



**T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YUMURTA SARISI KAROTENOİDLERİ ve YAĞ
ASİDİ KOMPOZİSYONU ÜZERİNE ULTRAVİYOLE
IŞIĞIN ETKİSİ**

Damla BAYANA

BURDUR, 2015

**T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YUMURTA SARISI KAROTENOİDLERİ VE YAĞ
ASİDİ KOMPOZİSYONU ÜZERİNE ULTRAVİYOLE
IŞIĞIN ETKİSİ**

Damla BAYANA

Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

BURDUR, 2015

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

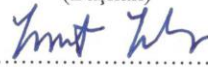
Damla BAYANA tarafından **Prof. Dr. Yusuf YILMAZ** yönetiminde hazırlanan “**Yumurta Sarısı Karotenoidleri ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Ultraviyole Işığın Etkisi**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 18.11.2015

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

(Başkan)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY

(Jüri Üyesi)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Sadık ÇOĞAL

(Jüri Üyesi)

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



ONAY

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ___/___/___ tarih ve _____ sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

.....
Yrd. Doç. Dr. İ. İskender SOYASLAN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yumurta Sarısı Karotenoidleri ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Ultraviyole Işığın Etkisi” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, döküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

13/11/2015



Damla BAYANA

TEŐEKKÖR

Bu tezi hazırlama sürecinde çalıŐmalarımı yÖrÖtmemde yardımcı olan, bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen; saygıdeğer danışman hocam **Prof. Dr. Yusuf YILMAZ** ile hocam **Doç. Dr. Oğuz GÖRSOY**'a, arkadaşlarım **Özge GÖKÇE** ve **KÜbra ERTAN**'a, laboratuvar çalıŐmalarımın sağlıklı bir şekilde yÖrÖtölmesini sağlayan; **Yrd. Doç. Dr. Hale CANBAY SEÇİLMİŐ**, **Mahmut DOğANTÖRK** ve **Dr. Beril İŐCİOęLU ÖZÖNER**'e ve yüksek lisans öğrenimim boyunca maddi-manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kardeŐim **Melike BAYANA**, annem **Peyman BAYANA**, babam **Nuri BAYANA** ve teyzem **Sibel ATAGÖN**'e, teŐekkÖr ederim.

Kasım, 2015

Damla BAYANA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	XI
SUMMARY.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Yumurtanın Yapısı.....	6
2.1.1. Fiziksel Yapı.....	6
2.1.2. Kimyasal Yapı.....	8
2.1.2.1. Karotenoidler.....	8
2.1.2.2. Yağ Asitleri.....	13
2.2. Yumurtanın Besin Değeri.....	13
2.3. Yumurta Saklama Koşulları ve Raf Ömrüne Etkisi.....	13
2.4. Yumurta Muhafazasında Kullanılan Alternatif Metotlar.....	15
3. ULTRAVİYOLE IŞIK UYGULAMASI.....	17
3.1. Ultraviyole Işık Kaynakları.....	18
3.2. Ultraviyole Işık ile Mikrobiyal İnaktivasyon.....	19
3.3. Ultraviyole Işığın Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları.....	21
3.4. Ultraviyole Işığın Yumurta ve Ürünleri Üzerindeki Uygulamaları.....	24
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
4.1. Materyal.....	26
4.1.1. Araştırma Materyali.....	26
4.1.2. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar.....	26
4.2. Yöntem.....	28
4.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Muhafazası.....	28
4.2.2. Ekstraksiyon İşlemi.....	30
4.2.3. Lutein, Zeaksantin ve Kantaksantin Analizleri.....	32
4.2.4. Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi.....	33
4.2.5. Renk Ölçümü.....	34
4.2.6. Toplam Kuru Madde Analizi.....	34
4.3. İstatistiksel Analizler.....	35
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	36
5.1. Lutein, Zeaksantin ve Kantaksantin İçerikleri.....	36
5.2. Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi.....	44
5.3. Toz Örneklerde Renk Analizi.....	46
6. SONUÇ.....	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Yumurtanın yapısı.....	6
Şekil 2.2. Lutein (A) ve zeaksantin (B) kimyasal yapıları.....	11
Şekil 2.3. Kantaksantin kimyasal yapısı	12
Şekil 3.1. Elektromanyetik spektrum	17
Şekil 3.2. Bir UV lambanın bölümleri	18
Şekil 3.3. UV ışığın DNA üzerine etkisi	20
Şekil 4.1. UV-C uygulama işlemi için dizayn edilen ortam, A: UV-C ışık kaynağının inkübatör içerisine yerleştirilmesi, B: petri kaplarında yumurta sarısına UV-C ışık muamelesi	27
Şekil 4.2. Uygulanan ultraviyole ışığın dozunu ölçmede kullanılan radyometre ve UV-C probu.....	27
Şekil 4.3. Uygulamada kullanılan kuvars kılıflı UV-C lambalar	28
Şekil 4.4. UV-C ışığa maruz kalan örneklerin liyofilize edilmesi için erlenlere aktarılması	29
Şekil 4.5. Liyofilizasyon işlemi, A: UV-C ışığa maruz kalan örneklerin erlenler içinde dondurarak kurutma cihazına yerleştirilmesi, B: kurutma sırasında ortam ışığından örnekleri koruma yöntemi.....	29
Şekil 4.6. Liyofilizasyon sonunda örneklerin toz hale getirilmesi, A: erlenmayer içerisindeki liyofilize örnek, B: pulcukların havana aktarılması, C: ezme sonrasında elde edilen yumurta sarısı tozları.....	30
Şekil 4.7. Uygulama sonrası yumurta tozu örneklerinin saklanma koşulları.....	30
Şekil 4.8. Liyofilize örneklerde yağ ekstraksiyonu, A: kloroform-metanol sonrası karışım, B: üst fazın metanolik hidroklorik asit ve hekzan ile karıştırılma aşaması ve C: hekzanın dönel evaporatörde uçurulması	31
Şekil 4.9. Karotenoid ekstraksiyonu için numune hazırlık aşamaları; A: ultrasonik su banyosunda karıştırma, B: orbital çalkalayıcı ile karıştırma, C: karıştırma sonunda üst faz oluşumu, D: oluşan süpernatantın evapore edilmesi	32
Şekil 4.10. UV-C ışığa maruz kalan yumurta sarılarında lutein, zeaksantin ve kantaksantin kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazının görüntüsü.....	33

Şekil 4.11. UV-C ışığa maruz kalan yumurta sarılarında yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan GC-MS cihazının görüntüsü.....	33
Şekil 4.12. Toz haldeki yumurta sarısı örneklerinde renk ölçümü.....	34
Şekil 4.13. Yaş yumurta örneklerde nem analizi, A: nem analizörüne örneğin yerleştirilmesi, B: nem tayini sırasında analizörün görüntüsü	35
Şekil 5.1. Farklı sürelerde UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların lutein konsantrasyonuna ilişkin regresyon grafikleri A; 0. derece kinetik modelleme, B; 1. derece kinetik modelleme, C; 2. derece kinetik modelleme	38
Şekil 5.2. Farklı sürelerde UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların zeaksantin konsantrasyonuna ilişkin regresyon grafikleri A; 0. derece kinetik modelleme, B; 1. derece kinetik modelleme, C; 2. derece kinetik modelleme.	40
Şekil 5.3. Ölçülen kantaksantin değerlerine ilişkin regresyon grafikleri A; 0. derece kinetik modelleme, B;1. derece kinetik modelleme, C; 2. derece kinetik modelleme	41
Şekil 5.4. Lutein, zeaksantin ve kantaksantin standart karışımına ait kromatogram	42
Şekil 5.5. UV-C ışığa maruz kalmamış örneğe ait kromatogram	42
Şekil 5.6. Lutein (A), zeaksantin (B) ve kantaksantin (C) saf bileşikleri kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrileri	43
Şekil 5.7. Yağ asidi metil esterlerinden (FAME) oluşan standart karışıma ait kromatogram.....	45
Şekil 5.8. Numuneye ait kromatogram.....	45
Şekil 5.9. UV-C ışığa maruz kalan örneklerde süreye bağlı olarak değişen CIE L* (a), a* (B) ve b* (C) renk değerleri	48

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Yumurtanın kimyasal bileşimi	8
Çizelge 2.2. Yumurta kısımlarının besin değeri.....	8
Çizelge 2.3. Yumurta akı, yumurta sarısı ve bütün yumurta kompozisyonu	14
Çizelge 3.1. Farklı mikroorganizmaların 254 nm dalga boyundaki UV ışık ışınlarına maruz kaldıktan sonra %90 inaktivasyonu için gereken dozlar (J/m^2) ve k (hız sabiti- m^2/J).....	20
Çizelge 5.1. UV-C ışık uygulanmış örneklerde süreye bağlı lutein, zeaksantin ve kantaksantin içeriğinin değişimi	37
Çizelge 5.2. UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen yağ asitlerinin süreye bağlı değişimi	44
Çizelge 5.3. UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların yağ asidi kompozisyonu	45
Çizelge 5.4. Liyofilizatlarda ölçülen renk değerlerinin süreye bağlı değişimi	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	: CIELAB Sisteminde Kırmızı Renk Parametresi
b*	: CIELAB Sisteminde Sarı Renk Parametresi
BHT	: Butillenmiş hidroksi toluen
CIE	: Uluslararası İlüminasyon Komisyonu
DNA	: Deoksiribonükleik asit
FAME	: Yağ Asidi Metil Esterleri
GC-MS	: Gaz Kromatografi Kütle Spektroskopisi
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
Hue	: Renk Tonu
L*	: CIELAB Sisteminde Aydınlik Parametresi
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asitleri
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
RNA	: Ribonükleik asit
R.t.	: Alıkonma Süresi
USDA	: Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı
UV	: Ultraviyole
UV-C	: Ultraviyole Işığın C Bölgesi (200-280 nm)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Yumurta Sarısı Karotenoidleri ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Ultraviyole Işığın Etkisi

Damla BAYANA
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Yusuf YILMAZ
Kasım, 2015

Gıda endüstrisinde pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı işlemler güvenilir gıda üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak ısı işlemler gıdalarda bulunan besin ögelerinde arzu edilmeyen kayıplara da neden olabilmektedir. Alternatif olarak geliştirilen ısı olmayan işlemler gıda endüstrisinde denenmekte ve optimizasyon için bilimsel ve teknolojik çalışmalara devam edilmektedir. Yumurta ve ürünlerinde ısı olmayan UV-C uygulaması mikrobiyal inaktivasyon amacıyla kullanılmaktadır. Bu uygulamanın yumurta ve ürünlerinde hedeflenen mikroorganizma olan Salmonella sayısını azalttığı literatürde mevcuttur. Ancak UV-C ışık uygulaması yumurta sarılarında özellikle de karotenoid ve yağ asitlerinde degradasyona yol açabilmektedir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında, yumurta sarısında bulunan karotenoidler ile yağ asitleri kompozisyonu üzerine UV-C ışığın etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, beyazlarından ayrılan yumurta sarıları farklı sürelerde (0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 dakika) statik ortamda UV-C ışığa maruz bırakılmıştır. Muamele edilen yumurta sarıları liyofilize edilmiş ve elde edilen liyofilizatlarda lutein, zeaksantin, kantaksantin, yağ asidi kompozisyonu ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta 121,1 µg/g kuru madde olan lutein içeriği 60 dakika UV-C ışık uygulanan yumurta sarılarında 68,63 µg/g'a düşmüştür (p<0,05). Yumurta sarılarının başlangıçtaki zeaksantin içeriği 39,67 µg/g kuru madde iken bu değer 60 dakika UV-C ışık uygulaması sonunda 19,30 µg/g'a düşmüştür (p<0,05). Benzer degradasyon kantaksantin için de bulunmuş, başlangıçtaki 0,29 µg/g değeri 60 dakika UV-C ışık uygulaması sonunda

0,12 µg/g değerine düşmüştür ($p<0,05$). UV-C ışığın yumurta sarılarının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisinin belirlenmesi yağ asitlerini doymuş, tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) şeklinde gruplandırılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre PUFA kompozisyonu UV-C ışık uygulanmamış örnekte %16,14 iken 30 ve 60 dakika UV-C ışık uygulanmış örneklerde yaklaşık %15,20'ye düşmüştür ($p<0,05$). Bu iki örnek dışında, diğer tüm örneklerin PUFA kompozisyonu istatistiksel anlamda benzer bulunmuştur ($p>0,05$). CIELAB sistemiyle yapılan renk ölçümlerinde; L* renk parametre değerleri 83,55 ve 78,49 aralığında değişmiş ancak farklılıklar istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Benzer şekilde kırmızılık a* renk parametre değerleri, 1,35 ve 2,88 arasında değişmiş ancak farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Sarı rengin bir göstergesi olan b* renk değerleri 50,26 ve 52,65 arasında değişmiştir. UV-C ışık uygulama süresinin yumurta sarılarının sarı renk değeri (b*) üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Sonuç olarak, mikrobiyal inaktivasyon amaçlı kullanımı literatürde yaygın olan UV-C ışık uygulamasının, yumurta sarısı karotenoidlerinden özellikle de lutein, zeaksantin ve kantaksantin üzerine degradasyon etkisi vardır. Bu etki süreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. UV-C ışık uygulaması, yumurta sarılarının özellikle de çoklu doymamış yağ asidi kompozisyonunu azaltmıştır. Bu uygulamanın renk üzerine etkisi ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, UV-C ışık uygulaması sırasında mikrobiyal inaktivasyon çalışmaları ve yanında UV-C ışığın gıdanın besin ögeleri (karotenoidler ve yağ asitleri gibi) üzerine etkisinin eş zamanlı araştırılması faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yumurta Sarısı, Ultraviyole Işık, Yağ Asidi, Karotenoid

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0248-YL-14 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Effect of Ultraviolet Light on Carotenoid Content and Fatty Acid Composition of Egg Yolk

Damla BAYANA
Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering
Prof. Dr. Yusuf YILMAZ
November, 2015

Heat treatments such as pasteurization and sterilization are used extensively in the production of safe foods in food industry. However, thermal processes may cause undesirable losses in food nutrients. Techniques alternative to thermal processes in the food industry and scientific and technological studies for optimization have been developed. UV-C light, one of the non-thermal applications used in food industry, is used for microbial inactivation in eggs and egg products. Studies on the UV-C light treatment of eggs and egg products for targeted microorganisms, especially Salmonella, as an alternate method, are available in the literature. However, UV-C light treatment has been reported to lead to the degradation of carotenoids and fatty acid composition of egg yolks. In this master thesis, the effect of UV-C light on the carotenoid contents (lutein, canthaxanthin and zeaxanthin) and fatty acid composition of egg yolk was determined. Egg yolk samples separated from their whites were exposed to UV-C light in a static environment for 0, 10, 20, 30, 40, 50 or 60 minutes. The treated yolks were freeze-dried and lutein, canthaxanthin, zeaxanthin, color and fatty acid composition analyzes were performed in the lyophilizates. Initial lutein content of 121.1 $\mu\text{g/g}$ dry matter in the egg yolks reduced to 68.63 $\mu\text{g/g}$ after UV-C light treatment for 60 minutes ($p < 0.05$). Zeaxanthin content of egg yolks was initially 39.67 $\mu\text{g/g}$ dm while it reduced to 19.30 $\mu\text{g/g}$ at the end of UV-C light treatment for 60 minutes ($p < 0.05$). Similar degradation was also found for canthaxanthin contents of egg yolk and its initial 0.29 $\mu\text{g/g}$ content decreased to 0.12 $\mu\text{g/g}$ after UV-C light treatment for 60 minutes ($p < 0.05$). To determine the effect of UV-C light on the fatty acid

composition of egg yolk, fatty acids were grouped into saturated, monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA). Results indicated that the PUFA composition of untreated egg yolks was 16.14%, and it reduced to about 15.20% in egg yolks treated with the UV-C light for 30 and 60 minutes ($p < 0.05$). With the exception of the samples treated with the UV-C light for 30 and 60 minutes, the differences in the PUFA composition of other samples were found statistically insignificant ($p > 0.05$). In the color measurements determined with the CIELAB system, L^* color values changed within the range of 83.55 and 78.49, but differences were found statistically insignificant ($p > 0.05$). Similarly, a^* color parameter indicating the redness of egg yolks ranged from 1.35 to 2.88 but differences was statistically insignificant ($p > 0.05$). CIE b^* color values, which is a yellow color index of egg yolks, ranged between 50.26 and 52.65. UV-C light treatment time had an insignificant effect on the yellow color values (b^*) of egg yolk ($p > 0.05$). Results of this study indicated that the use of UV-C light treatment for microbial inactivation purposes has a significant degradation effect on egg yolk carotenoids especially lutein, zeaxanthin, and canthaxanthin. This effect is a time (and dose)-dependant. UV-C light treatment reduces the PUFA composition of egg yolks. The effect of this treatment on the color of egg yolks is statistically insignificant. In conclusion, results showed that it is highly recommended to determine any negative effect of UV-C light treatment on food constituents such as carotenoids and fatty acids while its microbial inactivation effect is studied.

Keywords: Egg Yolk, Ultraviolet Light, Fatty Acids, Carotenoid

The present M. Sc. Thesis was supported by Coordinatorship of Scientific Research Projects of Mehmet Akif Ersoy University under the Project number of 0248-YL-14.

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesi ve ülke ekonomisi açısından önemli bir besin maddesi olan yumurta besleyici değeri yüksek bir gıda maddesidir (Yüceer, 2007). Yumurta yalnız başına veya diğer gıdalarla birlikte yaygın olarak tüketilmekte; içerdiği elzem amionasitler ve hayati öneme sahip vitamin ve mineraller sayesinde biyolojik değerliliği yüksek olan, beslenme fiziolojisinde büyük öneme sahip bir gıda maddesidir (Algan, 2007). Bileşiminde tüm temel aminoasitler ve tavuğun beslenmesi ve yaşının bir fonksiyonu olarak değişebilen konsantrasyonlarda retinol, tokoferol, riboflavin, pantotenik asit ve hatta askorbik asit de dahil olmak üzere pek çok vitamin ve mineralleri de içerir. Doğal olarak D vita içeren çok az gıda maddesinden biri olması da ayrıca önemlidir (Souza, 2012).

Beslenme, insanlığın en temel ihtiyacıdır ve Dünya nüfusunun hızla artması, ekonomik yetersizlik beslenme sorunlarını derinleştirmektedir. Yumurta, hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında, ekonomik ve tam protein kaynağı olması nedeniyle önemli bir rol oynamaktadır. Tek başına tüketilebildiği gibi birçok ürünün işlenmesi sırasında aroma ve renk vermesi, jelleştirme, emülsifiye etme, nem tutma, kabartma, köpüklendirme, kristalleşmeyi önleme gibi birçok özelliği nedeniyle katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Tayyar, 2005; Alakır, 2006). Yumurta ve yumurta ürünleri gıda endüstrisinde (Erol, 1994; Froning, 1998) çoğunlukla pasta, makarna, mayonez, salata sosları, şekerleme ürünlerinde; yumuşatma, lezzet-renk katma, koyulaştırma, nemini tutma ve besinsel değerini artırma gibi istenilen işlevlerin sağlanması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Atılğan, 2007).

Yumurta besin değeri yüksek bir ürün olmasının yanında mikrobiyal gelişim için çok iyi bir ortam teşkil eder (ICMSF, 2005). Yumurta ürününün muhafazası için farklı uygulamalar mevcuttur (pastörizasyon, soğutma, dondurma, koruyucu madde ilavesi vb.) Düzgün koşullarda muhafaza edilmemesi halinde de bazı sağlık sorunlarına neden olabilir (ICMSF, 2005). Yumurta ile ilgili en önemli halk sağlığı sorunlarından birisi *Salmonella* spp. türlerinin neden olduğu Salmonellozis hastalığıdır (Souza, 2012). Yumurta kabuğu, potansiyel kirlenme kaynağı olduğu için, sıvı yumurta ürünlerinde ilk mikroflora kabuklu yumurtaya özgü mikrofloraya benzer bakterilerden oluşmaktadır (ICMSF, 2005). Yumurta bozulmasıyla ilgili yaygın suşlar; *Acinetobacter* spp., *Proteus* spp., *Aeromonas* spp., *Alcaligenes* spp., *Escherichia* spp., *Micrococcus* spp., *Seretia* spp., *Enterobacter* spp., *Flavobacterium* spp.'den oluşur. Asıl patojenler *Salmonella* spp., *Staphylococcus* spp.,

Campylobacter jejuni, *Listeria monocytogenes* ve *Yersinia enterocolitica*'dır (Ricke vd., 2001; Souza, 2012). *Salmonella* spp. türleri ise en yakından ilgili olan patojen mikroorganizma grubunu oluşturmaktadır. *Salmonella enteritica* serovar Enteritidis tavuklarda klinik belirtiler göstermez ve kabuklu yumurtada çıplak gözle gözlenemez (Souza, 2012). *Salmonella*'nın diğer pek çok türleri gibi *Salmonella enteritidis*, tavuğun bağırsak yolunda yaşayabilir ve dışkı teması ile yumurtaya bulaşabilir (Souza, 2012). Tavuğun ovaryumunun kontamine olmuş ve *Salmonella enteritidis*'in kabuk oluşmadan önce kabuklu yumurtaya geçmiş olması mümkündür (CDC, 2005). Kontamine yumurtalar soğuk zincirde kırılma olması durumunda önemli ölçüde bakteri gelişimi için potansiyel teşkil ederler ve bu durum da yumurtayı çiğ veya az pişmiş olarak tüketen kişiler için ciddi bir sağlık riski yaratabilir (Souza, 2012).

Yumurta kabuğu 20-30 mikron kalınlığında proteinden yapılmış su geçirmeyen bir tabaka ile kaplıdır (Gast, 2005; Heperkan ve Gökler, 2012). Kabuktaki gözenek sayısı yaklaşık 7500 olup koşullara bağlı olarak gözenek büyüklüğü artar ve yüzeydeki mikroorganizmaların yumurtanın içerisine girmesini engelleyemez (Forsythe ve Hayes, 1998; Zeidler, 2002; Heperkan ve Gökler, 2012). Normal koşullarda yumurtanın mikroorganizmalar ile bulaşması kabuğun kırılması sırasında veya kabuk yüzeyindeki çatlaklardan organizmaların nüfuz etmesi ile olmaktadır (Heperkan, 1998; Heperkan ve Gökler, 2012). Ortamdaki nem miktarı arttıkça gözenek büyüklüğü de artar (Frazier ve Westhoff, 1998; Heperkan ve Gökler, 2012). Kabuğun altında bakterilerin yumurtanın içine girmesini belirli süre geciktiren iki tabaka daha bulunmaktadır. Ancak bu tabakalar küfler için bariyer görevi görmezler (Forsythe ve Hayes, 1998; Heperkan ve Gökler, 2012).

