

Proje No: TOVAG-104O210

**Sıvı Yumurta Ürünlerinin Ultraviyole (UV) Işıık İle
Dezenfeksiyonu**

Yrd.Doç.Dr. Sevcan ÜNLÜTÜRK
Yrd.Doç.Dr. Canan TARI
Yrd.Doç.Dr. Figen KOREL

ARALIK 2007
ANKARA

ÖNSÖZ

Yumurta ürünü genelde kabuğundan arındırılmış, sarısı ve/veya beyazı ayrılmış olan, işlem görmüş, gıda sanayiinde ve evlerde doğrudan kullanılabilir hazır formdaki yumurta olarak tanımlanır. Bu ürünler sıvı, dondurulmuş, kurutulmuş ve yarı mamul formlarda ve özel ambalajlarda tüketiciye sunulur. Yumurtanın birçok gıda mamülünde vazgeçilmez ana malzemelerden biri olduğu düşünülürse önümüzdeki yıllarda hazır formdaki yumurta ürünlerine olan talebin giderek artacağı kuşkusuzdur.

Yumurta ürünlerinin hijyenik koşullarda, kontrollü şartlar altında, ve pastörize edilerek piyasaya sunulması gerekmektedir. Fakat ısıya duyarlı yumurta ürünleri 57⁰C'nin üzerinde koagüle olduğu için bundan daha düşük sıcaklık derecelerinde pastörize edilmeleri gerekir. Isısal işlemin böyle hassas ürünlerde uygulanması, etkili bir muhafaza yöntemi olmasına rağmen, kaliteyi olumsuz etkiler ve firmaların yatırım maliyetini yükseltir. Bu projede, sıvı yumurta ürünlerinin Ultraviyole (UV) ışın ile dezenfeksiyon işlemi, ısısal işleme alternatif olarak önerilmektedir.

UV'nin sıvı yumurta beyazı (LEW), bütün yumurta (LWE) ve yumurta sarısı (LEY) gibi ürünlerde inaktivasyon etkisini tespit etmek için hem laboratuvar tipi hem de pilot ölçekli UV cihazı kullanarak değişik testler uygulanmıştır. Bu amaçla sabit UV dozajında ve farklı tatbik sürelerinde dezenfekte edilen sıvı yumurta ürünlerinde pH, absorbans, renk, bulanıklık gibi fiziksel ölçümler yanında, toplam canlı sayımı, *Salmonella*, ve *E. Coli* gibi mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Ayrıca pilot ölçekli UV cihazı için önemli olan yumurta ürünlerinin akışkan özellikleri de reolojik testler ile belirlenmiştir.

Çalışmamız sonucunda uluslararası hakemli dergilerde (SCI-Indexli) kabul edilmiş ve basımda olan iki adet makalemiz, uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan üç adet bildirimiz, ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bir adet bildirimiz bulunmaktadır.

Bu araştırma projesi Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Konseyi (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiş ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Proje No: TOVAG-104 O 210

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SEMBOLLER LİSTESİ.....	xii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Sıvı Yumurta Ürünleri.....	4
2.1.1 Yapısı ve Kimyasal Özellikleri.....	4
2.1.2. Fiziksel Özellikleri.....	5
2.1.3. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Üretimi.....	6
2.2. Sıvı Gıdaların Ultraviolet Işık ile Dezenfeksiyonu	10
BÖLÜM 3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	16
3.1. Örnek Hazırlama ve Eldesi.....	16
3.1.1. Taze Yumurta Örneklerini Hazırlama.....	16
3.1.2. Pastörize Yumurta Örneklerini Hazırlama.....	16
3.1.3. Carboxymethylcellulose (CMC) Model Sıvısının Hazırlanışı	16
3.2. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik, Fiziksel ve Optik Ölçümleri.....	17
3.2.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik Ölçümleri	17
3.2.1.1. Yukarı Aşağı Oran Rampa Testi	19
3.2.1.2. Zaman Hassasiyeti Testi.....	20
3.2.1.3. Yukarı Aşağı Oran Rampa Testi ile Sıcaklık Profili.....	20
3.2.1.4. Dynamic Yield Test.....	21
3.2.2. CMC Model Sıvısının Reolojik Ölçümleri	22
3.2.3. Fiziksel Özelliklerin Ölçümleri.....	23
3.2.3.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin ve CMC Model	

Sıvılarının Yoğunluğu	23
3.2.3.2. Sıvı Yumurta Ürünlerinin pH Ölçümleri.....	23
3.2.3.3. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Toplam Katı Madde Tayini.....	23
3.2.4. Optik Özellikler	23
3.2.4.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Absorbansı.....	23
3.2.4.2. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Türbiditesi	24
3.2.4.3. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Renk Ölçümleri	24
3.3. Biyodozimetrik Çalışmalar.....	25
3.3.1. Hedef Mikroorganizmanın (Biyolojik Dozimetre) Büyüme Koşulları	25
3.3.2. UV Işın Ekipmanları ve İnaktivasyon İşlemi.....	25
3.3.3. İstatistiksel analizler.....	28
3.4. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Sürekli Akış UV Sistemde Dezenfeksiyonu	28
3.4.1. Sürekli Akış UV Reaktörün Proses Parametreleri	30
3.4.2. İnaktivasyon Çalışmaları.....	34
3.4.3. Sistemin Temizlenmesi	37
3.4.3.1. Boşaltım ve Dezenfektanla Yıkama	37
3.4.3.2. Temizlik Sonrası Aktif Klorun Tayini	38
BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	40
4.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin ve CMC Model Sıvıların Reolojik, Fiziksel ve Optik Ölçümlerinin Sonuçları	40
4.1.1. Reolojik Ölçümler.....	40
4.1.1.1. Zamana Bağlı Değişim	40
4.1.1.2. Reolojik Parametreler	43
4.1.1.3. Sıcaklık Etkisi.....	45
4.1.2. Fiziksel Ölçümler	49
4.1.3. Optik Ölçümler	52
4.1.4. CMC Model Sıvıların Reolojik ve Fiziksel Ölçümleri	54
4.2. Biyodozimetrik Çalışmaların Mikrobiyolojik Sonuçları.....	57
4.2.1. Sıvı Yumurta Beyazı.....	61

4.2.2. Sıvı Yumurta Sarısı.....	61
4.2.3. Karışık Sıvı Yumurta	62
4.2.4. İstatistiksel Analizler.....	63
4.2.5. Sıvı Yumurta Ürünlerinin UV İnaktivasyon Kinetiği	66
4.2.6. UV Işığının Optik Özellikler Üzerindeki Etkisi	67
4.3. Sıvı Yumurta Beyazının Sürekli Akış UV Sistemde Dezenfeksiyonu.....	70
4.3.1. İnaktivasyon Çalışmasının Sonuçları.....	70
4.3.2. Temizlik Sonrası Aktif Klorun Tayini Sonuçları.....	76
BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
REFERANSLAR	79
EKLER	
EK 1. SIVI YUMURTA ÜRÜNLERİNİN REOLOJİK SONUÇLARININ STANDART SAPMA DEĞERLERİ.....	86
EK.2. <i>S.typhimurium</i> (CCM 5445) VE <i>E.coli</i> O157:H7 (ATCC 700728) İÇİN BİYODOZİMETRİK SONUÇLAR.....	97
EK.3. <i>E.coli</i> (NRRL B-253, ATCC 8739) İÇİN BİYODOZİMETRİK SONUÇLARIN İSTATİSTİKSEL TABLOLARI.....	100
EK.4. SIVI YUMURTA ÜRÜNLERİNİN RENK ÖLÇÜMÜ SONUÇLARI	102

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Page</u>
Şekil 2.1. Sıvı yumurta ürünlerinin üretim akış şeması	8
Şekil 2.2. UV radyasyon bölgesi grupları	10
Şekil 2.3. UV-C ışınının DNA çift sarmal yapısına etkisi	11
Şekil 3.1. (a) LV – 1 silindirik ölçüm sensörü (b) LV – 2C silindirik ölçüm sensörü.....	17
Şekil 3.2. Yukarı aşağı oran rampa testi.....	19
Şekil 3.3. Zaman hassasiyeti testi metodu	20
Şekil 3.4. Sıcaklık profilli yukarı aşağı oran rampa testi metodu	21
Şekil 3.5. Dynamic yield test method	21
Şekil 3.6. Kapalı paralel ışın demetli ultraviyole cihazı	26
Şekil 3.7. Paralel ışın demeti aparatı ile <i>E.coli</i> (NRRL B-253) nin UV dezenfeksiyonunun şematik görünümü	29
Şekil 3.8. Sürekli akış UV reaktör sistemi	32
Şekil 3.9. <i>E.coli</i> (NRRL B-253) için zamana bağlı mikrobiyal yük eğrisi	35
Şekil 3.10. <i>E.coli</i> (NRRL B-253) için optik yoğunluğa karşılık mikrobiyal yük eğrisi	35
Şekil 3.11. Optik yoğunluk çalışmasına göre inokulasyon miktarının belirlenmesi	36
Şekil 3.12. Sıvı beyaz yumurta için bekleme süresine karşılık tüm çevrim zamanı eğrisi.....	37
Şekil 4.1. 4 °C’ de sıvı yumurta ürünlerinin tiksotropisi	41
Şekil 4.2. 25 °C’ de sıvı yumurta ürünlerinin tiksotropisi	41
Şekil 4.3. Pastörizasyon sıcaklığında sıvı yumurta ürünlerinin tiksotropisi	42
Şekil 4.4. (a) 25 °C’ de sıvı beyaz yumurta ve sıvı karışık yumurtada zamana bağlı reolojik değişiklikler (b) 25 °C’ de yumurta sarısında zamana bağlı reolojik değişiklikler	43
Şekil 4.5. Viskozitenin kayma oranına (shear rate, s ⁻¹) bağlı sıcaklık hassasiyeti.....	46

Şekil 4.6.	Pastörize sıvı yumurta beyazı için (a) Kayma gerilimi (shear stress, SS)-kayma oranı (shear rate, SR) (b) viskozite-kayma oranı eğrileri (c) Herschel-Bulkley modeline göre Log SS-Log SR eğrisi (d) Power Law modeline göre Log SS-Log SR eğrisi	47
Şekil 4.7.	Pastörize sıvı karışık yumurta için (a) Kayma gerilimi (shear stress, SS)-kayma oranı (shear rate, SR) (b) viskozite-kayma oranı eğrileri (c) Power Law modeline göre Log SS-Log SR eğrisi (d) Herschel-Bulkey modeline göre Log SS-Log SR eğrisi	48
Şekil 4.8.	Pastörize sıvı yumurta sarısı için (a) Kayma gerilimi (shear stress, SS)-kayma oranı (shear rate, SR) (b) viskozite-kayma oranı eğrileri (c) Power Law modeline göre Log SS-Log SR eğrisi (d) Herschel Bulkey modeline göre Log SS-Log SR eğrisi	48
Şekil 4.9.	Farklı taze yumurta sıvısı örneklerinin sıcaklığa bağlı yoğunluk sonuçları	50
Şekil 4.10.	Farklı pastörize yumurta sıvısı örneklerinin sıcaklığa bağlı yoğunluk sonuçları	52
Şekil 4.11.	0.7 % CMC model sıvısının reolojik özellikleri	56
Şekil 4.12.	1.25 % CMC model sıvısının reolojik özellikleri	56
Şekil 4.13.	3.5 % CMC model sıvısının reolojik özellikleri	57
Şekil 4.14.	Sıvı yumurta beyazında UV-C ışınının farklı sıvı örneği derinliklerinde ve farklı UV intensite değerlerinde <i>E.coli</i> (NRRL B-253) üzerideki etkisi	58
Şekil 4.15.	Sıvı yumurta sarısında UV-C ışınının farklı sıvı örneği derinliklerinde ve farklı UV intensite değerlerinde <i>E.coli</i> (NRRL B-253) üzerideki etkisi	59
Şekil 4.16.	Karışık sıvı yumurtada UV-C ışınının farklı sıvı örneği derinliklerinde ve farklı UV intensite değerlerinde <i>E.coli</i> (NRRL B-253) üzerideki etkisi	60
Şekil 4.17.	<i>E.coli</i> (NRRL B-253) inaktivasyonun zamana bağlı değişimi ($I_0 = 1.314 \text{ mW/cm}^2$)	65

Şekil 4.18.	1nci sürekli akış UV reaktör denemesinde mikrobiyal inaktivasyon sonuçları (pH 7.0 ve akış oranı 1080 ml/min).....	71
Şekil 4.19.	1nci sürekli akış UV reaktör denemesi sonrası (a) Renk-turbidite ve (b) turbidite-sıcaklık etkisi (pH 7.0 ve akış oranı 1080 ml/min)	72
Şekil 4.20.	2nci sürekli akış UV reaktör denemesinde mikrobiyal inaktivasyon sonuçları (pH 9.0 ve akış oranı 1860 ml/min)	74
Şekil 4.21	2nci sürekli akış UV reaktör denemesi sonrası (a) Renk-turbidite ve (b) turbidite-sıcaklık etkisi (pH 9.0 ve akış oranı 1860 ml/min)	75
Şekil A.1.	Herchel Bulkey modeline göre taze sıvı yumurta beyazının reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 55.6 °C.....	87
Şekil A.2.	Newtonian modeline göre taze sıvı yumurta beyazının reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 55.6 °C.....	89
Şekil A.3.	Newtonian modeline göre taze sıvı yumurta sarısının reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 60 °C.....	91
Şekil A.4.	Herchel Bulkey modeline göre taze karışık sıvı yumurtanın reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 60 °C.....	93
Şekil A.5.	Newtonian modeline göre taze karışık sıvı yumurtanın reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 60 °C.....	96
Şekil A.6.	0.153 cm örnek derinliği ve 1.314 mW/cm ² UV intensite (I ₀) değerinde <i>S.typhimurium</i> 'un UV inaktivasyonunun etkisi.....	98
Şekil A.7.	0.153 cm örnek derinliği ve 1.314 mW/cm ² UV intensite (I ₀) değerinde <i>E.coli</i> O157:H7' nin (ATCC 700728) UV inaktivasyonunun etkisi.....	99

TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo</u>		<u>Page</u>
Tablo 2.1.	Sıvı Yumurta Ürünlerinin Bileşenleri.....	5
Tablo 2.2.	Sıvı Yumurta Ürünlerinin Termal Pastörizasyon Koşulları.....	9
Tablo 2.3.	Başlıca Mikroorganizmaların Yok edilmesi için Minimum UV Doz Değerleri	12
Tablo 3.1.	Sürekli Akış UV Reaktörün Özellikleri.....	31
Tablo 3.2.	Yumurta Beyazını Simüle Eden 0.7 % CMC Model Sıvısının Sürekli Akış UV Reaktördeki Akış Parametreleri	33
Tablo 3.3.	Sürekli Akış UV Reaktör Çalışmalarının Özeti.....	39
Tablo 4.1.	Taze Sıvı Yumurta Ürünlerinin Farklı Sıcaklıklarda Akış Parametreleri.....	44
Tablo 4.2.	Yield Stress at Selected Temperatures.....	44
Tablo 4.3.	Taze Sıvı Yumurta Ürünlerinin Akış Aktivasyon Enerjileri.....	46
Tablo 4.4.	Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik Ölçümlerinin Sonuçları	47
Tablo 4.5.	Taze Sıvı Yumurta Ürünlerinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Yoğunluk Sonuçları	50
Tablo 4.6.	Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Farklı Sıcaklıklarda pH Değerleri.....	51
Tablo 4.7.	Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Toplam Katı Madde İçerikleri.....	51
Tablo 4.8.	Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Yoğunluk Sonuçları	52
Tablo 4.9.	Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Absorbans Ölçümlerinin Sonuçları	53
Tablo 4.10.	Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Türbidite Ölçümlerinin Sonuçları	53
Tablo 4.11.	Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Renk Ölçümlerinin Sonuçları	54
Tablo 4.12.	CMC Model Sıvısının Reolojik Parametreleri.....	55

Tablo 4.13.	İstatistiksel Sonuçlar: Faktörlerin ve Faktör Etkileşimlerinin <i>E.coli</i> (NRRL B-253) için Log ₁₀ inaktivasyonu üzerindeki etkileri (N/N ₀)	65
Tablo 4.14.	Sıvı Yumurta Ürünlerinde <i>E.coli</i> (NRRL B-253) için UV İnaktivasyon Kinetiğinin Parametreleri.....	66
Tablo 4.15.	Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminden Önce ve Sonraki ΔE Değerlerinin İstatistiksel Analizi (I ₀ =1.314 mW/cm ²).....	68
Tablo 4.16.	Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminden Önce ve Sonraki Renk Parametrelerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi	69
Tablo 4.17.	Yumurta beyazında sürekli UV sistemden geçerken meydana gelen sıcaklık ve pH değişimi (pH 7, 1080 ml/dak, 5 devir)	70
Tablo 4.18.	Yumurta beyazında sürekli UV sistemden geçerken meydana gelen sıcaklık ve pH değişimi (pH 9, 1860 ml/dak, 5 devir)	73
Tablo A.1	Herchel Bulkey Modeli için Sıvı Yumurta Beyazının Standard Sapma Değerleri	86
Tablo A.2	Newtonian Modeli için Sıvı Yumurta Beyazının Standard Sapma Değerleri	88
Tablo A.3	Power Law Modeli için Sıvı Yumurta Sarısının Standard Sapma Değerleri	90
Tablo A.4.	Herchel Bulkey Modeli için Karışık Sıvı Yumurtanın Standard Sapma Değerleri	92
Tablo A.5.	Newtonian Modeli için Karışık Sıvı Yumurtanın Standard Sapma Değerleri	94
Tablo A.6.	Hedef Mikroorganizmalar için 0.153 cm Örnek Derinliğinde ve 1.314 mW/cm ² UV İntensite Değerinde İnaktivasyon Oranı Sabiti Değerleri (cm ² /mj).....	97
Tablo A.7.	Sıvı Yumurta Beyazı için <i>E.coli</i> 'nin (NRRL B-232) Biyodozimetric Çalışmasının İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	100
Tablo A.8.	Sıvı Yumurta Sarısı için <i>E.coli</i> 'nin (NRRL B-232) Biyodozimetric Çalışmasının İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	101

Tablo A.9. Karışık Sıvı Yumurta için <i>E.coli</i> 'nin (NRRL B-232) Biyodozimetrik Çalışmasının İstatistiksel Analiz Sonuçları	101
Tablo A.10. Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminde Önce ve Sonra Paralel Işın Demeti Cihazında Ölçülen Renk Parametrelerinin İstatistiksel Değerlendirmesi.....	102
Tablo A.11. Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminde Önce ve Sonra Paralel Işın Demeti Cihazında Ölçülen ΔE Değerlerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	103

SEMBOLLER LİSTESİ

USDA:	United States Drug Administration
UV-C:	Ultraviolet-C
CFU:	Koloni oluşum birimi
CMC:	Carboxymethylcellulose
R_c :	Kabın çapı (cm)
R_b :	Sensörün çapı (cm)
x :	Kayma oranının hesaplandığı yarıçap (cm)
M :	Cihaz tarafından gösterilen tork değeri (dyn / cm)
L :	Sensörün ölçüm uzunluğu (cm)
τ :	Kayma gerilimi (Pa)
τ_0 :	Yield stress (Pa)
γ :	Kayma oranı (s^{-1})
μ :	Newtonian viskozite (Pa.s)
K :	Consistency index ($Pa.s^n$)
n :	Akış davranışı indeksi
η_a :	Görünen viskozite (Pa.s)
η_0 :	Parameter considered as the viscosity at infinite temperature (Pa.s)
E_a :	Aktivasyon enerjisi (J/mol)
R :	Molar gas sabiti (J/mol K)
T :	Sıcaklık ($^{\circ}K$)
I_{avg} :	Ortalama UV intensite (ortalama etki oranı, mW/cm^2)
I_0 :	Bağıl intensite (mW/cm^2)
A_e :	santimetre başıan absorbans
L :	UV ışını etki uzunluğu (cm)
d :	UV doz (mJ/cm^2)
t :	Zaman (min)
I :	Radyasyon miktarı (mW / cm^2)
N :	UV işleminden sonra kalan mikrobiyal yük (CFU)
N_0 :	Başlangıç inokulasyon değeri (CFU)
k :	İnaktivasyon oranı sabiti (cm^2/mJ)
Re :	Reynolds Sayısı

Re _g :	Genelleştirilmiş Reynolds Number
D:	Boru çapı (m)
v:	Sıvının ortalama akış hızı (m/s)
ρ:	Sıvının yoğunluğu (kg/m ³)
TSA:	Tryptic Soy Agar
VRBA:	Violet Red Bile Agar
PCA:	Plate Count Agar
EMB:	Eosin Methylene Blue Agar
A:	Klor içeriği hesaplamada örnek için kullanılan titrant miktarı (ml)
N:	Sodium Thiosulfate normalitesi (Na ₂ S ₂ O ₃)
PL:	Power Law modeli
HB:	Herschel Bulkey modeli
S _{est} :	Hesaplanmış standart sapma
L*:	Parlaklık
a*:	Kırmızılık-yeşillik
b*:	Sarıklık-mavilik
df:	Dilasyon faktörü
DF:	Degrees of freedom
SS:	Sum of square
MS:	Mean of square

ÖZET

SIVI YUMURTA ÜRÜNLERİNİN ULTRAVİOLE (UV) IŞIK İLE DEZENFEKSİYONU

Çalışmanın amacı, UV-C ışınlarının sıvı yumurta ürünlerinde meydana getirdiği mikrobiyal azalmayı incelemektir. Çalışma boyunca sıvı yumurta ürünlerinin reolojik ve optik özellikleri gibi fiziksel özellikleri de incelenmiştir. Bunun yanısıra laboratuvar ölçekli bir UV cihazı kullanılarak elde edilen biyodozimetrik analizler baz alınarak pilot tipi UV cihazda denemeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar değerlendirilerek farklı yumurta ürünlerindeki *E. coli* ölüm kinetikleri de modellenmiştir.

Taze ve pastörize sıvı yumurta ürünlerinin reolojik, fiziksel ve optik karakterizasyon sonuçlarına göre, yumurta beyazı ve karışık yumurtanın, sıcaklığa bağlı kalmaksızın Newtonian akış özelliği sergilediği görülmüştür. Yumurta sarısının 4 °C ve 25 °C lerede pseudoplastik davranış gösterdiği, bununla birlikte pastörizasyon sıcaklığında reolojik davranışının zamana bağlı olarak tiksotropik yapı kazandığı bulgulanmıştır.

UV denemelerinde kullanılacak hedef mikroorganizma belirlenmiştir. Bunun için *E. coli* (ATCC 8739), *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728) and *S. typhimurium* (CCM 5445) gibi üç farklı mikroorganizma UV ışınlarına maruz bırakılmış ve UV-C ışınlarına en fazla direnç gösteren patojen olmayan *E. coli* (ATCC 8739) suşu çalışmalar için seçilmiştir. Bu suş kullanılarak laboratuvar tipi, paralel ışın demeti UV cihazı (collimated beam UV apparatus) ile yapılan biyodozimetrik çalışmalar sonucunda, en iyi logaritmik mikrobiyal azalmanın (> 2-log) sıvı derinliğinin 0.153 cm, UV dozun 98 mJ/cm² olarak ölçüldüğü koşullarda yumurta beyazında sağlandığı ortaya konmuştur. Aynı koşullarda yumurta sarısındaki maksimum inaktivasyon miktarı 0.675-log CFU/ml, bütün yumurtadaki maksimum inaktivasyon oranı da 0.316-log CFU/ml olarak bulunmuştur. Ayrıca patojen olmayan *E. coli* (ATCC 8739) suşunun sıvı yumurta ürünlerinde UV inaktivasyon kinetiğinin doğrusal olmayan bir davranış gösterdiği görülmüştür.

Pilot ölçekli, sürekli UV sistemi kullanılarak UV-C ışınlarının yumurta beyazındaki etkinliği incelenmiş ve maksimum 0.2 log CFU/ml azalma sağlanabilmiştir. Bu sistemde inaktivasyon etkisinin, biyodozimetrik denemelere göre çok daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda, kullanılan UV reaktörün tasarımında değişiklikler yapılması gerektiği ortaya konmuş ve gerekli öneriler getirilmiştir. Sonuç olarak UV-C ışınlarının tek başına

yumurta ürünlerinde yeterli mikrobiyal etkiye sahip olmadığı ancak pastörizasyondan önceki bir aşamada mikrobiyal yükü azaltmak için veya herhangi ısı olmayan başka bir metodla beraber kullanılması gerektiği ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: *E. coli*, UV inaktivasyon, sıvı yumurta ürünleri, ısısal olmayan işlem, yumurta ürünlerinin reolojik özellikleri

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sıvı yumurta ürünleri, dış kabuğundan tamamen ayrılmış, endüstriyel ve ev tipi kullanım amacıyla uygun şekillerde işlenmiş yumurta ürünleri olarak tanımlanmaktadır. Bu ürünler soğutulmuş, dondurulmuş ve kurutulmuş olarak sınıflandırılabilir. Kanatlı hayvanlar sınıfından genellikle tavuktan elde edilen sıvı yumurta ürünleri, içerdikleri yüksek miktarda protein miktarı ve düşük maliyetlerinin yanında hem tek başlarına hem de başka gıdaların içerisinde yapısal, lezzetsel ve dokusal değişiklikler kazandırması açısından değerli bir besin maddesidir (Samimi and Swartzel 1985, Punidadas and McKellar 1999).

