibi mikroorganizmalara karşı germisidal etkiye sahiptir (Tran and Farid, 2004;

Keyser et al., 2008). Özellikle 250 ile 270 nm dalga boyu aralığındaki UV-C ışığının maksimum öldürücü etkiye sahip olduğu fakat bununla birlikte, UV-C ışığının mikroorganizmalar üzerinde en fazla etkili olduğu dalga boyunun, DNA tarafından en yüksek absorbansın gözlemlendiği 253,7 nm olduğu ifade edilmiştir (Bintsis et al., 2000). UV ışık, mikroorganizmaların çoğalmasını önleyerek inaktivasyonunu sağlamaktadır. Bu işlemin temeli nükleik asitlerin zarar görmesine dayanmaktadır (Tran and Farid, 2004; Keyser et al., 2008).

2.2. İnaktivasyon Mekanizması

UV-C ışığının hedef bölgesi hücre metabolik faaliyetlerinde gerekli bilgilerin taşındığı DNA yapısıdır. Uygulama ile mikroorganizmalarda gerçekleşen inaktivasyon mekanizması; ultraviyole ışığın aynı DNA sarmalında bitişik timin ve sitozin pirimidinleri arasında kovalent bağlar oluşturarak pirimidin dimerleri oluşturması temeline dayanmaktadır (Şekil 2.2). Fotokimyasal değişimlerle oluşan bu durum sonucu dimerler mikroorganizmaları mutasyona uğratarak, çoğalmasını engelleyerek inaktive etmektedir (Lado and Yousef, 2002; Sharma and Demirci, 2003; Koutchma et al., 2009). Bu durum klonojenik ölüm olarak adlandırılan nükleik asitlerin transkripsiyonu ve replikasyonunun engellenmesine yol açmaktadır (Bolton and Linden, 2003; Gomez-Lopez et al., 2007).



Şekil 2.2 UV ışık uygulamasının öncesi ve sonrasında DNA yapısı (Koutchma et al., 2009)

Güneşten gelen ultraviyole ışık varlığı nedeniyle, bakterilerde ve diğer mikroorganizmalarda doğal savunma mekanizmaları gelişmiş durumdadır. Böylece UV-C ışık ile inaktive edilmiş mikroorganizmalar, fotoreaktivasyon ile hasarı tersine çevirebildikleri için mikroorganizmaların aktiviteye tekrar kavuşması mümkün olabilmektedir (Jagger, 1967; Harm, 1980). Bazı mikroorganizmalarda ise ışığa gereksinim duymayan karanlık onarım mekanizması denilen bir onarım sistemi bulunmaktadır. Sistem, timin dimerleri taşıyan kısa DNA zincirlerinin kesilip atılması prensibiyle çalışmaktadır ve bu süreç kısa sürede gerçekleşirse onarım etkin olabilmektedir. Ayrıca, DNA onarımlarında, düşük UV ışık dozlarına maruz kalan DNA'nın kısa sürede onarıldığı, yüksek UV ışık dozlarına maruz kalan DNA'nın ise hasar durumunun fazla olmasından dolayı onarımın mümkün olmadığı görülmüştür (Özkütük, 2007). Quek ve Hu (2008) fotoreaktivasyon ve karanlık onarım gerçekleştirme yetenekleri açısından çeşitli *Escherichia coli* suşlarını araştırmış, düşük basınçlı (LP) ve orta basınçlı (MP) cıvalı UV ışık lambaları kullanarak suşlara UV ışık uygulamışlardır. 4 saat inkübasyondan sonra nihai onarım seviyelerine ve onarım oranlarına göre karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, farklı *E. coli* suşlarının onarım yeteneklerinin, hem suş hem de UV ışık uygulanan lambaların farklılıkları sebebiyle oldukça önemli ölçüde değişiklikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, mikroorganizmaların fotoreaktivasyonu ve karanlık onarımı, özellikle en çok kullanılan iki UV ışık lambası olan düşük basınçlı (LP) ve orta basınçlı (MP) cıvalı UV ışık lambaları için incelenmesi gereken bir konu haline gelmiştir.

2.3. UV Işık Kaynakları ve Ekipmanlar

2.3.1. UV ışık kaynakları (lambalar)

UV ışıkların doğal kaynağı güneştir, ancak ticari alanda UV ışık lambaları ile yapay olarak oluşturulmaktadır. Gıda endüstrisinde UV ışık kaynağı olarak genellikle düşük basınçlı (LP), düşük basınçlı amalgam (LPHO) ve orta basınçlı (MP) lambalar kullanılmaktadır. Bu terimler, özelliklerine göre gruplandırılıp lamba çalışırken içindeki cıvanın buhar basıncına göre isimlendirilmektedir (Koutchma et al., 2009). Ayrıca, vurgulu ışık (flash/pulsed lamps), eksimer, mikrodalga tahrikli (microwave driven lamps) ve LED (light emitting diodes) gibi lambalar da UV ışık uygulamalarında kullanılan diğer lamba çeşitlerindedir (Koutchma, 2009). Düşük basınçlı cıvalı lambalar germisidal dalga boyu olan 254 nm dalga boyunda (UV-C ışık) ışık yaymakta olup gıdaların yüzey

dezenfeksiyonunda ve sıvı gıdalara UV ışık uygulamalarında kullanılmaktadır (Gomez-Lopez et al., 2007; Koutchma, 2008). Orta basınçlı civalı lambalar ise belli spektral alanda farklı dalga boylarında ışık yaydıkları için polikromatik özellik gösterirler. Bu lambalar, 200-300 nm dalga boyları aralığında etkinlik göstermektedirler (Bolton and Linden, 2003). Vurgulu ışık (Pulsed UV) teknolojisinde kullanılan lambalar, xenon lambalar olarak adlandırılırlar. Bu lambalar 180-1100 nm aralığında geniş bir spektruma sahiptirler. Mikroorganizmayı yüksek enerji atımlarına maruz bırakıp ısınıp parçalanmasına sebep olarak inaktivasyonu sağlarlar (Özkütük, 2007). Eksimer lambalarda ise; He, Ne, Ar, Kr, Xe gibi çeşitli gazlar kullanılarak istenilen dalga boyunda ışık yayılımı sağlamak mümkündür (Koutchma et al., 2009). Ayrıca, gıda işletmelerinde ortama civa yayımı nedeniyle civa içermeyen lambaların geliştirilmesi ve validasyonu çalışmaları hız kazanmıştır.

2.3.2. UV ışık uygulama ekipmanları

UV ışık uygulamaları, katılar veya sıvılar için farklı ekipmanlar ile gerçekleştirilmektedir. Katı gıdalar için UV kabin tasarımları mevcut iken sıvı gıdalar için, akışkan tiplerine göre tasarlanan reaktörler kullanılmaktadır. İstenilen etkiyi elde etmek için uygun sayıda, uygun konumda lamba kullanımı ve uygun ebatta UV kabini tasarlayarak absorbe edilecek enerjiyi maksimum seviyeye yükseltmek önemlidir.

UV kabinlerde katı gıdalar için yapılabilecek uygulama çeşitlerini irdeleyen Manzocco ve Nicoli (2015)'e göre; katı gıdanın sadece tek bir yüzeyini UV ışığa maruz bırakmak için, gıda bir desteğe yerleştirilmelidir. Aynı zamanda üst ve alt taraflı olarak iki yüzeye birden uygulama yapılması için gıda, bir film üzerine konabilmekte veya uygulama sırasında ters çevrilebilmektedir. Gıdanın tüm yüzeyleri aynı anda UV ışığa maruz bırakılacaksa, lambaların sayısını arttırmak ve gıdayı bir film üzerine koymak gerekmektedir. Örneğin; süt endüstrisinde, yoğurt için sadece üst yüzeyi UV ışığa maruz bırakmak yeterlidir, ancak birçok peynir çeşidi için tüm yüzeyler UV ışığa maruz kalmalıdır. Bu durumda uygulama parametreleri değişiklik göstermektedir. Bu işlemleri dinamik bir yol olan tünel sistemiyle gerçekleştirmek de mümkündür. Bu tip uygulamalarda gıda konveyör yardımıyla ilerletilerek UV ışığa maruz bırakılmaktadır. Sanayide bu tarz uygulamaların kullanımı oldukça pratiktir.

Reaktörler ise sıvı gıdalara UV ışık uygulamaları için kullanılan cihazlardır. Reaktör içerisinde bulunan UV lambalar ile işlem gerçekleştirilmektedir. Sistemde UV ışık reaktöründen akan sıvı, lambalardan çıkan UV ışığa maruz bırakılmaktadır. Böylece sıvıdaki mikroorganizmalar etkisiz hale gelmektedir. UV reaktörlerin seçiminde, dezenfekte edilecek sıvının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile reaktörden geçen sıvı miktarı en önemli parametrelerdir. Bu bağlamda, uygulanacak UV dozu, sıvının ve hedef mikroorganizmanın özelliklerine göre belirlenmelidir. Ayrıca dezenfeksiyon verimliliğini artırmak için, sıvıdaki tortu ve bulanıklık gibi parametreler hassas filtreler ile alınmalıdır.

2.4. Ultraviyole-C Işık Yüzey Uygulamalarının Mikrobiyal İnaktivasyon Verimliliğini Etkileyen Faktörler

UV ışığın antimikrobiyal etkisinde tür, suş, kültür ve mikroorganizmanın bulunduğu üreme fazı gibi çeşitli faktörlerin etkinliği en başta gelmektedir (Bachmann, 1975; Morgan, 1989; Falguera et al., 2011). Ayrıca, UV ışık yüzey uygulamalarının mikrobiyal inaktivasyon verimliliğini etkileyen tüm faktörleri genel olarak aşağıdaki başlıklarda sıralamak mümkündür (Koca vd., 2018).

- UV ışık kaynağı ve uygulama dozu
- Yüzeydeki mikrobiyal flora ve hedef mikroorganizmanın UV ışığa hassasiyeti
- UV uygulanacak yüzeyin fiziksel özellikleri
- Gıdanın bileşimi
- Gıdanın ambalaj materyalinin UV ışık geçirgenliği

UV-C ışığa dayalı bir dezenfeksiyon yönteminin etkinliği için en önemli faktör kullanılan dozdur. Doz; etkiyen ışık gücünün belirli zamanda verdiği enerjiyi ifade etmektedir. Başka bir deyişle, mikroorganizmaya etkiyen ultraviyole ışığın büyüklüğünü göstermektedir ve UV ışığın şiddeti ve ışınlama süresinin çarpımı ile hesaplanır. Kısa sürelerde yüksek şiddet veya uzun sürelerde düşük şiddet uygulaması pratik olarak uygulanabilmektedir ve tam olarak aynı olmasa da benzer inaktivasyon etkilerine sahiptir. Doz, sıklıkla J/m^2 olarak ifade edilir. Ultraviyole ışığın şiddetini ölçmek için genellikle radyometre, fotometre veya spektrometre kullanılmaktadır (Koutchma, 2009). Ayrıca, UV ışık kaynağı olarak kullanılan lambanın türü, konumu, sayısı ve elde edilen enerji mikrobiyal inaktivasyon açısından önemlidir.

Hedef mikroorganizmanın UV ışığa duyarlılığı, UV ışık dozunun seçiminde önemli bir parametredir. Mikroorganizmaların birçok özelliğinden dolayı farklı yapıları vardır. Kıyaslandıklarında daha basit yapıdaki mikroorganizmaların UV ışık tarafından daha kolay bir şekilde inaktive edildiği bilinmektedir. Dolayısıyla, sporlu mikroorganizmalar ve gram pozitif bakteriler UV ışığa gram negatiflerden daha dirençlidir. Maya ve küfler ise genetik yapısında daha az pirimidin bazı olduğu ve hücre zarlarının farklı yapısı gibi nedenlerle bakterilere göre UV ışığa daha dirençlidir. En yüksek dirençliliğe sahip mikroorganizmalar ise virüslerdir (Koutchma et al., 2009; Koca vd., 2018). Algler, vejetatif bakteriler, sporlu bakteriler, küfler, virüsler ve mayalara ait UV-C ışığa karşı en dirençli ve en zayıf mikroorganizma türleri Çizelge 2.1’de gösterilmektedir (Guerrero-Beltran and Barbosa-Canovas, 2004). Belirtilen UV dozları uygulandığında hedef mikroorganizmanın tamamını inhibe etmek mümkün olmaktadır. UV-C ışığın mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon etkisi türden türe farklılık gösterebilir ve aynı türler arasında da, suşa, üreme evresine, mikroorganizmaların yoğunluğuna, diğer karakteristik özelliklere, gıdanın türüne ve bileşimine bağlı olarak farklı etkiler oluşabilmektedir (Koutchma, 2009). Bu konu üzerinde durulmuş bir çalışmada farklı üreme evrelerinde mikroorganizmaların kimyasal bileşimlerindeki değişime bağlı olarak UV-C ışığa olan dirençlerinde değişim olabileceği ifade edilmiştir (Silva et al., 2003).

Mikroorganizmanın duyarlılığının yanı sıra bulaşma seviyesi de inaktivasyon derecesini etkilemektedir. Ayrıca, UV ışık uygulanacak gıdanın işlem sırasında direkt olarak UV lamba altına konumlandırılması ya da UV ışığın direkt gelmemesi mikroorganizmaların inhibisyon oranını etkilemektedir.

Çizelge 2.1 Bazı mikroorganizmaların tamamını inhibe etmek için gereken UV-C ışık (254 nm) dozları

Mikroorganizma grubu	Tür	Düşük doz (J/m ²)	Tür	Yüksek doz (J/m ²)
Algler	<i>Chlorella vulgaris</i>	220	Mavi yeşil algler	4200
Vejetatif bakteriler	<i>Bacillus megatherium</i>	25	<i>Sarcina lutea</i>	264
Sporlu bakteriler	<i>Bacillus subtilis</i>	220	<i>Bacillus anthracis</i>	462
Küfler	<i>Oospora lactis</i>	110	<i>Aspergillus niger</i>	3300
Virüsler	Adenovirüs tip 3	45	Tütün mozaik virüsü	4400
Mayalar	Bira mayası	66	<i>Saccharomyces</i> spp.	176

UV-C ışığının mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyonunda ortamın fiziksel özellikleri de etkilidir. Renk, kirlilik, pürüzlülük gibi yüzeye ilişkin faktörler sebebiyle UV ışığının etkinliği değişmektedir. Pürüzsüz yüzeylere yapılan uygulama, pürüzlü yüzeylere kıyasla daha etkilidir. Çünkü pürüzlülük ve kirlilik gölge etkisi yaratmakta ve UV ışığının mikroorganizmaya doğrudan erişimini engellemektedir (Shama, 1999). Bu nedenle işlemde önce katı gıda maddelerinin yıkama vb. gibi yöntemlerle kirliliklerinden olabildiğince arındırılması önemlidir. Ayrıca UV-C ışık düşük dalga boyu sebebiyle yüzey uygulamalarında derinlemesine nüfuz etme özelliğine sahip değildir. Dolayısıyla ışınların mikrobiyal inaktivasyon gücü azalmaktadır (Koutchma et al., 2009).

Renk; koyu ve ya açık olmasına göre ışığın absorblanma miktarını etkilemektedir. Koyu renkli gıdalarda ışığın absorpsiyonunun yüksek olması, mikrobiyal inaktivasyon için gereken enerjinin azalmasına sebep olmaktadır (Manzocco and Nicoli, 2015).

Hedef gıdanın bileşimi, UV ışığının etkinliği için önemlidir. Makromoleküller özellikle proteinler ve yağ globülleri gıdadaki mikroorganizmalara gölgeleme etkisine sahiptir ve ışığın nüfuz etmesini ve etkinliğini sınırlamaktadırlar (Guerrero-Beltran and Barbosa-Canovas, 2004; Milly et al., 2007; Manzocco and Nicoli, 2015). UV ışık uygulamasının en büyük avantajı, gıda bileşenlerinde meydana getirdiği değişikliklerin az olmasıdır. Fakat yine de gıdaların duyuşal özelliklerini

ve bazı bileşenlerin işlevsel özelliklerini değiştiren bazı sonuçlar meydana gelmektedir. Bu değişiklikler artan ışınlama dozu ile birlikte artmaktadır.

2.5. Gıda Sanayiinde UV-C Işık Uygulama Alanları

UV ışığın gıda endüstrisinde uygulama alanları oldukça çeşitlidir. Bu uygulamalar; fırıncılık, peynir ve et işletmelerinde yüzeylerin dekontaminasyonunun sağlanmasından, düzenli yapılan temizlik ve sanitasyon uygulamalarına, paketlenme malzemeleri ve kutu, şişe, film gibi kullanılan çeşitli materyallere kadar geniş yelpazede gerçekleştirilmektedir (Koutchma et al., 2009). Diğer potansiyel alan ise, sıvı gıda ve içeceklerde mikrobiyal yükün azaltılmasıdır. Son yıllarda taze (sebze, meyve, et vb.), dondurulmuş (sebze, meyve, et, deniz ürünleri, fırıncılık ürünleri vb.), pişirilmiş ve soğukta saklanan (süt ürünleri gibi) gıdaların yüzey uygulamalarında da kullanılabilmesi için UV üniteleri geliştirilmektedir. Bu nedenle, bu konuda yapılan çalışmalar da önem kazanmıştır. Genel olarak UV ışık uygulama alanları 3 ana başlık altında sıralanabilir: Hava, sıvı ve katı. Katı uygulamalar yüzey uygulamaları olarak adlandırılmıştır.

2.5.1. Havaya UV-C ışık uygulamaları

UV-C ışık uygulamaları ile üretim alanında havada bulunan mikroorganizmaların inhibisyonu sağlanmaktadır. Bu işlemin etkinliği odanın hacmine ve UV lambanın gücüne bağlı olarak değişmektedir. Uygulamaya dair en eski örnek, 1930'lu yıllardan beri Amerika Birleşik Devletleri'ndeki hastanelerde hava kaynaklı hastalıkların önlenmesi için 254 nm dalga boyunda ve 0,25 W/m² şiddetinde UV ışık üreten lambaların kullanılmasıdır (Bintsis et al., 2000).

2.5.2. Sıvılara UV-C ışık uygulamaları

Sıvılar üzerindeki UV-C ışık uygulamaları genel olarak; işletme alanının ve gıdaların yıkanmasında kullanılan suya uygulamalar ve sıvı gıdaların dezenfeksiyonu için yapılan uygulamalardır. Sıvılar üzerine yapılan çalışmalar daha çok içme suyu ve meyve sularında görülmektedir. Sütte yapılan çalışmalar daha az sayıdadır. Meyve suyu ve süte UV uygulamaları sırasıyla Bölüm 2.5.2.2 ve Bölüm 2.5.2.3'te detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca, sıvı yumurta beyazı üretiminde

de UV-C ışık uygulaması bir ön işlem olarak kullanılabilir. Bu konuda yapılan çalışmada ise UV-C ışık uygulamasının ürünün mikrobiyolojik stabilitesini artırılabilirliği bildirilmiştir (Ünlütürk vd., 2010).

UV ışık uygulamasında ürünün ışık geçirgenliği, renk ve partikül özellikleri, mikroorganizma yükü, sıvının akış özelliği, reaktörün özellikleri, UV ışık kaynağının dalga boyu, gücü, uygulama şekli ve süresi mikrobiyal inaktivasyonunun etkinliğini değiştirmektedir (Bintsis et al., 2000; Ünlütürk et al., 2008).

Ayrıca, UV-C ışığın sıvılar üzerindeki penetrasyon etkisi; sıvının ışığı absorbe edebilmesine, sıvıdaki çözünür katı madde miktarına ve sıvıdaki süspansiyon madde miktarına bağlıdır. Çözünür katı madde miktarı arttıkça sıvı içerisindeki UV-C ışığın penetrasyon şiddeti azalmaktadır (Guerrero-Beltran and Barbosa-Canovas, 2005). Bu nedenle ultraviyole ışık ile dezenfeksiyonun tam olarak gerçekleşebilmesi için sıvı gıdada bulunan tortu, bulanıklık gibi parametrelerin hassas filtreler ile uzaklaştırılmış olması gerekmektedir. Filtrasyonun dışında farklı teknolojik yöntemler uygulanarak da işlem etkinliği artırılabilir.

2.5.2.1. İçme sularına UV-C ışık uygulaması

UV-C işlemi, sudaki çok çeşitli mikroorganizmaları yok etmek için en basit ve çevre dostu yöntemlerden biridir. İçme sularının UV-C ışık ile dezenfeksiyonu üzerine yapılan bir çalışmada, UV-C ışığın mikrobiyal yükü önemli düzeyde düşürdüğü ve işlem sonunda suyun renk, tat ve kokusunda herhangi bir değişime yol açmadığı belirtilmiştir (Bintsis et al., 2000). Krishnamurthy ve Irudayaraj (2009) tarafından yapılan, su içerisinde *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella sonnei*, *Streptococcus fecalis* ve *Staphylococcus aureus* hücrelerinin inaktivasyonunun incelendiği çalışmada ise, 0,007 J/cm² dozda *E. coli*, *S. typhi*, *S. sonnei* ve *S. aureus* benzer hassasiyet göstermiş ve bakteri sayılarında 3 log azalma gerçekleşmiştir. *S. fecalis* ise diğerlerine göre daha yüksek direnç göstermiş ve 3 log azalma için 1,4 kat daha fazla UV ışık dozu uygulanmasına gerek duyulmuştur.

UV ışığın içme suyu uygulamaları dışında, kanalizasyon atığı, yüzme havuzu sularının dezenfeksiyonu gibi kullanım alanları da mevcuttur ve suyun organik içeriğinin düşük seviyelere indirilmesinde UV ışık ve ozon kombinasyonu güçlü bir oksitleyici etkiye sahiptir (World Health Organization, 1994). Gıdaların

yıkanmasıyla kirlenen suların yeniden kullanımlarıyla ilgili bir çalışmada sanayiden toplanan taze kesilmiş soğan, hindiba, havuç ve ıspanak yıkama sularındaki mikrobiyal floranın azaltılması için ozon (O₃) ve UV-C ışık ile bunların kombinasyonlarının dezenfeksiyon etkileri araştırılmıştır. O₃, UV ve O₃-UV işlemlerinin her biri 60 dakika süre boyunca uygulanmıştır. Her üç uygulama da, sebze yıkama sularının bakteri, küf ve maya sayısını azaltarak dezenfeksiyon uygulamalarında etkili olmuştur. O₃-UV uygulaması, 60 dakikalık uygulama sonucunda 6,6 log düzeyinde en yüksek mikrobiyal azalmayı sağlamıştır (Selma et al., 2008).

2.5.2.2. Meyve sularına UV-C ışık uygulaması

Genellikle meyve sularının süspansiyon madde içerikleri fazladır. Bu nedenle, meyve sularına UV-C ışık uygulamalarında yararlanılan reaktörler, su dezenfeksiyon sistemlerinde kullanılanlara göre farklılık göstermektedir. Meyve suları, UV-C ışığa ince film olarak maruz bırakılmalıdır. Bir ince film UV reaktörünü kullanarak uygulama yapmanın, portakal suyundaki toplam aerobik canlı sayısı, maya ve küfün azaltılmasında etkili olduğunu gösteren çalışma mevcuttur (Tran and Farid, 2004). Çizelge 2.2’de UV-C ışığın meyve sularına uygulanmasıyla ilgili çeşitli örnekler görülmektedir.

