

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRAVİYOLE-C IŞIK UYGULAMASI KULLANILARAK SOĞUKTA
SAKLANAN GIDALARIN KALİTELERİNİN ARTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman Yağız TURAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

MAYIS, 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRAVİYOLE-C IŞIK UYGULAMASI KULLANILARAK SOĞUKTA
SAKLANAN GIDALARIN KALİTELERİNİN ARTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Osman Yağız TURAN
(506121521)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ebru FIRATLIGİL

MAYIS 2015

Teyzem Zuhale EVREN anısına,

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca yanımda olan, desteğini ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, sevgili hocam, danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ebru Fıratlıgil'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamdaki yardımlarıyla ve yol göstericiliğiyle yanımda olan hocam Doç. Dr. Neşe Şahin Yeşilçubuk'a, labartuvar çalışmalarımda gönülden yardımlarını sunan hocalarım Araş. Gör. Ayşe Saygün ve Araş. Gör. Esra Doğu Baykut'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca bana verdikleri destekten ötürü ailem; Yiğit Turan, Nazan Turan, Rahmi Turan ve Nalan Küçtemur'a, ve bu tezin yapılması sırasında her zaman yanımda olan, bana güç veren sevgili Cansu Ülker'e teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Osman Yağız TURAN
Gıda Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOLLER	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 Ultraviyole Işık.....	3
2.2 Ultraviyole Işık Etki Mekanizması	6
2.3 Gıdalarda Ultraviyole Işık Uygulamaları	8
2.3.1 Ultraviyole ışık uygulamalarında kullanılan terminoloji	9
2.3.2 Ultraviyole ışık uygulama dozları ve öldürücülük (letalite)	10
2.3.3 UV ışık kullanılarak gıdalarda mikroorganizma inaktivasyonu	11
2.3.4 Ultraviyole hormesis	14
2.3.5 Gıdalarda ultraviyole ışık uygulamasının olumsuz etkileri	16
2.4 Ultraviyole Uygulaması Yapılan Gıdalar	16
2.4.1 Kırmızı et	17
2.4.2 Domates salçası.....	19
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1 Materyal	21
3.2 Ultraviyole Uygulama Düzeneginin Hazırlanması	21
3.3 Ultraviyole Uygulaması	22
3.4 Kırmızı Et Örneklerinde Yapılan Analizler	23
3.4.1 pH tayini.....	23
3.4.2 Renk ölçümü	23
3.4.3 Tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarı (TBARS).....	24
3.4.4 Mikrobiyolojik analiz.....	24
3.4.5 Duysal analiz.....	25
3.5 Salça Örneklerinde Yapılan Analizler.....	25
3.5.1 pH tayini.....	25
3.5.2 Titrasyon asitliği tayini	25
3.5.3 Suda çözünür kuru madde tayini.....	25
3.5.4 Renk tayini	26
3.5.5 Howard küf sayımı	26
3.5.6 Duyusal analiz.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1 Kırmızı Ette Ultraviyole-C Işık Uygulaması.....	29
4.1.1 Mikrobiyolojik analiz sonuçları	29

4.1.2 pH analizi sonuçları.....	32
4.1.3 Renk analizi sonuçları	34
4.1.4 Tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarı (TBARS).....	38
4.1.5 Duyusal analiz sonuçları	40
4.2 Salçada Ultraviyole-C Işık Uygulaması	41
4.2.1 pH analizi sonuçları.....	42
4.2.2 Renk analizi sonuçları	43
4.2.3 Suda çözünür kuru madde tayini sonuçları	49
4.2.4 Titrasyon asitliği tayini sonuçları	50
4.2.5 Howard küf sayımı sonuçları	51
4.2.6 Duyusal analiz sonuçları	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ	63

KISALTMALAR

UV	: Ultraviolet
LPM	: Low Pressure Mercury lamp
MPM	: Medium Pressure Mercury lamp
EL	: Excimer Lamp
PL	: Pulsed Lamp
LED	: Light Emitting Diode lamp
RDI	: Recommended Daily Intake
TS	: Türk Standardı
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage
TBARS	: Thiobarbituric Acid Reactive Substances
TCA	: Trichloroacetic Acid
UV/Vis	: Ultraviolet –Visible spectroscopy
PCA	: Plate Count Agar
MRS	: de Man, Rogosa and Sharpe agar
KOB	: Koloni Oluşturma Birimi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Ultraviyole ışık kaynaklarının karşılaştırılması.....	5
Çizelge 2.2 : Mikroorganizma hücreleri için hücre merkezine % ışık geçişi.....	9
Çizelge 2.3 : Sularda bulunan mikroorganizmaların D ₁₀ değerleri	10
Çizelge 2.4 : Ultraviyole ışık uygulamasının çeşitli gıdalar üzerindeki etkisi	12
Çizelge 2.5 : Ultraviyole ışığın bahçe gıdaları üzerindeki hormesis etkisi	15
Çizelge 2.6 : Kırmızı etin besinsel kompozisyonu (100 g.'da)	17
Çizelge 2.7 : TS 1466'ya göre domates salçasının taşınması gereken özellikler	20
Çizelge 3.1 : Süreye bağlı ultraviyole uygulama dozları.....	23
Çizelge 4.1 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkisi	30
Çizelge 4.2 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam laktik asit bakterisi sayısı üzerine etkisi	31
Çizelge 4.3 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi	33
Çizelge 4.4 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L*) üzerindeki etkisi	34
Çizelge 4.5 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a*) üzerindeki etkisi.....	35
Çizelge 4.6 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b*) üzerindeki etkisi.....	35
Çizelge 4.7 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca ton açısı üzerindeki etkisi	37
Çizelge 4.8 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca TBARS miktarı üzerindeki etkisi	39
Çizelge 4.9 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi	42
Çizelge 4.10 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L*) üzerindeki etkisi	44
Çizelge 4.11 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a*) üzerindeki etkisi	44
Çizelge 4.12 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b*) üzerindeki etkisi.....	45
Çizelge 4.13 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca salçanın kendine özgü rengi (a*/b*) üzerindeki etkisi	48
Çizelge 4.14 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca suda çözünür kuru madde miktarı üzerindeki etkisi	49
Çizelge 4.15 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca titrasyon asitliği üzerindeki etkisi.....	50
Çizelge 4.16 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca küf miktarı üzerindeki etkisi.....	52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Elektromanyetik spektrum	3
Şekil 2.2 : Ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki alt bölümleri.....	4
Şekil 2.3 : Ultraviyole-C lamba (11 W).....	5
Şekil 2.4 : Ultraviyole ışığın antimikrobiyal etkinliği	6
Şekil 2.5 : UV etkisiyle DNA yapısının bozulması	7
Şekil 3.1a : Ultraviyole ışık uygulama bölmesi	21
Şekil 3.1b : Ultraviyole ışık uygulama bölmesi (yandan görünüm).....	22
Şekil 3.2 : Renk skalasında a* ve b* değerleri arasındaki açı	24
Şekil 3.3 : Howard küf sayma lamı	26
Şekil 3.4 : Howard lamı üzerinde sayım yapılan alanlar	27
Şekil 4.1 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkisi.....	30
Şekil 4.2 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam laktik asit bakterisi sayısı üzerine etkisi.....	31
Şekil 4.3 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi	34
Şekil 4.4 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L*) üzerindeki etkisi	36
Şekil 4.5 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a*) üzerindeki etkisi.....	36
Şekil 4.6 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b*) üzerindeki etkisi.....	37
Şekil 4.7 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca ton açısı üzerindeki etkisi	38
Şekil 4.8 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca TBARS miktarı üzerindeki etkisi.....	39
Şekil 4.9 : Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasında depolama süresi boyunca yapılan duyuşsal analiz sonuçları	41
Şekil 4.10 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi	43
Şekil 4.11 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L*) üzerindeki etkisi	46
Şekil 4.12 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a*) üzerindeki etkisi	46
Şekil 4.13 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b*) üzerindeki etkisi.....	47
Şekil 4.14 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca salçanın kendine özgü rengi (a*/b*) üzerindeki etkisi	48
Şekil 4.15 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca suda çözünür kuru madde miktarı üzerindeki etkisi.....	50
Şekil 4.16 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca titrasyon asitliği üzerindeki etkisi	51

Şekil 4.17 : Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca küf miktarı üzerindeki etkisi	53
Şekil 4.18 : Salçada UV-C ışık uygulamasında depolama süresi boyunca yapılan duyusal analiz sonuçları	54

SEMBOLLER

E_0	: Işınlama Akısı
E	: İrradyans
D_{10}	: Uygulama Dozu
L^*	: Açıklık
a^*	: Kırmızılık-Yeşillik
b^*	: Sarılık-Mavilik
h	: Ton Açısı

ULTRAVİYOLE-C IŞIK UYGULAMASI KULLANILARAK SOĞUKTA SAKLANAN GIDALARIN KALİTELERİNİN ARTIRILMASI

ÖZET

Isıl yöntemlerin ürün üzerindeki olumsuz etkileri üreticilerin bu yöntemleri kullanmaktan kaçınmalarına yol açmaktadır. Bunun sonucunda gıda güvenliğini ve insan sağlığını etkileyen zehirlenme ve salgın gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Gıda ürünlerinin kalitesini olumsuz yönde etkilenmesinin önüne geçmek amacıyla ısı olmayan inaktivasyon ve muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir. Bu amaçla geliştirilen ısı olmayan teknolojilerden birisi de ultraviyole (UV) ışık uygulamasıdır. Gıdaların depolanması sürecinde UV-C ışık uygulamasının optimum sıcaklıklar ile birlikte uygulanması sonucunda, hem ilk mikrobiyal yükte azalma sağlanmakta hem de mikrobiyal gelişim yavaşlatılmaktadır. Bu çalışmada, kırmızı et ve salça gibi buzdolabında sıkça muhafaza edilen gıdaların farklı muhafaza şartları için bozulma süreçlerinin belirlenmesi ve UV-C ışık uygulaması ile gıdaların raf ömrünü ve kalitesini maksimize edecek optimum uygulama parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ultraviyole ışık uygulamasının gıdalar üzerindeki etkisinin incelenmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Bu amaçla UV ışığın gıda maddesinin içerdiği mikroorganizmalar üzerindeki inaktive edici etkisinin yanı sıra gıda maddesinin kalitesi üzerindeki etkileri de sıklıkla incelenmektedir. Gıda endüstrisinde ultraviyole ışık teknolojisi farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Süt ürünleri, et ürünleri, fırıncılık gibi alanlarda ekipman yüzeylerinin sterilizasyonu, şişe, kutu, film tüp gibi ambalajlama ürünlerinin sterilizasyonu ve proses ekipmanlarının konveyörlerinin dekontaminasyonunda kullanılmaktadır. Gıda işleme proseslerinde çalışılan gıdalar tüketime hazır et ürünleri, ekmek, yumurta, balık, sebze, meyve ve toz gıdalar olarak sıralanabilir. Genel olarak, ultraviyole ışık teknolojisi aşırı olmayan dozlarda uygulanırsa gıdalar üzerinde olumsuz etkiye sebep olmamaktadır. Fakat, gıda maddesi uzun süre ultraviyole ışığa maruz bırakıldığında istenmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir. UV ışık uygulama ekipmanlarında yapılacak değişiklikler ve modifikasyonlar, daha kısa sürede istenen inaktivasyon seviyesine ulaşılabilecek proses koşullarının oluşturulmasına katkı sağlayabilmektedir. Bu nedenle ısı işlem uygulamasının olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla ultraviyole ışık uygulaması kullanılması umut verici bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır.

Ultraviyole ışık teknolojisi üzerine genellikle sebze ve meyvelerde küf gelişiminin engellenmesi ve kısa raf ömrüne sahip taze gıdaların raf ömrünü uzatma konusunda başarılı çalışmalar yapılmıştır. Dana, tavuk, balık etleri, süt ve süt ürünleri, şarküteri ürünleri ve konserve ürünleri gibi ev tipi buzdolaplarında muhafaza edilen gıdaların raf ömrünü uzatmak ve kalitelerini artırmak için de çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada ultraviyole ışığın raf ömrüne ve kaliteye olan etkisi dana eti ve salça üzerinde test edilmiştir. Literatür araştırmaları ve ön deneyler sonucunda et numunelerine 1, 3, 5 ve 8 dakika, salça numunelerine ise 1, 2,5 ve 5 dakika boyunca UV-C ışık uygulaması yapılmıştır. Bonfile şeklinde kesilmiş kırmızı et örnekleri

ultraviyole uygulaması sonrası buzdolabında 4 °C’de depolanmıştır. 7 gün boyunca günlük olarak pH tayini, tiyobarbitürik asitle reaksiyon veren madde miktarı (TBARS) tayini, renk tayini, toplam mezofilik aerobik bakteri analizi, laktik asit bakteri analizi ve duyu analizi yapılmıştır. Salça numunelerine ise yüzeyden ultraviyole ışık uygulaması yapıldıktan sonra kapakları kapatılan numuneler buzdolabında 4 °C’de 19 gün depolanmıştır. Belirli günlerde pH tayini, titrasyon asitliği tayini, suda çözünür kuru madde tayini, renk tayini, Howard küf sayımı ve duyu analizi yapılmıştır.

Ultraviyole ışık uygulamasının et ürünlerinin raf ömrünü artırma potansiyeli ürünlerin başlangıç mikroorganizma yüküne bağlı olarak da değişmekle birlikte uygulamanın üretimin hangi aşamasında yapıldığı da önemli bir etkidir. Bu çalışmada ortaya çıkan mikrobiyal inaktivasyon verileri de özellikle laktik asit bakterileri sayısının ev tipi depolamada azaltılabileceği ve bu sebeple oluşan duyu değişimlerinin önüne geçilebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda UV ışık dozlarının mikrobiyal inaktivasyonu sağlayacak ve aynı zamanda kimyasal ve fiziksel özellikleri olumsuz etkilemeyecek düzeyde seçilmesi de oldukça önemlidir. En yüksek dozda uygulama yapılmış et örneklerinin rengini en fazla kaybeden olduğu görülmektedir. 8 dakika uygulama yapılmış örneklerin ton açısı $h=1,30$ değerine ulaşmaktadır ve örneklerin kahverengileştiği söylenebilir. Düşük dozda yapılan uygulamalar (1 dk ve 3 dk) tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarını etkilemezken, yüksek dozlar oksidasyon ürünleri miktarını artırmaktadır. Örneklerin duyu olarak kabul edilebilirliği 3-4 gün içerisinde en alt seviyeye inmiştir. 1 ve 3 dakikalık uygulamalar renklerini daha fazla korumaları sebebiyle daha yüksek puanlar almış fakat ışık uygulaması sebebiyle oluşan koku, UV ışığın uygulama süresinin artmasıyla artarak değerlendirme puanlarını düşürmüştür.

Yüzeyden UV-C ışık uygulaması yapılan salça örneklerine bakıldığında, en düşük seviyede kontrol numuneleri olmak üzere uygulama süresinin artmasıyla pH değerinin %1-1,5 artış gösterdiği görülmektedir. İncelenen salça örneklerinde başlangıçta a^*/b^* oranı 1,47 olarak ölçülmüştür. Buna göre başlangıçta ürünlerin renk açısından kaliteli olmadığı görülmektedir. Ultraviyole uygulamasının, salçanın kendine özgü rengi üzerindeki etkisi ise anlamlı değildir. Küflü alan yüzdeleri değerlendirildiğinde 5 dakikalık uygulamanın diğer uygulamalara göre daha etkili mikrobiyal inaktivasyon sağladığı görülmektedir. Ev tipi tüketim açısından, ürünler açıldıktan sonra UV ışık uygulanması, yüzey küflenmesini geciktirecek ve raf ömrünü geliştirecek bir potansiyel sunmaktadır. Duyu analiz sonuçlarına bakıldığında raf ömrü boyunca yüzeyde küflenme, siyah leke oluşumu veya herhangi bir normal dışı görünüme rastlanmamıştır. 2,5 dakikalık uygulama sonucunda örneklerin renk ve koku açısından diğer örneklerle kıyasla daha kabul edilebilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Farklı dozlarda ultraviyole uygulamaları, literatürdeki bilgiler ışığında değerlendirilip gıdalar üzerinde gerekli analizler yapılarak bu gıdalar için optimum dozlar belirlenebilir. Bunun yanında buzdolaplarında çeşitli gıdalar için uygulama bölmeler tasarlanarak gıdaların ambalajı açıldıktan sonra gerçekleşen hızlı bozulma reaksiyonları yavaşlatılabilir. Farklı gıda maddeleri üzerinde ışık dozu etkisi farklı olmakla beraber, burada incelenen gıdalar için optimum uygulama dozunun 0,2-0,6 J/cm² arasında olması tavsiye edilebilir. İlerleyen çalışmalarda farklı gıdalar üzerinde yapılacak analizlerin de katkısıyla ultraviyole ışık teknolojisinin ev tipi soğukta saklama yöntemleriyle birlikte uygulanması yönünde ilerleme kaydedilecektir.

IMPROVEMENT OF THE QUALITY PARAMETERS OF COLD STORED FOOD MATERIALS BY THE APPLICATION OF ULTRAVIOLET-C LIGHT

SUMMARY

Thermal inactivation methods have negative effects on food materials, and this leads manufacturers to avoid using these methods. In consequence, cases affecting human health and food safety such as intoxications or outbreaks occur. Microbial safety, and sensory and shelf life stability of the food materials depend on the traditional preservation methods. However, consumers demand more fresh-like products with minimal processing and also a stable and safe food product. To prevent the occurring of food safety problems and human intoxications, and to avoid food quality degradation, alternative non-thermal inactivation and preservation methods are being developed.

Non-thermal novel technologies such as; ultraviolet light, electrical field, magnetic field, ultrasound, ozone and high hydrostatic pressure are being studied and applied on food processing stages. These emerging technologies are considered as an alternative to respond to the most prospective consumer demand, minimally processed safe foods. For this reason, studies on novel food processing and preservation technologies contributes to the potential of these novel methods to substitute conventional methods. Novel preservation methods are projected to prevent microbial growth and extend shelf life, also to maintain the freshness of the food material. Applying one novel preservation method is generally not sufficient, so combination of preservation methods is required. Combination of an other preservation method, such as cold storage, with a novel method seems to be feasible to achieve the desired level of safety and quality. Inactivation of microorganism can be done by destruction of cells by heat treatment and by inactivation of the cells via novel physical methods as mentioned above. One of these non-thermal inactivation and preservation technologies is ultraviolet (UV) light application, which has been recognized for its germicidal effectiveness.

Ultraviolet light applications are installed and demanded disinfection alternative for the production of drinking water. Besides the utilization of the method in drinking water production plants, Food and Drug Administration (FDA) approved the use of ultraviolet-C light application as an alternative to eliminate pathogenic bacteria from fruit juices, while preserving convenient amount of vitamins and entitled these kind of food products as “light processed”.

Ultraviolet light treatment of foods is a physical method of preservation which is free of waste and chemical residues. Therefore, this method is ecologically friendly, does not produce by-products and is safe to use. Based on the recent scientific data and engineering studies, ultraviolet light technology offers the enhancement of microbiological safety of food products and improvent of the quality parameters such as flavor, color and texture to a value closer to those of non-treated food materials. Application of UV-C light technology during storage simultaneously with cold storage at optimum temperatures causes the initial microbial load to decrease and also retards

the microbial growth. The aim of this study is to identify the spoilage conditions of frequently cold stored food products such as red meat and tomato paste, and to determine the optimum UV-C light processing parameters which maximize the quality and shelf life of these food products.

Various studies have been made to investigate effects of ultraviolet light processing on the properties of food materials. For this purpose, the effects of UV light on the quality of the food material are being investigated besides the effects on microorganisms present in food materials. Nutritional value, texture, flavor and color are the basic attributes of food material which is influential on the consumer choice. Such attributes of the food material should be remained unchanged during ultraviolet light application, therefore the studies made on the novel techniques should also tend towards controlling the stability of these attributes besides ensuring the microbiological safety of the food material.

Ultraviolet light technology is used for different applications in the food industry. Equipment sterilization in milk industry, meat industry and bakery industry, sterilization of packaging materials such as boxes, tubes and bottles, and decontamination processing conveyors are the main applications of UV technology. Besides the affectivity of UV light on the sterilization of surfaces, there is a limited application field in food processing operations. However, studies on the practicality of UV light for the sterilization of food surfaces is gaining significant attention. Frequently studied food materials are ready to eat meat products, bread, eggs, fish, fruits, vegetables and powders. In general, ultraviolet light technology does not have adverse effects on food materials. But, when the food material is exposed by high doses of UV light, undesirable changes may occur. Changes and modifications made on the ultraviolet technology equipments would contribute to achieve process conditions which can reach high inactivation levels without adverse effects. For this reason, ultraviolet light application is a promising technology which can overcome the undesired effects of thermal processes.

Successful studies and applications of ultraviolet light technology on the prevention of mould growth on fruit and vegetables, and on the improvement of shelf life of perishable fresh foods were made by researchers. Also, studies on the subject of improving the quality and shelf life of foods stored in cold such as veal, chicken, fish, milk and milk products, charcuterie products and canned foods are being made. In the present study, the effects of ultraviolet light application on the quality and shelf life of red meat and tomato paste was studied. UV application doses were chosen by searching the technical sources and testing initial samples as 1, 3, 5 and 8 minutes for meat samples and 1, 2.5 and 5 minutes for tomato paste samples. Fillet cut red meat and tomato paste samples were stored in the refrigerator at 4 °C after UV light application. Thiobarbituric acid reactive substances assay, pH and color assays, total viable mesophilic aerobic bacteria and lactic acid bacteria count assay, and sensory analyzes were made daily on red meat samples for 7 days. Tomato paste samples were stored in refrigerator for 19 days after UV application. Color and pH assays, titration acidity analyze, water soluble dry matter and Howard mould count assays were made on tomato paste samples at specific days.

The potential of ultraviolet light application to prolong the shelf life of red meat depends on both the initial microbial load and also the processing stage in which the application is made. Microbial inactivation data obtained in this work shows that the lactic acid bacteria count can be reduced and corresponding sensory changes can be

prevented when the UV light application is made in a refrigerator. Also the application dose should be chosen responsibly to both achieve the microbial inactivation and prevent the undesirable chemical and physical changes. Meat samples subjected to the highest dose (8 mins) were the ones which lost its redness most. These samples reached the highest hue angle value of $h=1.30$, and it can be said that the samples were browned. Low dose applications (1 and 3 mins) does not affect the TBARS value, while higher doses increases the level of oxidation products. Acceptability of the samples reached to the lowest level at 4th day. Samples subjected to UV light for 1 and 3 mins preserved their original color for longer, but the increase in the off-odor formation increased with the increasing doses.

Considering the effects UV light on tomato paste samples, pH values rises by 1-1.5% during the self-life while the least rise was for control samples. Initial a^*/b^* color value was 1.47. According to this, it can be said that the product was not of high quality in the aspect of color. The effect of UV light on the original color of tomato paste was seen to be insignificant. When the mould surface zones were analyzed, 5 minutes of application had the most effective microbial inactivation. In the aspect of domestic consumption, application of UV light on tomato paste offers a promising potential for retarding surface moulding and extending shelf life. During the shelf life, visible surface mould, black spots or any other abnormal appearance was not seen in the sensory analyzes. It is concluded that the samples subjected to 2.5 minutes of UV application were in a more acceptable quality opposed to other applications and control samples.