Escherichia coli O157:H7 ve *Salmonella enteritidis* türü patojen bakterilerin neden oldukları yaygın hastalıklar, sıvı yumurta ürünleri için başlıca sağlık kaygısıdır (Lee ve arkadaşları 2001, Mañas ve arkadaşları 2003). Bunun sonucu olarak, bu gibi ürünler, sağlıklı koşullarda pastörizasyon işlemine tabi tutularak endüstride kullanılacak duruma getirilmelidir. Pastörizasyon, kullanıma hazır sıvı yumurta ürünlerinin işlenme aşamasında, patojen mikroorganizmaların yok edilmesi açısından büyük önem taşır. Sıvı yumurta ürünleri için bilinen en yaygın pastörizasyon metodu, belirli süre içerisinde ürüne direk ısı verilerek suretiyle mikroorganizmaların yok edilmesi prensibine dayanan ısısal pastörizasyon işlemidir (Muriana 1997). Birleşik Devletler Ziraat Departmanı (USDA) sıvı yumurta ürünleri için, protein yapılarında bozunmalara imkan vermeyecek seviyelerde zaman-sıcaklık koşulları belirlemiştir (geleneksel ısısal işlem). Sıvı yumurta sarısı için minimum sıcaklık ve etki zamanı gereksinimi 60 °C ve 6.2 dakikadır. Sıvı yumurta beyazı ve karışık yumurta için, minimum sıcaklık ve etki zamanı gereksinimleri ise 55.6 °C-6.2 dakika ve 60 °C-3.5 dakikadır (USDA-ARS, USA). Isıl işlem halen en rahat ve en kolay anlaşılabilir teknik gibi görünmesine rağmen yumurta ürünlerinin koagülasyon, köpüklenme ve emülsiyonlaşma özelliklerini etkilemesinin yanında, kalite ve fonksiyonel özelliklerini düşürme riski taşımaktadır. (hem teknolojik olarak, hem de besin değeri olarak) (Gongora-Nieto ve arkadaşları 2003, Hermawan ve arkadaşları 2004).

Ultrasonik dalga, yüksek elektrik alanı pulsları, yüksek hidrostatik basınç veya aseptik paketleme ile kombine haldeki ultrapastörizasyon gibi alternatif pastörizasyon metotları, ısısal işlemin etkilerini en aza indirmek ve sıvı yumurta ürünlerinin raf ömürlerini uzatmak

açısından geliştirilmektedirler (Ball ve arkadaşları 1987, Ma ve arkadaşları 1997, Ponce ve arkadaşları 1998, Wrigley and Llorca 1992). Bu metotların çoğu, koagülasyon ve denaturasyon etkisiyle sıvı yumurta ürünlerinin yapılarında gözle görünür değişikliklere yol açmaktadırlar. Dolayısı ile UV-C (radyasyon) ışınlama metodu, mikrobiyolojik olarak güvenli ve uzun raf ömürlü sıvı yumurta ürünlerini işleme açısından alternatif ısı olmayan bir pastörizasyon metodu olarak değerlendirilebilir (Bintsis ve arkadaşları 2000). UV-C radyasyon ısı işlemin, sıvı yumurta ürünleri üzerindeki zararlı etkilerini önlemenin yanında, diğer metotların yüksek proses ve ayırma maliyetlerinin de altında bir maliyetle işlem yapmaktadır (Garibaldi ve arkadaşları 2003). Bu işlemde mikroorganizmanın, UV-C ışığının hücre duvarlarından geçerek DNA'nın thymine yapısında dimerleşme oluşturmak suretiyle DNA transkripsiyon ve replikasyon işlemleri ile bölünmesi engellenir ve hücre ölümü hızlandırılır (Bank ve arkadaşları 1990, Bintsis 2000, Miller ve arkadaşları 1999).

UV-C ışınlama gıda endüstrisinde et ve sebze işleme aşamasındaki hava sanitasyonunda ve patojen mikroorganizmaların kırmızı et, kanatlı hayvan ve balık ürünlerinden temizlenmesi aşamasında kullanılmaktadır (Wong ve arkadaşları 1998, Liltved and Landfald 2000). *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* sporları gibi ısıya duyarlı maya ve küflerin UV-C pastörizasyonu da portakal suyu işleme aşamasında sıkça kullanılmaktadır (Tran ve Farid 2004). Buna ek olarak, UV-C radyasyon, süt ve meyve suyu gibi gıdaların da pastörizasyonunda, başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Koutchma ve arkadaşları 2004, Matak ve arkadaşları 2005).

Paralel ışın demetli sabit sistemli veya sürekli akış sistemli UV-C ışınlama işleminin, farklı mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon etkisi ile ilgili bir çok literatür araştırması mevcuttur (Lage ve arkadaşları 2003, Sommer ve arkadaşları 1998). Bu tarz çalışmaların bir çoğu, içme suyu ve atık su örneklerinin inaktivasyonu ile ilgilidir. Ancak elma suyu ve süt gibi sıvı gıdalarda da UV inaktivasyon çalışmaları mevcuttur. Örnek olarak, Lage *E.coli* karışımını 12 mJ/cm^2 dozundaki UV ışığına tabi tutmuş ve 3-log azalma sağlamıştır (Lage 2003). Bunun yanında Sommer 0.4 cm sıvı derinliğine sahip su örneklerine üç farklı *E.coli* türü inokule etmiş (ATCC 25922, ATCC 11229 ve kanalizasyon suyundan izole edilen bir tür) ve $10\text{-}50 \text{ mJ/cm}^2$ UV doz uygulamak suretiyle maksimum 6-log azalma elde etmiştir (Sommer 1998). Wright ve arkadaşları tarafından uygulanan $9.4 \text{ to } 61.5 \text{ mJ/cm}^2$ arasında değişen UV doz miktarları ile parçacıklı elma suyu içerisindeki *E.coli* O157:H7 türünü sürekli akış sistemli UV reaktörde 3.81 log CFU/ml azaltmayı başarmıştır (Wright ve arkadaşları 2000). Sütteki *L. monocytogenes* bakterisinin 5-log azaltılması, süt örneklerinin 15.8 ± 1.6

mJ/cm² lik bir UV dozda sürekli akış sistemli UV reaktörde mümkün olmuştur (Matak ve arkadaşları 2005)

Sıvı yumurta ürünlerinin sürekli akış sistemli UV inaktivasyon uygulaması diğerlerine nazaran henüz başlangıç seviyesindedir. Bu tez çalışmasının amacı, ısı olmayan bir işlem olan UV-C ışınlama metodunun, sıvı yumurta ürünleri üzerindeki etkinliğini incelemektir. Bu çalışma, 4 temel kısımda yürütülmüştür:

- UV-C inaktivasyonun etkinliği için taze ve pastörize edilmiş sıvı yumurtada önemli parametreler olan pH, absorbans, türbidite ve renk parametreleri gibi fiziksel özellikler ile sürekli sistem için gerekli olan reolojik özelliklerin belirlenmesi
- Taze ve pastörize yumurta ürünlerinin reolojik özelliklerini simüle edebilecek model sıvılar geliştirilmesi ve bu sıvıların UV-C sürekli akış çalışmalarında, uygun akış hızının belirlenmesi aşamasında kullanılması.
- Statik sistem UV-C çalışmalarının, hedef mikroorganizma olan UV dirençli *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) üzerinde denenmesi (Biyodozimetrik çalışma)
- Sürekli akış sistemli UV reactor kullanılmak suretiyle sıvı yumurta beyazının ısı olmayan pastörizasyon işlemine tabi tutulması.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. Sıvı Yumurta Ürünleri

2.1.1. Yapısı ve Kimyasal Özellikleri

Tavuk yumurtası, 3 ana kısımdan oluşmaktadır: kalsiyum karbonat bileşenli yumurta kabuğu, sert yapısıyla yumurtayı çevreler ve onu mikrobiyal aktivitelerden, ve toplama-taşınma işlemi esnasında dış etkilere korur. Kabuğun rengi, yumurtanın oluşumu ile belirlenir. Yumurta kabuğunun rengi kahverengi den parlak beyaza doğru değişebilen bir özelliğe sahiptir. Bunun yanında yumurta kabuğunun rengi kalite, yumurtanın lezzeti ve besin değerine herhangi bir etkide bulunmaz (USDA Egg-Grading Manual, 2000).

Yumurta beyazı, tüm yumurta ağırlığının 67% sini oluşturur. Niasin, riboflavin, lizozim, magnezyum, potasyum, sodyum ve sulfur içeren yumurta beyazı, beyaz renkten daha opaktır. Karbondioksit, beyazın yapısını biraz daha bulanık yapar. Bunun yanında, karbondioksit, zamanı geçmiş yumurtalarda kaybolarak, yumurta beyazının daha transparan bir görüntü kazanmasını sağlar. Kuvvetli karıştırıldığında, hacmen 8-10 kat büyük bir oranda köpürme özelliği gösterir (Foregeding ve arkadaşları 2006).

Yumurta sarısı, tüm yumurtanın üçte birlik bir bölümünü (33 % hacmen) kaplayan, sarı renge sahip ve bütün yumurtadaki kalorinin dörtte üçünü, vitaminlerin minerallerin çoğunu ve yağ muhtevasının tümünü içeren kısımdır (yüksek besin özellikleri içerir). Sarı yumurta proteini olan lesitin, hollandaise sosunun ve mayonezin emülsiyede edilmesinde kullanılmaktadır (Telis-Romero ve arkadaşları 2006). Yumurta sarısı, beyazına göre katı madde içeriği yüksek olduğundan daha az akışkan bir özelliğe sahiptir. Bu sebepten sarı yumurtanın katılaşması (koagülasyon) 65 °C – 70 °C lik bir sıcaklık diliminde gerçekleşmektedir. Yumurta sarısının renk özelliklerinin, yumurtlamadan kaynaklanan birtakım farklılıklarla değişebilmesine rağmen, besin değerine bir etkisi olduğu görülmemiştir. Yumurta sarısı aynı zamanda temel elementler olan demir, fosfor, sulfur, bakır, potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum, klor ve manganezi içerir (USDA, Egg-

Grading Manual, 2000). Sıvı yumurta ürünlerinin temel bileşenleri ve ağırlıkça yüzdeleri Tablo 2.1 de listelenmiştir.

Tablo 2.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Bileşenleri
(Kaynak: Lee 2002)

	Bileşen	Karışık Yumurta	Yumurta Sarısı	Yumurta Beyazı
Proksimat (g/100g)	Su	75.33	48.81	87.81
	Protein	12.49	16.76	10.52
	Toplam Yağ	10.02	30.87	0.00
	Karbohidrat	1.22	1.78	1.03
	Kül	0.94	1.77	0.64
Mineraller (mg/100g)	Kalsiyum	49.00	137.00	6.00
	Demir	1.44	3.53	0.030
	Magnezyum	10.00	9.00	11.00
	Fosfor	178.00	488.00	13.00
	Potasyum	121.00	94.00	143.00
	Sodyum	126.00	43.00	164.00
	Çinko	1.10	3.11	0.01
Vitaminler (mg/100g)	Askorbik Asit	0.00	0.00	0.00
	Tiamin	0.06	0.17	0.01
	Riboflavin	0.51	0.64	0.45
	Nikotinik Asid	0.07	0.02	0.10
	Pantotenik Asid	1.23	3.81	0.12
	Piridoksal	0.14	0.39	0.00

2.1.2. Fiziksel Özellikleri

Sıvı yumurta ürünlerinin işleme özellikleri, uygun proses ekipmanlarının dizayn edilmesinin yanında ürünün geliştirilmesi, kalite kriterlerinin belirlenmesi ve duyusal analizlerin belirlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır (Punidades 1999, Rao ve arkadaşları 1999). Bu özellikler reolojik, fiziksel ve optik özellikler olarak ayrılabilir.

Reolojik analizlerde, ürünün vizkozitesi, endistriyel anlamda değişik işleme aşamalarında (toplama aşaması, pastörizasyon, ve bir niteden diğerine taşıma aşamaları) Newtonian davranıştan zamana bağlı Newtonian olmayan akış davranışına kadar sıvı yumurta

ürününün akış davranışını belirler. Bunun yanında yoğunluk ve toplam katı madde içeriği gibi fiziksel özellikler, akış rejimi özelliklerinin ve sıvı yumurta ürünlerinin bileşenlerinin anlaşılması açısından önem teşkil ederler. Sıvı yumurta ürünlerinin pastörizasyon işleminden önceki ve sonraki duyuşal özellik değişiklikleri de türbidite, absorbans renk standartlarının belirlenmesi ile mümkün olabilir. Bu sebepten sıvı yumurta ürünlerinin reolojik ve fiziksel özelliklerinin geniş bir sıcaklık aralığında anlaşılabilmesi, yumurta işleme prosesleri için yeni uygulamaların geliştirilmesi açısından önemlidir.

Sıvı yumurta ürünlerinin, sıcaklık yoğunluk ve toplam katı madde gibi birtakım faktörlere bağlı reolojik ve fiziksel özellikleri ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur (Kaufman ve arkadaşları 1968, Hamid Samimi 1984, Hamid Samimi 1985, Ibarz and Sintes 1989, Ibarz 1993, Punidadas 1999, Telis-Romero 2006).

Örnek olarak, Hamid Samimi ve arkadaşları ile Hamid-Samimi ve Swartzel, karışık yumurtanın reolojik özellikleri ile ilgili çalışmalar yapmışlardır (Hamid Samimi ve arkadaşları 1984, Hamid-Samimi ve Swartzel 1985). Çalışmaları sonucunda karışık yumurtanın 60 °C üzerindeki sıcaklıklarda psüdoplastik bir davranış gösterdiğini, bununla birlikte 60 °C nin altındaki sıcaklıklarda ise Newtonian davranış gösterdiğini görmüşlerdir. Punidadas ve arkadaşları, sıvı yumurta ürünlerinin pastörizasyon sıcaklıklarındaki reolojik özelliklerini ve yoğunluklarını incelemiştir (Punidadas ve arkadaşları 1999). Çalışmalarının ışığında tüm yumurta ürünlerinin psüdoplastik bir yapıda oldukları anlaşılmıştır Telis-Romero 4-60 °C arasında yumurta sarısının reolojik özellikleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır (Telis-Romero 2006). Bulgularına göre yumurta sarısının yapısı psüdoplastiktir ve sıcaklığa bağımlı bir şekilde değişmektedir. Bu çalışmalar göstermiştir ki (tuzlanmış olanları dışında) sıvı yumurta ürünleri Power-Law modeli kullanılmak suretiyle psidoplastiktir. Akış indeksi n ve kıvamlılık faktörü K değerleri ise katı madde içeriğine ve sıcaklığa bağlı olarak belirlenmektedir.

2.1.3. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Üretimi

Geleneksel olarak üretilen ve tüketiciye sunulan kabuklu yumurtaların yerine, işlenmiş sıvı yumurta ürünlerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Örnek vermek gerekirse, 2001 yılında ABD’de tüm yumurta ürünlerinin yüzde 30 luk kısmı işlenmiş üründür (Anonymous). İşlenmiş sıvı yumurta ürünlerinin kolay elde edilmesi ve tüketiciye kolay ulaştırılması

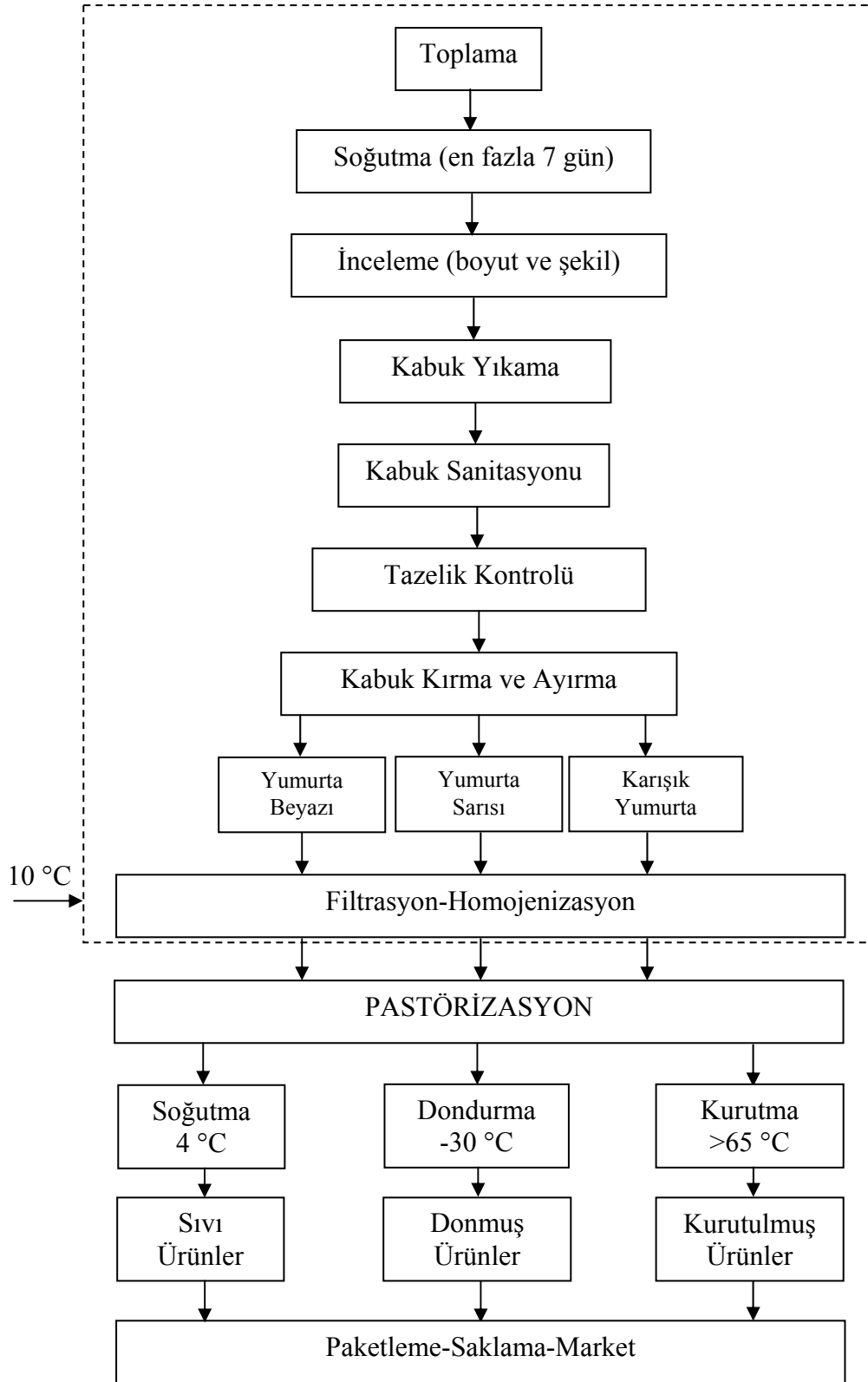
sebebiyle yumurta işleme prosesi, uzun raf ömrüne sahip yumurta ürünleri sunma ve gıda güvenliği açısından önem teşkil eder. Yumurta ürünlerinin tüketime hazır hale gelene kadar olan üretim aşamaları birkaç adımda incelenebilir:

İşlenmeden evvel, kabuklu yumurtalar, yedi günden fazla olmamak koşuluyla soğutulmuş şekilde bekletilirler (USDA, 2000). Üretim aşamasında kabuklu yumurtalar toplandıktan sonra boyutlarına ve şekillerine göre sınıflandırılırlar. Sonra kabuklar yıkanıp dışkılarından ve katı paçacıklardan temizlenir. Kabuklar daha sonra sanitasyon işlemine tabi tutulur. Kusurlu yumurtaları tespit etmek ve ayırmak amacıyla quartz halojen ışıktan faydalanılır (USDA, 2000).

Kabuklar kırıldıktan sonra yumurta sıvısı birbirinden ayrılır ve yumurta beyazı, yumurta sarısı ve karışık yumurta olmak üzere üç ana üniteye işlenmeye başlanır. Bütün yumurta ve ayrılmış yumurtalar uygun koşullarda karıştırılır ve istenmeyen membranlarından ve kabuk parçalarından ayrılabilmesi amacıyla homojenizasyona tabi tutulurlar. Yumurta ürünleri daha sonra mikroorganizmaların inaktivasyonu için pastörizasyon ünitesine gönderilir. Uygun pastörizasyonun sağlanabilmesi için ürünün cinsine göre değişik sıcaklık-zaman değer aralığında işlem yapılır. Pastörize edilmiş tüm sıvı yumurta ürünleri gram başına 1000 mikroorganizmadan daha az bir popülasyon içeriğine sahip olmalıdır. Bununla birlikte *Salmonella*'dan tamamen arındırılmış ürünler satışa sunulabilirler (USDA, 2000). Pastörize edilmiş sıvı yumurta ürünleri son olarak tüketicinin tercihine göre soğutulur, kurutulur dondurulur veya tuzlanır ve bu şekliyle paketlemeye gönderilir. Sıvı yumurta ürünlerinin üretim aşamaları Şekil 2.1. de ayrıntılarıyla gösterilmektedir.

Hazır sıvı yumurta ürünlerinin mikroorganizmalardan ve istenmeyen enzimlerden tamamen arındırılarak, insan sağlığını tehdit etmeyecek biçimde uzun bir raf ömrüne sahip olmalarında, pastörizasyon aşamasının önemi büyüktür. (Muriana 1997, Gut ve arkadaşları 2005, Daugrthy ve arkadaşları 2005). İnsanlarda sıvı yumurta ürünlerinden bulaşabilen, yaygın hastalıklara ve sindirim bozukluklarına yol açabilecek başlıca mikroorganizmalar *Salmonella enteridis*, *Salmonella seftenberg*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli*' dir (Ferreira ve arkadaşları 1998, Lee ve arkadaşları 2001, Ngadi ve arkadaşları 2003, Manãs 2003).

Sıvı yumurta ürünleri için bilinen en yaygın pastörizasyon metodu, mikroorganizmaların ürünün kalitesini ve karakterizasyonunu olumsuz yönde etkilemeyecek bir sıcaklık-zaman aralığında mikroorganizmaların yok edilmesini esas alan ısıl işlemdir. Bu teknikte ısı direk olarak sıvı yumurta ürününe, plaka tipi bir ısı değiştirici ile ürünün



Şekil 2.1. Sıvı yumurta ürünlerinin üretim akış şeması

(Kaynak: USDA 2000, Lee 2002).

özelliğine göre belli zaman aralıklarıyla aktarılır. Bununla birlikte ısıtılma işleminin, sıvı yumurta ürünlerinin lipoprotein yapısına verebileceği minimum zararın boyutlarının anlaşılabilmesi açısından, proses parametrelerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. (Gut 2005).

Isıtılma işleminin, sıvı yumurta ürünlerinin besin kalitelerini ve fonksiyonel özelliklerini kolayca etkileyebilme riski taşımasından ötürü, yüksek sıcaklık değerlerinin yoğun protein yapısında oluşturacağı denaturasyonun ortadan kaldırılması gerekmektedir (Gongora-Nieto ve arkadaşları 2003, Hermawan ve arkadaşları 2004). Sıvı yumurta ürünlerinin ısıtılma işlemle pastörizasyonunda iki temel parametre önem teşkil eder: pastörizasyon sıcaklığı ve akış tipine bağlı olarak etki zamanı (laminar veya türbülent) (Pottier et al, 2006, Schuerger ve arkadaşları 2005). USDA, sıvı yumurta pastörizasyonunun (geleneksel işleme prosesi olarak) yumurta proteinlerinde denatürasyona neden olmadığı kritik zaman-sıcaklık ilişkisinde gerçekleştirilmesini belirtmektedir (Anonymous).

Sıvı yumurta ürünlerinin ısıtılma işlemle pastörizasyonunda kaliteyi ve karakterizasyonu etkilemeksizin, gereken minimum sıcaklık-zaman Tablo 2.2. de verilmiştir. Isıtılma işlem haricinde, sıvı yumurta ürünleri için ultrasonik dalga (Wrigley and Llorca 1992), yüksek elektrik alanı pulsları (Ma ve arkadaşları 1997), yüksek hidrostatik basınç (Ponce ve arkadaşları 1998) ve aseptik paketlenme ile kombine edilmiş ultrapastörizasyon (Ball 1987) gibi çeşitli pastörizasyon metodları geliştirilmektedir. Ayrıca hidrojen peroksit gibi kimyasalların sıvı yumurta ürünlerine eklenmesiyle gerçekleştirilen inaktivasyon yöntemi de kullanılan bir sanitasyon metodudur (Muriana 1997).

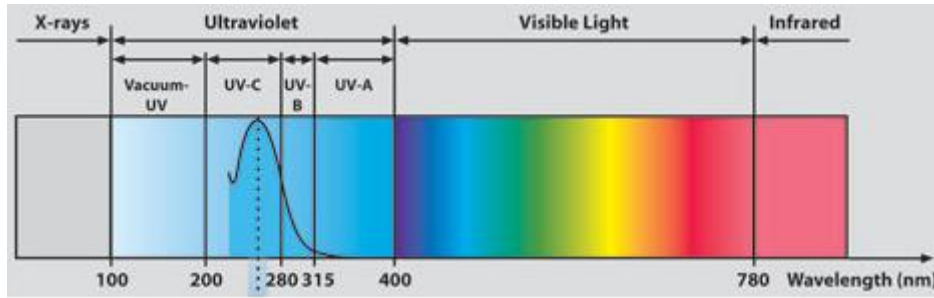
Tablo 2.2. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Termal Pastörizasyon Koşulları

(Kaynak: USDA-ARS, USA)

Sıvı Yumurta Ürünü	Minimum Koşullar	
	Sıcaklık (°C)	Zaman (dak.)
Yumurta Beyazı (Katkısız)	55.6	3.10
Karışık Yumurta (Katkısız)	60.0	3.50
Yumurta Sarısı (Katkısız)	60.0	3.10
Karışık Yumurta (2 % katkı)	60.0	3.10
Tuzlanmış Karışık Yumurta (>2 % tuz)	62.2	3.10
Şekerli Karışık Yumurta (2-12 % şeker)	60.0	3.10
Tuzlanmış Yumurta Sarısı (2-12 % tuz)	62.2	3.10
Şekerli Yumurta Sarısı (2-12 % şeker)	62.2	3.10

2.2. Sıvı Gıdaların Ultraviyole Işık ile Dezenfeksiyonu

Ultraviyole ışık (UV), insan gözünün görülebilir olarak nitelendirdiği ışık eşiğinin altında kalan spektrum olarak tanımlanabilir. (Sosnin ve arkadaşları 2006, Shama 2007). UV ışığı, dört temel spectral alana ayrılır: Vakuum UV (100 ila 200 nanometre aralığında), UV-C (200-280 nanometre aralığında), UV-B (280-315 nanometre aralığında), ve UV-A (315-400 nanometre aralığında). Mikrobiyal oluşumlar için öldürücü etkiye sahip 200-300 nanometre elektromanyetik spektrum aralığındaki UV ışığı, UV-C olarak tanımlanmaktadır (Shama 2007). UV-C spektrumu, 200-280 nanometre aralığındaki dalga boylarında, mikroorganizmalar için en öldürücü etkiye sahiptir. Şekil 2.2 de gösterildiği gibi 253-264 nanometre dalga boyu aralığındaki tepe noktası, öldürücü spektrum olarak adlandırılır.