Dış zar, yapı ve içerik bakımından mikrobiyal bariyer olarak önemli bir role sahip değildir. Ancak iç zar, protein lifleri sayesinde porları kapatır ve içerdiği lizozom, bakterilerin gelişmesini önler (Wang ve Slavik, 1998; Heperkan ve Gökler, 2012). Yumurta akında (albümin), mikrobiyal gelişimi önleyen antimikrobiyal ajanlar bulunmaktadır; örneğin ovotransferrin (koalbumin), Gram pozitif ve Gram negatiflere karşı en etkili antimikrobiyal ajanlardan birisidir. Ancak bu anti-mikrobiyal maddelerin etkinliğinde başka bir ifade ile mikroorganizma gelişmesinin önlenmesinde etkili olduğu unutulmamalıdır (Forsythe ve Hayes, 1998; Heperkan ve Gökler, 2012). Yumurta sarısı ise besin maddeleri içeriği bakımından zengin olmasına rağmen antimikrobiyal ajan içermediğinden mikroorganizmalar burada kolaylıkla gelişebilmektedir (Forsythe ve Hayes, 1998; Wank ve Slavik, 1998; Heperkan ve Gökler, 2012).

Sonuç olarak mikroorganizmaların gelişebilmesi için uygun olan bir ortam teşkil eden yumurtaların muhafazası için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; yumurtanın yıkanması, kabuklu yumurta pastörizasyonu, hızlı soğutma, basınçlı hava ile soğutma, kriyojenik soğutma ve yumurtanın yağlanması şeklindedir (Heperkan ve Gökler, 2012). Tüm bu işlemlerin yanı sıra daha yaygın olarak pastörizasyon işlemi uygulanmaktadır. Kabuk kırma ve ayırma işlemlerinden sonra pastörizasyon işlemi uygulanıp sıvı yumurta elde edilmektedir (Heperkan ve Gökler, 2012). Sıvı yumurta ürünlerinde pastörizasyon patojenik mikroorganizmaların elemine edilmesi için temel prosestir. Sıvı yumurta ürünleri için en uygun olarak kullanılan pastörizasyon metotları genellikle plakalı veya tüp ısı değiştiricilerde belli zaman aralıklarında uygulanan ısı sonucu mikroorganizmaların inaktive olduğu termal işlemlerdir. Sıcaklık/zaman kombinasyonları yumurta akı için; 56,6 °C/3,5 dakika, yumurta sarısı için; 61,1 °C/3,5 dakika, tüm yumurta için 60 °C/3,5 dakika olarak USDA tarafından öngörülmüştür (USDA-ARS 74-48, 1969; Stadelman ve Cotteril, 1990; Muriana, 1997; Souza, 2012). Ancak yine de *Bacillus* spp. ve *Micrococcus* spp. gibi sıcaklığa dayanıklı mikroorganizmalar; 3,5 dakika 61,1 °C sıcaklık uygulamasına rağmen hayatta kalabilirler ve sıvı yumurta ürünleri dondurulmuş olsa bile bozulabilir (Souza, 2012). Ayrıca pastörizasyon işleminde uygulanan sıcaklık, yumurta proteinlerinin oksidasyonunda sülfhidril içeriğinde değişikliklere ve özellikle de ovalbumin ve livetinin yayılmasına yol açsa da yumurta proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinin değişimiyle sonuçlanarak sonrasında koagülasyona sebep olur (Van der Plancken vd., 2003; Van der Plancken vd., 2004; Van der Plancken vd., 2006; Lai vd., 2010; Souza, 2012). Dolayısıyla ısı pastörizasyonlar, köpürme ve emülsifiye olma özelliklerini değiştirebilir ve dolayısıyla yumurta ürünlerinin kalitelerini ve fonksiyonel özelliklerini olumsuz yönde değiştirebilirler (Gongora-Nieto vd., 2003; Hermawan vd., 2004; Souza, 2012). Özellikle de bilinen pastörizasyon uygulamasından sonra yumurta akı daha bulanık gözüktür, daha viskoz ve daha uzun çırpma süresi gerektirir (Li-Chan vd., 1995; Hou vd., 1996; Schuman vd., 1997; Souza, 2012). Bu değişiklikler, yumurta ürünlerinin tüketiciler tarafından satın alınma oranını azaltabilir (Souza ve Fernandez, 2012).

Globalleşen dünyamızda gıda endüstrisinde meydana gelen gelişmeler ışığında tüketici beklentileri de artmaktadır (Trujillo vd., 2002; Ross vd., 2003; Devlieghere vd., 2004, Tülek ve Filizay, 2006). Mikrobiyal açıdan ise daha güvenli, raf ömrü uzun, albenisi yüksek, daha kaliteli ve organik olan, katkı maddeleri içermeyen gıdalar tercih edilmektedir. Günümüzde kaliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak amacı ile ürünlere ısı

işlemler uygulanmaktadır. Yumurta proteinlerinin düşük ısıl kararlılığı, kısa raf ömrü ve tüketicinin minimal işlenmiş ürünleri tercih etmesi ve koruyucu içermeyen ürünler, ürün kalitesini riske atmayan ısıl olmayan alternatif pastörizasyon teknolojilerinin araştırılmasını önemli kılıyor. Alternatif teknolojiler, yumurta endüstrisinde sadece güvenilir yumurta üretimi için değil aynı zamanda şu anki sıcaklık limitlerinin üstesinden gelmede de yararlı olacaktır (Souza ve Fernandez, 2012).

Yumurta ve yumurta ürünleri gıda endüstrisinde (Erol, 1994; Froning, 1998) çoğunlukla pasta, makarna, mayonez, salata sosları, şekerleme ürünlerinde; yumuşatma, lezzet-renk katma, koyulaştırma, nemini tutma ve besinsel değerini artırma gibi istenilen işlevlerin sağlanması amacıyla yaygın olarak kullanılırlar (Algan, 2007). Yumurta gerek bütün halde veya sarısı ve akı olarak, unlu mamuller, makarna ürünleri, bebek mamaları, dondurma, salata sosları ve mayonez gibi birçok gıda sanayi ürününün formülasyonunda yer almaktadır. Taze yumurta kullanan gıda işleme tesislerinde, üretim sırasında yüzlerce yumurtanın kırılması için harcanan zaman, bu yumurtaların kabuklarının oluşturduğu atıklar ve kabuklu yumurtanın depolanması için ayrılması zorunlu olan geniş alan gereksinimi, işletme açısından önemli problemler oluşturmaktadır. Birçok ülkede taze yumurta, gerek gıda sanayisinde gerekse evlerde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma ve dondurma teknikleriyle işlenerek tüketiciye ulaşmaktadır. Yumurtanın endüstriyel olarak işlenmesi standart dışı küçük, kabukları lekeli yumurtaların da kullanılabilmesini sağlamaktadır (Serdaroğlu ve Deniz, 2002).

Isıl olmayan teknolojiler ısıl işlemlere alternatif geçerli bir seçenek olarak gıda işlemede uygulanmaktadır. Bu teknolojiler; atımlı elektrik alan, ultraviyole ışık uygulamaları, minimal ısıl uygulamalar ve kesikli veya sürekli yüksek basınç uygulamalarını içerir. Bu alternatif teknolojiler kullanılarak, ısıl işlemlerin dezavantajları olmaksızın, gıdaları tehlikeli mikroorganizmalar ve enzimlerden arınmış olarak üretmek mümkün olabilir. Gıda dezenfeksiyonu için yaygın olarak kullanılan uygulamalardan bir tanesi olan ultraviyole (UV) ışık uygulamasının kullanımı besin değerinin düşmesi ve istenmeyen görünümle yanlış ilişkilendirilmektedir, bu ancak çok yüksek UV dozları kullanıldığında gerçekleşebilir (Guerrero-Beltrán ve Barbosa-Cánovas, 2004).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, taze yumurtalardan elde edilmiş sarılar UV-C ışığa farklı sürelerde (0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 dakika) statik bir ortamda maruz bırakılmış ve örneklerin karotenoid (lutein, zeaksantin ve kantaksantin) içerikleri ile yağ asidi kompozisyonları belirlenmiştir. UV-C ışık muamelesi sonrasında yumurta sarıları liyofilize edilmiş ve elde edilen yumurta tozlarının renk değerlerindeki değişim ise

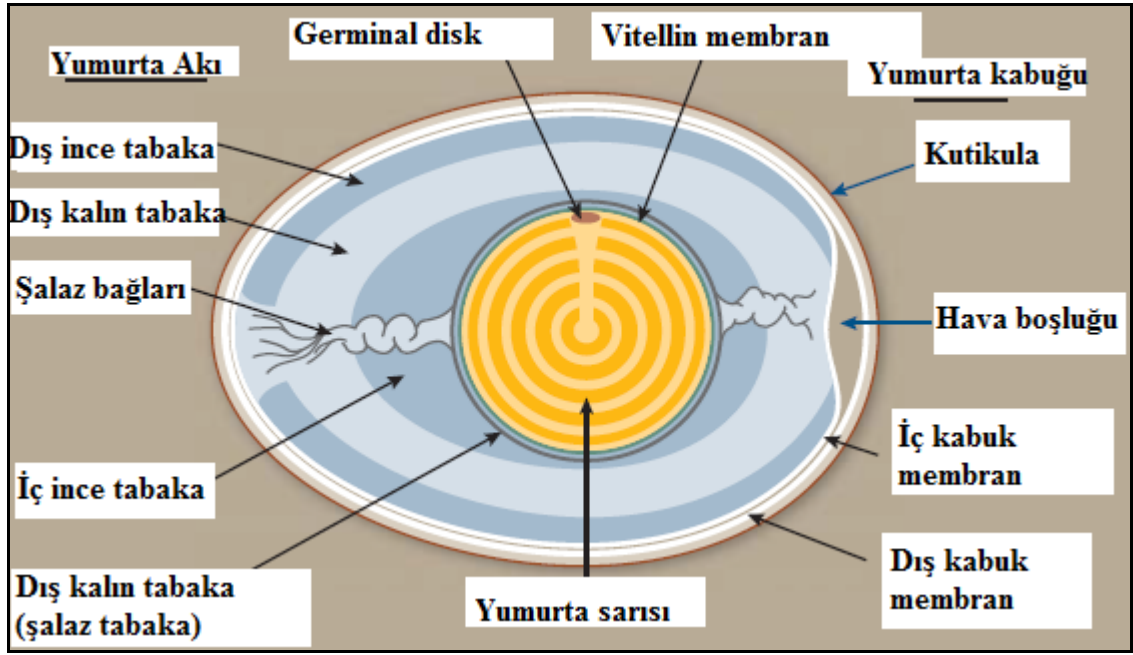
kolorimetre ile takip edilmiştir. İstatistiksel açıdan önemli bulunan degradasyonlar için ise, karotenoidler ve yağ asitlerinin parçalanma kinetikleri ortaya koyulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yumurtanın Yapısı

2.1.1. Fiziksel Yapı

Yumurtanın fiziksel yapısı yumurta sarısı, yumurta akı, kabuk zarı ve kabuk olmak üzere 4 kısma ayrılmıştır. Şekil 2.1’de bir yumurtanın yapısı verilmiştir.



Şekil 2.1. Yumurtanın yapısı (Anonim, 2013)

Yumurta sarısı, yumurtanın sarı kısmı olarak tanımlanır ve yumurta akının içerisinde taze yumurtanın ortasında yerleşmiştir, yumurtanın %31’ini oluşturur (USDA, 2000). Vitellin membranının çoğunluğu proteinden oluşur ve sarı kısma şeklini verir (USDA, 2000). Yumurta sarısının rengini başlıca karotenoidler olmak üzere ksantofiller ve oksikarotenoidler etkilemektedir (Şamlı vd., 2005). Bu da tavuğun beslenmesi ile doğrudan ilgilidir. Yumurta sarısının rengi yumurta kalitesini ve besin değerini etkilemez. Yumurta sarısının içerisindeki temel bileşenler proteinler ve yağlardır. Neredeyse yumurtada bulunan tüm yağlar, vitaminler ve mineraller yumurta sarısında bulunur (Souza, 2012). Yumurta sarısı %48,7 su, %32,6 yağ, %16,6 protein, %1 karbonhidrat ve %1,1 mineralden oluşmaktadır (Roberts vd., 1997).

Yumurta sarısının beslenmedeki önemi içermiş olduğu yüksek biyolojik değerli protein yanında yapısındaki elzem yağ asitleri ve yağda çözünen A, D, E ve K vitaminleri ile mineral bileşiminden ileri gelmektedir. Yumurta sarısındaki proteinler lipitlerle bağlanmış olarak lipoprotein (lipovitellin, lipovitelenin, livetin), bir kısmı da fosfoprotein (fosfovitin) şeklinde bulunur (Yüceer, 2007).

Yumurta sarısı, gıda endüstrisinde çok önemli bir bileşendir çünkü oleik ve sıvı fazlar arasındaki ara yüzey gerilimini azaltma gücüne sahiptir ve temelde emülsifiyer olarak kullanılır (Telis-Romero vd., 2006). Bu bakımdan çeşitli mayonez, salata sosları ve keklerin hazırlanmasında kullanılır. Aynı zamanda iyi bir stabilizatördür. Bu sebeple de yumurta sarısından dondurma yapımında buz kristallerinin oluşumunu önlemek amacıyla zaman zaman yararlanılmaktadır (Kuntz, 1998).

Albumin olarak da bilinen yumurta akı, yumurta sıvı ağırlığının çoğunu teşkil eder ve toplam yumurta ağırlığının %58'ine karşılık gelir (USDA, 2000). Yumurta akı %88 sudan oluşur, yağ oranı düşük fakat proteince zengindir (Souza, 2012). Yumurta akı proteinleri ısı işlemleriyle (yaklaşık 63 °C) denatüre olur. Denatürasyon sonucu ak kısım donuk ve katı bir görünüm alır (Tekinşen ve Çelik, 1995). Yumurta beyazı dıştan içe doğru dört tabakadan oluşur. Bunlar kabuk altı zarlarının hemen altında yer alan dış sulu beyaz, viskoz veya koyu beyaz, iç sulu beyaz ve sarıya yakın bulunan iç koyu beyaz veya şalaz tabakasıdır. Bu tabakaların yumurta beyazındaki oranları ortalama olarak sırasıyla %23.3, %57.3, %16.8 ve %2.7'dir (Burley ve Vadehra, 1989). Yine yumurta akının fonksiyonel ve antimikrobiyal özelliklerinden çoğunlukla ovalbumin, ovotransferrin, avidin, lizozim, konalbumin ve ovomukoid sorumludur (Souza, 2012). Lizozim, Gram-pozitif mikroorganizmaların hücre zarını eriterek; konalbumin demir ve bakırla; avidin ve biyotinle birleşerek mikroorganizmaların demir, bakır ve biyotini kullanamayacakları bileşiklere dönüştürerek; ovomukoid tripsini inhibe ederek mikroorganizmaların yıkımlanmalarına yol açar (Clay vd., 1993). Yumurta akı çalkalandığında köpürür ve hacmi 6-8 kat artar. Yumurta köpükleri sufleler, kremalar, kabarık omletler ve pandispanya ve kek gibi birkaç yiyeceğin yapımı için önem arz eder (Foegeding vd., 2006).

Yumurta akını kuşatan içeride ve dışarıda olmak üzere iki adet zar mevcuttur (Alakır, 2007). İç kısımda bulunan zar yumurta akını çepeçevre sarmaktadır. Dış zar ise, içteki zara oranla üç kat daha kalındır (Akbay, 1985). Fibrin ve musin gibi protein liflerinden oluşan membranlar etkili birer bakteriyel filtre olarak düşünülür (Banwart, 1989). Dolayısıyla da bakterilerin yumurta içerisine nüfuz etmesini büyük oranda engeller (Alakır, 2007).

Yumurta kabuğu, yumurtayı dış etkenlerden korur ve tavuğun uterusunda, kabuk altı zarları üzerinde kalsiyum karbonat birikmesiyle oluşur (Akbaş, 1985). Yumurtanın yaklaşık %11'ini oluşturan 3 tabakanın birleşimidir. İçteki (mememsi) tabaka hücre zarının dışını çevreler. Süngerimsi tabaka aynı zamanda kutikula porları yüzey ve iç tabaka ile bağlantı kurar. Yumurta normalde hava hücresine sahip değildir. Hava hücresi, yumurtayı soğutmak içindir, genellikle yumurtanın geniş ucunda bulunur ve kabuk membranları arasında gelişir. Hava hücresi, kabuk ve kabuğun içeriği arasındaki etkileşimin farklı oranlarının sonucunda biçimlenir (USDA, 2000). Bu gözenekler 6000-8000 civarındadır (Algan, 2007). Bu gözenekler kabuk içeriği ile dış atmosfer arasında su buharı ve gaz geçişini sağlar (Koelkebeck, 1999).

2.1.2. Kimyasal Yapı

Doğal tavuk yumurtası 3 ana kısımdan oluşur; yaklaşık %11'i kabuk, %31'i yumurta sarısı ve %58'i yumurta akıdır (Souza, 2012). Yumurtanın kimyasal bileşimi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yumurtanın kimyasal bileşimi (Zeidler, 2002)

Yumurta Kısmı	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Bütün (kabuklu)	65,5	11,8	11,0	11,7
Bütün (kabuksuz)	74,5	12,4	11,5	0,94

Bütün yumurta, yumurta akı ve sarısının besin değeri ile ilgili veriler ise Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Yumurta kısımlarının besin değeri (Zeidler, 2002)

Yumurta Kısmı (60 g/adet)	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal)
Yumurta akı	88,0	9,7-10,6	0,03	0,4-0,9	19
Yumurta sarısı	48,2	15,7-16,6	31,8-35,5	0,2-1,0	65
Bütün yumurta	75,5	12,8-13,4	10,5-11,8	0,3-1,0	84

2.1.2.1. Karotenoidler

Hem bitkilerde hem de hayvanlarda bulunan, doğal pigmentler olarak karotenoidler benzersizdir. Hayvanlar, temel 40 karbon yapısını yapamazlar fakat hidrokarbon halkalarında ve zincirinde değişiklik yapma yeteneğine sahiptirler (Francis, 1999).

Karotenoidler, genel olarak yağda çözünen bitkisel ve hayvansal ürünlere sarıdan kırmızıya kadar renk veren ve doğada çok farklı tonu bulunan bitkisel maddelerdir (Alakır, 2007). Karotenoidler, isimlerini ilk kez izole edildikleri havucun latince isminden (*Daucus carota L.*) almışlardır (Çalıklı, 2003). Yalnızca bitkilerce sentezlenebilen karotenoidler, hayvansal dokulara ancak yemler ve besleme aracılığı ile geçerler ve hayvansal dokuda modifiye edilerek depo edilirler. Özellikle yumurta sarısının rengi bu şekildeki karotenoidlerden oluşmaktadır. Yeşil yapraklı bitkilerin bileşiminde de karotenoidler bulunur ancak klorofille maskelenmiş haldedirler (Alakır, 2007).

Karotenoidler, birbiri ardına dizilmiş izoprenoid birimlerinden oluşmuştur. Karotenoidlerin genel yapısı beş karbonlu sekiz izoprenoid birimi şeklindedir. Molekülün merkezinden sonra diziliş sırası ters şekildedir, simetrik bir görünüm söz konusudur (Ötleş ve Atlı, 1997). Karotenoidler suda çözünmezler, bitkisel yağlarda az çözünürler, alifatik ve aromatik hidrokarbonlarda orta derecede çözünürler ve kloroform gibi klorlanmış hidrokarbonlarda oldukça iyi çözünürler (Tee, 1992). Karotenoid grubu maddeler, ışık ve oksijene karşı çok duyarlıdır ancak yüksek sıcaklıklarda stabildirler. Söz konusu ortamda, oksijen ve ışık bulunmaması halinde ürünün pişirilmesi ve haşlanması halinde bozulmazlar (Alakır, 2007). Karotenoidlerin oksidatif bozulmaları ozonolisis olayı ile gerçekleşir, çift bağın oksidatif olarak kopması söz konusudur (Tee, 1992).

Karotenoidlerin renk özellikleri yapılarındaki konjuge çift bağlardan kaynaklanmaktadır. Karotenoidler belirli bir renk oluşumu için en az yedi konjuge çift bağ içermelidir. Konjuge bağ sayısı arttıkça renk yoğunluğu da artmaktadır. Aynı sayıda çift bağ içeren karotenoidler, siklizasyon nedeniyle farklı renk tonlarında bulunabilmektedir (Türkcan ve Ökmen, 2012). Moleküldeki konjuge çift bağların sayısı arttıkça, majör absorpsiyon bantları, daha uzun dalga boylu bölgeye kayar ve renk tonu (hue) daha kırmızılaşır. Karotenoidler bitkilerde fotosentez için elzemdir, ışığı soğurur ve yıkıcı ışık oksidasyonlarına karşı koruyucu görev yapar. Oksijenli ortamda fotosentezin karotenoid olmadan gerçekleşmesi imkânsızdır. Bitkiler, CO₂ ve sudan organik madde sentezi için enerji kaynağı olarak ışığa gereksinim duyarlar. Karotenoidler, bitkide klorofillerin ışık spektrumu kullanılabilirliğini arttırırlar (Alakır, 2007).