Çizelge 2.2 UV-C ışığın meyve sularına uygulanmasına dair bazı çalışmalar

	UV uygulaması (doz)	Uygulamanın Hedefi	Sonuç (log azalma)	Kaynak
Ananas suyu	10,76 mJ/cm ²	Aerobik canlı sayısı Küf ve maya	1,9 1,4	Shamsudin et al., 2014
Pitaya suyu	1,0 kJ/m ²	<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	1,8	Ochoa-Velasco and Guerrero-Beltrán, 2013
Greyfurt suyu	19,0 mJ/cm ² 14,0 mJ/cm ²	<i>E. coli</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5,1 6,0	Geveke and Torres, 2012
Beyaz üzüm suyu	1377 J/L 3672 J/L	<i>Brettanomyces bruxellensis</i> <i>S. cerevisiae</i>	>5,0 >5,0	Fredericks et al., 2011
Elma suyu	2,66 mJ/cm ²	<i>E. coli</i> STCC 4201 <i>E. coli</i> STCC 471 <i>E. coli</i> STCC 27325 <i>E. coli</i> O157:H7 <i>E. coli</i> ATCC 25922	1,23 1,64 2,36 4,01 6,22	Gayan et al., 2011
Portakal suyu	2,2 J/cm ²	<i>E. coli</i> O157:H7	>5,0	Oteiza et al., 2010
Beyaz üzüm suyu	0-470 mWsaniye/cm ²	<i>E. coli</i> K-12 <i>E. coli</i> ATCC 8739 <i>E. coli</i> O157:H7	5,02 5,53 6,12	Hakgüder et al., 2008
Mango nektarı	45 J/cm ²	Aerobik canlı sayısı	2,7	Guerrero-Beltran and Barbosa-Canovas, 2006
Elma suyu	450 kJ/m ² Süre:30 dakika	<i>S. cerevisiae</i> <i>E. coli</i> <i>Listeria inocua</i>	1,34 4,29 5,10	Guerrero-Beltrán and Barbosa Canovas, 2005
Elma şırası	254,7 nm, 8777 mWsaniye/cm ²	<i>E. coli</i> O157:H7	2,2	Donahue et al., 2004
Taze elma şırası	Cider Sure 3500A cihazı ile 14,32 mWsaniye/cm ² Süre:1,2-1,9 saniye	<i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts	>5	Hanes et al., 2002
Elma suyu	CIDER-10 UV cihazı ile Doz: 9,4 - 61 J/m ²	<i>E. coli</i> O157:H7	3,81	Wright et al., 2000

2.5.2.3. Süte UV-C ışık uygulamaları

Süte UV-C ışık uygulanmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar incelendiğinde, çoğu çalışmanın mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması hedefiyle yapıldığı görülmektedir. Süte UV-C ışık uygulamasıyla ilgili bazı çalışmalar da Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Süte UV-C ışık uygulamasının *Staphylococcus aureus* üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, UV ışık kaynağına uzaklık (5-11 cm), geçişlerin sayısı (1-3) ve akış hızı (20-40 ml/dk) olmak üzere 3 parametre kullanılarak modelleme yapılmıştır. *Staphylococcus aureus* inoküle edilmiş süt, peristaltik pompa kullanılarak kesikli UV ışığa maruz bırakılan kuartz tüpün içine pompalanmıştır. Uygulama sonucunda lamba uzaklığına bağlı olarak 0,55-7,26 log azalmanın sağlanabileceği belirlenmiştir. Çalışmada, *S. aureus* üzerinde tümüyle inaktivasyonunun sağlanması için süt akış hızının 20 ml/dk, içerisinde sütün ilerlediği kuartz camın UV lambasından 8 cm uzakta olduğunda tek sirkülasyonda, 11 cm olduğunda ise iki sirkülasyonda uygulama yapılması gerektiği tespit edilmiştir (Krishnamurthy et al., 2007).

10^7 kob/ml *Listeria monocytogenes* inoküle edilmiş taze keçi sütlerinde yapılan bir çalışmada ise, CiderSure 3500 UV cihazı ile kümülatif olarak $15,8 \pm 1,6$ mJ/cm² dozunda UV ışık uygulamasının *L. monocytogenes* sayısında 5 log azalma meydana getirdiği belirlenmiştir (Matak et al., 2005).

Ultraviyole ışık uygulamasının sütün mikrobiyal kalitesine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada 5 farklı süt üreticisinden temin edilen süt örneklerine pastörizasyon ve ultraviyole ışık işlemi uygulanmıştır. Uygulama yapılan örneklerde toplam aerobik mezofilik bakteri, koliform, *E. coli*, maya-küf, *Streptococcus* spp. ve *Lactobacillus* spp. sayımları gerçekleştirilmiştir. Süt örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri ve koliform popülasyonu üzerine UV ışık uygulamasının pastörizasyon işlemi kadar etkili olduğu ve önemli düzeyde azalma sağladığı tespit edilmiştir (Engin vd., 2009).

Çizelge 2.3 UV-C ışığın süte uygulanmasına dair bazı çalışmalar

	UV uygulaması (doz)	Uygulamanın Hedefi	Sonuç ve Tartışmalar	Kaynak
Süt	0-5000 J/l	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>Salmonella senftenberg</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Mikroorganizma sayısını azaltmak için potansiyel bir yöntem olarak kullanılabilceği öngörülmüştür.	Crook et al., 2015
Sığır sütü	222, 254, 282 monokromatik UV lambalar	<i>E. coli</i> O157:H7	İnaktivasyon verimliliği; 254 nm'de 222 ve 282 nm'lere göre daha yüksek elde edilmiştir.	Yin et al., 2015
Tam yağlı süt	45 J/cm ² Akış hızı: 65 l/dk	<i>Listeria innocua</i> , <i>Mycobacterium smegmatis</i> , <i>Salmonella</i> Typhimurium, <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>Acinetobacter baumannii</i>	<i>Mycobacterium smegmatis</i> haricinde test edilen tüm bakteri türlerinde önemli bir azalma elde edilmiştir.	Pereira et al., 2014
İnek sütü	880-1760 J/l	Aerobik plaka sayımı Koliform organizmalar	Kontrolde göre tüm hedeflerde azalmalar elde edilmiştir.	Rossitto et al., 2012
Çiğ süt ve yağsız inek sütü	11,187 mJ/cm ²	<i>Escherichia coli</i> W1485, <i>Bacillus cereus</i> endosporları	<i>B. cereus</i> endosporları <i>E. coli</i> W1485'e göre daha dirençli bulunmuştur. Her ikisindeki inaktivasyon verimliliği yağsız inek sütünde çiğ süte göre daha fazla olmuştur.	Choudhary et al., 2011
UHT süt	0-1836 mJ/ml Akış hızı: 4000 l/saat	<i>Mycobacterium avium</i> ssp. <i>paratuberculosis</i>	Pastörizasyona alternatif görülmemiştir.	Donaghy et al., 2009
Yağlı/ yarım yağlı inek sütü	1000 mJ/ml Akış hızı: 168 ml/dk	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i> (<i>Tüberküloz etmeni</i>)	Pastörizasyona alternatif görülmemiştir.	Altic et al., 2007
İnek sütü	15 kJ/l	Toplam canlı sayısı Duyusal analiz	Tüm florada koliformlar en fazla, sporlu bakteriler en az etkilenmiştir. Yüksek doz uygulama duyusal açıdan problem yaratmıştır.	Reinemann et al., 2006
Keçi sütü	CiderSure 3500 UV ile 15,8±1,6 mJ/cm ²	<i>Listeria monocytogenes</i>	5 log'dan fazla azalma elde edilmiştir.	Matak et al., 2005

2.5.3. UV-C ışık yüzey uygulamaları

UV-C ışık sıvıların derinliklerine kadar penetre olamadığı için daha çok gıdaların yüzeylerinde etkilidir (Shama, 1999). Ayrıca, sistemin sürekli hale getirilebilmesi ve üretim hatlarına monte edilebilmesi de UV-C ışığın yüzey uygulamalarında kullanımı için oldukça avantajlı bir durumdur. Bu nedenle, gıda sanayinde UV-C ışık yüzey uygulamaları gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Sanayide ekipman yüzeylerine, ambalaj materyallerine, süt ürünleri, meyve-sebzeler, et ürünleri ve yumurta yüzeylerine yapılan UV-C ışık yüzey uygulamaları ile çeşitli amaçlara dair verimli sonuçlar alınabilmektedir.

2.5.3.1. Ekipman yüzeylerine UV-C ışık uygulamaları

Gıdalara temas eden yüzeylerin dezenfeksiyonu, gıda üretiminin kontrollü olarak yapılması açısından dikkate alınması gereken bir durumdur. Dolayısıyla, gıdalara UV ışık uygulaması ile sağlanan dezenfeksiyon kadar yüzeylere yapılacak olan uygulamalar da önemlidir. Gıdalar ile temasta olan taşıyıcı bantlarda, ekipmanlarda, saklama ve hazırlık alanlarında UV-C ışık uygulamaları ile mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak mümkündür ve etkin sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple dezenfeksiyon sistemleri kullanılmaktadır. Uygulamanın başarısı, hedef yüzeylerin kirliliğe sebep olan materyallerden arındırılmış olmasına bağlıdır. Yüzey dezenfeksiyonunda UV ışık etkisinin belirlenmesine dair bir çalışmada; paslanmaz çelik yüzey üzerine *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, ve *Escherichia coli* O157:H7 hücreleri aşılınıp 250 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ve 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ UV ışık uygulanmıştır. Paslanmaz çelik yüzey üzerinde, *L. monocytogenes* ve *Salmonella Typhimurium* UV ışığa daha dirençli iken *E. coli* O157:H7, 3 dakika boyunca 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ doz UV ışığa maruz bırakıldığında tamamen inaktive (6,19 log azalma) edilebilmiştir (Kim et al., 2002).

2.5.3.2. Ambalaj materyallerine UV-C ışık uygulamaları

Gıda endüstrisinde, ambalaj malzemesinin dekontaminasyonu için UV ışığın kullanılması yaygınlaşmaktadır. Ambalajlama öncesinde kutular, şişeler, kartonlar, kapaklar, folyolar ve filmler gibi ambalajlama malzemelerinin yüzeylerine uygun UV ışık dozları uygulanarak mikroorganizmalar azaltılabilmekte veya yok

edilebilmektedir. Bu konuda yapılan bir çalışmada, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium ve *Listeria monocytogenes* inokule edilmiş ve polietilen terephthalate (PET), polivinilklorid (PVC), polipropilen (PP) ve polietilen (PE) filmler ile paketlenmiş dilim peynirlerde UV-C ışığın inaktivasyon üzerine etkileri araştırılmıştır. PET ve PVC ile kıyaslandığında, PP ve PE filmlerin kullanımının patojen sayısını önemli ölçüde düşürdüğü tespit edilmiştir. Çalışmada, süt endüstrisinde patojen kontrolü amacıyla UV-C uygulamasıyla birlikte PP veya PE film ile paketlemenin kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır (Ha et al., 2016).

Ayrıca, aseptik olarak doldurulan UHT süt ürünlerinin üretimi sırasında yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) şişelere, kartonlara, filmlere veya alüminyum folyo kapaklara uygulanarak mikrobiyal yük azaltılabilmekte veya yok edilebilmektedir (Bintsis et al., 2000). Paketli gıdalara UV ışık uygulamalarında ise farklı yapılar, kalınlıklar ve çeşitli özellikler nedeniyle değişiklik gösteren ambalajın ışık geçirim miktarı inaktivasyon açısından kritik olmaktadır. Çizelge 2.4'te bazı plastik ambalaj materyallerinin UV-C ışık geçirgenlikleri gösterilmiştir (Manzocco and Nicoli, 2015).

Çizelge 2.4 Bazı plastik ambalaj malzemelerinin UV-C ışık geçirgenliği

Plastik materyal	Kalınlık (µm)	UV-C ışık geçirgenliği (%)
OPP/PE	60	0
PET/PE	52	0
Polyester	26	0
OPP/PP	35	0
PP/PP	50	64
BG	25	67
PA/PE	40	80
OPP	40	83

OPP: Oriente polipropilen, PE: Polietilen, PET: Polietilentereftalat, CPP: Cast polipropilen, PP: Polipropilen, BG: Bone guard torbalar, PA: Poliamid

2.5.3.3. Süt ürünlerine UV-C ışık uygulamaları

Süt ürünlerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, yüzey floranın inaktivasyonunda ultraviyole ışık kullanımına yönelik çalışmaların sınırlı sayıda ve genellikle peynirlerde olduğu görülmektedir (Çizelge 2.5). Yoğurтта ve diğer süt ürünlerinde ise UV ışık uygulamasının mikrobiyal inaktivasyon, oksidasyon gibi değişimlere etkisiyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Peynirlerde yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda, UV ışık uygulamaları ile mikrobiyal inaktivasyon ve raf ömrü açılarından iyileşmeler elde edilebildiği, fakat bazı çalışmalarda gıda kalite kayıplarının da meydana gelebildiği belirtilmiştir.

UV-C teknolojisi kullanılarak Fiordilatte peynirlerinin yüzey kontaminasyonunun kontrol altına alınması ve raf ömrünün arttırılması hedeflenen bir çalışmada, peynir yüzeyine *Pseudomonas* spp. inokule edilmiş ve 750 saniyeye kadar 0,1, 0,6, 1,2 ve 6,0 kJ/m² dozlarda UV-C ışık uygulanmıştır. Depolama süresince *Pseudomonas* spp. ve Enterobacteriaceae sayılarında 1-2 log azalma tespit edilmiştir. Peynir örneklerinin renk, doku ve yüzey görünüş özelliklerinde UV-C ışığın değişim yaratmadığı belirlenmiştir. Optimum koşullarda UV-C ışık uygulamasının peynirin raf ömrünü %80 oranında arttırdığı tespit edilmiştir (Lacivita et al., 2016). Kaşar peynirinde yapılan ve yüzey kontaminasyonunu hedef alan çalışmada ise aynı boyutlarda kesilmiş olan kaşar peynirleri, oluşturulan özel bir ortamda küf sporları bulaştırılmış ve yüzeyden alınan örnekler ile başlangıç mikrobiyal yükleri belirlenmiştir. Daha sonra 0,321, 0,963, 1,926 ve 9,630 kJ/m² dozlarında UV-C ışık uygulanmış ve küf sayılarında 2-3 log seviyesinde azalma elde edilmiştir. Bu sonuç ile birlikte kaşar peynirinde yüzey UV-C ışık uygulamasından raf ömrü çalışmalarında yararlanılabileceği ortaya konulmuştur (Şık et al., 2017).

Çizelge 2.5 UV-C ışığın peynir yüzeyine uygulanmasına dair bazı çalışmalar

	UV dozu	Uygulamanın Hedefi	Azalma (log)	Kaynak
Kaşar peyniri	0,321-9,630 kJ/m ²	Küf-maya sayısı	2-3	Şık et al., 2017
Fiordilatte peyniri	0,1-6,0 kJ/m ²	<i>Pseudomonas</i> spp. Enterobacteriaceae	1-2 1-2	Lacivita et al., 2016
Çedar dilimleri	3,04 mW/cm ²	<i>E. coli</i> O157:H7 <i>Salmonella</i> Typhimurium <i>L. monocytogenes</i>	3,45 3,57 3,16	Ha et al., 2016
Çedar dilimleri	Darbeli UV ışık sistemi 1,02-12,29 J/cm ²	<i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>E. coli</i> ATCC 25922 <i>Listeria innocua</i>	3,74 5,41 3,37	Proulx et al., 2015
Sert peynir	Darbeli UV ışık sistemi 5, 8 ve 13 cm ve 5s-60s	<i>Penicillium roqueforti</i> <i>L. monocytogenes</i>	1,32 (5 cm, 40s) 3,08 (5 cm, 40s)	Can et al., 2014

2.5.3.4. Meyve-sebze, et ürünleri ve yumurta yüzeylerine UV-C ışık uygulamaları

Literatürde UV-C ışığın, özellikle taze meyve ve sebzelerde raf ömrünün arttırılması üzerine etkileri, kabuklu yumurtada yüzey pastörizasyonu, et ürünlerinde oksidasyon ve renge etkilerine yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur (Kuo et al., 1997; Gennadios et al., 1998; Bintsis et al., 2000; Allende and Artes, 2003; Silva et al., 2003; Vicente et al., 2005). Örneğin; UV ışık uygulamasının yumurta yüzeyinde aerobik bakterilerin, küf ve mayaların azaltılmasında ve yüzeye inoküle edilen *S. Typhimurium*, *E. coli* ve *S. aureus* gibi patojenlerin yok edilmesinde etkili olduğu belirtilmiştir (Kuo et al., 1997; De Reu et al., 2006). Ancak, UV ışık yüzey uygulamaları yaygın olarak meyve ve sebzelerde çalışılmıştır. Meyve ve sebzelere UV-C ışık uygulamalarıyla ilgili bazı mikrobiyolojik çalışmalar Çizelge 2.6'da gösterilmektedir. UV ışık uygulaması, taze meyve ve sebzelerde depolama aşamasından önce sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu uygulamadaki amaç; ürünün yüzeyinde bulunan başlangıç mikroorganizma sayısını azaltmak ve mikroorganizmalara karşı direnç kazanmasını sağlamaktır.

Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinin muhafaza süresinin uzatılması, meyve kalitesinin korunması ve gri küften (*Botrytis cinerea*) kaynaklanan çürümelerin

önlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, üzümlere herhangi bir fümigasyon işlemi yapmaksızın UV ışığa maruz bırakılmış ve farklı dozlarda ışık uygulamasının etkinliği belirlenmiştir. Farklı dozlar oluşturmak amacıyla üzümlere 50 cm (1 kJ/m²), 75 cm (0,5 kJ/m²) ve 100 cm (0,25 kJ/m²) mesafeden 4 dakika süre ile UV ışık uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, üzüm tanelerindeki ilk çürümelerin 63 günlük muhafaza döneminin sonunda başladığı ve çürümelerin tamamının *Botrytis cinerea*'dan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu süre sonunda UV ışık uygulamalarının çürük meyve yüzdesini %70 düzeyinde engellemeyi başardığı görülmüştür (Akbulut ve Karabulut, 2002).

UV ışık uygulamasının Gemlik tipi siyah zeytinlerin yüzey dekontaminasyonu ve kalite parametreleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada ise, 20 dk süresince 10 cm uzaklıktan UV ışık uygulamasının en etkili uygulama olduğu saptanmıştır. Zeytinlerin kalite parametreleri incelendiğinde pH, titrasyon asitliği, duyusal kalite, *L** ve *a** değerlerine etkinin istatistiksel anlamda önemsiz olduğu görülmüştür (Barut-Gök and Pazır, 2011).

Çizelge 2.6 Meyve ve sebzelerde yüzey UV-C ışık uygulamalarına dair bazı mikrobiyolojik çalışmalar

	UV dozu	Uygulamanın Hedefi	Azalma (log)	Kaynak
Portakal	7,92 kJ/m ²	<i>Penicillium digitatum</i> <i>Penicillium italicum</i>	5,3 3,9	Tiryaki Gündüz and Pazır, 2013
Çilek	12-72 kJ/m ²	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Salmonella</i> Enteritidis <i>Listeria innocua</i>	1 1 1,4 1,1-1,3	Birmpa et al., 2013
Kayısı	0-13,26 kJ/m ²	<i>E. coli</i> O157:H7 <i>Salmonella</i> spp.	2,2 2,5	Yun et al., 2013
Mantar	0,45-3,15 kJ/m ²	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	0,67-1,13	Guan et al., 2012
Domates	0,5-4 J/cm ²	<i>Salmonella</i> spp. <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	3,08-3,82 3,13-3,63 2,59-3,60	Sommers et al., 2010
Jalapeno biberi	0,5-4 J/cm ²	<i>Salmonella</i> spp. <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	3,02-3,79 3,09-3,73 3,11-3,72	Sommers et al., 2010

Ispanak	2,4-24 kJ/m ²	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Salmonella</i> spp. <i>Pseudomonas marginalis</i>	1,5-2,2 0,7-1,6 1,1-1,9	Escalona et al., 2010
Marul	2,37 kJ/m ²	Laktik asit bakterileri	1,7	Allende et al., 2006
Marul	24 mW/cm ²	<i>Salmonella</i> spp. <i>E. coli</i> O157:H7	2,65 2,79	Yaun et al., 2004
Domates	24 mW/cm ²	<i>Salmonella</i> spp.	2,19	Yaun et al., 2004

Doğranmış meyveler üzerine yapılan araştırmalarda ise, yzeylerde mikrobiyal gelişimin engellendiği ve istenmeyen kalite değişimlerine yol ağmadığı saptanmıştır. Kesilmiş karpuz üzerine yapılmış bir çalışmada, 4,1 kJ/m² dozunda UV ışık uygulaması yapılmış ve renk, doku, gdrnrum gibi ozellikler etkilenmeden mikrobiyal populusyonda 1 logdan fazla azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir (Fonseca and Rushing, 2006).

Et rrunlerinde UV-C ışık uygulamalarıyla ilgili yapılan bazı çalışmalar ise izelge 2.7’de listelenmiştir. Çiğ tavuk rnekleri rzerinde yapılan bir çalışmada, 254 nm dalga boyunda 1000 μ W/cm², 5 dakika yapılan uygulama ile *L. monocytogenes* sayısında 2 log azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında UV ışık uygulamasının et rengine ihmal edilebilir derecede değişim yarattığı belirtilmiştir (Lyon et al., 2007). Benzer şekilde UV ışık uygulamasının tavuk gdrđs eti rneklerinde mikrobiyal azalmaya yol ağtığı gdrmlmüştür (Kim et al., 2002).

Ayrıca et rrunlerinde oksidasyon ile renk değişimleri onem teşkil etmektedir. Bu nedenle çalışmaların kapsamı mikrobiyal inaktiviteyle birlikte bu parametrelerle genişlemektedir. Ancak, bu değişimlerin UV ışık dozuyla ve gıdanın yapısı ile doğrudan ilişkili olup, farklı sonuçlar ortaya çıkarabildiği yapılan çalışmalarla gdrmlmektedir. Bazı alışmalar istenmeyen fiziksel, kimyasal ve duyusal sonuçların ortaya çıkabileceğini gdrsterirken (Andersen et al., 1988; Djenane et al., 2001); çalışmaların bir kısmında ise bu parametrelerde herhangi bir olumsuzluğun ortaya çıkmadığı gdrmlmektedir (Gennadios et al., 1998; Bintsis et al., 2000; Lyon et al., 2007).

Çizelge 2.7 Et ürünlerinde yüzey UV-C ışık uygulamalarına dair bazı çalışmalar

	UV uygulaması (doz)	Uygulamanın Hedefi	Sonuç (log azalma)	Kaynak
Tavuk göğüs eti	60-3600 mWs/cm ²	Hepatit-A (HAV) MNV-1	1,17 1,23	Park and Ha, 2015
Sosis	0,5-4 J/cm ²	<i>Salmonella</i> spp. <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	1,56-2,19 1,27-1,97 1,5-2,14	Sommers et al., 2010
Domuz pirzolası	0,5-4 J/cm ²	<i>Salmonella</i> spp. <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	0,43-0,56 0,5-0,61 0,58-0,65	Sommers et al., 2010
Çiğ tavuk	9,630 kJ/m ²	<i>Listeria monocytogenes</i>	2	Lyon et al., 2007
Tavuk eti	500 mW/cm ²	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Salmonella</i> spp. Typhimurium <i>E. coli</i> O157:H7	(derili / derisiz) 0,48 / 0,46 1,02 / 0,36 1,28 / 0,93	Kim et al., 2002
Tavuk göğüs filetosu	1,5 kJ/m ²	Toplam aerobik bakteri sayısı	2	Stermer et al., 1987

2.6. UV Işık Yüzey Uygulamasının Gıdaların Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

UV ışık uygulamasının en büyük avantajı gıda kalitesinde yarattığı olumsuz etkilerin diğer yöntemlere göre daha az olması olsa da, artan UV ışık dozu ile birlikte bu değişimler de artmaktadır. UV ışık uygulamasında esas amaç mikroorganizmaların inaktivasyonu ve dolayısıyla raf ömrü gelişimleridir. Ancak, uygulamada ürün kalitesini korumak da önemlidir.