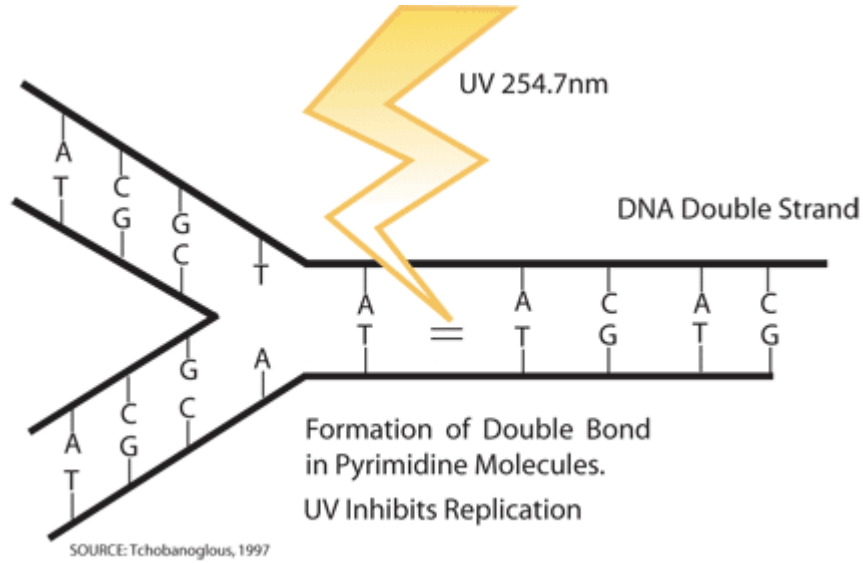


Şekil 2.2. UV radyasyon bölgesi grupları

(Kaynak: WEB_1 2003).

UV dezenfeksiyonu, meyve suyu, parçacıklı meyve suları ve süt gibi akışkan gıda maddelerindeki mikroorganizma yükünü yok etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu metod, gıda maddelerinin organoleptik ve besinsel değerlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaksızın ısılmayan dezenfeksiyon olarak da tanımlanabilir (Bintsis ve arkadaşları 2000). Öldürücü UV-C ışığının absorbe edilmesi ile, hücre yapısı içerisindeki nükleik asitler üzerinde foto-kimyasal bir zarar meydana gelmektedir. Yaşayan birçok organizmada DNA, bir adenine ve bir thymine molekülünün bir hidrojen bağıyla ve bir guanine ile bir sitozin molekülünün başka bir hidrojen bağıyla her iki tarafta bağlandığı çift sarmal yapıdadır. (Bank 1990, Moan 1998, Miller 1999, Bintsis 2000, Tornaletti 2005, Cadet ve arkadaşları 2005). Purine ve pirimidin kombinasyonları da baz ikilileri olarak adlandırılmaktadır. Öldürücü dalga boyuna sahip UV ışığı pirimidin bazları tarafından absorbe edildikten sonra aradaki hidrojen bağı kopar (Cieminis ve arkadaşları 1987, Tornaletti 2005). UV-C ışın demetinin oluşturduğu yüksek enerjinin de etkisiyle, aynı taraftaki komşu bazlar arasında yeni bağlar oluşmaya başlar. Bu durum, şekil 2.3 te görülen çiftli molekülleri ve dimerleri oluşturmaya başlar.

(Tornaletti 2005). Komşu pirimidinlerin dimerizasyonu, bilinen en ciddi fotokimyasal zarardır. Bununla birlikte sitozin-sitozin, sitozin-thymine veya urasil dimerizasyonları da belirlenebilir. Bu sayede, hücre bölünmesi işlemi, DNA ve RNA da bu tip dimerlerin sayısının artmasıyla birlikte durma noktasına gelir ve hücre ölümü gerçekleşir (Tornaletti 2005).



Şekil 2.3. UV-C ışınının DNA çift sarmal yapısına etkisi

(Kaynak: WEB_2 2003)

Hücrenin zarar görme seviyesi, mikroorganizmatarafından absorbe edilen UV enerjisinin doz değerine ve UV ye olan direncine bağlıdır. Birçok bakteri ve virus türünü yoketmek için gerekli minimum UV doz seviyesi düşüktür. UV doz, UV intensite ile etki zamanının çarpılması sonucu elde edilir ve mJ/cm^2 ya da (mWs/cm^2) olarak birimlendirilir. Mikroorganizmaların 99.9% unu inactive edecek minimum UV doz değerleri Tablo 2.3. de verilmiştir. Ultraviole radyasyon metodu, 29 Kasım 2000 tarihinden bu yana Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) onayıyla, meyve sularında pastörizasyon/dezenfeksiyon amacıyla kullanılmaktadır. UV dezenfeksiyon, temel olarak su ve hava saflaştırma işleminde, gıdaların ve malt ürünlerin işlenmesi esnasında ortaya çıkan atık suların dezenfeksiyonunda (Blume ve Neis 2004, Chmiel ve arkadaşları 2002, Green ve arkadaşları 1995, Hassen ve arkadaşları

2000), içme suyu prosesinde (Peldszus ve arkadaşları, 2003, Lehtola ve arkadaşları, 2004), süt ve meyve suyu üretiminde (Koutchma 2004, Matak 2005) kullanılmaktadır.

Tablo 2.3. Başlıca Mikroorganizmaların Yok edilmesi için Minimum UV Doz Değerleri
(Source: WEB_3 2006)

Organizma	UV Doz Enerjisi (mW sec / cm²)
<i>Salmonella enteritidis</i>	7.6
<i>Bacillus subtilis</i>	11
<i>Bacillus subtilis</i> spores	22
<i>Escherichia coli</i>	6.6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10.5
<i>S. typhimurium</i>	15.2
<i>Shigella paradysenteriae</i>	3.2
<i>Staphylococcus aureus</i>	6.6
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13.2
Baker's yeast	6.6
Brewer's yeast	8.8
<i>Aspergillus niger</i>	330
Influenza	6.6
<i>Paramecium</i>	200
<i>Penicillium expansum</i>	22

UV dezenfeksiyon işleminin, toplam işlem maliyetinin düşük olması, zararlı kimyasallar içermeyen ve güvenli kullanımı ile çevre dostu bir proses olması gibi birtakım avantajları vardır. UV sistemler, özellikle gıda ve su dezenfeksiyonu için, tüm dünyada kabul görmüş dezenfeksiyon prosesleridir. Özel güvenlik sistemleriyle otomatik olarak işlem olanaklarının yanında, yeniden kurulum ve bakımdaki kolaylıklarından ötürü daha sık tercih edilmektedirler (Tchobanoglous ve arkadaşları 1996, Lazarova ve arkadaşları 1998, Elyasi ve Taghipour 2006). UV işleminin genel avantajları, şu şekilde özetlenebilir:

- UV sistemler çevre dostu ve taşınan-saklanan hiçbir zararlı kimyasala ihtiyaç duymayan sistemlerdir.
- Düşük kurulum maliyeti ve ısı dezenfeksiyon veya ultrasonic inaktivasyon sistemleri gibi benzerlerinin yanında düşük proses maliyeti, UV sistemin karakteristik özelliklerindedir. Kurulumu kolaydır (Lazarova ve arkadaşları 1998).

- Gıda maddesinin özelliklerine göre, inaktivasyon prosesi herhangi bir tank bekletmesine veya uzun aktarma zamanına gereksinim duymadan çabucak gerçekleştirilebilir (Oppenheimer ve arkadaşları 1993, Masschelein ve arkadaşları 1989).
- Düşük enerji gereksinimi ve küçük bir proses maliyetiyle büyük ölçekli gıda maddesini dezenfekte edebilmesi özelliğiyle, UV operasyonu çok ekonomiktir (Green ve arkadaşları 1995).
- Islı işleme kıyasla tat, koku pH, iletkenlik gibi özelliklerinde farklılıklar yaratmaz.
- Gıda maddelerindeki mikrobiyal yükün tamamının inaktive edilmesinin gerektiği durumlarda UV sistemler, diğer dezenfeksiyon yöntemleriyle kombine bir şekilde kullanılabilirler (Blume and Neis 2004, Koivunen and Heinonen-Tanski 2005).

UV dezenfeksiyon metodunun, gıda maddelerinin biyokimyasal yapısında herhangi bir değişiklik yaratmadığı, yüksek işleme ve ayırma maliyetlerini de düşürdüğü açıklanmıştır (Garibaldi ve arkadaşları 2003). Etkin bir UV dezenfeksiyon işleminin, gıda maddesi içerisindeki hedef mikroorganizmayı inaktive ettiği kanıtlanmıştır (Lazarova 1998). Ancak iyi bir UV sistemin dezenfektör veya pastörizatör olarak dizaynıda ve işleme prensiplerini etkileyecek çeşitli parametreler mevcuttur (Harris ve arkadaşları 1987, Qualls ve arkadaşları 1985, Parker ve Darby 1995). UV dezenfeksiyonun etkinliğini etkileyecek bu başlıca faktörler şu şekilde sıralanabilirler:

- İnaktivasyon işleminde kullanılan lambanın tipi (düşük basınçlı veya orta/yüksek basınçlı civalı lambalar) (Harris ve arkadaşları 1987, Hassen 2000) .
- Lambanın boyutları (Hassen ve arkadaşları 2000).
- Dezenfekte edilmesi istenen gıda maddesinin fiziksel kimyasal ve optic özellikleri (yoğunluk, viskozite, turbidite, absorbans sabiti) (Parker ve Darby 1995).
- UV lambalarına temas eden akışkan gıda maddesinin akış hızı (Hassen ve arkadaşları 2000).
- UV dezenfeksiyon reaktörün geometric dizaynı.
- İnaktive edilmesi istenen gıda maddesinin kimyasal kompozisyonu ve inaktivasyon şartları (sıcaklık, basınç, vb.).

Literatürde UV ışığın etkinliğini, hem paralel ışın demetli statik UV aparatlarında, hem de sürekli akış UV reaktörlerinde ayrı ayrı inceleyen çalışmalar mevcuttur (Sommer 1998, Lage 2003). Bununla birlikte literatürde UV biodozimetrik ve UV inaktivasyon

çalışmaları mevcuttur. Koutchma, parçacıklı elma suyundaki *E.coli* bakterisinin inaktivasyonu için laminar, turbulent ve ince film akış davranışında üç farklı akış tipini düşey bir UV reaktörde karşılaştırmıştır (Koutchma 2006). Triassi ve arkadaşları pediatrik ve kardial ameliyat ünitelerinden, hastanenin su kaynaklarından ve medikal cihazlardan izole edilip toplanan 30 *Legionella* türünün UV dezenfeksiyonu ile Legionnaires' hastalığını önleme üzerine çalışmalar yapmışlardır (Triassi ve arkadaşları 2005). Templeton ve arkadaşları UV ışığına karşı iki viral oluşumun (MS2 kolifaj and bakteriyofaj T4) üç farklı malzeme üzerinde (kaolin kili, hümik asit tozu ve active edilmiş tortul), iki koagülantla (alum ve demir klorür), iki filtrasyon koşulunda (none and 0.45 mm), ve iki farklı UV dozda (MS2 kolifaj için 40 ve 80 mJ/cm², ve bakteriyofaj T47 için 7 mJ/cm²) 254 nm dalga boyunda paralel ışın demetli UV aparatı ile inaktivasyonu üzerinde çalışmışlardır (Templeton ve arkadaşları 2005). Parçacık çapı ve UV absorbent organik oluşum, bu işlemin kritik parametreleri olmuştur.

Schuerger, sporlu *Bacillus* türlerinin uzay araçlarının yüzeylerinde oluşturdukları biyofilm tabakasının kalkışlarından önce inaktive edilmesi amacıyla UV simülasyonları geliştirmişlerdir (Schuerger 2005). Logan ve arkadaşları cam ve kuvarz üzerinde aktif metal oksitler gibi fotokatalitik materyallerin yok edilmesi için UV çalışmaları yapmıştır (Logan ve arkadaşları 2004). Fauquet ve arkadaşları, kaynağı bilimeyen donörlerden yapılan kan bağışları ile ortaya çıkabilecek, istenmeyen virütik kan rahatsızlıklarını engellemek amacıyla kan içerisindeki virus oluşumlarını inaktive etmek için UV ışığından faydalanmaya çalışmıştır (Fauquet ve arkadaşları 2004).

Koutchma, parçacıklı elma suyu gibi iki fazlı sıvı gıdalarda partikül fazlarının akış dağılımlarını ve partiküllerin etkilenme zamanlarını belirlemek için Dağınık Faz modeline UV intensite dağılım modelini geliştirmeye çalışmış, bunu da ince-film UV reaktörde 256.7 nm dalga boyunda ve 60 mW.s/cm² UV dozu altında simüle etmiştir (Koutchma 2004).

Unluturk ve arkadaşları *Escherichia coli* K-12 bakterisini yok etmek amacıyla, taze parçacıklı elma suyu ve elma suyundaki UV ışık etkisini model sıvıların da yardımıyla, laminar ve türbülent akış hızlarında ve UV absorbans faktörünü kullanarak çalışmışlardır (Unluturk ve arkadaşları 2004). Sürekli akış ince-film laminar ve turbulent akış UV reaktörler kullanılmıştır. Ngadi ve arkadaşları pH, sıvı derinliği ve UV dozun, *E.coli* O157:H7 üzerinde yumurta beyazı ve elma suyu için UV dezenfeksiyon işlemindeki etkilerini incelemişlerdir (Ngadi ve arkadaşları 2003). Peldszus ve arkadaşları, orta basınçlı UV lambalarıyla içme suyundaki bromatı ortadan kaldırmak için 718 mJ/cm² dozda UV ışığı ile çalışmışlardır (Peldszus ve arkadaşları 2003). 19% bromat indirgeme sağlanmıştır. Chmiel, gıda ve malt

içki sanayinde, yüksek oranda kontamine olmuş atık suların dezenfeksiyonu için membran biyoreaktör, UV ön dezenfektör ve UV denzefeksiyon aparatından oluşan bir kombinasyon kullanmıştır. (Chmiel 2002). Wright, parçacıklı elma suyundaki *E.coli* O157:H7 inaktivasyonu için, sürekli akış UV reaktörde, 9.4-61 mW.s/cm² UV dozu aralığında çalışmış ve yaklaşık 3.81 log CFU/ml azalma sağlamıştır (Wright 2000). Lage ve arkadaşları *E.coli* süspansiyonunu 12 mJ/cm² dozunda UV ışığına maruz bırakmış ve 3-log azalma sağlamıştır (Lage ve arkadaşları 2003). Matak, keçi sütündeki *L. monocytogenes* bakterisini sürekli akış UV reaktörde 15.8±1.6 mJ/cm² lik bir UV dozuna maruz bırakmış ve 5-log azalma elde etmiştir (Matak 2005).

Giese, üç farklı koliform bakteriyi (*Citrobacter diversus*, *Citrobacter freundii* ve *Klebsiella pneumoniae*) üç farklı UV dalga boyunda (254, 280 ve 301 nm) paralel ışın demetli UV aparatı ve orta basınçlı UV lamba kullanarak, 29-575 saniye aralığında 2.3-39 mW s/cm² doz seviyesinde inaktive işlemine tabi tutmuş ve 3-log azalma sağlamıştır (Giese 2000). Liltved balıkları için iki patojenik bakteri olan *Aeromonas salmonicida* ve *Vibro anguillarum* bakterilerinin, fotoreaktif ve fotoinaktif seviyeleri arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacı ile, güneş ışığı ve yapay UV ışığı altında, kendi doğal nehir sularında, paralel ışın demetli UV aparatı kullanmak suretiyle, 254 nm dalgaboyunda 2-3 mWs/cm² UV doza tabi tutulmuştur (Liltved 2000).

Bolton bir UV reaktörde, reaktörün merkezine yerleştirilmiş monokromatik düşük basınçlı UV lamba ve orta basınçlı bir UV lamba kullanarak geçirgenlik oranının dağılımını ve ortalama geçirgenlik oranını hesaplamıştır (Bolton 2000). Yaun ve arkadaşları, *Salmonella* ve *E.coli* O157:H7 karışımlarından oluşan bir kokteyli agar yüzeyinin üzerinden, 1 m uzunluğundaki UV reaktörde, 253.7 nm dalga boyunda ve 100 mW s/cm² doz altında inaktive etmeye çalışmışlar ve >8.4 mW/cm² ila >14.5 mW/cm² doz aralığında 5-log azalma sağlamışlardır (Yaun ve arkadaşları 1999). Wong ve arkadaşları, Tryptic Soy Agar üzerindeki *E.coli* bakterisini >12 mW/cm² doz altında UV ışığına tabi tutmuş ve >5 log azalma sağlamışlardır (Wong ve arkadaşları 1998). Sumner ve arkadaşları, Brain Heart Infusion Agar üzerindeki *Salmonella typhimurium* bakterisini 36 mW/cm² lik bir doza tabi tutmuşlar ve 7-log azalma elde etmişlerdir (Sumner ve arkadaşları 1995).

BÖLÜM 3

GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örnek Hazırlama ve Eldesi

3.1.1. Taze Yumurta Örneklerini Hazırlama

Deneyler için gerekli olan yumurta bir tavuk çiftliğinden günlük olarak temin edilmiştir. Yumurta önce kırılarak kabuklarından ayrılmıştır. Daha sonra sarısı ve beyazı birbirinden ayrılarak süzme ve homojenizasyon işlemine tabii tutulmuştur. Ayrıca 600 rpm de 1 dak. santrifüj edilerek içerdikleri hava kabarcıkları ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Karışık yumurta örnekleri ise yumurta kırıldıktan sonra ayırma işlemi uygulamadan süzülüp homojenize ve santrifüj edilerek hazırlanmıştır.

3.1.2. Pastörize Yumurta Örneklerini Hazırlama

Biyodozimetrik çalışmalar için kullanılan pastörize sıvı yumurta ürünleri, bir yumurta firmasından sağlanmıştır (IPAY İzmir Pastörize San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye). 1 litrelik kutularda alınan sıvı yumurta ürünleri 4 – 6 °C sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.1.3. Carboxymethylcellulose (CMC) Model Sıvısının Hazırlanışı

Sürekli sistem UV reaktör çalışmalarından önce, sistemi en üst düzeyde verimli bir şekilde çalıştırabilmek için, büyük ölçekte sıvı yumurta ürününe gereksinim duyulmuştur. Her bir sıvı yumurta ürünü için, toplam operasyon zamanı ve UV etki zamanı ile birlikte, bir çevrim boyunca her akış hızındaki debi miktarını belirlemek üzere model sıvılardan faydalanılmıştır. Endüstride yaygın bir şekilde kullanılan kıvam arttırıcılardan karboksilmetilselüloz (CMC) solüsyonu, bu çalışmada reolojik model solüsyonu olarak kullanılmıştır. Çeşitli konsantrasyonlardaki (0.7 %, 1.25 % ve 3.5 % hacimce) CMC, toz formunda sağlanmış (Kimetsan A.Ş, Ankara, Türkiye) ardından her konsantrasyon için önce

düşük hacimde saf suda çözülmüş ve neticede 1 litrelik örnekler halinde hazırlanmıştır. Solüsyonlar, çalışmalardan önce soğuk hava koşullarında saklanmışlardır.

3.2. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik, Fiziksel ve Optik Ölçümleri

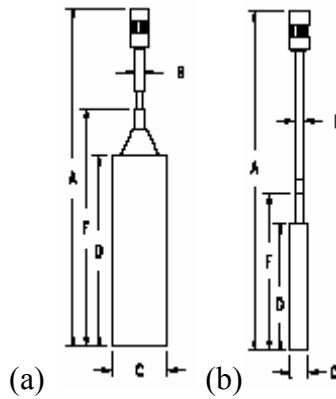
3.2.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik Ölçümleri

Sıvı yumurta ürünlerinin reolojik özellikleri sıcaklık, kompozisyon ve yoğunluk gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim gösterir. Ayrıca bu özelliklerin zamanla değişimlerinin de izlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla üç farklı yumurta ürünü için (sıvı yumurta beyazı (LEW), sarısı (LEY) ve karışık yumurta (LWE)):

- Up-down rate ramp test (yukarı-aşağı oran rampa testi)
- Time sensitivity test (zaman duyarlılık testi)
- Temperature sensitivity and profiling test (sıcaklık duyarlılık ve profil testi)
- Dynamic Yield test

uygulanmıştır.

Sıvı yumurta ürünleri için vizkozite ölçümleri, silindirik sensorlar yardımıyla silindirik dikey tip vizkometre ile (Brookfield DV II+Pro, Brookfield Engineering Lab. Inc., MA, USA) gerçekleştirilmiştir. Silindirik sensorlardan LV-1 tipi sensor (silindir çapı 18.84 mm, uzunluğu 115 mm, ölçüm kabının çapı 86.30 mm ve 600 ml örnek hacmi) Şekil 3.1a' da gösterilmektedir. Sıvı yumurta sarısı örneklerinin fazla viskoz olmasından ötürü, LV-2C tipi sensor (silindir çapı 10.25 mm, uzunluğu 115 mm) kullanılmıştır (Şekil 3.1b). Sensorların kayma oranı aralığı 5 (1.02 s^{-1}) ve 200 rpm (53.7 s^{-1}) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. (a) LV – 1 silindirik ölçüm sensoru: A=115 mm, B=3.2 mm, C=18.84 mm, D=65.1 mm, F=80.97 mm. (b) LV – 2C silindirik ölçüm sensoru A=115 mm, B =3.2 mm, C=10.25 mm, D=53.95 mm, F=66.25 mm.

Sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurta daha düşük bir viskoziteye sahiptir ve yumurta sarısının viskozite seviyesi, bu ürünlerden daha fazladır. Bu sebepten sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurta örneklerinin kayma oranı, 8 ila 53.7 s^{-1} (30-200 rpm) arasında programlanmış haliyle arttırıldıktan sonra, 10 dakikalık bir zaman diliminde 53.7 s^{-1} de sabit bırakıldı. Daha sonra kayma oranı 53.7 s^{-1} den 8 s^{-1} ye kadar programlı bir şekilde azaltıldı (hysteresis loop). Sıvı yumurta ürünlerinin kayma oranlarına da benzer işlem uygulandı fakat kayma oranı 1 ile 34 s^{-1} (5- 160 rpm) arasında belirlendi. Kayma işlemi esnasında tork, sensorun dönme hızının bir fonksiyonu olarak, viskometre cihazına bağlanmış bir bilgisayara yüklü olan program (Rheocalc32, Brookfield Eng., MA, USA) tarafından her 60 saniyede bir kaydedildi.

Her dönme hızında, torkun kendi standart sabit artış veya azalış oranı dikkatle kontrol edildi. Farklı karıştırma hızlarında ölçülen her bir tork değeri, uygun eşitlikler kullanılarak kayma gerilimi-kayma oranı verilerine çevrildi (WEB_4 2006). Sıvı yumurta ürünleri için kayma oranı aralıkları, tipik proses şartlarına göre belirlendi. Tipik proses şartları altında genel bir UV system içerisindeki borunun duvarlarındaki kayma oranı (Telis-Romero (2006) ve arkadaşlarının çalışmalarındaki eşitlikler kullanılmıştır) 8 to 30 s^{-1} olarak incelenmiştir. Bu sebepten, çalışmamızdaki kayma oranı aralığı, verilen bu aralık içerisinde kalacak şekilde seçilmiştir. Ayrıca Rao (1999)' nun çalışmasında olduğu gibi akışın laminar düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Her bir örnek için farklı sıcaklıklarda üç tekerrür yapılmıştır ve her tekerrürde yeni örnekler kullanılmıştır.