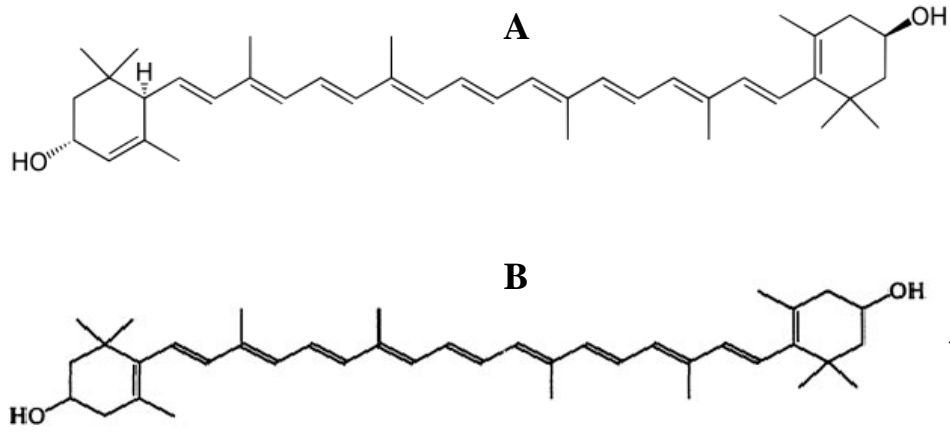
Karotenoidler tekli oksijen yakalayıcı ve antioksidan olarak oldukça etkilidir (Türkcan ve Ökmen, 2012). Antioksidanlar DNA moleküllerine zarar veren ve kansere yol açan serbest oksijen radikallerini nötralize etmektedirler. Bunun yanında kardiovasküler rahatsızlıklara karşı koruyucu etki sağlamakta, Güneş'in zararlı ışınlarına karşı savaşmakta, Alzheimer ve diğer yaşlılıktan kaynaklanan hastalıkları engellemektedirler.

Tüm bu sayılanlar ve burada sayılmayan diğer yararlarından dolayı antioksidanlar insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır (Kasnak ve Palamutoğlu, 2015). Karotenoidler de oksidatif dejenerasyon proseslerinden sorumlu serbest radikallerin oluşumunu önlerler. Serbest radikallerin elimine edilmesi yeteneği, bir karotenoid molekülündeki konjuge çift bağların sayısının bir ölçütüdür yani çift bağ sayısının artışı ile artar (Alakır, 2007). Yapılan çalışmalar, pek çok gıdada bulunan β -karoten, likopen, lutein, α -karoteni kriptoksantin ve zeaksantin gibi belli başlı karotenoidlerin oluşumunu tamamlayıp depolandığı organlarda antikarsinojen olarak etkili olduklarını göstermektedir (Gerster, 1993; Le Marchan vd., 1993).

Yapısında karotenoid bulunduran başlıca gıda maddeleri ise; balık, kabuklular, yumurta, süt ürünleri, yeşil sebzeler, kök sebzeler, meyveler ve tahıllardır. Bu çalışmada incelenen yumurta sarısındaki karotenoidler; yumurtaya, tavuklar renk maddelerini organizmalarında sentezleyemediklerinden, beslendikleri yemden organizmalarına aldıkları renk maddelerini (lutein, zeaksantin, kantaksantin, kriptoksantin, ekinenon, violaksantin, neoksantin) içeren karotenoidleri bünyelerine almaları ve yumurta sarısına aktarmalarıyla oluşur. Bu tavuklardan elde edilen yumurta sarılarının rengi ise yemlerindeki renk maddelerinin miktarına bağlıdır ve renk maddelerinin de %10-14 kadarı yumurta sarısına geçebilmektedir (Alakır, 2007).

Yumurta sarısının mevcut rengine luteinin tek başına katkısı, yaklaşık %70 civarındadır ve yumurta sarısının etkin renk bileşeni luteindir. Luteini takiben diğer önemli renk bileşenin zeaksantindir. Lutein ve zeaksantin yanı sıra, yumurta sarısının rengine etkili olan diğer bileşenler; karoten, kantaksantin, kriptoksantin ve kapsantin olmaktadır. (Alakır, 2007).

Lutein ve stereo izomeri olan zeaksantin, karotenoidlerin ksantofil familyasının üyeleridirler ve benzer kimyasal yapılarından dolayı birlikte incelenmektedirler. Şekil 2.2'de iki molekülün kimyasal yapıları verilmiştir.



Şekil 2.2. Lutein (A) ve zeaksantin (B) kimyasal yapıları

Lutein ve zeaksantin kimyasal yapısındaki moleküler düzen farklılığından dolayı bazı fiziksel özellikleri farklı olmaktadır. Lutein ester, *trans*-lutein olarak da bilinen ve $C_{40}H_{56}O_2$ kapalı formülüne sahip luteinin molekül ağırlığı 568,871 g/mol'dür. Kristal formda bulunan lutein, kırmızı-turuncu renge sahiptir. Organik çözücüler ile yağda çözünmesine rağmen lipofilik bir molekül olması nedeniyle suda çözünmez (Alakır, 2007).

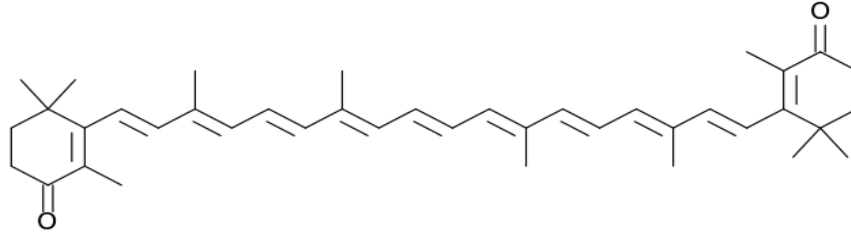
Zeaksantin retinada bulunan iki karotenoidden biridir. Molekül formülü $C_{40}H_{56}O_2$ ve molekül ağırlığı 568,88 g/mol olan turuncu-kırmızı renkte suda çözünmeyen bir bileşiktir. Her iki karotenoidin de ağ tabakayı koruyucu etkisi olmasına rağmen zeaksantin kimyasal yapısı onun luteine göre daha iyi antioksidan özellik göstermesini sağlar. Zeaksantin kimyasal yapısını teşkil eden konjuge çift bağlar, yüksek derecede etkili singlet oksijen yakalayıcıdır ve zeaksantin, luteine göre içerdiği ekstra çifte bağdan dolayı *in vitro* koşullarda yüksek antioksidan özelliğindedir (Alakır, 2007).

Sarı renkli karotenoidler olan lutein ve zeaksantin sarının tamamlayıcı rengi olan UV mavi ışığı absorplamaktadır. Spektrumda görünür bölgede yer alan yüksek enerjili olan ışınların tümü potansiyel olarak ağ tabakaya ulaşmaktadır ve zarar vermektedir. Bu nedenle duyarlı çubuk koni hücrelerine ulaşmadan önce, lutein ve zeaksantin bulunduğu kısımdan geçerler. Retinanın hassas bir merkezi olan maküla adı verilen görme işlevinden sorumlu bu kısımda lutein yoğun olarak bulunur. Hayatımız boyunca makülaya uğrayan ışınlar makülaya yavaş ancak geri dönüşü olmayan hasar bırakırlar. Lutein, yaşa bağlı gözde gelişen maküler dejenerasyon riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Alakır, 2007).

Lutein ve zeaksantin kimyasal yapıları nedeniyle lipid zarlarını oksidasyonun zararlarına karşı korurlar. Lutein ve zeaksantin ikisinin de genellikle iyi kolesterol (HDL) moleküllerini taşıdıkları bilinmektedir. Luteinin deri, kalp, göz, bağışıklık problemleri

diyabet ve çeşitli kanser tipi risklerini azalttığı bilinmektedir. Ayrıca tip II diyabet hastalığına karşı koruyucu etkisi olduğu rapor edilmektedir. Kronik hepatit C ve alkole bağlı karaciğer rahatsızlıklarından kaynaklanan oksidatif stres ajanlarını önleyici etkisi bulgulanmıştır. Lutein ve zeaksantin, zararlı çevresel nüfuzlardan (UV vb.) bedensel hücreleri koruyucu, bağışıklık sistemi için olumlu etkileri olan bileşenlerdir. Lutein/zeaksantin alımı ile bazı kanser türlerinin (göğüs, kolon, yemek borusu) riskinin azalması konusunda pozitif ilişki söz konusudur. Lutein alımı ile iskemik kalp çarpıntısı riskinde azalma bulgulanmıştır (Alakır, 2007).

Kantaksantin (Şekil 2.3) koyu turuncu-kırmızı renkli olan, gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılan aynı zamanda antioksidan ve antibiyotik özelliği de olan ve E 161g koduyla bilinen karotenoid sınıfı bir renk maddesidir. Ticari olarak üretimi yapılmakta ve satılmaktadır. Kantaksantin derinin altında yağ tabakada biriktiğinden güneşte bronzlaşma nedenlerinden biridir. Kapalı formülü $C_{40}H_{52}O_2$ olan kantaksantin, beta, beta-karoten 4,4-dion (β , β -karoten 4,4-dion) olarak da bilinir.



Şekil 2.3. Kantaksantin kimyasal yapısı

Kantaksantin de diğer karotenoidler gibi yalnızca bitkiler tarafından sentezlenirler ve meyveler ile çiçeklerin parlak renklerinin nedenleridirler. Hayvanlar, karotenoidleri bitkilerden alır ve depo ederler, balıklar ise fitoplanktonları tüketerek kantaksantin ve astaksantini alırlar. Bakterilerde, çeşitli kabuklularda, sazan balığında ve çeşitli balık türlerinde (Salmon trout vb.) bulunmaktadır. Ayrıca kabuklularda ve alabalık yağında da astaksantin ve kantaksantin mevcuttur (Alakır, 2007).

Kantaksantin yem katkı maddesi ve direkt gıda katkı maddesi olarak tüketiminin yanı sıra; ilaç katkı maddesi olarak eczacılıkta ve cildi renklendirici ürün olarak kozmetik sanayiinde (fondöten, krem vb.) ve çeşitli kozmetik ürünlerde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kantaksantin karaciğer yapısına yararlı olduğu, vücuttaki yağ peroksidasyonunu önlediği ve dolayısıyla da kan peroksitlerinin düzeyini azalttığı bildirilmektedir. Yüksek antioksidan etkiye sahip olmalarıyla birlikte diğer antioksidan özellikteki vitaminlerin etkilerine sinerji de bulunmaktadır. Serbest radikalleri

sönümlenmeleri, bağışıklık sisteminde olumlu etkilere sahip olmaları ve bazı kanser türlerinde etkili sonuç verdikleri için gıdalara takviye olarak kullanılması önemlidir (Alakır, 2007).

2.1.2.2. Yağ Asitleri

Yumurta sarısı, doymamış yağ asitlerinin (linoleik ve oleik) ve yağda çözünen vitaminlerin kaynağıdır ve folik asit, pantotenik asit ve çinkoya ilaveten A, D, E ve K vitaminlerini içerir (Souza, 2012). Yumurtanın kompozisyonu; tavuğun genetiği, beslenmesi ve yaşı ile değişkenlik gösterebilir; yumurta sarısı yağlarının büyük bir kısmı triaçilgliseroller (%66) bunu takiben fosfolipitler (%30) ve kolesterolden (%5) oluşur (Fredrikson vd., 2005).

2.2. Yumurtanın Besin Değeri

Yumurtanın besin değeri yüksek bir gıda olup tek bir büyük boy yumurta (50 g) farklı vitamin ve minerallerin yanında 6,3 g protein, 5,3 g yağ (tekli ve çoklu doymamış) ve 78 kcal içermektedir (USDA, 2015a). Yumurtanın bileşimindeki besin öğelerinin kompozisyonu Çizelge 2.3'te gösterilmiştir. Yumurta çok iyi bir selenyum ve kolin kaynağı olup iyi bir B₁₂ vitamini, fosfor ve riboflavin kaynağı sayılır. Yumurta, mevcut olan en yüksek proteinli gıdalardan biri olarak görülür ve diğer gıdalar içinde protein kalitesini kıyaslamak için referans olarak alınır. Yumurtada bulunan protein %94'lük biyolojik değeriyle beraber yüksek oranda sindirilebilir; karşılaştırılmış değerler, süt için %84,5, balık için %76 ve biftek için %74,3'tür (Souza, 2012).

2.3. Yumurta Saklama Koşulları ve Raf Ömrüne Etkisi

Yumurtaların raf ömrü depolandıkları sıcaklık ve biçimlere bağlı olarak birkaç saat, haftalardan birkaç ay ve yıllara kadar çıkabilir. Yumurtalar kabukları dolayısıyla mükemmel bir kalite muhafazasına sahiptirler; yumurtanın çeşidi (kahverengi, organik vs.) raf ömrünü etkilemez. Yumurta kartonunda muhafaza edildiğinde ve düzgün bir şekilde dondurulduğunda çatlağı olmayan temiz yumurtalar önemli ölçüde kalite kaybı olmadan 4-5 haftaya kadar muhafaza edilebileceklerdir. Sıkıca kapalı kaptaki suyla kaplı bütün pişmemiş yumurta sarıları 2 güne kadar dondurulabilir. Çok pişmiş yumurta sarıları sıkıca

Çizelge 2.3. Yumurta akı, yumurta sarısı ve bütün yumurta kompozisyonu (Souci vd., 2008)

Bileşenler (100g'da)	Yumurta Akı	Bütün Yumurta	Yumurta Sarısı
Enerji değeri (kcal)	44	50	64
Su (g)	87,3	74,7	50
Protein (g)	11,1	12,5	16,1
Karbonhidrat (g)	0,70	0,70	0,30
Glikoz (mg)	410	340	210
Yağ (g)	0,03	11,4	31,9
Kolesterol (mg)	-	396	1260
Fosfolipitler (g)	-	3,51	10,30
Mineraller (g)	0,70	0,94	1,70
Sodyum (mg)	170	144	51
Potasyum (mg)	254	147	108
Magnezyum (mg)	12	11	16
Kalsiyum (mg)	11	51	140
Manganez (mg)	40	71	125
Demir (mg)	0,2	1,8	7,2
Çinko (mg)	0,02	1,3	3,8
Fosfor (mg)	21	210	590
Klorür (mg)	-	180	180
Florür (µg)	-	110	30
Vitaminler (µg)			
A vitamini	-	276	914
Karotenoidler	-	13	29
β-Karoten	-	13	29
D vitamini	-	2,9	5,6
Tokoferoller	-	2,3	6,5
K vitamini	-	8,9	-
B2 vitamini	320	408	400
Nikotinamid	90	83	65
Pantotenik asit	0,14	1,6	3,7
B6 vitamini	12	77	300
Biotin	7,0	25	53
Folik asit	9,2	67	167
B12 vitamini	0,1	1,9	2,0
C vitamini	300	-	-
Yağ Asitleri (mg)			
Palmitik asit	-	2580	6897
Stearik asit	-	723	2010
Palmitoleik asit	-	442	1173
Oleik asit	-	4280	11700
Linoleik asit	-	1160	3750

kapalı bir kaptaki iyice suyu alındığında, iyi depolandığında ve iyi dondurulduğunda 4-5 güne kadar muhafaza edilebilirler. Kabuklu iyi pişmiş yumurtalar düzgün bir şekilde soğutulduğunda 1 haftaya kadar muhafaza edilebilirler (Souza, 2012). Yumurta doğal ambalajı olan nadir besinlerden biridir; bununla beraber toplanması ve tüketimi arasındaki süreç içinde elverişli şartlarda muhafaza edilmediği takdirde kalitesinde önemli kayıplar meydana gelir. Uygun olmayan şartlarda tutulan yumurtalarda zamanla, biyolojik, kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Bu nedenle yumurtaların dayanma süresini uzatmaya yönelik muhafaza yöntemleri önem kazanmıştır (Algan, 2007).

Yumurtalar tüketim şekillerine ve sürelerine bağlı olarak farklı şekillerde muhafaza edilebilirler (toz, dondurulmuş, sıvı gibi). Bu muhafaza şekilleri genel olarak soğukta muhafaza, yüksek ısı ile muhafaza (pastörizasyon, termostabilizasyon, sterilizasyon), kurutma ile (yumurta tozu gibi), dondurarak, koruyucu maddeler ile ve ışınlama ile olmaktadır (Algan, 2007). Bu yöntemler arasında en sık kullanılan yöntem, yüksek ısı ile muhafaza metodu olup bilinen anlamda pastörizasyon metodudur. Sıcaklık, sülfidril içeriğinde değişikliğe yol açan yumurta proteinlerinin oksidasyonuna yol açar ve yumurta proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini değişmesine sonrasında da koagülasyona neden olur (Souza, 2012). Dolayısıyla sıcaklık uygulanarak yapılan pastörizasyonlar köpürme ve emülsifiye olma özelliklerine etki ederek yumurta ürünlerinin kalitelerini ve fonksiyonel özelliklerini indirgeyebilirler (Souza, 2012). Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacıyla ve yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı “ısı olmayan yollarla” muhafaza önem kazanmıştır (Açu vd., 2014).

2.4. Yumurta Muhafazasında Kullanılan Alternatif Yöntemler

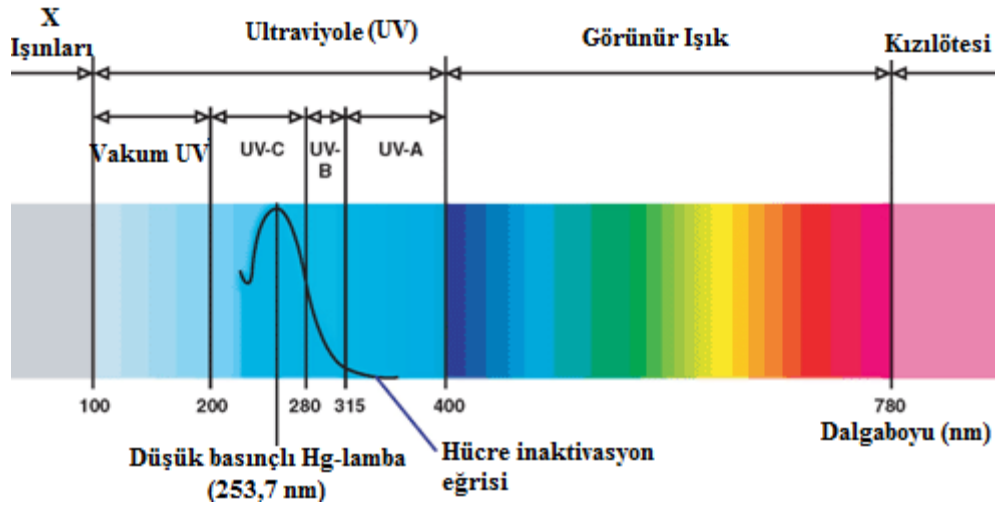
Alternatif pastörizasyon yöntemlerinde ısı kullanımı veya ısının diğer tekniklerle kombinasyonu yoktur ve son 20 yılda gelişme göstermiştir; irradyasyon, biyokoruma, atımlı elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç atımı ve ultra yüksek basınç homojenizasyonu, yüksek hidrostatik basınç ile yüksek ultrason işleminin kombinasyonu, hidrojen peroksit uygulaması ve pH ayarlı pastörizasyon bu yöntemler arasındadır (Souza, 2012). Bütün bu yöntemler, *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*, *E.coli* O157:H7 veya *Bacillus cereus* gibi patojenlerin elemine edilmesine odaklanmıştır (Souza, 2012). Ve bunların çoğu koagülasyon oluşumu ve proteinlerin denatürasyonu yoluyla sıvı yumurta ürünlerinin yapılarında önemli değişikliklere yol açmaktadır (Souza, 2012).

Bütün bu kısıtlamalara karşılık UV-C ışık uygulaması, mikrobiyolojik olarak güvenliği sağlamak ve uzun raf ömrüne sahip gıda için alternatif bir ısı olmayan işlem

olabilir (Souza, 2012). UV-C ışık uygulaması sadece ısının zararlı etkilerini elemine etmez aynı zamanda fazla işleme ve diğer pastörizasyon metotlarının ayırma masraflarını azaltır ve zaten berrak meyve suları ile gıda yüzeyleri için US-FDA tarafından onaylanmış bir metottur (Souza, 2012).

3. ULTRAVİYOLE IŞIK UYGULAMASI

Işık, uzayda yolculuk yapan çeşitli elektromanyetik dalgaların spektrumunun yalnızca bir kısmıdır. Elektromanyetik spektrum bir metre veya daha fazla dalga boyunun yukarıdaki radyo dalgaları ile aşağıdaki 1 nm'den daha az olan X-ışınları aralığındaki bir skalayı kapsar (Koutchma vd., 2009). Elektromanyetik radyasyon; gama ışınları, X-ışınları, ultraviyole (UV) ışınları, görünür ışık, infrared ışınlar, mikrodalgalar ve radyo dalgalarından oluşur (Şekil 3.1) (Özkütük, 2007). UV radyasyonun keşfi Güneş ışığına maruz kaldığında kararan gümüş tuzlarının gözlemlenmesi ile ilgiliydi. Alman fizikçi Johann Wilhelm Ritter 1801'de, görünür bölge spektrumunun sonundaki gözle görülemeyen morötesi ışınların, mor ışığın kendisinden daha hızlı bir şekilde gümüş klorürle ısılatılmış kağıdı karartmasıyla etkileyici bir gözlem yaptı. Kimyasal reaktiviteyi vurgulamak ve görünür bölge spektrumunun sonundaki diğer "sıcak ışıklardan" ayırmak için bu ışınları "oksitleyici ışınlar" olarak adlandırdı (Beeson ve Mayer, 2008).



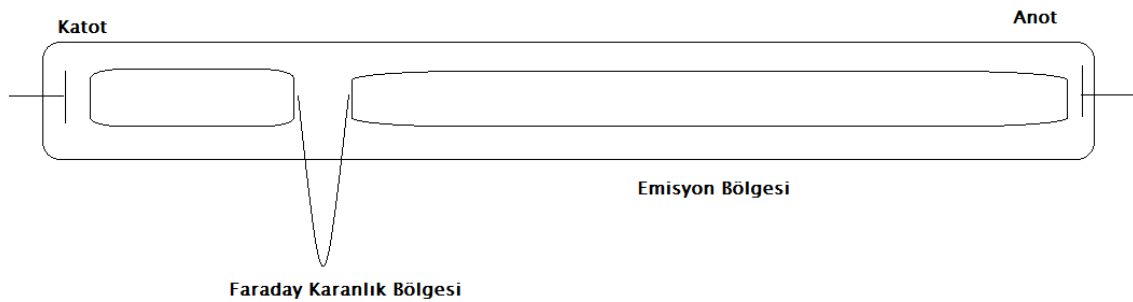
Şekil 3.1. Elektromanyetik spektrum

Genellikle UV işlemi için dalga boyu 100 nm ile 400 nm aralığındadır. Bu aralık alt bölümlere ayrılmıştır; UV-A (315-400 nm) çoğunlukla insan cildinde bronzlaşma olarak adlandırılan değişikliklerden sorumludur, UV-B (280-315 nm) cilt yanıklarına sebep olur ve sonunda cilt kanserine yol açar, UV-C (200-280 nm) aralığına ölümcül aralık da denilir çünkü bakterileri ve virüsleri etkili bir biçimde inaktive eder (Koutchma vd., 2009).