Lipid içeren gıdalarda UV ışık uygulaması, lipidlerin oksidasyonuna sebep olup istenmeyen lezzet oluşumuna neden olabilmektedir. Bu durum UV doz artışı ile birlikte oksidasyon değerlerinin de artmasıyla daha belirgin olmaktadır (Matak et al., 2007; Bandla et al., 2012, Şık et al., 2017). Kaşar peynirinde yapılan çalışmada, 0,321, 0,963, 1,926 ve 9,630 kJ/m² dozlarında UV-C ışık uygulamasının TBARS değerlerini artırdığı ve dozun artmasıyla birlikte oksidasyon düzeyinin arttığı görülmüştür. Bu durum yapılan duyu analizlerle de desteklenerek duyu kalitede olumsuz sonuçlar oluştuğu belirtilmiştir (Şık et al., 2017).

Lipid oksidasyonu önemli olmakla birlikte, protein oksidasyonu da UV ışık uygulanmış örneklerde önemlidir. Kükürt içeren amino asitlere sahip proteinlere UV ışık uygulamasıyla, amino asitlerde hafif bir bozulma meydana gelmekte ve hoş olmayan tat oluşumu gerçekleşmektedir (Andersen et al., 2006). Kısa bir süre içerisinde UV ışığa maruz kalmış olan gıdada protein oksidasyonunun hızla ilerlediği görülmüştür (Dimick and Kilara, 1983). Oksidasyonun ilk aşaması radikallerin oluşumudur. Oksidasyon sonrasında gelişen spesifik aroma bileşenleri ne tür bir oksidasyonun meydana geldiğinin tespitini sağlamaktadır. Dimetil disülfid oluşumu, protein oksidasyonunun ve daha spesifik olarak metiyonin bozunumunun bir göstergesidir (Jung et al., 1998). Hekzanal varlığı ise, trigliseridler veya fosfolipidlerdeki linoleik asidin oksidasyonu için bir belirteç olarak kabul edilmektedir (Pan et al., 2005; Yang et al., 2007).

Krem peynir (%26 yağ, %7 protein) ve az yağlı krem peynirlerin (%17 yağ, %11 protein) üzerine 253,7 nm dalga boyunda UV-C ışık uygulaması sonrası ürünlerin analiz edildiği bir çalışmada, protein oksidasyonu ürünü olan dimetil disülfid ve yağ oksidasyonu ürünleri olan hekzanal ve 2-butanon konsantrasyonlarının tespitiyle UV-C ışığın etkisi belirlenmiştir. Az yağlı krem

peynirin yüksek seviyeli radikal konsantrasyonuna sahip olması, proteinlerin peynirdeki oksidatif değişikliklerde etkili olduğunu göstermiştir (Westermann et al., 2009). Bu duruma göre, protein oksidasyonunun önemi, yağ içeriği düştüğünde ortaya çıkmaktadır (Andersen et al., 2006).

UV-C ışık, enzimlerin aktivitelerini de azaltarak özellikle meyve ve sebzelerin raf ömrünü etkileyebilmektedir. Düşük dozda UV-C ışığın hasat sonrası domateslerde meydana gelen metabolik faaliyetlerin geciktirilmesi, poligalakturonaz enzim aktivitesinin düşürülmesi, olgunlaşmanın yavaşlatılması ve *Rhizopus stolonifer* küflerinin neden olduğu çürümelerin önlenmesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada UV-C ışığa maruz bırakılan örneklerde içsel etilen sentezinin baskılanmasıyla birlikte solunum hızının düştüğünü, poligalakturonaz enzim aktivitesinde azalma olduğunu ve olgunlaşmanın yavaşlatılmasıyla birlikte ürün raf ömrünün arttırılabildiği ifade edilmiştir (Stevens et al., 2004).

Enzim aktiviteleri üzerine yapılan bir çalışmada ise, bütün halde ve dilimlenmiş elmalar üzerine 4 kJ/m² dozunda UV ışık uygulanmıştır. Polifenol oksidaz ve pektat liyaz aktiviteleri incelendiğinde bütün haldeki elmalarda enzim aktivitelerinde bir değişim olmadığı, fakat dilimlenmiş elmaların enzim aktivitelerinde %60'ın üzerinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Manzocco and Nicoli, 2015).

Meyvelerin sertlik düzeyleri ile hücre duvarı yıkımına neden olan enzim aktiviteleri üzerinde UV-C ışığın etkilerinin araştırıldığı çalışmada, test materyali olarak domates örnekleri kullanılmış, UV-C ışığa maruz bırakılan domateslerin uygulama sonrasında poligalakturonaz, pektin metil esteraz, selüloz, ksilanaz, β -D-galaktosidaz ve proteaz enzim aktivitelerinde önemli düzeylerde azalma olduğu saptanmıştır. Bu örneklerin depolama sürecinde kontrol örneklerine göre daha sert ve taze kalmaları durumu, UV-C ışığın hücre duvarı yıkımına neden olan olgunlaşma ve yumuşamada etkili bu enzimler üzerinde göstermiş olduğu inhibitör etkiye bağlanmıştır. Yapılan çalışmada depolama sürecinde kontrol örneklerinin sertlik değerlerinde belirlenen azalma ile örneklerin enzim aktivitelerinde saptanan artışlar UV ışığın etkili olduğunu desteklemiştir (Barka et al., 2000).

Ayrıca UV-C ışık genellikle meyve ve sebzelerin antioksidan madde kapasitelerine ve vitamin içeriklerine de etki etmektedir. Dolayısıyla bu yüzey uygulamalarıyla kalitede oluşan değişiklikler önemli duruma gelmektedir. Yeşil sebzelerde UV-C ışık uygulaması (310 nm, 5 dakika) ile antioksidan düzeylerinde (α - tokoferol, β -karoten ve askorbik asit) artış elde edilmiştir (Higashio et al., 1999). Başka bir çalışmada ise, antioksidan kapasitesinin arttığı ve UV ışık ile işlenmiş brokoli çiçeklerinde yaşlanmanın ertelendiği bulunmuştur (Costa et al., 2006).

Ananas, muz ve guava meyvelerine 10, 20 ve 30 dakika boyunca UV-C ışık uygulanmıştır. Sonucunda muz ve guavanın toplam fenol ve flavonoid içeriği artmış, ananasta önemli bir değişiklik olmamıştır. Flavonoid içeriğinin ise 10 dakikalık uygulamadan sonra arttığı tespit edilmiştir. Meyvelerin C vitamini içeriklerinin ise azaldığı belirtilmiştir (Alothman et al., 2009).

Esansiyel amino asitler, esansiyel yağ asitleri ve mineraller gibi bileşenler ışılama koşullarından etkilenmemektedirler; ancak bazı vitaminler, örneğin C vitamini ve B₁ vitamini kısmen kayıplara uğramaktadır. Kayıpların haricinde süte UV ışık uygulaması ilk kez 1900'lü yılların ortalarında D vitamininde zenginleştirme amacıyla kullanılmıştır. Raşitizm ile ilgili araştırmalarda bulunan Steenbock ve Black (1924) raşitik sıçanları ultraviyole ışık uygulanmış gıdalar ile beslemişlerdir. Sıçanlarda büyüme durumu ve kalsiyum ile ilgili değerlerde artış elde etmişlerdir. Bulgular yayınladıktan kısa süre sonra, Hess ve Weinstock (1924) da benzer sonuçlar elde etmiştir. Pamuk tohumu yağı, keten tohumu yağı, buğday tohumu ve marullar ultraviyole ışık uygulamaları ile güçlü antiraşitik ajanlar olarak kullanılmışlar ve zamanla bu çalışmalar hızlanmıştır. Literatürde mantarlarda UV-C ışık uygulamaları ile D₂ vitamininin provitamini ergosterolün, D₂ vitaminine dönüştürülmesi üzerine çalışmalara rastlanmıştır.

Mantarlarda D₂ vitamini provitamini olan ergostrolün UV ışık uygulaması ile D₂ vitaminine dönüşümünün araştırıldığı çalışmada, taze kültür mantarlarına 0,2 mW/cm² şiddetinde, 0,5, 1 ve 2 saat süreyle 12°C'de UV-C ışık uygulanmıştır. UV ışık uygulanmamış mantar örneğine kıyasla 0,5, 1 ve 2 saat UV-C ışık uygulamaları sonucunda, D₂ vitamini içerikleri sırasıyla %104, %173 ve %232 oranlarında artmıştır (Mau et al., 1998). Başka bir çalışmada ise, UV ışığın D₂ vitamini dönüşümüne etkisinde kültür mantarı türünün etkili olduğunu ve türe bağlı olarak

farklı dalga boylarındaki UV ışıkların farklı düzeylerde dönüşüm sağladığı ifade edilmiştir (Teichmann et al., 2007).

UV ışığın kullanımı sadece mikrobiyal inaktivasyon için değil, aynı zamanda yeni ürünlerin geliştirilmesi için de düşünülmelidir. UV ışık uygulanan pastörize edilmiş inek sütü Avrupa Komisyonu tarafından piyasada yeni gıda olarak nitelendirilmiştir. Pastörize sütlerin UV ışık işleminden geçirilmesinin, 7-dehidrokolesterolün D₃ vitaminine dönüştürülmesiyle D₃ vitamini (kolekalsiferol) konsantrasyonlarında bir artışa neden olduğu bildirilmektedir (EU, 2016).

Kimyasal olarak etkileri dışında UV ışık gıdaların renklerinde de değişimlere sebep olabilmektedir. Bu durum genellikle gözle görülecek farklılıklar oluşturmada da ölçümlerle belirlenebildiği durumlar oluşabilmektedir. Meyve sularında UV ışık uygulamasıyla renk değişikliklerinin meydana gelmesi daha fazla karşılaşılmış bir durumdur (Ibarz et al., 2005; Falguera et al., 2011). Vurgulu UV ışık uygulamasının da peynir örneklerinde renk değerlerini değiştirdiği ifade edilmiştir (Can et al., 2014). Buna karşın, kaşar peynirine UV ışık uygulamanın yüksek dozlarında a^* ve b^* değerlerinde az miktarda artış olmasına karşın, duyusal olarak bu durum tespit edilememiştir (Şık et al., 2017). Başka bir çalışmada, *Salmonella* Typhimurium sayısını azaltmak için (%61 azalma) tavuk karkaslarına UV ışık (825,6-864,0 W/m² dozları) uygulanmış ve karkas renginin olumsuz bir şekilde etkilenmediğine dikkat çekilmiştir (Wallner-Pendleton et al., 1994). Aynı şekilde, Fiordilatte peynirlerine UV-C ışık uygulanması sonucunda örneklerin renk, tekstür ve yüzey görünüş özelliklerinde UV-C ışığın değişim yaratmadığı belirlenmiştir (Lacivita et al., 2016).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Yoğurt üretiminde çiğ süt (Tire Süt Kooperatifi, İzmir), kurumadde standardizasyonu için yağsız süt tozu (Pınar Süt Mamulleri San. A.Ş., İzmir) kullanılmıştır. Dondurularak kurutulmuş formda olan *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* içeren DVS kültür (YC-350 Thermophilic Yoghurt Culture-YoFlex, Chr Hansen, Denmark), Peyma Chr Hansen (İstanbul) tarafından sağlanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örneklerinin yüzeylerine kesikli sistemde UV-C ışık uygulamalarının yapıldığı bu çalışma, 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Ön aşama olarak küf sayımı yapılacak örneklerde küf sporlarının yoğurt yüzeylerine bulaştırılmaları için uygun ortam belirleme çalışmaları yapılmıştır. Daha sonra, 1) örneklerde UV dozun etkilerinin ortaya konulması amacıyla kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örneklerinin yüzeyine UV ışık uygulamaları ve uygun dozların belirlenmesi, 2) kaymaksız yoğurtlarda 1. aşamada belirlenen UV ışık dozları ile gerçekleştirilen depolama çalışması yapılmıştır.

UV işlemi öncesinde, örneklerde başlangıç küf sayısını yaklaşık 10^2 - 10^3 düzeyinde tutmak amacıyla küf sporları bulaştırma denemeleri yapılmış ve en uygun ortama karar verilmiştir. Küf sporları bulaştırılan örnekler UV işleminin küf inaktivasyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Diğer analizler için kullanılacak örneklere bu işlem yapılmamıştır.

Örneklere UV dozun etkilerinin ortaya konulması amacıyla kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örneklerinin yüzeyine 254 nm dalga boyundaki ışınlar 10 saniye, 30 saniye, 1 dakika, 3 dakika, 5 dakika ve 10 dakika olmak üzere 6 farklı sürede ve yoğurt yüzeylerine 4 cm uzaklıkta olacak şekilde gönderilmiştir. Her denemede farklı süre uygulanmış yoğurt kapları 2 şer tane olacak şekilde ve her bir kaptan da paralel örnek alınacak şekilde analizler yapılmıştır. UV ışık uygulanmamış örnek kontrol olarak kabul edilmiştir. Kontrol örnekleri, örneklerin ortam değiştirmeleri

ve bu esnada karşılaşılan sıcaklık değişimlerini dikkate almak için diğer örneklerle birlikte taşınmış ve aynı ortamlarda bekletilmiştir. Bu aşamada; doz, küf inaktivasyonu ve kalite değişim etkileşimleri ortaya konulmuştur. Çalışma boyunca denemeler 3 tekrür olacak şekilde yapılmıştır.

Depolama çalışması, kaymaksız yoğurtlarda yapılmıştır. Birinci aşamada elde edilen sonuçlar çerçevesinde depolamada 10 saniye, 30 saniye ve 1 dakika UV ışık uygulamaları kullanılmıştır. UV işlemi sonrasında örneklerde 21 gün (0., 7., 14. ve 21. günlerde) boyunca fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler yapılmıştır. Çalışmada küf sayımı yapılacak örnekler küf sporları bulunan ortamda 2 gün bekletme işlemine tabi tutulmuşlardır. Diğer analizler için ise bu işlem uygulanmamıştır. Depolama çalışması 3 tekrür olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Yoğurt üretimi

Yoğurt üretimi Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, çiğ süt buzdolabı sıcaklığında pilot tesise getirilmiştir. Sütün pastörizasyonu için vizkübator kullanılmıştır. Sütün pastörizasyon sıcaklığına ısıtılması sırasında, kurumadde standardizasyonu için çiğ süt yaklaşık 40°C sıcaklıktayken %3 oranında yağsız süt tozu ilave edilmiştir. Daha sonra, 90°C'de 10 dakika süre ile pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Pastörizasyon sonrası kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlara farklı işlemler uygulanmıştır.

3.2.2.1. Kaymaksız yoğurt üretimi

Pastörize edilen sütün, yoğurt oluşumunu sağlayacak mikroorganizmaların faaliyet gösterdikleri sıcaklığa soğutulması gerekmektedir. Bu amaçla, 43-45°C'ye soğutulmuş süte üretimde kullanılacak süt miktarına göre DVS kültür ilave edilmiştir ve 200 gramlık kaplara dolmuş yapıldıktan sonra kapakları kapatılıp 43-45°C'de pH 4,6 olana kadar inkübasyona bırakılmıştır. Üründeki son asitliği kontrol altında tutmak için pıhtılaşması tamamlanan yoğurt 1 gece buzdolabında (5±2°C) bekletilmiştir.

3.2.2.2. Kaymaklı yoğurt üretimi

Kaymaklı yoğurt üretiminde ise pastörize edilen süt, yaklaşık 70°C'ye soğutulup 200 gramlık kaplara dolumu yapılmıştır. Yüzeyde kaymak tabakasının oluşumu istendiği için kaplara doldurulan sütün sıcaklığının yoğurt kaplarının kapakları açık durumda bırakılarak mayalama sıcaklığı olan 43-45°C'ye kendiliğinden düşmesi beklenmiştir. Burada süt yağı ile yağsız süt fazının yoğunluklarının farklı olmasından dolayı yağ globüllerinin sütün yüzeyinde birikmesi ilkesinden yararlanılmaktadır. 43-45°C'ye soğuyan ve yüzeyinde kaymak tabakası oluşan süte, yüzeydeki kaymak tabakasına zarar vermeden DVS starter kültür hazırlanıp şırınga yardımı ile yayılmıştır. Daha sonra 43-45°C'de pH 4,6 olana kadar inkübasyona bırakılmıştır. Pıhtılaşması tamamlanan yoğurt kaplarının kapakları kapatılarak 1 gece buzdolabında (5±2°C) bekletilmiştir.

3.2.3. Mikrobiyolojik analiz yapılacak yoğurt örneklerine küf sporlarının bulaştırılması

Ön denemeler sırasında, üretilen yoğurtlarda petrilere düzenli bir sayım alınamadığı ve önemli bir bulaşma olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, üretim sonrası yoğurtlar, buzdolabı koşullarında küflü peynir örneklerinin bulunduğu ortamda ve ayrıca başka bir küf sporları bulaştırma yolu olarak ise üzerlerinden 2'şer cm yukarıda olacak şekilde araya bir tel bariyer koyularak küflü peynir parçalarının altına yerleştirilmişler ve 1 ile 3 gün boyunca bekletilmişlerdir. Ön denemeler sonrasında üzerleri küflü peynir parçalarıyla bekletmektense, küf sporları bulaştırılan ortamda bekletilerek yoğurtlara doğal bir mikrobiyal flora oluşturulmasının en stabil küf sayısını verdiği ve 2 gün bekletmenin uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu nedenle depolama çalışması da dahil olmak üzere bütün küf inaktivasyonun belirlendiği çalışmalarda bu yöntem kullanılmıştır.

3.2.4. UV-C ışık uygulaması

Yüzey inaktivasyonunu sağlamak amacıyla Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde bulunan UV-Entkeimungsschrank (Ernst Schütt Jun. Laborgeratebau, Göttingen, Germany) marka, 254 nm dalga boyunda 2,5 cm çap ve 41,3 cm uzunluğunda UV-C ışık yayan 6 adet lamba içeren (TUV 15 W/G15 T8 Philips, Roosendaal, Holland) UV sterilizatörü kullanılmıştır. Kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örnekleri (tek yüzey uygulaması olacak şekilde); 10s, 30s, 1dk, 3dk, 5dk ve 10dk sürelerde, ışık kaynağına 4 cm uzaklıkta olacak şekilde yüzey uygulamasına tabi tutulmuşlardır. UV ışık dozu, UV şiddeti ve uygulama süresinin bir fonksiyonudur. UVX dijital radyometre (UVP Inc. Upland, CA) kullanılarak UV ışık şiddeti 3,21 mW/cm² olarak ölçülmüştür. UV ışık dozu ise kJ/m² olarak verilmiştir. Çalışmada kullanılan UV dozları sırasıyla 0,321, 0,963, 1,926, 5,778, 9,630 ve 19,26 kJ/m² olarak hesaplanmıştır. Depolama çalışması için ise kaymaksız yoğurt yüzeylerine 4 cm yükseklikten 10s, 30s ve 1dk sürelerde UV-C ışık uygulanmasına karar verilmiş ve kullanılan UV ışık dozları sırasıyla 0,321, 0,963, 1,926 kJ/m² olarak belirlenmiştir.

3.2.5. Çiğ süt analizleri

Kaymaksız ve kaymaklı yoğurt üretiminde kullanılan çiğ süt örneklerinde kurumadde, yağ, kül, yoğunluk ve protein oranları ile pH ve titrasyon asitliği değerleri belirlenmiştir.

Sütte kurumadde miktarı gravimetrik yöntemle (ISO 6731, IDF 21, 2010) yağ oranı Gerber yöntemiyle (ISO 488, IDF 105, 2008), asitlik ise titrasyon yöntemiyle %laktik asit cinsinden (AOAC, 2007) belirlenmiştir. Sütün pH'sı, WTW pH 320 elektronik pH metre (WTW 82362 Weilheim, Germany) kullanılarak ölçülmüştür. Toplam azot miktarı Kjeldahl yöntemi ile belirlenip protein değeri Kjeldahl yöntemi ile bulunan azot miktarının 6,38 katsayısı ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (AOAC, 2007). Yoğunluk değeri laktodansimetre ile (AOAC, 2007), kül miktarı ise 550°C'de kül fırınında yakarak gravimetrik yöntemle (AOAC, 2007) belirlenmiştir.

3.2.6. Yoğurt örneklerinde yapılan analizler

Kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlarda kimyasal analizlerle kurumadde, yağ, kül, laktoz ve protein ile pH ve titrasyon asitliği değerleri belirlenmiştir. Ayrıca lipid oksidasyonu ve küf sayımı analizleri ile de UV-C ışığının yoğurt örnekleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

3.2.6.1. Küf sayımı

Küf sayımı için steril stomacher torbalara yoğurtların yüzeylerinden aseptik teknik ile 10 gram örnek tartılmış ve desimal dilüsyonlar hazırlanmıştır. Dökme plak yöntemiyle Potato Dextrose Agar (Merck, Darmstadt, Almanya) ekim yapıp, 25°C'de 5 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda koloni içeren petrilerin sayımı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Sonuç kob/g (koloni oluşturan birim/gram) olarak verilmiştir. Kontrol örneği temel alınarak küf sayısında azalmalar \log_{10} kob/g olarak hesaplanmıştır. Küf dışındaki diğer mikroorganizmaların gelişimlerini engelleyip küf gelişiminin baskılanmamasını sağlamak için besiyeri asitlendirilmiştir. PDA'nın asitlendirilmesi amacıyla; 10 gram tartarik asit 100 ml'lik balon jöjeye aktarılıp saf su ile tamamlanmış ve otoklavda sterilize edilmiştir. 14 ml/l PDA aseptik koşullarda besiyerine ilave edilip pH'nın 5,6'dan düşürülmesi sağlanmıştır (Bayram vd., 2015).

3.2.6.2. pH

Yoğurt örneklerinin pH değeri, WTW pH320 elektronik pH metre (WTW 82362 Weilheim, Germany) ile belirlenmiştir. 200 gramlık ambalajlarda buzdolabında beklemiş olan yoğurtlara pH metre probu batırılarak ölçümler yapılmıştır.

3.2.6.3. Titrasyon asitliği

Örneklerin titrasyon asitliği değeri (% laktik asit) fenolftalein varlığında 0,1N NaOH ile titre edilerek yapılmıştır (AOAC, 2007).

3.2.6.4. Kurumadde

Yoğurt örneklerinin kurumadde oranı gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. (AOAC, 2007). Örneklerin su oranı ise kurumadde değerinin 100'den çıkarılmasıyla hesaplanmıştır.

3.2.6.5. Yağ

Yoğurt örneklerinde yağ oranı Gerber yöntemine göre yapılmıştır (ISO 11870, IDF 152, 2009).

3.2.6.6. Protein

Yoğurt örneklerinde toplam azot oranı Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Protein oranı ise, azot miktarının 6,38 katsayısı ile çarpılması ile hesaplanmıştır (AOAC, 2007).

3.2.6.7. Kül

Yoğurt örneklerinin kül oranı, kül fırını kullanılarak gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (AOAC, 2007).

3.2.6.8. Laktoz

Yoğurt örneklerinin laktoz oranı toplam kurumadde miktarından diğer analiz edilen ana bileşenlerin (protein, yağ ve kül) miktarları çıkarılarak hesaplanmıştır.