Different doses of ultraviolet applications can be studied, analyzed and applied to specific food materials and the optimum doses can be determined. Besides this, UV application partitions in refrigerators can be designed for various food materials and the rapid deterioration occurring after the package unsealed can be slowed down. The effects of UV light on different food materials are varied, the recommended optimum doses are of $0.2-0.6 \text{ J/cm}^2$ for the food products investigated in this research. Applications on various food materials can be made in the ongoing researches, and this would be a significant contribution on the implementation of UV light application combined with household cold storage methods.

1. GİRİŞ

Gıda endüstrisinde gıda güvenliği ve muhafazasının sağlanması amacıyla farklı teknolojik uygulamalar kullanılmaktadır. Etkili ve düşük maliyetli olması sebebiyle sıklıkla kullanılan pastörizasyon, sterilizasyon, ısı enerjisiyle kurutma gibi ısı yöntemlerin gıda kalitesi üzerinde olumsuz etkileri bulunabilmektedir. Özellikle ısıya duyarlı komponentler içeren gıda maddelerinde bu işlemler istenmeyen bileşiklerin ortaya çıkmasına ve besin değeri yüksek bileşenlerin yok olmasına yol açmaktadır. Isıl yöntemlerin ürün üzerindeki negatif etkileri üreticilerin bu yöntemleri kullanmaktan kaçınmalarına yol açmaktadır. Bunun sonucunda gıda güvenliğini ve insan sağlığını etkileyen zehirlenme ve salgın gibi durumlar ortaya çıkmaktadır (Gabriel, 2015). Gıda güvenliğini etkileyecek sonuçların ortaya çıkmaması ve aynı zamanda gıda ürünlerinin kalitesini olumsuz yönde etkilenmesinin önüne geçmek amacıyla ısı olmayan inaktivasyon ve muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir. Bu amaçla; ultraviyole ışık, elektrik alanı, manyetik alan, ultrason, ozon ve hidrostatik basınç gibi ısı olmayan teknolojiler üzerinde çalışılmakta ve gıda ürünlerinde uygulamaya yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Konvansiyonel yöntemlerin ikame edilmesi amacıyla yeni teknolojiler üzerinde yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmakta ve bu yöntemler endüstride kullanım alanı bulmaktadır. Tüketicilerinin sağlıklı gıda ürünlerine olan talebinin artması ise ürünlerin besin değerini korumak için muhafaza yöntemlerinin yenilenmesini ve geliştirilen teknolojilerin endüstriye adapte edilmesini teşvik etmektedir.

Gıda muhafazası ve mikrobiyal inaktivasyon amacıyla kullanılan ısı olmayan teknolojilerden birisi de ultraviyole (UV) ışık uygulamasıdır. Son yıllarda, ultraviyole ışık uygulamasının gıda endüstrisinde kullanılması ve geliştirilen yöntemlerin iyileştirilmesi amacıyla birçok bilimsel çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir.

Ultraviyole (UV) ışık, 10-400 nanometre arasında dalga boyuna sahip elektromanyetik bir ışınım türüdür. Ultraviyole ışık dalga boyu uzunluğuna göre 3 kategoriye ayrılmıştır: UV-A 400-320 nm, UV-B 320-290 nm ve UV-C 290-200 nm arasında

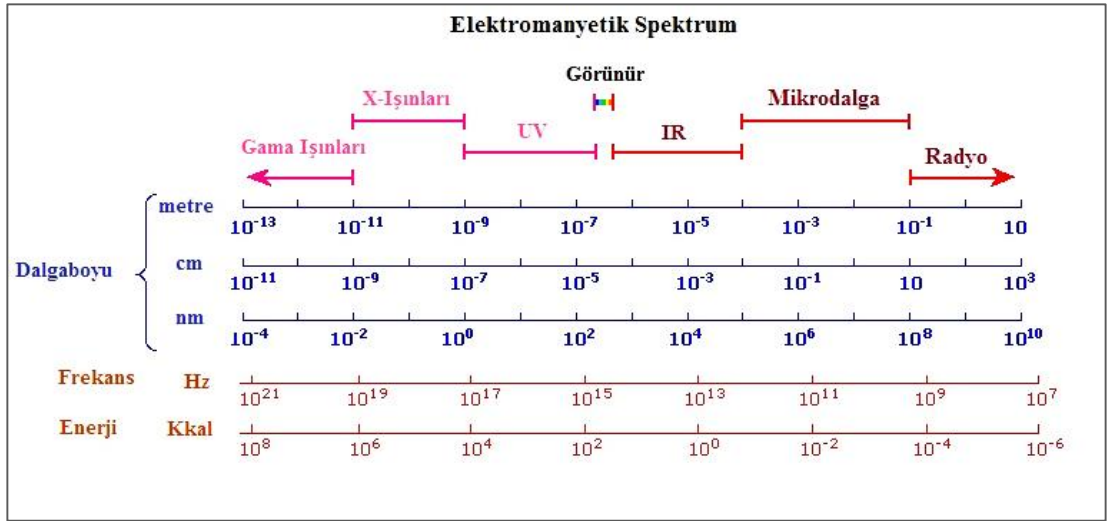
dalga boyuna sahiptir (Turker ve Yel, 2014). Ultraviyole C ışık uygulaması günümüzde etkili bir ısı olmayan inaktivasyon teknolojisi olarak kabul edilmektedir. UV-C ışığın gıdalarda kullanımını geniş bir spektrum içerisindeki mikroorganizmalara etki etmekle beraber, bunun yanında diğer açılardan da gıda maddeleri üzerinde olumlu etki oluşturduğu bilinmektedir (Manzocco ve diğ, 2012). Genel olarak UV ışık uygulamaları fiziksel, uygun maliyetli, çevre dostu ve ısı olmayan bir teknoloji olduğu için önemi son yıllarda oldukça artmıştır. UV ışık, birçok gıda maddesi için muhafaza ve dekontaminasyon amacıyla son yıllarda başarıyla uygulanmaktadır (Bhat ve Karim, 2009).

Gıdaların depolanması sürecinde UV-C ışık uygulamasının optimum sıcaklıklar ile birlikte uygulanması sonucunda, hem ilk mikrobiyal yükte azalma sağlanmakta hem de mikrobiyal gelişim yavaşlatılmaktadır. Bu çalışmada, kırmızı et ve salça gibi soğukta muhafaza edilen gıdaların farklı muhafaza şartları için bozulma süreçlerinin belirlenmesi ve UV-C ışık uygulaması ile gıdaların raf ömrünü ve kalitesini maksimize edecek optimum uygulama parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Ultraviyole Işık

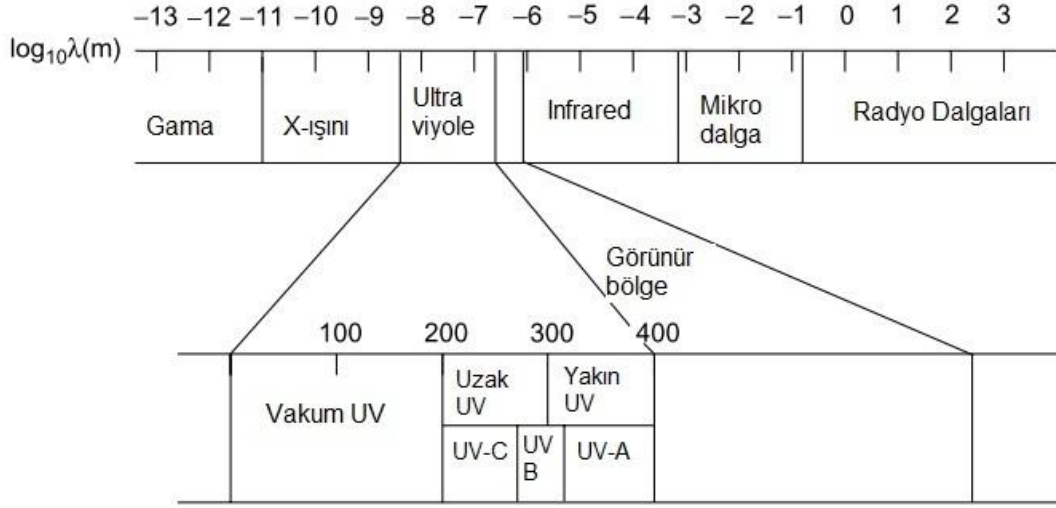
Ultraviyole ışık güneşten gelen elektromanyetik radyasyon enerjisinin bir türüdür. 10-400 nanometre dalga boyuna sahiptir ve spektrumda X ışınları ve görünür bölge arasında kalmaktadır. Ultraviyole, görünür bölgenin en yüksek frekanslı çeşidi olan mor ışığın üzerinde yer aldığı için mor ötesi ışık olarak isimlendirilmekle beraber içerdiği fotonlar 3,10-124,0 elektrovolt arasında enerji taşımaktadır ve ışınları $3,5 \cdot 10^{15}$ - $7,9 \cdot 10^{14}$ Hertz arasında frekansa sahiptir. Şekil 2.1’de ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki konumu gösterilmiştir (Reusch, 2013).



Şekil 2.1: Elektromanyetik spektrum.

Ultraviyole ışık elektromanyetik spektrumunda bulunduğu dalga boyu aralığında farklı alt bölümlere ayrılmıştır. Görünür bölgeye olan uzaklık açısından yapılan sınıflandırmaya göre; 200 nanometre altı dalga boyuna sahip UV ışık “vakum ultraviyole”, 200-300 nm arasında dalga boyuna sahip UV ışık “uzak ultraviyole”, 300-400 nm arasında dalga boyuna sahip UV ışık “yakın ultraviyole” olarak adlandırılır. Bilimsel literatürde sıklıkla kullanılan diğer bir sınıflandırmada ise dalga boyuna göre 3 bölüm içermektedir. UV-C ışık 100-280 nm, UV-B ışık 280-315 nm ve

UV-A ışık 315-400 nm arasında dalga boyuna sahiptir. Şekil 2.2’de Ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki bölümleri görülmektedir (Cai ve Corke, 2005).



Şekil 2.2: Ultraviyole ışığın elektromanyetik spektrumdaki alt bölümleri.

Ultraviyole ışık uygulamalarında yapay ışık üretmek amacıyla gaz deşarjlı lambalar kullanılmaktadır. Bu tür lambalar, elektrik akımının iyonize bir gaz içerisinde geçirilerek ışık üretilmesi prensibine dayanmaktadır. Yayılan ışığın karakteri kullanılan gaza, gazın basıncına ve elektrik akımının frekansına bağlıdır. UV lambalar argon, neon, ksenon gibi inert gazlar ve bunlara ilave olarak cıva ve sodyum gibi elementlerle doldurulmaktadır. Dolayısıyla oluşturulan UV ışık sisteminin performansı üzerinde kullanılan lamba ve işleme uygun parametrelerin seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Ticari olarak kullanılan UV lambaları arasında, düşük- ve orta-basınçlı cıva lambaları (LPM ve MPM), eksimer lambaları (EL), atımlı lambalar (PL), ve ışık yayan diyot lambalar (LED) bulunmaktadır. Dezenfeksiyon uygulamalarında genel olarak, kısa dalga boylu (254 nm) antimikrobiyal etki gösteren farklı basınçlarda cıvalı lambalar (LPM ve MPM) kullanılmaktadır. Çizelge 2.1’de lamba çeşitlerinin ultraviyole etkinliği, doz yoğunluğu ve çıkış spektrumları verilmiştir (Koutchma ve Orlowska, 2010).

Çizelge 2.1: Ultraviyole ışık kaynaklarının karşılaştırılması.

UV Kaynağı	Elektrik Verimi (%)	UV Verimi (%)	UV Yoğunluğu (W/cm ²)	Lamba Ömrü (Ay)	Çıkış Spektrumu
LPM	50	38	0,001-0,01	18-24	253,7 nm
Eksimer	10-25	10-30	0,05-0,5	13	Seçilebilir Tek Boylu
MPM	15-30	12	12	0,5	200-400 nm
Flaş ksenon	45-50	9	600	1	200-800 nm

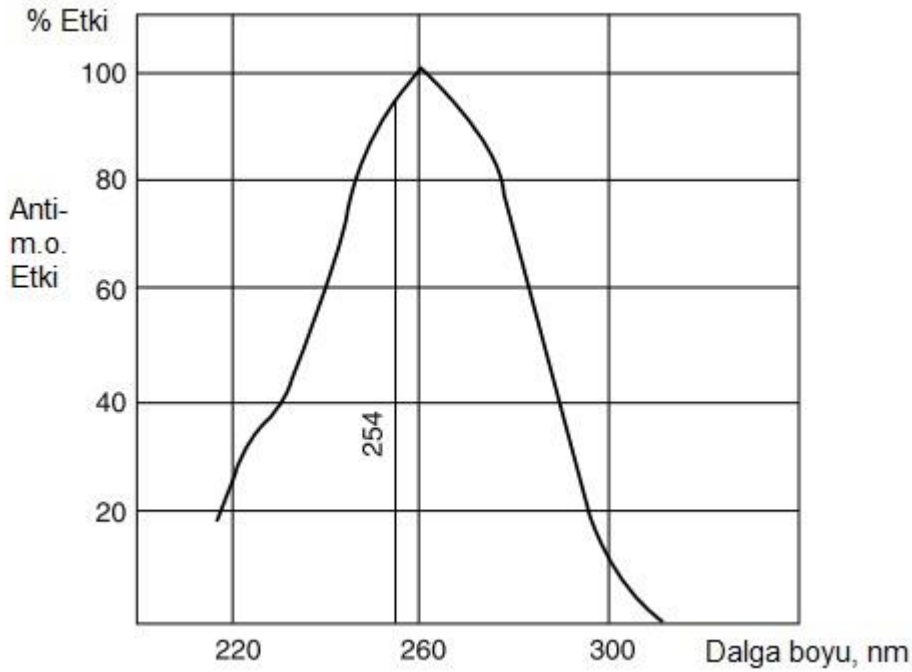
Dezenfeksiyon uygulamalarında genellikle UV-C ışık üreten cıva lambaları kullanılmaktadır. Şekil 2.3'te dezenfeksiyon uygulamalarında kullanılan 11 watt güce sahip, 4,4 mg cıva içeren tipik bir UV lambası gösterilmiştir (Koninklijke Philips N.V, 2015).



Şekil 2.3: Ultraviyole C lamba (11 W).

2.2 Ultraviyole Işık Etki Mekanizması

Ultraviyole ışık 100 nanometreden 280 nanometreye kadar olan dalga boyu uzunluğunda antimikrobiyal (germisidal) etki gösterir. Bu bölgede bulunan ultraviyole alt bölümü UV-C ışıktır. UV-C ışık 200-300 nanometre dalga boyu arasında çan eğrisi şeklinde artan ve azalan inaktivasyon etkisi gösterir (Şekil 2.4). Sıklıkla kullanılan konvensiyonel cıva lambaları 254 nm dalga boyuna sahip UV-C ışık üretir. Organik molekül tarafından absorblanan UV ışık enerjisi fotofiziksel, fotokimyasal ve/veya fototermal etki göstererek patojenlerin inaktive edilmesini sağlar. Bu sebeple istenen etkinin sağlanabilmesi için uygun lamba ve hazne tasarımı geliştirilerek absorblanan enerjinin maksimum düzeye çıkarılması gerekmektedir (Krishnamurthy ve diğ, 2008).

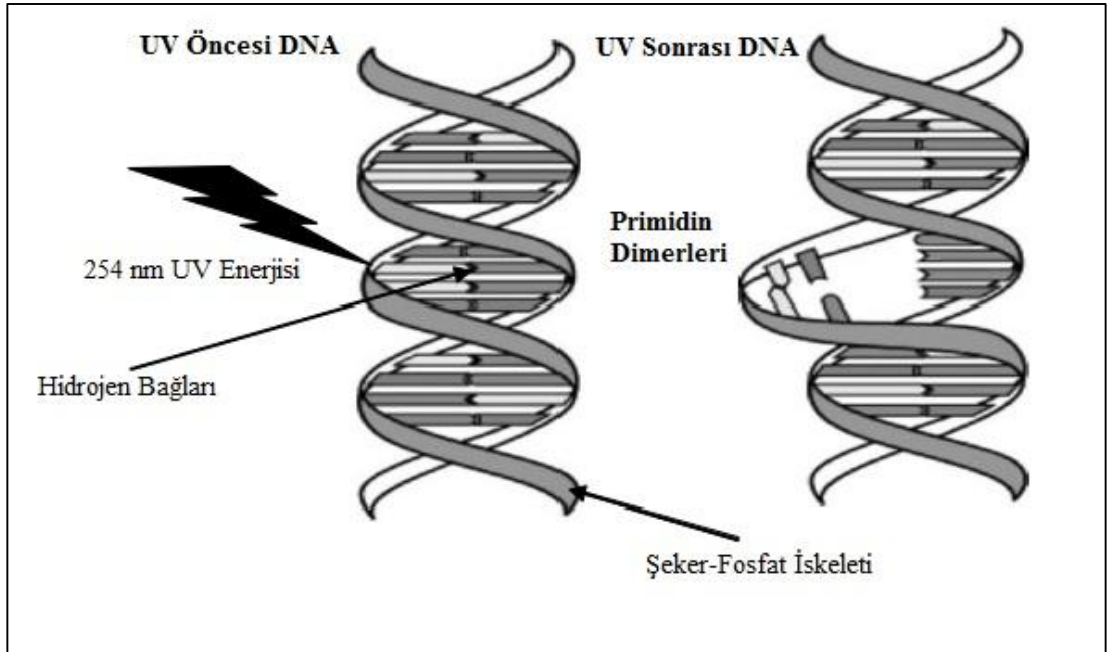


Şekil 2.4: Ultraviyole ışığın antimikrobiyal etkinliği.

Organik moleküllerin yapısında bulunan bağların birçoğu UV ışığı absorblar ve molekülde fotokimsayal değişimlerin olmasına sebep olur. Teorik olarak O-H, C-C, C-H, C-N, H-N ve S-S bağları 112,8 kkal/Einstein enerjiye sahip 253,7 nm ışıktan etkilenmektedir. En güçlü 253,7 nm ışık absorblayıcı moleküller nükleik asitlerdir. Nükleik asitlerdeki pürin ve primidin bazları ışık absorblarken, polimer iskelet ışıktan etkilenmez. 253,7 nanometrede, aromatik halka, çift halka ve/veya disülfid bağı içeren bileşikler etkili ışık absorblayıcıdır. Genellikle A vitamini, karoten, siyanokobalamin (vit. B12), D vitamini, folik asit, K vitamini, riboflavin (B2 vitamini), tokoferoller (E

vitamini), triptofan, doymamış yağ asitleri, katı yağlar ve fosfolipitler “ışığa hassas” bileşikler olarak tanımlanırlar. Karbonhidratlar ise ışığa hassas değildirler (Koutchma ve diğ, 2009).

Genel olarak ultraviyole ışık mikroorganizmaya etki ettiğinde nükleik asitlerde hasara sebep olur ve üremenin engellenmesine yol açar. Nükleik asit 200-310 nm arasındaki ultraviyole ışığı absorblar ve aldığı hasar sonucunda mikroorganizma inaktif hale gelir. Absorblanan ışık 6 farklı tipte hasar oluşturarak mikroorganizmayı inaktif hale getirebilir. DNA zincirinin kırılması, zincirlerin çapraz bağlanması, primidinlerin hidrasyonu, polinükleotit içerisindeki komşu bazların dimer oluşturması ve aromatik amino asitlerin denatüre olması UV ışığın mikroorganizma üzerindeki inaktive edici etkileridir. Bunlardan öncelikli olanı ışık etkisiyle primidin dimerleri oluşumudur (Şekil 2.5). Primidin dimerleri zincirdeki komşu timin ve sitozin bazlarının arasında bağ oluşmasıyla ortaya çıkar. Oluşan dimerler DNA’nın kopyalanması engeller ve bu da çoğalmanın durmasına yol açar. Fakat, nükleik asit üzerinde oluşan hasar çoğalmanın engellenmesine yol açarken diğer hücresel aktiviteler devam eder. Hücre canlı kalmaya devam ederken metabolizma aktiftir ve enzim mekanizması çalışarak DNA’da oluşan hasarı onarabilir (Koutchma ve diğ, 2009).



Şekil 2.5: UV ışık etkisiyle DNA yapısının bozulması.

UV-C ve UV-B ışık etkisiyle mikroorganizma DNA’sında oluşan reaksiyon ürünlerinin yaklaşık %78’i primidin dimerleridir. %10-20 arasında ise primidin primidinon oluşmaktadır. %1-10 arasında ise devar primidinon bileşikleri oluşur.

Farklı bileşiklerin oluşması dalga boyu, DNA dizilimi ve protein-DNA interaksyonu gibi etkenlere bağlıdır.

Ultraviyole ışığın etkileri mikroorganizmaları inaktif hale getirir de, ışık varlığında ve karanlıkta olmak üzere iki mekanizma sayesinde mikroorganizmalar kendilerini onarabilir. Foto-reaktivasyon adı verilen mekanizmayla 330-480 nm dalga boyundaki ışık varlığında dimerler açılmasıyla mikroorganizma yeniden çoğalmaya başlayabilir. Bu aşamadan geçmiş bir mikroorganizma UV etkisine daha dayanıklı hale gelir (Krishnamurthy ve diğ, 2008).

2.3 Gıdalarda Ultraviyole Işık Uygulamaları

Ultraviyole ışık uygulamasının gıdalar üzerindeki etkisinin incelenmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Bu amaçla UV ışığın gıda maddesinin içerdiği mikroorganizmalar üzerindeki inaktive edici etkisinin yanı sıra gıda maddesinin kalitesi üzerindeki etkileri de sıklıkla incelenmektedir. Ultraviyole ışık uygulamasının etkinliği ışığın karakteristik özelliklerine, gıda maddesinin özelliklerine, mikroorganizma tiplerine ve proses koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikler gıda maddesinin katı veya sıvı olması ve saydamlığı ultraviyole ışığın penetrasyon kabiliyeti açısından oldukça önemlidir. Örneğin sıvı ve ya toz halinde olan akışkan gıdalar UV ışık altında hareket ederek homojen bir ışık etkisine maruz bırakılabilirler. Diğer yandan, ultraviyole ışık katı ve mat gıda maddelerinin yüzeyine etkir ve derinlere işleme konusunda başarılı olamaz (Keklik ve Demirci, 2007). Bunun yanı sıra, ultraviyole ışık uygulamasında hedef alınan mikroorganizma türü için de ışık penetrasyon kabiliyetinden söz edilebilir. Farklı mikroorganizma tipleri ve/veya bir mikroorganizmanın farklı türleri arasında ışık geçirgenliği açısından farklılıklar bulunmaktadır. Çizelge 2.2’de temel mikroorganizma türleri için seçilen dalga boylarında ultraviyole ışık geçirgenliği verilmiştir (Krishnamurthy ve Irudayaraj, 2009).

Çizelge 2.2: Mikroorganizma hücreleri için hücre merkezine % ışık geçişi.

Hücre	Hücre Çapı (μm)	Seçili Dalga Boyları için % Işık Geçişi			
		200 nm	250 nm	300 nm	350 nm
Virüs	0,15	66	80	100	100
Bakteri	1	33	78	98	100
Maya	5	1,6	69	97	100

Gıda endüstrisinde ultraviyole ışık teknolojisi farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Süt ürünleri, et ürünleri, fırıncılık gibi alanlarda ekipman yüzeylerinin sterilizasyonu, şişe, kutu, film tüp gibi ambalajlama ürünlerinin sterilizasyonu ve proses ekipmanlarının konveyörlerinin dekontaminasyonunda kullanılmaktadır. Ultraviyole ışık uygulamasının yüzey sterilizasyonundaki etkinliğine rağmen gıda işleme teknolojilerinde oldukça az uygulama alanı bulunmaktadır. Ticari açıdan elde edilebilir olan ultraviyole ışık uygulama cihazlarının katı gıda uygulamaları için uygun olmaması gıdalar üzerinde UV uygulamasının sınırlı kalmasına yol açmaktadır. Ayrıca mikrobiyal inaktivasyon kinetiği üzerinde yapılan araştırmalarda süspansiyon ve sulu ortam üzerine çalışmalar yapıldığından dolayı gıda uygulamalarına adaptasyon daha zor olmaktadır (Koutchma ve diğ, 2009).