3.1. Ultraviyole Işık Kaynakları

Doğada UV ışık ışınlarının kaynağı Güneş'tir (Aydın, 2009). Güneş, dalga boylarının geniş bir yelpazesindeki radyasyonu yayar ancak ultraviyole radyasyonun bazı yoğunluklarının yeryüzüne ulaşması önemli ölçüde, atmosfer tarafından yapılan emilim ve saçılım aracılığıyla azaltılmasına bağlıdır (Bintsis vd., 2000). UV-C ışık ışınları atmosferin üst ve orta tabakalarında ozon ve moleküler oksijen tarafından emilir fakat UV-B de benzer şekilde azaltılırken bazı UV-B ışık ışınları yeryüzüne ulaşır. Buna rağmen UV-A ışık ışınları çok az etkilenir, yani karasal ortam aslında 290 ve 400 nm aralığındaki ultraviyole radyasyona maruz kalır (Bintsis vd., 2000). Dolayısıyla dezenfektan etkisi güçlü olan UV-C ışık ışınları (200-280 nm) yeryüzüne ulaşmamaktadır ve zaten ulaşması halinde de dünyada insan dahil hiçbir canlının yaşaması mümkün olamazdı (Aydın, 2009).

UV-C ışık ışınlarının yapay kaynağı olarak genellikle lambalar kullanılır; lambalar (Şekil 3.2) UV-C iletimine izin veren cam veya kuvarstan yapılabilir. Sıradan pencere camları 350 nm'nin üzerindeki ışığın %90'ını geçirir fakat 300 nm'nin aşağısındaki ışığın % 90'ından fazlasını engeller (PGO, 2011; Souza, 2012). Bu lambalar 2 noktada ultraviyole ışık yayarlar; ampuldeki civa yayınının pik yaptığı 253.7 nm ve 185 nm noktalarında. Üretilen UV ışığın %73'ü 253.7 nm'de iken sadece %19'u 185 nm'dedir ve %8'lik kısım 313, 365, 405, 436 ve 546 nm'deki bir seride üretilir. Mikrop öldürücü (germisidal) lambalarda 185 nm dalga boyunu önlemek için bir katkılı kuvars (cam) kullanılır (Lucas, 2003; Souza, 2012).



Şekil 3.2. Bir UV lambanın bölümleri (Koutchma vd., 2009)

Bu lambalarda, cam bir tüp içindeki düşük basınçlı civa buharı içinden akan elektrik akımı sayesinde UV-C ışık üretilir (Özkütük, 2007). Dayanıklı kuvarstan imal cam tüp şeklindeki UV lambanın içinde özel inert bir gaz ve katı formda civa mevcuttur. Lambanın her iki ucunda elektrotlar bulunur ve enerji kaynakları ile beslenir. Öncelikle

inert gaz ısıtılır, cıvanın buharlaşması ve iyonlaşarak tüp içerisine dağılması sağlanır. Ardından elektrotlar elektron yaymaya başlar. İki elektrot arasındaki potansiyel fark ile elektronlar tüp içinde bir elektrottan diğerine hareket etmeye başlar. Elektronlar cıva iyonları ile çarpışarak enerji seviyelerini yükseltir. Cıva iyonları aldıkları enerjiyi germisidal dalga boyu olan 253,7 nm’de UV-C ışık ışınları yayarak deşarj ederler (Aydın, 2009). Fotonlar kaynaklarından çıktıktan sonra (eğer önlerinde hiçbir engel yoksa) düz doğrultuda ve hiç sapmadan yayılırlar. Herhangi bir cisme çarpınca da cismin şeffaf olup olmamasına göre soğrulur, yansır, saçılır veya kırılırlar, Mikroorganizmaların inaktive edilmesi (dekontaminasyon) uygulamalarında, absorbe edilen ışığın yoğunluğu hedef bakteri popülasyonu için önemlidir ve Beer-Lambert Kanunu’na (Denklem 1) göre hesaplanır (Baysal ve İçier, 2012).

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-\alpha_{10}d} = 10^{-A}$$

I_0 = madde yüzeyine düşen ışığın yoğunluğu (W/cm²)

I_1 = madde içerisinde d cm uzunluğa kadar nüfuz eden ışığın yoğunluğu (W/cm²)

α_{10} = maddenin logaritmik absorpsiyon katsayısı (cm⁻¹)

A= maddenin herhangi bir dalga boyundaki logaritmik absorbans değeri (A=log₁₀(I₀/I₁))

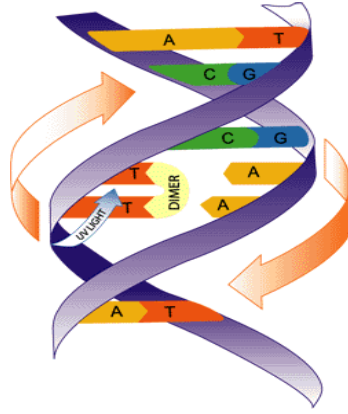
(1)

UV-C lambalar gelişmiş teknolojileri, yüksek verimlilikleri, uzun kullanım ömürleri ve uygun boyutlarda olmaları nedeniyle UV uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Baysal ve İçier, 2012).

3.2. Ultraviyole Işık ile Mikrobiyal İnaktivasyon

Ultraviyole ışığın en büyük antimikrobiyal etkinliği 250-260 nm (253,7 nm) dalga boyu bölgesindedir (Özkütük, 2007). 253,7 nm dalga boyu en verimli germisidal etkiye sahiptir çünkü fotonlar, bu spesifik dalga boyunda mikroorganizmaların deoksiribonükleik/ribonükleik asitleri (DNA/RNA) tarafından en verimli düzeyde emilirler (Koutchma vd., 2009). DNA veya RNA uzun zincirli polimerler olup nükleotid kombinasyonundan meydana gelmektedir. DNA, pürin (adenin ve guanin) ve pirimidin (timin ve sitozin) nükleotidlerinden oluşur. RNA ise pürin (adenin ve guanin) ve pirimidin (urasil ve sitozin) nükleotidlerinden meydana gelir (Baysal ve İçier, 2012).

Hücresel DNA ve RNA'larca absorbe edilen ultraviyole ışık ışınları, bitişik timin bazları arasında kimyasal kovalent bağları oluşturarak timin dimerleri meydana getirir (Şekil 3.3). Ortaya çıkan timin dimerleri hücresel ultraviyole hasarının başlıca mekanizmasını oluşturur. Hücre bölünmesi öncesi kromozom replikasyonu bozulur; genlerin transkripsiyonu ve ekspresyonu yapılamaz (Özkütük, 2005).



Şekil 3.3. UV ışığın DNA üzerine etkisi

Ultraviyole radyasyonun bu direkt antimikrobiyal etkileri dışında, ortamda ozon (O_3) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi serbest radikaller oluşturarak indirekt etkisinin de olduğu belirtilmektedir. Mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması için gıdanın en az $0,04 J/cm^2$ enerjiye maruz kalması gerekmektedir (Özkütük, 2007). Literatürde bazı mikroorganizmaların inaktivasyonu için uygulanması gereken dozlar mevcuttur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Farklı mikroorganizmaların 254 nm dalga boyundaki UV ışık ışınlarına maruz kaldıktan sonra %90 inaktivasyonu için gereken dozlar (J/m^2) ve k (hız sabiti- m^2/J) (Philips (2006)'dan uyarlanmıştır)

Mikroorganizma	Doz (J/m^2)	Hız sabiti, k (m^2/J)
<i>Escherichia coli</i>	30	0,077
<i>Salmonella enteritidis</i>	40	0,058
<i>Salmonella paratyphi</i>	32	0,072
<i>Salmonella typhimurium</i>	80	0,029
<i>Sarcina lutea</i>	197	0,012
<i>Staphylococcus albus</i>	18,4	0,126
<i>Saphylococcus aureus</i>	26	0,086
<i>Yersinia enterocolitica</i>	11	0,209
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	60	0,038
<i>Rhizopus nigricans</i>	1110	0,002
Rotavirüs	81	0,028
<i>Cryptosporidium parvum</i>	25	0,092
Mavi yeşil alg	3000	0,0008

3.3. Ultraviyole Işığın Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Ultraviyole ışık kullanımı ile ilgili çalışmalarda, ya tezgah üzerine hizalanan ışın aparatları ya da sürekli akış reaktörleri kullanılarak, germisidal dalga boyundaki UV-C ışığın etkisi araştırılmıştır (Somner vd., 1998; Lage vd., 2003; Souza vd., 2012). Bu çalışmaların çoğunda içme ve atık su örnekleri kullanılmış ve çalışma koşullarında mikrobiyal inaktivasyonun başarılması benzer dozlarla sıvı gıdalardaki başarıdan oldukça iyi bulunmuştur. UV-C ışık uygulaması aynı zamanda gıda endüstrisinde; et ve sebze işlemindeki havanın sanitasyonunda, kırmızı etteki patojen mikroorganizmaların azaltılmasında, kümes hayvanları ve balığın işlenmesinde (Wong vd., 1998; Liltved ve Londfald, 2000; Souza, 2012) ve ambalaj materyalinin dekontaminasyonunda da kullanılmaktadır (Bintsis vd., 2000; Souza, 2012). UV-C ışık ayrıca, ekmeklere, kabuklu yumurtalara tüm ve hasat edilmiş meyve ve sebzelere ve toz ürünlere de uygulanabilir (Koutchma vd., 2007). İşlem ekipmanları, tıbbi cihazlar ve diğer pek çok yüzey de UV ışık ile sterilize edilir (Barbosa-Canovas vd., 1998; Souza, 2012).

UV ışık, gıda endüstrisinde farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Koutchma vd., 2009). UV-C ışığın en yaygın uygulaması hava, yüzey ve suyun dezenfeksiyonu içindir. UV ışık dezenfeksiyonu aynı zamanda ticari işyerleri (tatil yerleri, oteller, restoranlar), enstitüler (hastaneler, okullar, bakımevleri, balık üreme yerleri, laboratuvarlar) ve endüstrilerin (gıda ambalaj, bira, şişe, kozmetik) sanitasyonu için kullanılan bir prosedürdür (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2004). UV-C ışık ışınlarının dezenfektan etkisini su arıtımında kullanmaya yönelik çalışmalar 19. yy sonlarına dayanmakla birlikte dünyanın ilk UV su dezenfeksiyon sistemi 1910 yılında Marsilya-Fransa'daki arıtma tesisinde devreye girmiş ve 1950'li yıllardan itibaren de UV ışık ışınları ile suların dezenfeksiyonu hızla yaygınlaşmıştır (Aydın, 2009). İlk olarak suların işlenmesinde kullanıldıktan sonra meyve suyu işlemede de kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmalardaki ilerlemeler; 1999'da, taze meyve suyu ürünlerinin termal pastörizasyonuna alternatif bir işlem olarak UV-C ışığın Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmasıyla sonuçlanmıştır (Souza, 2012). Meyve sularının yanı sıra sıvı şekerlere, salamura sularına, farmasötiklere, yağlama yağlarına ve yarı geçirgen veya geçirgen bileşenlere veya gıdalara da uygulanan ve UV-C ışık uygulaması, bu geniş yelpazedeki ürünlerin mikrobiyal kontaminasyon seviyelerini azaltmak için uygulanabilecek umut verici bir yöntemdir (Souza, 2012).

UV-C ışık aynı zamanda bir gıdanın yüzeyine de uygulanabilir. Örneğin, şekerin ince bir katmanındaki *Bacillus stearothermophilus* veya etin yüzeyindeki *Pseudomonas* spp. gibi gıdanın bozulmasına yol açan mikroorganizmaların kontrol edilmesi için kullanılır (Bintsis vd., 2000). UV-C uygulaması, pişirme sonrası kontaminasyonu minimize etmek için kısmen pişmiş ambalajlı bagnetlerin raf ömrünü uzatmak için kullanılmıştır (Doulia vd., 2000). Lyon vd. (2007), çiğ broyler göğüs filetolarında pişmemiş ürünlerdeki *Listeria monocytogenes* yükünü azaltma potansiyelini değerlendirmek için UV-C ışık ($1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2 - 5$ dakika) ile çalışıldığını bildirdiler. Kemiksiz ve derisiz göğüs filetoları işlemden 5 dakika önce *L.monocytogenes*'in 4 farklı suşu ile inoküle edilmiş ve UV-C uygulamasından sonra, göğüs filetoları 4°C 'de 24 saat depolanmıştır. İşlem uygulanmayan kontrol grubu ile karşılaştırıldığında UV-C uygulanmış göğüs filetolarında 4 suşu ile yaşayabilen *L.monocytogenes*'lerde 2 log'luk azalma gözlenmiştir.

UV-C ışığın etkisi, taze kesilmiş karpuz ve kantalup kavununun mikrobiyal popülasyonu ve kalitesi üzerine ve elmaların, kivilerin, limonların, nektarinlerin, portakalların, şeftalilerin, armutların, ahududuların ve üzümün yüzey dezenfeksiyonu için değerlendirilmiştir. Fonseca ve Rushing'in (2006) bildirdiği sonuçlar, $4.1 \text{ kJ}/\text{m}^2$ UV-C ışığa maruz kalan paketli karpuz küplerinin suyunda fire olmadan, renk ve bütün görsel kalitesi etkilenmeden mikrobiyal popülasyonunda 1 log'dan daha fazla bir azalma olduğunu göstermiştir (Souza, 2012).

Wright vd. (2000), elma suyundaki *E.coli* O157:H7'yi azaltmak için UV-C ışığın etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmaları için bir CIDER-10uv (IdeaL.horizons, Poultney, VT) modeli 9.4 'ten $61 \text{ J}/\text{m}^2$ 'ye kadar olan aralıkta dozaj sağlamak için kullanıldı. Bu birim; ince bir film şeklinde pompalanan elma suyunun geçtiği seri bağlı 10 tek UV kabini için belirtilmiştir. UV-C uygulamaları ortalama 3.81 log gibi bir azalma ile patojen sayısını önemli ölçüde azaltmıştır.

Geveke (2005), UV-geçirgen Chemflour boru bobini ile çevrelenmiş tek lambalı UV aparatı ile elma suyunu işlemiştir. *Esherichia coli* K12 ve *L.innocua* elma suyunun inokülasyonu için kullanılmıştır. *E.coli* K12 popülasyonu; 15W'lık LMP lambasından gelen UV-C ışığa 19 saniye maruz kaldıktan sonra 3.4 log azalmıştır. *L.innocua* popülasyonu UV-C ışığa daha dirençli bulunmuş ve 58 s ışığa maruz kaldıktan sonra 2.5 log azalma olmuştur. Hanes vd. (2002), bir CiderSure 3500A cihazı kullanarak taze elma suyundaki *Cryptosporidium parvum* ookistlerinin inaktivasyonunu tespit etmişlerdir. Harrington ve Hills (1968), $14.32 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 'de 1.2 saniyeden 1.9 saniyeye kadar işlenen

meyve sularında, 106 mL⁻¹'den 23 ookist mL⁻¹ olarak belirlenen en alt limitin altına başarılı bir şekilde azaltma sağlamıştır.

Müller vd. (2011), Dean Vortex teknolojisine dayalı laboratuvar ölçekli UV-C işlem cihazının bulanık meyve sularında bozulma yapan mikroorganizmaları inaktive etmek için olabilirliğini test ettiler. 5 ve 6 log'luk azalma, sırasıyla 1.9 ve 7.7 kJ.L⁻¹'de doğal bulanık elma suyundaki *Lactobacillus plantarum* (BFE 5092) ve *E.coli* DH5α üzerinde sağlandı. 9.6 kJ.L⁻¹'lik bir uygulama ile *Saccharomyces cerevisiae* DSM 70478 ve *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM 2498' de 4 log'luk inaktivasyon sağlamıştır. Giderek artan akış hızı ve dolayısıyla daha da yükselen Dean sayısı (eğrisel kanallarda eğrilikten kaynaklanan akışla ilgili boyutsuz bir sayı) UV-C işleminin etkinliğini net bir biçimde geliştirmiştir. Böylece, kan portakal suyundaki *L.plantarum*'un inaktivasyonunu 7.7 kJ.L⁻¹'de Dean sayısını 32'den 256'ya kadar arttırarak yaklaşık 2.5 log'luk azalma ile geliştirebilmiştir.

Guerrero ve Barbosa Canovas (2005), elma suyunda UV-C ışık ile *Saccharomyces cerevisiae*, *E.coli* ve *L.inocua*'nın inaktivasyonu üzerine çalışmışlardır. Atlantik UV Co.'dan alınan iki adet halka şeklinde tek lambalı reaktörler 25W'lık bir LMP lamba kullanılarak seri bağlanmıştır. Elma suyu sisteme yeniden sirküle edilmiş, sadece laminar akışta gösterilen Re sayıları denemeler boyunca elde edilmiştir. 30 dakikalık UV uygulamasından sonra 1.34, 4.29 ve 5.10'luk azalmalar sırasıyla *S.cerevisiae*, *E.coli* ve *L.innocua* için bildirilmiştir. 450 kJ.m⁻²'lik UV akımındaki bir durum bu çalışmada bildirilmiştir.

Canovas (2006), UV-C ışığı ile mango nektarını işlemiş ve yukarıda bahsedilen UV reaktörünü kullanarak *S.cerevisiae* ve polifenoloksidazın inaktivasyonunu incelemiştir. En fazla logaritmik azalma, 30 dakikalık işlem uygulamasından sonra sağlanmış ve buna ek olarak, mango nektarlarının raf ömrünün 20 güne kadar uzadığı rapor edilmiştir. Matak vd. (2005), CiderSure 3500 UV cihazının kullanımı ile 15.8-1.6 kJ.cm⁻² kümültatif UV-C dozuna maruz kalmasıyla keçi sütündeki *L.monocytogenes* sayısında 5 log'dan daha fazla bir azalma kaydetmişlerdir.

Reinemann vd. (2006), sadece düşük bir azalma gösteren spor formları ve en büyük azalmayı gösteren koliformlar ile çiğ inek sütündeki toplam bakteri sayısında 3 log'luk bir azalma sağladığını bildirmiştir. Middlebrook 7H9 sıvı besiyerindeki *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*'in ve tam ve yarım yağlı sütün UV-C ışık ile inaktivasyonu UV-geçirgen akış borusuyla çevrelenmiş 4 UV lambadan ve içerisinde UV-geçirgen borular bulunan sabit birleşik karıştırıcılardan oluşan bir laboratuvar ölçekli UV birimi kullanarak

Altic vd. (2007) tarafından incelenmiştir. UV-C işlemlerinin, Middlebrook 7H9 sıvı besiyerinde bulunandan (her 1000 mJ.mL⁻¹'de 2.5'tan 3.3 Log'a kadar azalma) sütte bulunan *M. avium* subsp. *Paratuberculosis*'in (her 1000 mJ.mL⁻¹'de 0.5'ten 1 log'a kadar azalma) öldürülmesinin daha az etkili olduğu kanıtlanmıştır.

3.4. Ultraviyole Işığın Yumurta ve Ürünleri Üzerindeki Uygulamaları

Yumurtalar üzerine yapılan çalışmalarda, araştırmalar daha çok kabuğun sanitasyonuna odaklanmış (Rev vd., 2006; Szablewski ve ark., 2009; Sommers vd., 2010; Souza, 2012) olup, son yıllardaki çalışmalar da sıvı yumurta ürünlerinin özellikle de sıvı yumurta akının inaktivasyonu üzerine yoğunlaşmıştır (Ngati vd., 2003; Ünlütürk vd., 2008; Ünlütürk vd., 2010; Ünlütürk vd., 2010; Souza, 2012). Sıvı yumurta ürünleri üzerine UV-C uygulaması 1964'te başlamıştır. Ijichi vd. (1964), dakikada 100 mL sıvı yumurta akı besleyen sistemde UV-C uyguladıklarında, *Salmonella typhimurium* ve *Salmonella seftenberg* miktarının 6-7 log azaldığını bulunmuştur.

Kuo vd. (1997), aerobik bakteri ve küflere ek olarak *S.typhimurium*'un UV ışıkla inaktivasyonunu rapor etmişler ve her bir yumurtada aerobik bakterilerin %99 kob'luk azalması 0,62 mJ/cm² yoğunlukta (0,15 ve 30 dakika) UV uygulamasıyla gözlemişlerdir. Her bir yumurta için küf miktarı bütün uygulamalarda ya 0 ya da 1 kob bulunmuştur.

UV-C ışığın *S.typhimurium*, *E.coli* ve *Yersinia enterocolitica*'nın toplam aerobik plaka sayımını içeren yumurta kabuğu yüzeylerindeki çeşitli bakteri popülasyonlarının azalmasında etkili olduğu kanıtlanmış bulunmaktadır (Souza, 2012). Kuo vd. (2007), *S.typhimurium*'a ek olarak aerobik bakteri ve küflerin de UV inaktivasyona uğradıklarını bildirdiler ve her bir yumurta için aerobik bakterinin CFU'sunda %95'lik bir azalmanın 0,62 kJ.cm⁻² yoğunlukta (0, 15 ve 30 dakika) gözlendi. Her bir yumurtadaki küf CFU'su bütün bu işlemlerde ya 0 ya da 1'di.