3.2.6.9. Tiyobarbitürük asit reaktif bileşenleri (TBARS) değeri

TBARS değeri, ikincil lipid oksidasyonunu göstermektedir. Bu analiz, TBA reaktifi ile Kristensen ve Skibsted (1999) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. İlk olarak; hazırlanan %0,67 w/v tiyobarbitürük asit çözeltisi, %50 v/v sulu asetik asit çözeltisi kullanılarak 100 ml'ye tamamlanmış ve TBA çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra, yoğurt örnekleri (kaymaklı/kaymaksız) Ultra Turrax ile homojen hale getirilerek içerisinden 2 gram örnek tüpe alınmıştır.

Üzerine 6 ml TBA çözeltisi ilave edilip 1 dakika boyunca vortex ile karışmaları sağlanmıştır. Üzerine 3,5 ml kloroform ilave edilip 1 dakika boyunca vortex uygulanmıştır. Oda sıcaklığında, 4000 rpm hızda 30 dakika boyunca santrifüj işlemi uygulanıp, işlem sonrasında üst faz temiz bir cam tüpe alınmış ve kapakları kapatılıp alüminyum folyo ile sarıldıktan sonra 100°C’de 10 dakika su banyosunda bekletilmiştir. Bekleme sonrasında örnekler buzlu su ile soğutulmuş ve 450 nm’de spektrofotometre cihazı (Varian Cary 50 UV-Vis Spectrophotometer, Australia) ile ölçüm alınmıştır. Sonuç, gram örnekte 450 nm’de absorbans değeri olarak verilmiştir. Kör çözelti ise, 2 gram saf su üzerine 6 ml TBA çözeltisi ve 3,5 ml kloroform ilave edilerek hazırlanmıştır. Ayrıca, süt yağının oksidatif etkisini ayırt edebilmek için kaymaklı yoğurtlarda sadece yüzeydeki kaymak tabakası alınarak yoğurt kaymağı için de aynı metotla TBA analizi yapılmıştır.

3.2.6.10. Sertlik indeksi

Yoğurt örneklerinin sertlik indeksleri ölçümü için penetrometre (Sur Berlin Pnr 10 Penetrometer, USA) kullanılmıştır. Her örnekte 5 farklı noktadan ölçüm yapılarak, ortalama sertlik indeksi değeri bulunmuştur. Analizde yoğurt için uygun olan 65,368 gram ağırlığındaki delikli düşme çubuğu kullanılmıştır. Sertlik indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Korolczuk and Mahaut, 1988).

Sertlik İndeksi = Düşme çubuğunun ağırlığı (g)/ Batma derinliği (mm)

3.2.6.11. Renk

Yoğurt örneklerinin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) belirlenmesinde Konica Minolta Chroma meter CR-400, Japan marka renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. L^* değeri parlaklık/beyazlığı, a^* değeri kırmızı/yeşilliği, b^* değeri ise sarılık/maviliği ifade etmektedir. Tez kapsamında UV ışık uygulaması yoğurt yüzeylerine yapıldığı için renk ölçümlerinde yoğurtların (kaymaklı/kaymaksız) yüzeyi dikkate alınmıştır. Analizler sonucunda elde edilen renk değerlerinden, renk değişimi (ΔE , referans olarak kontrol örnek), kroma ve esmerleşme indeksi (BI) değerleri hesaplanmıştır (Askari vd., 2008).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

$$Kroma = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17}$$

$$x = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645L + a - 3.012b)}$$

3.2.6.12. Duyusal değerlendirme

Marketten alınan farklı kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örnekleri ve ayrıca ön denemeler sırasında UV-C ışık uygulamasına tabi tutulan örnekler ve kontrol örnekleri dikkate alınarak duyusal değerlendirme için gerekli kalite kriterleri belirlenmiş ve panelistlere eğitim verilmiştir. Kalite kriterlerinin belirlenmesi ve eğitimin verilmesi aşamalarında, katılımcılara yoğurtlarda karşılaşılabilecekleri her durum ile ilgili örnekli olarak açıklamalar yapılmış ve örneğin yanık lezzeti tanıyabilmeleri için yoğurtların yakılması gibi çalışmalar ile kalite kriterini tanımları sağlanmıştır. Belirlenen kriterler doğrultusunda duyusal değerlendirmede 7 puan üzerinden Unipolar skala kullanılmıştır. Örneklerin duyusal analizi eğitilmiş 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında yoğurt örnekleri buzdolabından çıkarıldıktan sonra, su ile panelistlere sunulmuş ve panelistlerden renk, görünüş, su salma, kıvam, yanık lezzet, yabancı koku, yabancı tat ve toplam izlenim açısından değerlendirmeleri istenmiştir (EK1; EK2).

3.2.6.13. İstatistiksel değerlendirme

UV ışığının etkilerinin önemliliği, varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Örnekler arasındaki farklılık ise Duncan testi ile $p < 0,05$ düzeyinde belirlenmiştir. Bu amaçla IBM SPSS Statistics 20, NY, USA paket programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Çiğ Sütün Bileşimi

Yoğurt üretiminde kullanılan çiğ sütün bileşimi, üretimde kullanılan sütün standardize edilmesinde ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Araştırmada kullanılan sütlerin bileşimi belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Yoğurtların üretiminde kullanılan çiğ sütün özellikleri

Özellik	Ortalama Değer
Kurumadde (%)	12,38±0,03
Yağ (%)	3,60±0,00
Protein (%)	3,08±0,01
Kül (%)	0,69±0,00
Titrasyon asitliği (%laktik asit)	0,15±0,01
Yoğunluk (g/ml)	1,0305±0,01
pH	6,66±0,01

Elde edilen sonuçlar, kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlar için kullanılan çiğ sütlerin ortalama değerleridir. Hali hazırda işletme tarafından standardize edilmiş çiğ süt kullanıldığından, farklı zamanlarda üretimler gerçekleştirilmesine karşın, analizlerin standart sapmaları oldukça düşük bulunmuştur.

Üretimde kullanılan çiğ inek sütünün ortalama kurumadde değeri %12,38, yağ oranı %3,6, yağsız kurumadde oranı %8,78, kül oranı %0,69, protein oranı %3,08 ve yoğunluğu ise 1,0305 g/ml olarak bulunmuştur. Yine sütlerin pH değeri ortalama 6,66 olarak belirlenmiş iken, titrasyon asitliği değeri laktik asit cinsinden %0,15 olarak tespit edilmiştir.

Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği’nde Değişiklik Yapılması Hakkındaki Tebliğ’e (2009) göre; çiğ inek sütünün protein oranının en az %2,8, yağ oranının %3,5, yoğunluğunun en az 1,028 g/ml ve %laktik asit değerinin %0,135-0,2 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2009). Üretimde kullanılan çiğ

süt örneklerinin ilgili tebliğe uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kullanılan çiğ sütler bilinen bir markadan temin edilen doğrudan satışa hazır olarak paketlenmiş sütlerdir, bu nedenle Çiğ Sütün Değerlendirilmesine Yönelik Destekleme Uygulama Esasları Tebliği'ne (2016) de uygunluk göstermiştir (Anonim, 2016).



4.2. UV-C Işık Uygulamasının Kaymaksız Yoğurdun Özellikleri Üzerine Etkileri

4.2.1. Kaymaksız yoğurdun kimyasal bileşimi üzerine etkisi

Kaymaksız yoğurt örneklerine ait kurumadde, protein, yağ, kül ve laktoz miktarları ile titrasyon asitliği ve pH değerleri Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin bileşimi

Örnek	Kurumadde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Laktoz (%)
Kontrol	14,71±0,04 ^a	3,90±0,02 ^a	3,60±0,00 ^a	0,85±0,01 ^{ab}	6,37±0,01 ^a
0,321 kJ/m ²	14,74±0,09 ^a	3,90±0,01 ^a	3,60±0,00 ^a	0,89±0,03 ^{ab}	6,36±0,07 ^a
0,963 kJ/m ²	14,80±0,15 ^a	3,90±0,02 ^a	3,60±0,00 ^a	0,88±0,01 ^{ab}	6,42±0,12 ^a
1,926 kJ/m ²	14,78±0,08 ^a	3,90±0,02 ^a	3,58±0,03 ^a	0,89±0,01 ^b	6,40±0,09 ^a
5,778 kJ/m ²	14,77±0,07 ^a	3,91±0,01 ^a	3,60±0,00 ^a	0,83±0,07 ^a	6,43±0,13 ^a
9,630 kJ/m ²	14,74±0,05 ^a	3,91±0,03 ^a	3,58±0,03 ^a	0,89±0,02 ^b	6,36±0,10 ^a
19,26 kJ/m ²	14,76±0,05 ^a	3,90±0,01 ^a	3,60±0,00 ^a	0,89±0,03 ^b	6,37±0,09 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.2 incelendiğinde kaymaksız yoğurt örneklerinin kurumadde değerleri %14,71-14,80, protein oranlarının %3,90-3,91, yağ oranlarının %3,58-3,60 arasında, kül değerlerinin yaklaşık %0,83-0,89, hesaplanan laktoz değerlerinin ise %6,36-6,43 aralığında olduğu saptanmış ve örnekler arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Farklı dozlarda UV ışık uygulamasının, kaymaksız yoğurt örneklerinde herhangi bir değişime sebep olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri

Örnek	Titrasyon asitliği (% laktik asit)	pH
Kontrol	1,08±0,04 ^a	4,16±0,05 ^a
0,321 kJ/m ²	1,08±0,04 ^a	4,16±0,04 ^a
0,963 kJ/m ²	1,08±0,05 ^a	4,16±0,05 ^a
1,926 kJ/m ²	1,07±0,04 ^a	4,17±0,06 ^a
5,778 kJ/m ²	1,08±0,04 ^a	4,17±0,06 ^a
9,630 kJ/m ²	1,08±0,05 ^a	4,16±0,05 ^a
19,26 kJ/m ²	1,08±0,04 ^a	4,16±0,05 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

UV-C ışık uygulamasının Çizelge 4.3'te görüleceği üzere örneklerin pH ve titrasyon asitliği değerlerinde de istatistiksel farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir (p>0,05).

4.2.2. Kaymaksız yoğurdun sertlik indeksi üzerine etkisi

UV-C ışığın kaymaksız yoğurt örneklerinin yüzey yapısı üzerine etkisinin varolup olmadığının tespiti açısından sertlik analizi önemlidir. Sertlik ölçümlerinde penetrometre cihazı kullanılmıştır. Bu ölçümde prensip, belli bir ağırlığın belirli bir süre içinde serbest düşme ile örneğe batma derinliğinin ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. Kaymaksız yoğurt örneklerinin sertlik indeksi değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerine ait sertlik indeksi değerleri

Örnek	Sertlik İndeksi (g/mm)
Kontrol	0,320±0,001 ^a
0,321 kJ/m ²	0,319±0,001 ^{ab}
0,963 kJ/m ²	0,316±0,002 ^{bcd}
1,926 kJ/m ²	0,316±0,003 ^{bcd}
5,778 kJ/m ²	0,318±0,002 ^{abc}
9,630 kJ/m ²	0,315±0,002 ^d
19,26 kJ/m ²	0,315±0,001 ^{cd}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Değerler incelendiğinde, UV-C ışık uygulamasında doz artmasının sertlik indeksi değerlerinde anlamlı bir sonuç oluşturmadığı kanısına varılmıştır.

4.2.3. Kaymaksız yoğurdun renk değerleri üzerine etkisi

Farklı sürelerde UV-C ışığa maruz bırakılan kaymaksız yoğurt örneklerindeki renk değişimlerinin belirlenmesi amacıyla Konika Minolta Chroma Meter CR-400 marka renk ölçüm cihazı kullanılarak yüzeyin 5 farklı noktasından ölçümler alınmıştır. Kaymaksız yoğurt örneklerinin L^* , a^* , b^* , kroma, ΔE ve BI değerleri Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Örneklerin renk özelliklerinin ve bu özelliklerdeki değişimin daha net tespit edilebilmesi için kroma değerlerine (renk doygunluğu) bakılmıştır. Kontrol örnekleri referans olarak kabul edilerek örneklerin ΔE değerleri (toplam renk farkı değeri) hesaplanmıştır. Ayrıca esmerleşme indeksi (BI) de UV-C ışığın renk değerlerine etkisine dair fikir verebilmesi için hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri

Örnek	L^*	a^*	b^*
Kontrol	90,84±0,08 ^a	-3,02±0,02 ^a	12,96±0,24 ^a
0,321 kJ/m ²	90,61±0,22 ^{ab}	-2,96±0,04 ^{ab}	12,81±0,23 ^{ab}
0,963 kJ/m ²	90,67±0,13 ^{ab}	-2,93±0,02 ^{ab}	12,80±0,25 ^{ab}
1,926 kJ/m ²	90,51±0,22 ^b	-2,93±0,04 ^{ab}	12,49±0,45 ^{ab}
5,778 kJ/m ²	90,51±0,06 ^b	-2,88±0,03 ^{ab}	12,50±0,31 ^{ab}
9,630 kJ/m ²	90,60±0,05 ^{ab}	-2,81±0,05 ^{bc}	12,28±0,33 ^b
19,26 kJ/m ²	90,48±0,18 ^b	-2,67±0,20 ^c	12,30±0,21 ^b

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.5 incelendiğinde kaymaksız yoğurtlarda UV-C ışık uygulama dozu arttıkça, L^* değerlerinde azalma olduğu, a^* değerlerinin arttığı ve b^* değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu farklılıkların anlamlandırılmaları için kroma, ΔE ve BI değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerinin kroma, ΔE ve BI değerleri

Örnek	Kroma	ΔE	BI
Kontrol	13,31±0,24 ^a	-	12,52±0,29 ^a
0,321 kJ/m ²	13,14±0,23 ^{ab}	0,35±0,21 ^a	12,42±0,24 ^a
0,963 kJ/m ²	13,13±0,24 ^{ab}	0,34±0,06 ^a	12,43±0,35 ^a
1,926 kJ/m ²	12,83±0,44 ^{ab}	0,63±0,43 ^a	12,06±0,55 ^a
5,778 kJ/m ²	12,82±0,30 ^{ab}	0,63±0,20 ^a	12,11±0,37 ^a
9,630 kJ/m ²	12,59±0,33 ^b	0,77±0,31 ^a	11,89±0,36 ^a
19,26 kJ/m ²	12,58±0,25 ^b	0,85±0,30 ^a	12,05±0,11 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p < 0,05$).

Kroma değerleri, renk doygunluğunu belirtmektedir ve değişkeni yatay eksendedir. Merkezde mat olan renkler, sağa doğru gidildikçe daha canlı olmaktadır. Örneklere uygulanan UV-C ışık dozu arttıkça kroma değerinin azaldığı ve merkeze yaklaştığı görülmüştür. Bu durum da matlığın arttığını göstermiştir. Her ne kadar ΔE değerinde UV ışık dozunda artış ile birlikte artış görüle de, örneklerin hesaplanan toplam renk farkı değerleri ve esmerleşme indeksi (BI) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

4.2.4. Kaymaksız yoğurdun lipid oksidasyonu üzerine etkisi

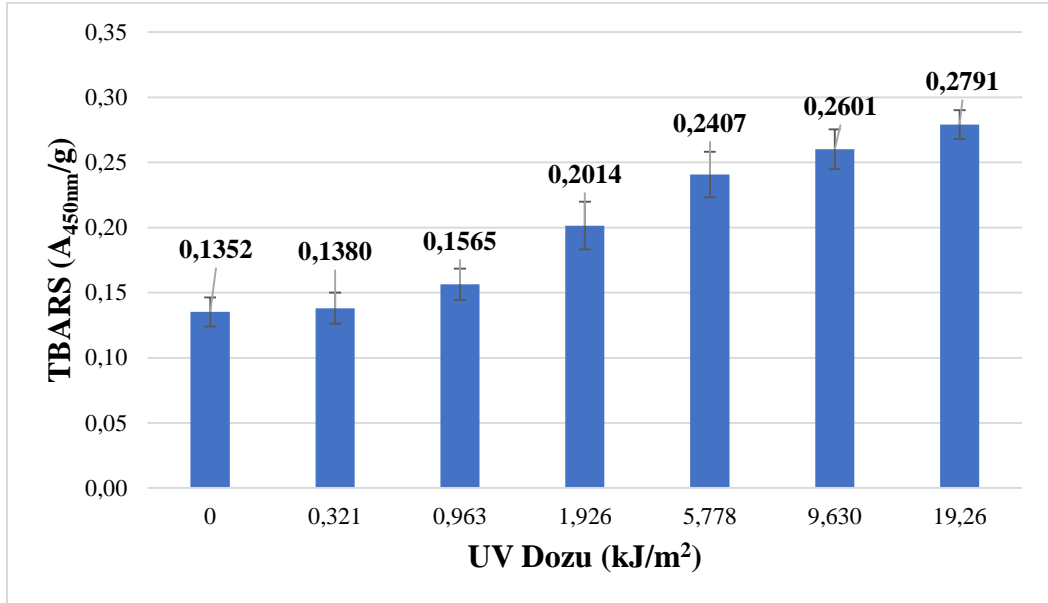
TBA analizi, ikincil oksidasyon ürünlerini ortaya koymaktadır. Spektrofotometrede sarı renk pigmentler için 450 nm, pembe renk pigmentler için 532 nm kullanılmaktadır. Yoğurt örneklerinde yapılan ön çalışmalarda 450 nm dalga boyu TBARS değeri için daha uygun bulunmuştur. Kaymaksız yoğurt örneklerinde 450 nm'de elde edilen absorbans değerleri (TBARS değerleri) ortalamaları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerine ait TBARS değerleri

Örnek	TBARS (A_{450nm}/g)
Kontrol	0,1352±0,0111 ^a
0,321 kJ/m ²	0,1380±0,0119 ^a
0,963 kJ/m ²	0,1565±0,0120 ^a
1,926 kJ/m ²	0,2014±0,0183 ^b
5,778 kJ/m ²	0,2407±0,0175 ^c
9,630 kJ/m ²	0,2601±0,0152 ^{cd}
19,26 kJ/m ²	0,2791±0,0110 ^d

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.7 incelendiğinde, kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin 0,1352-0,2791 absorbands/g arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulanan UV-C ışık dozları arasında düşük dozlar (0,321 kJ/m² ve 0,963 kJ/m²) tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarını fazla etkilemezken, 1,926 kJ/m² ara geçiş dozu olarak rol oynamış, yüksek dozlar ise bu miktarı önemli seviyede arttırmıştır. Dolayısıyla, UV-C ışık uygulamasının TBARS değerleri üzerinde etkili olduğu ve ışık uygulama dozu arttıkça kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, Şekil 4.1’de daha net görülmektedir.



Şekil 4.1 Kaymaksız yoğurtlarda UV dozu ile değişen lipid oksidasyonu değişimi

Literatürde yoğurda UV ışık uygulamanın lipid oksidasyonu üzerine etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, peynirler ile yapılan çalışmalar incelendiğinde bulunan sonuçlara benzer şekilde TBARS değerlerinde artışlar tespit edildiği görülmüştür. Can vd. (2014) tarafından beyaz Amerikan peynirine vurgulu ışık uygulaması yapılan çalışmada ve Şık vd. (2017) tarafından kaşar peynirine UV-C ışık uygulamasının yapıldığı çalışmada peynir örneklerinin oksidasyon değerlerinde artış olduğu ifade edilmiştir.

Başka bir çalışmada ise çiğ sütte ultraviyole ışık uygulamasının ($0,016 \text{ J/cm}^2$) oksidasyon ürünleri açısından sonuçları değerlendirilmiştir. TBARS miktarına bakılarak oksidasyonun düzeyi belirlenmiş ve UV ışık dozunun artırılmasıyla TBARS miktarının arttığı sonucuna varılmıştır (Matak vd., 2007).

4.2.5. Kaymaksız yoğurdun küf sayısı üzerine etkisi

Farklı sürelerde UV-C ışığa tabii tutulan kaymaksız yoğurt örneklerinin küf sayıları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

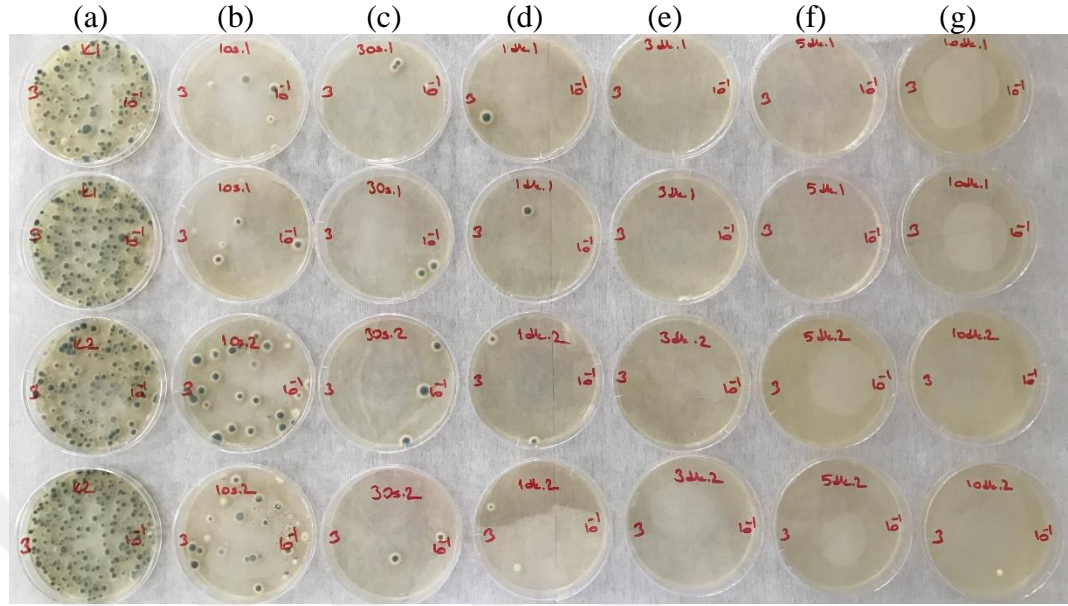
Çizelge 4.8 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurt örneklerine ait küf sayıları ve azalma miktarları

Örnek	Küf sayısı (kob/g)	Küf sayısı (log ₁₀ kob/g)	Azalma
Kontrol	$1,56 \times 10^{3a}$	$3,18 \pm 0,11^a$	-
0,321 kJ/m ²	$1,68 \times 10^{2b}$	$2,11 \pm 0,42^b$	1,07
0,963 kJ/m ²	$1,83 \times 10^b$	$1,23 \pm 0,21^c$	1,95
1,926 kJ/m ²	1×10^b	1^d	2,18
5,778 kJ/m ²	$<10^b$	$<1^d$	$>2,18$
9,630 kJ/m ²	$<10^b$	$<1^d$	$>2,18$
19,26 kJ/m ²	$<10^b$	$<1^d$	$>2,18$

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p < 0,05$).