2.3.1 Ultraviyole ışık uygulamalarında kullanılan terminoloji

Ultraviyole ışık uygulamalarında kullanılan ilgili parametrelerin tanımlanması, çalışma verilerinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Aşağıda, ilgili terminoloji belirtilmektedir.

Işınlama Akısı (E_0): Tüm yönlerden gelen ışık gücünün kesit alanından geçişini ifade eder. W/m^2 birimi ile gösterilir.

İrradyans (E): Hedef alınan noktaya etkiyen toplam ışık gücünü ifade eder. W/m^2 ile gösterilir.

Doz: Etkiyen ışık gücünün belirli zamanda verdiği enerjiyi ifade eder. UV dezenfeksiyon literatüründe mikroorganizmaya etkiyen ultraviyole ışığın büyüklüğünü gösterir. Farklı kaynaklarda kJ/m^2 , J/m^2 , J/cm^2 birimleriyle gösterilmiştir.

D₁₀ Değeri: Mikroorganizma sayısını 10 kat (1 log) azaltmak için gerekli olan uygulama dozu olarak tanımlanır. Mikroorganizmaların ışık uygulamasına olan direncini ifade etmek için kullanılmaktadır.

2.3.2 Ultraviyole ışık uygulama dozları ve öldürücülük (letalite)

Genel olarak canlı hücreler üzerine uygulanan UV ışık etkisi hücre tarafından absorblanan doz ile ifade edilir. Ultraviyole ışık dozu, ekipmanın UV ışık yoğunluğu ve uygulama zamanının bileşimidir. Dolayısıyla, Bunsen-Roscoe karşılık kuralına göre yüksek UV yoğunluğunda kısa süreli uygulama ve düşük UV yoğunluğunda uzun süre uygulama benzer inaktivasyon düzeyine ulaşacaktır. Uygulama dozlarının spesifik mikroorganizma popülasyonlarında oluşturduğu azalma, bu mikroorganizmalar için deneysel olarak D₁₀ değerleri ölçülerek literatüre kazandırılmıştır. Çizelge 2.3'te çoğunlukla sularda bulunan mikroorganizmalar için D₁₀ değerleri verilmiştir (Masschelein ve Rice, 2002). Taksonomik olarak yakın olan mikroorganizma türlerinin ultraviyole ışığa olan hassasiyetinin benzer olduğu kabul edilmektedir. Uygulama yapılacak gıda maddesinde hedef alınacak olan mikroorganizmanın ultraviyole ışığa olan hassasiyeti, uygulama dozunun seçilmesinde kullanılan önemli bir parametredir (Cai ve Corke, 2005).

Çizelge 2.3: Sularda bulunan mikroorganizmaların D₁₀ değerleri.

Mikroorganizma	D ₁₀ (J/m ²)	Mikroorganizma	D ₁₀ (J/m ²)
<i>Bacterium prodigiosus</i>	7	<i>E. coli</i> (yabani suş)	50
<i>Legionella pneumophila</i>	9,2	Koliform	50-60
<i>B. megaterium</i>	11	<i>Bacillus subtilis</i> (spor)	300-400
<i>Streptococcus viridans</i>	20	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	50-60
<i>Yersinia enterocolitica</i>	20	Hepatit A	58-80
<i>Dysentery bacilli</i>	22	<i>Enterobacter cloaca</i>	65
<i>Salmonella typhi</i>	25	<i>Vibrio cholerae</i>	66
<i>Escherichia coli</i>	25	<i>Enterococcus faecalis</i>	80
<i>Proteus vulgaris</i>	27	<i>Streptococcus faecalis</i>	80
Poliovirüs	32-58	<i>Clostridium perfringens</i>	100-120

Çizelge 2.3 (devam): Sularda bulunan mikroorganizmaların D₁₀ değerleri.

Reovirüs	110	<i>Chlorella vulgaris</i>	140
<i>Bacillus paratyphosus</i>	32	<i>Actinomyces</i>	150-200
Bira mayası	33	<i>Fusarium</i>	250-350
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	34	Tütün mozaik virüsü	750
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	35	Küf sporları	150-1000
Ekmek mayası	39-60	<i>Aspergillus niger</i>	440-1320
<i>S. enteritidis</i>	40	Parazitler	1000
<i>Spirillum rubrum</i>	44	Yeşil alg	3600-6000
<i>B. anthracis</i>	45	Diatom (alg)	3600-6000
<i>Aerobacter aeromonas</i>	50	Mavi-yeşil alg (<i>Cyanobacteria</i>)	3000

2.3.3 UV ışık kullanılarak gıdalarda mikroorganizma inaktivasyonu

Gıda yüzeylerinde mikroorganizma inaktivasyonu için yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Genel olarak çalışılan gıdalar tüketime hazır et ürünleri, ekmek, yumurta, balık, sebze, meyve ve toz gıdalar olarak sıralanabilir.

Tavuk etlerinde *Salmonella typhimurium*, ve *Listeria monocytogenes* inaktivasyonu, domuz kas ve derilerinde *Escherichia coli* inaktivasyonu amacıyla yapılan bazı çalışmalarda UV-C ışığın et yüzeylerindeki bakteriyel kontaminasyonu azalttığı yönünde sonuca ulaşılmıştır. Yumurta kabuk yüzeylerine uygulanan çalışmalarda UV ışık uygulamasının *S. typhimurium* ve *E. coli* popülasyonlarını azaltmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Coufal ve diğ, 2003). Çiğ tavuk örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada, 254 nm dalga boyunda 1 mW/cm² yoğunlukta 5 dakika yapılan işlemde *L. monocytogenes* sayısında 2 log azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında UV uygulamasının et renginde ihmal edilebilir derecede değişim olduğu belirtilmiştir (Lyon ve diğ, 2007).

Doğranmış meyveler üzerine yapılan araştırmalarda yüzeylerde mikrobiyal gelişimin engellendiği ve istenmeyen kalite değişimlerine yol açmadığı saptanmıştır. Ayrıca UV ışık uygulamasının klor, hidrojen peroksit veya ozon uygulamalarından daha etkili

olacağı tahmin edilmektedir. Kesilmiş kavun üzerine yapılmış bir çalışmada 4,1 kJ/m² dozunda uygulama yapılmış ve renk, doku, görünüm gibi özellikler etkilenmeden mikrobiyal popülasyonda 1 logdan fazla azalma gerçekleştiği gözlenmiştir. (Fonseca ve Rushing, 2006).

Keçi sütü üzerine yapılan bir çalışmada 15,8 ve 1,6 mJ/cm² dozlarının kümülatif etkisiyle *Listeria monocytogenes* sayısında 5 log azalma tespit edilmiştir (Matak ve diğ., 2005). İnek sütü örneklerinde yapılan bir çalışmada ise 15 kJ/L dozda uygulamanın toplam bakteri sayısında 3 log azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir. Tüm flora içerisinde koliformların en fazla etkilendiği, sporlu bakterilerin ise en az etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır (Reinemann ve diğ., 2006).

Su dezenfeksiyonu amacıyla yapılan bir çalışmada *Escherichia coli*, *S. typhi*, *Shigella sonnei*, *Streptococcus fecalis* ve *S. aureus* hücrelerinin inaktivasyonu incelenmiştir. 0,007 J/cm² dozda *E. coli*, *S. aureus*, *S. sonnei* ve *S. typhi* 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 dozu uygulanması gerekmiştir. 253.7 nm UV uygulamasında, çeşitli gıda maddelerinde *Salmonella* ve *E. coli* inaktivasyonu incelenmiş, 24*10⁻³ W/cm² dozda elma örneklerinde *E. coli* sayısında 3,3 log azalma, domates örneklerinde ise 2,19 log azalma gözlemlenmiştir. Aynı dozda marul örneklerinde *Salmonella* sayısında 2,65 log ve *E. coli* sayısında 2,79 log azalma ölçülmüştür (Krishnamurthy ve Irudayaraj, 2009). Çizelge 2.4'te çeşitli gıda maddeleri için, belirli dozlarda ultraviyole ışık uygulaması sonucunda mikroorganizma sayılarındaki azalmalar gösterilmiştir.

Çizelge 2.4: Ultraviyole ışık uygulamasının çeşitli gıdalar üzerindeki etkisi.

Gıda Maddesi	Mikrobiyal Flora	UV dozu (J/cm ²)	Log10 Azalma	Ters Etki	Diğer Etkiler
Sığır Eti (Dilim)	Kültivasyon, Psikrofilik, <i>Pseudomonas</i> sp. <i>Thamnidum</i> sp. <i>Candida scotii</i>	7,7	Sonuçlar oldukça değişken: <i>Pseudomonas</i> için 0,1-2,2 arası	Değerlendirme yok	<i>Pseudomonas</i> ve <i>Thamnidium</i> için büyüme evresi uzatılmış fakat <i>C. scotii</i> 'de etki yok
Sığır Eti (kas ve yağlı doku)	Doğal mikroflora	-	Belirtilmemiştir	Renk bazlı tüketici testi yapılmış ve en iyi sonuç uygulama sonrası hemen paketlenenler	UV dalga boyu 366 nm ve 253,7 nm. Raf ömrü 1,5-2 gün uzaması sağlanmıştır

Çizelge 2.4 (devam): Ultraviyole ışık uygulamasının çeşitli gıdalar üzerindeki etkisi.

Sığır Eti	Kültivasyon, <i>Pseudomonas</i> sp <i>Micrococcus</i> sp. <i>Staphylococcus</i> spp.	0,066	Karışık kültür için 2 log	Kontrol ve uygulama yapılmış gıdalar arasında koku ve görünüm farkı yok	
Ekmek (Baget)	Doğal mikroflora	0,014 - 0,054	Belirtilmemiştir	Değerlendirme yok	Raf ömrü yaklaşık 9 gün uzatılmıştır
Tavuk (Bütün)	Doğal mikroflora	0,01	Belirtilmemiştir	Organoleptik kalite üzerine olumsuz etki yok	Yüzey kontaminasyonu azaltılmış fakat raf ömründe uzama gözlenmemiştir.
Tavuk (Yarım)	Kültivasyon, <i>S. typhimurium</i> ve doğal psikrotrofik mikroflora	0,08	<i>S. typhimurium</i> için 0,5 log azalma, psikrotroflar için etki yok	Renk ve acılık açısından olumsuz etki yok	-
Tavuk (Deri)	Kültivasyon, <i>S. typhimurium</i>	0,016 – 0,097	% 80,5 azalma (Tüm dozlar için ortalama)	Değerlendirme yok	-
Tavuk (göğüs)	Kültivasyon, <i>S. typhimurium</i> <i>L. monocytogenes</i> <i>E. coli</i> O157:H7	0,0015	<i>L.monocytogenes</i> için 0,48, <i>S. Typhimurium</i> için 1,02, <i>E. coli</i> için 1,28 (deri alınmamış)	Değerlendirme yok	Tavuklarda deri alınmamışken yapılan uygulamada logaritmik azalma daha fazla gözlemlenmiştir.
Çikolata	Kültivasyon, <i>Salmonellae</i>	0,17	<i>S. eastbourne</i> için 5,3 log (0,1 mm film çikolata). 0,5 mm filmde azalma gözlenmemiştir.	Değerlendirme yok	Fotoreaktivasyon gözlenmemiştir.
Filtre edilmemiş elma suyu	Kültivasyon, <i>E. coli</i> O157:H7	0,01 – 0,06	3,81 log azalma (Tüm dozlar için ortalama)	Değerlendirme yok	Yasal mecburiyet olan 5 log azalma tutarlı olarak sağlanamamıştır
Filtre edilmemiş elma suyu	Kültivasyon, <i>Cryptosporidium parvum</i> oosit	0,014	5 log	Değerlendirme yok	Oosit canlılığı kobay fare kullanılarak belirlenmiştir

Çizelge 2.4 (devam): Ultraviyole ışık uygulamasının çeşitli gıdalar üzerindeki etkisi.

Balık (fileto)	Doğal mikroflora	0,3 – 7,5	Düşük basınçlı lamba ile 0,3 J/cm ² doz için uskumruda 2,5, tekirde 0,3 log. Yüksek dozlu lamba ile 6 J/cm ² doz için uskumruda 2,7 , tekirde 0,4 log	Değerlendirme yok	Pürüzlü yüzey tekir örneklerinde zayıf inaktivasyona sebep olmuştur. Klorlu su UV kombinasyonu en iyi sonuçları vermiştir. Uskumru için raf ömrü en az 7 gün uzatılmıştır.
Akçaağaç şurubu	Doğal mikroflora	-	Belirtilmemiştir	İşlem görmüş özsu tat ve rengini korumuştur.	Akçaağaç özsu tanklarda sürekli olarak UV uygulaması yapılmıştır. Bakteri sayısı 11 gün boyunca 4*10 ⁵ kob/ml altında tutulmuştur.
Domuz eti (deri ve kas)	Kültivasyon, <i>E. coli</i> ve <i>S. senftenberg</i>	0,192	<i>S. senftenberg</i> için deride 3,8, kasta 4,6. <i>E. coli</i> için deride 1,6, kasta 1,5 log	Değerlendirme yok	Deri ve kastaki D değerleri: <i>S. senftenberg</i> için 490 ve 1046 sn, <i>E. coli</i> için 592 ve 1205 sn.
Sosis	Kültivasyon, <i>E. coli</i> ve <i>B. Subtilis</i>	0,2	<i>E. coli</i> için 5 log <i>B. Subtilis</i> için 4 log	Değerlendirme yok	Yüksek dozlu kaynak. Merkezde sterilizasyon daha efektif.
Yumurta kabuğu	Doğal mikroflora	3,9'a kadar	1 J/cm ² 'de 2 log 3 J/cm ² 'de 3 log	Değerlendirme yok	Uygulama sırasında yumurta dönüş halinde. UV kaynağı belirtilmemiş.
Yumurta kabuğu	Kültivasyon, <i>S. enteritidis</i>	0,05'e kadar	0,008 J/cm ² 'de 1,1 log 0,05 J/cm ² 'de 2,5-4 log	Değerlendirme yok	-
Çilek	<i>Botrytis cinerea</i>	0,025 ve 0,1	Belirtilmemiş	0,25 J/cm ² 'de daha fazla antosiyanin miktarı ve meyve daha sert. Yüksek doz 1 J/cm ² 'de hasar oluşumu	Raf ömrü 4-5 gün uzatılmıştır.

2.3.4 Ultraviyole hormesis

Ultraviyole ışık teknolojisinin meyve ve sebzelerde bitki hücrelerine yaptığı bazı değişikliklerin etkisiyle, bu hücrelerin fungal patojen ve toksinlere karşı daha dayanıklı hale geldiği belirtilmektedir. Bir toksin, bulaşıcı ya da radyasyon gibi olumsuz bir etmenin düşük dozlarının hücreye pozitif direnç kazandırması anlamına

gelen hormesis olayı hakkında yeterli çalışma yapılmamıştır. Ayrıca meyve-sebze üreticilerinin de bu uygulamadan yararlanması için daha fazla bilgi edinilmesi gerekliliği bulunmaktadır. Fakat çalışmaların artmasıyla ve bu olayın tamamen anlaşılmasıyla birlikte, hasat sonrası kayıpların azaltılması açısından umut verici gözükmektedir. Bunun yanı sıra pestisit ve kimyasal kullanımı gibi yöntemlerin azaltılmasına olanak sağlayacaktır. Bazı bahçe bitkileri üzerinde ultraviyole ışığın oluşturduğu hormesis etkisi Çizelge 2.5'te verilmiştir (Cai ve Corke, 2005).

Çizelge 2.5: Ultraviyole ışığın bostan gıdaları üzerindeki hormesis etkisi.

Mahsul	Hedef Patojen	UV Dozu (J/cm²)	Optimum UV Dozu (J/cm²)	Etkiler
Elma	<i>Penicillium expansum</i>	0,75	-	Uygulama yapılmış elmalar 24C'de 14 gün depolanmış ve 96 saat önceki ilk UV uygulaması en iyi etkiyi vermiştir
Lahana	<i>Xanthomonas campestris</i>	0,13-0,75	3,6	Uygulama sonrası lahana tohumları 8 ay depolanmış, optimum dozda kalitede artış gözlenmiştir.
Havuç	<i>Botrytis cinerea</i>	0,011-0,088	0,044-0,088	Taze havuçlar, bir süre depolanana göre daha fazla direnç göstermişlerdir.
Limon	<i>Penicillium digitatum</i>	0-0,015	0,5	İnokülasyondan 24 saat önce UV uygulanmış örneklerde çürüme geciktirilmiştir.
Mango	-	0,49-0,99	0,49	0,49 J/cm ² 'de görünüş ve doku iyileşmiş fakat daha yüksek dozlarda çürüme hızlanmıştır.
Portakal	-	0,05-0,3	-	0,05 J/cm ² 'deki uygulama çürümeyi geciktirmiş, yüksek dozdaki uygulama sadece erken hasattaki ürünlerde daha etkili olmuştur.
Patates	<i>Fusarium solani</i> , <i>Erwinia carotovora</i>	0,75-1,5	-	Belirtilen skala içerisinde ultraviyole dozunun artmasıyla hastalığı durdurma etkisi artmaktadır. 1,5 J/cm ² 'den yüksek dozlar çimlenmeyi hızlandırmıştır.
Domates	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>	0,13-4,0	0,36-0,75	0,36 ve 0,75 J/cm ² dozlarında olgunlaşma geciktirilmiş fakat 4 J/cm ² dozda yüzeyde renk kaybı gözlenmiştir.

2.3.5 Gıdalarda ultraviyole ışık uygulamasının olumsuz etkileri

Mikrobiyal popülasyonun azaltılmasının yanında, yüksek dozda ultraviyole ışık uygulaması gıdalarda kalite kaybına yol açabilir. Ultraviyole ışık metal oksit ve hava varlığında nişastanın depolimerizasyonuna yol açabilir, ayrıca yağ içeren gıdalarda lipid radikalleri ve hidrojen peroksit oluşumu gözlenebilmektedir. Peroksit oluşumu yağda çözünen vitaminlerin, renk pigmentlerinin ve diğer besin öğelerinin kaybolmasına yol açabilir (Kolakowska, 2003). Ultraviyole ışık uygulaması neticesinde renk değişimi ve kötü koku oluşumu yaşanabilmektedir. Uygulama sırasında oksijen radikalleri oluşmaktadır, bu da 185-195 nm dalga boyunda ozon gazı oluşumuna yol açmaktadır. Bunun sonucunda kötü koku oluşumu meydana gelebilmektedir. (Ohlsson ve Bengtsson, 2002). Uygulama süresinin uzun tutulması A, B₂ ve C vitaminlerinin kaybına yol açabilmektedir. Renk maddeleri uygulama sırasında oluşan peroksitlerden zarar görürken, riboflavinlerin ışık yardımıyla aktifleşmesi ve metiyonin oluşumu kötü koku ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Cuvelier ve Berset, 2005).

Genel olarak, ultraviyole ışık teknolojisi aşırı olmayan dozlarda uygulanırsa gıdalar üzerinde olumsuz etkiye sebep olmamaktadır. Fakat, gıda maddesi uzun süre ultraviyole ışığa maruz bırakıldığında istenmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir. UV ışık uygulama ekipmanlarında yapılacak değişiklikler ve modifikasyonlar, daha kısa sürede istenen inaktivasyon seviyesine ulaşılabilecek proses koşullarının oluşturulmasına katkı sağlayabilmektedir (Krishnamurthy ve Irudayaraj, 2009).

2.4 Ultraviyole Uygulaması Yapılan Gıdalar

Isıl işlem uygulamasının olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla ultraviyole ışık uygulaması kullanılması umut verici bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Genellikle sebze ve meyvelerde küf gelişiminin engellenmesi ve kısa raf ömrüne sahip taze gıdaların raf ömrünü uzatma konusunda başarılı çalışmalar yapılmıştır. Dana, tavuk, balık etleri, süt ve süt ürünleri, şarküteri ürünleri ve konserve ürünleri gibi ev tipi buzdolaplarında muhafaza edilen gıdaların raf ömrünü uzatmak ve kalitelerini artırmak için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada ultraviyole ışığın raf ömrüne ve kaliteye olan etkisi dana eti ve salça üzerinde test edilmiştir.

2.4.1 Kırmızı et

Kırmızı et ifadesi, dana, sığır, keçi, koyun, deve ve manda gibi küçükbaş ve büyükbaş hayvanların kas dokularını tanımlamaktadır. Genel olarak “et” ifadesi hayvan kas dokusu ve bu dokuya bağlı olan deri ve yağ dokusunun tümünü kapsamaktadır. Sakatat veya iç organ olarak tanımlanan ciğer, böbrek, dil, beyin ve benzeri kısımlar “hayvan eti” olarak tanımlanmamakta ve bu ifadenin dışında yer almaktadır. Geniş bir tabir olan “et” kavramı bu organ ve kısımları da kapsamaktadır fakat ticari ve bilimsel anlamda kabul gören kullanım sakatat ve iç organların “et” kavramı içinde yer almamasına yöneliktir. Kırmızı et yüksek biyolojik değere sahip proteinler ve önemli mikro besin maddeleri açısından zengin bir kaynaktır. Çizelge 2.6’da kırmızı etin bileşimi ve içerdiği besin maddeleri listelenmiştir. Kırmızı et önemli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra niasin, B6 ve B12 vitaminleri, fosfor, demir, çinko, riboflavin ve selenyum açısından da önemli bir kaynaktır. Besinsel öğeler hayvan çeşidi, sezon, beslenme alışkanlıkları, yetiştirildiği bölge ve özellikler hayvanın kısımlarına göre değişiklik göstermektedir. Çizelge 2.6’da verilen değerler yağsız ve sadece kas içi yağı içeren dana kas dokusunun ortalama bileşimini göstermektedir (Williams, 2007).

Çizelge 2.6: Kırmızı etin besinsel kompozisyonu (100 g.’da).

	Sığır	Dana	Koyun
Nem	73,1	74,8	72,9
Protein (g)	23,2	24,8	21,9
Yağ (g)	2,8	1,5	4,7
Enerji (kJ)	498	477	546
Kolesterol (mg)	50	51	66
Tiamin (vit. B1) (mg)	0,04	0,06	0,12
Riboflavin (vit. B2) (mg)	0,18	0,20	0,23
Niasin (mg)	5,0	16	5,2
B6 vitamini (mg)	0,52	0,8	0,1
B12 vitamini (µg)	2,5	1,6	0,96
Pantotenik asit (mg)	0,35	1,5	0,74

Çizelge 2.6 (devam): Kırmızı etin besinsel kompozisyonu (100 g.'da).

α -tokoferol (mg)	0,63	0,50	0,44
Sodyum (mg)	51	51	69
Potasyum (mg)	363	362	344
Demir (mg)	1,8	1,1	2,0
Çinko (mg)	4,6	4,2	4,5
Fosfor (mg)	215	260	194
Selenyum (μ g)	17	<10	14

100 gram kırmızı et yetişkin bir kişi için, protein, B6 vitamini, niasin ve çinko açısından günlük önerilen miktarın (RDI) yaklaşık %50'sini karşılamaktadır. Bu oran demir, fosfor, selenyum ve riboflavin için yaklaşık %25 iken B₁₂ vitamini için %90-100'dür.