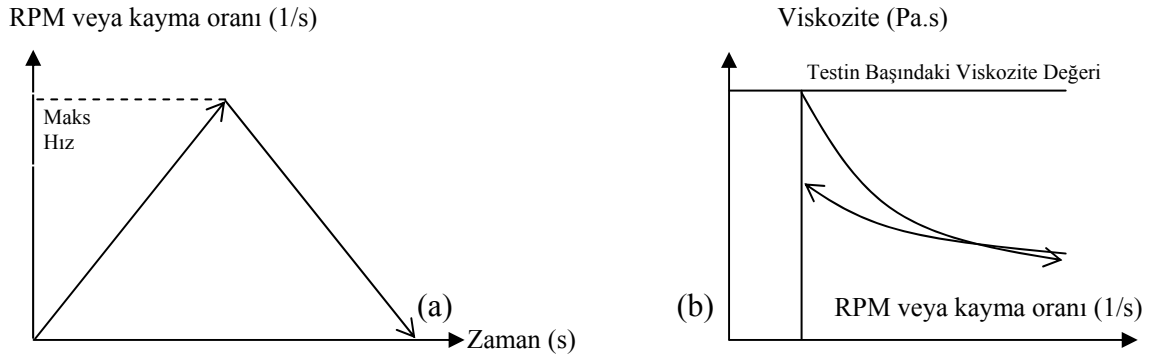
Sıvı yumurta ürünlerinin reolojik ölçümleri, farklı sıcaklıklarda, aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir:

- Yumurta beyazı için: $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (saklama koşulları), $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (oda sıcaklığı) and $55,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (optimum pastörizasyon sıcaklığı).
- Yumurta sarısı için: $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (saklama koşulları), $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (oda sıcaklığı) and $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (optimum pastörizasyon sıcaklığı).
- Karışık yumurta için: $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (saklama koşulları), $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (oda sıcaklığı) and $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (optimum pastörizasyon sıcaklığı).
-

Testler ile ilgili bilgiler kısaca aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

3.2.1.1. Yuvarı-Aşağı Oran Rampa Testi

Bu testte vizkozimetre ile farklı karıştırma hızlarında (agitation speed (rpm)) veya kayma oranlarında (shear rate (s^{-1})) ürünlerin viskozite değişimi incelenmiştir. Bunun için vizkozimetrenin karıştırma hızı belli oranlarda arttırılıp (up ramp) maximuma ulaştıktan sonra aynı oranlarda azaltılmış (down ramp) ve vizkozite ölçümleri ile torque (tork) değerleri sabit sıcaklıkta kaydedilmiştir. Shear stress (kayma gerilimi) tork değerlerinden, shear rate (kayma oranı) karıştırma hızı değerlerinden hesaplanmıştır. Shear stress ve shear rate dataları logaritmik olarak grafiğe geçirilmiş olup bu grafiklerden consistency coefficient, K (kıvam katsayısı) ve flow behaviour index , n (akış davranış indexi) bulunmuştur.



şekil 3.2. Yukarı aşağı oran rampa testi (a) oran rampa modelinin uygulanması (b) oran rampa modelinin viskoziteye karşılık RPM grafiğine göre uygulanması

Aşağıdaki eşitlikler, reolojik ölçümleri # 1 LV sensor ile yapılan sıvı yumurta ürünleri için kayma gerilimi ve kayma oranı değerlerinin bulunabilmesi amacıyla kullanılmışlardır.

$$KAYMA ORANI (s^{-1}) = \gamma = \frac{2 \omega R_c^2 R_b^2}{x^2 (R_c^2 - R_b^2)} \quad (3.1)$$

$$KAYMA GERİERİL (dyn / cm^2) = \tau = \frac{M}{2 \pi R_b^2 L} \quad (3.2)$$

$$\omega = \text{sensorun açısali hızı (rad / sec)} \left[= \frac{2 \pi}{60} N \right] \quad N = \text{RPM}$$

$$R_c = \text{ölçüm kabının yarıçapı (cm)} = 4.315 \text{ cm}$$

R_b =sensorun yarıçapı (cm)=0.942 cm (LV-1) and 0.512 cm (LV-2C)

x =kayma geriliminin hesaplanabildiği maksimum yarıçap (cm)

M =Cihaz tarafından gösterilen tork değeri (dyn / cm)

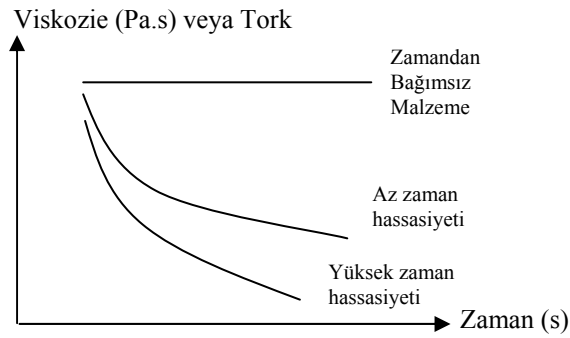
L =sensorun etki uzunluğu=7.493 cm (for LV – 1) and 6.062 (for LV-2)

$$tork \text{ (dyn / cm)} = \frac{tork \text{ (\%)} * 673.7}{100} \quad (3.3)$$

673.7 dyn/cm değeri, Brookfield LV adaptörleri için ortak kullanılan standart değerdir. Bunun yanında, LV-2C sensörü için kayma gerilimi ve kayma oranı değerleri, program tarafından ekrana yansıtıldığından, bu eşitlikleri kullanmaya gerek olmamıştır.

3.2.1.2. Zaman Hassasiyeti Testi

Zaman duyarlılık testi eldeki ürünün viskozitesinin yada tork değerinin sabit bir hızda veya kayma oranında zamanla değişimini ortaya koyar. Bunun için üç farklı hızda ve belirli zaman aralıklarında viskozite veya torque okumaları kaydedilmiştir.

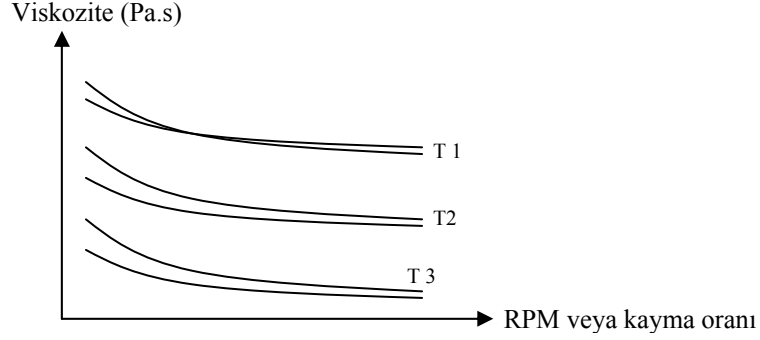


Şekil 3.3. Zaman hassasiyeti testi metodu

3.2.1.3. Yuvarı Aşağı Oran Rampa Testi ile Sıcaklık Profili

Sabit kayma oranı yada karıştırma hızında ve farklı sıcaklıklarda viskozite değerleri ölçülerek ürünlerin viskozitelerinin sıcaklıkla olan ilişkileri incelenmiştir. Aynı zamanda bu test up-down rate ramp testi ile kombine edilerek yumurta ürünlerinin sıcaklık profilleri

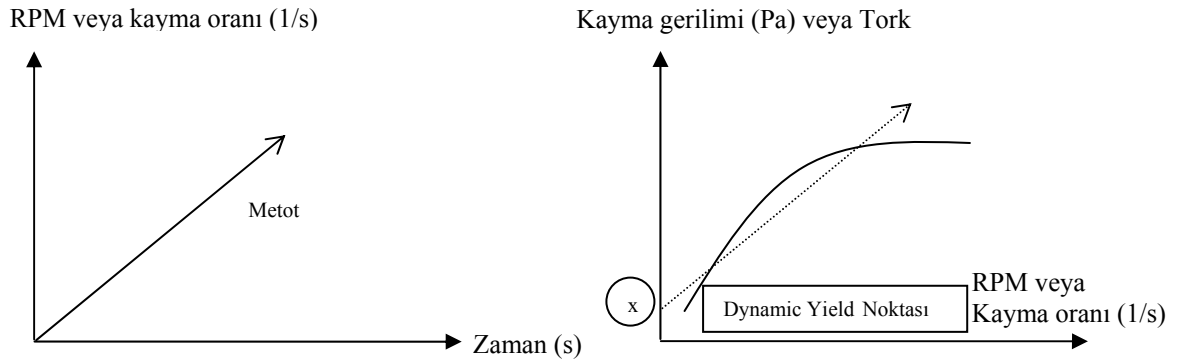
çıkarılmıştır. Bu profiller ürünlerin sıcaklık değişimlerine karşı olan hassasiyetlerini de ortaya koymaktadır.



Şekil 3.4. Sıcaklık profilli yukarı aşağı oran rampa testi metodu

3.2.1.4. Dynamic Yield Test

Bu testin amacı zamanla artan karıştırma hızı veya kayma oranının kayma gerilimi veya tork değerleri üzerine olan etkisini incelemek ve her ürün için (eğer var ise) “dynamic yield“ noktasını belirlemektir. Bunun için Brookfield DVII+ vizkometresine bağlanan small sample adaptörü kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Dynamic yield test metodu

Kayma gerilimi ve kayma oranı değerleri, tork ölçümlerine, sensorların dönüş hızlarına ve sensorun geometrisine göre belirlenmiş ve sisteme bağlı bir yazılım tarafından otomatik bir biçimde hesaplanmıştır. Çeşitli reolojik akış modelleri (Newtonian (3.4), Power

Law (3.5) and Herschel-Bulkley (3.6)); kayma gerilimi ve kayma oranı testleri baz alınarak kullanılmıştır (Rao, 1999). Yaklaşık fonksiyonlar, Excel yardımı ile elde edilmiştir (Excel, Microsoft Corp., 2003). Yaklaşık fonksiyonların uygunluğu ise regresyon sabiti (r^2) ve standard hata payı hesaplamaları ile (S_{est}) açıklanmıştır (3.7):

$$\tau = \mu \gamma \quad (3.4)$$

$$\tau = K \gamma^n \quad (3.5)$$

$$\tau = \tau_0 + K \gamma^n \quad (3.6)$$

$$S_{est} = \sqrt{\frac{(Y - Y')}{N - 2}} \quad (3.7)$$

τ kayma gerilimi (Pa), τ_0 yield stress (Pa), γ kayma oranı (s^{-1}), μ Newtonian viskozite (Pa.s), K kıvamlilik indeksi ($Pa.s^n$), n ise akış davranışı indeksidir, Y ve Y' değerleri ise ölçülen ve tahmin edilen değerleri, N ise data sayısını belirtmektedir. Sıcaklığın kıvamlilik sabitine ve viskoziteye etkisini açıklayabilmek için Arrhenius eşitliği (3.8) kullanılmıştır:

$$\eta_a = \eta_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (3.8)$$

η_a görünen (apparent) viskozite (Pa.s), η_0 sonsuz sıcaklıktaki viskozite değeri (Pa.s), E_a aktivasyon enerjisi (J/mol), R ideal gaz sabiti (J/mol K), ve T ise sıcaklıktır ($^{\circ}K$).

3.2.2. CMC Model Sıvısının Reolojik Ölçümleri

Kısım 3.2.1' de açıklandığı üzere, benzer ölçümler, farklı konsantrasyonlarda (0.7, 1.25 and 3.5 % wt/v) hazırlanan CMC model solüsyonlarına farklı sıcaklıklarda uygulandı. Sonra reolojik sonuçlar kaydedilerek, eşitlikler (3.4), (3.5), (3.6), (3.7) ve (3.8) ile analiz edilip sıvı yumurta ürünlerinininki ile karşılaştırılmış ve her ürün için reolojik özellikleri benzer olan CMC model sıvıları belirlenmiştir.

3.2.3. Fiziksel Özelliklerin Ölçümleri

3.2.3.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin ve CMC Model Sıvılarının Yoğunluğu

Sıvı yumurta ürünlerinde, farklı sıcaklık aralıklarında (4-55.6 °C sıvı yumurta beyazı için, 4-60 °C sıvı yumurta sarısı ve karışık yumurta için) yoğunluk ölçümleri, densitometre (Kyoto Electronics DA, Japan) ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2. Sıvı Yumurta Ürünlerinin pH Ölçümleri

Paralel ışın demetli statik sistemde ve sürekli akış UV reaktörde, her bir UV işlemin öncesinde ve sonrasında sıvı yumurta ürünlerinin pH ölçümleri pH metre ile (Metrohm, Switzerland) yapılmıştır. pH ölçümleri sırasında, sıcaklık değişiklikleri de kaydedilmiştir.

3.2.3.3. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Toplam Katı Madde Tayini

Her bir sıvı yumurta ürünüde toplam katı madde tayini (ağırlıkça) AOAC 925.30 metodu ile yapılmıştır (Daniel Lebryk, 1999). Metal bir petri kabı 98-100 °C de kurutulduktan sonra desikatörde soğutulmuştur. Oda sıcaklığında boş ağırlığı tartılıp kaydedildi. 5 g örnek tartılarak metal petrinin içine konup son ağırlık, hassasiyet 0.0001 olacak şekilde süratle ölçülmüştür. Sonra örnek 98-100 °C sıcaklıkta inkibatörde (Mommert GmbH Co. KF D-91126 Schwabach, Germany) kurutulurak, her saat başı ağırlıktaki değişim kaydedilmiş ve bu işleme, ağırlık sabitleninceye kadar devam edilmiştir.

3.2.4. Optik Özellikler

3.2.4.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Absorbansı

Her testten önce, sıvı yumurta ürünleri 1:50, 1:100, 1:250, 1:500 ve 1:1000 seyreltme faktörlerinde seyreltikten sonra, absorbans değerleri 1 cm'lik kuvetlerde UV-VIS spektrofotometre (Cary 100 Bio, Varian Inc., CA, USA) yardımıyla 254 nm dalga boyunda

ölçülmüştür. 1 cm'lik kuvvetlerde ölçülen absorbands değeri aynı zamanda UV absorbands katsayısı (A_e) olarak kaydedilmiştir.

3.2.4.2 Sıvı Yumurta Ürünlerinin Türbiditesi

Sıvı yumurta ürünlerinin turbidite değerleri, sürekli akış UV reaktörde UV den önce ve sonra türbidimetre yardımıyla (2100AN, HACH Company, CO, USA) ölçülmüştür. 45-50 ml' lik örnekler cam örnek hücrelerine doldurularak türbidimetre cihazına yerleştirilmiştir. Okumalar, her bir hücre için iki defa tekrarlanmıştır.

3.2.4.3. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Renk Ölçümleri

Sıvı yumurta ürünlerinin renk parametreleri CR 400 kromometre (Konica Minolta, Japan) ile, Illuminant D_{65} ışık kaynağı ile ölçülmüştür. Kromometre, standart bir beyaz zemin ile kalibre edilmiştir. Silindirik cam örnek kabı (5.5 cm çapında) 90 ml yumurta sıvısı ile doldurulup ışık kaynağının tepesine yerleştirilmiştir. Daha sonra kromometrenin ekranından L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik) and b^* (sarılık-mavilik) parametreleri okunmuştur (CIE, 1976). Her bir sıvı yumurta ürünü için, UV uygulamalarından önce ve sonra, üçer okuma ve bunların ortalaması baz alınarak renk ölçümü gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki renk değişimi, ΔE değeriyle ifade edilmiştir. Bu değer, örnekteki toplam renk değişimi olarak kabul edilmektedir:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3.9)$$

L^* a^* ve b^* değerleri paralel ışın demetli statik sistemde ve sürekli akış UV reaktörde UV uygulanan örnekler için analiz edilmiş, ΔE değerleri ise sadece paralel ışın demetli statik system deneme sonuçları için hesaplanmıştır. Paralel ışın demetli statik sistem deneme sonuçları Varyans Analizi yöntemiyle analiz edilip ortalamaları “Duncan Multiple Range Test” ile karşılaştırılmıştır.

3.3. Biyodozimetric Çalışmalar

3.3.1. Hedef Mikroorganizmanın (Biyolojik Dozimetre) Büyüme Koşulları

Biyodozimetric ön çalışmalarda patojen olmayan *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739), serotip *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728) ve *S.typhimurium* (CCM 5445) mikroorganizmaları arasından UV çalışmaları için en uygun olan hedef mikroorganizma belirlenmiştir. *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) Birleşik Devletler Tarım Departmanı (USDA), Mikrobiyal Genomik ve Biyoproses Araştırma Ünitesi'nden sağlanmıştır (Peoria, Illionis). Serotip *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728), Dr. Ali Aydın' dan (Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Veterinerlik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, Türkiye), *S.typhimurium* (CCM 5445) ise Dr. Ayse Handan Baysal' dan (Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye) temin edilmiştir. Çalışmalar esnasında, -80°C liyofilize tüplerde saklanan kültürler, nutrient broth (NB, Merck, Darmstadt, Germany) içerisine inoküle edildikten sonra 18-24 saat süresince 37°C' de inkübasyona bırakılmışlardır.

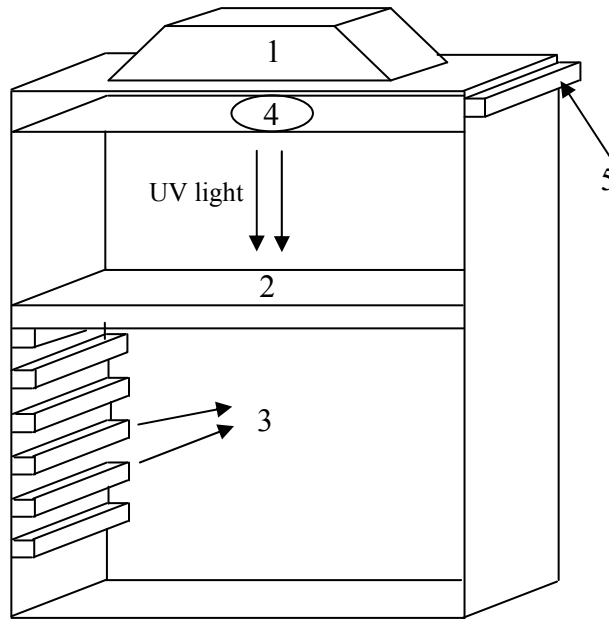
Bu üç farklı kültür için biyodozimetric çalışmalar, sadece 0.153 cm örnek derinliğinde ve 1.315 mW/cm² UV görünen intensite değerinde yürütülmüştür. Yumurta ürünleri, 50 mm petri kaplarına sıvı derinlikleri 0.153, 0.3 0.5 cm olacak şekilde doldurulmuş ve alt kültür ile inoküle edilmiştir. Bu işlem sonunda 10⁷-10⁸ CFU/ml'lik mikrobiyal konsantrasyon elde edilmiştir. Çoğaltma ve sayım işlemi için, uygun seyreltmeler 0.1% peptonlu su ve tryptic soy agar (TSA, Merck, Darmstadt, Germany) içeren petrilerle gerçekleştirilmiştir. UV işlemi öncesi örnekten gelen mikroorganizmaları belirlemek için, UV uygulanmamış örneklerle seri seyreltme işlemi uygulanıp Violet Red Bile Agar (VRBA, Fluka, Biochemica, Spain) ile Eosin Methylene Blue (EMB, Fluka, Biochemica, Spain) içeren petrilere yayma plaka işlemi ile ekim yapılmıştır. Tüm petriler 37 °C' de 24 saat boyunca inkübe edildikten sonra oluşan koloniler sayılmıştır. Her uygulama en az ikişer kez tekrarlanmıştır.

3.3.2. UV Işın Ekipmanları ve İnaktivasyon İşlemi

Çalışmamızın bu kısmında, mikrororganizmaların maruz kaldığı ve absorbe ettiği gerçek UV dozajını belirlemek için biyodozimetre yöntemi seçilmiştir. Bu amaçla laboratuvar boyutunda, 2 adet UV lamba kullanılarak bir adet paralel ışın demetli sabit UV cihazı

(collimated beam apparatus) tasarlanıp yaptırılmıştır (Şekil 3.6.). Bu düzenekte, UV lambadan gelen UV ışınları belli çaptaki bir boşluktan geçirilerek belli bir mesafede bulunan, içerisinde bilinen sayıda mikroorganizma olan ve yumurta ürünü/model sıvı içeren petri kabı üzerine düşürülmektedir. Petri kabı üzerine düşen ışınların şiddeti (UV intensitesi) bir radyometre yardımı ile ölçülerek UV dozajı; uygulanan süre ve UV intensite değerinden hesaplanmaktadır. Daha sonra UV dozajı ve mikrobiyal yükün logaritmik ünite olarak azaldığı değerler grafiğe geçirilerek UV doz response eğrisi (curve) oluşturulmaktadır. Bu eğri sürekli sistemde mikroorganizmaların maruz kaldığı gerçek UV dozajın hesaplanmasında kullanılacaktır. UV işlemi boyunca UV ışığının direkt olarak insan derisine nüfuz etmemesi için sistemin önü, geniş bir kapak ile kapalıdır. Tüm system, ışık kayıplarını minimuma indirebilmek için siyaha boyanmıştır ve UV işlemi sırasında UV ışığının direkt olarak örnekte toplanmasını sağlamak için silindirik şekilde kartonlar kullanılmıştır. Örnekler 50 mm çapındaki petri kabı içerisinde, sabit hızla orbital hareketle dönen ve örnekte homojenliği sağlayan bir vorteks karıştırıcısının üzerine yerleştirilmiştir (IKA, Yellowline TTS 2, IKA® Werke GmbH & Co. KG, Germany).

Petri yüzeyine düşen UV intensite (incident UV light, I_0) değeri ise bir radyometre (UVX, UVP Inc., CA, USA) yardımı ile ölçülmüştür. Radyometre, sıvı yumurta ürünlerinin lambaya olan uzaklığı ile aynı mesafeye konulmuş ve lambalar, ısınmaları ve intensite değerinde dalgalanmaları önleyebilmek için 30 dakika boyunca açık bırakılmışlardır.



Şekil 3.6. Kapalı paralel ışın demetli ultraviyole cihazı

UV ışınlama deneyleri sırasında petri kapları bir vortex karıştırıcı (IKA, Yellowline TTS 2, IKA® Werke GmbH & Co. KG, Germany) yardımı ile sürekli karıştırılmıştır. Karıştırılan örneklerdeki ortalama UV intensite değeri Beer-Lambert kanununa göre aşağıdaki şekilde hesap edilmiştir (Morowitz, 1950):

$$I_{avg} = I_0(1 - e^{-A_e L}) / A_e L \quad (3.10)$$

(I_0 = Petri yüzeyine düşen UV ışığın intensitesi (the incident intensity (mW/cm²)), A_e = 1 cm'lik kuvarz küvet kullanılarak ölçülen absorbans değeri (absorbans katsayısı) ve L = petrilerdeki sıvı derinliği (cm)). Ürünün almış olduğu UV doz (biodose) miktarı ise:

$$\text{UV doz (mJ/cm}^2\text{)} = \text{UV intensite (}I_{avg}\text{)} \times \text{süre}$$

denkleminde hesaplanmıştır.

Yumurta üreticisinden (IPAY İzmir Pastörize San. And Tic. A.Ş., İzmir, Turkey) elde edilen pastörize sıvı yumurta örnekleri, sabit seviyelerde doğal mikroflora içermesi bakımından tercih edilmişlerdir. ml'sinde 10^7 - 10^8 CFU mikroorganizma olacak şekilde inoküle edilmiş sıvı yumurta ürünleri, farklı intensite değerlerinde (1.315 mW/cm², 0.709 mW/cm² and 0.383 mW/cm²) 5, 10 ve 20 dakikalık sürelerde UV ışığına maruz bırakılmıştır ve UV işlemi uygulanmamış bir kontrol örneği ile birlikte yayma plaka yöntemi kullanılarak ekim yapıp 37 °C sıcaklıkta 24 saat çoğalmaya bırakılmışlardır. Tüm çalışmalar 0-100 mJ/cm² lik bir UV doz aralığında gerçekleştirilmiş ve tüm denemeler ikişer kez tekrar edilmiştir.

İnokülasyon ve UV işlemi arasında geçen zaman, herhangi ekstra mikrobiyal artmaya izin vermemek adına control edilmiştir. Her UV işleminden sonar *E.coli* (NRRL B-253) sayımı ile ilgili prosedür bilgileri, bir önceki bölümde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Her UV işleminden sonar hücrelerin hayatta kalma oranı (survival ratio) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$S = \frac{N}{N_0} \quad (3.12)$$

N UV işleminden sonra kalan toplam canlı sayısı, N_0 başlangıç mikroorganizma sayısıdır. Mikroorganizmaların inaktivasyonu, genellikle birim UV doz başına logaritmik azalma olarak gösterilmektedir. Mikroorganizmalardaki inaktivasyon oranı doğrusal birinci derece modelle açıklanmıştır. (Chick, 1908):

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = y - k * d \quad (3.13)$$

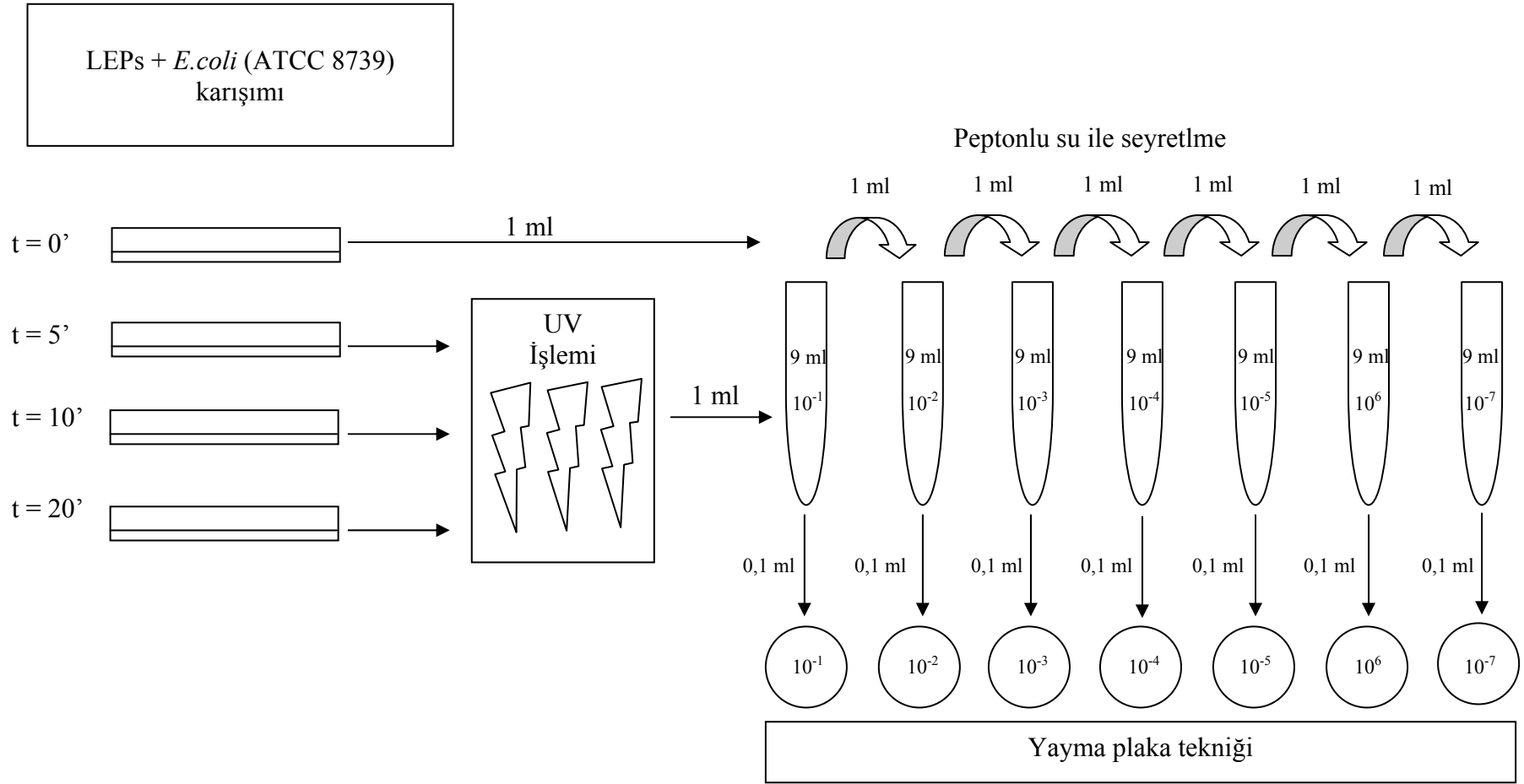
d UV dozu (mJ/cm^2), k inaktivasyon oranı sabitini (cm^2/mJ) temsil etmektedir ve $\log N/N_0$ - UV dose eğrisinin eğiminden hesaplanır. y ise kesişim noktasıdır. Deneysel prosedür, Şekil 3.7.' de açıklanmaktadır.