Sonuçlara göre, UV-C ışık uygulama süresi arttıkça küf sayılarında azalmaların olduğu saptanmıştır. Kontrol grubuna göre 0,321, 0,963 ve 1,926 kJ/m² doz UV ışık uygulamaları sırasıyla 1,07, 1,95 ve 2,18 log azalmalar sağlamıştır. 1,926 kJ/m² doz uygulaması geçiş rolü üstlenmiş ve bazı tekrarlarında hiç üreme görülmezken, bazılarında 1 ya da 2 koloni üreme görülmüştür. Daha yüksek doz uygulamalarında (5,778 kJ/m², 9,630 kJ/m², 19,26 kJ/m²) ise petri kaplarında küf üremesi görülmemiş ve küf sayısı belirleme seviyesinin altında kalmıştır. Yüksek

dozda UV-C ışık uygulamasının kesin sonuç verdiği, başlangıç küf yükünü belirleme seviyesinin altına indirdiği saptanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kaymaksız yoğurtlarda UV-C ışık uygulama dozlarının artmasına bağlı küf sayısı değişimi

(a) kontrol, (b) 0,321 kJ/m², (c) 0,963 kJ/m², (d) 1,926 kJ/m², (e) 5,778 kJ/m², (f) 9,630 kJ/m², (g) 19,26 kJ/m²

Yoğurta UV uygulamanın küf inaktivasyonu üzerine etkisini ortaya koyan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna karşın, peynir yüzeyi üzerine UV ışık uygulamasının küf inaktivasyonu üzerine etkisini ortaya koyan sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Can vd. (2014) tarafından ambalajlanmış ve ambalajlanmamış sert peynirlere inoküle edilen *Penicillium roqueforti* ve *Listeria monocytogenes* mikroorganizmalarının inaktivasyonu için vurgulu UV ışığının etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, *P. roqueforti* için, 5 cm'de 40 saniyeden sonra ambalajlanmamış peynirde 1,32 log azalma ve ambalajlanmış peynirde 1,24 log azalma tespit edilmiştir. Aynı koşullar altında, *L. monocytogenes* sayısında azalma ise, paketlenmiş ve paketlenmemiş peynirlerde yaklaşık 2,9 ve 2,8 log olarak bulunmuştur. Genel olarak, bu sonuçlar UV ışığının sert peynirlerin yüzeyinde *P. roqueforti* ve *L. monocytogenes*'i inaktive edebileceğini göstermiştir. Ayrıca Şık vd. (2017) tarafından kaşar peyniri yüzeyinde yapılan çalışmada da çeşitli UV-C ışık dozları ile yüzey uygulamaları yapılmış ve küf sayılarında 2-3 log azalma tespit edildiği bildirilmiştir.

4.2.6. Kaymaksız yoğurdun duyuşal değerlendirme bulguları üzerine etkisi

Kaymaksız yoğurt örnekleri eğitilmiş panelist grubu tarafından renk, görünüş, su salma, kıvam, yanık lezzet, yabancı koku, yabancı tat ve tüm izlenim açısından Unipolar skala ile 1-7 arasında puanlama yapılarak değerlendirilmiştir. Kaymaksız yoğurt örneklerine ait duyuşal değerlendirme bulguları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kaymaksız yoğurt örneklerine ait duyuşal değerlendirme bulguları

	Kontrol	0,321 kJ/m ²	0,963 kJ/m ²	1,926 kJ/m ²	5,778 kJ/m ²	9,630 kJ/m ²	19,26 kJ/m ²
Renk	1,97 ^{ab} ±0,12	1,87 ^a ±0,15	2,03 ^b ±0,06	1,93 ^{ab} ±0,06	2,00 ^{ab} ±0,00	1,93 ^{ab} ±0,06	1,93 ^{ab} ±0,06
Görünüş	1,07 ^a ±0,12	1,07 ^a ±0,12	1,10 ^a ±0,17	1,03 ^a ±0,06	1,13 ^a ±0,15	1,13 ^a ±0,15	1,17 ^a ±0,12
Su salma	1,37 ^a ±0,25	1,77 ^{ab} ±0,29	2,03 ^{ab} ±0,50	1,40 ^{ab} ±0,26	1,53 ^{ab} ±0,29	2,10 ^b ±0,53	2,07 ^{ab} ±0,31
Kıvam	1,90 ^a ±0,50	1,87 ^a ±0,35	2,10 ^a ±0,20	2,03 ^a ±0,45	2,03 ^a ±0,15	2,00 ^a ±0,35	2,03 ^a ±0,29
Yanık lezzet	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,10 ^a ±0,17	1,40 ^a ±0,30	1,40 ^a ±0,52	1,27 ^a ±0,31
Yabancı koku	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,27 ^a ±0,25	2,10 ^b ±0,36	3,00 ^c ±0,44	4,87 ^d ±0,21	6,27 ^e ±0,32
Yabancı tat	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,27 ^a ±0,06	2,07 ^b ±0,21	3,70 ^c ±0,44	5,13 ^d ±0,40	6,33 ^e ±0,31
Tüm izlenim	6,63 ^a ±0,64	6,22 ^a ±0,56	5,50 ^{ab} ±0,40	4,63 ^b ±0,46	3,31 ^c ±0,10	2,18 ^{cd} ±0,27	1,45 ^d ±0,31

^{a-b} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Uygulanan her UV-C ışık dozu için kaymaksız yoğurt örneklerinde renk, görünüş, su salma, kıvam ve yanık lezzet puanları istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p>0,05).

Yabancı koku ve tat puanlarına bakıldığında, panelistler 10 saniye (0,321 kJ/m²) UV ışık uygulanan yoğurt örneklerinde herhangi bir yabancı lezzet algılamamışlardır. 30 saniye (0,963 kJ/m²) UV ışık uygulamasında ise sadece 2 panelist bazı tekrarlarda ifade edemeyecekleri çok hafif bir yabancı lezzetten

bahsetmişlerdir. 1 dakikalık (1,926 kJ/m²) UV-C ışık uygulanmış örneklerde ise bazı panelistler yabancı koku ve tadı hissetmezken bazıları hissetmiştir. Daha yüksek dozlarda ise olarak UV-C ışık dozu arttıkça yabancı lezzet algısının da giderek arttığı belirlenmiştir.

Örneklerin toplam izlenim puanları ise 1,53 ile 6,63 arasında değişmiştir. Örnekler UV ışık dozu artarak kontrolden farklılaştıkça benzerlik azalmıştır. Sonuçlara bakıldığında toplam izlenim puanlarının lezzet puanları ile paralel olduğu görülmüştür.

Lipid oksidasyon değerleri, belirlenen küf sayıları ve duyuşal değerlendirme bulgularının kaymaksız yoğurtlarda kalite ile ilgili yorum yapılabilmesinde önemli olduğu görülmüştür. UV-C ışık uygulaması ile yüzey küflenme probleminin önemli ölçüde azaltılabildiği ancak, yüksek UV-C ışık uygulamalarının lipid oksidasyonuna ve duyuşal olarak yabancı lezzete neden olduğu ortaya konulmuştur.

4.3. UV-C Işık Uygulamasının Kaymaklı Yoğurdun Özellikleri Üzerine Etkileri

4.3.1. Kaymaklı yoğurdun kimyasal bileşimi üzerine etkisi

Kaymaklı yoğurt örneklerine ait kurumadde, protein, yağ, kül, laktoz miktarları, titrasyon asitliği ve pH değerleri Çizelge 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.10 Kaymaklı yoğurt örneklerinin kimyasal bileşimi

Örnek	Kurumadde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Laktoz (%)
Kontrol	15,28±0,11 ^{ab}	3,92±0,01 ^{ab}	3,60±0,00 ^a	0,91±0,00 ^{ab}	6,85±0,11 ^a
0,321 kJ/m ²	15,28±0,08 ^{ab}	3,91±0,02 ^a	3,60±0,00 ^a	0,92±0,01 ^{abc}	6,84±0,11 ^a
0,963 kJ/m ²	15,35±0,05 ^b	3,92±0,01 ^{ab}	3,60±0,00 ^a	0,93±0,02 ^{bc}	6,90±0,03 ^a
1,926 kJ/m ²	15,26±0,06 ^{ab}	3,92±0,02 ^{ab}	3,60±0,00 ^a	0,95±0,02 ^c	6,79±0,06 ^a
5,778 kJ/m ²	15,21±0,05 ^a	3,93±0,01 ^{ab}	3,60±0,00 ^a	0,93±0,01 ^{bc}	6,75±0,06 ^a
9,630 kJ/m ²	15,29±0,06 ^{ab}	3,94±0,00 ^b	3,58±0,01 ^a	0,92±0,02 ^{abc}	6,85±0,07 ^a
19,26 kJ/m ²	15,31±0,05 ^{ab}	3,93±0,00 ^b	3,60±0,00 ^a	0,90±0,02 ^a	6,88±0,06 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.10 incelendiğinde, kaymaklı yoğurt örneklerinde saptanan kurumadde değerlerinin %15,21-15,35, protein oranlarının %3,91-3,94, yağ oranlarının %3,58-3,60, kül değerlerinin %0,90-0,95, laktoz oranlarının ise %6,75-6,90 arasında değiştiği saptanmıştır. İstatistiksel olarak var olan farklılıklar teknolojik olarak anlamlı bulunmamıştır. UV ışık uygulama işleminin kaymaksız yoğurtta olduğu gibi kaymaklı yoğurdun bileşiminde de önemli bir değişime sebep olmadığını söylemek mümkündür.

Çizelge 4.11 Kaymaklı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri

Örnek	Titrasyon asitliği	Ph
Kontrol	1,13±0,05 ^a	4,22±0,08 ^a
0,321 kJ/m ²	1,13±0,05 ^a	4,22±0,09 ^a
0,963 kJ/m ²	1,13±0,05 ^a	4,22±0,08 ^a
1,926 kJ/m ²	1,14±0,06 ^a	4,22±0,08 ^a
5,778 kJ/m ²	1,14±0,06 ^a	4,22±0,09 ^a
9,630 kJ/m ²	1,14±0,05 ^a	4,22±0,08 ^a
19,26 kJ/m ²	1,13±0,05 ^a	4,23±0,09 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Ayrıca, UV-C ışık uygulamasının örneklerin titrasyon asitliği ve pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.11).

4.3.2. Kaymaklı yoğurdun sertlik indeksi üzerine etkisi

Kaymaklı yoğurt örneklerinin sertlik indeksi değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Kaymaklı yoğurt örneklerine ait sertlik indeksi değerleri

Örnek	Sertlik indeksi (g/mm)
Kontrol	0,393±0,000 ^{ab}
0,321 kJ/m ²	0,398±0,007 ^{ab}
0,963 kJ/m ²	0,409±0,009 ^c
1,926 kJ/m ²	0,403±0,003 ^{bc}
5,778 kJ/m ²	0,394±0,002 ^{ab}
9,630 kJ/m ²	0,391±0,003 ^a
19,26 kJ/m ²	0,391±0,005 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.12’deki değerler incelendiğinde en yüksek sertlik indeksi değerlerinin 0,409 g/mm ile 0,963 kJ/m² doz UV-C ışık uygulanmış örnekte olduğu tespit edilmiştir. Örnekler arası sonuçlar kıyaslandığında UV-C ışık uygulamasının sertlik değerleri üzerinde etki istatistiksel olarak anlamlı görünmektedir, belli bir değere kadar sertlik artmış, daha sonra azalmıştır. Ancak, bu fark teknolojik olarak anlamlı bulunmamıştır.

4.3.3. Kaymaklı yoğurdun renk değerleri üzerine etkisi

Kaymaklı yoğurt örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Kaymaklı yoğurt örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri

Örnek	L^* değeri	a^* değeri	b^* değeri
Kontrol	92,15±0,57 ^a	-4,61±0,08 ^a	22,73±0,34 ^a
0,321 kJ/m ²	91,95±0,25 ^a	-4,50±0,04 ^a	23,55±0,52 ^b
0,963 kJ/m ²	92,20±0,21 ^a	-4,34±0,11 ^b	23,93±0,31 ^b
1,926 kJ/m ²	92,29±0,09 ^a	-4,29±0,10 ^b	24,59±0,26 ^c
5,778 kJ/m ²	92,00±0,29 ^a	-4,25±0,05 ^{bc}	23,68±0,19 ^b
9,630 kJ/m ²	91,95±0,35 ^a	-4,12±0,06 ^c	23,53±0,44 ^b
19,26 kJ/m ²	91,38±0,93 ^a	-3,94±0,15 ^d	23,66±0,25 ^b

^{a-b} Aynı sütündeki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.13 incelendiğinde, kaymaklı yoğurtlarda L^* değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$), a^* ve b^* değerlerinin ise UV ışık uygulama dozu arttıkça artış gösterdiği ve istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.14 Kaymaklı yoğurt örneklerinin kroma, ΔE ve BI değerleri

Örnek	Kroma	ΔE	BI
Kontrol	23,20±0,33 ^a	-	23,75±0,43 ^a
0,321 kJ/m ²	23,98±0,52 ^b	0,92±0,37 ^a	25,04±0,62 ^b
0,963 kJ/m ²	24,32±0,31 ^b	1,24±0,27 ^{ab}	25,63±0,46 ^b
1,926 kJ/m ²	24,96±0,25 ^c	1,89±0,27 ^c	26,58±0,40 ^c
5,778 kJ/m ²	24,06±0,20 ^b	1,06±0,17 ^{ab}	25,43±0,24 ^b
9,630 kJ/m ²	23,88±0,44 ^b	1,03±0,32 ^{ab}	25,34±0,59 ^b
19,26 kJ/m ²	23,98±0,25 ^b	1,56±0,36 ^{bc}	25,87±0,46 ^{bc}

^{a-b} Aynı sütündeki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p<0,05$).

UV ışık uygulamasının toplam renk değişimine etkisi incelendiğinde, kroma değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim elde edilirken ($p<0,05$); ΔE ve esmerleşme indeksi (BI) değerlerinde de kontrole kıyasla artan sonuçlar tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). Ancak, bu değişim görsel olarak tespit edilememiştir. Nitekim, ΔE değerinin 3'ten yüksek bulunduğu ölçümlerde renk farklılıklarının göz

ile görülebildiği fakat değerinin 1'den az bulunduğu ölçümlerde farklılıkların görülemediği önceki çalışmalardan elde edilmiş bir sonuçtur (Sanz et al., 2009).

4.3.4. Kaymaklı yoğurdun lipid oksidasyonu üzerine etkisi

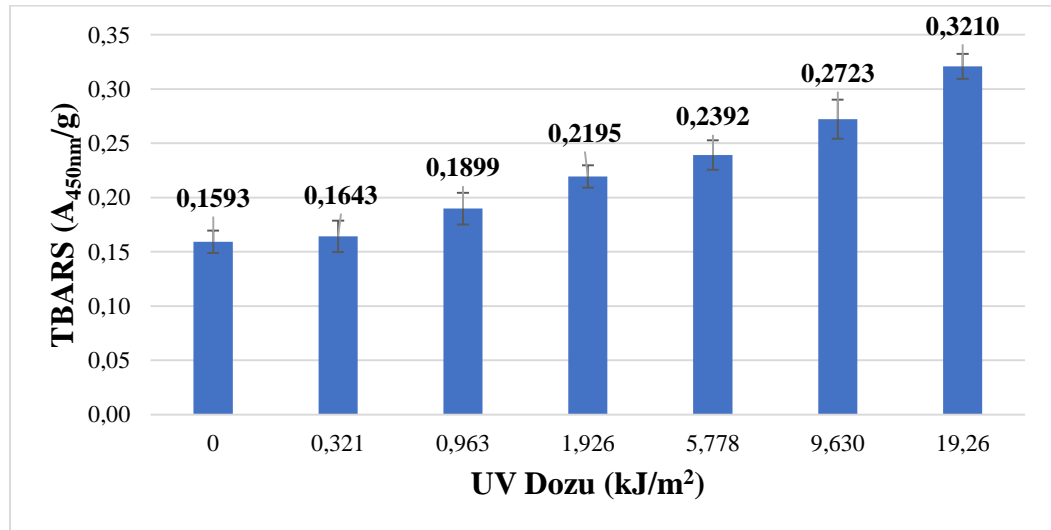
Kaymaklı yoğurt örneklerinde 450 nm'de elde edilen absorbans değerleri (TBARS değerleri) ortalamaları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 Kaymaklı yoğurt örneklerine ait TBARS değerleri

Örnek	TBARS-Kaymağı Karışımı (A_{450nm}/g)
Kontrol	0,1593±0,0103 ^a
0,321 kJ/m ²	0,1643±0,0145 ^a
0,963 kJ/m ²	0,1899±0,0146 ^b
1,926 kJ/m ²	0,2195±0,0105 ^c
5,778 kJ/m ²	0,2392±0,0135 ^c
9,630 kJ/m ²	0,2723±0,0181 ^d
19,26 kJ/m ²	0,3210±0,0115 ^e

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.15 incelendiğinde, kaymaklı yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin 0,1593-0,3210 absorbans/g arasında değişim gösterdiği gözlenmiştir. En düşük TBARS değerinin ise UV-C ışık uygulanmayan örnek gruplarında olduğu saptanmıştır. 0,321 kJ/m² UV doz uygulaması ise kontrol grubu ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır (p>0,05). UV-C ışık uygulamasının TBARS değerleri üzerinde etkili olduğu ve ışık uygulama dozu arttıkça kaymaklı yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin yani lipid oksidasyonunun arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kaymaklı yoğurtlarda UV dozu ile değişen lipid oksidasyonu değişimi

Yoğurt örneklerine UV-C ışık uygulaması sadece yüzeye uygulanmıştır. Kaymaklı yoğurdun yüzey bileşimi tamamen iç kısımdan farklı ve yağ oranı oldukça yüksektir. Bu nedenle UV-C ışık, kaymaksız yoğurda göre daha fazla yağ molekülleri ile karşılaşmıştır. Her ne kadar UV-C ışığa maruz bırakılan yüzeydeki kaymak tabakası yoğurdun tümü ile homojen hale getirilerek analiz gerçekleştirilse de kaymaklı yoğurtta elde edilen TBARS değerleri kaymaksız yoğurtlarda bulunan değerlerden daha yüksek olmuştur. Bunun nedeni, UV ışığa maruz kalan yağın kaymaksız yoğurda göre daha fazla olmasıdır.

Kaymaklı yoğurttaki bu farklılığın esas kaynağının yağ moleküllerinin hassasiyeti olup olmadığını daha iyi anlayabilmek için kaymaklı yoğurtların yüzeyindeki sadece kaymak tabakaları toplanmış ve TBARS analizi yapılmıştır.

Çizelge 4.16 UV uygulanmış kaymaklı yoğurtların sadece kaymak tabakalarına ait TBARS değerleri

Örnek	TBARS-Sadece Kaymak Tabakası (A_{450nm} /g)
Kontrol	0,2290±0,0112 ^a
0,321 kJ/m ²	0,2369±0,0003 ^a
0,963 kJ/m ²	0,2572±0,0002 ^b
1,926 kJ/m ²	0,2979±0,0008 ^c
5,778 kJ/m ²	0,3180±0,0013 ^d
9,630 kJ/m ²	0,3526±0,0016 ^e
19,26 kJ/m ²	0,4152±0,0036 ^f

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.16’da görüldüğü üzere, hali hazırda kontrol örneğinde bile TBARS değerleri daha yüksek bulunmuştur. 0,321 kJ/m² UV doz uygulamasına ait TBARS değerleri ile kontrol grubunun değerleri arasında istatistiksel fark saptanmamıştır ($p>0,05$). UV uygulama dozu arttıkça TBARS değerleri artmış ve istatistiksel olarak önemli hale gelmiştir ($p<0,05$). Bu analiz ile UV-C ışık uygulaması yağ oksidasyonunun ilişkisi ortaya konulmuştur.

4.3.5. Kaymaklı yoğurdun küf sayısı üzerine etkisi

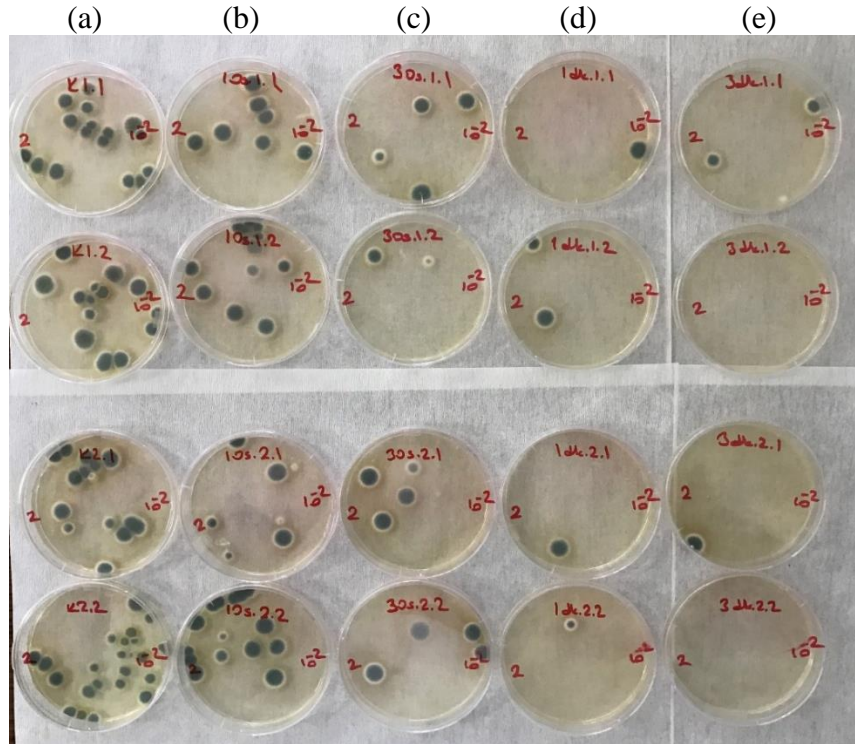
Farklı dozlarda UV-C ışığa tabii tutulan kaymaklı yoğurt örneklerinin küf sayıları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 UV ışık uygulanmış kaymaklı yoğurt örneklerine ait küf sayıları ve azalma miktarları

Örnek	Küf sayısı (kob/g)	Küf sayısı (log ₁₀ kob/g)	Azalma
Kontrol	2,01x10 ^{2a}	2,30±0,02 ^a	-
0,321 kJ/m ²	1,05x10 ^{2b}	2,02±0,06 ^b	0,28
0,963 kJ/m ²	7,25x10 ^{1c}	1,86±0,03 ^c	0,44
1,926 kJ/m ²	2,88x10 ^{1d}	1,46±0,02 ^d	0,84
5,778 kJ/m ²	1,25x10 ^{1e}	1,10±0,00 ^e	1,20
9,630 kJ/m ²	<10 ^e	<1 ^f	>1,30
19,26 kJ/m ²	<10 ^e	<1 ^f	>1,30

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

UV-C ışık dozu arttıkça küf sayılarında önemli azalmalar saptanmıştır. Kontrol grubuna göre 0,321, 0,963, 1,926 ve 5,778 kJ/m² doz UV ışık uygulamaları sırasıyla 0,28, 0,44, 0,84 ve 1,2 log azalmalar sağlamıştır. 9,630 kJ/m² doz UV-C ışık uygulamasıyla petri kaplarında küf üremesi görülmemiştir. Kaymaklı yoğurt için 5 dakika (9,630 kJ/m²) ve 10 dakikalık (19,26 kJ/m²) UV-C ışık uygulamalarının başlangıç küf yüküne bağlı olarak kesin sonuç verdiği, başlangıç küf yükünü belirleme seviyesinin altına indirdiği saptanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Kaymaklı yoğurtlarda UV-C ışık uygulama dozlarının artmasına bağlı küf sayısı değişimi

(a) kontrol, (b) 0,321 kJ/m², (c) 0,963 kJ/m², (d) 1,926 kJ/m², (e) 5,778 kJ/m²

UV-C ışık uygulamalarıyla mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması kaymaklı yoğurtların yüzeyinde kaymaksız yoğurtlara göre daha zordur. Çünkü kaymaklı yoğurdun yüzeyi pürüzlü bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, kaymaklı yoğurtlarda yüzeydeki pürüzlü yapı dolayısıyla UV-C ışığa maruz kalmayan ve pürüzlerin etrafında gölge etkisi oluşumu sebebi ile ışığın etkileyemediği mikrobiyal yapıların olması söz konusudur. Ayrıca, organik moleküllerin fonksiyonel gruplarının UV dalga boylarındaki ışığı absorbe etme özelliği vardır. 200-400 nm ve 400-750 nm dalga boylarındaki ışık organik moleküllerin farklı grupları tarafından absorbe edilmektedir. Bu durumdan dolayı, kaymaklı yoğurtlarda yağ globüllerinin çoğunun yüzeyde olması sebebiyle kaymaksız yoğurtlara kıyasla aynı doz UV ışık uygulandığında daha düşük düzeyde küf inaktivasyonun sağlanabileceği tespit edilmiştir. Dolayısıyla; örneğin, 3 dakikalık (5,778 kJ/m²) UV-C ışık uygulamasında kaymaksız yoğurtta >2,18 log azalma elde edilirken, kaymaklı yoğurtta ise 1,20 log azalma elde edilmiştir.