Çiğ kırmızı etin üretimi, depolanması ve taşınması ve tüketici tarafından muhafaza edilmesi sırasında üründe kimyasal ve mikrobiyolojik değişiklikler meydana gelmektedir. Depolama süresinin artmasıyla bu değişiklikler etin bozulmasına sebep olmakta ve gıda kalitesini ve insan sağlığını etkilemektedir. Bu nedenle raf ömrünü uzatmak için yeni teknolojilerden yararlanmak amaçlanmaktadır. Kırmızı etin raf ömrünü etkileyen en önemli faktörler hayvanın türü, beslenme alışkanlığı ve yaşı, doğal mikroflorası, peroksit sayısı, pH, asitlik gibi kimyasal özellikleri, işleme koşulları, depolama sırasında oksijen varlığı, sıcaklık ve ambalaj özellikleri olarak sıralanabilir (Rahman, 1999). Kırmızı etin bozulmasına sebep olan en önemli mekanizmalar mikrobiyal aktivite, lipid oksidasyonu ve otolitik enzim aktivitesidir.

Et ve et ürünleri mikroorganizma gelişimi için oldukça uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bozulma etkeni mikroorganizmaların en önemli bulaşma kaynağı deri ve bağırsaktır. Soğukta saklanan (0-5 °C) taze etlerde, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Microbacterium*, *Morexella*, *Flavobacterium*, *Alteromonas* ve *Saccharomyces* türleri koku kaybı, salyalanma ve renk değişimine sebep olurken, Mayalar, *Penicillium* ve *Pseudomonas* türleri lipoliz ve koku değişimine, *Penicillium* türleri küflenmeye, *Thamnidium* türleri püsküllemeye, *Cladosporium* türleri siyah nokta oluşumun ve *Sporotrichum* türleri beyaz leke oluşumuna sebep olurlar (Şahin ve Başoğlu, 2011). Ette bozulma sonrası en yaygın olarak ortaya çıkan bileşikler *Pseudomonas* türlerinin ürettiği metilamin, dimetilamin

ve trimetilamindir (Garcia-Lopez ve diğ, 1998) Bakteri gelişimi için optimum pH aralığı 5,5-7,0 olmakla beraber *Psudomonas* türlerinin üreme hızı 0°C’de rölatif olarak yavaşken 2°C’de artmakta ve raf ömrünü etkilemektedir (Dave ve Ghaly, 2011).

Hayvan kesiminden sonra kan akışı durduğunda dokulardaki yağ asitleri oksidasyon reaksiyonlarına maruz kalır. Oksidasyon sonrası oluşan bileşikler sebebiyle ette kötü koku oluşumu ve bozulma gerçekleşir. Enzimatik ve enzimatik olmayan hidroliz sonucu ise yağ dokudaki trigliseritler parçalanır ve acılaşıma meydana gelir. Yağ asidi kompozisyonu, ette bulunan prooksidan miktarı ve E vitamini miktarı gibi etkenler gerçekleşen lipid oksidasyonu boyutunu belirler.

Kesim sonrası et hücrelerinde gerçekleşen enzimatik reaksiyonlar et bozulmasının önemli etkenlerinden biridir. Kompleks bileşiklerin parçalanması sebebiyle oluşan yumuşama, trigliserit parçalanmaları sonucu gerçekleşen acılaşıma ve polipeptid yıkılması sonucu oluşan kötü koku ve doku bozulmaları otolitik enzim aktivitesi sonucu gerçekleşir (Dave ve Ghaly, 2011).

2.4.2 Domates salçası

Domates mevsimlik bir meyve olduğundan dolayı, yılın diğer bölümlerinde duyusal ve besinsel değer açısından daha düşük kaliteli olarak tüketilmektedir. Bu nedenle farklı şekillerde işlenmiş domates ürünleri yılın her döneminde aynı standartta kalabilmektedir. Domates salçası da bu şekilde, domatesin işlenmesi ve tüketiciye sunulması ile yemeklik gıdalar sınıfında yılın tüm dönemlerinde tüketilmektedir. Domates kullanılarak üretilen salça, ketçap, püre gibi ürünler arasında bulunan domates salçasının kullanım alanı oldukça geniştir ve büyük miktarda tüketilmektedir. Bu nedenle ürünün kalitesi üretimde, taşımada, ev tipi depolamada ve tüketimde korunmalıdır ve gıda güvenliğini etkileyecek durumlar için önlem alınmalıdır. TS 1466 kodlu Domates Salçası Standardı’na göre salçanın özellikleri belirli sınırlar içerisinde tutulmalı ve tüketici hakları korunmalıdır. Çizelge 2.7’de Domates Salçası Standardı’nda yer alan ürün özellikleri listelenmiştir (Anonim, 2008).

Çizelge 2.7: TS 1466'ya göre domates salçasının taşınması gereken özellikler.

Özellik	Limitler
Tuzsuz kuru madde miktarı	Püre salça: % 11-26 Duble konsantre: % 28-30 Triple konsantre: % 36-40
Tuz miktarı	Tuzsuz salçalarda, kuru maddede, en çok %2,5 Tuzlu salçalarda, kuru maddede, en çok % 10
İndirgen şeker	Toplam kuru maddenin en az % 40'ı
Toplam asitlik	Toplam kuru maddenin en çok % 10'u
%10'luk HCl'de çözünmeyen kül	Kuru maddede, en çok % 0,3
Siyah leke miktarı	En çok 2 adet/g
Hunter a/b	En az 1,8
Yabancı madde	Bulunmamalı

Domates salçası; domateslerin sırasıyla yıkanması, ayıklanması, parçalanması, ısıtılması, kabuk ve çekirdeklerinin ayrılması ve pulpun belirli bir kuru madde düzeyine kadar konsantre edilmesi işlemlerinden geçerek üretilir. Dolayısıyla domates salçası, hiçbir katkı maddesi içermeyen bir domates ürünüdür. Pulpun konsantrasyonu sırasında salça, evaporatör tipine bağlı olarak 70-80 °C'ye kadar ısıtılmaktadır. Üretilmiş salça 90-93 °C'de sıcak dolum yapılarak ambalaja doldurulmakta ve 5 ppm klor içeren su ile merkez sıcaklığı 40 °C olana kadar soğutulmaktadır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2004).

Üretim sonrası tüketime hazır salçalarda, bir kısmı bitki hastalıklarına neden olan, bir kısmı da domateste çürüme ve bozulmaya yol açan tipte küf bulunmaktadır. Salçada bulunan küflerin tipi ve bulaşma nedenine bakılmaksızın domatesin daha işlenmeden önce küflenip kalitesinin düştüğü veya bozulmuş olduğu şeklinde değerlendirme yapılır (Cemeroğlu, 2013).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

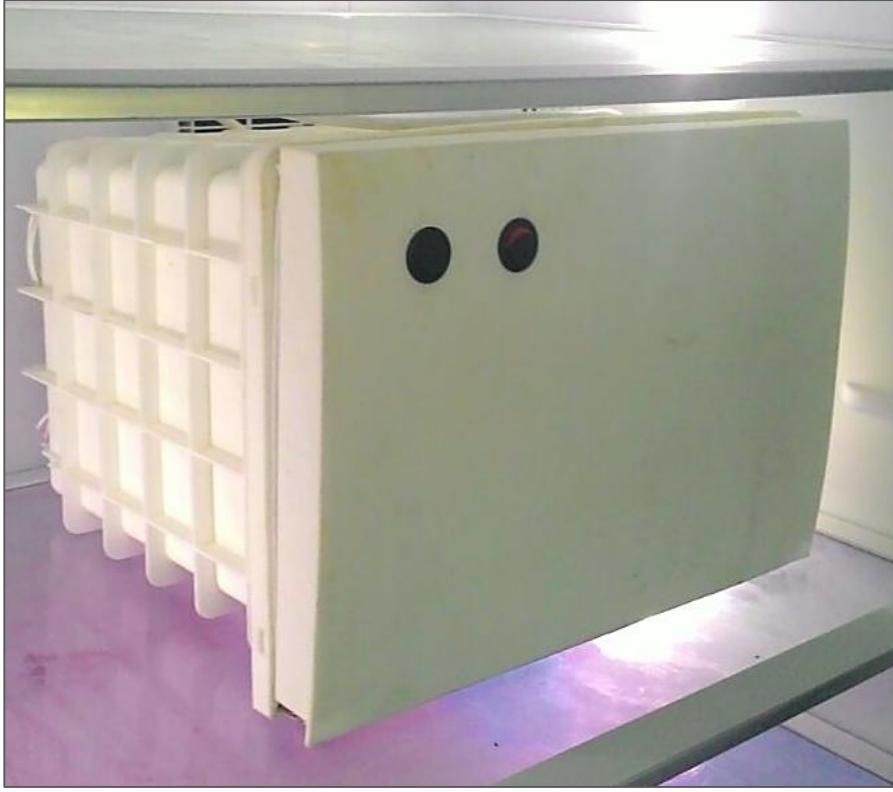
Bu çalışmada kullanılan kırmızı et ve salça örnekleri TAT A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Besiyeri hazırlama amacıyla kullanılan hazır besiyeri karışımları için Merck (Almanya), kimyasal analizlerde kullanılan tiyobarbitürik asit, trikloroasetik asit, sodyum hidroksit gibi kimyasallar için Sigma Aldrich (ABD) markaları tercih edilmiştir. Tüm analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıktadır.

3.2 Ultraviyole Uygulama Düzenekinin Hazırlanması

Buzdolabı içerisine yerleştirilen UV-C ışık uygulama bölmesi Arçelik A.Ş. tarafından temin edilmiş olup, uygulamalar 4°C’de gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1a ve 3.1b). Bölmenin tabanı ve tavanında iki adet 11 watt gücünde UV lambası bulunmaktadır. Et numunelerinin yerleştirilmesi için bölme içerisinde bir adet ızgara bulunmaktadır. Dilim halinde 1 cm yüksekliğinde kesilen gıda maddesi ızgara üzerine yerleştirildiğinde iki yüzeyi de lambalara eşit uzaklıkta olmaktadır.



Şekil 3.1a: Ultraviyole uygulama bölmesi.



Şekil 3.1b: Ultraviyole uygulama bölgesi (yandan görünüm).

3.3 Ultraviyole Uygulaması

Ultraviyole uygulama dozu lambaların oluşturduğu ortalama irradyans ve uygulama süresine bağlıdır. Uygulama dozunun, uygulama süresine bağlı olarak hesaplanması Denklem 3.1’de verilmiştir.

$$\text{Uygulama süresi (dk)} = \frac{1000 \times \text{Uygulama dozu (J/cm}^2\text{)}}{60 \times \text{İrradyans (mW/cm}^2\text{)}} \quad (3.1)$$

Literatür araştırmaları ve ön deneyler sonucunda et numunelerine 1, 3, 5 ve 8 dakika, salça numunelerine ise 1, 2,5 ve 5 dakika boyunca UV-C ışık uygulaması yapılmıştır. Belirlenen sürelerle karşılık gelen uygulama dozları hesaplanmış ve Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Süreye bağlı ultraviyole uygulama dozları.

Süre (dk)	UV Dozu (J/cm ²)
1	0,21
2,5	0,525
3	0,63
5	1,05
8	1,68

3.4 Kırmızı Et Örneklerinde Yapılan Analizler

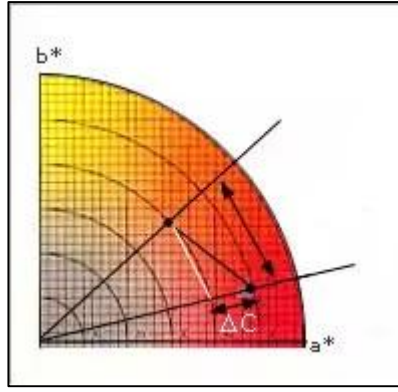
Bonfile şeklinde kesilmiş 1 cm kalınlığındaki örnekler dört farklı dozda ultraviyole ışık uygulaması yapılmıştır. Daha sonra streç filmle sarılmış numuneler buzdolabında 4 °C’de depolanmıştır. 7 gün boyunca günlük olarak pH tayini, tiyobarbitürik asitle reaksiyon veren madde miktarı (TBARS) tayini, renk tayini, toplam mezofilik aerobik bakteri analizi, laktik asit bakteri analizi ve duyu analizi yapılmıştır.

3.4.1 pH tayini

Et numunelerinden alınan 20 gram örnek deiyonize su eklenerek mekanik karıştırıcıda homojen hale getirilir. Homojenleştirmeden hemen sonra örnekler pH’ı pH metre aracılığıyla ölçülür. Sonuçlar 0,05 pH birimi yaklaşımla belirtilir (TS 3136, 2002). Ölçümlerde Hanna Instruments (ABD) markalı pH metre kullanılmıştır.

3.4.2 Renk ölçümü

Et örneklerinin, her gün 3 ön yüzey ve 3 arka yüzey olmak üzere 6 farklı noktasından Konica Minolta (Japonya) markalı kolorimetre ile ölçüm yapılmıştır. CIE’nin (Commission Internationale de l’Eclairage) L^* , a^* ve b^* renk birimleri kullanılarak renk değişimi ifade edilir (Park ve diğ., 2010). Ölçüm sonuçları America Meat Science Association standartlarına göre değerlendirilmiştir (2012). Buna göre renk ifadesi a^* ve b^* değerleri arasındaki ton açısını gösteren $h = \arctan(a^*/b^*)$ parametresi ile değerlendirilir (Şekil 3.2). Buna göre yüksek ton açısı örneğin daha az kırmızı olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.2: Renk skalasında a^* ve b^* değerleri arasındaki açı.

3.4.3 Tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarı (TBARS)

Kıyma haline getirilmiş 10 gram et, 40 ml %5'lik (w/v) trikloroasetik asit (TCA) ile oda sıcaklığında 1 dakika homojenize edilir. Homojenat 5000 rpm'de 1,5 dk santrifüjlenir ve üst faz mikrofiber filtre ile süzülür. Filtrat %5'lik TCA kullanılarak 50 ml'ye tamamlanır. 5 mililitrelik kısmı 5 ml 80 mM TBA ile birlikte su banyosunda 80 ± 1 °C'de 45 dakika ısıtılır. Örnekler oda sıcaklığında soğutulduktan sonra UV/Vis spektrofotometrede 525 nanometrede absorbansları ölçülür. Sonuçlar kg ette mg malonaldehit eşleniği ile ifade edilir (Limbo ve diğ, 2013).

3.4.4 Mikrobiyolojik analiz

10 gram kesilmiş örnek stomacher torbasına konur ve 90 ml pepton çözeltisi eklenerek stomacherde 90 saniye homjenize edilir. 10^{-1} oranında seyreltilen dilüsyondan 1 ml alınarak tüp içerisindeki 9 ml'lik pepton çözeltisine eklenerek desimal seri dilüsyonlar hazırlanır. Toplam canlı mezofilik aerobik bakteri sayısının ölçülmesi için dilüsyondan 0,1 mililitre alınarak 90 milimetre çaplı petri kabında bulunan steril plate count agar'a (PCA) eklenir ve yayılır. Petriler 30 °C'de 48 saat aerobik koşullarda inkübe edilir ve sayım yapılır. Toplam laktik asit bakterisi sayısının ölçülmesi için dilüsyondan 0,1 mililitre alınarak petri kabında bulunan steril “de Man, Rogosa and Sharpe” agar'a (MRS) eklenir ve yayılır. Petriler 30 °C'de 48 saat aerobik koşullarda inkübe edilir ve sayım yapılır. Sonuçlar, gram ette logaritmik koloni oluşturma birim sayısı ile ifade edilir (Limbo ve diğ, 2010).

3.4.5 Duysal analiz

Et örnekleri panelistler yardımıyla duysal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Panelistler örnekleri 7 gün boyunca 0-5 arasındaki puan skalasına göre değerlendirmiş ve izlenimlerini belirtmişlerdir. Örneklerin değerlendirildiği parametreler; taze et kokusu, yanık kokusu, kötü koku, metalik koku, asidik koku, çürük koku, yüzeydeki renk, iç renk, parlaklık, yüzeyde normal dışı görünüm, yapışkanlık olarak belirlenmiştir. Panelistler tarafından bu kriterlerin tümü değerlendirilerek, örneklerle genel izlenim puanları verilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir (Thomas ve diğ, 2006).

3.5 Salça Örneklerinde Yapılan Analizler

360 gramlık cam kavanozlarda bulunan salça numuneleri ultraviyole uygulama bölmesine yerleştirilmiş ve yüzeyine ultraviyole ışık uygulaması yapılmıştır. Daha sonra kapakları kapatılan numuneler buzdolabında 4 °C’de 19 gün depolanmıştır. 0, 3, 5, 7, 10, 13, 16 ve 19. günlerde pH tayini, titrasyon asitliği tayini, suda çözünür kuru madde tayini, renk tayini, Howard küf sayımı ve duysal analizler yapılmıştır.

3.5.1 pH tayini

50 gram salça üzerine 50 ml deiyonize su eklenip karıştırılır ve homojen hale getirilir. 20 °C’de pH metre yardımıyla ölçüm yapılır (TS 3136, 2002).

3.5.2 Titrasyon asitliği tayini

25 gram salça tartılarak ölçü balonu içerisinde 250 mililitreye tamamlanır. Karıştırılan örnek filtre edilir ve filtrattan 25 ml alınır. Alınan filtrat fenolftaleyn eşliğinde 0,1 N NaOH ile titre edilir. Titrasyondaki harcama miktarından, titrasyon asitliği susuz sitrik asit cinsinden ifade edilir (Cemeroğlu, 2013).

3.5.3 Suda çözünür kuru madde tayini

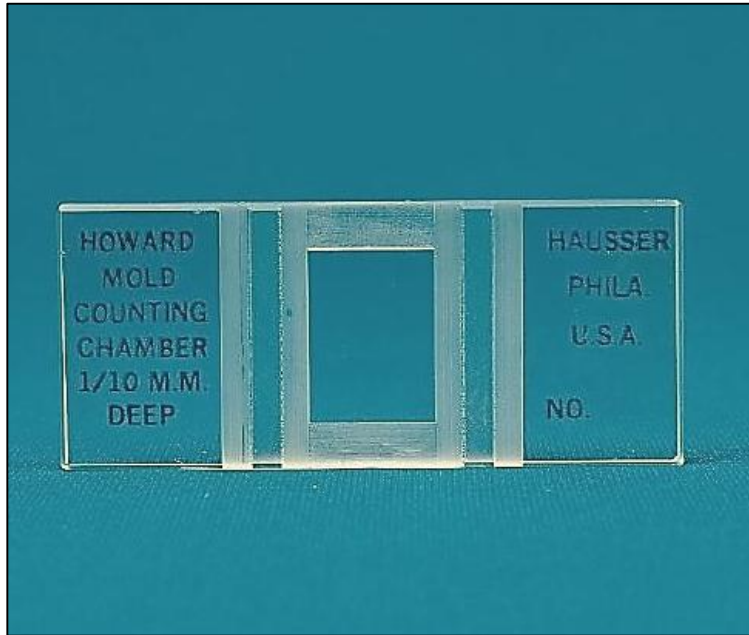
Salça örneği filtre edilir, filtratın bulanık olmamasına ve çözünmemiş süspansiyon halinde katı parçacık içermemesine dikkat edilir. Daha sonra filtrat refraktometre prizmasına damlatılarak ölçüm yapılır. Sonuç Brix derecesi olarak ifade edilir (Sanchez-Moreno ve diğ, 2006).

3.5.4 Renk tayini

Salça yüzeyinde Konica Minolta (Japonya) markalı kolorimetre ile ölçüm yapılmıştır. CIE'nin L^* , a^* ve b^* renk birimleri kullanılarak renk değişimi ifade edilir. Salçanın rengini en iyi a^*/b^* oranı yansıtmaktadır. a^*/b^* oranı 1,90'ın üzerinde olan salçalar renk açısından birinci sınıf olarak kabul edilmektedir (Cemeroğlu, 2013).

3.5.5 Howard küf sayımı

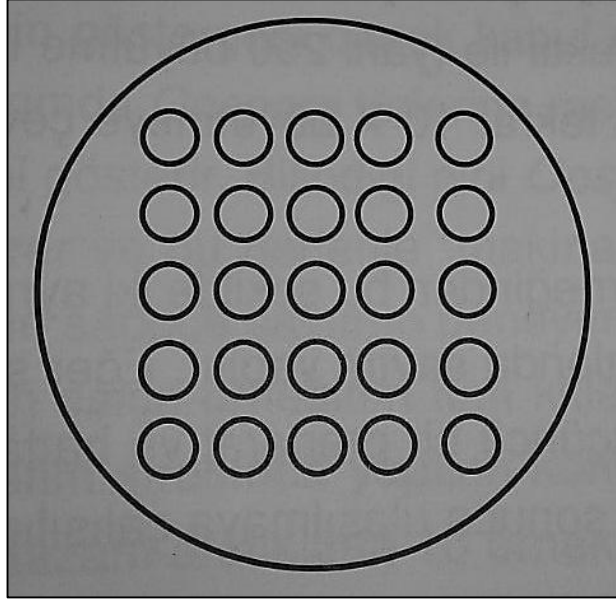
Howard metodu ile küf sayımı başta domates salçası ve diğer domates ürünlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca meyve suyu, pulp, marmelat gibi ürünlerde de küf sayımı için kullanılır. Öncelikle sayım yapılacak örnek sayım için hazırlanır. 20 °C'deki salça örneği deiyonize su eklenerek suda çözünen kuru madde içeriği %8,2-8,4 oluncaya kadar seyreltilir. Bu değer Abbe refraktometresindeki (refraktif indeks) karşılığı 1,3448-1,3460 arasındadır. Örnek homojen hale getirilir ve bir spatül yardımıyla sayım hücrelerine yayılır. Sayım yapılan özelleştirilmiş hücreye Howard lamı adı verilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Howard küf sayma lamı.

Howard lamı ortasında 0,1 milimetrelik bir derinlik bulunmaktadır. Örnek buraya yerleştirildikten sonra yayılır ve üzerine lamel kapatıldığında örnek bu 0,1 mm derinliğindeki boşluğu tamamen doldurur. Böylece her seferinde eşit hacimdeki örnekler sayım hücrelerine alınmış olur. Örnek Howard hücresine alındıktan sonra lamel kapatılır ve mikroskopa yerleştirilir. Mikroskopta, 10X oküler ve 10X objektif

ayarlanarak 100 büyütmede sayım yapılır. Bu durumda mikroskopta görüş alanı çapı 1,382 milimetre olmaktadır. Sayım için Howard lamı üzerinde 25 adet alan incelenmelidir. En üst soldan başlanarak sağa doğru 5 görüş alanı incelenir. Daha sonra bir alt hata inilerek sola doğru 5 alan incelenir. Bu şekilde yukarıdan aşağıya 5 hat üzerinde toplam 25 alan incelenmiş olur. Şekil 3.4'te bu görüş alanlarının Howard lamı üzerinde nasıl yerleştikleri şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.4: Howard lamı üzerinde sayım yapılan alanlar.