Ünlütürk vd. (2008), hedef mikroorganizma ve *E.coli* (ATCC 8739) kullanarak sıvı yumurta ürünleri için ısı olmayan bir pastörizasyon işlemi olarak UV ışınlamanın etkinliğini araştırdılar. Bu amaçla; uygulanan UV yoğunluğu ve maruz kalma süresinin sıvı gıdaya etkisi, sıvı yumurta sarısı (LEY), sıvı yumurta akı (LEW) ve sıvı bütün yumurta (LWE) olarak adlandırılan 3 sıvı yumurta ürünündeki *E.coli* (ATCC 8739), inaktivasyonu için UV-C ışığa maruz bırakıldı. Örneklere UV-C ışık uygulaması; Bolton ve Linden (2003)'in tarif ettiği gibi bir paralel ışın demeti yayan cihaz ile gerçekleştirildi. Bu cihaz, 254 nm dalga boyunda en yüksek ışın yapan bir adet LMP lambadan oluşuyor. UV-C ışık ışınları bir petri kabı ile aynı boyutta olan bir düz siyah boyalı tüp/boru ile koşullandırıldı.

Örnekler koşullandırılmış UV-C ışık ışınlarının direkt olarak altında 6 cm çaplı petri kaplarının içinde bulunuyordu ve uygulama boyunca vorteks karıştırıcısında sürekli olarak karıştırıldı. Elde edilen maksimum inaktivasyon LEY’de 0,675 log; LWE’de 0,316 log oldu. Diğer yandan *E.coli* (ATCC 8739)’de 2 log azalma LEW için sağlanmış oldu. UV-C ışığın LWE ve LEY için uygun inaktivasyon işlemi olamayabileceği sonucuna varılmıştır.

Ngadi vd. (2003), elma suyu (pH 3.5) ve yumurta akı (pH 9.1) gibi UV-geçiren ürünlerde *E.coli* O157:H7 inaktivasyonuna pH, gıda ortamının derinliği ve UV-ışık dozunun etkilediğini bildirmiştir. Ortam derinliği 1, 3.5 ve 10 mm iken uygulanan UV dozu 0’dan 6,5 mW.dakika.cm⁻²’ye kadar olan aralıktadır. Ortam pH’sı *E.coli* O157:H7 inaktivasyonunu etkilememiştir çünkü benzer inaktivasyon özellikleri hem elma suyunda hem de yumurta akında gözlenmiştir. Sıvı derinliği ve UV dozu sırasıyla 1 mm ve 6,5 mW.dakika.cm⁻² iken 5 log’tan fazla bir azalma olduğunu gözlemişlerdir. İşlem görmüş elma suyu ve yumurta akının dış görünüşlerinde (oda sıcaklığında (25°C) 4 hafta boyunca depolandığında) ve renklerinde herhangi bir değişiklik olmadığını göstermiştir.

Geveke (2008), UV-geçiren boru ve bir silikon bant ile çevrili LMP bir lamba ile sürekli bir işlem kullanmanın LEW’deki *E.coli* K12 (ATCC 23716) için etkili bir UV işlemi olduğunu bildirdiler. Bu çalışmada; *E.coli* popülasyonunda, 50°C’de 160 s UV-C ışığa maruz kaldıktan sonra 4,3 log’luk azalma olduğu görülmüştür. Yumurta güvenliğinin gelişmesine ve ispat edilmiş UV-C ışık inaktivasyon etkinliğine acilen ihtiyaç duyulmasına rağmen yumurtalara UV-C işlem uygulaması hala daha ticari olarak uygulamaya konulmamıştır (Souza, 2012).

4. MATERİYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Araştırma Materyali

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan kabuklu yumurtalar; Burdur İli, Büğdüz Kasabası'nda bulunan bir çiftçiden taze olarak temin edilmiş olup, yumurtalar gezen tavuk yumurtasıdır.

4.1.2. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

Yumurta sarılarının homojen hale getirilmesinde mikser (Beko BKK 3055 MK, Arçelik A.Ş., İstanbul), ürün tartımlarında hassas terazi (HR-250AZ, A&D Company, Ltd., Cakarta, Endonezya) kullanılmıştır. UV-C ışık uygulaması sırasında yumurta sarılarını koymak için 90x15 mm ölçülerinde tek kullanımlık steril petri kapları kullanılmıştır. Yaş yumurta sarılarının nem değerlerinin ölçülmesinde nem analizörü (Moisture analyser DBS, Kern-Sohn GmbH, Balingen, Almanya) kullanılmıştır. UV-C ışık uygulaması için 2 adet UV-C lamba (GPH245T5L/4P, Soft Glass Germicidal Lamp, the Water Clinic by AO Smith, Doğu Saskatoon, Kanada) (Şekil 4.3) bir inkübatör (Wise cube, Daihan Scientific Co., Ltd., Seul, Kore) içerisine yerleştirilerek kullanılmıştır (Şekil 4.1). UV-C ışık uygulama dozu radyometre (HD 2302.0, Delta Ohm Srl, Roma, İtalya) ile ölçülmüştür (Şekil 4.2). Ultraviyole ışık uygulamasına maruz bırakılan yumurta sarılarını liyofilize etmek için ticari bir liyofilizasyon ünitesi (BW-10B, Shanghai Bluewave Industry Co. Ltd., Şanghay, Çin) kullanılmıştır. Toz hale getirilen örneklerin renkleri (Chroma meter CR-400/410, Konica Minolta Holdings Inc., Marunouchimarka, Tokyo, Japonya) renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ekstrakte edilen toz örnekler, dönel evaporasyon ünitesinde (HL/HB G3, Heidolph Instruments, Schwabach, Almanya) evapore edilmiştir. Örneklerin santrifüj edilme işleminde ise soğutmalı bir santrifüj cihazı (NF 800R, Nüve, Ankara) kullanılmıştır. Örneklerin yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesinde gaz kromatografisi kütle spektrofotometre (GC/MS) cihazı (Agilent 5975 C Agilent 7890A GC-Agilent 7697A headspace sampler- Teledyne Tekmar Atomx, Agilent Technologies, Kaliforniya, ABD) kullanılmıştır. Karotenoid miktarının belirlenmesinde yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) (Prominence, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) ünitesi ve kolon

olarak da ters faz HPLC kolonu (YMC-C30, YMC Europe GMBH, Schermbeck, Almanya) kullanılmıştır.



Şekil 4.1. UV-C uygulama işlemi için dizayn edilen ortam, A: UV-C ışık kaynağının inkübatör içerisine yerleştirilmesi, B: Petri kaplarında yumurta sarısına UV-C ışık muamelesi



Şekil 4.2. Uygulanan ultraviyole ışığın dozunu ölçmede kullanılan radyometre ve UV-C probu

Analizlerde kullanılan saf kimyasallardan kantaksantin standardı Sigma-Aldrich (Missouri, ABD), lutein ve zeaksantin standartları ise Extrasynthese (Genay, Fransa) firmalarından temin edilmiştir. Kullanılan diğer kimyasallar (BHT, hekzan, n-heptan, etil asetat, petrol eteri ve metil tersiyer butil eter) Sigma-Aldrich (Missouri, ABD) firmasından satın alınmıştır.



Şekil 4.3. Uygulamada kullanılan kuvars kılıflı UV-C lambalar

4.2. Yöntem

4.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Muhafazası

Üreticiden temin edilen 40 adet yumurtadan 10 tanesi 1. Tekerrür için derin bir kap içerisine kırılırken kalan kısmı buzdolabında $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edildi. Kırılan yumurtaların sarıları, yumurta sarısı ayırıcısı yardımıyla ayrıldı ve başka bir kaba aktarıldı. Burada mikser ile 10 saniye en düşük devirde karıştırılarak homojen hale getirilen yumurta sarıları, daraları alınan petri kaplarına 10'ar gram ilave edildi. Yaklaşık olarak 1 cm kalınlığa karşılık gelen bu örneğin yüzey alanı yaklaşık olarak $60,75\text{ cm}^2$ olup, bu alan UV-C ışık işlemine maruz bırakılmıştır. Kaplardaki örnek yüzeyi ile UV-C ışık kaynağı lambalar arasındaki mesafe yaklaşık 9 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Petri üzerine uygulanan doz radyometre (Şekil 4.2) ile saniyede $449,5\text{ mW/m}^2$ olarak ölçülmüştür. Çalışma boyunca uygulanan maksimum doz ($60\text{ dakika} \times 60\text{ s} \times 0,4495\text{ W/m}^2$) $1618,2\text{ J/m}^2$ olmuştur. Bu doz, yumurta sarılarında hedef mikroorganizmanın inaktivasyonu için yeterli dozdur (bakınız Çizelge 3.1). UV-C ışık uygulamak için oluşturulan sistemin kapasitesi iki petri kabı olduğundan dolayı, petri kaplarında hazırlanan örnekler sırası gelene kadar $+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Yumurta sarılarına UV-C ışık uygulamak için tasarlanan sistem Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bir inkübatör içerisindeki raflara paralel bağlanan iki ultraviyole lamba altına eşit mesafede yerleştirilen petri kapları içerisindeki yumurta sarıları 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 dakikalık sürelerde ultraviyole ışığa maruz bırakıldı. Aynı işlemler 2. ve 3. tekerrür yumurta gruplarına da uygulandı. İnkübatör içerisinde UV-C ışık lambaları ve aksesuarlardan kaynaklanan sıcaklık değişimi inkübatörün sıcaklık göstergesinden takip edilmiş ve işlemler sırasında en büyük sıcaklık dalgalanması yaklaşık olarak ortam sıcaklığı $\pm 2,2^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Sıcaklık dalgalanmalarından dolayı özellikle UV-C ışığa uzun süre maruz kalan örneklerde ağırlık azalması takip edilmiş ve ağırlık kayıpları yaklaşık

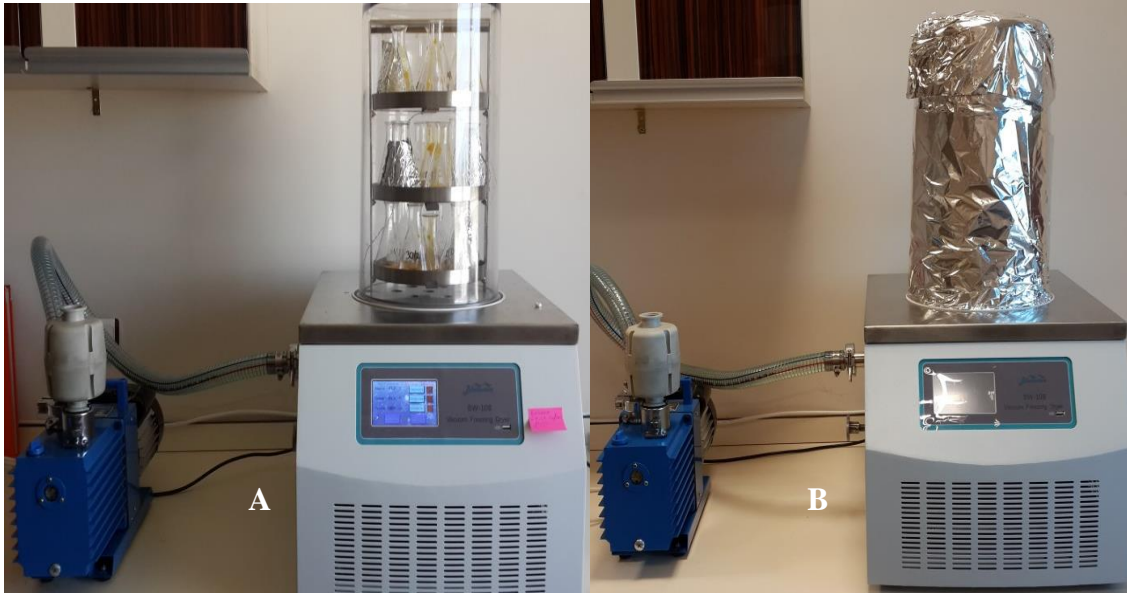
olarak en fazla %3,33 olmuştur. Ağırlık azalmasının renk ölçümlerini önemli oranda etkileyebilecek olması nedeniyle, renk ölçümleri liyofilize toz örneklerinde yapılmıştır.

UV-C ışık muamelesi sonrasında liyofilizasyon işleminin uygulanabilmesi için ultraviyole ışığa maruz kalan örnekler cam erlenlere aktarılmıştır (Şekil 4.4).



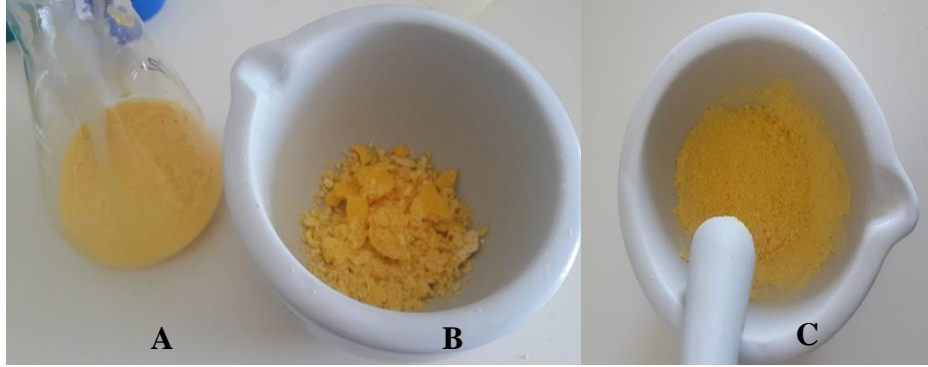
Şekil 4.4. UV-C ışığa maruz kalan örneklerin liyofilize edilmesi için erlenlere aktarılması

Erlenlere aktarma işlemi sonrasında erlenlerdeki 21 adet örnek (7 farklı süre ve 3 tekrerrür) -24°C 'de dondurulduktan sonra liyofilizasyon ünitesine alınmıştır. Liyofilizasyon esnasında örneklerin ortam ışığından etkilenmemesi için ünitenin dış kısmı alüminyum folyo ile kaplanmıştır (Şekil 4.5). İki gün (48 saat) süre liyofilize edilen örnekler bu sürenin sonunda liyofilizasyon ünitesinden alınmıştır.



Şekil 4.5. Liyofilizasyon işlemi, A: UV-C ışığa maruz kalan örneklerin erlenler içinde dondurarak kurutma cihazına yerleştirilmesi, B: Kurutma sırasında ortam ışığından örnekleri koruma yöntemi

Liyofilize pulcuklar halindeki örnekler spatul vasıtasıyla kırılıp erlenmayer içerisinden havanlara aktarıldıktan sonra ezilerek toz hale getirildi (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Liyofilizasyon sonunda örneklerin toz hale getirilmesi, A: Erlenmayer içerisindeki liyofilize örnek, B: Pulcukların havana aktarılması, C: Ezme sonrasında elde edilen yumurta sarısı tozları

Toz hale getirilen örnekler kapaklı falkon tüplerine alınmış ve diğer analize kadar derin dondurucuda -24°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Uygulama sonrası yumurta tozu örneklerinin saklanma koşulları

4.2.2. Ekstraksiyon İşlemi

Yumurta sarılarındaki yağ asidi kompozisyonu ve karotenoid analizleri için toz haldeki liyofilize yumurta sarısı örnekleri kullanılmıştır. Her bir örnekten 2'şer gram tartıldıktan sonra üzerine 10 mL kloroform/metanol (2:1) (v/v) karışımı eklenmiştir. Tüp karıştırıcıda 1 dakika karıştırma sonrasında 3 dakika ultrasonik su banyosunda ve tekrar 1 dakika tüp karıştırıcıda karıştırılmıştır. Bu işlemlerden sonra soğutmalı bir santrifüj yardımıyla karışım 10 dakika boyunca 10°C sıcaklıkta 9418 g (RCF) hızda santrifüj

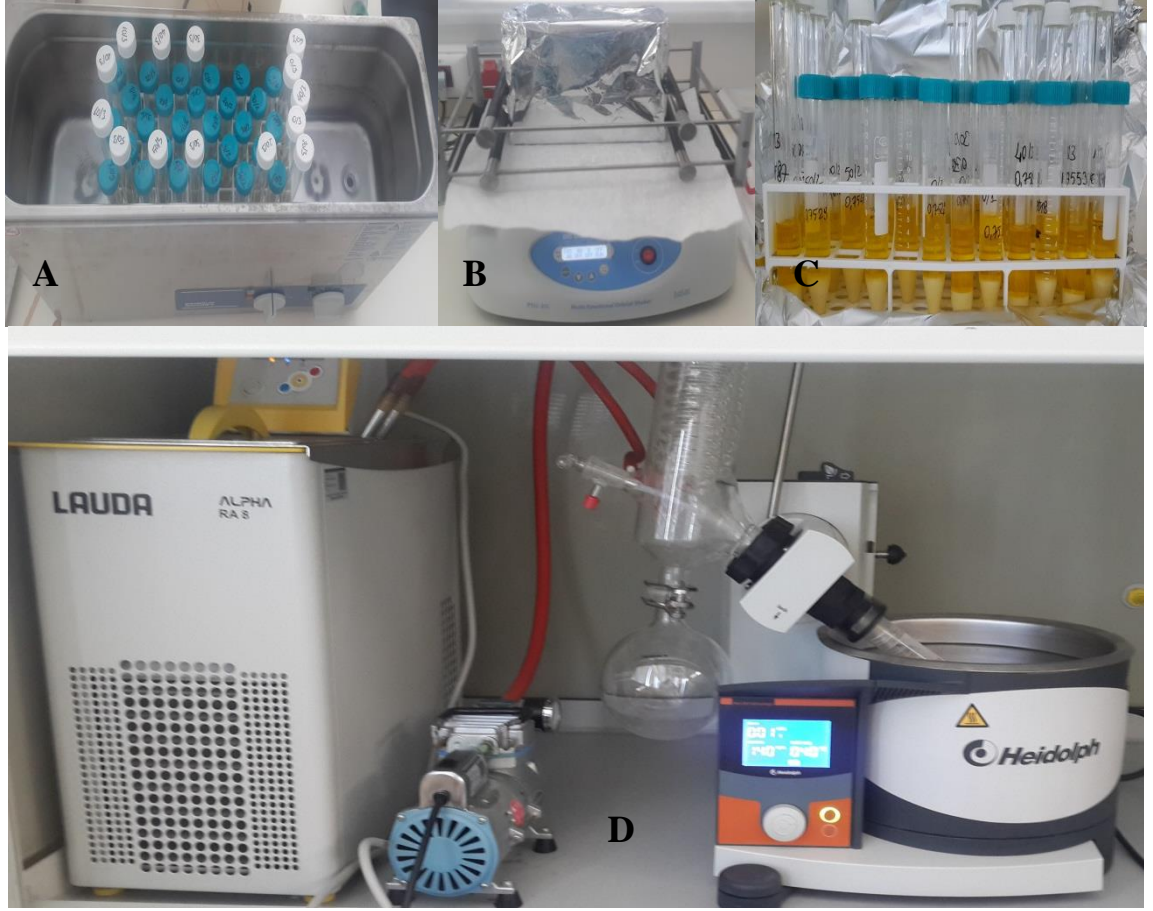
edilmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra santrifüjden alınan örneklerin üzerindeki üst fazdan (süpernatant) 200 µL alınmıştır. Üzerine 1 mL metanolik HCl eklenmiştir (Bligh vd., 1959) ve bu şekilde 70 °C’de 2 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda üzerine 1 mL hekzan enjekte edilerek karıştırılmış ve son olarak hekzan ile muamele edilen örnekler dönele evaporatörde evapore edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Liyofilize örneklerde yağ ekstraksiyonu, A: Kloroform-metanol sonrası karışım, B: Üst fazın metanolik hidroklorik asit ve hekzan ile karıştırılma aşaması ve C: Hekzanın dönele evaporatörde uçurulması

Yumurta sarılarındaki lutein, zeaksantin ve kantaksantin kromatografik analizi için UV-C uygulamasından sonra liyofilize edilen yumurta sarıları kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi (Breithaupt, 2004) için 0,75 g örnek tartıldıktan sonra üzerine hacmen bire bir oranlarında karıştırılmış metil alkol/etil asetat/petrol eteri karışımından 6 mL ilave edilmiştir. Vorteks cihazı ile 15-20 saniye karıştırıldıktan sonra karışım 15 dakika

ultrasonikasyon cihazında muamele edildi. İyice karışabilmesi için orbital çalkalayıcı cihazına yerleştirilmiş ve bir gece boyunca burada karışması sağlanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.9. Karotenoid ekstraksiyonu için numune hazırlık aşamaları; A: Ultrasonik su banyosunda karıştırma, B: Orbital çalkalayıcı ile karıştırma, C: Karıştırma sonunda üst faz oluşumu, D: Oluşan süpernatantın evapore edilmesi

Karıştırma işlemi sona erdikten sonra üst fazlar evaporatör balonlarına alınmış ve dönele evaporatör ünitesinde uçucu fazlar uzaklaştırılmıştır.

4.2.3. Lutein, Zeaksantin ve Kantaksantin Analizleri

Uygulanan işlemler sonunda elde edilen örneklerde lutein, zeaksantin ve kantaksantin konsantrasyonlarının belirlenmesine HPLC cihazı (Şekil 4.11) kullanılmıştır. Pik tanımlamak amacıyla LC Solution programı kullanılmıştır. Analiz Breithaupt'un (2004) belirttiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Ters faz HPLC çalışma kolonu (C30 YMC Co. Ltd., Kyoto, Japonya) (250x4,6 mm i.d., S-5µm) ve fotodiyot array (DAD) dedektör kullanılmıştır. UV dedeksiyon 460 nm'de yapılmıştır. Kolon sıcaklığı 27°C, enjeksiyon hacmi 10 µL olup akış hızı ise 1 mL/dakikaya ayarlanmıştır.