4.3.6. Kaymaklı yoğurdun duyuşal değerlendirme bulguları üzerine etkisi

Kaymaklı yoğurt örnekleri eğitilmiş panelist grubu tarafından renk, görünüş, su salma, kıvam, yanık lezzet, yabancı koku, yabancı tat ve toplam izlenim açısından Unipolar skala ile 1-7 arasında puanlama yapılarak değerlendirilmiştir. Kaymaklı yoğurt örneklerine ait duyuşal değerlendirme bulguları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Kaymaklı yoğurt örneklerine ait duyuşal değerlendirme bulguları

	Kontrol	0,321 kJ/m ²	0,963 kJ/m ²	1,926 kJ/m ²	5,778 kJ/m ²	9,630 kJ/m ²	19,26 kJ/m ²
Renk	1,10 ^a ±0,10	1,13 ^a ±0,10	1,10 ^a ±0,10	1,07 ^a ±0,12	1,13 ^a ±0,06	1,23 ^a ±0,06	1,47 ^b ±0,15
Görünüş	1,17 ^a ±0,29	1,10 ^a ±0,17	1,17 ^a ±0,29	1,17 ^a ±0,15	1,23 ^a ±0,15	1,20 ^a ±0,10	1,30 ^a ±0,30
Su salma	1,10 ^a ±0,10	1,03 ^a ±0,06	1,17 ^a ±0,21	1,13 ^a ±0,15	1,23 ^a ±0,06	1,10 ^a ±0,10	1,20 ^a ±0,10
Kıvam	1,20 ^a ±0,10	1,23 ^a ±0,15	1,17 ^a ±0,06	1,20 ^a ±0,10	1,20 ^a ±0,00	1,30 ^a ±0,17	1,30 ^a ±0,10
Yanık lezzet	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,00 ^a ±0,00	1,07 ^b ±0,06	1,20 ^c ±0,00
Yabancı koku	1,00 ^a ±0,00	1,43 ^b ±0,06	2,27 ^c ±0,21	3,10 ^d ±0,17	5,10 ^e ±0,36	6,20 ^f ±0,10	6,67 ^g ±0,06
Yabancı tat	1,00 ^a ±0,00	1,43 ^a ±0,06	2,25 ^b ±0,38	3,27 ^c ±0,50	4,97 ^d ±0,49	6,23 ^e ±0,23	6,70 ^e ±0,00
Toplam izlenim	6,93 ^a ±0,12	6,37 ^a ±0,15	5,47 ^b ±0,51	4,37 ^c ±0,60	2,97 ^d ±0,40	1,70 ^e ±0,26	1,20 ^e ±0,10

^{a-b} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Uygulanan her UV-C ışık dozu için kaymaklı yoğurt örneklerinde renk, görünüş, su salma ve kıvam puanları istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır (p>0,05).

Yabancı koku ve yabancı tat puanlarına bakıldığında değerlerin UV ışık dozu arttıkça giderek arttığı görülmüştür. Panelistlerin 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanmış örneklerde birkaç panelist çok hafif tanımlayamayacakları, ancak rahatsız edici olmayan bir kokudan bahsetmiştir. Fakat bu duruma her örnekte rastlanmamıştır. 1 dakika ($1,926 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanmış örneklerde ise belirgin olarak yabancı koku ve yabancı tat hissedilmiş ve bu durum 10 dakikalık ($19,26 \text{ kJ/m}^2$) uygulamaya kadar katlanarak artmıştır ve yoğurdun yenilemeyecek kaliteye ulaştığını belirtmişlerdir.

Örneklerin toplam izlenim puanları ise 1,20 ile 6,93 arasında değişmiştir. Örnekler UV ışık dozu artarak kontrolden farklılaştıkça benzerlik azalmıştır. Sonuçlara bakıldığında toplam izlenim puanlarının yabancı koku ve tat puanları ile benzer eğilim gösterdiği görülmüştür.

Kaymaklı yoğurtlarda elde edilen lipid oksidasyon değerleri, belirlenen küf sayıları ve duyuşal değerlendirme bulguları yüzey yapısına bağılı olarak en uygun UV-C ışık uygulama dozlarının belirlenmesinde fikir oluşumuna destek olmuştur. Kaymaksız yoğurtlardaki sonuçlara benzer olarak yüzey küflenme probleminin önemli ölçüde azaltılabildiğı ancak, yüksek UV-C ışık uygulamalarının lipid oksidasyonuna ve duyuşal olarak yabancı lezzete neden olduğı ortaya konulmuştur.

4.4. UV-C Işık Uygulamasının Depolama Süresi Boyunca Kaymaksız Yoğurdun Özellikleri Üzerine Etkileri

Yoğurtlara UV-C ışığın çeşitli dozlarının etkileri fiziksel, kimyasal ve duyu analizlerle belirlendikten sonra, depolama çalışmasının kaymaksız yoğurtta $0,321 \text{ kJ/m}^2$, $0,963 \text{ kJ/m}^2$, $1,926 \text{ kJ/m}^2$ UV-C ışık dozlarında gerçekleştirilmesi tasarlanmıştır.

Depolama çalışmasında (kaymaksız) ise, ilk aşamada (kaymaksız ve kaymaklı yoğurt) bulunan sonuçlara bakılarak UV-C ışık uygulamasıyla değişimlerin görülebildiği analizler seçilmiştir.

4.4.1. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince titrasyon asitliği ve pH değerleri üzerine etkisi

Titrasyon asitliği ve pH değerlerinin değişimleri 0., 7., 14. ve 21. günlerde takip edilmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.19 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince titrasyon asitliği değerleri

	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,11±0,05 ^{ax}	1,23±0,02 ^{ay}	1,52±0,04 ^{az}	1,58±0,03 ^{az}
0,321 kJ/m ²	1,11±0,05 ^{ax}	1,24±0,04 ^{ay}	1,51±0,04 ^{az}	1,56±0,01 ^{az}
0,963 kJ/m ²	1,11±0,04 ^{ax}	1,24±0,04 ^{ay}	1,52±0,05 ^{az}	1,57±0,02 ^{az}
1,926 kJ/m ²	1,11±0,04 ^{ax}	1,23±0,04 ^{ay}	1,50±0,05 ^{az}	1,58±0,02 ^{at}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.20 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince pH değerleri

	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	4,21±0,04 ^{ax}	4,03±0,04 ^{ay}	3,85±0,05 ^{az}	3,71±0,04 ^{at}
0,321 kJ/m ²	4,21±0,04 ^{ax}	4,03±0,05 ^{ay}	3,87±0,05 ^{az}	3,70±0,05 ^{at}
0,963 kJ/m ²	4,20±0,03 ^{ax}	4,03±0,06 ^{ay}	3,86±0,04 ^{az}	3,71±0,05 ^{at}
1,926 kJ/m ²	4,21±0,02 ^{ax}	4,03±0,05 ^{ay}	3,86±0,05 ^{az}	3,71±0,04 ^{at}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Depolama süreleri boyunca yoğurtların titrasyon asitliği değerleri artmış ve pH değerleri düşmüştür. Bu değişimin laktik asit fermentasyonu sebebiyle gerçekleştiği, ancak UV ışığın herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

4.4.2. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince renk değerleri üzerine etkisi

Kaymaksız yoğurt örneklerinin renk değerleri 0., 7., 14. ve 21. günlerde analiz edilmiştir. L^* , a^* , b^* , kroma, ΔE ve BI değerlerinde depolama süresince elde edilen değişimler çizelgelerde (Çizelge 4.21-4.26) verilmiştir.

Çizelge 4.21 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince L^* değerleri

L^*	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	89,88±0,21 ^{ax}	90,06±0,06 ^{axy}	90,23±0,10 ^{ay}	90,26±0,08 ^{aby}
0,321 kJ/m ²	89,94±0,23 ^{ax}	90,06±0,35 ^{ax}	90,17±0,09 ^{ax}	90,39±0,08 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	89,70±0,22 ^{ax}	90,15±0,21 ^{ay}	90,15±0,09 ^{ay}	90,12±0,03 ^{bxy}
1,926 kJ/m ²	89,69±0,28 ^{ax}	89,96±0,04 ^{axy}	90,20±0,06 ^{ay}	89,92±0,03 ^{cxy}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.22 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince a^* değerleri

a^*	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	-2,87±0,02 ^{ax}	-2,84±0,02 ^{ax}	-2,81±0,05 ^{ax}	-2,71±0,01 ^{ay}
0,321 kJ/m ²	-2,84±0,02 ^{ax}	-2,81±0,01 ^{abxy}	-2,78±0,02 ^{ay}	-2,64±0,03 ^{bz}
0,963 kJ/m ²	-2,79±0,02 ^{abx}	-2,79±0,01 ^{abx}	-2,75±0,02 ^{aby}	-2,61±0,02 ^{bz}
1,926 kJ/m ²	-2,72±0,08 ^{bxy}	-2,75±0,04 ^{bx}	-2,69±0,02 ^{bxy}	-2,61±0,04 ^{by}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.23 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince b^* değerleri

b^*	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	12,77±0,30 ^{ax}	12,24±0,03 ^{ay}	12,22±0,08 ^{ay}	12,16±0,12 ^{ay}
0,321 kJ/m ²	12,46±0,22 ^{ax}	12,36±0,19 ^{ax}	12,18±0,02 ^{ax}	12,17±0,11 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	12,32±0,16 ^{ax}	12,28±0,09 ^{ax}	12,17±0,13 ^{axy}	11,97±0,05 ^{ay}
1,926 kJ/m ²	12,30±0,04 ^{ax}	12,21±0,10 ^{ax}	12,24±0,06 ^{ax}	11,95±0,06 ^{ay}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.24 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince kroma değerleri

Kroma	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	13,09±0,30 ^{ax}	12,57±0,04 ^{ay}	12,54±0,09 ^{ay}	12,46±0,12 ^{ay}
0,321 kJ/m ²	12,78±0,21 ^{ax}	12,67±0,18 ^{ax}	12,50±0,02 ^{ax}	12,45±0,10 ^{abx}
0,963 kJ/m ²	12,64±0,16 ^{ax}	12,59±0,09 ^{ax}	12,48±0,13 ^{axy}	12,25±0,05 ^{aby}
1,926 kJ/m ²	12,60±0,04 ^{ax}	12,51±0,10 ^{ax}	12,54±0,06 ^{ax}	12,23±0,05 ^{by}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.25 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince ΔE değerleri

ΔE	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	-	-	-	-
0,321 kJ/m ²	0,41±0,08 ^{ax}	0,29±0,23 ^{ax}	0,09±0,08 ^{ax}	0,17±0,09 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	0,53±0,12 ^{ax}	0,19±0,13 ^{ay}	0,15±0,10 ^{ay}	0,26±0,02 ^{ay}
1,926 kJ/m ²	0,58±0,10 ^{ax}	0,16±0,07 ^{ay}	0,14±0,01 ^{ay}	0,41±0,04 ^{bx}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.26 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince BI değerleri

BI	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	12,56±0,34 ^{ax}	11,89±0,02 ^{ay}	11,87±0,06 ^{ay}	11,87±0,15 ^{ay}
0,321 kJ/m ²	12,19±0,25 ^{ax}	12,06±0,20 ^{ax}	11,85±0,01 ^{ax}	11,92±0,11 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	12,08±0,21 ^{ax}	11,96±0,14 ^{ax}	11,87±0,15 ^{ax}	11,74±0,07 ^{ax}
1,926 kJ/m ²	12,12±0,05 ^{ax}	11,93±0,12 ^{axy}	12,00±0,06 ^{ax}	11,74±0,09 ^{ay}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Yoğurt yüzeylerine uygulanan her UV ışık dozu için L^* , a^* ve b^* değerlerinde depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar görülmüştür ($p<0,05$). Dolayısıyla a^* ve b^* değerlerindeki değişimler sebebiyle bazı örneklerde kroma ve ΔE değerleri de azalırken bazılarında değişiklik olmamıştır. Bu nedenle depolama çalışması için anlamlı sonuç çıkarılabilecek verilere erişilememiştir. BI değerlerinde de ΔE değerlerindeki değişimlere benzer sonuçlar görülmüş ve anlamlı sonuç elde edilememiştir.

4.4.3. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince oksidasyon değerleri üzerine etkisi

Depolama süresi boyunca kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin hem UV ışık dozunun hem de depolama süresinin artmasıyla değişimi incelenmiştir (Çizelge 4.27).

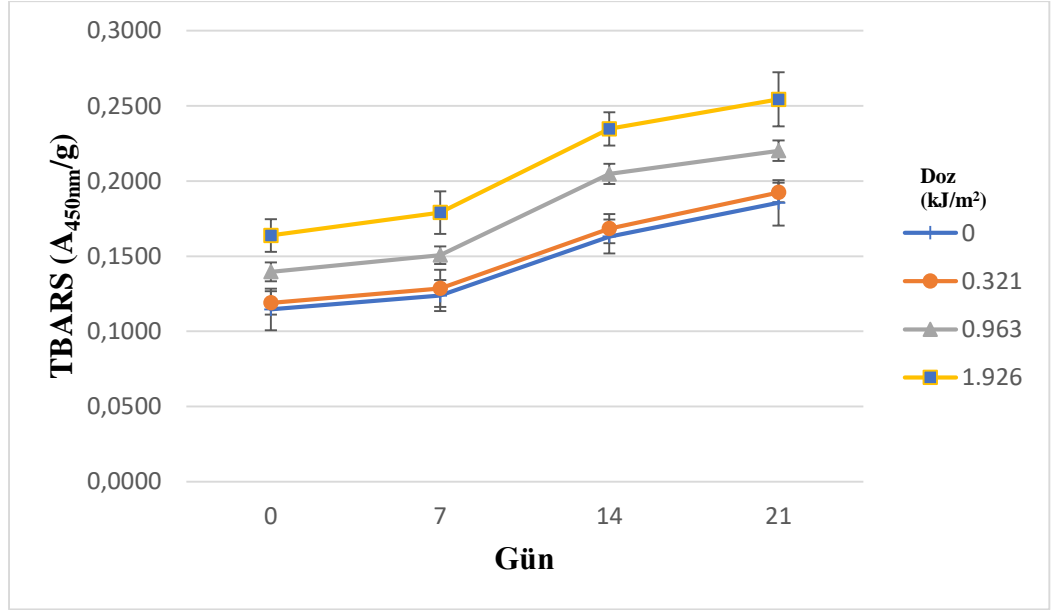
Çizelge 4.27 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince TBARS ($A_{450nm/g}$) değerleri

	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	0,1146 ^{ax} ±0,0109	0,1238 ^{ax} ±0,0063	0,1631 ^{ay} ±0,0077	0,1855 ^{ay} ±0,0138
0,321 kJ/m ²	0,1190 ^{ax} ±0,0141	0,1286 ^{ax} ±0,0059	0,1684 ^{ay} ±0,0123	0,1925 ^{aby} ±0,0104
0,963 kJ/m ²	0,1397 ^{abx} ±0,0110	0,1507 ^{bx} ±0,0066	0,2048 ^{by} ±0,0097	0,2201 ^{by} ±0,0113
1,926 kJ/m ²	0,1638 ^{bx} ±0,0180	0,1791 ^{cx} ±0,0068	0,2348 ^{cy} ±0,0065	0,2543 ^{cy} ±0,0152

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p<0,05$).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p<0,05$).

Kontrol örnekleri ve 10 saniye (0,321 kJ/m²) UV-C ışık uygulanan örneklerin oksidasyon açısından depolama süreleri boyunca benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ancak, değerlere bakıldığında UV-C ışık uygulamasının TBARS değerleri üzerinde etkili olduğu ve hem ışık uygulama dozu arttıkça hem de depolama süresi boyunca kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Benzer şekilde, Park ve Ha (2015) tarafından taze tavuk göğüs eti örnekleri yüzeyinde çeşitli dozlarda (60–3600 mWs/cm²) UV ışık uygulanan çalışmada, uygulanan UV-C ışık dozu arttıkça TBARS değerlerinde kademeli olarak artış olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5 Depolama süresi boyunca artan UV-C dozuna bağlı kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin değişimi

4.4.4. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince küf sayısı üzerine etkisi

Depolama süresince küf sayımı yapılacak örneklere ilk aşamada olduğu gibi doğal olarak küf sporları bulaşması sağlanmıştır. Çizelge 4.28’de 21 günlük depolama süresince UV ışık uygulanmış yoğurt örneklerinin küf sayılarındaki logaritmik değişimleri görülmektedir.

Çizelge 4.28 UV ışık uygulanmış ve küf sporları bulaştırılmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince küf sayılarındaki logaritmik değişimler(\log_{10} kob/g)

	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	3,06±0,01 ^{ax}	3,07±0,01 ^{ax}	4,45±0,29 ^{ay}	4,94±0,14 ^{az}
0,321 kJ/m ²	2,39±0,07 ^{bx}	2,50±0,08 ^{bx}	3,07±0,13 ^{by}	4,44±0,34 ^{az}
0,963 kJ/m ²	1,93±0,39 ^{bx}	1,32±0,43 ^{cx}	1,61±0,41 ^{cx}	3,30±0,29 ^{by}
1,926 kJ/m ²	<1 ^{cx}	<1 ^{dx}	<1 ^{dx}	1,10±0,25 ^{cx}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p < 0,05$).

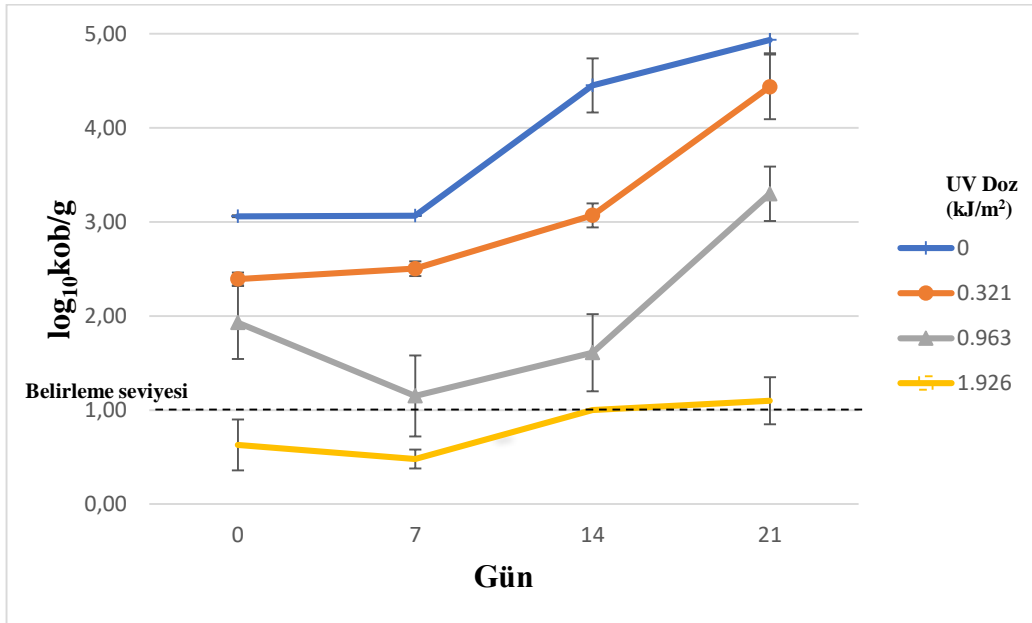
^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.28’e göre; UV-C ışık uygulanmayan kontrol örneklerinde 21 günlük depolama süresi boyunca yüzey küf sayısının giderek arttığı görülmektedir. 10 saniye (0,321 kJ/m²) UV-C ışık uygulanan kaymaksız yoğurtların yüzeylerinde de 0. günden başlayarak depolama süresi boyunca küf sayılarındaki artış devam etmiştir. Bu durum 0,321 kJ/m² doz UV ışık uygulamasında dozun yoğurt

yüzeylerinde mikrobiyal inaktivasyon sağlanması için yeterli olmadığını göstermektedir.

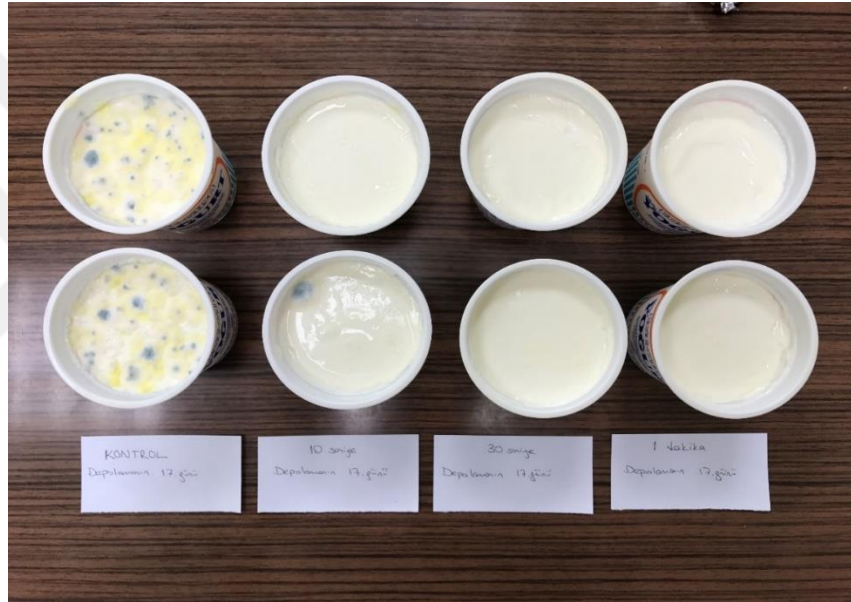
30 saniye ($0,963 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanan örneklerin yüzeylerinden yapılan küf sayımında 7. günde başlangıç mikroorganizma sayısına göre azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durumun UV ışık uygulaması ile DNA'larında hasar meydana gelmiş olan mikroorganizmaların onarım mekanizmalarının da zarar görmüş olması ile açıklanabilmektedir. Fakat 14. gün küf sayımı sonuçlarında DNA onarım mekanizmalarının bazı mikroorganizmalarda çalışmaya başladığı ve mikroorganizmaların faaliyetlerini sürdürebilir duruma geldikleri sayılarının artmış olması ile görülebilmektedir. 21. gün küf sayımında ise yoğurdun bozulmasına bağlı olarak küf sayısının tekrar artmış olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu sonuçlar kontrol örneğin 21. gündeki küf sayılarıyla karşılaştırıldığında UV ışık uygulamasının mikrobiyal inaktivasyondaki etkinliğinin önemini göstermektedir.