Bir alanda sayım yapmak için alanın her tarafı dikkatlice gözden geçirilir ve küf miseli olup olmadığı belirlenir. İncelenen alanda alan çapının 1/6'sından daha büyük bir küf miseli varsa bu alan pozitif olarak değerlendirilir. Daha sonra % pozitif alan toplam pozitif alan sayısının toplam incelenen alan sayısına oranı hesaplanarak elde edilir. Ulaşılan sonuç ürünlerdeki küf yoğunluğunu % pozitif alan ya da % küflü alan şeklinde ifade eder (Cemeroğlu, 2013).

3.5.6 Duyusal analiz

Salça örnekleri panelistler yardımıyla duyusal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Panelistler örnekleri belirtilen günlerde 0-5 arasındaki puan skalasına göre değerlendirmiş ve izlenimlerini belirtmişlerdir. Örneklerin değerlendirildiği parametreler; kötü koku, kendine has koku, renk, yüzeyde normal dışı görünüm, yüzeyde küflenme, siyah leke ve kıvam olarak belirlenmiştir. Panelistler tarafından bu kriterlerin tümü değerlendirilerek, örneklere genel izlenim puanları verilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kırmızı Ette Ultraviyole-C Işık Uygulaması

UV-C ışık uygulamasında kullanılacak dozun belirlenmesinde literatürde incelenen çalışmalar ve et örneklerine uygulanan ön çalışmalar değerlendirilmiş, ürünün duyuşal özelliklerini bozmayacak ve aynı zamanda kimyasal ve mikrobiyolojik olarak kalitenin daha uzun süre korunmasını sağlayacak ve kontrol örneklerine göre iyileştirme sağlayacak dozlar seçilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla yaklaşık 1 cm kalınlığındaki bonfile et örneklerine UV kabini tavan ve tabanından eşit uzaklıkta UV-C ışık uygulaması yapılmıştır. 1, 3, 5 ve 8 dakika boyunca gerçekleştirilen ışık uygulamaları sırasıyla 0,21, 0,63, 1,05 ve 1,68 J/cm² dozlara karşılık gelmektedir.

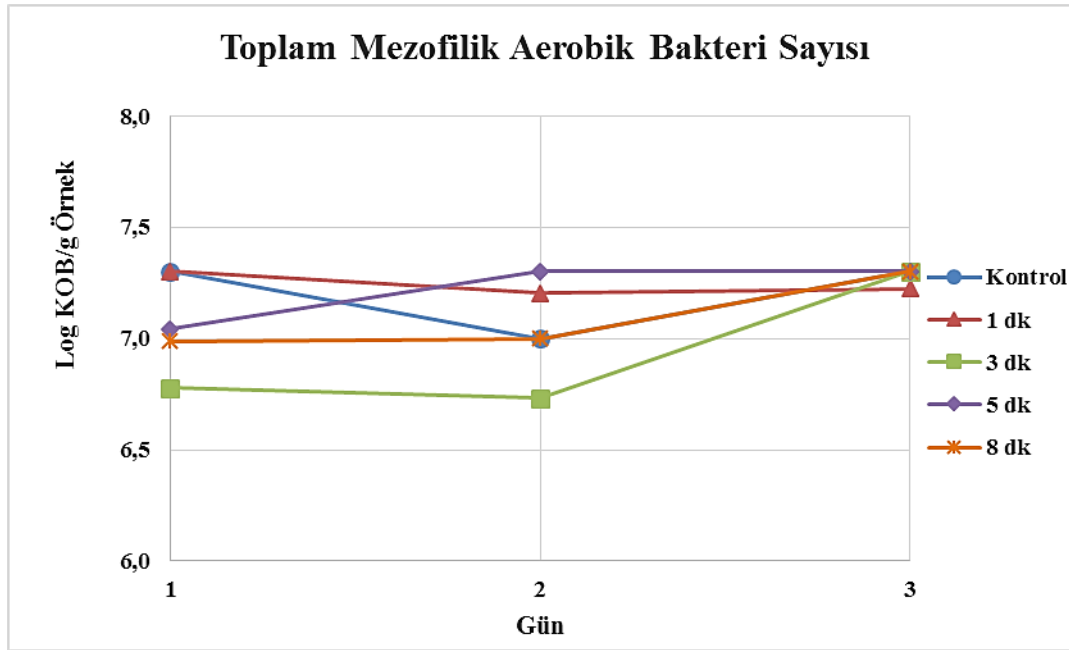
Bonfile et numuneleri TAT A.Ş. tarafından temin edilmiş olup, bonfile örnekler 4°C’de 7 gün depolanarak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite analizleri yapılmıştır. Bu amaçla kontrol örnekleri ve UV-C ışık uygulanmış örneklere günlük olarak pH ve renk analizleri, tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarı (TBARS) tayini, toplam canlı mezofilik aerobik ve laktik asit bakteri sayısı tayinleri ve duyuşal analizler yapılmıştır.

4.1.1 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Ürünün başlangıç mikrobiyolojik yükü çok fazla (7,3 log kob/g) olduğundan uygulama dozunun depolama kalitesi üzerine etkisi de düşük olmaktadır. 7 günlük depolama süresi içerisinde mikrobiyal gelişim 4. günden sonra limitlerin çok üzerine ulaştığı için, ölçümler bu günde sonlandırılmıştır. Şekil 4.1’e bakıldığında 3 dakikalık uygulamanın toplam bakteri sayısını azalttığı ve diğer uygulama dozlarına göre daha iyi sonuç ortaya çıkardığı görülmektedir.

Çizelge 4.1: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkisi.

Gün	Toplam mezofilik aerobik bakterisi sayısı (log kob/g)				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	7,30±0,04	7,30±0,04	6,78±0,09	7,04±0,04	6,99±0,02
2	7,00±0,34	7,20±0,03	6,73±0,01	7,30±0,02	7,00±0,01
3	7,30±0,00	7,23±0,06	7,30±0,02	7,30±0,00	7,30±0,00



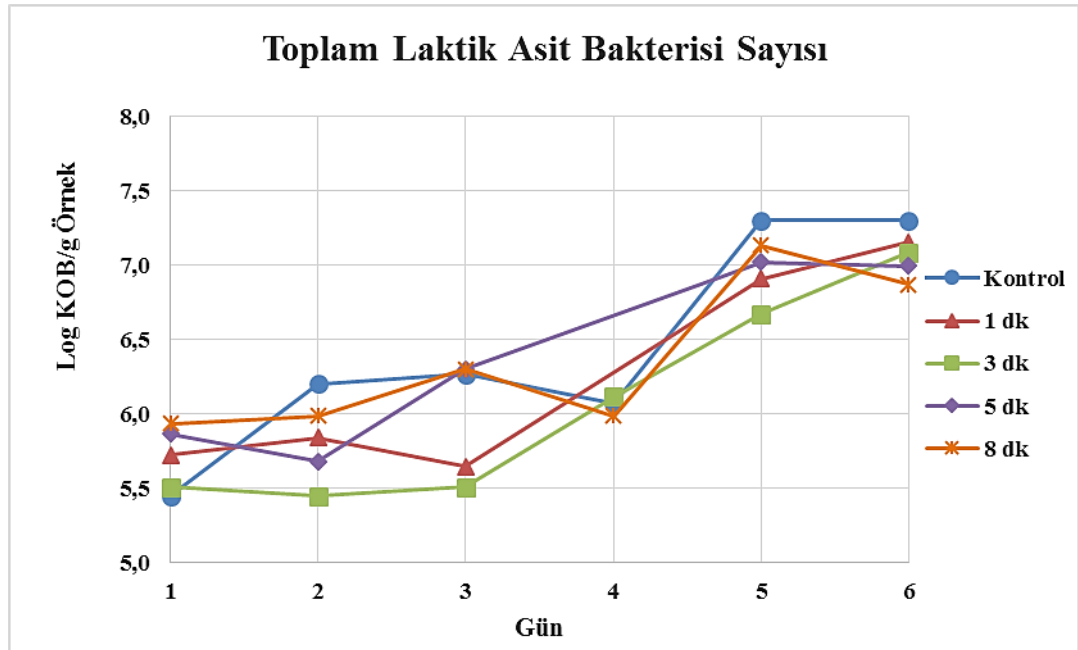
Şekil 4.1: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkisi.

Toplam laktik asit bakterisi sayısına bakılacak olursa, 3 dakikalık uygulamanın diğer uygulamalara göre daha iyi sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir. Çizelge 4.2’de laktik asit bakterisi sayısının zamanla değişimi görülmektedir.

Çizelge 4.2: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam laktik asit bakterisi sayısı üzerine etkisi.

Gün	Toplam laktik asit bakterisi sayısı (log kob/g)				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	5,45±0,06	5,72±0,04	5,51±0,08	5,86±0,12	5,93±0,07
2	6,20±0,02	5,84±0,01	5,45±0,04	5,68±0,13	5,99±0,19
3	6,27±0,04	5,64±0,08	5,51±0,14	6,30±0,00	6,30±0,00
4	6,07±0,03	6,20±0,00	6,11±0,02	6,70±0,00	5,99±0,03
5	7,30±0,01	6,91±0,02	6,67±0,10	7,02±0,05	7,13±0,03
6	7,30±0,01	7,16±0,06	7,09±0,20	7,00±0,03	6,87±0,05

Toplam laktik asit bakterisi sayısının zamanla değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Buna göre başlangıç sayısı 5,5 log kob/g olmakla birlikte 6 gün sonunda kontrol örnekleri en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Mikrobiyal inaktivasyon açısından en etkili sonucu ise 1 ve 3 dakikalık uygulamalar vermektedir.



Şekil 4.2: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca toplam laktik asit bakterisi sayısı üzerine etkisi.

Ultraviyole ışık uygulamasının et ürünlerinin raf ömrünü artırma potansiyeli ürünlerin başlangıç yüküne bağlı olarak da değişmekle birlikte uygulamanın üretimin hangi aşamasında yapıldığı da önemli bir etkindir. Buzdolaplarında yapılacak UV-C ışık uygulamasının etkinliğinin artması için ürünlerin tüketiciye ulaşmadan önceki

aşamaların da kontrol altında tutulması ve tüketicinin ürünleri güvenilir kaynaklardan temin etmesi gerekmektedir. Konu ile ilgili yapılan çalışmaların çoğu kesim sonrası ve sonrası ışık uygulamalarını kapsamaktadır. Wang ve diğerleri, yaptıkları çalışmalarda UV-C ışığın yüzeyden iç kısımlara penetre olma kapasitesinin düşük olması sebebiyle mikrobiyal inaktivasyonun da kısıtlı olacağını belirtmişlerdir (1998). Bu nedenle UV uygulamasının öncelikli hedefi bu tür pürüzlü ve ham yüzeylerde yüzey kontaminasyonunun engellenmesi olmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda *Escherichia coli* ve *Salmonella* düzeylerinin azaltıldığı belirtilmiştir. Ayrıca, Kim ve diğerleri, tavuk etleri yüzeylerindeki *Listeria monocytogenes* kontaminasyonunun UV uygulaması ile azaltıldığını göstermiştir (2002). Kırmızı et ve kümes hayvanları eti üretim fabrikalarında kesim sonrası oluşacak mikrobiyal gelişmeyi önlemek açısından ultraviyole ışık uygulaması önemli bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Kesim sonrası prosesler, taşıma ve perakende satış aşamaları ürünlerdeki mikrobiyal yükün artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle satın alınan taze etlere buzdolaplarında düşük dozda UV uygulaması yapılması, çok kısa olan raf ömrünün en az iki kat artmasını sağlayabilecektir. Bu çalışmada ortaya çıkan mikrobiyal inaktivasyon verileri de özellikle laktik asit bakterileri sayısının ev tipi depolamada azaltılabileceği ve bu sebeple oluşan duyuşal değişimlerin önüne geçilebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda UV dozlarının mikrobiyal inaktivasyonu sağlayacak ve aynı zamanda kimyasal ve fiziksel özellikleri olumsuz etkilemeyecek düzeyde seçilmesi de oldukça önemlidir.

4.1.2 pH analizi sonuçları

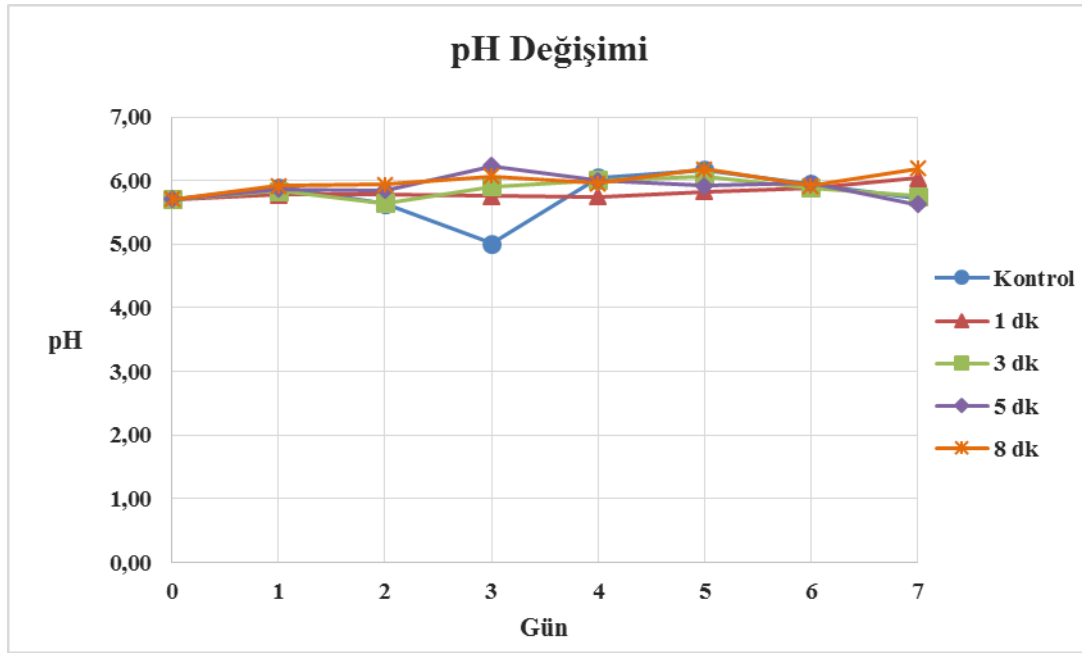
Bonfile örneklerinin pH değişimi 7 gün boyunca ölçülmüştür. Başlangıç pH değeri $5,71 \pm 0,01$ olmakla beraber, artan depolama süresi ile birlikte örneklerin pH'ı da artmaktadır. 1 dakikalık uygulamada daha stabil ve düşük artış gözlenirken, diğer uygulamalarda sapmalar daha fazla olmaktadır. pH'ın zamanla değişimi Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi.

Gün	pH				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	5,90±0,02	5,78±0,06	5,84±0,04	5,87±0,15	5,92±0,06
2	5,64±0,02	5,78±0,14	5,65±0,00	5,85±0,13	5,94±0,09
3	5,02±0,00	5,76±0,08	5,91±0,05	6,24±0,04	6,07±0,02
4	6,05±0,03	5,75±0,11	6,01±0,05	6,00±0,07	5,96±0,04
5	6,17±0,04	5,83±0,05	6,06±0,03	5,92±0,01	6,18±0,02
6	5,95±0,02	5,89±0,02	5,89±0,07	5,96±0,05	5,92±0,02
7	5,72±0,00	6,04±0,03	5,76±0,01	5,63±0,05	6,19±0,03

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'ne göre et ürünleri için pH limit değeri 6,0 olarak belirtilmiştir. 5,71 ve 6,00 arasındaki örnekler kabul edilir olarak nitelendirilir fakat 3. ve 4. gün sonunda 1 dakikalık uygulama yapılmış örnekler hariç diğer örneklerin pH=6 sınırını aştığı gözlenmiştir. Şekil 4.3'te pH değişimi gösterilmiştir.

Depolama süresince kırmızı etlerde kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler sebebiyle pH artışı gözlenebilir. Ürün pH'ının 6,0 üzerine çıkması ve yasal açıdan kabul edilebilirliğinin azalması depolama süresinin uzamasıyla söz konusu olmaktadır. Fakat, düşük dozda UV uygulaması (1 dk) yapılan örnekler bakıldığında, buzdolabında yapılan depolama ömründen daha uzun sürede örnek pH'ı kabul edilebilir seviyede kalmaktadır. Kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında, 0,21 J/cm² dozda ultraviyole ışık uygulaması yapılması pH açısından daha kabul edilir sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 4.3: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi.

4.1.3 Renk analizi sonuçları

Renk ölçümlerinin ifade edilmesinde CIE (*Commission internationale de l'éclairage*) L^* , a^* ve b^* parametreleri kullanılmıştır. Buna göre L^* değeri açıklığı, a^* değeri kırmızılığı ve b^* değeri maviliği göstermektedir. Bonfile örneklerinde 7 gün boyunca bu değerler ölçülmüş ve Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'da gösterilmiştir. Örneklere uygulama yapılmadan önceki renk ölçümünde $L^*=37,55\pm5,16$, $a^*=16,77\pm1,43$ ve $b^*=9,60\pm1,78$ değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.4: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L^*)üzerindeki etkisi.

Gün	L^*				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	35,74±0,16	35,84±0,67	34,31±0,80	35,78±1,00	35,23±1,28
2	37,63±1,23	37,55±0,51	36,54±1,23	36,93±0,49	36,27±0,55
3	36,88±0,88	39,73±1,46	37,73±1,02	38,82±1,45	35,88±0,96
4	32,46±1,23	35,36±0,87	35,55±1,00	37,40±1,18	33,30±0,93
5	35,18±1,29	36,24±0,81	36,24±1,35	34,36±0,39	34,14±1,24
6	36,82±1,64	35,73±0,54	36,41±1,09	34,36±0,43	34,42±1,19
7	36,84±1,09	35,94±1,15	38,91±1,18	35,75±0,55	32,64±0,75

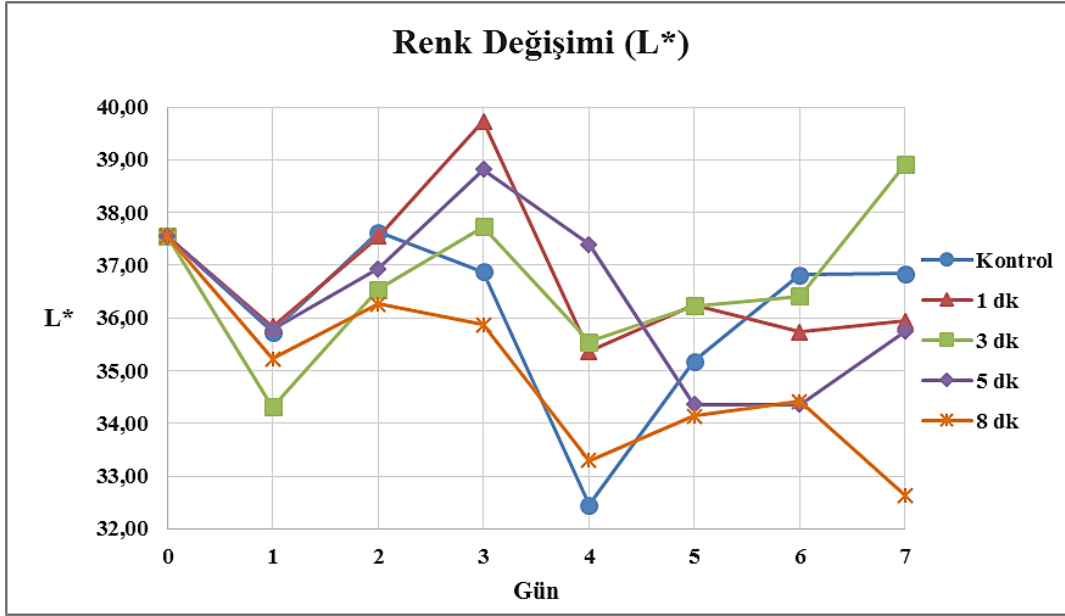
Çizelge 4.5: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a^*) üzerindeki etkisi.

Gün	a^*				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	15,75±1,28	17,47±0,87	15,49±1,21	18,19±1,75	14,53±0,55
2	18,77±0,77	15,67±1,10	15,99±0,95	16,80±0,63	12,45±0,70
3	11,75±0,92	16,35±1,52	16,57±0,73	12,56±1,15	10,38±1,05
4	12,78±1,16	16,01±2,67	11,71±1,32	9,79±1,35	11,03±0,55
5	9,65±0,62	16,27±0,74	14,97±1,13	13,26±1,21	11,97±0,95
6	9,35±1,12	13,00±1,14	10,02±1,84	11,41±0,90	14,97±1,49
7	10,04±0,87	8,96±0,83	8,99±1,60	8,67±0,57	11,82±0,70

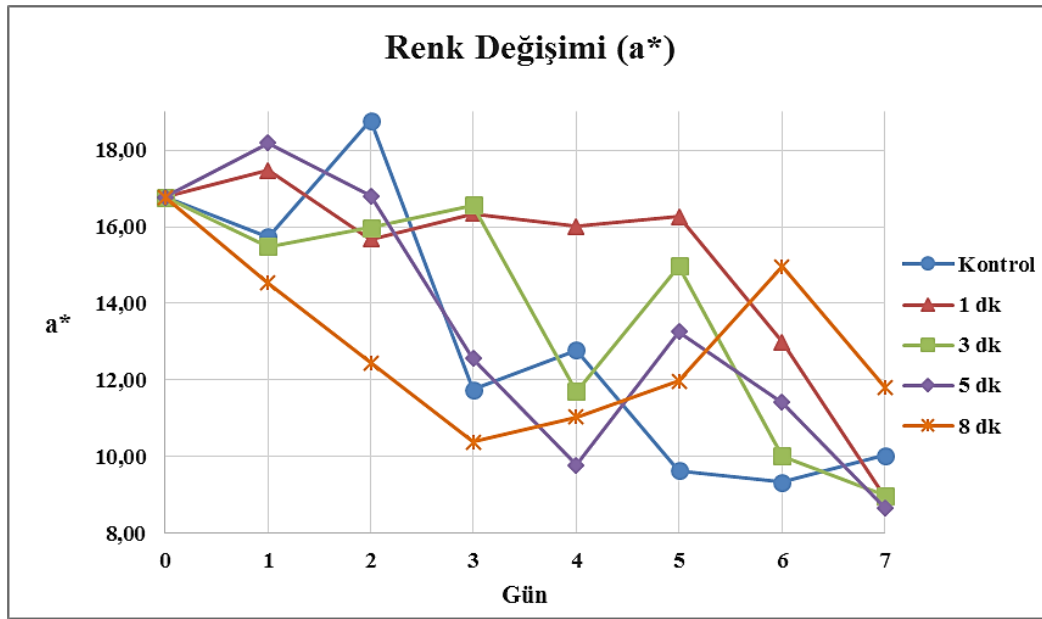
Çizelge 4.6: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b^*) üzerindeki etkisi.