Şekil 4.10. UV-C ışığa maruz kalan yumurta sarılarında lutein, zeaksantin ve kantaksantin kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazının görüntüsü

4.2.4. Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

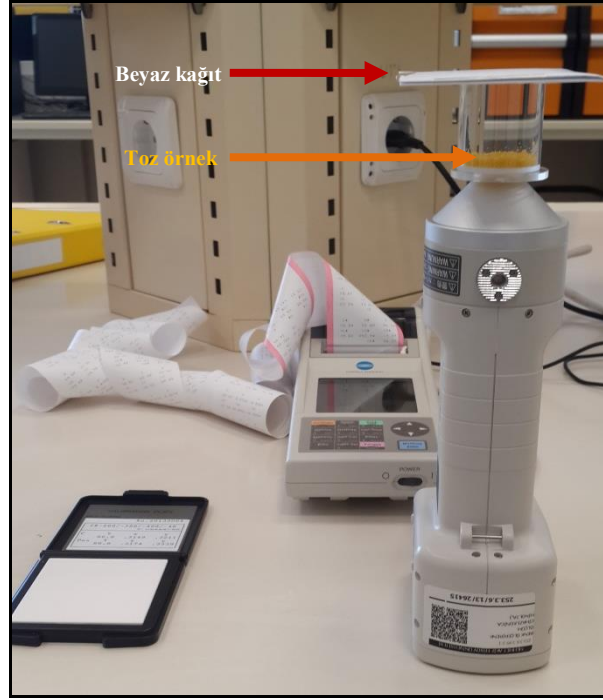
Uygulanan işlemler sonunda evapore edilen örnekler tartılarak viallere alınmıştır. Gaz kromatografi/kütle spektroskopisi cihazı (Şekil 4.12) yağ asidi kompozisyonunu belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Pik tanımlamak amacıyla MSDCHEM yazılım programı kullanılmıştır. Zıt faz analitik kolonu (CP-Sil 88 for FAME, Agilent Technologies, ABD) (100m*0,25mm*0,20) yağ asitlerinin ayrıştırılması için kullanılmıştır.



Şekil 4.11. UV-C ışığa maruz kalan yumurta sarılarında yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan GC-MS cihazının görüntüsü

4.2.5. Renk Ölçümü

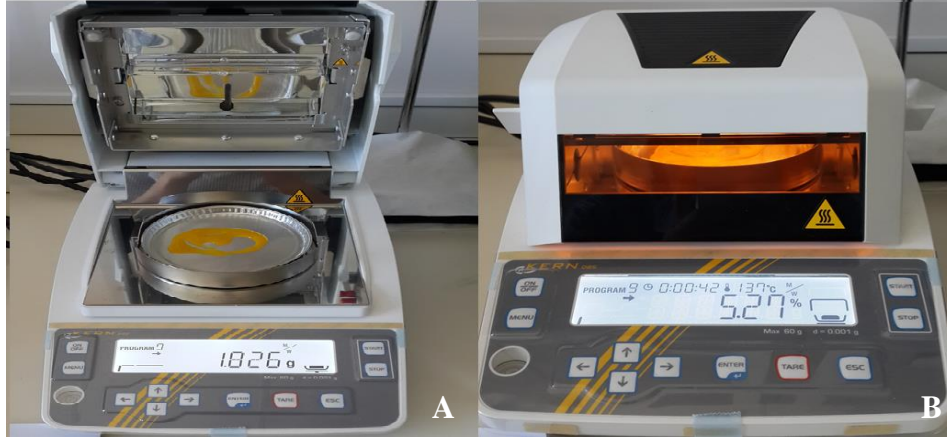
Toz hale getirilen yumurta sarısı örneklerinde renk ölçümlerinde CIE L*a*b* (Commission International de L'Eclairage/Uluslararası İlüminasyon Komisyonu) sistemi kullanılmıştır. Ölçüm için, renk ölçüm cihazı firması tarafından sağlanan özel toz örnek ölçüm kabına yaklaşık olarak 1 gram örnek tartılmış ve kapağı kapatılmıştır. Kapağın üzeri beyaz kağıtla kapatılan örnek kabının altından direkt ölçüm yapılmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.12. Toz haldeki yumurta sarısı örneklerinde renk ölçümü

4.2.6. Toplam Kuru Madde Analizi

Yaş yumurta sarısı örneklerinin nem ve kuru madde tayini elektronik hızlı nem analizörü ile yapılmıştır. Yaklaşık 1-2 gram arasında tartılan yumurta sarılarına, nem analizörü üretici firma tarafından mayonez için önerilen program (138 °C'de 10 dakika) uygulanmış ve sonuçlar yüzde kuru madde olarak kayıt altına alınmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Yaş yumurta örneklerde nem analizi, A: Nem analizörüne örneğin yerleştirilmesi, B: Nem tayini sırasında analizörün görüntüsü

4.3. İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler the SAS System for Windows 9.0 (SAS Institute Inc., Carry, Kuzey Karolina, ABD) istatistik paket programında, varyans analizine göre yumurta sarılarına UV-C ışık uygulama süresinin yumurta sarısındaki yağ asidi kompozisyonu ve karotenoidlerden; lutein, zeaksantin ve kantaksantin üzerine etkisine bakılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Denemelerden elde edilen bulgular üç bölümde sunulmuştur. UV-C ışık uygulamasına maruz kalan yumurta sarısı liyofilizatlarının süreye bağlı lutein, zeaksantin ve kantaksantin içeriklerindeki değişimler Bölüm 5.1’de, yağ asidi kompozisyonundaki değişim Bölüm 5.2’de ve renk değişimi bulguları Bölüm 5.3’te yer almaktadır.

5.1. Lutein, Zeaksantin ve Kantaksantin İçerikleri

Çalışma kapsamında farklı sürelerde UV-C ışık uygulamasına maruz bırakılan taze yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatlardaki lutein konsantrasyonları Çizelge 5.1’de verilmiştir. UV-C ışığı, yumurta sarılarının lutein içerikleri önemli oranda etkilemiştir ($p<0,05$). UV-C ışığa maruz bırakılmamış örneklerin (yani 0. dakikada) lutein konsantrasyonu $121,10\pm 0,051$ $\mu\text{g/g}$ kuru madde (km) iken 60 dakika UV-C ışığa maruz bırakma sonrasında $68,63\pm 0,108$ $\mu\text{g/g}$ km değerine düşmüştür. Lutein konsantrasyonunda meydana gelen bu azalma istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. UV-C ışık uygulama süresinin yumurta sarısı zeaksantin içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). UV-C ışığa maruz bırakılmamış örneklerin (0. dakika) zeaksantin konsantrasyonları $39,67\pm 0,039$ $\mu\text{g/g}$ km iken 60 dakika UV-C ışığa maruz kalan örneklerde $19,30\pm 0,084$ $\mu\text{g/g}$ km bulunmuştur (Çizelge 5.1). Diğer örneklerle kıyaslandığında en düşük zeaksantin içeriği, 60 dakika UV-C ışığa maruz kalan bu örnekte tespit edilmiştir ($p<0,05$). UV-C ışığa maruz bırakılan taze yumurta sarılarının kantaksantin içerikleri söz konusu olduğunda ise UV-C ışığa maruz bırakılmamış örneklerde (0. dakika) kuru madde bazında kantaksantin içeriği $0,29\pm 0,241$ $\mu\text{g/g}$ iken 60 dakika UV-C ışığa maruz kalan örneklerde $0,12\pm 0,05$ $\mu\text{g/g}$ bulunmuştur. Genel olarak UV-C ışık uygulama süresinin yumurta sarısı kantaksantin içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kırk dakika UV-C ışık uygulanan örneklerde kantaksantin içeriğinde artış ($0,37$ $\mu\text{g/g}$ km) meydana geldiği gözlenmiş ve UV-C ışık uygulanmamış örnekle karşılaştırıldığında bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

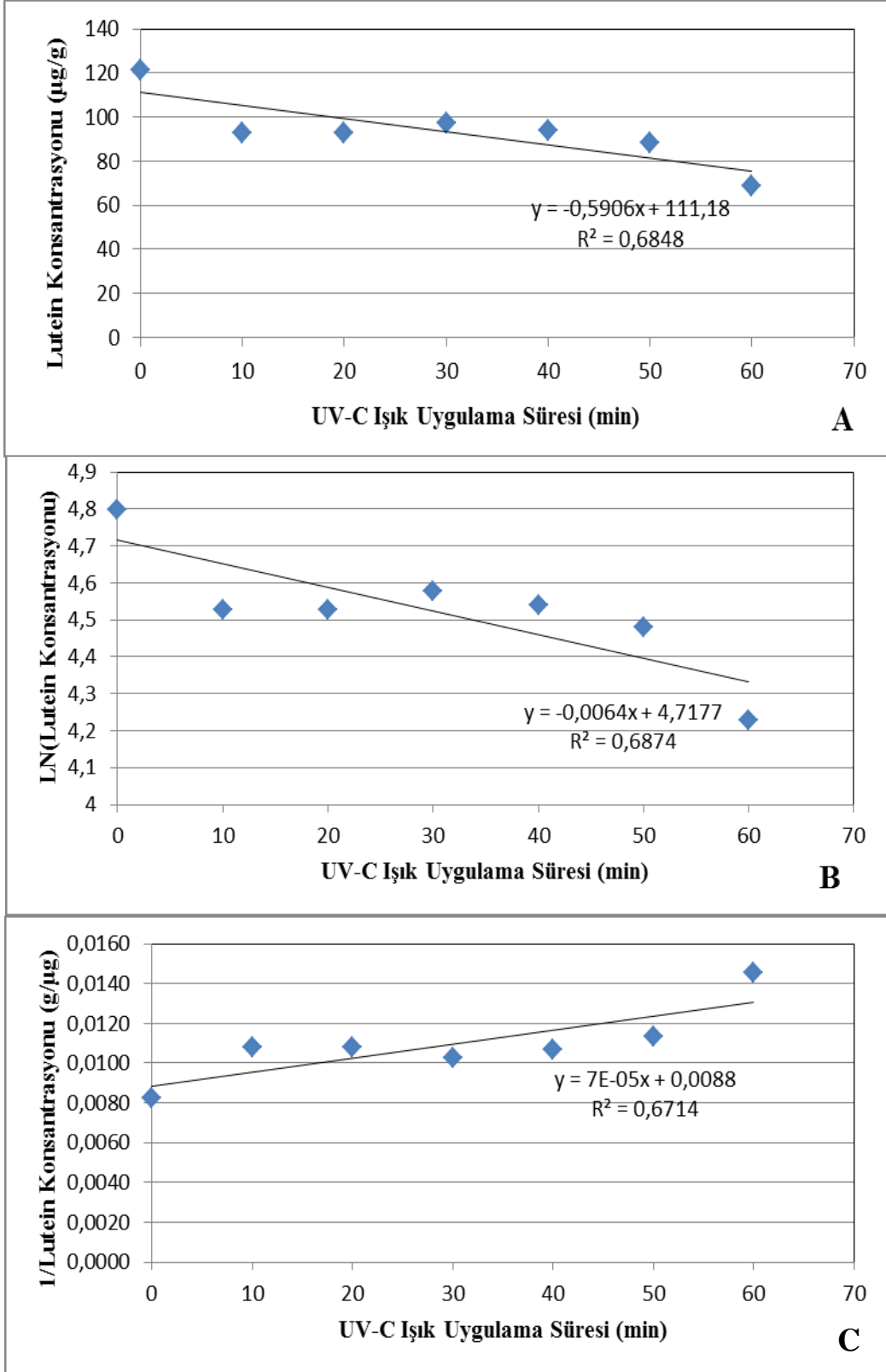
Çizelge 5.1. UV-C ışık uygulanmış örneklerde süreye bağlı lutein, zeaksantin ve kantaksantin içeriğinin değişimi

UV-C Işığa Maruz Kalma Süresi (dakika)	Ortalama ± Standart Sapma* (µg/g)		
	Lutein	Zeaksantin	Kantaksantin
0	121,10±0,051 ^a	39,67±0,039 ^a	0,29±0,241 ^{bc}
10	92,66±0,040 ^{bc}	28,87±0,074 ^b	0,26±0,000 ^c
20	92,60±0,075 ^{bc}	29,00±0,023 ^b	0,31±0,097 ^b
30	97,30±0,044 ^b	28,81±0,073 ^b	0,29±0,000 ^{bc}
40	93,74±0,045 ^{bc}	27,35±0,074 ^b	0,37±0,081 ^a
50	88,15±0,070 ^c	28,09±0,058 ^b	0,29±0,069 ^{bc}
60	68,63±0,108 ^d	19,30±0,084 ^c	0,12±0,050 ^d

* Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Souza (2012) sürekli bir sistem kullanarak yaptığı çalışmada bütün yumurta ve yumurta sarısı üzerine UV-C ışığın etkisini incelemiş ve 0-120 kJ/L'ye kadar uygulanan dozların mikrobiyal inaktivasyon için yeterli olduğunu, en yüksek dozun sıvı yumurta sarılarında lutein içeriğini yaklaşık 8,5 µg/g seviyesinden 3 µg/g'a düşürdüğünü rapor etmiştir. Yaklaşık 8,3 µg/g olan zeaksantin içeriğinin ise 4 µg/g'a kadar azalabildiği görülmüştür. Yazar, UV-C ışığın yüksek oksidasyon etkisinin, pastörizasyon için gerekli dozlarda her iki antioksidan kaybından da sorumlu olduğu bildirmiştir.

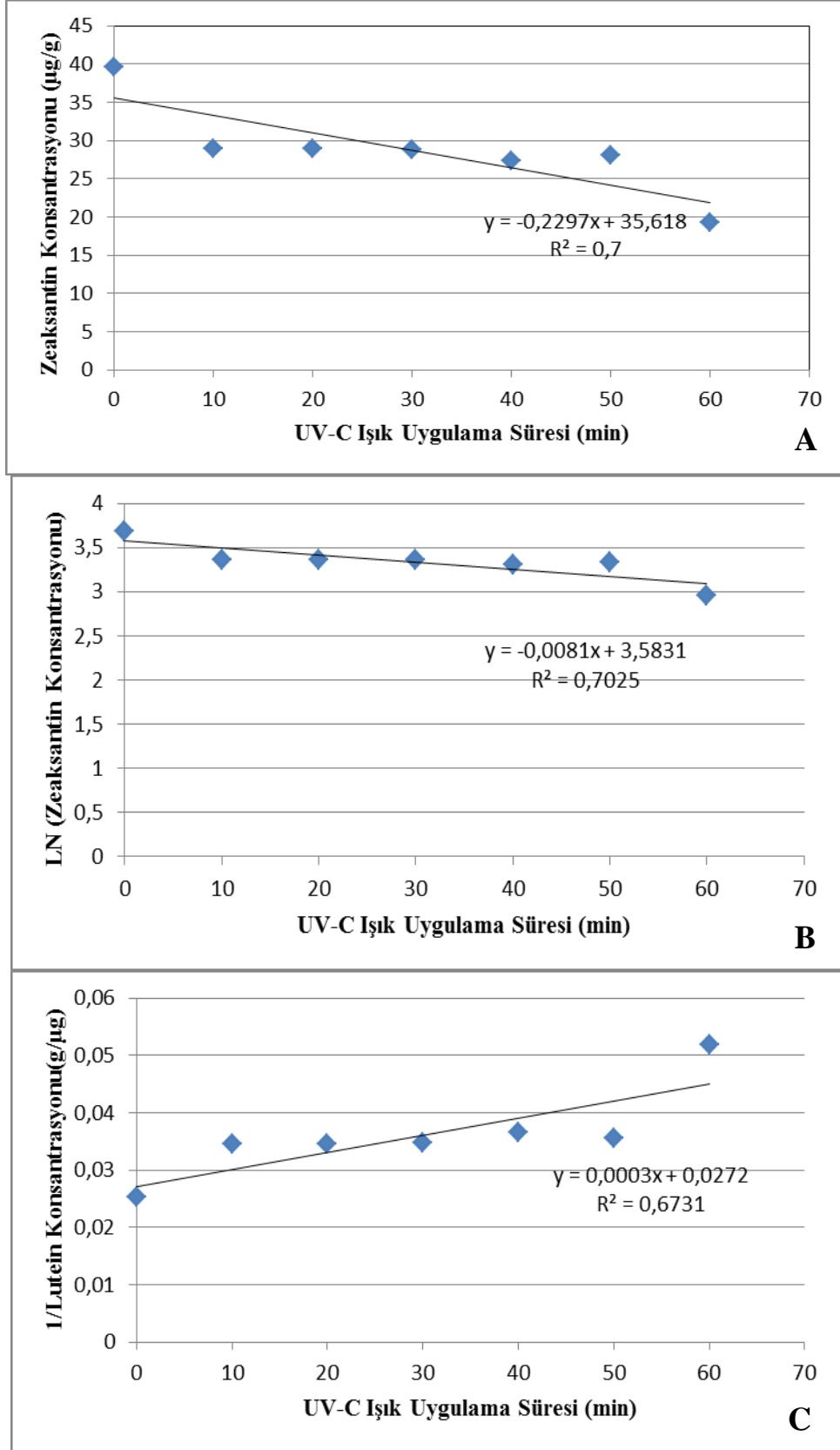
Çizelge 5.1'de yer alan veriler kinetik modelleme için kullanılmış olup, bunlara ilişkin regresyon grafikleri Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde yumurta sarılarının lutein içeriğini UV-C ışık uygulama süresi önemli oranda azaltabilmektedir. Ancak bulguların kinetik modellenmesinde, 0., 1. ve 2. dereceden kinetik modellemelerde R² değerleri sırasıyla 0,6848, 0,6874 ve 0,6714 olarak bulunmuştur. Reaksiyon derecesinin değişmesi determinasyon katsayılarını önemli oranda etkilememiştir. UV-C ışık muamelesinin yumurta sarılarında lutein degradasyonuna etkisinin en basit kinetik model olarak 0. derece reaksiyon şeklinde olduğu kabul edilebilir.



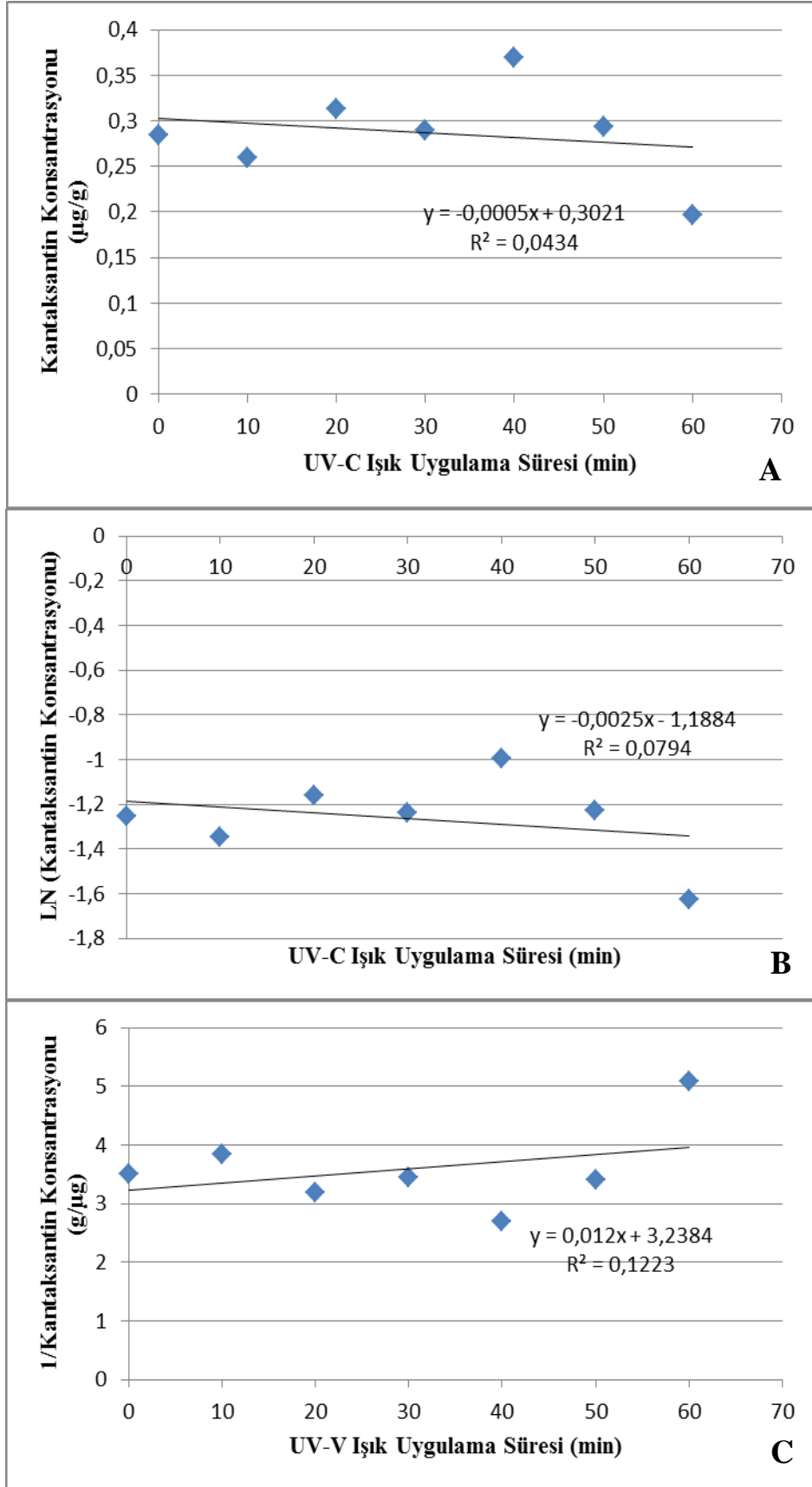
Şekil 5.1. Farklı sürelerde UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların lutein konsantrasyonuna ilişkin regresyon grafikleri A; 0. derece kinetik modelleme, B; 1. derece kinetik modelleme, C; 2. derece kinetik modelleme

Çalışma kapsamında farklı sürelerde UV-C ışık uygulamasına maruz bırakılan taze yumurta sarısı liyofilizat ekstraktlarındaki zeaksantin içeriklerindeki değişim Çizelge 5.2’de verilmiştir. İncelenen kinetik modellemelere ilişkin regresyon eğrileri Şekil 5.3’te gösterilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde yumurta sarılarının zeaksantin içeriğinin UV-C ışık uygulama süresi arttıkça belirgin bir biçimde azaldığı ve bu azalmanın da istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmüştür. Degradasyonun kinetik modellenmesinde ise Şekil 5.2’deki regresyon grafikleri elde edilmiş ve 0., 1. ve 2. dereceden reaksiyonlara ait R^2 değerleri sırasıyla 0,7000, 0,7025 ve 0,6731 olarak bulunmuştur. Lutein degradasyonuna benzer şekilde, reaksiyon derecesinin değişmesi determinasyon katsayılarını önemli oranda etkilememiştir. Bu nedenle reaksiyon için en iyi derecenin 0. derece olduğu kabul edilmiştir.