1 dakika ($1,926 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulamasında ise küf sayıları 14. gün dahil olmak üzere belirleme seviyesi olarak belirlenen $1 \log$ 'un altında tespit edilmiştir. Daha sonra 21. gün küf sayımlarında yoğurt yüzeylerindeki küf sayısının artmış olduğu belirlenmiştir. Ancak, tüm UV ışık uygulamaları dikkate alındığında UV-C ışığın kaymaksız yoğurtların yüzey mikrobiyal inaktivasyonunda etkisinin en fazla $1,926 \text{ kJ/m}^2$ doz yüzey uygulaması ile sağlandığı belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Depolama süresi boyunca artan UV-C dozuna bağlı doğal olarak küf sporları bulaştırılmış kaymaksız yoğurt örneklerinin küf sayıları değişimi

Bu çalışmada dikkat çeken başka bir durum ise; depolama süresi sonunda kontrol, 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) ve 30 saniye ($0,963 \text{ kJ/m}^2$) UV ışık uygulanan örneklerin küf sayılarının analizlerle yüksek bulunmasına karşın yüzeylerinde küfün gözlenmesinin birbirinden farklılık göstermesidir. Şekil 4.7’de görüldüğü üzere, kaymaksız yoğurdun doğal olarak küf sporları bulaştırılmış kontrol örneklerinde 17. gün itibariyle yüzeydeki küf gelişimi göz ile görülebilir duruma gelmeye başlamıştır. Ancak, küf sayımı analizlerinde (14. ve 21. gün aralığında) yüksek küf sayısı tespit edilen 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) ve 30 saniye ($0,963 \text{ kJ/m}^2$) UV ışık uygulamalarının etkileri yoğurt yüzeylerinde kontrol örnekler gibi gözlenememiştir. Bu durum, düşük dozlarda dahi UV ışık uygulamasının küf sporlarının çimlenmesini engellediğini ortaya koymuştur.



Şekil 4.7 Depolamanın 17. gününde doğal olarak küf sporları bulaştırılmış kaymaksız yoğurt örneklerinin görünümü

4.4.5. UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyuşal değerlendirme bulguları üzerine etkisi

Kaymaksız yoğurt örnekleri eğitilmiş panelistler tarafından 21 gün boyunca duyuşal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Panelistler örnekleri 0., 7., 14. ve 21. günlerde 1-7 arasında puanlar vererek renk, görünüş, su salma, kıvam, yanık lezzet, yabancı koku, yabancı tat ve toplam izlenim kategorilerinde değerlendirmişlerdir. Bulgular çizelgelerde (Çizelge 4.29-4.36) verilmektedir.

Çizelge 4.29 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme renk puanları

Renk	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,50 ±0,17 ^{ax}	1,40±0,17 ^{ax}	1,33±0,06 ^{ax}	1,50±0,10 ^{ax}
0,321 kJ/m ²	1,60±0,20 ^{ax}	1,43±0,23 ^{ax}	1,33±0,06 ^{ax}	1,50±0,10 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,63±0,12 ^{ax}	1,33±0,15 ^{ax}	1,40±0,10 ^{ax}	1,60±0,20 ^{ax}
1,926 kJ/m ²	1,53±0,06 ^{ax}	1,40±0,17 ^{ax}	1,43±0,06 ^{ax}	1,55±0,15 ^{ax}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.30 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme görünüş puanları

Görünüş	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,40±0,17 ^{ax}	1,20±0,20 ^{ax}	1,20±0,10 ^{ax}	1,15±0,05 ^{abx}
0,321 kJ/m ²	1,43±0,06 ^{ax}	1,20±0,35 ^{ax}	1,23±0,06 ^{ax}	1,10±0,10 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,37±0,12 ^{ax}	1,27±0,31 ^{ax}	1,20±0,10 ^{ax}	1,35±0,15 ^{abx}
1,926 kJ/m ²	1,40±0,30 ^{ax}	1,37±0,15 ^{ax}	1,30±0,27 ^{ax}	1,40±0,10 ^{bx}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.31 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme su salma puanları

Su salma	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,37±0,12 ^{abx}	1,00±0,00 ^{ay}	1,00±0,00 ^{ay}	1,15±0,05 ^{ay}
0,321 kJ/m ²	1,27±0,15 ^{ax}	1,20±0,00 ^{ax}	1,20±0,20 ^{ax}	1,05±0,05 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,47±0,06 ^{abx}	1,20±0,10 ^{ay}	1,20±0,10 ^{ay}	1,10±0,10 ^{ay}
1,926 kJ/m ²	1,60±0,00 ^{bx}	1,13±0,23 ^{ay}	1,23±0,12 ^{ay}	1,20±0,10 ^{ay}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.32 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme kıvam puanları

Kıvam	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,20±0,10 ^{ax}	1,27±0,12 ^{ax}	1,20±0,10 ^{ax}	1,30±0,20 ^{ax}
0,321 kJ/m ²	1,47±0,06 ^{ax}	1,40±0,00 ^{ax}	1,33±0,06 ^{ax}	1,35±0,15 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,40±0,20 ^{ax}	1,37±0,12 ^{ax}	1,30±0,17 ^{ax}	1,50±0,10 ^{ax}
1,926 kJ/m ²	1,33±0,15 ^{ax}	1,33±0,06 ^{ax}	1,37±0,06 ^{ax}	1,35±0,15 ^{ax}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.33 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme yanık lezzet puanları

Yanık lezzet	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
0,321 kJ/m ²	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,10±0,10 ^{abx}	1,07±0,06 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
1,926 kJ/m ²	1,23±0,06 ^{bx}	1,10±0,10 ^{ax}	1,20±0,10 ^{bx}	1,10±0,00 ^{ax}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.34 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme yabancı koku puanları

Yabancı koku	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
0,321 kJ/m ²	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,13±0,12 ^{ax}	1,03±0,06 ^{ax}	1,10±0,10 ^{ax}	1,13±0,12 ^{ax}
1,926 kJ/m ²	2,00±0,10 ^{bx}	2,10±0,10 ^{bx}	2,00±0,10 ^{bx}	2,03±0,15 ^{bx}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.35 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme yabancı tat puanları

Yabancı tat	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
0,321 kJ/m ²	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}	1,00±0,00 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	1,17±0,15 ^{ax}	1,03±0,06 ^{ax}	1,17±0,12 ^{ax}	1,10±0,10 ^{ax}
1,926 kJ/m ²	2,07±0,21 ^{bx}	2,07±0,06 ^{bx}	2,03±0,12 ^{bx}	2,03±0,15 ^{bx}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.36 UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurdun depolama süresince duyusal değerlendirme toplam izlenim puanları

Toplam izlenim	0.gün	7.gün	14.gün	21.gün
Kontrol	6,83±0,21 ^{ax}	6,90±0,10 ^{ax}	6,93±0,12 ^{ax}	6,90±0,10 ^{ax}
0,321 kJ/m ²	6,83±0,12 ^{ax}	6,83±0,06 ^{ax}	6,77±0,12 ^{ax}	6,87±0,15 ^{ax}
0,963 kJ/m ²	5,70±0,44 ^{bx}	6,10±0,10 ^{bxy}	6,10±0,10 ^{bxy}	6,37±0,15 ^{by}
1,926 kJ/m ²	4,80±0,17 ^{cx}	4,87±0,06 ^{cx}	4,77±0,12 ^{cx}	4,73±0,21 ^{cx}

^{a-b} Aynı sütundaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

^{x-y} Aynı satırdaki ortalamaların istatistiksel farklılıkları farklı harflerle gösterilmiştir (p<0,05).

Tüm duyusal analiz değerlendirme kategorilerinin sonuçları irdelendiğinde; öncelikle UV ışık uygulama dozunun ve depolama süresinin kaymaksız yoğurt örneklerinin renklerinde değişime sebep olmadığı görülmüştür. Görünüş puanlarında ise depolama süresinin ilerlemesi ile küçük farklılıklar elde edilmiş olsa da, bu durum belirgin bir farklılık olarak belirlenmemiştir. Yoğurtların su salma miktarlarındaki değişimler UV ışık dozu ve ilerleyen depolama süresi ile ilişkilendirilememiştir ve duyusal analizde kıvam algısı sonuçları da depolama sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Panelistlerin kaymaksız yoğurtlarda hissettikleri yabancı lezzeti tanımlayabilmelerine destek olmak için panele eklenen yanık lezzet analizi ile elde edilen puanların farklılık göstermemesi, hissedilen yabancı lezzetin yanıklık sebebiyle oluşmadığını ve yanık tat olarak tanımlamanın doğru olmayacağını ortaya koymuştur. Yabancı koku ve yabancı tat analiz puanlarında görüldüğü üzere kontrol örnekleri ve 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) UV ışık uygulanmış örneklerde yabancı lezzet algılanmamış, fakat UV ışık dozu arttıkça yoğurtların koku ve tat puanlarında negatif artış olduğu görülmüştür. Toplam izlenim de ise, kontrol örneklerinde kabul edilebilir seviyelerde olan puanlar UV ışık uygulama dozu arttıkça azalmıştır. Panelistler, $0,321 \text{ kJ/m}^2$ ve $0,963 \text{ kJ/m}^2$ uygulama dozlarını iyi seviyelerde kabul edilebilir olarak değerlendirirken $1,926 \text{ kJ/m}^2$ doz UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurtları orta seviyede kabul edilebilir olarak belirlenmişler. Ayrıca $0,963 \text{ kJ/m}^2$ doz UV-C ışık uygulanmış yoğurtlarda panelistlerin toplam izlenimleri depolama süresi sonuna doğru gidildikçe artış göstermiştir.

5. GENEL SONUÇLAR

Kesikli sistem ile UV-C ışık uygulamasının küf inaktivasyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örneklerinin yüzeyine farklı dozlarda UV ışık uygulanmıştır. Ayrıca, 1. aşamada kabul edilebilir düzeyde kalite değişimlerinin olduğu UV ışık dozlarının uygulandığı yoğurt örnekleri 21 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresince küf sayısı, lipid oksidasyon düzeyi ve duyu özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Elde edilen genel sonuçlar ise aşağıda özetlenmiştir.

Kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlara UV-C ışık uygulamalarının etkisi:

- UV-C ışık uygulaması kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örneklerinin bileşimlerinde, asitlik ve pH değerlerinde herhangi bir değişime neden olmamıştır.
- UV-C ışık uygulamasının yoğurtlarda oluşabilecek lipid oksidasyonu üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Kaymaklı yoğurt örneklerinde kaymaksız yoğurt örneklerine kıyasla daha yüksek lipid oksidasyon değerleri elde edilmiştir. Kaymaklı yoğurtların kaymak tabakasında bu düzey daha da fazla bulunmuştur. 10 saniye (0,321 kJ/m²) UV-C ışık uygulanan hem kaymaksız hem kaymaklı yoğurt örneklerinde elde edilen oksidasyon verileri kontrol örneklerinde elde edilen verilere yakın bulunmuştur. 0,321 kJ/m² dozda UV-C ışık uygulamasının örneklerde lipid oksidasyonu açısından farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir.
- UV-C ışık uygulamasının küf sayısı üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Kaymaksız yoğurtlarda, kontrol grubuna göre 0,321 ve 0,963 kJ/m² dozlarda uygulamalar sırasıyla 1,07 ve 1,95 log azalmalar sağlarken, 1,926 kJ/m² dozda uygulama 2,18 log azalma sağlamış, 5,778, 9,630 ve 19,26 kJ/m² dozlardaki uygulamalar ise belirleme seviyesinin altında kalmıştır.
- Kaymaklı yoğurtlarda, kontrol grubuna göre 0,321, 0,963, 1,926 ve 5,778 kJ/m² dozlardaki uygulamalar sırasıyla 0,28, 0,44, 0,84 ve 1,2 log azalmalar sağlarken, 9,630 ve 19,26 kJ/m² dozlardaki uygulamalar belirleme seviyesinin altında kalmıştır. Kaymaksız yoğurtlara göre küf sayısındaki azalmanın az olmasının nedeni, kaymaklı yoğurtların pürüzlü yüzeyi sebebiyle UV-C ışığa gölge etkisi oluşturması ve gölgede kalan kolonilerin UV dozuna yeterince maruz kalmaması, ayrıca yağ globülleri gibi organik

moleküllerin fonksiyonel gruplarının UV dalga boylarındaki ışığı absorbe etmesi sebebi ile mikrobiyal inaktivasyon için yeterli UV ışık dozunun bulunmaması olarak değerlendirilmiştir.

- Kaymaksız yoğurtlarda UV-C ışık uygulama dozu arttıkça, L^* değerlerinde azalma olduğu, a^* değerlerinin arttığı ve b^* değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu farklılıkların anlamlandırılmaları için yapılan kroma, ΔE ve BI değerleri hesaplamaları sonucunda ise kroma değerinin azaldığı, ΔE değerlerinin UV ışık dozunda artış ile birlikte artış gösterdiği fakat değişikliklerin gözle görülebilecek seviyede olmadığı ve BI değerlerinin ise değişmediği görülmüştür.
- Kaymaklı yoğurtlarda L^* değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın olmadığı, a^* ve b^* değerlerinin ise UV ışık uygulama dozu arttıkça artış gösterdiği ve istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edildiği belirlenmiştir. UV ışık uygulamasının toplam renk değişimine etkisi incelendiğinde ise, kroma değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim elde edilirken, ΔE ve esmerleşme indeksi (BI) değerlerinde kontrole kıyasla artan sonuçlar tespit edilmiştir. Ancak, bu değişim görsel olarak tespit edilememiştir.
- Duyusal analizlerde her UV-C ışık dozu için kaymaksız ve kaymaklı yoğurt örneklerinde renk, görünüş, su salma, kıvam ve yanık lezzet puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmamıştır.
- Kaymaksız yoğurt örneklerinde yabancı koku puanlarında panelistlerin 30 saniye ($0,963 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanmış örneklerde çok hafif olacak şekilde yabancı koku hissetmeye başladıkları belirlenmiş fakat bu duruma her örnekte rastlanmamıştır. 1 dakika ($1,926 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanmış örneklerde ise belirgin olarak yabancı koku hissedilmiş ve bu durum 10 dakikalık ($19,26 \text{ kJ/m}^2$) uygulamaya kadar katlanarak artmıştır. Yabancı tat puanlarının da benzer şekilde değiştiği görülmüştür. Toplam izlenim puanları ise elde edilen lezzet puanları ile paralellik göstermiştir.
- Hissedilen yabancı lezzet, panelistler tarafından ütelenmiş tavuk lezzeti olarak ifade edilmiştir.
- Kaymaklı yoğurt örneklerinde yabancı koku ve yabancı tat puanlarına bakıldığında ise, değerlerin UV-C ışık dozu arttıkça giderek arttığı

belirlenmiştir. Panelistlerin 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanmış örneklerde çok hafif olacak şekilde yabancı koku ve yabancı tat hissetmeye başladıkları, fakat bu duruma her örnekte rastlanmadığı görülmüştür. 1 dakika ($1,926 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanmış örneklerde ise belirgin olarak yabancı koku ve yabancı tat hissedilmiş ve bu durum 10 dakikalık ($19,26 \text{ kJ/m}^2$) uygulamaya kadar katlanarak artmıştır. Sonuçlara bakıldığında toplam izlenim puanlarının lezzet puanları ile benzer olduğu görülmüştür.

UV-C ışık uygulanmış kaymaksız yoğurtlarda depolama süresince meydana gelen değişimler:

- Kaymaksız yoğurt örneklerinde pH ve asitlik, depolama süresine bağlı olarak beklenen şekilde raf ömrü dolayısıyla değişiklik göstermiştir. UV ışık uygulamalarından etkilenmemiştir.
- Kontrol örnekleri ve 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulanan örneklerin oksidasyon değerleri depolama süreleri boyunca benzerlik göstermiştir. Ancak 30 saniye ($0,963 \text{ kJ/m}^2$) ve 1 dakika ($1,926 \text{ kJ/m}^2$) UV ışık uygulanmış değerlere bakıldığında UV-C ışık uygulamasının TBARS değerleri üzerinde etkili olduğu ve hem ışık uygulama dozu arttıkça hem de depolama süresi boyunca kaymaksız yoğurt örneklerinin TBARS değerlerinin kademeli olarak arttığı tespit edilmiştir.
- Yoğurt yüzeylerine uygulanan her UV ışık dozu için L^* , a^* ve b^* değerlerinde depolama süresince farklılıklar görülmüştür. a^* ve b^* değerlerindeki değişimler sebebiyle bazı örneklerde kroma ve ΔE değerleri azalmış bazılarında ise değişiklik olmamıştır. Bu nedenle UV ışığın renk üzerine etkileri açısından depolama çalışması için anlamlı sonuç çıkarılabilecek veriler tespit edilmemiştir.
- 21 günlük depolama süresi boyunca kaymaksız yoğurtların kontrol örneklerinde yüzey küf sayıları giderek artmıştır. 10 saniye ($0,321 \text{ kJ/m}^2$) UV ışık uygulaması ile küf gelişimi kontrol altına alınamamış ve kontrol örneklerine benzer giderek artan sonuçlar elde edilmiştir. 30 saniye ($0,963 \text{ kJ/m}^2$) UV ışık uygulamasında depolama süresince küf sayısı daha düşük seyretmiştir. 1 dakika ($1,926 \text{ kJ/m}^2$) UV-C ışık uygulamasında ise küf sayıları 14. gün dahil olmak üzere belirleme seviyesi olarak belirlenen 1 log'un altında tespit edilmiştir. Daha sonra 21. gün küf sayımlarında yoğurt yüzeylerindeki küf sayısının artmış olduğu belirlenmiştir. Ancak, tüm UV

ışık uygulamaları dikkate alındığında UV-C ışığın kaymaksız yoğurtların yüzey mikrobiyal inaktivasyonunda etkisinin en fazla 1,926 kJ/m² doz yüzey uygulaması ile sağlandığı belirlenmiştir.

- Kaymaksız yoğurtlarda renk, görünüş, su salma, kıvam ve yanık lezzet puanları depolama boyunca değişmemiştir. Panelistler depolama süresince 0,321 kJ/m² (10 saniye) ve 0,963 kJ/m² (30 saniye) UV ışık dozlarında uygulama yapılan kaymaksız yoğurtları yabancı koku, yabancı tat ve toplam izlenim kriterlerine göre kabul edilebilir bulmuşlar, 1,926 kJ/m² doz (1 dakika) UV ışık uygulanmış kaymaksız yoğurtları ise orta seviyede kabul edilebilir olarak belirtmişlerdir.

UV-C ışık uygulaması ile kaymaksız ve kaymaklı yoğurtlarda yüzey küflenme probleminin önemli ölçüde azaltılabildiği, ancak yüksek UV-C ışık uygulamalarının lipid oksidasyonuna ve duyuşsal olarak yabancı lezzete neden olduğu ortaya konulmuştur. Ürün çeşitliliğine bağlı olarak 0,963 kJ/m² üzerindeki UV ışık dozlarının belirgin duyuşsal değişimlere sebep olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, 0,963 kJ/m² (30s) ve 1,926 kJ/m² (1dk) aralığındaki UV ışık dozu uygulamalarından elde edilen tüm sonuçlar göz önüne alındığında bundan sonraki çalışmalar için bu dozların anlamlı sonuçlar oluşturabilecekleri tespit edilmiştir. Ayrıca, kaymaksız yoğurt örneklerinde, kaymaklı yoğurt örneklerine kıyasla mikrobiyal inaktivasyon ve lipid oksidasyon analizlerinde daha etkin sonuçlar alınmıştır. Bu durum duyuşsal verilerle de paralellik göstermiştir. Sonucunda UV ışık uygulamalarında yüzey pürüzlülüğünün ve UV ışığa hassas moleküllerin önemi ortaya konmuştur ve tüm sonuçlar, yüzeyin fiziksel ve kimyasal özelliğinin önemini göstermiş ve ürünün fiziksel özelliklerine dikkat edilerek uygulamaların yapılması gerektiği görülmüştür.