Gün	b^*				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	8,72±0,70	8,61±0,48	7,61±0,65	8,44±0,86	7,84±0,86
2	8,80±0,61	8,12±0,59	7,50±0,67	8,11±0,25	5,71±0,89
3	6,30±1,08	7,14±0,76	7,24±0,34	6,03±0,78	6,71±0,30
4	3,88±0,39	9,25±0,89	7,92±1,03	7,38±0,80	6,45±0,46
5	6,72±0,53	8,14±0,71	9,30±0,37	8,48±0,63	3,35±0,63
6	7,93±0,64	8,66±0,70	8,77±0,61	5,41±0,41	4,09±0,95
7	5,80±0,83	5,93±0,54	7,53±0,66	6,15±0,35	3,00±0,67

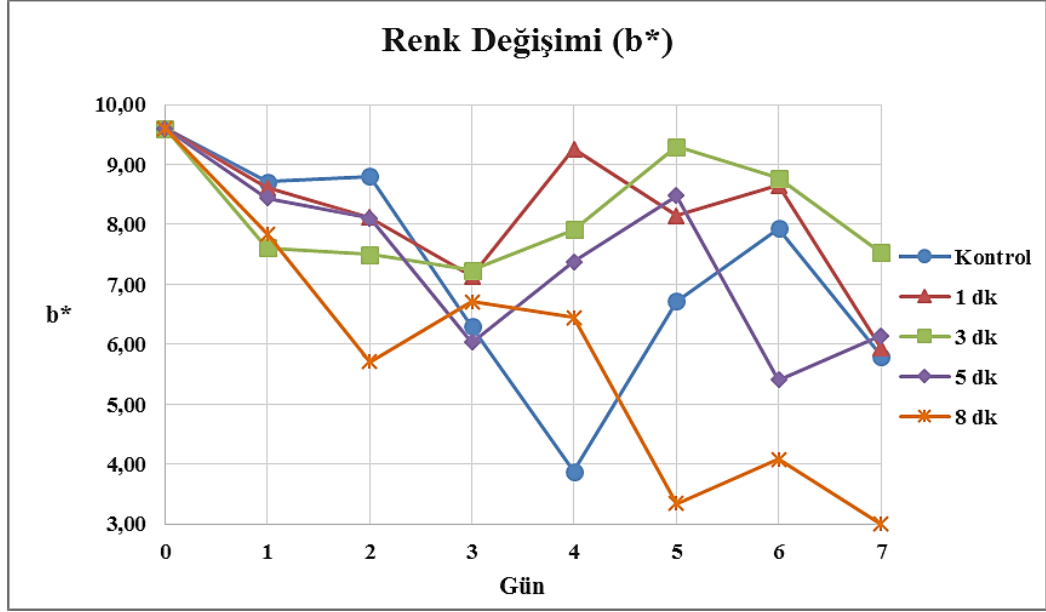
Renk analizi sonuçlarının grafiksel gösterimleri Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6’da verilmiştir. L^* değerlerinin azalmasıyla örneklerin koyuluğunun zamanla arttığı görülmektedir. Uygulama yapılmış olan örnekler ve kontrol örnekleri benzer renk değişimi göstermektedir. a^* değerlerinin azalmasıyla, ürünlerin kırmızılığını kaybettiği anlaşılmaktadır. Kontrol örnekleri diğer örneklerle göre daha fazla kırmızılık kaybı yaşamıştır. 3 dakika uygulama yapılan örneklerin 3 gün boyunca ve 5 dakika uygulama yapılan örneklerin 5 gün boyunca kırmızılığını koruduğu saptanmıştır. 7 gün sonunda tüm örneklerin benzer bir kırmızılık değerine ulaştığı görülmektedir. b^* değerlerinin değişimine bakıldığında, 3 ve 5 dakikalık uygulamaların diğerlerine göre daha düşük miktarda azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.4: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L*) üzerindeki etkisi.



Şekil 4.5: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a*) üzerindeki etkisi.



Şekil 4.6: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b^*) üzerindeki etkisi.

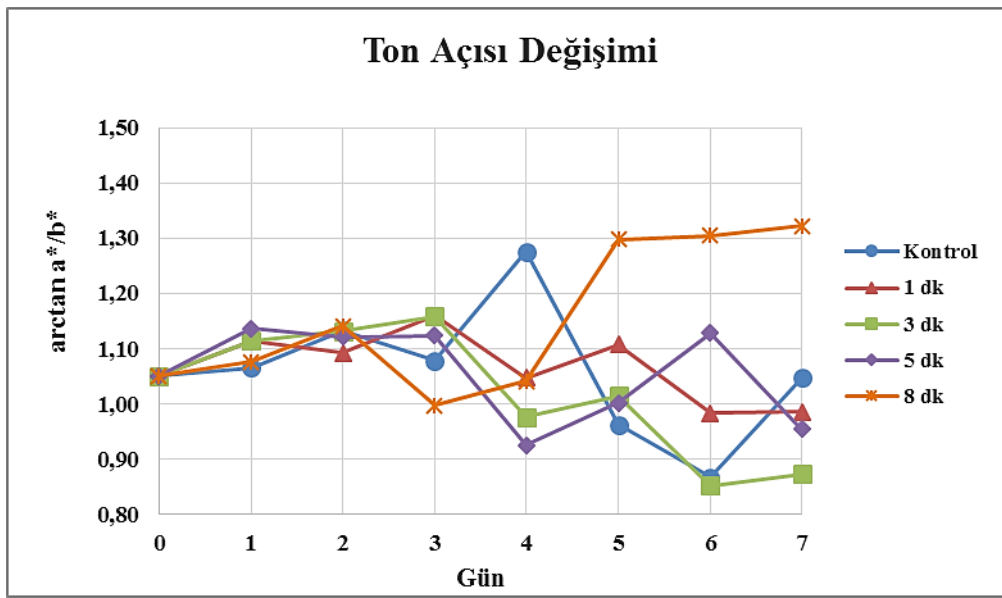
American Meat Science Association standartlarına göre et renginin renk skalasındaki a^* ve b^* değerleri arasındaki açıya göre ifade edilmesi tavsiye edilmektedir. Ton açısı (hue angle) denilen bu ifade $h = \arctan(a^*/b^*)$ şeklinde hesaplanır. Yapılan çalışmada ortaya çıkan sonuçlara göre hesaplanan h değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Uygulama öncesi ölçülen renk değerlerine göre $h=1,05$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca ton açısı üzerindeki etkisi.

Gün	Arctan (a^*/b^*)				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	1,07	1,11	1,11	1,14	1,08
2	1,13	1,09	1,13	1,12	1,14
3	1,08	1,16	1,16	1,12	1,00
4	1,28	1,05	0,98	0,92	1,04
5	0,96	1,11	1,01	1,00	1,30
6	0,87	0,98	0,85	1,13	1,30
7	1,05	0,99	0,87	0,95	1,32

Düşük ton açısının etin daha kırmızı olduğunu göstermektedir. Başlangıç değerine göre (1. gün) karşılaştırıldığında UV uygulaması yapılmış örneklerde açının arttığı, dolayısıyla rengin kontrole göre daha kahverengi olduğu söylenebilir. Şekil 4.7’ye

bakıldığında depolama süresi arttığında kontrol ve uygulama yapılmış örneklerin ton açılarının birbirine yaklaştığı görülmektedir. Farklı sürelerde uygulama yapılmış örneklerin ton açıları üçüncü güne kadar yakın seyretmektedir. 4. gün sonrasında ise sapmalar meydana gelmektedir. 4. gün itibariyle örneklerin mikrobiyolojik olarak bozulmaya başlaması ve ürünün bozulduğu düşünüldüğünde, bunun renk açısından da yansıması olacaktır. Tüm depolama süresine bakıldığında, en yüksek dozda uygulama yapılmış et örneklerinin rengini en fazla kaybeden olduğu görülmektedir. 8 dakika uygulama yapılmış örneklerin ton açısı $h=1,30$ değerine ulaşmaktadır ve örneklerin kahverengileştiği söylenebilir.



Şekil 4.7: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca ton açısı üzerindeki etkisi.

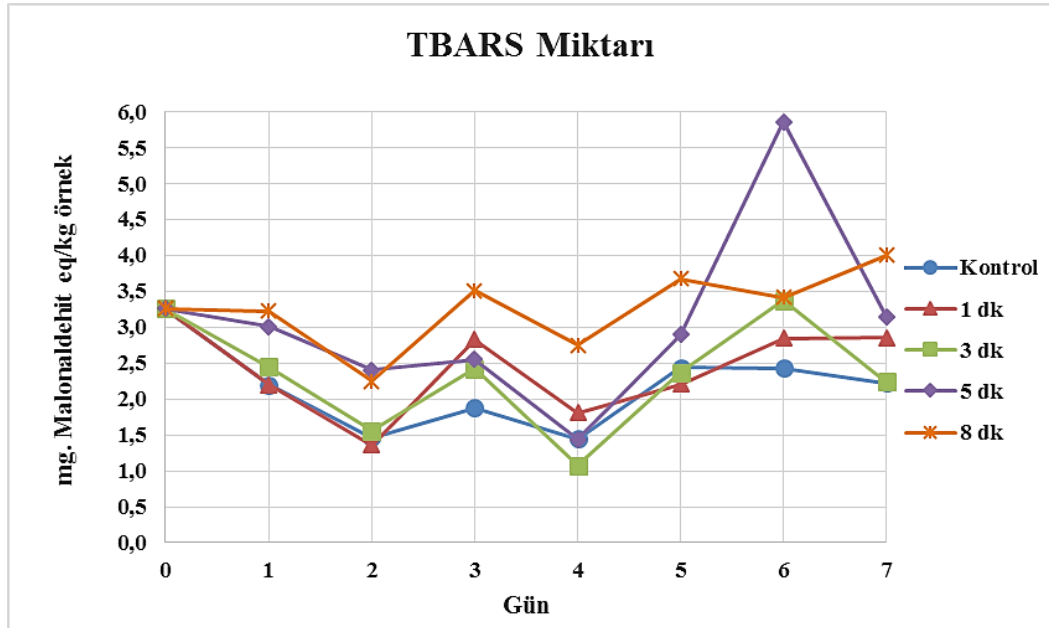
4.1.4 Tiyoarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarı (TBARS)

Lipid oksidasyonunun seviyesini belirlemek için 7 gün boyunca örneklerdeki tiyoarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarı ölçülmüştür. Sonuçlar miligram malonaldehit eşleniği/kg örnek olarak ifade edilmektedir. Lipid peroksidasyonu sonrası ortaya çıkan bileşikler tiyoarbitürik asit ile reaksiyon vermekte ve bu maddelerin miktarının ölçülmesi et örneklerinde gerçekleşen oksidasyonun seviyesini göstermektedir. Çizelge 4.8’de görülebileceği üzere TBARS miktarı 4. güne kadar düşük seyretmiş, daha sonra artmaya başlamıştır.

Çizelge 4.8: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca tiyobarbitürik asitle reaksiyon veren madde miktarı üzerindeki etkisi.

Gün	TBARS (mg malonaldehit eq./kg)				
	Kontrol	1 dk	3 dk	5 dk	8 dk
1	2,2±0,07	2,2±0,11	2,4±0,02	3,0±0,27	3,2±0,04
2	1,5±0,03	1,4±0,07	1,6±0,07	2,4±0,03	2,2±0,06
3	1,9±0,08	2,8±0,14	2,4±0,41	2,6±0,09	3,5±0,18
4	1,4±0,02	1,8±0,09	1,1±0,02	1,4±0,04	2,8±0,03
5	2,4±0,11	2,2±0,21	2,4±0,09	2,9±0,13	3,7±0,05
6	2,4±0,09	2,8±0,01	3,4±0,04	5,9±0,03	3,4±0,00
7	2,2±0,16	2,9±0,19	2,2±0,02	3,1±0,01	4,0±0,01

Başlangıç miktarı 3,3 mg seviyesinde olmakla birlikte, düşük dozda yapılan uygulamalar (1 dk ve 3 dk) tiyobarbitürik asit ile reaksiyon veren madde miktarını etkilemezken, yüksek dozlar miktarı artırmaktadır. TBARS miktarının 7 gün boyunca değişimi Şekil 4.8’de gösterilmiştir. 8 dakikalık uygulamaya maruz kalmış örneklerde son günlerde daha yüksek seviyede oksidasyon gerçekleştiği gözlemlenmektedir.



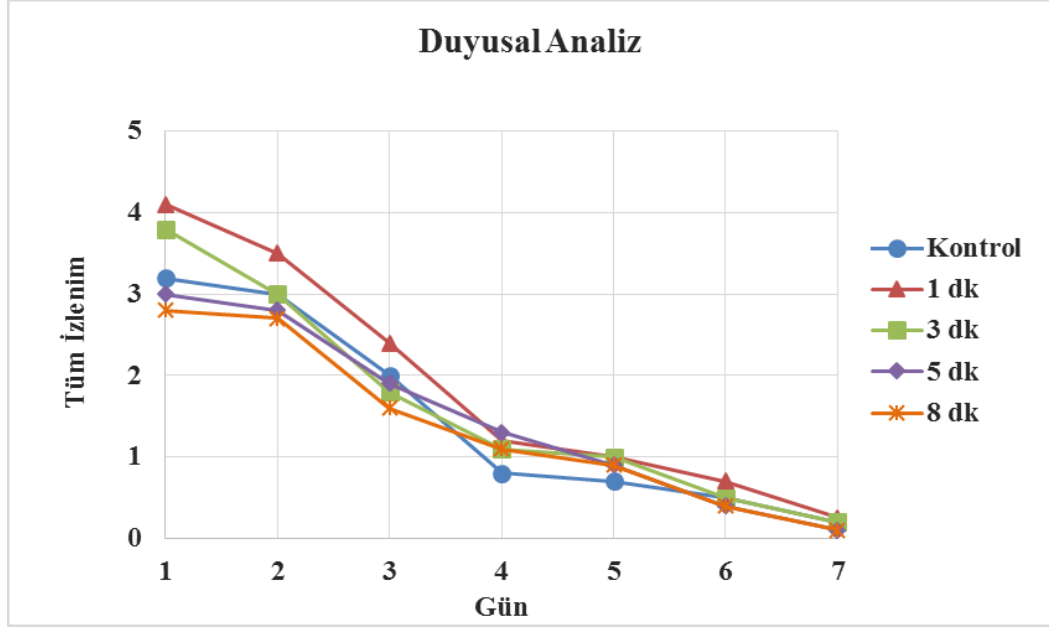
Şekil 4.8: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca tiyobarbitürik asitle reaksiyon veren madde miktarı üzerindeki etkisi.

Oksidasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla yağ içeren gıdalarda analizler yapılarak ilgili ürünlerin depolanması ve oksidasyona karşı korunması için gerekli önlemler alınmaktadır. Çeşitli gıdalarda yapılan analizler sonucunda, lipid oksidasyonu

sebebiyle tat ve koku değişimlerinin ortaya çıktığı bilinmektedir. Işıık etkisiyle tetiklenen oksidatif değişimler ve fotokimyasal reaksiyonlar sonucunda yağ ıeren süt ve et gibi örneklerde, okside tat olarak tanımlanabilecek kötü tat gelişimi gözlemlenmektedir. Genel olarak ışık uygulamasının gıda maddelerindeki D vitamini eriğini artırdığı bilinse de, ilgili dalga boyundaki ışık bazı besin maddelerini tahrip etmekte, fotodegradasyon bileşikleri ortaya çıkmakta ve kötü koku oluşumu gözlemlenmektedir (Spikes, 1981). Matak ve diğerlerinin (2007) iğ sütte ultraviyole ışık uygulamasının oksidasyon ürünleri açısından sonuçlarını değerlendirdikleri çalışmada 0,016 J/cm² dozda uygulamanın çiğ süte göre oluşturduğu değişim incelenmiştir. TBARS miktarına bakılarak oksidasyonun düzeyi belirlenmiş ve UV dozunun artırılmasıyla TBARS miktarının arttığı sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde hidrolitik ransiditenin de doz artışıyla arttığı gözlemlenmiştir. Fakat oksidasyonun kötü koku oluşumu ve bu değişimin fark edilir olup olmadığı duysal analizler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Söz konusu çalışmada da duysal analiz sonucunda okside kokunun fark edilir olmadığı belirtilmiştir. Dolayısıyla ultraviyole dozunun belirlenmesinde oksidasyon açısından TBARS sayısının yanı sıra duysal analiz de önemlidir. Kırmızı et örneklerde yapılan analizlere bakıldığında düşük düzeyde (1 dk ve 3 dk) uygulama yapılmasıyla, kontrol numunelerine göre lipid oksidasyonu açısından anlamlı bir değişiklik olmamaktadır. Fakat beklendiği üzere uygulama dozunun artırılmasıyla oksidasyon ürünlerinde kaydadeğer bir artış olmaktadır. Bu nedenle 5 dakikalık ve özellikle 8 dakikalık uygulamaların oksidasyon açısından olumsuz sonuçlar doğuracağı söylenbilir.

4.1.5 Duyusal analiz sonuçları

Et rnekleri panelistler yardımıyla duysal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Panelistler rnekleri 7 gün boyunca 0-5 arasında farklı kategorilerde değerlendirmiş ve tüm izlenimlerini de belirtmişlerdir. Örneklerin değerlendirildiği parametreler; taze et kokusu, yanık kokusu, kötü koku, metalik koku, asidik koku, çürük koku, yüzeydeki renk, iç renk, parlaklık, yüzeyde normal dışı görünüm, yapışkanlık şeklinde belirlenmiştir. Bu kriterlerin tümü değerlendirilerek örneklere tüm izlenim puanları verilmiş ve bu puanların sonucu şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Kırmızı ette UV-C ışık uygulamasında depolama süresi boyunca yapılan duyu analizi sonuçları.

Buna göre örneklerin duyu olarak kabul edilebilirliği 3-4 gün içerisinde en alt seviyeye inmiştir. 1 ve 3 dakikalık uygulamalar renklerini daha fazla korumaları sebebiyle daha yüksek puanlar almış fakat ışık uygulaması sebebiyle oluşan koku uygulama süresinin artmasıyla artarak değerlendirme puanlarını düşürmüştür.

Renk koyulaşması, koku oluşumu, mikrobiyal inaktivasyon ve oksidasyon oluşumu göz önüne alındığında, 1 ve 3 dakika dozlarında UV-C ışık uygulamasının dana bonfile etinde raf ömrü boyunca kalitenin korunmasını ve kalite özellikleri açısından kontrol örneklerine göre iyileştirme sağladığı gözlemlenmiştir.

4.2 Salçada Ultraviyole-C Işık Uygulaması

Salçada kullanılacak UV-C ışık dozunun belirlenmesi için yapılan ön çalışmalar ve literatür araştırması sonucunda ürünün duyu özelliklerini bozmayacak ve aynı zamanda kimyasal ve mikrobiyolojik olarak kalitenin daha uzun süre korunmasını sağlayacak ve kontrol örneklerine göre iyileştirme sağlayacak dozlar seçilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu dozlarda yapılan uygulamalar karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Tat A.Ş. tarafından tedarik edilen 370 g cam kavanoz içerisindeki salça örneklerine yüzeyden UV-C ışık uygulaması yapılmıştır. 1, 2,5 ve 5 dakika boyunca gerçekleştirilen ışık uygulamaları sırasıyla 0,21, 0,525 ve 1,05 J/cm² dozlarına tekabül etmektedir. 4°C’de depolanan örneklere 19 gün boyunca belirli

günlerde pH ve renk analizleri, suda çözünür kuru madde miktarı, titrasyon asitliği tayini, yüzde küflü alan (Howard küf sayımı) analizi ve duyusal analizler yapılmıştır.

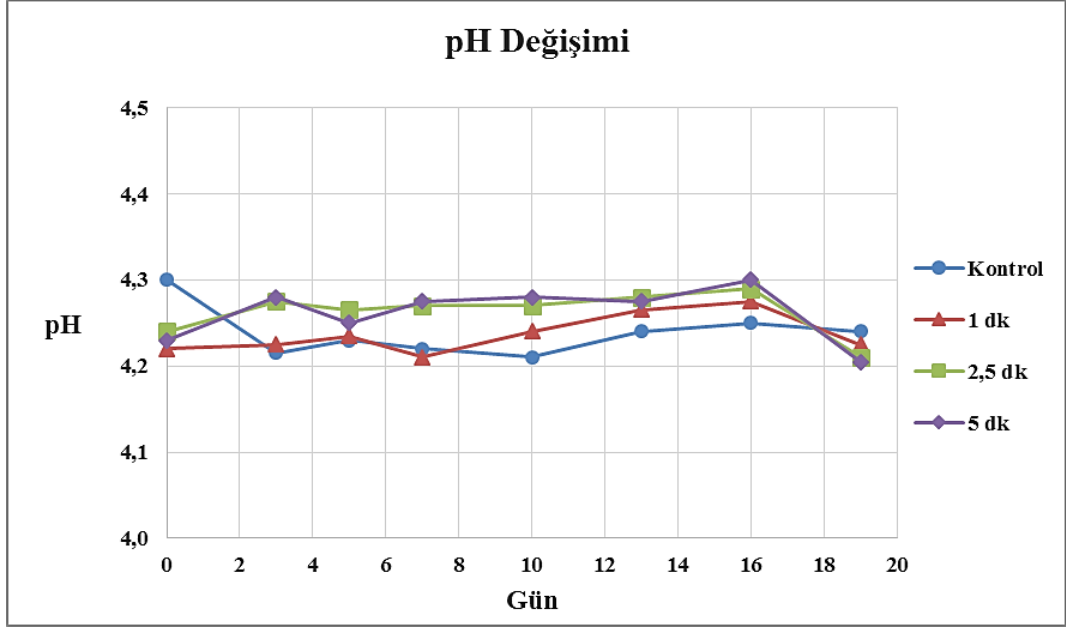
4.2.1 pH analizi sonuçları

Kontrol numunesi ve 3 farklı dozda UV-C ışık uygulaması yapılmış salça numunelerine 0, 3, 5, 7, 10, 13, 16 ve 19. günler olmak üzere pH analizleri yapılmış ve ölçülen değerler Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi.

Gün	pH Analizi			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	4,30±0,10	4,22±0,02	4,24±0,01	4,23±0,01
3	4,22±0,00	4,23±0,01	4,28±0,01	4,28±0,00
5	4,23±0,00	4,24±0,02	4,27±0,00	4,25±0,02
7	4,22±0,00	4,21±0,01	4,27±0,01	4,28±0,01
10	4,21±0,00	4,24±0,00	4,27±0,00	4,28±0,01
13	4,24±0,01	4,27±0,00	4,28±0,00	4,28±0,01
16	4,25±0,01	4,28±0,02	4,29±0,01	4,30±0,01
19	4,24±0,01	4,23±0,01	4,21±0,00	4,21±0,00

Çizelgede görüldüğü üzere numunelerin pH aralıkları depolama süresi boyunca 4,2-4,3 arasında kalmaktadır. En düşük seviyede kontrol numuneleri olmak üzere uygulama süresinin artmasıyla pH değerinin %1-1,5 artış gösterdiği görülmektedir. Depolama süresinin ilk günlerinde değişmeyen pH değerlerinin 16. gününden sonra %2 azaldığı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.10: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca pH üzerindeki etkisi.

Ultraviyole uygulaması yapılmış örnekler kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında en yüksek dozda uygulama ve kontrol numuneleri arasındaki pH farkı 0,10 olmaktadır. Meyve ve sebzelerde yapılan çalışmalarda düşük dozda UV uygulamasının pH üzerine etkisi olmadığı belirtilmiştir. Tran ve Farid'in yaptığı çalışmada 0,073 J/cm² dozda ışık uygulamasının portakal suyu pH'ı üzerine etkisi olmadığı belirtilmiştir (2004). Farklı gıdalardaki UV uygulamalarının, pH'ı üzerindeki etkileri farklı olmakla beraber, genel olarak meyve ve sebze ürünlerinde ultraviyole uygulamasının pH üzerindeki etkisi kayda değer olarak değerlendirilmemektedir.

4.2.2 Renk analizi sonuçları

Renk ölçümlerinin ifade edilmesinde CIE (*Commission internationale de l'éclairage*) L*,a* ve b* parametreleri kullanılmıştır. Salça örneklerinde 19 gün boyunca bu değerler ölçülmüş ve Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (L*) üzerindeki etkisi.