3.3.3. İstatistiksel analizler

Paralel ışın demetli statik sistem kullanılarak yapılan biodozimetrik çalışmalarda, UV'ye dirençli *E.coli* (NRRL B-253) 'nin sıvı yumurta ürünlerindeki inaktivasyonu istatistiksel olarak “general full factorial design” kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla üç faktör, sıvı örneği derinliği, UV intensite ve uygulama süreleri, incelenmiştir. Varyans analizi (ANOVA) MINITAB 14 (Minitab Inc., State College, PA, USA) istatistiksel yazılım programının genel doğrusal model analiziyle, tüm faktörlerin tek başlarına ve birlikte logaritmik azalmaya olan etkilerini incelemek amacıyla uygulanmıştır. UV inaktivasyon eğrilerinin kinetik verileri için regresyon analizi, Excel ile (Excel, Microsoft Corp., 2003) gerçekleştirilmiştir.

3.4. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Sürekli Akış UV Sistemde Dezenfeksiyonu

Sürekli akış UV reaktör sistemi, dizayn bazında ele alındığında işlem metodu ve ekipman özellikleri bakımından paralel ışın demetli statik UV sistemden farklılık göstermesinin yanında, sıvı hareketi, mikrobiyal azalma ve UV ışığının geçirgenliği gibi önemli faktörler baz alındığında da statik sistemden ayrılır.



Şekil 3.7. Paralel ışın demeti aparatı ile *E.coli* (NRRL B-253) nin UV dezenfeksiyonunun şematik görünümü

Ne yazık ki akış sistemlerindeki UV dozun direct ölçümü henüz mümkün kılınamamıştır. Bu nedenle paralel ışın demetli statik system, sıvı yumurta ürünlerinde logaritmik azalmalara karşılık UV doz dağılım eğrilerinin belirlenebilmesi için ön çalışma olarak uygulanmıştır. Akış sistemlerinde elde edilen logaritmik azalmalar ölçü alındığında ise, bu eğriler yardımıyla uygulanan UV dozun miktarının belirlenmesi esas alınmıştır. Buna ek olarak statik sistem çalışmalarının ışığında, UV ışınlama işlemi, sıvı yumurta beyazında gözle görülür bir etki yaratmıştır. Sıvı yumurta sarısında ve karışık yumurtada *E.coli* (NRRL B-253) nin UV inaktivasyonu, bu ürünlerin yüksek turbid yapıları sebebiyle sınırlı kalmıştır. Bunun sonucu olarak sürekli akış UV reaktör sistemi denemeleri, yalnızca sıvı yumurta beyazı için gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Sürekli Akış UV Reaktörün Proses Parametreleri

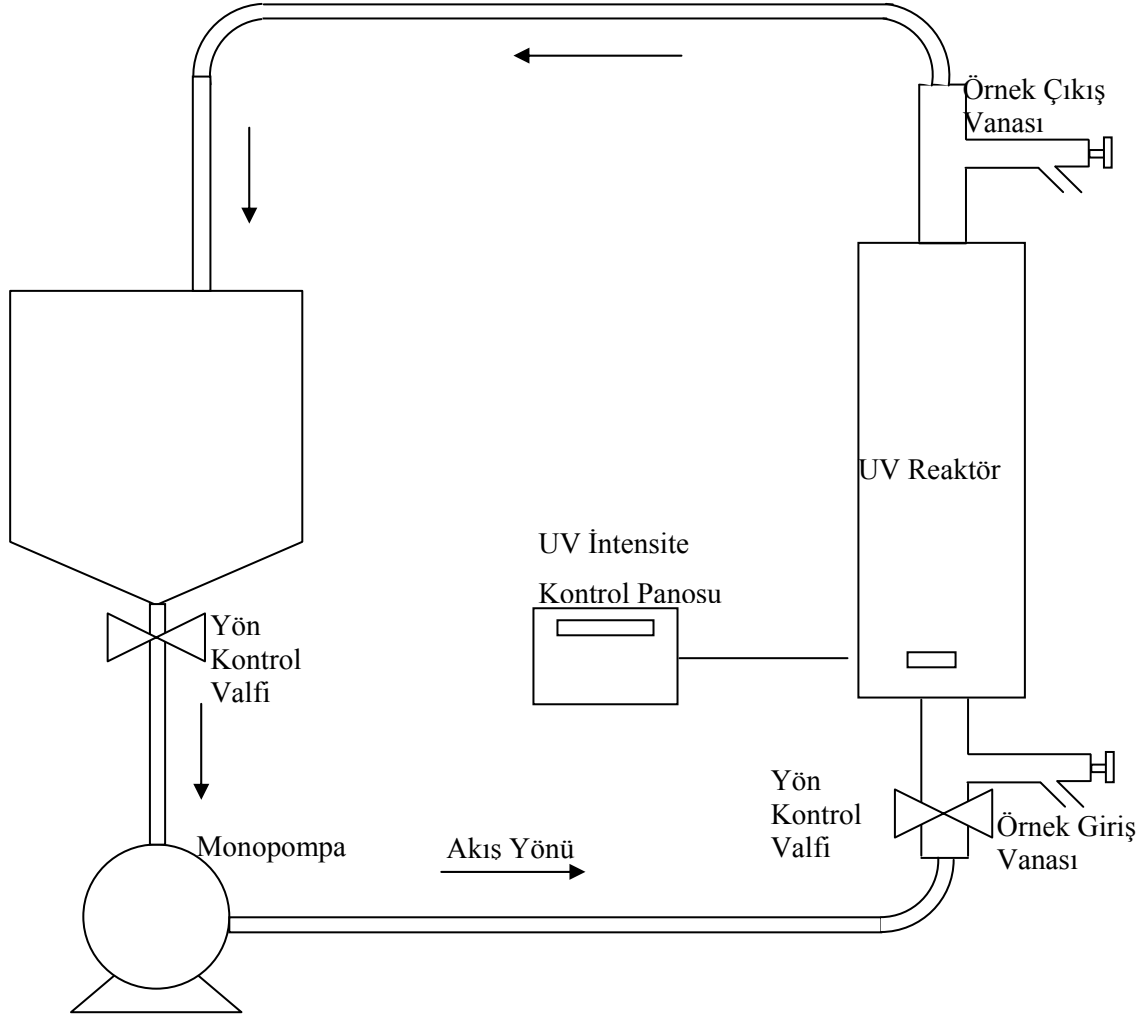
Sürekli akış UV inaktivasyon sistemi, şu kısımlardan oluşmaktadır:

- Dikey UV reaktör (Wedeco-Durco AG Water Technology, Almanya); 6 adet 254 nm dalga boyunda düşük civalı UV lamba ve quartz tüpü ile birlikte (Tablo 3.1.).
- 150 lt lik paslanmaz çelik tank.
- 2M25 tipi 100-1000 lt/ saat kapasiteli ve frekans invertörlü paslanmaz çelik monpompa (Inokstek A.Ş., Türkiye).
- paslanmaz çelik boru, dirsek ve bağlantı ekipmanları (manual valfler, dirsekler, aseptik olan örnek vanaları)
 - 3.5 m paslanmaz çelik boru (D=1’)
 - 1.1 m paslanmaz çelik boru (D=2 ‘)
 - 1 m quartz tüp (D=2’)

Sürekli akış UV reaktör sistemi Şekil 3.8. de gösterilmiştir. İşlem parametrelerinin, UV sistemin dizaynında önemli bir rol oynaması sebebiyle, sıvı yumurta beyazı için UV etki süresi, bir çevrim için toplam işlem süresi, ve hacimsel akış oranı (debi) değerleri belirlenmiştir. Bunun yanında, parametrelerin belirlenmesi esnasında büyük ölçeklerde sıvı yumurta beyazının harcanması zorunluluğu ve sistemi temizlemede yaşanacak güçlükler de gözönüne alındığında, yumurta beyazının reolojik özelliklerini simüle eden 0.7 % CMC model solüsyon kullanılmış, debi (m^3/s), Reynolds sayısı, toplam çevrim zamanı ve UV etki

Tablo 3.1. Sürekli Akış UV Reaktörün Özellikleri

Reaktör Tipi	E10
Reaktör bağlantıları: male thread, paslanmaz çelik, 1.4571 (316 Ti)	R 2"
Genişlik (mm)	240
Uzunluk (mm)	1090
En (mm)	245
Hacim (lt.) app.	4.5
Ağırlık (kg) app	31
Çalışma Basıncı (bar)	10
Basınç kaybı (bar) app.	0.01
Voltaj (V/Hz)	230/50
Güç harcaması (W / VA)	230/500
Lamba tipi	NLR1579W
Lamba ömrü	30
UV-C çıkışı 254 nm (W)	12.5
Lamba adedi	6
Tahmini lamba ömrü (h)	8000
Reaktör Tipi	E10



Şekil 3.8. Sürekli akış UV reaktör sistemi

zamanı gibi proses parametrelerinin belirlenmesi sağlanmıştır. 0.7 % CMC model solüsyonu tanka doldurulup pompa çalıştırılmaya başlanır başlanmaz kronometre de çalıştırılmış ve solüsyonun UV reaktöre girdiği ve çıktığı anlar arasındaki UV etki zamanı ile, işlemin başından, sistemin çıkışında ilk sıvının damlamasına kadar geçen sürede de toplam çevrim zamanı ölçülmüştür. Bunun yanında, dereceli silindirler yardımıyla, bir dakika içerisinde sistemden çıkan sıvı miktarı toplanmış ve debi belirlenmiştir. Yüksek debilerde ve hızlı karışırmalarda meydana gelen sıvı yumurta beyazındaki yüksek köpüklenme oranını önlemek amacıyla, sistemde laminar akış tipi tercih edilmiştir. Bu sebepten ötürü, Laminar akış davranışındaki Reynolds sayısı hem Newtonian hem de Non-Newtonian sıvılar için şu formüllerle hesaplanmıştır (3.14, 3.15) (Telis-Romero 2006).

$$Re_g = \frac{D^n v^{(2-n)} \rho}{v^{(n-1)} K} \left(\frac{4n}{1+3n} \right)^n \quad (\text{Non-Newtonian}) \quad (3.14)$$

$$Re = \frac{Dv\rho}{\eta} \quad (\text{Newtonian}) \quad (3.15)$$

Re: Reynolds sayısı

Re_g: Generalized Reynolds sayısı

D: Sıvının geçtiği boru çapı (m) (5.08x10⁻² m)

v: Ortalama akış hızı (m/s)

ρ: densite (kg/m³) (1000.9 kg/m³)

n: Akış davranışı indeksi

η: viskozite (Pa.s)

Yumurta beyazının sistemden geçişi sırasında köpüklenme olmaması için akış rejiminin Laminar rejimde olması gerekmektedir. Sıvı yumurta beyazını temsil eden %0.7 CMC solüsyonu ile yapılan debi ayarlamaları sonucunda akışın Laminar rejimde olup olmadığı hesaplanarak kontrol edilmiştir. Bunun için Reynolds sayısı, yukarıdaki veriler ışığında hesaplanmıştır. Denklik 3.4 non-Newtonian özellikte olan sıvılar için, denklik 3.15 ise Newtonian sıvılar için geçerlidir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Yumurta Beyazını Simüle Eeden 0.7 % CMC Model Sıvısının Sürekli Akış UV Reaktördeki Akış Parametreleri

Debi seviyesi	Toplam Debi (ml/min)	Toplam süre (sec)	UV residence time (sec)	UV reaktördeki ortalama sıvı hızı v (m/s)	Re (Newtonian)	Re _g (Non-Newtonian)	Debi seviyesi
1	360	850	426	0.0054	18.473	16.685	1
2	710	397	233	0.0099	33.776	30.984	2
3	1080	292	156	0.0147	50.447	46.760	3
4	1560	205	107	0.0215	73.549	68.840	4
5	1840	183	91	0.0252	86.481	81.283	5
6	2190	155	77	0.0298	102.205	96.476	6

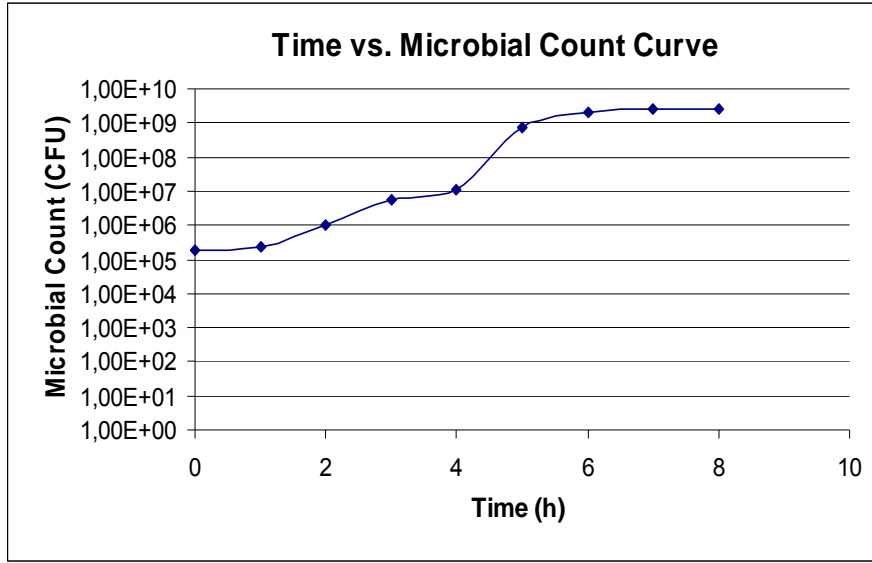
3.4.2. İnaktivasyon Çalışmaları

Sürekli sistemdeki inaktivasyon denemeleri, kısım 3.3.1 de açıklanan paralel ışın demetli statik sistemdeki UV biyodozimetik çalışmalarda olduğu gibi, patojen olmayan *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) suşu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar esnasında, -80°C liyofilize tüplerde saklanan kültür, nutrient broth (NB, Merck, Darmstadt, Germany) içerisine inoküle edildikten sonra 18-24 saat süresince 37°C' de inkübe edilmiştir. Altkültürün seri bir şekilde seyreltilmesiyle inokülasyon miktarı belirlenmiştir. 24 saatlik inkübasyon sonucunda bakteriler durağan faza geçmiştir ve sayıları 10⁸ CFU/ml'ye ulaşmıştır.

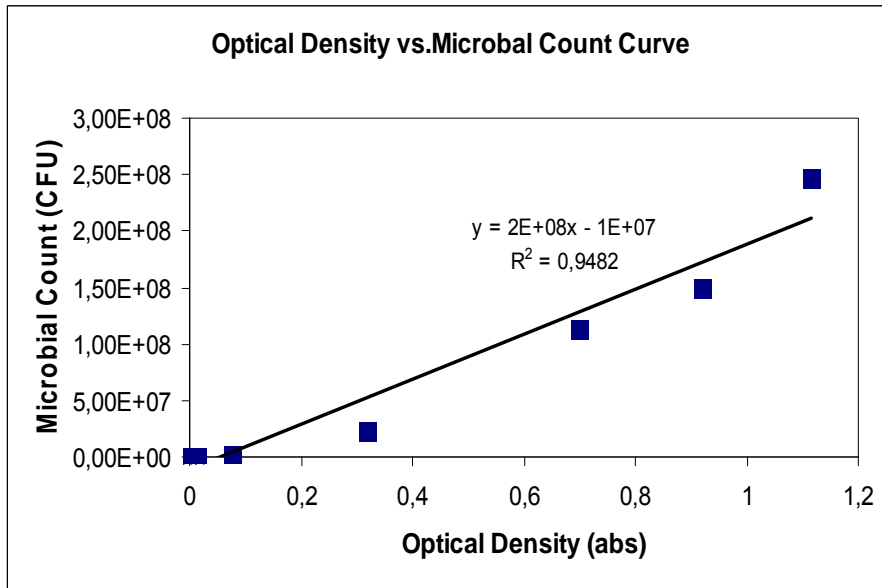
Sürekli sistemde kullanılacak olan inokülasyon miktarının belirlenmesi amacı ile *E.coli* (NRRL B-253) suşunun logaritmik büyüme eğrisi, optik yoğunluklarının 600 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir. Bu metotta, bir günlük inkübasyonun sonunda elde edilen 10 ml *E coli* süspansiyonundan 100 µl kültür, 500 ml'lik, ve 250 ml'lik nutrient broth ile dolu 4 adet erlenmayerin her birine transfer edilmiş ve orbital karıştırıcıda (Thermo Electron Corp., Ohio, ABD) 37°C' de 300 RPM çalkalama hızında inkübasyona bırakılmıştır. Her saat başı UV spektrometre yardımıyla 600 nm dalga boyunda optik yoğunluk ölçümü yapılmış ve gelişen koloni sayısı TSA üzerine yayma plaka yöntemiyle belirlenmiştir.

Aktivasyon eğrisine göre (Şekil 3.9.), *E.coli* (NRRL B-253) bakterisinin durağan faza yaklaşık 5 saatlik bir inkübasyon sonucunda geçtiği görülmektedir. Toplam mikrobiyal yük 10⁹ CFU / ml. seviyesinde tutulmuştur. Optik yoğunluğa karşılık logaritmik büyüme eğrisi Şekil 3.10. da gösterilmektedir.

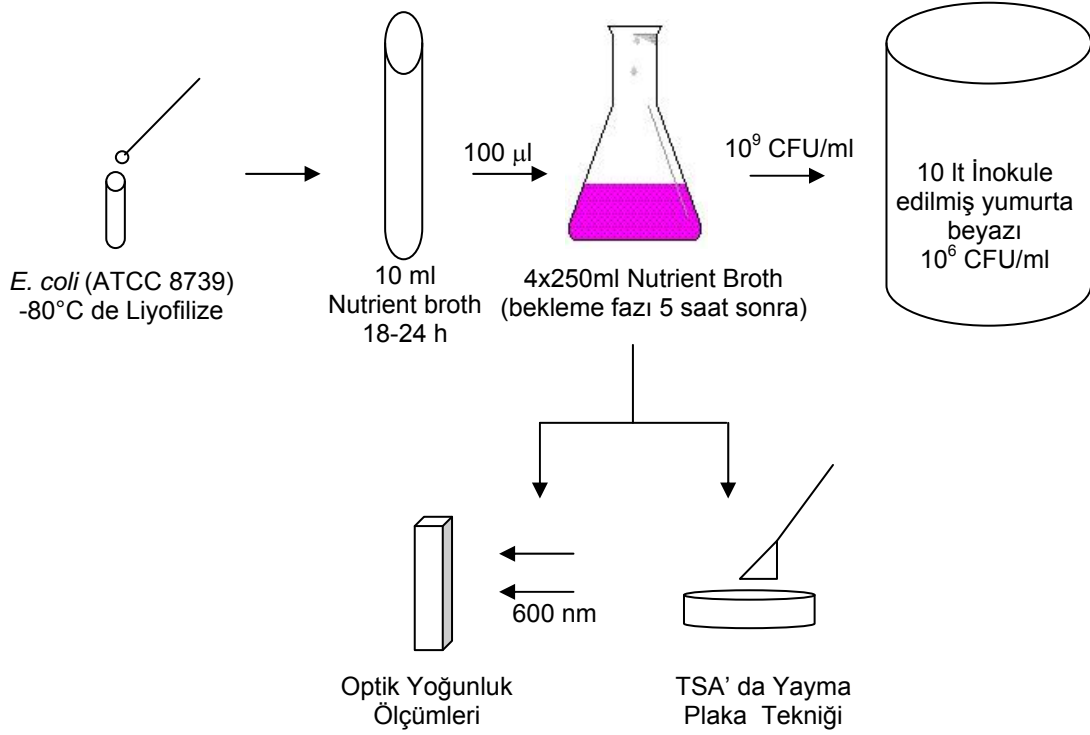
Şekil 3.11. optik yoğunluk işleminin prosedürünü göstermektedir. 10 lt lik bir örneğin içerisinde 10⁶ CFU/ml konsantrasyona sahip bir mikrobiyal popülasyon elde edebilmek için, 4 x 250 ml hacmindeki *E.coli* (NRRL B-253) kültürü 9 litre sıvı yumurta beyazına aseptik koşullarda eklenmiştir. UV inaktivasyon işleminden evvel, tank, inoküle edilmiş sıvı yumurta beyazı ile doldurulduktan sonra belirlenen akış hızında pompa çalıştırılarak UV ışınlama işlemine başlanmıştır. Örneğin UV ışığı ile teması öncesinde, sıvının en az bir çevrim boyunca sistemden geçmesi sağlanmıştır. Bu arada örnek vanaları 70 % ethanol ile alev yardımıyla sterilize edilmiştir.



Şekil 3.9. *E.coli* (NRRL B-253) için zamana bağlı mikrobiyal yük eğrisi



Şekil 3.10. *E.coli* (NRRL B-253) için optik yoğunluğa karşılık mikrobiyal yük eğrisi



Şekil 3.11. Optik yoğunluk çalışmasına göre inokulasyon miktarının belirlenmesi

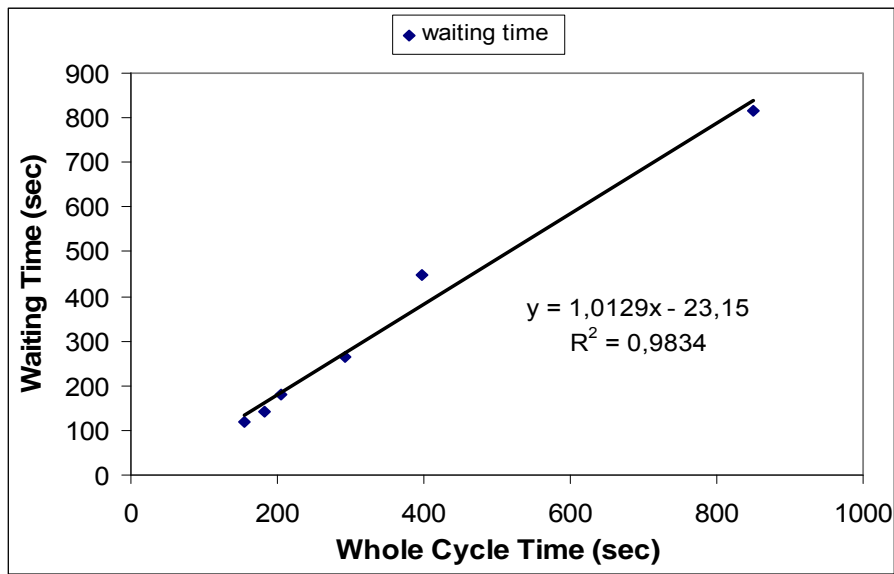
Örnekteki başlangıç toplam aerobik canlı sayımını belirlemek için, inokülasyon işleminden evvel 50 ml sıvı yumurta beyazı örneği alınıp mikrobiyal analizler yapılana kadar buzdolabı saklama koşullarında karanlıkta bekletilmiştir. Toplam canlı sayımı, Tryptic Soy Agar (TSA, Fluka, Biochemica, Spain) ve Violet Red Bile Agar (VRBA, Fluka, Biochemica, Spain) ile yayma plaka tekniği ile, bunu yanında Plate Count Agar (PCA, Fluka, Biochemica, Spain) ile dökme plaka tekniği ile gerçekleştirilmiştir.

Bir çevrim sonunda pompa kapatılmış ve inoküle edilen yumurta beyazı, kültürün sıvı yumurta beyazında homojen bir biçimde dağılmasını sağlamak amacıyla steril bir çubuk yardımıyla köpüklenmeden karıştırma işlemine tabi tutulmuştur.