Çalışmanın sonucunda; kaymaksız, kaymaklı yoğurt ve depolama çalışmaları göz önüne alındığında üretici ve tüketici tarafından önemli bir sorun haline gelen yoğurtlarda yüzey küflenmesi problemine karşın UV-C ışık uygulamasının uygulanan dozun kalite üzerine etkileri dikkate alınarak bir alternatif öneri olarak sunulabileceği görülmüştür. Ancak, UV ışık uygulamasının iyi hijyen uygulamaları yerine kullanılmaması gerektiği, üretim sonrası daha güvenli bir ürün sağlamak amacıyla kullanılmasının daha verimli olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akbudak, B. ve Karabulut, Ö.A.**, 2002, Üzüm muhafazasında Gri Küf'den (*Botrytis cinerea* Pers:Fr.) kaynaklanan kalite kaybı ve çürümelerin Ultraviolet-C (UV-C) ışık uygulamaları ile önlenmesi üzerine bir araştırma, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2):35-46 s.
- Allende, A. and Artes, F.**, 2003, UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce, *Food Research International*, 36:739-746.
- Allende, A., McEvoy, J.L., Luo, Y., Artes, F. and Wang, C.Y.**, 2006, Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce, *Food Microbiology*, 23(3):241-249.
- Alothman, M., Bhat, R., Karim, A.A.**, 2009, UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10:512-516.
- Altic, L.C., Rowe, M.T. and Grant, I.R.**, 2007, UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture, *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11):3728-3733.
- Andersen, H.J., Bertelsen, G., Boegh-Soerensen, L., Shek, C.K. and Skibsted, L.H.**, 1988, Effect of light and packaging conditions on the colour stability of sliced ham, *Meat Science*, 22:283-292.
- Andersen, L.T., Lund, M.N., Glyager, R., Jensen, S.B., Mortensen, G. and Skibsted, L.H.**, 2006, Light-induced deterioration of reduced-fat cream cheese: relative importance of protein and lipid oxidation, *Milchwissenschaft*, 62(2):162-165.
- Anonim**, 2009, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ, Resmi Gazete, Sayı:27133, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim**, 2016, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Çiğ Sütün Değerlendirilmesine Yönelik Destekleme Uygulama Esasları Tebliği, Resmi Gazete, Sayı:29611, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- AOAC International**, 2007, Official Methods of Analysis, 19th ed, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Askari, G.R., Emam-Djomeh, Z. and Mousavi, S.M.**, 2008, Investigation of the effects of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying, *Drying Technology*, 26(11):1362-1368.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bachmann, R.**, 1975, Sterilization by intense ultraviolet radiation, *The Brown Boveri Review*, 62:206-209.
- Bandla, S., Choudhary, R., Watson, D.G. and Haddock, J.**, 2012, 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.
- Barka, E.A., Kalantari, S., Makhoulf, J. and Arul, J.**, 2000, Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3):667–671.
- Barut Gök, S. and Pazır, F.**, 2011, Effect of UV-C radiation on surface decontamination and the quality of black olive, Novel Approaches in Food Industry, 26-29 May, Çeşme, İzmir, Turkey.
- Bayram, M., Esin, Y., Kaya, C., İlhan, M., Akın, G. ve Etdöğner, R.**, 2015, Geleneksel yöntemle müşküle üzümünden üretilen hardaliyenin bazı özelliklerinin belirlenmesi, *Akademik Gıda*, 13(2):119-126.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E. and Robinson, R.K.**, 2000, Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80:637-645.
- Birmpa, A., Sfika, V. and Vantarakis, A.**, 2013, Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods, *International Journal of Food Microbiology*, 167:96–102.
- Bolton, J.R. and Linden, K.G.**, 2003, Standardization of methods for fluence (UV dose) determination in bench-scale UV experiments, *Journal of Environmental Engineering*, 129(3):209-215.
- Burton, H.**, 1951, Ultraviolet irradiation of milk, *Dairy Science Abstracts*, 13: 224–229.
- Can, F.O., Demirci, A., Puri, V.M. and Gourama, H.**, 2014, Decontamination of hard cheeses by pulsed UV light, *Journal of Food Protection*, 77(10):1723-1731.
- Chipurura, B. and Muchuweti, M.**, 2010, Effect of irradiation and high pressure processing on the bioactive compounds and antioxidant capacities of vegetables, *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 2(4):190–199.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Choudhary, R., Bandla, S., Watson, D.G., Haddock, J., Abughazaleh, A. and Bhattacharya, B.,** 2011, Performance of coiled tube ultraviolet reactors to inactivate *Escherichia coli* W1485 and *Bacillus cereus* endospores in raw cow milk and commercially processed skimmed cow milk, *Journal of Food Engineering*, 107(1):14-20.
- Choudhary, R. and Bandla, S.,** 2012, Ultraviolet pasteurization for food industry, *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2:12–15.
- Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martinez, G.A.,** 2006, UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets, *Postharvest Biology and Technology*, 39:204–210.
- Crook, J.A., Rossitto, P.V., Parko, J., Koutchma, T. and Cullor, J.S.,** 2015, Efficacy of ultraviolet (UV-C) light in a thin-film turbulent flow for the reduction of milkborne pathogens, *Foodborne Pathogens and Disease*, 12:506-513.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Herman, L., Heyndrickx, M., Uyttendaele, M., Debevere, J., Putirulan, F.F. and Bolder, N.M.,** 2006, The effect of a commercial UV disinfection system on the bacterial load of shell eggs, *Letters in Applied Microbiology*, 42:144-148.
- Dimick, P.S. and Kilara, A.,** 1983, Photo-oxidative changes in milk proteins and amino acids, 289-299, *Role of Milk Proteins in Human Nutrition*, W.Kaufmann (Ed.), The Mann Publ., Verlag, Gelsenkirchen-Buer, Germany.
- Djenane, D., Sanchez-Escalante, A., Beltran, J.A. and Roncales, P.,** 2001, Extension of the retail display life of fresh beef packaging in modified atmosphere by varying lighting conditions, *Journal of Food Science*, 66(1):181-186.
- Donaghy, J., Keyser, M., Johnston, J., Cilliers, F.P., Gouws, P.A. and Rowe, M.T.,** 2009, Inactivation of *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* in milk by UV treatment, *Letters in Applied Microbiology*, 49:217-221.
- Donahue D.W., Canitez N. and Bushway A.A.,** 2004, UV inactivation of *E. coli* O157:H7 in apple cider: quality, sensory and shelf-life analysis, *Journal of Food Processing and Preservation*, 28:368–387.
- Engin, B., Güneşer, O. ve Yüceer, Y.K.,** 2009, Ultraviyole ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi, *Gıda*, 34(5): 303-308.
- Escalona, V.H., Aguayo, E., Martinez-Hernandez, G.B. and Artes, F.,** 2010, UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach, *Postharvest Biology and Technology*, 56(3):223–231.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- EU**, 2016, Commission Implementing Decision (EU) 2016/398 of 16 March 2016 authorising the placing on the market of UV-treated bread as a novel food under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council.
- Falguera, V., Pagan, J. and Ibarz, A.**, 2011, Effect of UV irradiation on enzymatic activities and physicochemical properties of apple juices from different varieties, *LWT - Food Science and Technology*, 44:115-119.
- Fonseca, J.M. and Rushing, J.W.**, 2006, Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon, *Postharvest Biology and Technology*, 40:256-261.
- Fredericks, I.N., du Toit, M. and Krügel, M.**, 2011, Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines, *Food Microbiology*, 28:510–517.
- Gayan, E., Monfort, S., Alvarez, I. and Condon, S.**, 2011, UV-C inactivation of *Escherichia coli* at different temperatures, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12:531–541.
- Gennadios, A., Rhim, J.W., Handa, A., Weller, C.L. and Hanna, M.A.**, 1998, Ultraviolet radiation affects physical and molecular properties of soy protein films, *Journal of Food Science*, 63(2):225–228.
- Geveke, D.J. and Torres, D.**, 2012, Pasteurization of grapefruit juice using a centrifugal ultraviolet light irradiator, *Journal of Food Engineering*, 111:241–246.
- Gomez-Lopez, V.M., Ragaert, P., Debevere, J. and Devlieghere, F.**, 2007, Pulsed light for food decontamination: a review, *Trends in Food Science and Technology*, 18:464-473.
- Guan, W., Fan, X. and Yan, R.**, 2012, Effects of UV-C treatment on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms, *Postharvest Biology and Technology*, 64(1), 119–125.
- Guerrero-Beltran, J.A. and Barbosa-Canovas, G.V.**, 2004, Review: advantages and limitations on processing foods by UV light, *Food Science and Technology International*, 10(3):137-147.
- Guerrero-Beltran, J.A. and Barbosa-Canovas, G.V.**, 2005, Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light, *Journal of Food Process Engineering*, 28:437-452.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Guerrero-Beltran, J.A. and Barbosa-Canovas, G.V.,** 2006, Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light, *Journal of Food Protection*, 69(2):362–368.
- Ha, J.W., Back, K.H., Kim, Y.H. and Kang, D.H.,** 2016, Efficacy of UV-C irradiation for inactivation of food-borne pathogens on sliced cheese packaged with different types and thicknesses of plastic films, *Food Microbiology*, 57:172-177.
- Hakgüder B., Atılgan M.R., Baysal A.H. and Ünlütürk S.,** 2008, Antimicrobial efficacy of UV-C radiation on *Escherichia coli* K-12, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Escherichia coli* O157:H7 in white grape juice, First European Food Congress, 4-9 November, Ljubljana, Slovenia.
- Hanes, D.E., Worobo, R.W., Orlandi, P.A., Burr, D.H., Miliotis, M.D., Robl, M.G., Bier, J.W., Arrowood, M.J., Churey, J.J. and Jackson, G.J.,** 2002, Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in fresh apple cider by UV irradiation, *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8):4168–4172.
- Harm, W.,** 1980, Biological Effects of Ultraviolet Radiation, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 229.
- Hess, A.F. and Weinstock, M.,** 1924, Antirachitic properties imparted to inert fluids and to green vegetables by ultraviolet radiation, *The Journal of Biological Chemistry*, 62:301-313.
- Higashio, H., Ippoushi, H., Ito, H. and Azuma, K.,** 1999, Induction of an oxidative defense system against UV-stress and application to improve quality of green vegetables, *Acta Horticulturae*, 483:299-302.
- Ibarz, A. and Barbosa, G.V.,** 2003, Unit Operations in Food Engineering, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 873.
- Ibarz, A., Pagan, J., Panades, R. and Garza, S.,** 2005, Photochemical destruction of color compounds in fruit juices, *Journal of Food Engineering*, 69(2):155-160.
- International Dairy Federation,** 2008, Milk, Determination of fat content, Gerber Butyrometers, IDF Standard No: 105, Brussels, Belgium.
- International Dairy Federation,** 2009, Milk and milk products, Determination of fat content-General guidance on the use of butyrometric methods IDF Standard No: 152, Brussels, Belgium.
- International Dairy Federation,** 2010, Milk, cream and evaporated milk, Determination of total solids content (Reference method), IDF Standard No: 21, Brussels, Belgium.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jagger, J.**, 1967, Introduction to Research in Ultraviolet Photobiology, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 164.
- Jung, M.Y., Yoon, S.H., Lee, H.O. and Min, D.B.**, 1998, Singlet oxygen and ascorbic acid effects on dimethyl disulfide and off-flavor in skim milk exposed to light, *Journal of Food Science*, 63(3):408-412.
- Keyser, M., Müller, I.A., Cilliers, F.P., Nel, W. and Gouws, P.A.**, 2008, Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9:348–354.
- Kim, T., Silva, J.L., Chen, T.C.**, 2002, Effects of UV irradiation on selected pathogens in peptone water and on stainless steel and chicken meat, *Journal of Food Protection*, 65(7):1142–1145.
- Koca, N., Saatli, T.E. ve Urgu, M.**, 2018, Gıda sanayisinde ultraviyole ışığın yüzey uygulamaları, *Akademik Gıda*, 16(1):88-100.
- Korolczuk, J. and Mahaut, M.**, 1988, Studies on acid cheese texture by a computerized, constant speed, cone penetrometer, *Le Lait*, 68(3):349-362.
- Koutchma, T.**, 2008, UV light for processing foods, *Ozone: Science and Engineering*, 30(1): 93-98.
- Koutchma, T.**, 2009, Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods, *Food and Bioprocess Technology*, 2:138-155.
- Koutchma, T., Forney, L.J. and Moraru, C.I.**, 2009, Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 278.
- Krishnamurthy, K., Demirci, A. and Irudayaraj, J. M.**, 2007, Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system, *Journal of Food Science*, 72(7):M233-M239.
- Kristensen, D. and Skibsted, L.H.**, 1999, Comparison of three methods based on electron spin resonance spectrometry for evaluation of oxidative stability of processed cheese, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(8):3099-3104.
- Kuo, F.L., Carey, J.B. and Ricke, S.C.**, 1997, UV irradiation of shell eggs: effect on populations of aerobes, molds, and inoculated *Salmonella* Typhimurium, *Journal of Food Protection*, 60(6):39–643.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lacivita, V., Conte, A., Manzocco, L., Plazzotta, S., Zambrini, V.A., Nobile, M.A.D. and Nicoli, M.C.**, 2016, Surface UV-C light treatments to prolong the shelf-life of Fiordilatte cheese, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36:150-155.
- Lado, B.H. and Yousef, A.E.**, 2002, Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms, *Microbes and Infection*, 4:433-440.
- Lyon, S.A., Fletcher, D.L. and Berrang, M.E.**, 2007, Germicidal ultraviolet light to lower numbers of *Listeria monocytogenes* on broiler breast fillets, *Poultry Science*, 86:964-967.
- Manzocco, L. and Nicoli, M.C.**, 2015, Surface processing: existing and potential applications of ultraviolet light, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4):469-484.
- Matak, K.E., Churey, J.J., Worobo, R.W., Sumner, S.S., Hovingh, E., Hackney, C.R. and Pierson, M.D.**, 2005, Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk, *Journal of Food Protection*, 68(10):2212-2216.
- Matak, K.E., Sumner, S.S., Duncan, S.E., Hovingh, E., Worobo, R.W., Hackney, C.R. and Pierson, M.D.**, 2007, Effects of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat milk, *Journal of Dairy Science*, 90(7):3178-3186.
- Mau, J-L., Chen, P.R. and Yang, J-H.**, 1998, Ultraviolet irradiation increased vitamin D₂ content in edible mushrooms, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:5269-5272.
- Milly, P.J., Toledo, R.T., Chen, J. and Kazem, B.**, 2007, Hydrodynamic cavitation to improve bulk fluid to surface mass transfer in a nonimmersed ultraviolet system for minimal processing of opaque and transparent fluid foods, *Journal of Food Science*, 72(9):M407–M413.
- Morgan, R.**, 1989, UV green light disinfection, *Dairy Industries International*, 54(11):33-35.
- Ochoa-Velasco, C.E. and Guerrero-Beltran, J.A.**, 2013, Short-wave ultraviolet-C light effect on pitaya (*Stenocereus griseus*) juice inoculated with *Zygosaccharomyces bailii*, *Journal of Food Engineering*, 117(1):34–41.
- Oteiza, J.M., Giannuzzi, L. and Zaritzky, N.**, 2010, Ultraviolet treatment of orange juice to inactivate *E. coli* O157:H7 as affected by native microflora, *Food Bioprocess Technol*, 3:603-614.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özkütük, N.**, 2007, Ultraviyole Lambalarının Kullanımı, 5. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 4-8 Nisan, Antalya, Türkiye, DAS Kongre Kitabı 2007, 490-496 s.
- Pan, X.Q., Ushio, H. and Ohshima, T.**, 2005, Comparison of volatile compounds formed by autoxidation and photosensitized oxidation of cod liver oil in emulsion systems, *Fisheries Science*, 71(3):639-647.
- Park, S.Y. and Ha, S.D.**, 2015, Ultraviolet-C radiation on the fresh chicken breast: Inactivation of major foodborne viruses and changes in physicochemical and sensory qualities of product, *Food Bioprocess Technology*, 8:895–906.
- Pereira, R.V., Bicalho, M.L., Machado, V.S., Lima, S., Teixeira, A.G., Warnick, L.D. and Bicalho, R.C.**, 2014, Evaluation of the effects of ultraviolet light on bacterial contaminants inoculated into whole milk and colostrum, and on colostrum immunoglobulin G, *Journal of Dairy Science*, 97:2866-2875.
- Plaza, L., Sánchez, C., Elez, P., Ancos, B., Martin, O. and Cano, M.P.**, 2006, Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by highpressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization, *European Food Research and Technology*, 223:487–493.
- Proulx, J., Hsu, L.C., Miller, B.M., Sullivan, G., Paradis, K. and Moraru, C.I.**, 2015, Pulsed-light inactivation of pathogenic and spoilage bacteria on cheese surface, *Journal of Dairy Science*, 98:5890-5898.
- Quek, P.H. and Hu, J.**, 2008, Indicators for photoreactivation and dark repair studies following ultraviolet disinfection, *The Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35:533-541.
- Reinemann, D.J., Gouws, P., Cilliers, T., Houck, K. and Bishop, J.**, 2006, New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 9-12 July, Portland, Oregon.
- Rossitto, P.V., Cullor, J.S., Crook, J., Parko, J., Sechi, P. and Cenci-Goga B.T.**, 2012, Effects of UV irradiation in a continuous turbulent flow UV reactor on microbiological and sensory characteristics of cow's milk, *Journal of Food Protection*, 75(12):2197-2207.
- Sanz, T., Salvador, A., Baixauli, R., Fiszman, S.M.**, 2009, Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response, *European Food Research and Technology*, 229:197–204.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Selma, M.V., Allende, A., Lopez-Galvez, F., Conesa, M.A. and Gil, M.I.,** 2008, Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry, *Food Microbiology*, 25:809–814.
- Shama, G.,** 1999, Ultraviolet light, 2208-2214, Encyclopedia of Food Microbiology-3, Robinson, R.K., Batt, C. and Patel, P. (Eds.), Academic Press, London.
- Shama, G.,** 2007, Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses, *Postharvest Biology and Technology*, 44(1):1-8.
- Shamsudin, R., Adzahan, N.M., Yee, Y.P. and Mansor, A.,** 2014, Effect of repetitive ultraviolet irradiation on the physico-chemical properties and microbial stability of pineapple juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23:114-120.
- Sharma, R.R. and Demirci, A.,** 2003, Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with pulsed ultraviolet light and response surface modeling, *Journal of Food Science*, 68(4):1448-1453.
- Silva, C.A.S., Andrade, N.J., Soares, N.F.F. and Ferreira, S.O.,** 2003, Evaluation of ultraviolet radiation to control microorganisms adhering to low-density polyethylene films, *Brazilian Journal of Microbiology*, 34:174–178.
- Sommers, C.H., Sites, J.E. and Musgrove, M.,** 2010, Ultraviolet light (254 nm) inactivation of pathogens on foods and stainless steel surfaces, *Journal of Food Safety*, 30(2):470–479.
- Sosnin, E.A., Oppenländer, T. and Tarasenko, V.F.,** 2006, Applications of capacitive and barrier discharge excilamps in photoscience, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 7:145–163.
- Steenbock, H. and Black, A.,** 1924, Fat-soluble vitamins: the induction of growth-promoting and calcifying properties in a ration by exposure to ultraviolet light, *The Journal of Biological Chemistry*, 61:405–422.
- Stermer, R.A., Lasater-Smith, M. and Brasington, C.F.,** 1987, Ultraviolet radiation-an effective bactericide for fresh meat, *Journal of Food Protection*, 50(2):108–111.
- Stevens, C., Liu, J., Khan, V.A., Lu, J.Y., Kabwe, M.K., Wilson, C.L., Igwegbe, E.C.K., Chalutz, E. and Droby, S.,** 2004, The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay and Rhizopus soft rot development of tomatoes, *Crop Protection*, 23:551-554.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Şık, S., Urgu, M. and Koca, N.,** 2017, The effect of UV light on the mould inactivation and the quality of fresh kashar cheese, *Innovations in Food Science and Technology*, 10-12 May, Munich, Germany.
- Teichmann, A., Dutta, P.C., Staffas, A. and Jägerstad, M.,** 2007, Sterol and vitamin D₂ concentrations in cultivated and wild grown mushrooms: effects of UV irradiation, *LWT-Food Science and Technology*, 40:815–822.
- Tiryaki Gündüz, G. and Pazır, F.,** 2013, Inactivation of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* under in vitro and in vivo conditions by using UV-C light, *Journal of Food Protection*, 76(10):1761-1766.
- Tran, M.T.T. and Farid, M.,** 2004, Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5:495–502.
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F.,** 1998, Gıda Mikrobiyolojisi, Mengi Tan Basımevi, İzmir, 605s.
- Ünlütürk, S., Atılgan, M.R., Baysal, A.H. and Tarı, C.,** 2008, Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP), *Journal of Food Engineering*, 85(4):561-568.
- Ünlütürk, S., Baysal, A.H. ve Atılgan, M.R.,** 2010, UV-C uygulamasının sıvı yumurta beyazının mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisi, *Gıda*, 35(5):363-369 s.
- Vicente, A.R., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P.M., Martinez, G.A. and Chaves, A.R.,** 2005, UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper, *Postharvest Biology and Technology*, 35:69-78.
- Wallner-Pendleton, E.A., Sumner, S.S., Froning, G.W. and Stetson, L.E.,** 1994, The use of ultraviolet radiation to reduce *Salmonella* and psychrotrophic bacterial contamination on poultry carcasses, *Poultry Science*, 73(8):1327-1333.
- Westermann, S., Brüggemann, D.A., Olsen, K. and Skibsted, L.H.,** 2009, Light-induced formation of free radicals in cream cheese, *Food Chemistry*, 116: 974-981.
- World Health Organization,** 1994, Ultraviolet radiation, Environmental Health Criteria 160, Vammala.
- Wright, J. R., Sumner, S.S., Hackney, C.R., Pierson, M.D. and Zoecklein, B.W.,** 2000, Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* O157:H7 in unpasteurized apple cider, *Journal of Food Protection*, 63(5):563–567.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yang, S.O, Lee, J.M., Lee, J.C. and Lee, J.H.,** 2007, Effects of riboflavin-photosensitization on the formation of volatiles in linoleic acid model systems with sodium azide or D₂O, *Food Chemistry*, 105(4):1375-1381.
- Yaun, B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D., Marcy, J.E.,** 2004, Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy, *International Journal of Food Microbiology*, 90(1):1-8.
- Yin, F., Zhu, Y., Koutchma, T. and Gong, J.,** 2015, Inactivation and potential reactivation of pathogenic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine milk exposed to three monochromatic ultraviolet UVC lights, *Food Microbiology*, 49:74-81.
- Yun, J., Yan, R., Fan, X., Gurtler, J. and Phillips, J.,** 2013, Fate of *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and potential surrogate bacteria on apricot fruit, following exposure to UV-C light, *International Journal of Food Microbiology*, 166(3):356–363.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Turkuaz Ecem SAATLİ OĞUL

Doğum Tarihi ve Yeri: 18/06/1991 - Konak/İZMİR

E-posta Adresi: tesaatli@gmail.com

EĞİTİM DURUMU

Lisans Eğitimi

Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2013

Yüksek Lisans Eğitimi

Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2018

Yabancı Diller: İngilizce

İŞ DENEYİMİ

- FoodWorks, İzmir - Kalite Mühendisi (02/2014–09/2014)
- SofraGrup Eurest, İzmir - Proje Müdürü (09/2014–08/2015)
- Tat Gıda Sanayi A.Ş., Bursa - AR-GE Mühendisi (06/2018 – devam ediyor)

EKLER**EK 1. Kaymaksız Yoğurt Duyusal Değerlendirme Formu****KAYMAKSIZ YOĞURT DUYUSAL DEĞERLENDİRMESİ**

Panelist Adı Soyadı:

Tarih:

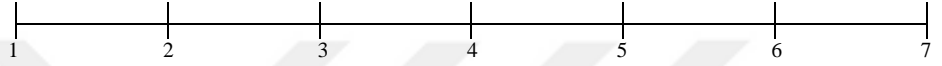
Örnek Kodu:

Size sunulan kaymaksız yoğurt örneğini aşağıda verilen özellikler bakımından değerlendirerek beğeni derecenizi skalalar üzerinde belirtiniz.

1.Renk

Süt beyazı

Kahverengi

2.Görünüş

Pürüzsüz

Aşırı pürüzlü

3.Su salma

Yok

Aşırı

4.Kıvam

Kolay dağılmayan

Kolay dağılan

5.Yanık lezzet

Yok

Aşırı

6.Yabancı koku

Yok

Aşırı

7.Yabancı tat

Yok

Aşırı

Lütfen Yabancı tadı tanımlayınız:

8.Toplam izlenim

Çok Kötü

Çok İyi

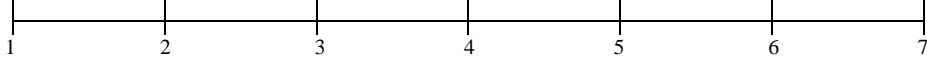
EK 2. Kaymaklı Yoğurt Duyusal Değerlendirme Formu**KAYMAKLI YOĞURT DUYUSAL DEĞERLENDİRMESİ**

Panelist Adı Soyadı:

Tarih:

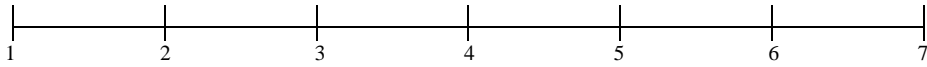
Örnek Kodu:

Size sunulan kaymaklı yoğurt örneğini aşağıda verilen özellikler bakımından değerlendirerek beğeni derecenizi skalalar üzerinde belirtiniz.

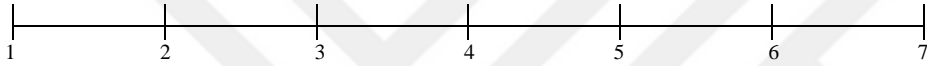
1.Renk

Süt kaymağı

Kahverengi

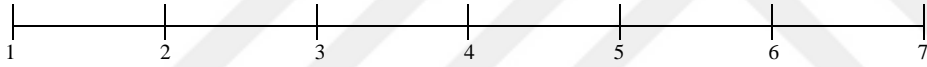
2.Görünüş

Tipik kaymak

3.Su salma

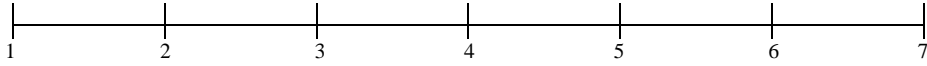
Yok

Aşırı

4.Kıvam

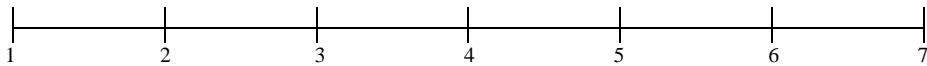
Kolay dağılmayan

Kolay dağılan

5.Yanık lezzet

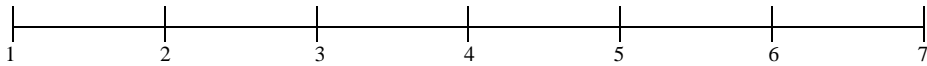
Yok

Aşırı

6.Yabancı koku

Yok

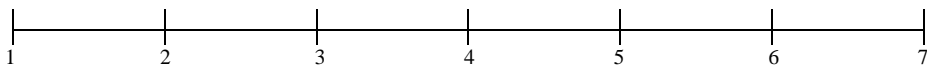
Aşırı

7.Yabancı tat

Yok

Aşırı

Lütfen Yabancı tadı tanımlayınız:.....

8.Toplam izlenim

Çok Kötü

Çok İyi