Gün	L*			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	30,25±0,25	31,17±0,27	30,77±0,49	29,36±0,28
3	30,88±0,22	30,23±0,04	30,39±0,59	30,03±0,60
5	30,24±0,07	30,07±0,45	30,12±0,46	30,11±0,61
7	31,29±0,30	28,31±2,82	30,19±0,44	30,69±0,56
10	29,89±0,50	29,65±1,37	29,80±1,01	29,29±0,81
13	30,27±0,34	30,71±0,20	30,95±0,22	29,47±1,12
16	29,50±0,56	29,43±0,08	31,38±0,57	31,90±0,22
19	30,31±0,24	31,37±0,58	31,52±0,56	30,40±0,21

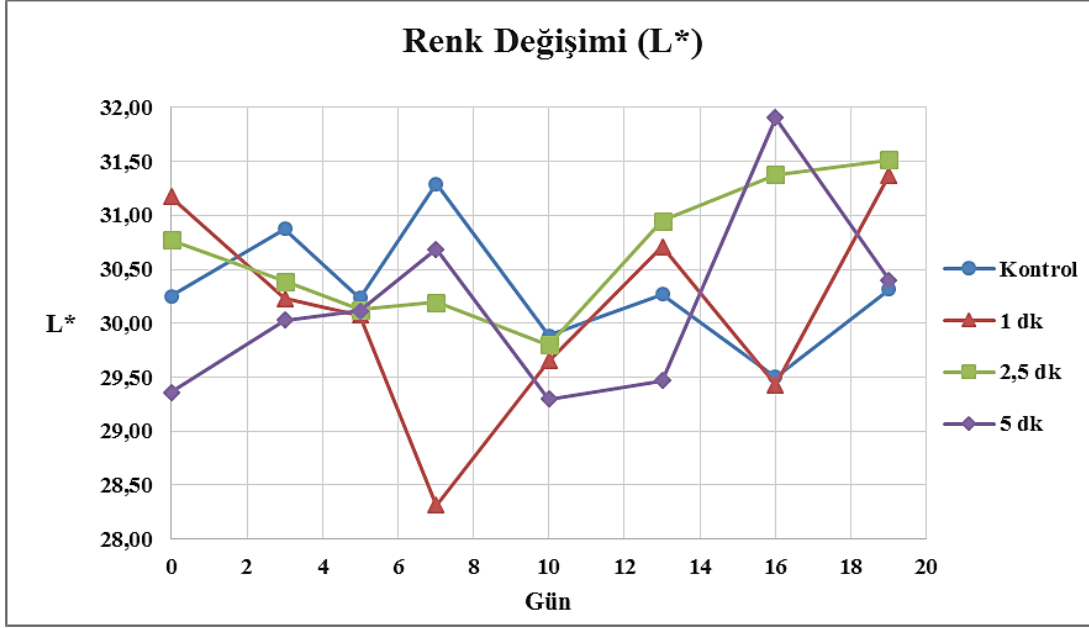
Çizelge 4.11: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (a*) üzerindeki etkisi.

Gün	a*			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	30,08±0,16	30,68±0,82	29,64±1,01	30,09±0,10
3	29,37±0,40	29,57±0,68	29,99±0,53	28,87±0,38
5	29,28±0,13	29,69±0,40	29,72±0,05	29,54±0,75
7	28,99±0,57	28,48±1,10	28,54±0,29	28,51±0,77
10	28,54±0,22	27,88±0,99	27,99±0,77	29,75±0,98
13	28,89±0,29	29,18±0,26	28,71±0,53	29,59±0,53
16	28,77±0,58	30,31±0,14	28,63±0,78	29,05±0,18
19	29,41±0,21	29,60±0,36	31,19±1,14	29,31±0,82

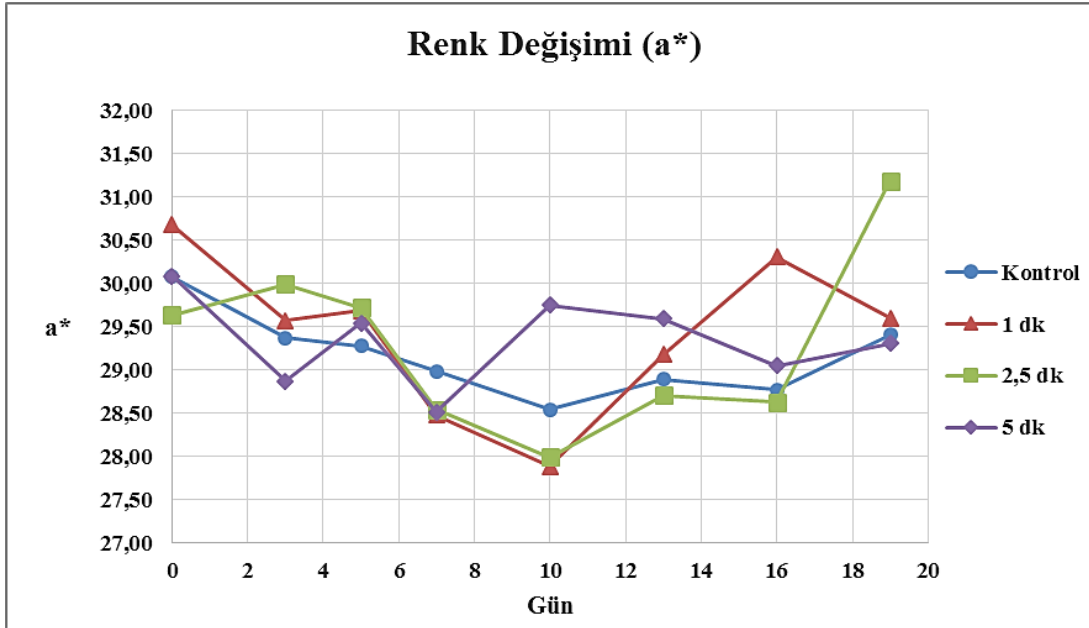
Çizelge 4.12: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk (b^*) üzerindeki etkisi.

Gün	b^*			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	20,40±0,22	21,00±1,32	20,04±0,70	20,63±0,04
3	20,39±0,66	20,73±0,70	20,88±0,87	19,90±0,42
5	20,82±0,66	21,30±1,03	20,63±0,41	21,40±1,18
7	19,92±0,33	19,79±0,56	19,89±0,07	20,05±0,52
10	21,03±0,52	20,11±0,66	20,61±0,76	21,93±0,58
13	21,63±0,15	21,54±0,29	21,11±0,82	22,47±1,06
16	23,41±0,55	24,86±0,63	25,53±0,93	25,25±0,58
19	23,16±0,07	25,89±0,56	29,68±1,23	23,53±0,82

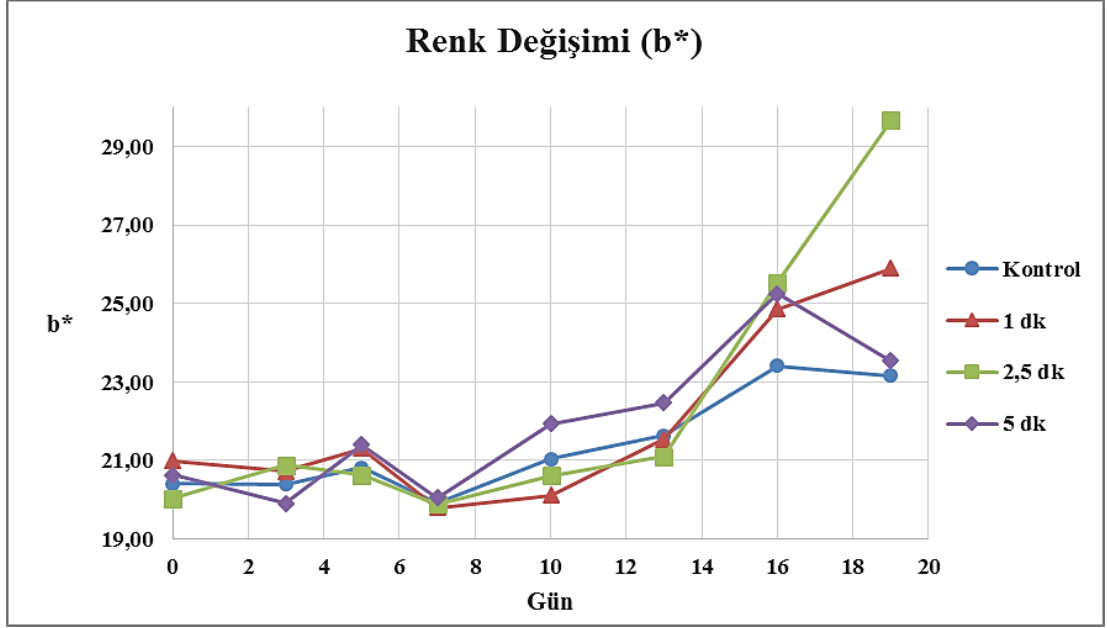
L^* değerlerine bakıldığında tüm numunelerde 5 gün sonunda aynı değerlere ulaşıldığı ve 5 dakikalık uygulama hariç diğerlerinde ürünün koyulaştığı görülmektedir. Daha sonraki günlerde ise L^* değerinin tüm numuneler için artması ürünün renginin açıldığı anlamına gelmektedir. a^* değerlerine bakıldığında 10 günlük depolama süresi içerisinde kırmızılığın azaldığı daha sonra ise depolama süresi ilerledikçe arttığı gözlemlenmiştir. İlk 7 günlük depolama süresi içerisinde, 2,5 dakika uygulama yapılmış numunelerin kırmızılığını, diğer numunelere göre daha fazla koruduğu görülmüştür. Renk değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.11: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk değişim (L*) üzerindeki etkisi.



Şekil 4.12: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk değişim (a*) üzerindeki etkisi.



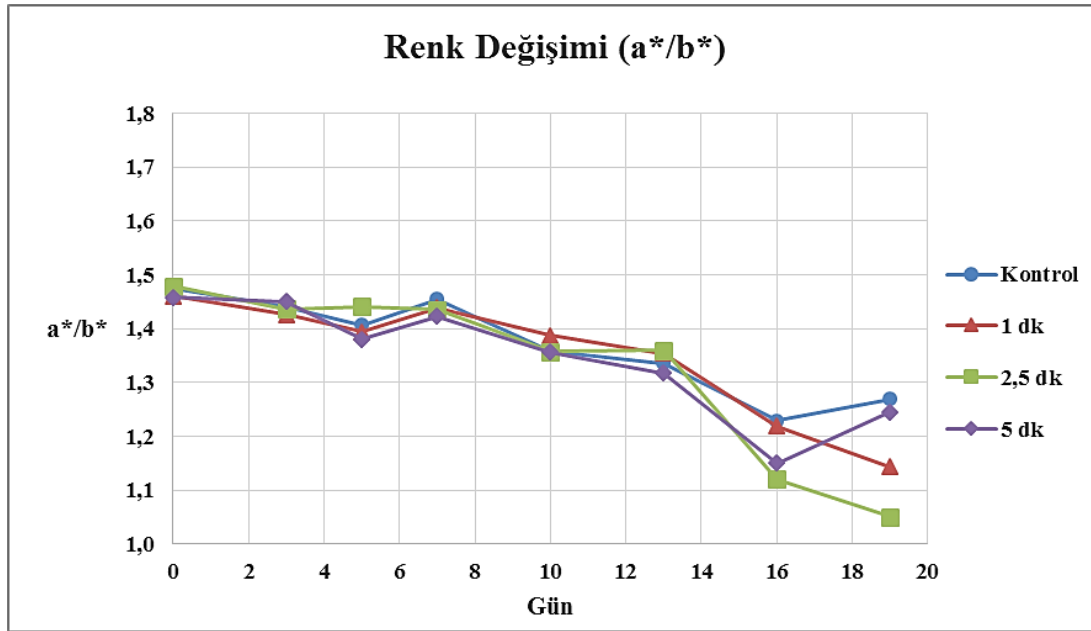
Şekil 4.13: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca renk değişim (b^*) üzerindeki etkisi.

Salçanın rengini en iyi a^*/b^* oranı yansıtmaktadır. Bu nedenle ölçüm sonuçları genellikle bu oran verilerek gösterilmektedir. a^*/b^* oranı 1,90 üzerinde olan salçaların renk açısından birinci sınıf olduğu kabul edilmektedir (Cemeroğlu, 2013). Uygulama yapılan örneklerde elde edilen sonuçlardan elde edilen a^*/b^* oranları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

İncelenen salça örneklerinde başlangıçta a^*/b^* oranı 1,47 olarak ölçülmüştür. Buna göre başlangıçta ürünlerin renk açısından düşük kalitede olduğu görülmektedir. Ultraviyole uygulamasının, salçanın kendine özgü rengi üzerindeki etkisi ise tablodan görüldüğü üzere anlamlı değildir. Uygulama yapılmış ve yapılmamış salça örneklerinin tümünde depolama süresi boyunca kırmızılık azalmıştır. Değişimin grafiksel gösterimi Şekil 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.13: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca salçanın kendine özgü rengi (a^*/b^*) üzerindeki etkisi.

Gün	a^*/b^*			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	1,47	1,46	1,48	1,46
3	1,44	1,43	1,44	1,45
5	1,41	1,39	1,44	1,38
7	1,45	1,44	1,44	1,42
10	1,36	1,39	1,36	1,36
13	1,34	1,35	1,36	1,32
16	1,23	1,22	1,12	1,15
19	1,27	1,14	1,05	1,25



Şekil 4.14: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca salçanın kendine özgü rengi (a^*/b^*) üzerindeki etkisi.

Salça örneklerinin kırmızılığının depolama süresinde azaldığı şekilden açıkça görülmektedir. Ayrıca ultraviyole uygulamasının renk üzerinde olumsuz etkisi sadece depolama süresinin sonlarında, 16-19. günlerde ortaya çıkmaktadır.

Meyve ve sebze ürünleri üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer şekilde ultraviyole uygulamasının pigmentlerde degradasyona yol açtığı ve renk parametrelerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Ibarz ve diğerlerinin (2005) yaptığı çalışmada ve Guerrero-

Beltran ve Barbosa-Canovas'ın (2005) yaptığı çalışmada benzer şekilde a^* ve b^* değerlerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Buna göre elma, şeftali ve limon sularındaki pigmentlerin ultraviyole ışık etkisiyle fotodegradasyona uğradığının altı çizilmiştir. Domates salçası üzerinde yapılan çalışmada da a^* ve b^* değerlerinin azaldığı, bunun yanında a^*/b^* değerinin de düşerek kırmızılığı azalttığı görülmüştür. Fakat ultraviyole ışık uygulaması salçanın kendine özgü rengi üzerinde, depolamanın ilk 15 günü içerisinde anlamlı bir değişiklik ortaya çıkarmamaktadır.

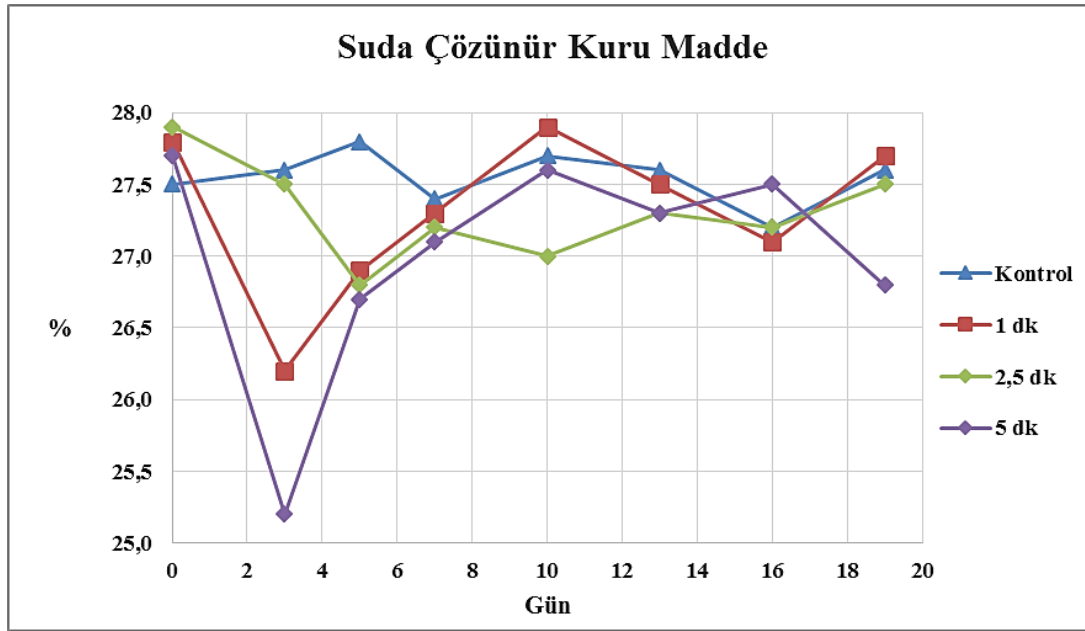
4.2.3 Suda çözünür kuru madde tayini sonuçları

Salçada suda çözünür kuru madde miktarı ürünün kompozisyonunu göstermesi açısından önemli bir parametredir. Numuneden 50 gram alınarak filtre edilmiş, filtratın katı madde miktarı refraktometreyle ölçülmüş ve % sakkaroz cinsinden ifade edilmiştir. Uygulama yapılmış numuneler ve kontrol numunelerinin kuru madde miktarlarının depolama zamanı boyunca değişimi ölçülmüş ve Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca suda çözünür kuru madde miktarı üzerindeki etkisi.

Gün	Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (% sakkaroz)			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	27,5	27,8	27,9	27,7
3	27,6	26,2	27,5	25,2
5	27,8	26,9	26,8	26,7
7	27,4	27,3	27,2	27,1
10	27,7	27,9	27,0	27,6
13	27,6	27,5	27,3	27,3
16	27,2	27,1	27,2	27,5
19	27,6	27,7	27,5	26,8

Çizelge 4.14 ve aşağıda verilen Şekil 4.15'e bakıldığında katı madde miktarının numunelerde %26,5-28,0 arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.15: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca salçanın suda çözünür kuru madde miktarı üzerindeki etkisi.

4.2.4 Titrasyon asitliği tayini sonuçları

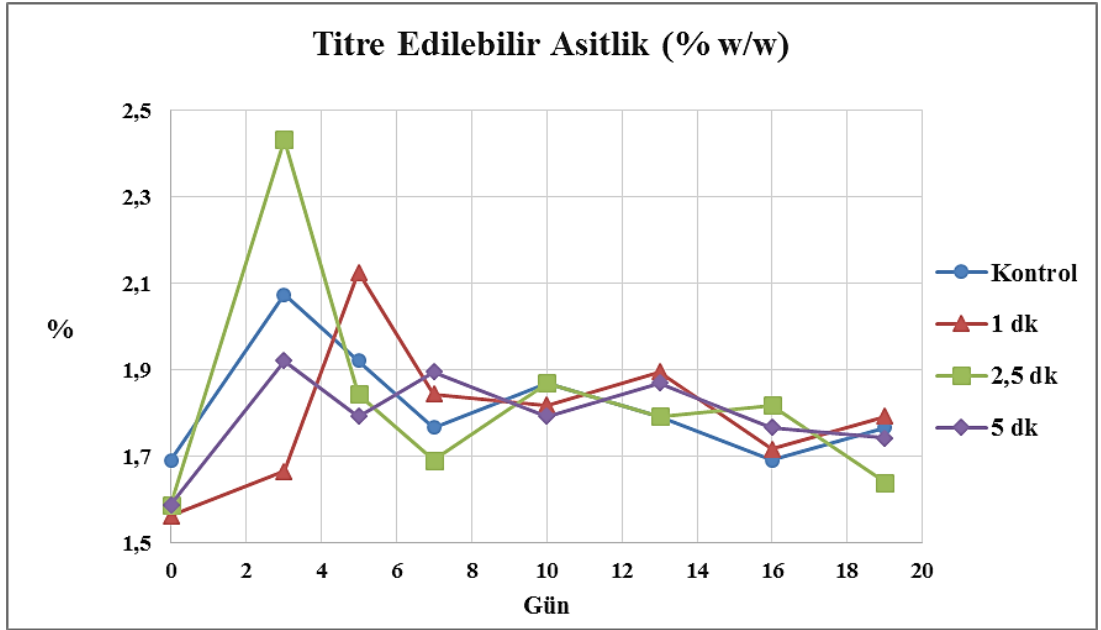
Uygulama yapılan salça örnekleri belirlenen günlerde 0,1 N NaOH ile titre edilerek titrasyon asitliği ölçülmüştür. Ölçülen değerler %“susuz sitrik asit” cinsinden hesaplanmış ve Çizelge 4.15’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.15: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca titrasyon asitliği üzerindeki etkisi.

Titrasyon Asitliği (% sakkaroz w/w)				
Gün	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	1,69	1,56	1,59	1,59
3	2,07	1,67	2,43	1,92
5	1,92	2,13	1,84	1,79
7	1,77	1,84	1,69	1,90
10	1,87	1,82	1,87	1,79
13	1,79	1,90	1,79	1,87
16	1,69	1,72	1,82	1,77
19	1,77	1,79	1,64	1,74

Titrasyon asitliği depolamanın ilk günlerinde artış göstermiş fakat 5. günden sonra düşüş göstererek %1,7-1,9 aralığına gelmiştir. 2,5 dakika uygulamaya maruz

bırakılmış örneklerde titrasyon asitliğinin diğer örneklerle göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişimin grafiksel gösterimi Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.16: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca titrasyon asitliği üzerindeki etkisi.

4.2.5 Howard küf sayımı sonuçları

Howard metodu ile küf sayımı başta domates salçası olmak üzere birçok gıda ürününde uygulanmaktadır. Ürünler sayıma hazırlanırken gerekli seyreltmeler yapılmış ve suda çözünen kuru madde miktarı %8,2-8,4 olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra örnek 0,1 mm derinliğe sahip Howard küf sayım hücresine aktarılmıştır. Hücre içerisinde küf miseli bulunduran alanlar pozitif, küf miseli bulundurmeyen alanlar ise negatif olarak tanımlanmıştır. Örnekler için pozitif alan sayısı, yüzde küflü alan olarak hesaplanarak Çizelge 4.16’da verilmiştir.

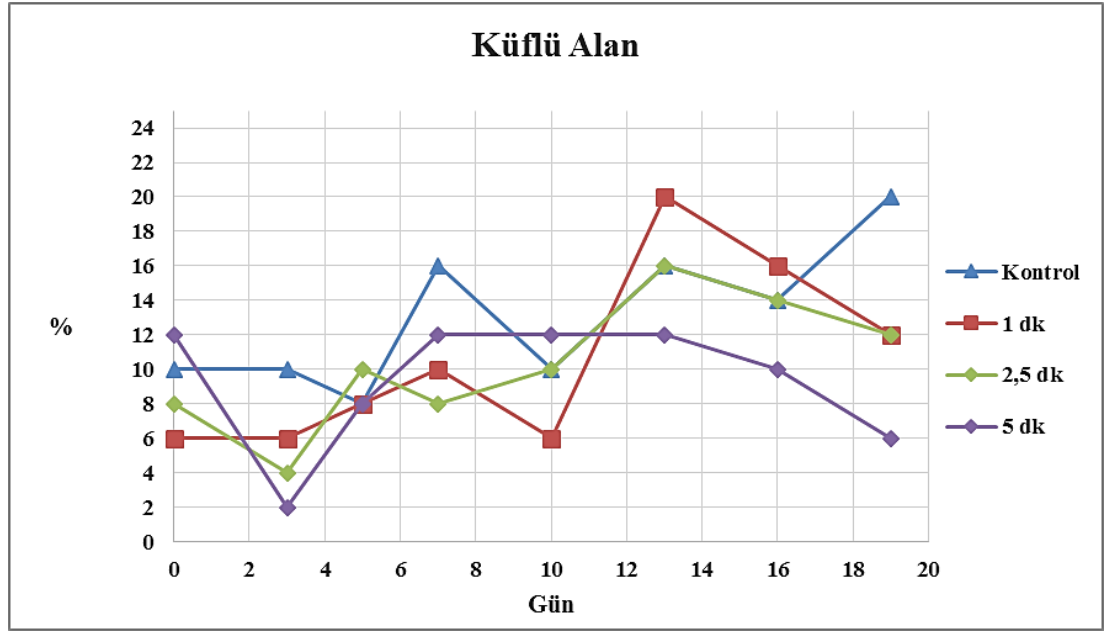
Çizelge 4.16: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca küf miktarı üzerindeki etkisi.