E.coli (NRRL B-253) mikrobiyal yükünün başlangıç aşamasındaki miktarını hesaplayabilmek amacıyla 50 ml hacmindeki örnek, giriş vanası kısmından transfer edildi. UV lambaları ve UV intensiteyi ölçen sensor çalıştırılmıştır. Aynı anda pompa da seçilen akış hızında (1080 ml/min) devreye alınmıştır. Bir kronometre yardımıyla toplam çevrim zamanı ve sıvının UV reaktöre giriş-çıkış zamanı kaydedildi. Sıvının UV reaktörden çıktığı ilk anda, *E.coli* (NRRL B-253) bakterisinin mikrobiyal yükünün, UV etkisiyle başlangıç

sayısından ne kadar az olduğunu belirlemek amacıyla çıkış vanasından 50 ml hacminde örnek alındı. Geçiş esnasında, UV sensorun ölçtüğü UV intensite değeri kaydedildi.

Birinci çevrimin sonunda, sistemdeki tüm sıvının tankta toplanabilmesi için belli bir süre beklenmiştir. Bu bekleme zamanının belirlenebilmesi için ise, 0.7 % CMC model sıvısının, farklı akış hızlarındaki toplam çevrim zamanlarından faydalanılmıştır (Şekil 3.12. Bir çevrim boyunca borularda biriken sıvının tamamen tanka geri dönmesi amacıyla, seçilen akış hızına (1080 ml/min) karşılık gelen bekleme süresinin 300 saniye (5 dakika) olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.12. Sıvı beyaz yumurta için bekleme süresine karşılık tüm çevrim zamanı eğrisi

Sıvı geçişinin tamamen bitmesinin ardından beklemeden 2. çevrime başlanmıştır. 5 çevrime kadar diğer tüm çevrimler ve örnek alımları, anlatılan prosedüre göre uygulanmıştır. Alınan örnekler ise aseptik koşullarda karanlık ortamda buzdolabında bekletilmiştir.

3.4.3. Sistemin Temizlenmesi

3.4.3.1. Boşaltım ve Dezenfektanla Yıkama

Tüm protein kalıntılarının ve mikrobiyal oluşumun, sistemin boru iç çeperlerinden ve UV reaktör içerisindeki quartz tüpten temizlenmesi amacıyla dezenfeksiyon işlemine ihtiyaç

duyulmuştur. Giren yumurta örneğinin kalıntılarını temizlemek amacıyla 15 lt 0.5 M NaOH solüsyonu, 300 g of NaOH' in (Panreac E-08110, Montcada I Reixac, Barcelona, Spain) 15 lt saf suda çözünmesi ile hazırlanmıştır. Tank, bu solüsyonla doldurularak üç tam tur çevrim gerçekleştirilmiş ve sıvı yumurta ürününü ait kalıntıların temizlenmesi sağlanmıştır. İşlemin sonunda NaOH solüsyonu tahliye edilmiş ve sistem, iki tam tur çevrimle sıcak distile su ile durulanmıştır.

Mikrobiyal popülasyonun iç çeperlerden yok edilmesi amacıyla, 2 % (veya minimum 200 ppm kadar) klor çözeltisi, 300 ml saf klorun 15 lt saf suda çözünmesiyle hazırlanmıştır. 0.5 M NaOH solüsyonunda olduğu gibi, 2 % klor çözeltisi de 3 çevrim boyunca sistemden geçirilmiştir. Üçüncü çevrimin sonunda ise klor çözeltisi sistemden tahliye edilmiş, sistem 15 – 20 lt lik sıcak saf su ile durulanmıştır. Durulama esnasında, UV reaktörün lambaları açık tutulmuş ve böylece suda kalan mikrobiyal oluşumların da inaktivasyonuna yardımcı olunmuştur. Tahliye aşamasından evvel, 50 ml durulama suyu örneği aseptik koşullarda UV çıkış vanasından alınmış, TSA-VRBA ve dökme tekniği ile PCA kullanılmak suretiyle mikrobiyal sayım için saklama koşullarında saklanmıştır. Çıkıştan, serbest klor tayini için 50-75 ml hacminde durulama suyu alınmıştır. Temizlik aşamasından sonra tüm boru ve bağlantı parçaları sökülerek kurumaları sağlanmıştır.

Sürekli sistem UV reactor denemeleri için tüm fiziksel (pH, T ve Cl₂ tayini), mikrobiyolojik ve optik (renk, absorbans ve turbüdite) ölçümler, Tablo 3.3. de özetlenmiştir.

3.4.3.2. Temizlik Sonrası Aktif Klorun Tayini

Son durulama suyu içerisinde kalan toplam serbest klor miktarının belirlenmesi amacıyla “4500-CI B Iodometric Method I” (American Public Health Association 2005) standart metod kullanılmıştır. Klor pH'ın 8 olduğu koşullarda, potasyum iyodür (KI) içerisindeki serbest iyot ile etkileşime girdiğinden, ayırıcı iyotun standart sodyum tiyosülfat (Na₂S₂O₃) çözeltisinde titre edilmesi yöntemi uygulanmıştır. İndikatör olarak ise nişasta çözeltisi kullanılmıştır. (Fluka Chemie, GmbH, CH-9471 Buchs, Switzerland). 0.025 N 6.2 g sodyum tiyosülfat (Merck KgaA, 64271, Darmstadt, Germany) 1 lt saf suda çözülerek 0.025 N sodyum tiyosülfat çözeltisi elde edilmiştir. Sonra çözelti, potasyum dikromat (Carlo-Elba, 7778-50-9, Spain) ile standardize edilmiştir.

Tablo 3.3. Sürekli Akış UV Reaktör Çalışmalarının Özeti.

Örnek Noktaları	Mikrobiyolojik			Optik			Fiziksel		
	Yaklaşım			Ölçümler			Ölçümler		
	TSA	VRBA	PCA	Renk	Abs.	Türbidite	pH	T	Serbest Cl ₂
Yumurta beyazı (kontrol, UV işlemine tabi tutulmamış)		√	√	√	√	√	√	√	
Çevrim 1 giriş-çıkış	√			√	√	√	√	√	
Çevrim 2 giriş-çıkış	√			√	√	√	√	√	
Çevrim 3 giriş-çıkış	√			√	√	√	√	√	
Çevrim 4 giriş-çıkış	√			√	√	√	√	√	
Çevrim 5 giriş-çıkış	√			√	√	√	√	√	
Temizlik sonrası	√	√	√						√

1 g KI (Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH.D-30926, Seelze) Tiyosülfatın sülfata oksidasyonunun nötral pH değerinde sorun yaratmasından ötürü, 5 ml asetik asitte pH'yı 3.0-4.0 seviyesine düşürmek amacıyla çözülmüştür. Karışıma, 50 ml' lik saf su aktarılmıştır. Titrasyon, direk güneş ışığından uzak bir yerde yapılmıştır, 0.025 N of Na₂S₂O₃ titrasyon işlemine, sarı rengin koyudan açık tona dönmesine kadar devam edilmiştir. Sonrasında, koyu mavi rengi yakalamak için 1 ml nişasta çözeltisi eklenmiştir. Titrasyon, koyu rengin renksiz forma dönmesine kadar devam ettirilmiştir. Su örneği içerisindeki toplam klor miktarının hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$mg Cl (Cl_2 / ml) = \frac{A \times N \times 35.45}{ml \text{ örnek}} \quad (3.16)$$

A harcanan titrant miktarını, N Na₂S₂O₃ çözeltisinin normalitesini simgeler.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın bulguları, 4 ana bölümde değerlendirilmiştir. Taze ve pastörize edilmiş sıvı yumurta ürünlerinin reolojik karakterizasyonu, fiziksel ve optik özellikleri ile ilgili bulgular Bölüm 4.1 ve 4.2 içerisinde verilmişlerdir. Reolojik özellikler, proses parametrelerinin ve UV dezenfeksiyon esnasında sürekli sistemden geçen sıvı yumurta ürünlerini simüle edebilecek model sıvıların belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Bölüm 4.3, sıvı yumurta ürünlerinin paralel ışın demetli statik UV cihazındaki biodozimetrik çalışmaların sonuçlarını ve UV işleminden sonraki mikrobiyal ve fiziksel bulgularını içermektedir. Sürekli akış sisteminde UV doz miktarının ölçülememesi sebebiyle biodozimetrik çalışmalarda çalışılan UV doz miktarı baz alınmıştır. Son bölümde (4.4) sıvı yumurta beyazı için sürekli akış UV reaktor sistemindeki UV dezenfeksiyon bulguları incelenmiştir.

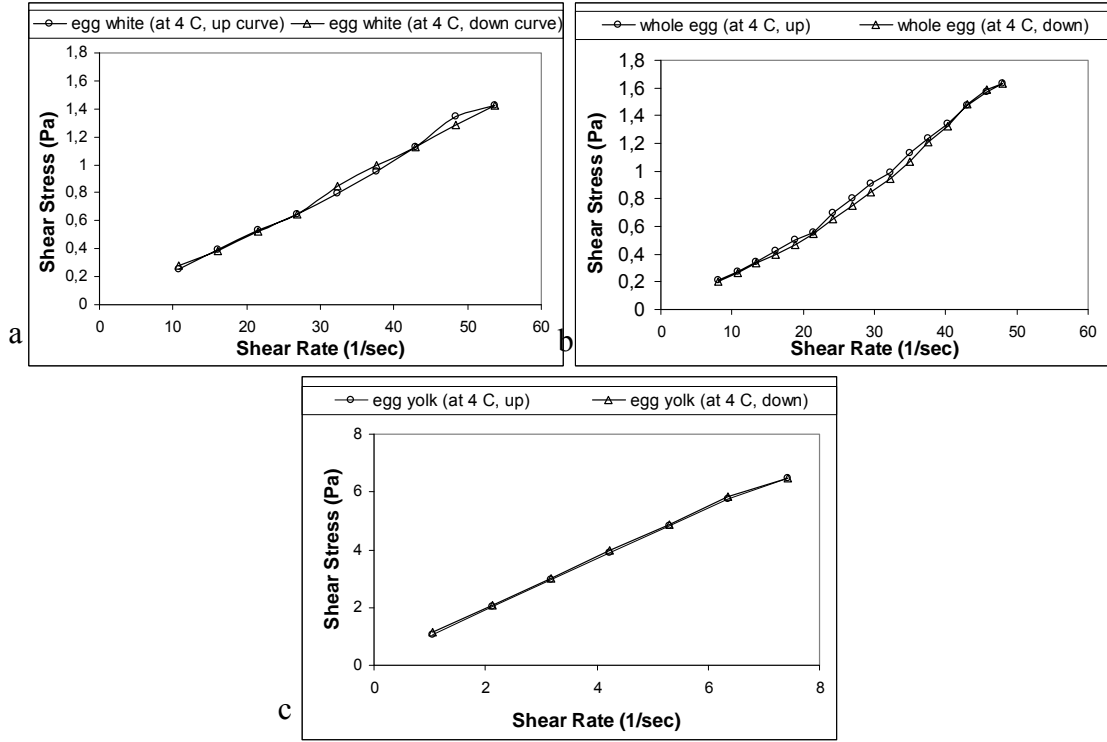
4.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Ve CMC Model Sıvıların Reolojik, Fiziksel ve Optik Ölçümlerinin Sonuçları

4.1.1. Reolojik Ölçümler

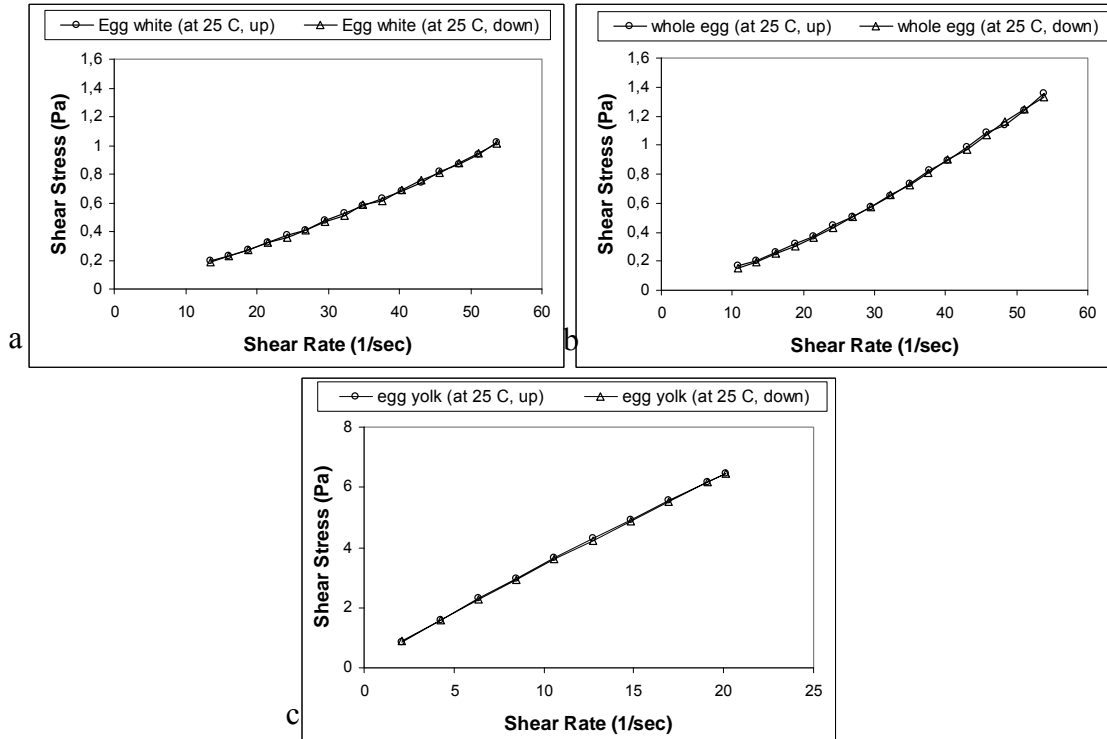
4.1.1.1. Zamana Bağlı Değişim

Sıvı yumurta ürünlerinde karıştırma zamanı arttıkça gözlenen viskozite değişimleri, zamana bağlı davranışı tiksotropik (thixotropic) akış davranışını ortaya koymaktadır. Örnek, sistemden akarken, partiküller ve moleküller arasındaki bağlar kırılır ve yapısal birimlerin boyutlarında oluşan küçülmeler, akışa karşı daha az bir direnç oluşmasını sağlar (Rao 1999).

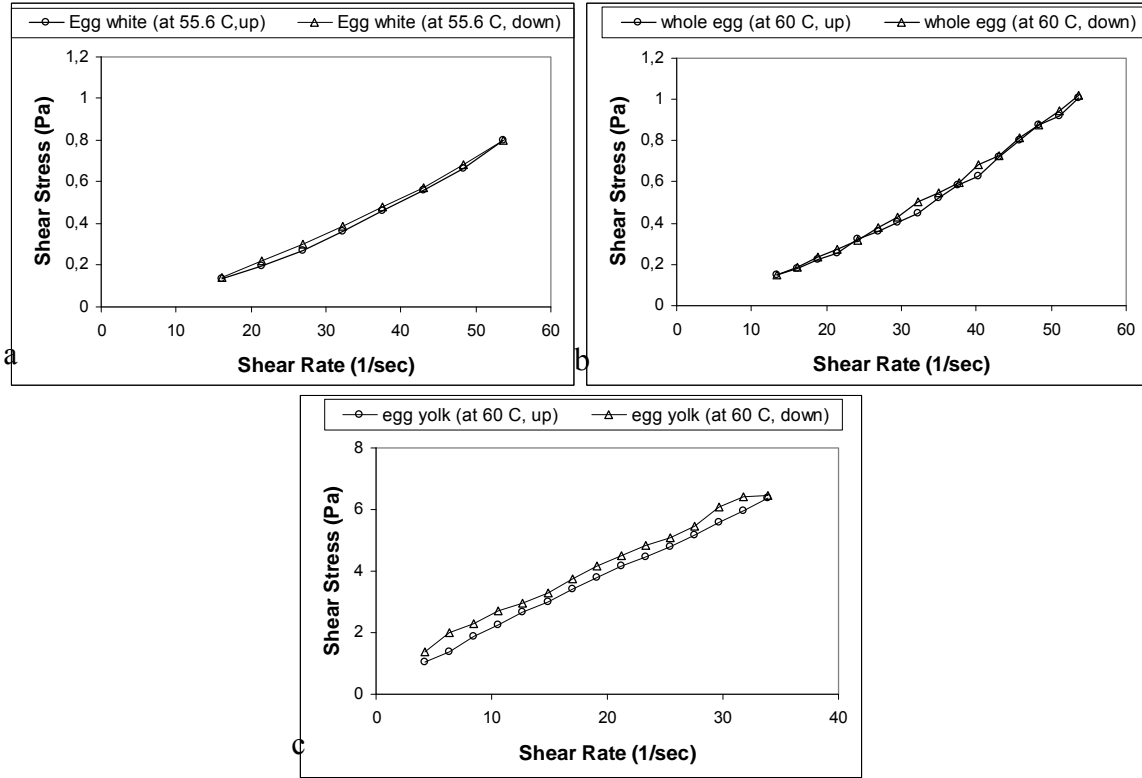
Bu çalışmada, sıvı yumurta ürünlerindeki tiksotropik akış davranışları, farklı sıcaklıklarda histerezis (hysteresis) aralıklarının gözlenmesiyle anlaşılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.1.,4.2.ve 4.3' te verilmektedir.



Şekil 4.1. 4 °C' de sıvı yumurta ürünlerinin tiksotropisi (a) Sıvı yumurta beyazı (b) Karışık sıvı yumurta (c) Sıvı yumurta sarısı



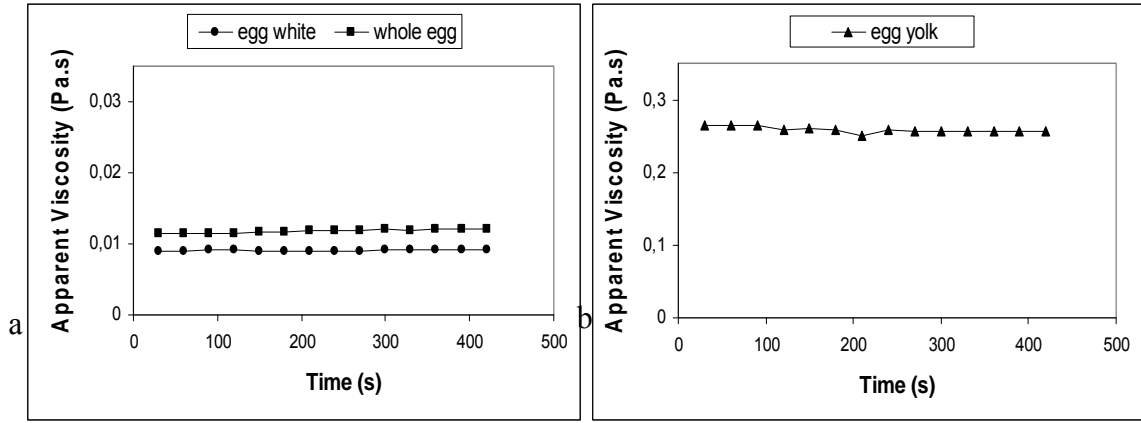
Şekil 4.2. 25 °C' de sıvı yumurta ürünlerinin tiksotropisi (a) Sıvı yumurta beyazı (b) Karışık sıvı yumurta (c) Sıvı yumurta sarısı



Şekil 4.3. Pastörizasyon sıcaklığında sıvı yumurta ürünlerinin tiksotropisi (a) Sıvı yumurta beyazı (at 55.6 °C) (b) Karışık sıvı yumurta (at 60°C) (c) Sıvı yumurta sarısı (at 60 °C).

Sıvı yumurta beyazının ve karışık yumurtanın, pastörizasyon sıcaklıklarında düşük histerezis özelliği göstermesinin yanında sıvı yumurta sarısı, 60 °C sıcaklıkta yüksek histerezis özelliği göstermiştir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere hiçbir sıvı yumurta ürününün düşük kayma oranlarında 4 ve 25 °C sıcaklıklarda tiksotropi göstermedikleri anlaşılmıştır. Bu durum, ayrıca belirli zaman aralıklarında kaydedilen görünen viskozite değerleriyle de açıklanmıştır (Şekil 4.4.). Düşük kayma gerilimlerinde sıvı yumurta ürünleri 25 °C sıcaklıkta, zamana bağlı bir özellik göstermemişlerdir.

Sonuç olarak, sıvı yumurta beyazının ve karışık sıvı yumurtanın 4 °C ile 60 °C sıcaklık aralığında zamana bağlı bir değişim göstermediği anlaşılmıştır. Bununla birlikte yüksek protein içeriğine sahip sıvı yumurta sarısının reolojik özellikleri ise 60 °C sıcaklıkta ısıya olan duyarlılığı sebebiyle kimyasal yapısında oluşan bozulmaların da etkisiyle (proteinlerin koagülasyonu) zamana bağlı değişim göstermektedir. Bu sebepten sıvı yumurta sarısı 4 °C ila 25 °C arasında zamandan bağımsız, pastörizasyon sıcaklığında ise zamana bağlı bir reolojik özelliğe sahiptir.



Şekil 4.4. (a) 25 °C’ de sıvı beyaz yumurta ve sıvı karışık yumurtada zamana bağlı reolojik değişiklikler (kayma oranı 16.12 s⁻¹) (b) 5 °C’ de yumurta sarısında zamana bağlı reolojik değişiklikler (kayma oranı 8.48 s⁻¹)

4.1.1.2. Reolojik Parametreler

Sıvı yumurta ürünleri için en uygun akış davranışının belirlenmesi amacıyla, farklı reolojik modeller (Newtonian, Herschel- Bulkley ve Power Law) test edilmiştir. Taze sıvı yumurta ürünlerinin reolojik parametreleri Tablo 4.1’ de özetlenmektedir. Regresyon katsayısı (r^2), her durum için 0.99 değerinden daha yüksektir ($p < 0.05$). Standart sapma (S_{est}) değerleri 0.16 değerinden daha düşüktür ve seçilen modelin uygunluğunu gösterir (Ek 1).

Kayma gerilimi-kayma oranı verilerinin Herschel-Bulkley modeline göre ilişkilendirilmesi sonucunda (3.6.) sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurtada yield stress gözlemlenmiştir (Tablo 4.2.). Sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurtanın, bu modelden elde edilen akış davranışı indeksi (n) değerleri 0.9290-0.9878 aralığında değişmektedir ve, bu ürünlerin psüdoplastik bir karaktere sahip olduklarını kanıtlar. “ n ” değerinin 0.9 ve daha yüksek çıkması ise bu ürünlerin Newtonian akış davranışı gösterdiklerini ve mühendislik hesaplamalarında Newtonian sıvı olarak tanımlandıklarını ifade edilmektedir (Scalzo ve arkadaşları 1970).

Her iki ürün için kıvamlılık indeksi (K) 0.021-0.038 Pa.s ^{n} aralığında, sıcaklık artışına paralel olarak, düşen bir davranış gösterir. Sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurtanın kayma gerilimi-kayma oranı verileri, Newtonian model (3.4.) içinde de kullanılmıştır. Newtonian viskozite değerleri 0.017 ve 0.037 Pa.s aralığında bulunmuştur.

Tablo 4.1. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Farklı Sıcaklıklarda Akış Parametreleri

Herschel-Bulkley Modeli					
Ürün	Sıcaklık (°C)	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n	r ²	S _{est}
Karışık Yumurta	4	0.038	0.9878	0.991	0.0325
	25	0.030	0.9720	0.992	0.0138
	60	0.028	0.9290	0.980	0.0252
Yumurta Beyazı	4	0.032	0.9607	0.995	0.1421
	25	0.024	0.9545	0.992	0.1609
	55.6	0.021	0.9436	0.986	0.0219
Newtonian Modeli					
	Sıcaklık (°C)	Viscosity (Pa.s)		r ²	S _{est}
Karışık Yumurta	4	0.037		0.993	0.0402
	25	0.028		0.991	0.0365
	60	0.021		0.986	0.0343
Yumurta Beyazı	4	0.028		0.994	0.0336
	25	0.020		0.994	0.0213
	55.6	0.017		0.989	0.0254
Power Law Modeli					
	Sıcaklık (°C)	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n	r ²	S _{est}
Yumurta Sarısı	4	1.013	0.9324	0.999	0.0045
	25	0.438	0.8970	1	0.0016
	60	0.284	0.8777	0.999	0.0073

Tablo 4.2. Farklı Sıcaklıklardaki Yield Stress Değerleri

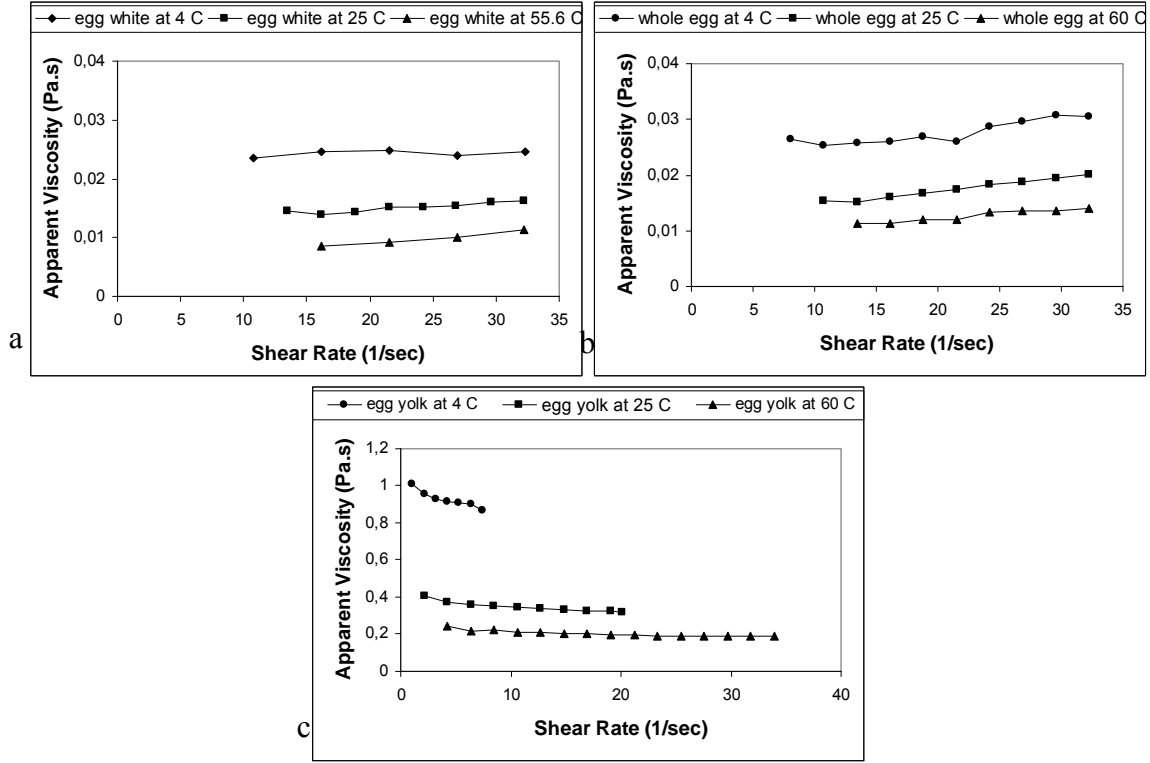
Ürün	Sıcaklık (°C)	Yield Stress (Pa)
Karışık Yumurta	4	0.1654
	25	0.2049
	60	0.1947
Yumurta Beyazı	4	0.0704
	25	0.1157
	55.6	0.1799

Bulguların tümü Scalzo ve arkadaşlarının, Hamid Samimi ve arkadaşlarının ve Hamid-Samimi-Swartzel'in çalışmasının bulguları ile örtüşmektedir (Scalzo ve arkadaşları 1970, Hamid Samimi ve arkadaşları 1984, Hamid-Samimi ve Swartzel 1985). Çalışmalara göre sıvı yumurta beyazı ve karışık yumurta, 60 °C sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda Newtonian ve psüdoplastik özellik göstermektedir. Tung ve arkadaşları da sıvı yumurta beyazının pastörizasyon sıcaklığında psüdoplastik özellik gösterdiğini kanıtlamışlardır (Tung ve arkadaşları 1971).