Yumurta sarılarının kantaksantin içeriklerinin degradasyonuna ait regresyon grafikleri Şekil 5.3’te gösterilmiştir. Kantaksantin içeriği bakımından, UV-C ışık uygulamasına maruz kalmamış örneklerle kıyaslandığında 60 dakika uygulamaya maruz kalan örneklerde önemli bir azalma bulunmuş, ancak 20, 30, ve 50 dakika UV-C ışık uygulamasına maruz kalan örneklerde önemli bir değişiklik görülmemiştir. UV-C ışığa 40 dakika maruz kalan örneklerde ise azalma yerine artış olduğu görülmüştür. Dolayısıyla sonuçlar üzerinde kinetik modelleme çalışıldığında Şekil 5.5’ten elde edilen regresyon grafiklerinde 0., 1. ve 2. dereceden kinetik modellemelerde R^2 değerleri sırasıyla 0,0434, 0,0794 ve -0,1223 olarak bulunmuştur. Bunun muhtemel sebepleri arasında, yumurta sarılarında kantaksantin içeriğinin lutein ve zeaksantin ile karşılaştırıldığında düşük olması ve kantaksantin degradasyon kinetiğinin çalışılması için gıda ortamının uygun bir ortam olmayabileceği sayılabilir.



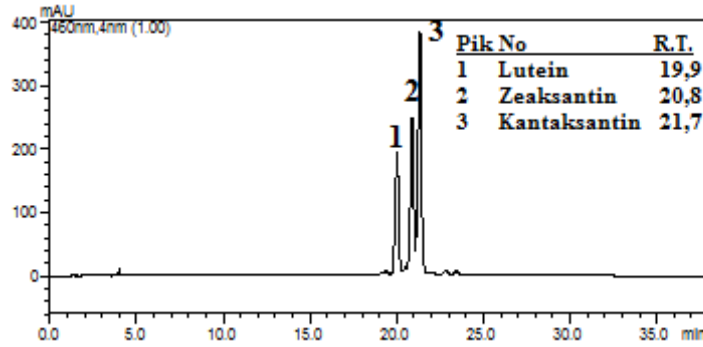
Şekil 5.2. Farklı sürelerde UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların zeaxsantin konsantrasyonuna ilişkin regresyon grafikleri A; 0. derece kinetik modelleme, B; 1. derece kinetik modelleme, C; 2. derece kinetik modelleme



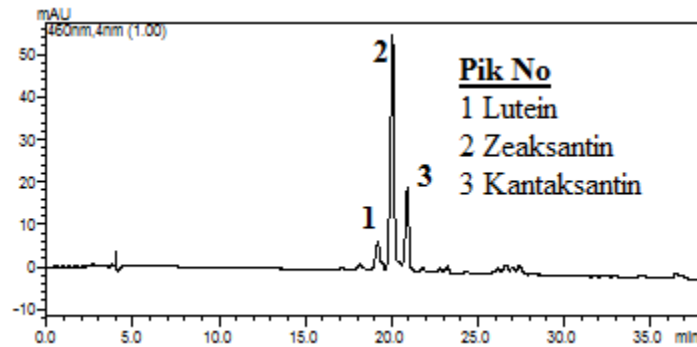
Şekil 5.3. Ölçülen kantaksantin değerlerine ilişkin regresyon grafikleri A; 0. derece kinetik modelleme, B;1. derece kinetik modelleme, C; 2. derece kinetik modelleme

Gıdalarda gelişen reaksiyonları izleyerek, kalitedeki değişimleri inceleyen araştırmacılar, elde ettikleri deneysel verileri tarif etmek için uygun bir matematiksel modelden yararlanmayı en doğru yol olarak görmektedirler. Kimyasal değişimlerin açıklanmasında en yaygın olarak kullanılan yöntem, ulaşılmış deneysel verilerin bir “reaksiyon derecesine” uydurulup yorumlanmasıdır (Van Boekel, 1996). Gıdalarda oluşan reaksiyon dereceleri sınırlıdır ve gıdalarda kalite kaybına neden olan reaksiyonların çok az bir kısmı sıfırıncı, çoğunluğu ise birinci derece kinetik modele uymaktadır (Cemeroğlu, 2013). Gıdadaki tespit edilmek istenen kalite unsurunun (konsantrasyon gibi) etki eden parametreye göre (sıcaklık ve zaman gibi) nasıl değiştiğinin gösterildiği grafikte doğru eğimi reaksiyon derecesini verir.

Yumurta sarılarının lutein, zeaksantin ve kantaksantin içeriklerinin belirlenmesi için saf haldeki bu üç standarttan karışım hazırlanmış ve bu karışıma ait kromatogram Şekil 5.4’te gösterilmiştir. Örnek olarak ise, UV-C ışığa maruz kalmamış yumurta sarısı liyofilizatından elde edilen ekstrakta ait kromatogram Şekil 5.5’te gösterilmiştir.

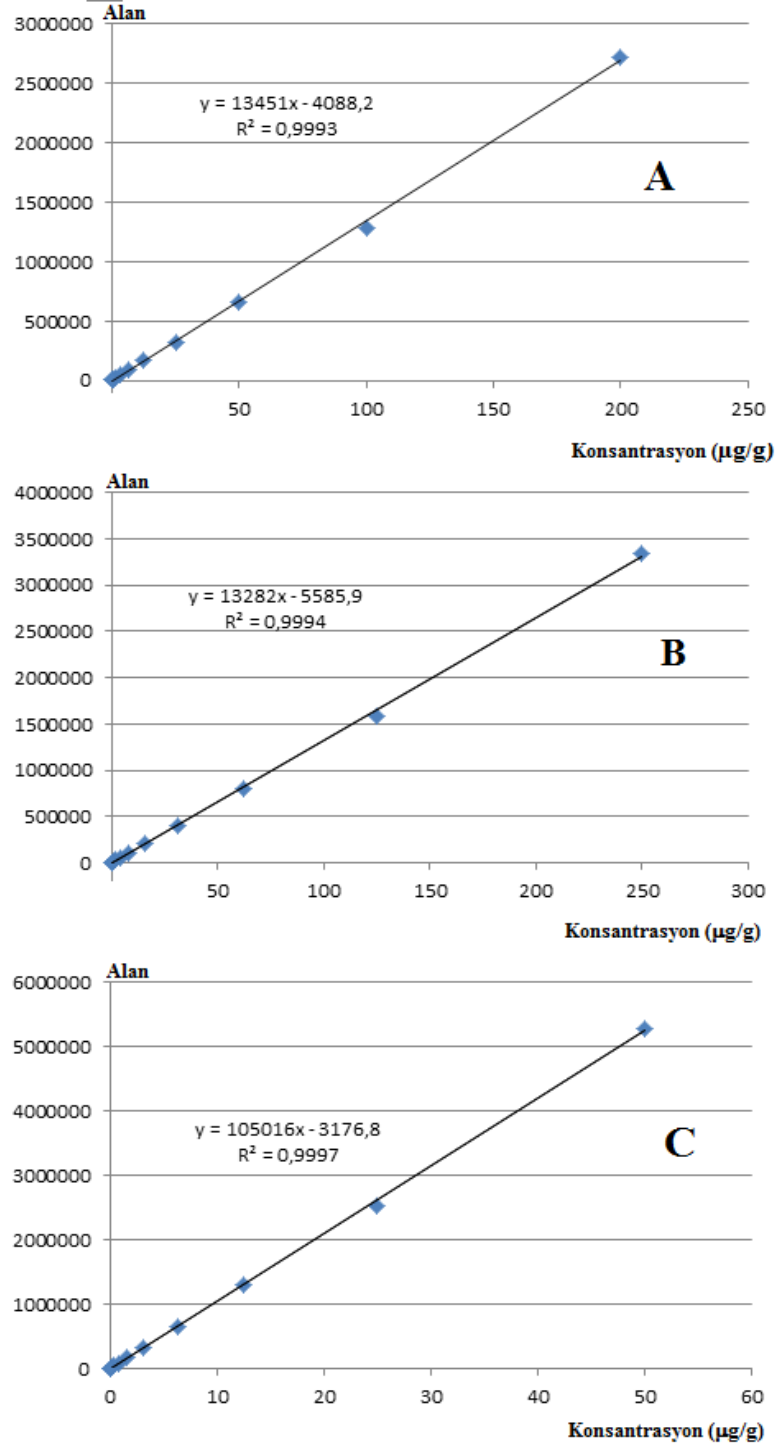


Şekil 5.4. Lutein, zeaksantin ve kantaksantin standart karışımına ait kromatogram



Şekil 5.5. UV-C ışığa maruz kalmamış örneğe ait örnek kromatogram

Yumurta sarılarının lutein, zeaksantin ve kantaksantin içeriklerinin kantitatif olarak belirlenmesinde kullanılan saf bileşiklere ait kalibrasyon eğrileri ve bu eğrilere ait eşitlikler ile determinasyon katsayıları Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Lutein (A), zeaksantin (B) ve kantaksantin (C) saf bileşikleri kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrileri

5.2. Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

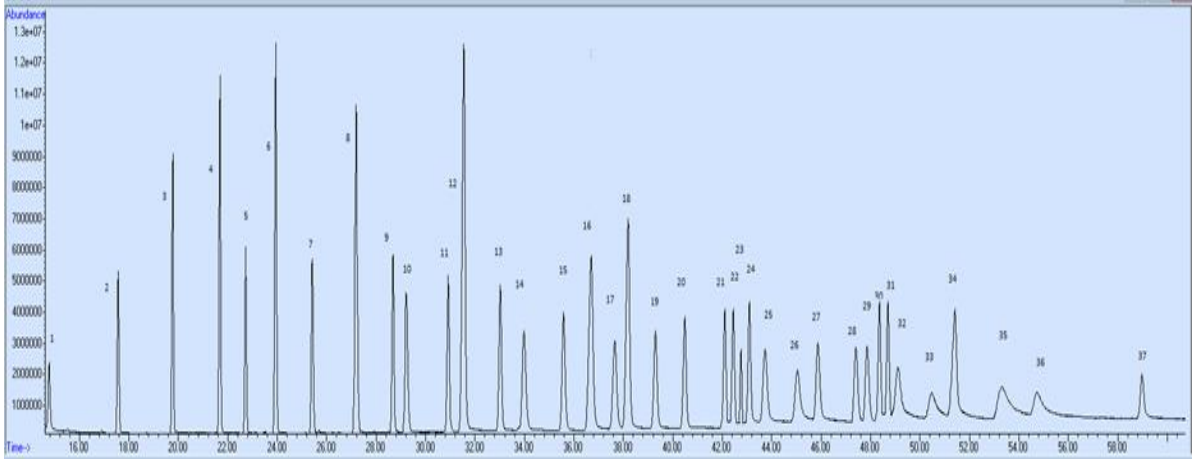
UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların ekstraktlarında toplam yağ asidi kompozisyonu analizi GC-MS cihazında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen yağ asitlerinin süreye bağlı değişimi

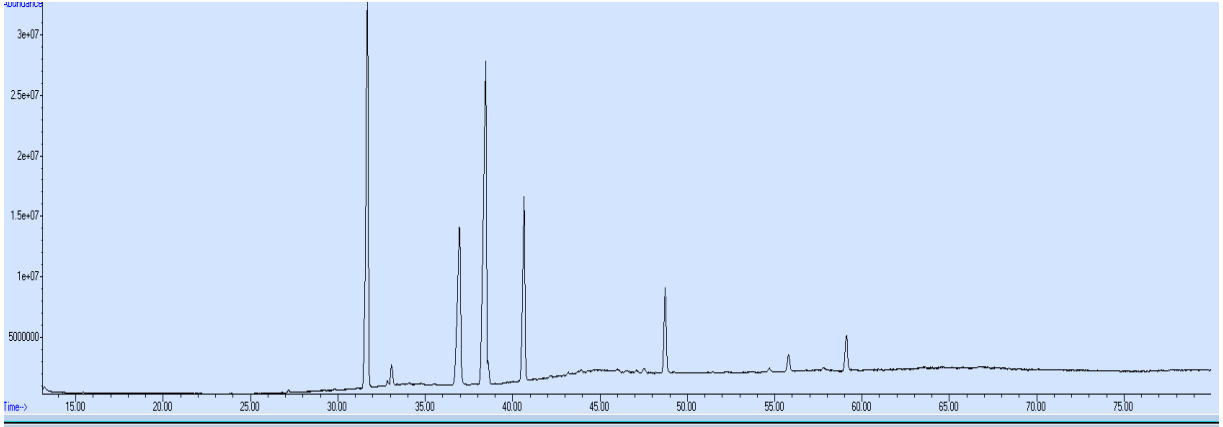
Metil Ester Türü	0	10	20	30	40	50	60	
	Ortalama±Standart Sapma (%)							
S	Miristik Asit	0,101±0,012	0,102±0,008	0,090±0,003	0,132±0,021	0,099±0,015	0,104±0,012	0,155±0,016
	Palmitik Asit	30,661±0,322	31,164±0,143	31,184±0,440	31,452±0,292	31,548±0,290	31,552±0,464	31,234±0,204
	Heptadekanoik Asit	0,215±0,023	0,204±0,023	0,302±0,261	0,209±0,019	0,209±0,019	0,209±0,019	0,215±0,016
	Heneikosanoik Asit	0,092±0,016	0,074±0,006	0,089±0,017	0,073±0,010	0,104±0,047	0,072±0,022	0,055±0,028
	Stearik Asit	10,761±0,506	10,899±0,160	11,169±0,207	10,842±0,203	11,071±0,253	11,127±0,296	10,936±0,361
M	Palmitoleik Asit	2,376±0,015	2,499±0,016	2,359±0,206	2,461±0,087	2,401±0,047	2,453±0,069	2,470±0,078
	cis-11-Eikosanoik Asit	0,206±0,011	0,192±0,046	0,228±0,028	0,192±0,029	0,176±0,038	0,162±0,048	0,206±0,012
	Oleik Asit	31,134±0,690	32,108±0,656	32,368±0,106	32,025±0,313	32,418±0,508	32,005±0,452	32,428±0,401
	Nervonik Asit	0,935±0,048	0,964±0,014	0,905±0,046	0,694±0,227	0,510±0,038	0,539±0,008	0,458±0,026
P	Linoleik Asit	11,378±0,111	11,175±0,039	10,986±0,131	11,150±0,206	11,310±0,545	11,035±0,218	10,951±0,275
	γ-Linolenik Asit	0,141±0,022	0,126±0,017	0,132±0,010	0,160±0,061	0,133±0,045	0,158±0,034	0,081±0,012
	α-Linolenik Asit	0,178±0,035	0,142±0,005	0,150±0,038	0,217±0,027	0,194±0,054	0,118±0,024	0,152±0,087
	cis-11,14-Eikosadienoik Asit	0,405±0,050	0,402±0,021	0,363±0,009	0,420±0,013	0,372±0,023	0,357±0,030	0,330±0,018
	Araşidonik Asit	4,037±0,094	3,872±0,093	3,802±0,098	3,247±0,449	3,553±0,306	3,716±0,059	3,668±0,049

Şekil 5.7’de liyofilize yumurta sarısı ekstraktlarının yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi için standart karışıma ait, Şekil 5.8’de ise numuneye ait GC-MS kromatogramı verilmiştir.

Gaz kromatografi/kütle spektroskopisinde (GC-MS) ters faz analitik kolonu CP-Sil for FAME (100m*0,25mm*0,20µm) kullanımı ile UV-C ışık ışınlarına maruz kaldıktan sonra liyofilize edilen toz haldeki yumurta sarısı örneklerindeki yağ asidi kompozisyonu incelenmiştir. Elde edilen bulgular üzerinden yağ asitleri doymuş (satüre), tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış (PUFA) şeklinde sınıflandırılarak değerlendirilmiştir (Çizelge 5.3).



Şekil 5.7. Yağ asidi metil esterlerinden (FAME) oluşan standart karışıma ait kromatogram



Şekil 5.8. Numuneye ait kromatogram

Çizelge 5.3. UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizatların yağ asidi kompozisyonu

UV-C Işığa Maruz Kalma Süresi (dakika)	Ortalama ± Standart Sapma* (%)		
	Satüre	MUFA	PUFA
0	41,83±1,7 ^b	34,65±2,1 ^b	16,14±1,8 ^a
10	42,44±0,6 ^{ab}	35,76±1,8 ^a	15,72±1,0 ^{ab}
20	42,83±1,1 ^a	35,86±0,6 ^a	15,43±4,6 ^{ab}
30	42,71±0,3 ^a	35,37±0,4 ^{ab}	15,19±3,9 ^b
40	43,03±0,4 ^a	35,51±1,3 ^a	15,56±5,3 ^{ab}
50	43,06±1,1 ^a	35,16±1,0 ^{ab}	15,38±1,6 ^{ab}
60	42,60±0,3 ^a	35,56±0,9 ^a	15,18±2,3 ^b

* Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Çoklu doymamış yağ asitlerinde (PUFA) UV-C ışık uygulamasının zamana bağlı olarak azalmaya neden olduğu ve bu azalmanın da istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Doymuş (satüre) ve tekli doymamış yağ asitlerinde (MUFA) ise UV-C ışık uygulaması zamana bağlı olarak artış meydana gelmiş ve bu artışın istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ultraviyole ışığın yağ asitleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar daha çok UV-A ve UV-B (290-700 nm) ışık bandında yoğunlaşmış olup, UV-C (254 nm) dalga boyunda yapılan çalışmalara rastlanamamıştır (Koutchma, 2009). Noaman (2007), *Synechococcus leopoliensis*'ten izole edilen 4 mutant üzerine UV-B ışığı 5, 10, 15 ve 20 dakika uygulayarak yağ asidi içeriklerini incelemiştir. Bulgular, bütün yağ asitlerinin (satüre, MUFA ve PUFA) 5 dakikalık UV-B ışık uygulamasından sonra azaldığını göstermiştir. UV-B ışık uygulama süresi arttıkça da yağ asitlerindeki azalmanın devam ettiğini bildirmişlerdir. Taze yumurtalarda (50 g), doymuş yağ asitleri %6,252; MUFA %7,316; PUFA %3,822 olarak bildirilmiştir (USDA, 2015b).

Doğal olarak elde edilen doymuş ve doymamış yağ asitleri görünür bölge ve ultraviyole bölgesine yakın alanlardaki ışık ışınlarını absorbe etmezler. Ancak yapılarında birden fazla çift bağ bulunan yağ asitleri KOH ile ısıtıldıklarında bunların içerisinde konjuge halde çifte bağları bulunan izomerleri meydana gelir. Bu çeşit izomerler 230-260 nm dalga uzunluğundaki ışık ışınlarını absorbe edebilirler. Işık, sıcaklık ve oksijen; doymamış yağ asitlerini içeren yağlarda otooksidasyona yol açabilirler (Bingöl, 1976).

5.3. Toz Örneklerde Renk Analizi

UV-C ışığa maruz kalan yumurta sarılarının liyofilizatlarında CIE $L^*a^*b^*$ sistemindeki renk parametrelerine ilişkin değerler ölçülmüştür. CIE sistemi gıdanın renginin objektif olarak ölçümünde temel sistemdir. CIE sisteminde bir gıdanın rengi XYZ, Y_{xy} , $L^*a^*b^*$ veya $L^*C^*H^0$ parametreleri ile ifade edilir (Üren, 1999). Yapılan çalışma kapsamında elde edilen renk bulguları CIELAB sistemi kullanılmış ve renk $L^*a^*b^*$ değerleri üzerinden verilmiştir (Çizelge 5.4 ve Şekil 5.9). L^* değeri, aydınlık; a^* değeri, kırmızı ve yeşilliği; b^* değeri ise sarı ve maviliği ifade eder.