Gün	Küflü Alan (%)			
	Kontrol	1 dk	2,5 dk	5 dk
0	10±2	6±2	8±0	12±0
3	10±2	6±2	4±0	2±2
5	8±4	8±4	10±2	8±0
7	16±4	10±2	8±0	12±0
10	10±2	6±2	10±2	12±4
13	16±4	20±0	16±4	12±4
16	14±2	16±4	14±2	10±2
19	20±0	12±4	12±4	6±2

Küflü alan yüzdeleri değerlendirildiğinde 5 dakikalık uygulamanın diğer uygulamalara göre daha etkili mikrobiyal inaktivasyon sağladığı görülmektedir. Salçada küflü alan oranı UV ışık uygulaması yapılmamış kontrol örneklerinde %10'dan başlayarak 19. günde %20'ye kadar çıkmıştır. UV uygulaması yapılmış örnekler ise kontrol örneklerine göre daha az küflü alan içermektedir. Küflü alan yüzdesinin 19 gün içerisindeki değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 4.17'de verilmiştir.

Meyve ve sebze ürünlerinde küf bulaşması ürünlerin bozulmasına sebep olan önemli etkenlerden biridir. Küf yükü fazla olan domatesler kullanılarak salça yapılması da son üründe küf gelişiminin hızlanmasına ve raf ömrünün azalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle salça üretimi sonrasında, buzdolabında salça yüzeyinde ultraviyole ışık uygulaması yapılması küf gelişimini azaltma ve raf ömrü içerisinde daha kaliteli salça tüketilmesine olanak sağlama potansiyeline sahiptir. Daha önce meyve ve sebzelerde ultraviyole uygulamasının küf yükünü azalttığı belirtilmiştir. Stevens ve diğerleri (2005), yaptıkları çalışmada UV ışık uygulamasının meyvelerde *Monilinia* ve *Penicillium* türlerinin sebep olduğu bozulmaları azalttığını belirtmiştir. Gonzalez-Aguilar ve diğ. ise 0,5 J/cm² dozda UV uygulamasının küf kaynaklı mango çürümesini %60 oranında azalttığını göstermiştir (2007). Ayrıca 0,37 J/cm² dozda ultraviyole uygulamasının domateslerde *Botrytis cinerea* gelişimini azalttığı belirtilmiştir (Charles ve diğ, 2008). Küf gelişiminin yavaşlatılması, depolama süresince oksijenle temas eden yüzeylerin daha uzun süre tazeliğini korumasını sağlamaktadır. Bu nedenle

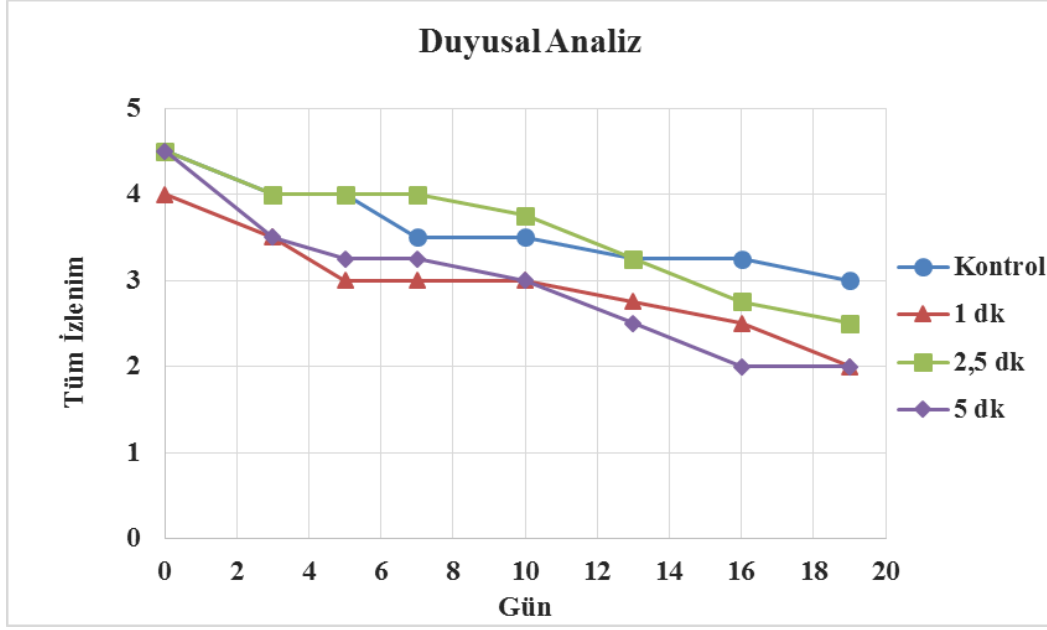
küf gelişiminin sorun olarak değerlendirildiği ve meyve-sebze ürünlerindeki yüzey kontaminasyonunu azaltmak için UV ışık uygulamasının kullanılması önemli bir alternatiftir. Salça ürünlerinin tüketiciye ulaşmasından sonra, kapağının açılıp tekrar depolanması yüzeyin oksijenle temasını sağlamakta ve depolamanın ilerleyen günlerinde yüzeyde görünür şekilde küf tabakası oluşmaktadır. Bu nedenle ev tipi tüketim açısından, ürünlere açıldıktan sonra UV ışık uygulanması, yüzey küflenmesini geciktirecek ve raf ömrünü geliştirecek bir potansiyel sunmaktadır.



Şekil 4.17: Salçada UV-C ışık uygulamasının depolama süresi boyunca küf miktarı üzerindeki etkisi.

4.2.6 Duyusal analiz sonuçları

Salça örnekleri panelistler yardımıyla duyuşal değerdendirmeye tabi tutulmuştur. Panelistler örnekleri 19 gün boyunca 0-5 arasında farklı kategorilerde değerdendirmiş ve tüm izlenimlerini de belirtmişlerdir. Örneklerin değerdendirildiği parametreler; kötü koku, kendine has koku, renk, yüzeyde normal dışı görünüm, yüzeyde küflenme, siyah leke, kıvam olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerin tümü değerdendirilerek örneklere tüm izlenim puanları verilmiş ve bu puanların sonucu Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18: Salçada UV-C ışık uygulamasında depolama süresi boyunca yapılan duysal analiz sonuçları.

Duyusal analiz sonuçlarına bakıldığında depolama süresi boyunca panelistlerin genel izleniminde 2 puanlık azalma görülmektedir. 19 gün boyunca yüzeyde küflenme, siyah leke oluşumu veya herhangi bir normal dışı görünüme rastlanmamıştır. 2,5 dakikalık uygulama sonucunda örneklerin renk ve koku açısından diğer örneklerle kıyasla daha kabul edilebilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır. Meyve ve sebzeler üzerinde yapılan farklı çalışmalarda, ultraviyole uygulaması sonrası yapılan duysal analizlerde de benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Paztörizasyon ve UV ışık uygulamasının karşılaştırıldığı bir duysal analiz çalışmasında, UV ışık uygulanmış elma suyu örneklerinin koku, renk ve tat açısından daha kabul edilir olduğu sonucuna varılmıştır (Choi ve Nielsen, 2005). Lahana ve marul üzerinde yapılan bir çalışmada ise, ultraviyole ışık uygulamasının “plastik” kokusu olarak tanımlanan kötü koku oluşturduğu panelistler tarafından belirtilmiştir (Gomez-Lopez ve diğ, 2005). Fakat uygulama sonrası birkaç saat içerisinde bu kokunun yok olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla düşük miktarda istenmeyen koku oluşumunun tüketim aşamasına ulaşıldığında ortaya çıkmadığı söylenebilir. Salça örneklerinde uygulama yapıldıktan sonra depolama süresinin uzamasıyla birlikte UV ışık kaynaklı kötü koku oluşumu gözlenmemektedir. Ayrıca panelistlerin yaptıkları değerlendirmeler ışığında düşük dozdaki uygulamaların renk açısından daha olumlu sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir.

Renk değişimi, kötü ve yanık koku oluşumu, mikrobiyal inaktivasyon ve asitlik gibi parametreler göz önüne alındığında, 2,5 dakika dozunda UV-C ışıık uygulamasının domates salçasının raf ömrü boyunca kalite özelliklerinin korunması üzerinde olumlu etkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geçmişte yapılan çalışmalara göre ultraviyole ışık uygulaması ile gıdaların başlangıç mikroorganizma yükü azaltılmakta ve mikrobiyal bozulmaların yavaşlatılması sayesinde raf ömrü artırılmaktadır. Bunun yanı sıra kimyasal ve fiziksel özelliklerin bazılarının korunması da sağlanabilmektedir. Bu çalışmada ise 4°C’de tutulan bir bölmede yapılan UV-C ışık uygulamasının gıda maddesinin raf ömrü ve raf ömrü içerisindeki mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Başlangıçta yapılan ultraviyole ışık uygulaması ve sonrasında gelen soğukta depolama aşamalarının sinerjistik etkisinin gıdaların kalite özellikleri üzerinde olumlu sonuçlar meydana getireceği hipotezi tasarlanmış ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla, farklı dozlarda UV-C ışık uygulaması yapılan kırmızı et ve salça örnekleri buzdolabında depolanarak, raf ömrü içerisindeki kalite değişimleri ölçülmüş ve ışık uygulaması yapılmamış kontrol örnekleriyle karşılaştırılmıştır.

Literatür araştırmaları sonucunda incelenen geçmiş uygulamalar değerlendirilerek uygulama dozları belirlenmiş ve mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Kırmızı et örnekleri üzerinde yapılan analizler sonucunda 1 dakikalık ($0,21 \text{ J/cm}^2$) ve 3 dakikalık ($0,63 \text{ J/cm}^2$) ultraviyole ışık uygulamalarının mikrobiyal inaktivasyon açısından olumlu sonuç verdiği görülmüştür. Tat ve koku üzerinde olumsuz etki gösterecek laktik asit bakterileri kaynaklı bozulmaların önüne geçilebileceği ve raf ömrünün uzatılabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda 1 dakikalık UV-C uygulaması ile örneklerin pH’ının daha uzun süre yasal limitler altında tutulabileceği ve aynı zamanda düşük dozda UV uygulamasının raf ömrü süresince renk üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Uygulama dozunun artmasıyla oksidatif değişimlerin arttığı ve bunun koku ve tat değişimi yarattığı görülse de, düşük dozdaki (1 dk ve 3 dk) uygulamaların bu açıdan UV uygulaması yapılmamış örneklerden farklı olmadığı ortaya çıkmıştır. Tüm bu mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel iyileştirmeler gıda güvenliği açısından olumlu sonuç doğurmakla birlikte, raf ömrü süresince gerçekleşen değişimlerin birleşik olarak

duyusal özelliklere etkisi de tüketici açısından oldukça önemlidir. Yapılan duyusal analizlerde panelistlerin, düşük dozda UV uygulaması yapılan örnekler daha yüksek puan verdiği görülmektedir. Koku, renk, kıvam, görünüm gibi parametrelerin tümü birlikte değerlendirildiğinde UV ışık uygulamasının olumlu etkileri fark edilir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Salça örnekleri üzerinde yapılan analizlere bakılacak olursa, düşük dozda ultraviyole uygulamasının (1 dk ve 2,5 dk) ürün pH'ı ve rengi üzerinde fark oluşturacak bir değişiklik ortaya çıkarmadığı görülmektedir. Aynı zamanda 2,5 dakikalık uygulama neticesinde ürün asitliğinin zamanla artışı da yavaşlamaktadır. Salça örneklerinin buzdolaplarında saklanması sırasında yüzeyde küf gelişimi gıda kalitesini, güvenliğini ve duyusal özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle yüzeydeki küf gelişiminin yavaşlatılması salçanın raf ömrünü uzatacak ve aynı zamanda raf ömrü içerisindeki kalitesini artıracaktır. Yapılan çalışmada özellikle 5 dakikalık ultraviyole uygulamasının diğer uygulamalara ve kontrol örneklerine göre küf gelişimini azalttığı görülmüştür. Fakat dozun artması fiziksel ve kimyasal özellikleri olumsuz etkileyeceğinden çok yüksek dozlara çıkılmasının makul olmadığı düşünülebilir. Duyusal analizlere bakıldığında 2,5 dakikalık uygulamanın diğer uygulamalara ve kontrole göre duyusal özellikleri iyileştirdiği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle mikrobiyal inaktivasyon sağlamanın yanı sıra fiziksel, kimyasal ve duyusal özelliklerin de korunması tüketici açısından daha kabul edilir bulunacaktır.

Farklı dozlarda ultraviyole uygulamaları, literatürdeki bilgiler ışığında değerlendirilip gıdalar üzerinde gerekli analizler yapılarak bu gıdalar için optimum dozlar belirlenebilir. Bunun yanında buzdolaplarında çeşitli gıdalar için uygulama bölmeler tasarlanarak gıdaların ambalajı açıldıktan sonra gerçekleşen hızlı bozulma reaksiyonları yavaşlatılabilir. Dolayısıyla gıdaların raf ömrü uzatılırken aynı zamanda raf ömrü süresi boyunca kalite özellikleri daha iyi düzeyde tutulabilir. Ultraviyole ışık uygulaması bu konuda önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu çalışmada ortaya çıkan veriler dikkate alındığında UV-C ışık dozunun yüksek seçilmesinin avantaj yerine dezavantaj yaratacağı söylenebilir. Farklı gıda maddeleri üzerinde ışık dozu etkisi farklı olmakla beraber, burada incelenen gıdalar için optimum uygulama dozunun 0,2-0,6 J/cm² arasında olması tavsiye edilebilir. İlerleyen çalışmalarda farklı gıdalar üzerinde yapılacak analizlerin de katkısıyla ultraviyole ışık teknolojisinin soğukta saklama metodlarıyla birlikte uygulanması yönünde ilerleme kaydedilecektir.

KAYNAKLAR

- Bhat, R. ve Karim, A.A.** (2009). Ultraviolet irradiation improves gel strength of fish gelatin. *Food Chemistry*, **113**, 1160–1164.
- Cemeroğlu, B. ve Karadeniz, F.** (2004). Salça üretim teknolojisi, *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Cemeroğlu, B., Ed., İkinci baskı, Başkent Klışe Matbaacılık, Ankara.
- Charles, M.T., Mercier, J., Makhlouf, J. ve Arul, J.** (2008). Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit I. Role of pre- and post-challenge accumulation of the phytoalexin-rishitin, *Postharvest Biology and Technology*, **47**, 10–20.
- Choi, L.H. ve Nielsen, S.S.** (2005). The effects of thermal and non-thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability, *Journal of Food Quality*, **28**, 13–29.
- Coufal, C.D., Chavez, C., Knape, K.D. ve Carey, J.B.** (2003). Evaluation of ultraviolet light sanitation of broiler hatching eggs, *Poultry Science*, **82**, 754–759.
- Cuvelier, M. ve Berset, C.** (2005). Phenolic compounds and plant extracts protect paprika against UV-induced discoloration. *International Journal Food Science and Technology*, **40**, 67–73.
- Dave, D. ve Ghaly, A.E.** (2011). Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, **6**, 486–510.
- Fonseca, J. ve Rushing, J.** (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh cut watermelon, *Post Harvest Biology and Technology*, **40**, 256–261.
- Gabriel, A.** (2015). Combinations of selected physical and chemical hurdles to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 in apple and orange juices, *Food Control*, **50**, 722–728.
- Gomez-Lopez, V.M., Devileghere, F., Bonduelle, V. ve Debevere, J.** (2005). Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelf-life, *International Journal of Food Microbiology*, **103**, 79–89.
- González-Aguilar, G.A., Zavaleta-Gatica, R. ve Tiznado-Hernández, M.E.** (2007). Improving postharvest quality of mango ‘Haden’ by UV-C treatment, *Postharvest Biology and Technology*, **45**, 108–116.

- Keklik, N.M. ve Demirci, A.** (2014). Applications and Modeling Aspects of UV and Pulsed UV-Light for Food Decontamination, Ed., Boziaris, I.S., *Novel Food Preservation and Microbial Assessment Techniques*, CRC Press, New York, 67–101.
- Kim, T., Silva, T. ve Chen, T.** (2002). Effects of UV irradiation on selected pathogens in peptone water and on stainless steel and chicken meat, *Journal of Food Protection*, **65**, 1142–1145.
- Kolakowska, A.** (2003). Lipid oxidation in food systems, *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*, Ed., Sikorski, Z.E., ve Kolakowska, A., CRC press, New York, 133–68.
- Koutchma, T., Forney, L.J. ve Moraru, C.I.** (2009). Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications, CRC Press, New York, 1-31, 69-101, 102-125.
- Koutchma, T. ve Orlowska, M.** (2010). Ultraviolet Light for Processing Fruits and Fruit Products. Ed., Klaber, M.R., *Advances in Fruit Processing Technologies*. 36–38.
- Krishnamurthy, K., Irudayaraj J., Yang, W. ve Demirci, A.** (2008). UV Pasteurization of Food Materials, *Food Processing Operations Modeling Design and Analysis*, Ed., Irudayaraj J., ve Jun, S., CRC Press, New York, 281–302.
- Limbo, S., Torri, L., Sinelli, N., Franzetti, L. ve Casiraghi, E.** (2010). Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures, *Meat Science*, **84**, 129–136.
- Limbo, S., Ubaldi, E., Adobati, A., Iametti, S., Bonomi, F., Mascheroni, E., Santagostino, S., Powers, T.H., Franzetti, L. ve Piergiovanni, L.** (2013). Shelf life of case-ready beef steaks (*Semitendinosus* muscle) stored in oxygen-depleted master bag system with oxygen scavengers and CO₂/N₂ modified atmosphere packaging, *Meat Science*, **93**, 477-484.
- Lyon, S.A., Fletcher, D.L. ve Berrang, M.E.** (2007). Germicidal ultraviolet light to lower numbers of *Listeria monocytogenes* on broiler breast fillets, *Poultry Science*, **86**, 964–967.
- Manzocco, L., Panozzo, A. ve Nicoli, M.C.** (2012). Effect of ultraviolet processing on selected properties of egg white, *Food Chemistry*, **135**, 522–527.
- Matak, K. E., Churey, J.J., Worobo, R.W., Sumner, S.S., Hovingh, E., Hackney, C.R. ve Pierson, M.D.** (2005). Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk, *Journal of Food Protection*, **68**, 2212–2216.
- Matak, K.E., Sumner, S.S., Duncan, S.E., Hovingh, E., Worobo, R., Hackney, C.R. ve Pierson, M.D.** (2007). Effects of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat milk, *Journal of Dairy Science*, **90**, 3178–3186.

- Masschelein, W.J. ve Rice, R.G.** (2002). Use of Ultraviolet Light for Disinfection of Drinking Water, *Ultraviolet Light in Water and Wastewater Sanitation*, CRC Press, New York.
- Ohlsson, T. ve Bengtsson, N.** (2002). Minimal Processing Technologies in the Food Industry, CRC Press, New York, 34–57.
- Park, J.G., Yoon, Y., Park, J.N., Han, I.J., Song, B.S., Kim, J.H., Kim, W.G., Hwang, H.J., Han, S.B. ve Lee, J.W.** (2010). Effects of gamma irradiation and electron beam irradiation on quality, sensory, and bacterial populations in beef sausage patties, *Meat Science*, **85**, 368–372.
- Rahman, S.F.** (1999). Post harvest handling of foods of animal origin, *Handbook of food preservation*, Ed., Rahman, S.F., Marcel Dekker, New York, 47–54.
- Reinemann, D.J., Gouws, P., Cilliers, T., Houck, K. ve Bishop, J.R.** (2006). New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.
- Shama, G.** (2005). Handbook of Food Science, Technology, and Engineering - 4 Volume Set. Ed., Cai Y., ve Corke, H., 1–20.
- Spikes, J.** (1981). Photodegradation of foods and beverages, *Photochemical and photobiological reviews*, Ed., Smith, K.C., Plenum Press, New York, 39–81.
- Stevens, C., Khan, V.A., Wilson, C.L., Lu, J.Y., Chalutz, E. ve Droby, S.** (2005). The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay, *Crop Protection*, **24**, 756–759.
- Thomas, R., Anjaneyulu, A.S.R. ve Kondaiah, N.** (2006). Quality and shelf life evaluation of emulsion and restructured buffalo meat nuggets at cold storage (4 ± 1 °C), *Meat Science*, **72**, 373–379.
- Türker, H. ve Yel, M.** (2014). Ultrastructural effects of ultraviolet C radiation on the stratum basale of mole rats epidermis. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, **7**, 2–6.
- Tran, M.T. ve Farid, M.** (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **5**, 495–502.
- TSE,** (2002). Et ve Et ürünleri – ph Ölçülmesi – Referans yöntem, Türk Standartları Enstitüsü, TS 3136, Ankara.
- TSE,** (2008). Domates Salçası ve Püresi Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, TS 1466, Ankara.
- Williams, P.G.** (2007). Nutritional composition of red meat, *Nutrition & Dietetics*, **64**, 113-119.
- Wong, E., Linton, R. ve Gerrard, D.** (1998). Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella senftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light, *Food Microbiology*, **15**, 415–423.

- AMSA**, (2012). Meat Color Measurement Guidelines, American Meat Science Association, Illinois, ABD.
<http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/Hot-Topics/download-the-ebook-format-pdf-of-the-meat-color-measurement-guidelines.pdf?sfvrsn=0>.
- FDA**, (2013). Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies - Ultraviolet Light. U.S. Food and Drug Administration, Washington, D.C., ABD.
<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm103137.htm>.
- Koninklijke Philips, N.V.** (2015). TUV 11W FAM Product Information.
http://www.lighting.philips.com/main/prof/special-catalog/purificationwater-and-air/residential-water-and-air/tuv-tl-mini/928002204013_EU/product.
- Reusch, W.** (2013). Visible and Ultraviolet Spectroscopy. Michigan State University, Department of Chemistry.
<http://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/VirtTxtJml/Spectrpy/UV-Vis/spectrum.htm>.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Osman Yağız Turan

Doğum Yeri ve Tarihi : Sarıyer, 1986

E-Posta : turanos@itu.edu.tr



ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2011, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Yükseklisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM:

Araştırma Görevlisi, İTÜ, Gıda Mühendisliği Bölümü - Ocak, 2013 - Devam

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Turan, O.Y., Met, A., Belbez, E., Pektaş, S., Şahin-Yeşilçubuk, N., ve Fıratlıgil-Durmuş, E., 2015. Investigating the effects of (UV-C) light on qualitative properties of beef in prototype household-type refrigerators. *The 5th Food Safety Congress*, May 7-8, 2015, İstanbul, Turkey.