Şekil 4.1., 4.2. ve 4.3' te olduğu gibi, sıvı yumurta sarısında, tüm sıcaklıklarda oluşan kayma gerilimi-kayma oranı ilişkisi doğrusal değildir. 4 ile 60 °C arasında sıvı yumurta sarısının deneysel verileri, Power Law metodu ile uyumluluk göstermiştir. Kıvamlılık sabiti değeri ise (K) 0.28-1.013 Pa.sⁿ arasında değişirken akış davranışı indeksi (n) 0.87 ve 0.93 aralığında psüdoplastik davranış sergilemektedir. Sıvı yumurta sarısı, kimyasal yapısına bağlı olarak Non-Newtonian ve "shear-thinning" (psüdoplastik) davranış göstermektedir, Bunun nedeni de yumurtadaki yağ içeriği tamamen yumurta sarısında toplanmış olmasına bağlanabilir. Hemen hemen tüm yumurta sarısı yağı, yüksek yoğunluk, düşük yoğunluk ve çok düşük yoğunluk değerlerine sahip olarak sınıflandırılan lipoprotein formundadır (Lee 2002). Bu tür yüksek moleküler ağırlıktaki polimerler, düşük konsantrasyonlarda bile viskoziteyi yükseltici etkiye sahiptirler (Damodaran 1996). Bulgular, daha evvel rapor edilen çalışmalarla da örtüşmektedir (Kaufman ve arkadaşları 1968, Ibarz ve Sintes 1989, Punidadas ve McKellar 1999, Telis-Romero ve arkadaşları 2006).

4.1.1.3. Sıcaklık Etkisi

Her sıvı yumurta ürünü için, sıcaklığın, farklı kayma oranlarında viskozite üzerinde etkisi, Şekil 4.5' te verilmiştir. Sıvı yumurta ürünlerinde görünür (apparent) viskozite değerleri, sıcaklığın artmasıyla beraber düşmektedir. Arrhenius tipi denklem (3.8) sıcaklığın reolojik değerler üzerindeki etkisinin sayısal olarak belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu eşitliğin doğrusal versiyonu deneysel veriler kullanılarak uygulanmış ve her bir ürün için akış aktivasyonu enerjisi hesaplanmıştır. Akış aktivasyonu enerjisi sonuçları Tablo 4.3' de gösterilmiştir. Sıvı yumurta sarısının, diğerlerine nazaran daha yüksek bir akış aktivasyon enerjisine (E_a) sahip olduğu ve sıcaklığa karşı daha hassas bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Bu da, ısıl pastörizasyon işlemlerinde, sıvı yumurta sarısının daha dikkatle kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.5. Viskozitenin kayma oranına (shear rate, s^{-1}) bağlı sıcaklık hassasiyeti (a) Sıvı yumurta beyazı (b) Karışık sıvı yumurta (c) Sıvı yumurta sarısı

Tablo 4.3. Taze Sıvı Yumurta Ürünlerinin Akış Aktivasyon Enerjileri

Product	E_a (J/mol)	r^2
Karışık Yumurta	10,523.86 ^a	0.9728
Yumurta Beyazı	15,495.63 ^a	0.9912
Yumurta Sarısı	20,095.76 ^b	0.9813

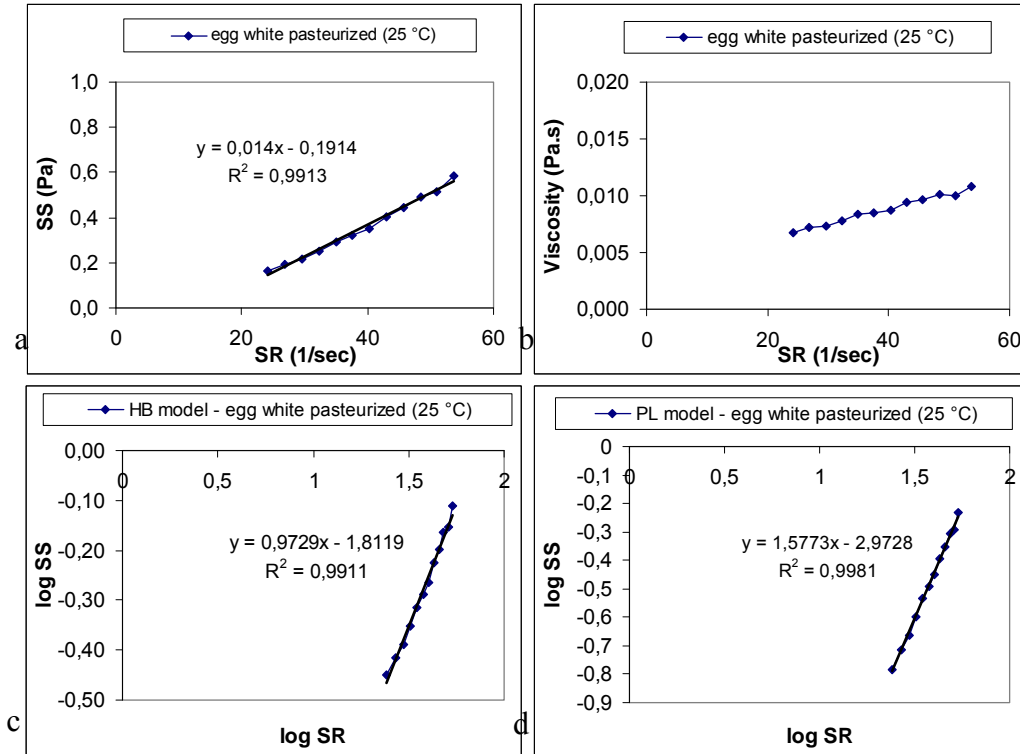
^a 16.12 s^{-1} kayma oranı değerinden hesaplanmıştır

^b 8.48 s^{-1} kayma oranı değerinden hesaplanmıştır

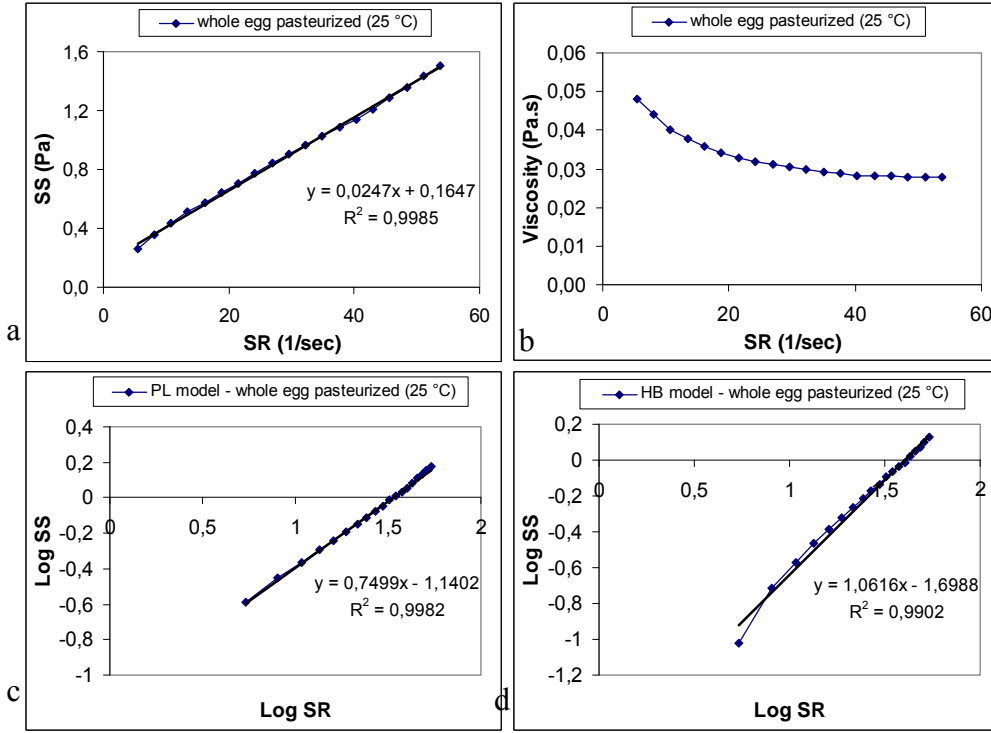
Taze yumurtada olduğu gibi, pastörize edilmiş yumurtaların akış davranışları için de, Herschel Bulkley, Power Law ve Newtonian modeller kullanılmıştır. Tablo 4.4. sıvı yumurta ürünlerinin, uygun modellerle bulunmuş reolojik parametreleri özetlenmiştir. Herschel Bulkley, Power Law ve Newtonian modeller kullanılmak suretiyle kayma gerilimi-kayma oranı ilişkisi ile oluşturulan reolojik özellik eğrileri Şekil 4.6, 4.7 and 4.8. de gösterilmektedir.

Tablo 4.4. Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik Ölçümlerinin Sonuçları

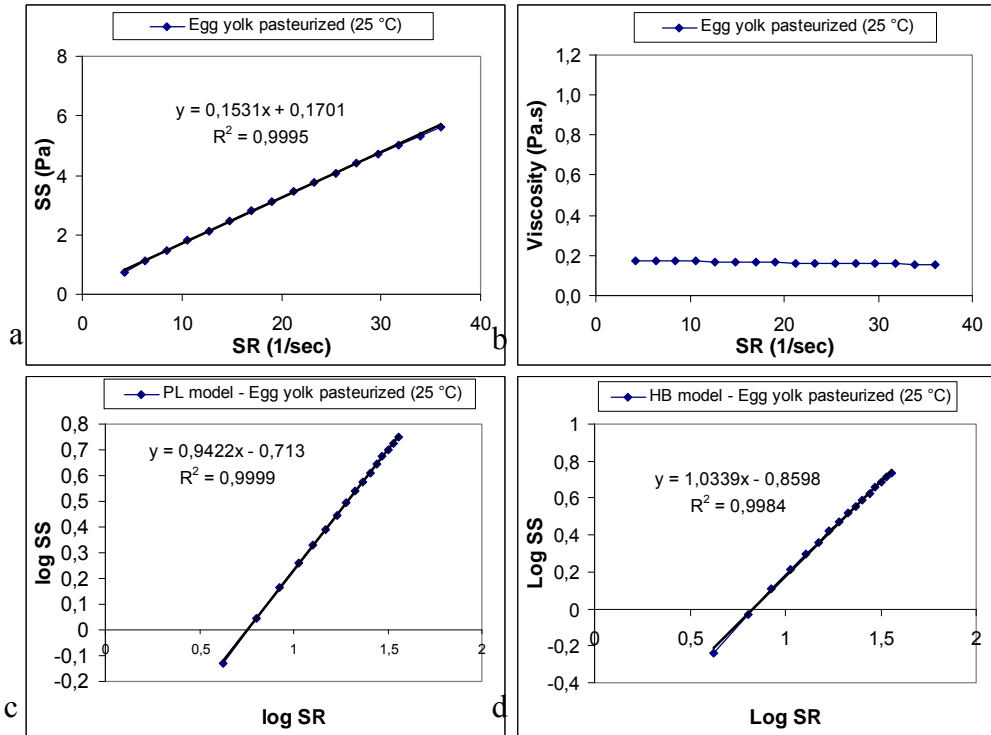
Herschel-Bulkley Modeli			Power Law Modeli		
Ürün (pastörize)	Sıcaklık (°C)	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n
Karışık Yumurta	25	0.020	1.0616	0.0724	0.7499
Yumurta Beyazı	25	0.015	0.9729	-	-
Newtonian Model					
	Sıcaklık (°C)	Viskozite (Pa.s)	r ²	S _{est}	
Karışık Yumurta	25	0.0247	-	-	
Yumurta Beyazı	25	0.014	-	-	
Yumurta Sarısı	25	0.153	-	-	
Power Law Modeli					
	Sıcaklık (°C)	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n	r ²	S _{est}
Yumurta Sarısı	25	0.1936	0.9422		



Şekil 4.6. Pastörize sıvı yumurta beyazı için (a) Kayma gerilimi -kayma oranı (b) viskozite-kayma oranı eğrileri (c) Herschel-Bulkley modeline göre Log SS-Log SR eğrisi (d) Power Law modeline göre Log SS-Log SR eğrisi



Şekil 4.7. Pastörize karışık sıvı yumurta için (a) Kayma gerilimi -kayma oranı (b) viskozite-kayma oranı eğrileri (c) Power Law modeline göre Log SS-Log SR eğrisi (d) Herschel-Bulkley modeline göre Log SS-Log SR eğrisi



Şekil 4.8. Pastörize sıvı yumurta sarısı için (a) Kayma gerilimi -kayma oranı (b) viskozite-kayma oranı eğrileri (c) Power Law modeline göre Log SS-Log SR eğrisi (d) Herschel-Bulkley modeline göre Log SS-Log SR eğrisi

Herschel-Bulkley model kullanılarak oluşturulan pastörize edilmiş sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurtanın akış davranışı indeksine (n) göre, bu ürünlerin de oda sıcaklığında psüdoplastik özellikte oldukları gözlemlenmiştir (Şekil 4.6., 4.7.). Öte yandan kayma gerilimi-kayma oranı verilerinden yola çıkılarak, yumurta sarısı için en uygun modelin Power Law modeli olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.).

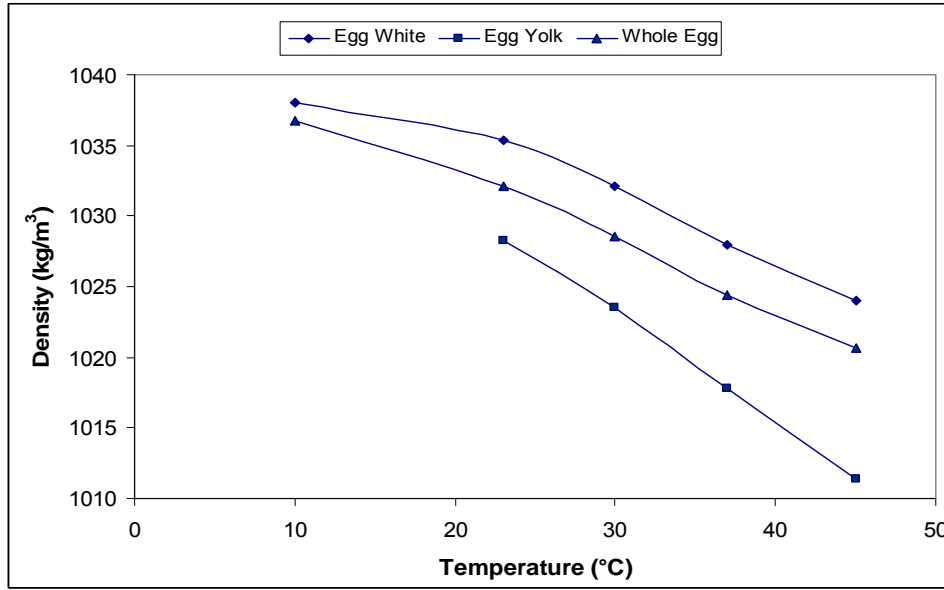
Pastörize yumurta sarısı için, oda sıcaklığında kayma gerilimi-kayma oranı doğrusal olmayan bir davranış sergilemiştir. Bu sebepten sıvı yumurta sarısının deneysel verileri, Power Law modele göre uyarlanmıştır. Kıvamlılık indeksi değeri (K) 0.1936 Pa.sⁿ ve akış davranışı indeksi (n) psüdoplastik davranışı kanıtlayan 0.9422 olarak bulunmuştur.

Taze ve pastörize edilmiş yumurta ürünlerinin reolojik özelliklerinin karşılaştırılması sonucunda (Tablo 4.1 and 4.4), yumurta beyazı için oda sıcaklığında Herschel-Bulkley Modeli uygulanmak suretiyle hesaplanan kıvamlılık ve akış davranış indekslerinde önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Aynı modele göre, taze ve pastörize edilmiş beyaz yumurtanın akış davranış indeksleri arasındaki farklılık (1.0616 ve 0.9720) ısıl işlemdeki sıcaklığın etkisi olarak açıklanabilir. Bunun yanında, Newtonian modeli, vizkozite değerlerindeki benzerlik sebebiyle, pastörizasyon etkisinin fazla olmadığını ortaya koymaktadır. Power Law modeli, denature olabilecek protein miktarının beyaz ve karışık yumurtaya göre fazla olması nedeni ile ve aynı zamanda K ve n değerlerindeki farklılıklardan ötürü, pastörizasyon etkisinin en yoğun görüldüğü yumurta ürününün sıvı yumurta sarısı olduğunu ortaya koymaktadır.

4.1.2. Fiziksel Ölçümler

Tüm ürünlerin yoğunlukları, sıcaklık arttıkça azalmaktadır (Şekil 4.9). Yoğunluk (ρ) bilgileri polinom modeline göre uygulanmıştır (Tablo 4.5.). Regresyon katsayılarının (r^2) tümü 0.99 ($p < 0.05$) değerinden yüksek ve standard sapma değerleri de (S_{est}) 1.1845 civarındadır. Sonuçlar, Punidadas ve McKellar' ın çalışmalarıyla uyum içerisindedir (Punidadas and McKellar 1999).

Ayrıca yumurta ürünlerinin kalitelerini belirlemek amacı ile pH ve toplam kuru madde (% ağırlık) analizleri gerçekleştirilmiştir. pH verileri Tablo 4.6 da verilmiştir. Yumurta ürünlerinin pH değerlerinin de sıcaklık arttıkça azalma gösterdiği ortaya konmuştur.



Şekil 4.9. Farklı taze yumurta sıvısı örneklerinin sıcaklığa bağlı yoğunluk sonuçları.

Tablo 4.5. Taze Sıvı Yumurta Ürünlerinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Yoğunluk Sonuçları

Ürün	Sıcaklık Aralığı (°C)	Denklem ¹	r ²	S _{est}
Yumurta Beyazı	4-55.6	$\rho = -0.0074T^2 - 0.0039T + 1038.9$	0.9943	1.1845
Yumurta Sarısı	4-60	$\rho = -0.0036T^2 - 0.272T + 1039.9$	0.9968	1.6488
Karışık Yumurta	4-60	$\rho = -0.0037T^2 - 0.52T + 1042.3$	0.9997	0.1756

¹T sıcaklık (°C)

Toplam kuru madde sonuçları için belirlene standart sapma değerleri sarı yumurta için 0.307, beyaz yumurta için 0.060, ve karışık yumurta için 0.079 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 4.7' de özetlenmektedir.

Tablo 4.6. Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Farklı Sıcaklıklarda pH Değerleri

Ürün	Sıcaklık (°C)	pH	
		Taze	Pastörize
Yumurta Beyazı	4	9.43	
	25	9.14	6.72
	55.6	8.61	
Yumurta Sarısı	4	6.25	
	25	6.13	6.42
	60	5.92	
Karışık Yumurta	4	8.00	
	25	7.96	7.46
	60	7.74	

Tablo 4.7. Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Toplam Katı Madde İçerikleri

Ürün	Toplam Katı (%)	
	Taze Yumurta Ürünleri	Pastörize Yumurta Ürünleri
Yumurta Beyazı	12.60	11.50
Yumurta Sarısı	48.87	41.0
Karışık Yumurta	25.10	23.50

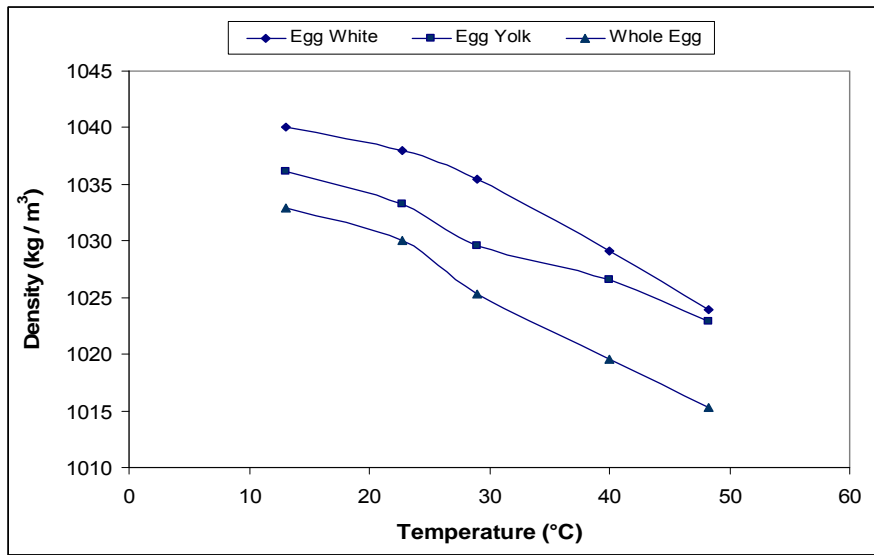
Pastörize edilmiş sıvı yumurta ürünlerinin yoğunlukları da Bölüm 3.2.3.1. deki gibi ölçülmüştür. Şekil 4.10 da ise sıcaklığa bağlı yoğunluk eğrisi gösterilmektedir. Bunun yanında, Tablo 4.8. sıcaklığa bağlı yoğunluk fonksiyonlarını göstermektedir. Taze sıvı yumurta ürünlerinde olduğu gibi, regresyon katsayısı (r^2) 0.99 dan büyüktür ($p < 0.05$) ve standart sapma değerleri (S_{est}) ise 5.1555 değerini geçmez. Pastörize edilmiş sıvı yumurta beyazı için hesaplanmış standart sapma değeri ise, taze yumurtaninkinden düşüktür. Bununla birlikte, termal ısı işlemin etkilerinin bir sonucu olarak pastörize edilmiş sıvı yumurta sarısı

ve karışık sıvı yumurta örneklerinin yoğunluk değerleri, taze yumurtaya göre daha yüksek standart sapma değerleri vermektedir.

Tablo 4.8. Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Yoğunluk Sonuçları

Ürün	Sıcaklık Aralığı (°C)	Denklem ¹	r ²	S _{est}
Yumurta Beyazı	4-55.6	$\rho = -0.0002T^3 - 0.0264T^2 + 0.5379T + 1037.1$	0.9985	0.0319
Yumurta Sarısı	4-60	$\rho = -0.0046T^2 - 0.1499T + 1039.4$	0.9933	5.1555
Karışık Yumurta	4-60	$\rho = -0.0002T^3 - 0.0169T^2 + 0.0115T + 1036.2$	0.999	3.2856

¹T sıcaklık (°C)



Şekil 4.10. Farklı pastörize yumurta sıvısı örneklerinin sıcaklığa bağlı yoğunluk sonuçları

4.1.3. Optik Ölçümler

Taze sıvı yumurta örneklerinin absorbans değerleri, değişik seyreltme oranlarında (1:50, 1:100, 1:250, 1:500 and 1:1000) 254 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Absorbans sabiti (katsayısı) (A_{254}) değerleri hesaplanmıştır. Bu sabiti hesaplamak için aşağıdaki korelasyondan faydalanılmıştır.

$$A_{254} = abs * df \quad (4.1)$$

L spektrometre küvetinin ölçüm uzunluğunu, (10 mm her ölçüm için) temsil eder. Sonuçlar Tablo 4.9’ da verilmişlerdir.