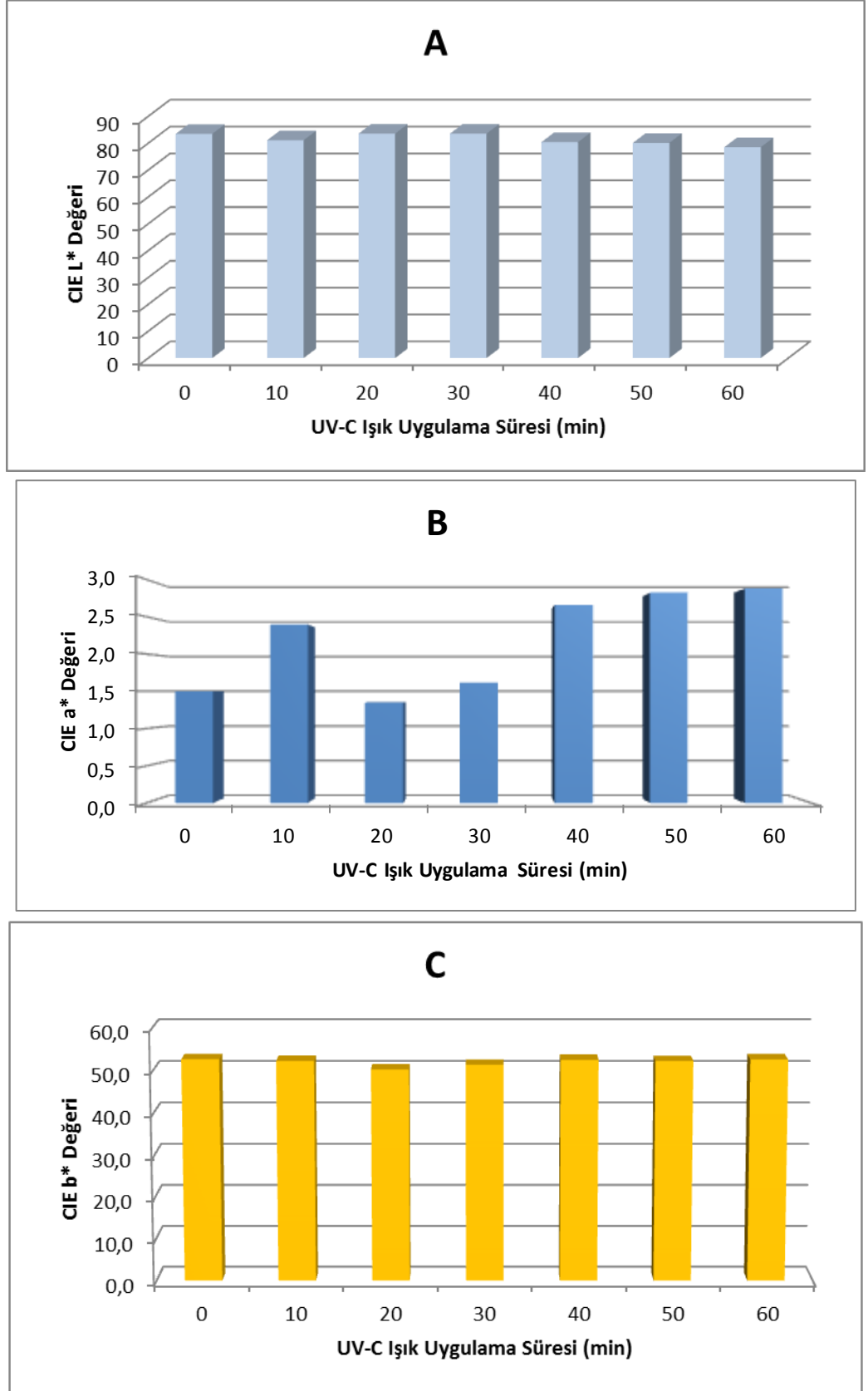
Çizelge 5.4. Liyofilizatlarda ölçülen renk değerlerinin süreye bağlı değişimi

Parametre ¹	UV-C Işık Uygulama Süresi (dakika)						
	0	10	20	30	40	50	60
L*	83,46±0,78 ^a	81,10±4,55 ^a	83,55±0,47 ^a	83,55±1,02 ^a	80,38±4,29 ^a	80,10±3,54 ^a	78,49±3,62 ^a
a*	1,50±0,61 ^a	2,40±0,94 ^a	1,35±0,54 ^a	1,62±0,91 ^a	2,66±0,79 ^a	2,83±1,12 ^a	2,88±1,19 ^a
b*	52,65±1,20 ^a	52,24±2,67 ^a	50,26±0,85 ^a	51,34±1,42 ^a	52,50±2,96 ^a	52,23±2,96 ^a	52,64±1,94 ^a
a*/b*	0,028±0,01	0,045±0,02	0,027±0,01	0,031±0,02	0,050±0,01	0,054±0,02	0,054±0,02

¹Aynı satır içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Gıda maddelerinin rengi tüketici tercihi açısından önemlidir. Yumurta kalitesinin tüketici tarafından değerlendirilmesinde yumurta sarısı önem teşkil etmektedir. Yumurtacı tavuklarda beslenme, yaş ve genetik faktörler yumurta sarısının rengi üzerinde etkili olmaktadır ve tüketici tarafından iyi görünümlü albenisi olan yumurta sarısı rengi önemli olmaktadır. Bu renk de genellikle altın renginden portakal rengine kadar olan aralıktadır. Çalışmanın sonunda, zamana bağlı olarak uygulanan UV-C ışığın; L*a*b* parametreleri üzerinde yol açtığı değişiklikler için elde edilen bulgular üzerinde yapılan istatistiksel analizler yumurta sarısı rengi üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını göstermiştir (p<0.05).

Souza (2012), sıvı yumurta sarılarının UV-C ışık ışınlarına maruz bırakarak gerçekleştirdiği çalışmada renk değerlerini incelemiştir. CIELAB yöntemini kullandığı çalışmada, sıvı yumurta sarıları üzerine 0,591 ile 9,219 J/cm² dozlarında UV-C ışık uygulamıştır. Bulgular L* renk parametre değeri için 60,89-54,88, a* renk parametre değeri için 20,21-22,97 ve b* renk parametre değeri için 47,86-50,98 bulunmuştur. Ancak yapılan istatistiksel analizler, renk parametrelerinde doza bağlı olarak UV-C ışık uygulamasının meydana getirdiği değişimlerin önemli olmadığını göstermiştir. Benzer bulgular bu yüksek lisans tez çalışmasında da tespit edilmiştir.



Şekil 5.9. UV-C ışığa maruz kalan örneklerde süreye bağlı olarak değişen CIE L* (A), a* (B) ve b* (C) renk değerleri

6. SONUÇ

Yumurta sarısı, elzem lipid ve protein bileşenlerini dengeli olarak içeren sağlıklı bir gıda olmasının yanı sıra gıda teknolojisinde katılaştırma, köpürme, emülsifikasyon ile gıdanın renk ve lezzetine katkısı gibi birçok fonksiyonel özelliği nedeniyle de önemlidir (Alakır, 2007; Souza, 2012). Yumurtanın kalitesi üzerine depolama şartları önemli ölçüde etkilidir. Uzun süreli depolama için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan en geleneksel ve sık kullanılanı pastörizasyondur. Pastörizasyon sırasında ısıl işlemden, koagülasyon, köpürme ve emülsifikasyon gibi proteinlerle ilişkilendirilen fonksiyonel özellikler etkilenir (Souza, 2012). Bu yüzden çeşitli alternatif yöntemler geliştirilmiştir ve yumurta ve ürünleri üzerinde uygulanmaktadır.

Gerçekleştirilen bu yüksek lisans tez çalışmasında, alternatif pastörizasyon metodlarından biri olan UV-C ışık uygulamasının yumurta sarılarının karotenoid içeriği ile yağ asidi kompozisyonuna etkisi araştırılmıştır. UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından elde edilen liyofilizat ekstraktlarının UV-C ışığa maruz kalma sürelerine göre, karotenoidlerden lutein, zeaksantin ve kantaksantin içeriği ($\mu\text{g/g}$), yağ asidi kompozisyonu (%) ve CIE $L^*a^*b^*$ yöntemi ile renk değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Yumurta sarılarına uygulanan UV-C ışığın, renk değerlerinde önemli bir değişikliğe yol açmadığı görülmüştür. Çalışmada UV-C ışığa maruz kalan örneklerin lutein ve zeaksantin içeriklerinde uygulanan UV-C ışık doz (süre) artışına bağlı olarak artan bir degradasyon tespit edilmiştir. Lutein ve zeaksantin iyi birer antioksidan olması sebebiyle yapılacak olan bir UV-C ışık uygulaması üründeki lutein ve zeaksantin miktarını azaltacağından, içeriğinde lutein ve zeaksantin bulunan diğer ürünlere de uygulanması durumunda uygulanacak UV-C ışık dozu seçimi iyi yapılmalıdır.

Çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyona karşı oldukça hassas bileşiklerdir. Yumurta sarılarının yağ asidi kompozisyonu üzerine UV-C ışık uygulama süresinin etkisi, yağ asitlerini doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri şeklinde gruplandırılarak araştırılmış ve PUFA kompozisyonunun UV-C ışık uygulamasıyla azalabildiği, MUFA ve doymuş yağ asidi kompozisyonunun ise arttığı tespit edilmiştir. Bunun olası nedenleri arasında PUFA'ların okside olmasıyla MUFA'lara dönüşebileceği sayılabilir (Spikes, 1981). Yumurta sarısının doymuş yağ asidi, MUFA ve PUFA içerikleri sırasıyla %9,55, %11,74 ve %4,20'dir (USDA, 2015). Yaş ağırlık bazında %30 yağ içeren

yumurta sarısına UV-C ışık uygulaması yağ oksidasyonunu tetikleyici bir etki gösterebilmektedir.

Sonuç olarak, çeşitli araştırmalarda mikrobiyal inaktivasyon amacıyla yaygın olarak kullanılan UV-C ışık uygulamasının yumurta sarılarının bazı besin ögeleri (karotenoidler ve yağ asitleri gibi) üzerine olumsuz etkisinin olduğu bu çalışmayla belirlenmiştir. Bu nedenle UV-C ışık dozunun yumurta sarılarının lutein ve zeaksantin gibi karotenoidleri üzerine degradasyon etkisinin de yapılan araştırmalara dahil edilmesi önemli olacaktır. Bunun yanında mikrobiyal inaktivasyon amaçlı yumurta sarılarına UV-C ışık uygulaması sonrasında lipit oksidasyonunun depolama boyunca ayrıca takip edilmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, Z., Önenç, S. S., 2006. Fonksiyonel Yumurta Üretimi. *Hayvansal Üretim*, 47(1), 36-46.
- Açu, M., Yerlikaya, O., Kınık, Ö., 2014. Gıdalarda Isıl Olmayan Yeni Teknikler ve Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 14, 23-35.
- Alakır, İ., 2006. Yumurta Sarısında Lutein, Zeaksantin, Kantaksantin, Ksantofillerin Saptanması ve Hunter L a b Renk Parametreleri ile İlişkiler: Isıl İşlemlerin Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, Türkiye.
- Algan, Ö., 2007. Pastörize Sıvı Yumurtaların Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Atılğan, M. R., 2007. Disinfection of Liquid Egg Products By Using UV Light, Master Thesis. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Aydın, K., 2009. Ultraviyole Işımları ile Suların Dezenfeksiyonu. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, İzmir, 989-1004.
- Beeson, S., Mayer, J., 2008. *Patterns of light chasing the spectrum form Aristotle to LEDs*. Springer, New York, 196 s.
- Bingöl, G., 1976. *Lipidler*. Ankara Üniversitesi, Ankara, 77 s.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., Robinson, R. K., 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry- a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(6), 637-645.
- Bolton, J., 2001. *What is ultraviolet?* http://www.iuva.org/public/what_is_uv (Erişim Tarihi: 10.03.2015)
- Bouhamidi, R., Prevost, V., Nouvelot, A. 1998. High protection by grape seed proanthocyanidins (GSPC) of polyunsaturated fatty acids against UV-C induced peroxidation. *Academie des sciences*,321(1), 31-38.
- Breithaupt, D., 2004. Analytical, Nutritional and Clinical Methods Simultaneous Hplc determination of carotenoids used as food coloring additives: applicability of accelerated solvent extraction. *Food Chemistry*, 86, 449-456.
- CDC., 2015. *Centers for Disease Control and Prevention*. <http://www.cdc.gov/>. (Erişim Tarihi: 06.05.2015)

- Cemeroğlu, B. S., 2013. *Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler*. Gıda Teknolojisi Derneği, 861 s.
- Çalımlı, A., 2003. Kayısı ve Vişne Suyu Üretimindeki Atıkların Değerlendirilmesi, Bilimsel Araştırma Projesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimsel Araştırma Projeleri, Ankara, Türkiye.
- Çelebi, Ş., Karaca, H., 2006. Yumurtanın Besin Değeri, Kolesterol İçeriği ve Yumurtayı n-3 Yağ Asitleri Bakımından Zenginleştirmeye Yönelik Çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 257-265.
- Ebel, E., Schlosser, W., 2000. Estimating the annual fraction of eggs contaminated with *Salmonella enteritidis* in the United States. *International Journal of Food Microbiology*, 61(1), 51-62.
- EFSA., 2010. Analysis of the baseline survey on the prevalence of *Campylobacter* in broiler batches and of *Campylobacter* and *Salmonella* on broiler carcasses in the EU. *EFSA Journal*, 8(3), 1503.
- Erol, M., 1994. Ankara'da Satılan Yumurtaların *Salmonella* Yönünden Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Forsythe, S., Hayes, P., 1998. *Food Hygiene, Microbiology and HACCP*. Springer, USA,
- Francis, F., 1999. *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*, Second Edition, 2816 s.
- Frazier, W., Westhoff, D., 1998. *Food Microbiology*, Fourth Edition. Mcgraw-Hill College. London, 539 s.
- Froning, G., 1998. *Poultry and Avian Research Resources: Living Stock Populations*. <http://animalscience.ucdavis.edu/avian/psym983.pdf> (Erişim Tarihi: 05.10.2015)
- Gast, R., 2005. Bacterial infection of eggs. *Food Safety Control in the Poultry Industry*, 1-12.
- Geveke, D. J., Torres, D., (2013. Liquid egg white pasteurization using a centrifugal UV irradiator. *International Journal of Food Microbiology*, 43-47.
- Geveke, D. J., Boyd, G., Zhang, H. Q., 2011. UV Penetration Depth in Liquid Egg White and Liquid Whole Egg. *Journal of Food Processing and Preservation*, 754-757.
- Guerrero-Beltran, J. A., & Barbosa-Canovas, G., 2004. Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. *Food Science and Technology International*, 10(3), 137-147.
- Heperkan, D., 1998. Yumurta ve Yumurta Ürünlerinde Mikrobiyal Bulaşmalar ve Kontrol Altına Alınması. *Gıda ve Teknoloji*, 72-77.

- Heperkan, D., Gökler, O., 2012. *Kabuklu yumurtada patojen riskleri ve muhafaza yöntemleri*. <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=661> (Erişim Tarihi: 08.07.2015)
- Hy-Line International, 2013. *The Science of Egg Quality*. <http://www.hyline.com/asp/resourcelibrary/downloads.aspx> (Erişim Tarihi: 06.08.2015)
- ICMSF, 2005. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. Springer, New York, 597-632.
- Ijichi, K., Hammerle, O., Lineweaver, H., Kline, L., 1964. Effects of ultraviolet irradiation of egg liquids on Salmonella destruction and performance quality with emphasis on egg white. *Food Technology*, 10, 1628.
- Kasnak, C., Palamutoğlu, R., 2015. Doğal antioksidanların Sınıflandırılması ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 226-234.
- Koutchma, N., Forney, J., & Moraru, I. 2009. *Ultraviolet Light in Food Technology Principles and Applications*. CRC Press, USA, 296 s.
- Koutchma, T., 2009. Advances in Ultraviolet Light Technology for Non-thermal Processing of Liquid Foods. *Food Bioprocess Technology*, 138-155.
- Lee, D. U., Heinz, V., & Knorr, D., 2003. Biphasic inactivation kinetics of Escherichia coli in liquid whole egg by high hydrostatic pressure treatments. *Biotechnology Progress*, 1020-1025.
- Lucas, J., 2003. Integrating MAP with new germicidal techniques. *Novel food packaging techniques*. CRC, Boca Ratón, Florida, 590 s.
- Manas, P., Pagan, R., Alvarez, I., & Uson, S., 2003. Survival of Salmonella senftenberg 775 W to Current Liquid Whole Egg Pasteurization Treatments. *Food Microbiology*, 593-600.
- Matak, K.E., Sumner S.S., Duncan S.E., Hovingh E., Worobo R.W., Hackney C.R., ve Pierson M.D., 1997. Effects of Ultraviolet Irradiation on Chemical and Sensory Properties of Goat Milk. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3178-3186.
- Mutlu, B., Şen, O., Toros, H., 2003. Ultraviyole Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. 3. *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, İstanbul, 84-89.
- Noaman, N. H., 2007. Ultraviolet-B Irradiation Alters Amino Acids, Proteins, Fatty Acids Contents and Enzyme Activities of *Synechococcus leopoliensis*. *International Journal of Botany*, 3(1), 109-113.
- Ötleş, S., Atlı, Y., 1997. Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(1), 249-254.
- Özkütük, N., 2007. Ultraviyole Lambalarının Kullanımı. 5. *Ulusal Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon Kongresi*, Antalya, 490-496.

- Souza, P.M., Fernandez, A., 2011. Effects of UV-C on physicochemical quality attributes and *Salmonella enteritidis* inactivation in liquid egg products. *Food Control*, 1385-1392.
- PGO, (2011). *Selected Float Glass, Transmission*. http://www.pgoonline.com/intl/katalog/curves/whitefl_kurve.html (Erişim Tarihi: 10.09.2015)
- Philips, 2006. Ultraviolet Purification Application Information, The Netherlands.
- Reinemann, D., Gouws, P., Cilliers, T., Houck, K., & Bishop, J., 2006. New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality. *ASABE Annual International Meeting*, Oregon, Portland, 66-88.
- Ricke, S., Birkjould, S., Gast, R., 2001. Eggs and egg products. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. American Public Health Association, Washington, 473-482.
- Serdaroğlu, M., Deniz, E., 2002. Sıvı Yumurtaların Dondurulması ve Dondurma Nedeniyle Oluşan Kalite Problemleri. *Hayvansal Üretim*, 55-63.
- Souci, S., Fachmann, W., Kraut, H. 2008. *Food Composition and Nutrition Tables*. MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart, Germany.
- Souza, P. M., 2012. Study of short-wave ultraviolet treatments (UV-C) as a non thermal preservation process for liquid egg products, Master Thesis. Universitat Politecnica De Valencia, Valencia, İspanya.
- Souza, P. M., Fernandez, A., 2011. Effects of UV-C on physicochemical quality attributes and *Salmonella enteritidis*. *Food Control*, 1385-1392.
- Spikes, J., 1981. Photodegradation of foods and beverages. *Photochemical and photobiological reviews*, 6, 39-81.
- Stadelman, W., Cotteril, O. 1990. *Egg Science and Technology*. Haworth Press, New York, 449 s.
- şamlı, H., şenköylü, N., Akyürek, H., Ağma, A., 2005. Doğal Pigmentlerin Yaşlı Tavuklarda Yumurta Sarısına Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 281-286.
- Tayar, M., 2005. *Yumurta Hijyeni*. <http://mtayar.uludag.edu.tr/yumurtahijyeni.htm> (Erişim Tarihi: 10.08.2013)
- Tee, E. S., 1992. Carotenoids and Retinoids in Human Nutrition. *Food Science and Nutrition*, 31(1/2), 103-163.
- Tülek, Y., Filizay, G., 2006. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Yüksek Hidrostatik Basınç Sistemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 225-231.
- Türkcan, O., Ökmen, G., 2012. Mikrobiyal Karotenoidler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1), 115-122.

- USDA, 2015a. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/118?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=hard+boiled> (Erişim Tarihi: 10.11.2015).
- USDA, 2015b. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/114?manu=&fgcd> (Erişim Tarihi: 10.11.2015).
- USDA-ARS, 1969. *Egg Pasteurization Manual*. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 54s.
- Uysal Pala, ., Kırca Toklucu, A., 2010. Ultraviyole Işın (UV) Teknolojisinin Meyve Sularına Uygulanması. *Akademik Gıda*, 17-22.
- Ünlütürk, S., 2012. Ultraviyole (Mor Ötesi) Işınlama. *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, 219-248.
- Ünlütürk, S., Atılgan, M., Baysal, A., Tarı, C., 2008. Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *Science Direct*, 561-568.
- Ünlütürk, S., Tarı, C., Korel, F. 2007. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Ultraviyole (UV) Işık İle Dezenfeksiyonu. Tübitak, Ankara, Türkiye.
- Üren, A., 1999. Üç Boyutlu Renk Ölçme Yöntemleri. *Gıda*, 24(3), 193-200.
- Wang, H., Slavik, M., 1998. Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. *Journal of Food Protection*, 61, 276-279.
- Water Treatment Guide, (2007). http://www.watertreatmentguide.com/ultraviolet_systems.htm (Erişim Tarihi: 08.01.2015)
- Yangılar, F., Kabil, E., 2013. Süt ve Süt Ürünlerinde Bazı Isıl Olmayan Mikrobiyal İnaktivasyon Yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 97-108.
- Yüceer, M., 2007. Kolesterolü Azaltılmış Yumurta Sarısı Üretimi ve Düşük Kolesterolü Mayonez Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yücel, A., 2000. Yumurta ve Bal. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Zeidler, G., 2002. Processing and Packaging Shell Eggs. *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. Kluwer Academic Publishers, 1143.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Damla BAYANA

Doğum Yeri ve Yılı : Afyonkarahisar - 01.08.1988



Eğitim Durumu

Derece	Alan	Kurum Adı	Yıl
Lise		Afyon Milli Piyango Anadolu Lisesi	2002-2006
Lisans	Gıda Mühendisliği	Pamukkale Üniversitesi	2006-2011
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2013-2015

Çalıştığı Kurumlar

	Yıl
1- Afyon Yumurta A.Ş.	2012-2013
2- Hafizoğlu Yağ Sanayi ve Ticaret A.Ş.	2013-2015

Ulusal Kongrelerde Sunulan Bildiriler

- 1- **Bayana, D.**, Tüfekçi, S. Geleneksel Bir Lezzet: Kaymak Dolması. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 10-12 Mayıs, 2012, Konya, Türkiye. (Poster sunumu)
- 2- Tüfekçi, S., **Bayana, D.** Subtropik ve Tropik Meyvelerin Kurutulması. Türkiye 11. Gıda Kongresi, 10-12 Ekim, 2012, Antakya/Hatay, Türkiye. (Poster sunumu)
- 3- **Bayana, D.**, Ertan, K., Gürsoy., O., Yılmaz, Y. UV-C Işık Uygulamasının Elma Suyunun Antioksidan Aktivite ve Kahverengileşme İndeksi Üzerine Etkisi. 9. Gıda Mühendisliği Kongresi, 12-14 Kasım, 2015, Selçuk/İzmir, Türkiye. (Bu bildiri poster sunum olarak kabul edilmiştir ancak henüz sunulmamıştır.)

Uluslararası Kongrelerde Sunulan Bildiriler

- 1- Ertan, K., **Bayana, D.**, Gursoy., O., Yılmaz, Y. Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Burdur Walnut Dessert (Ceviz Ezmesi). The 3rd International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", 1-4 October, 2015, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. (Poster presentation)
- 2- Ertan, K., **Bayana, D.**, Gokce O., Alatossava, T., Yılmaz, Y., Gursoy., O. Total Antioxidant

Capacity of Different Commercial Pasteurized and Ultra High Temperature (UHT) Treated Cow Milk Samples. 12th Egyptian Conference of Dairy Science and Technology. 9-11 November, 2015, Cairo, Egypt. (This paper has been accepted for oral presentation but not yet presented.)

Projeleri

1- Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, 0248-YL-14 nolu “UV-C Işığın Yumurta Sarısı Karotenoidleri ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi” başlıklı Bilimsel Araştırma Projesi.

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

2- Tübitak 3001- Başlangıç Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı, 1150983 nolu ve “UV-C Işığa Maruz Bırakılan Yumurta Sarısı Karotenoidleri ve Yağ Asitlerinin Degradasyon Kinetiğinin Belirlenmesi” başlıklı projede bursiyer olarak görev almaktayım.

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ. Proje Yrd. Yürütücüsü: Doç. Dr. Oğuz GÜRSOY