Pastörize edilmiş sıvı yumurta örneklerinin absorbands değerleri de 1/500 seyreltme oranında 254 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Taze yumurta örneklerinde olduğu gibi absorbands sabiti (4.1) ile hesaplanmış ve sonuçlar da Tablo 4.9’ da gösterilmişlerdir. Isısal pastörizasyon işleminin de etkisiyle, pastörize edilmiş sıvı yumurta örneklerinden elde edilen absorbands değerleri ile taze yumurtadan elde edilenler arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.9. Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Absorbans Ölçümlerinin Sonuçları

Ürün	A_{254}	
	Taze Yumurta Ürünleri	Pastörize Yumurta Ürünleri
Yumurta Beyazı	873	104.65 ± 6.22
Yumurta Sarısı	345,7	630.75 ± 6.64
Karışık Yumurta	336,2	807.5 ± 1.62

Absorbans verilerinin ışığında UV light geçirgenliği, beyaz yumurtada diğer ürünlere göre çok daha fazladır. Sadece absorbands verilerinin yardımıyla değil, türbidite ve renk analizleri de UV light geçirgenliğindeki farklılıkları ortaya koymaktadır. Taze ve pastörize sıvı yumurta örneklerindeki türbidite sonuçları Tablo 10.’ da ve renk sonuçları da Tablo 4.11.’ de gösterilmektedir. Taze ve pastörize yumurta örneklerinin türbidite değerleri arasında farklılıkların bulunduğu, karışık sıvı yumurta ve sıvı yumurta sarısının ise yüksek protein ve yağ içeriği nedeniyle birbirlerine çok yakın değerlerde yüksek türbidite değerlerine sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Tablo 4.10. Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Türbidite Ölçümlerinin Sonuçları.

Ürün	Türbidite (NTU)	
	Taze Yumurta Ürünleri	Pastörize Yumurta Ürünleri
Yumurta Beyazı	62,86	398 ± 8.86
Yumurta Sarısı	7147,625	8114.25 ± 33.50
Karışık Yumurta	8807,62	8369.83 ± 91.01

Tablo 4.11. Taze ve Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Renk Ölçümlerinin Sonuçları

Ürün	Taze Yumurta Ürünleri			Pastörize Yumurta Ürünleri		
	L* ¹	a* ²	b* ³	L*	a*	b*
Yumurta Beyazı	21,07	-0,67	2,99	29,08	-0,15	-0,41
Yumurta Sarısı	52,00	6,72	51,42	56,75	2,95	47,15
Karışık Yumurta	62,34	3,62	40,55	58,73	2,71	29,44

¹ Parlaklık

² Kırmızılık-yeşillik

³ Sarılık-mavilik

Yumurta sarısı ve karışık yumurta, içerdikleri yoğun protein muhteviyatı sebebiyle beyaz yumurtadan daha turbid bir yapıya sahiptir. Bunun yanında, parlaklığı en yüksek yumurta ürünü sıvı yumurta beyazıdır, sarılık oranı en yüksek ürün de sıvı yumurta sarısı olarak ölçülmüştür. Sıvı yumurta beyazının diğerlerine nazaran UV ışığını daha iyi geçirdiği ortaya konmuştur.

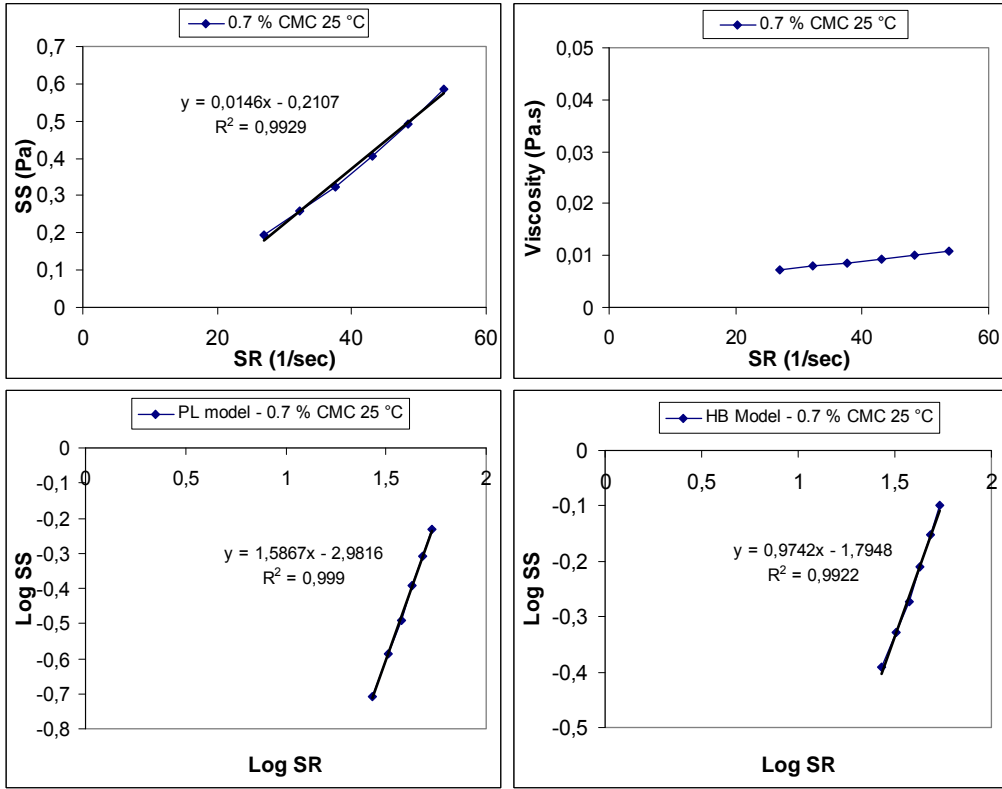
4.1.4. CMC Model Sıvıların Reolojik ve Fiziksel Ölçümleri

Model sıvıların (0.7, 1.25 and 3.5 % CMC) oda sıcaklıklarındaki reolojik özellikleri, sıvı yumurta ürünlerinin reolojik özelliklerine en uygun konsantrasyondaki model sıvısının belirlenmesi amacıyla, değişik reolojik modeller yardımıyla (Newtonian, Herschel-Bulkley ve Power Law) tespit edilmeye çalışılmıştır. 0.7 % CMC model sıvısının reolojik eğrileri Şekil 4.11' de gösterilmiştir. Model sıvıların reolojik parametreleri ise Tablo 4.12.' de özetlenmiştir.

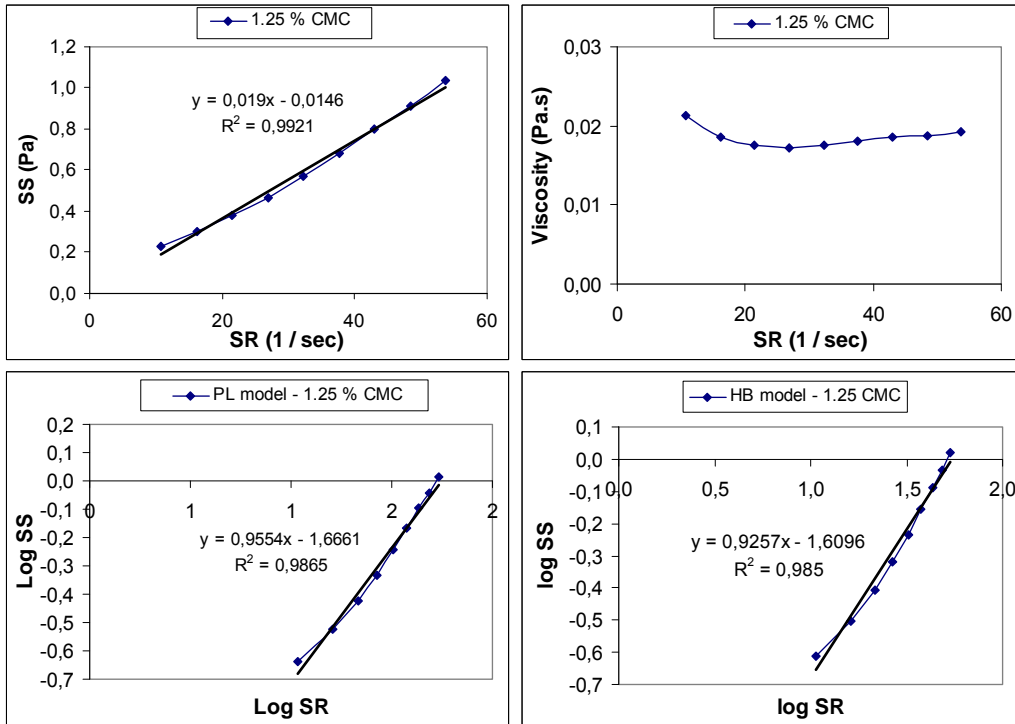
Akış davranışı indeksi (n) 0.7-4.0 % CMC aralığındaki model sıvı örnekleri için 0.9257 ila 1.1062 arasında değişen değerlere sahiptir. Kıvamlilik indeksi (K) ise Herschel-Bulkley modeline göre 0.002-0.172 Pa sⁿ aralığında bulunmuştur. 1.25 % CMC model sıvısının akış davranışı indeksi ve kıvamlilik indeksi, karışık sıvı yumurtaninkilere çok benzemektedir. Bununla birlikte, Newtonian modeline göre 0.7 % CMC model sıvısı da sıvı yumurta beyazını simüle edebilir durumdadır. Power Law modelinin de yardımıyla 3.5 % CMC model sıvısının sıvı yumurta sarısını simüle edebildiği de gözlemlenmiştir.

Tablo 4.12. CMC Model Sıvısının Reolojik Parametreleri

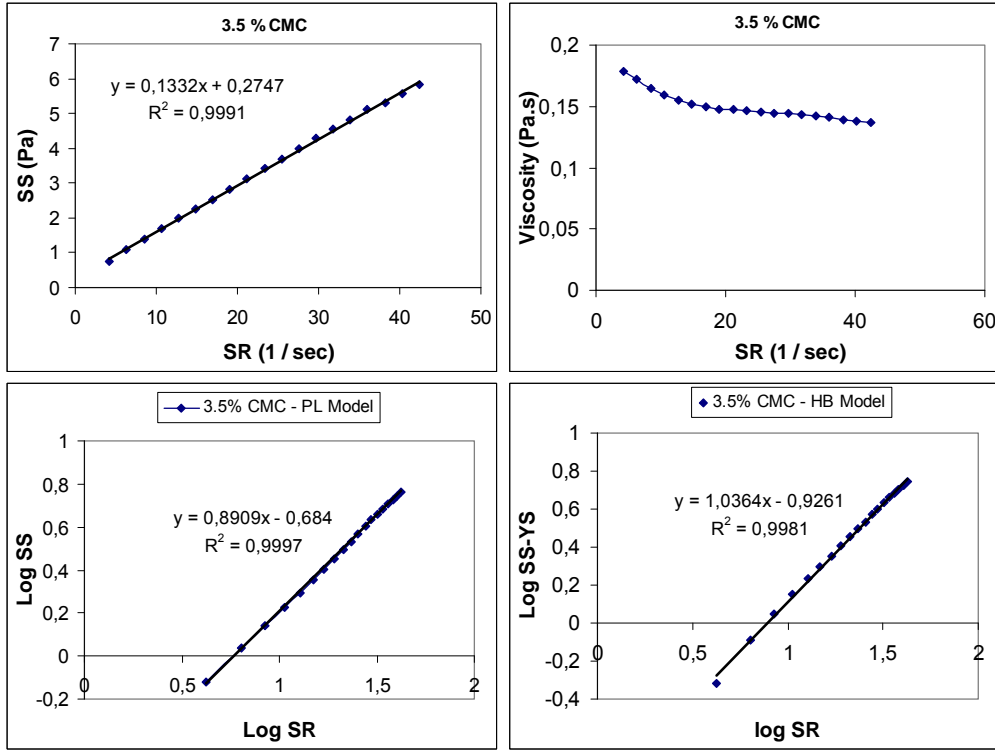
Herschel-Bulkley Modeli			Power Law Modeli		
Ürün (Pastörize)	Sıcaklık (°C)	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n
1.0 CMC	25	0.002	0.9687		
0.7 CMC	25	0.016	0.9742		
1.25 CMC	25	0.0246	0.9257	0.02157	0.9554
2.5 CMC	25	0.0460	1.0899	0.0985	0.8558
3.0 CMC	25	0.0906	0.9814	0.1302	0.8912
3.5 CMC	25	0.1185	1.0364	0.2070	0.8909
4.0 CMC	25	0.172	1.1062	0.412	0.8234
Newtonian Modeli					
	Sıcaklık (°C)	Viskozite (Pa.s)			
1.0 CMC	25	0.017			
0.7 CMC	25	0.0146			
1.25 CMC	25	0.019			
2.5 CMC	25	0.0585			
3.0 CMC	25	0.0853			
3.5 CMC	25	0.1332			
4.0 CMC	25	0.2245			
Power Law Modeli					
	Sıcaklık (°C)	Kıvamlılık indeksi, K (Pa s ⁿ)	Akış Davranışı indeksi, n	r ²	
4.0 CMC	25	0.4121	0.8234	1	
2.5 CMC	25	0.0985	0.8558	0.9999	
3.0 CMC	25	0.1302	0.8912	0.9973	
3.5 CMC	25	0.2070	0.8909	0.9997	
1.25 CMC	25	0.0215	0.9554	0.9865	



Şekil 4.11. 0.7 % CMC model sıvısının reolojik özellikleri



Şekil 4.12. 1.25 % CMC model sıvısının reolojik özellikleri

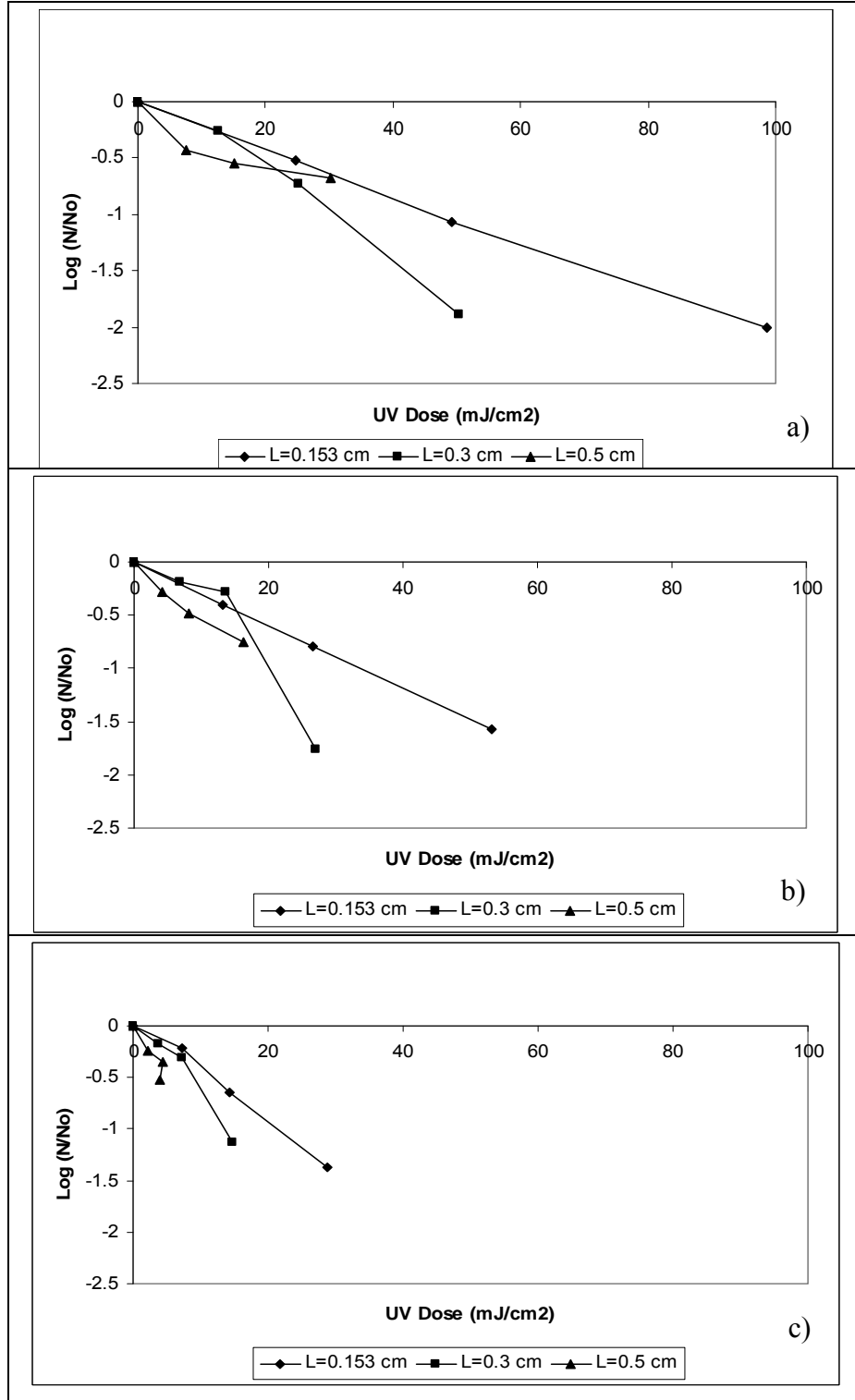


Şekil 4.13. 3.5 % CMC model sıvısının reolojik özellikleri

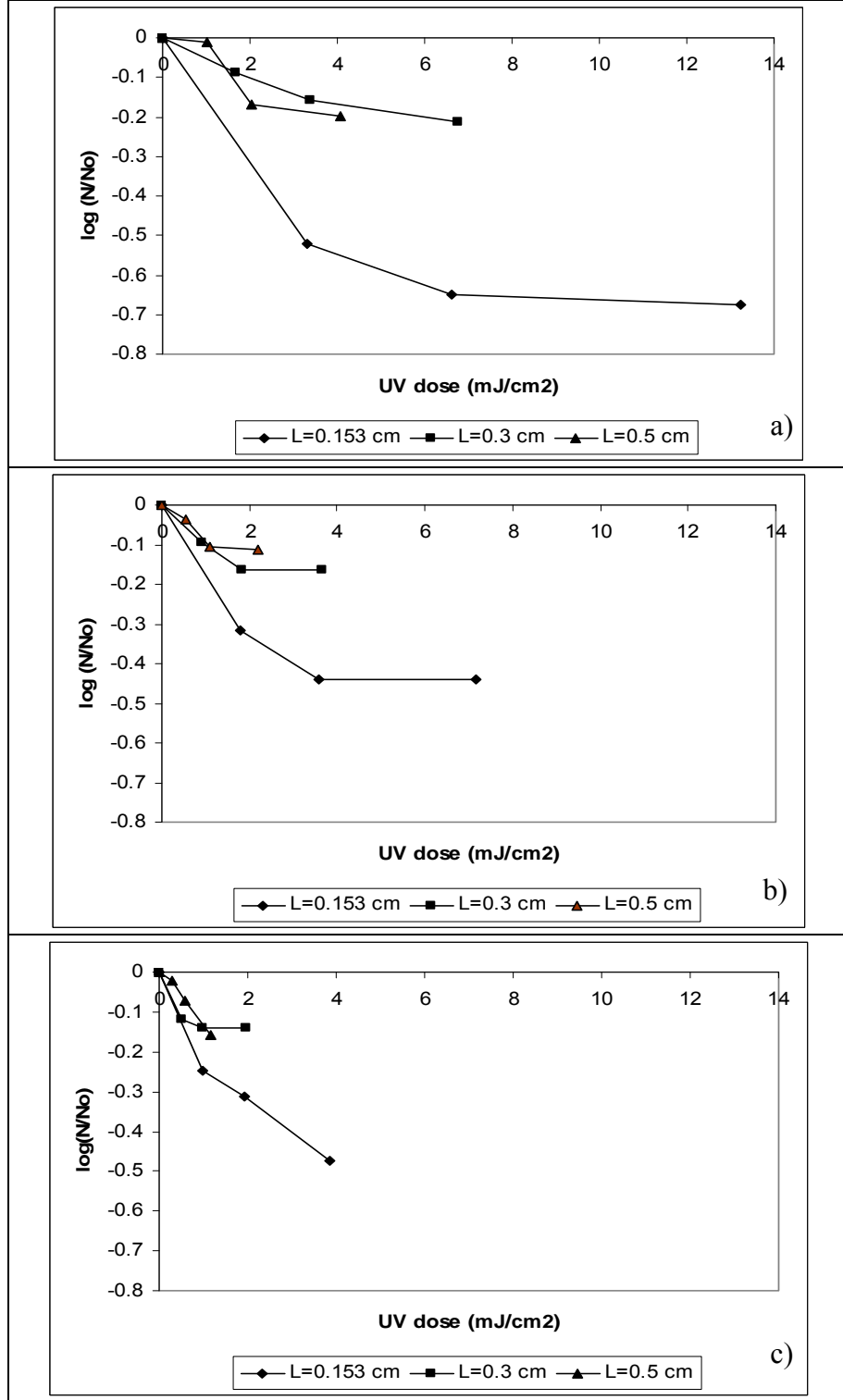
4.2. Bıodozimetric Çalışmaların Mikrobiyolojik Sonuçları

Yumurta beyazı örnekleri için standart perti kaplarında yapılan mikrobiyolojik testlere göre inokulasyon öncesinde *E.coli* bakterisinin, örneklerde bulunmadığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, VRBA ve EMB besiyerleri üzerinde canlı kalabilen mikroorganizmaların sayıları, TSA besiyeri üzerinde sayılara göre bir farklılık göstermemiştir. *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) hücrelerinin UV ışığı altında zarar görmesinden çok inaktive edildikleri gözlemlenmiştir.

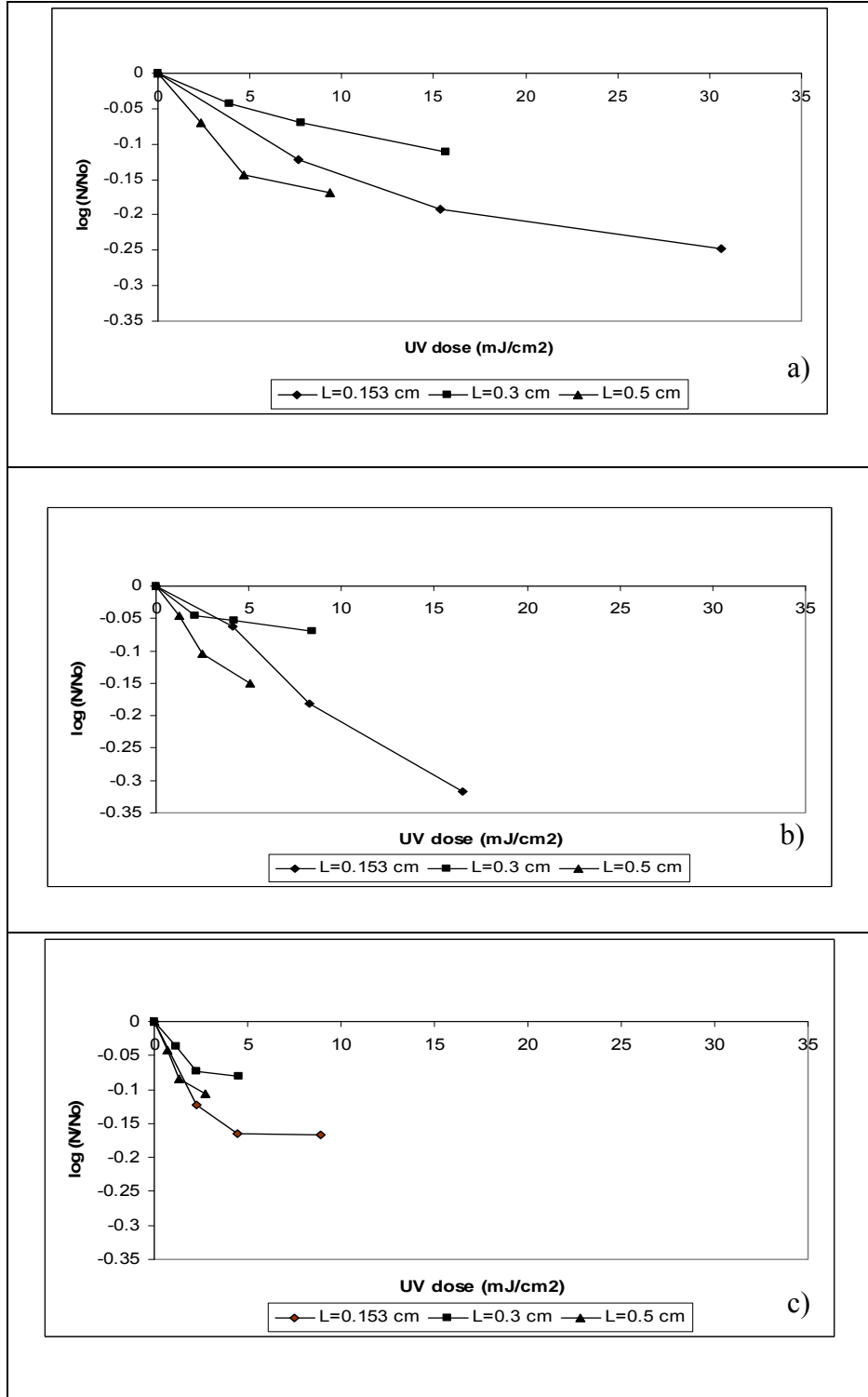
E.coli (NRRL B-253) bakterisinin, sıvı yumurta ürünleri için farklı örnek derinliklerinde ve farklı UV intensite (I_0) değerlerinde UV uygulamadan önce ve sonraki mikrobiyal değişim eğrileri Şekil 4.14., 4.15 ve 4.16.' da gösterilmektedir. İnaktivasyon eğrileri logaritmik azalmaya karşılık ($\log(N/N_0)$) UV doz (mJ/cm^2) değerlerine göre çizilmişlerdir.



Şekil 4.14. Sıvı yumurta beyazında UV-C ışınının farklı sıvı örneği derinliklerinde ve farklı UV intensite değerlerinde *E.coli* (NRRL B-253) üzerideki etkisi (a) I= 1.314 mW/cm², (b) I= 0.709 mW/cm², (c) I= 0.383 mW/cm²



Şekil 4.15. Sıvı yumurta sarısında UV-C ışınının farklı sıvı örneği derinliklerinde ve farklı UV intensite değerlerinde *E.coli* (NRRL B-253) üzerindeki etkisi (a) $I = 1.314 \text{ mW/cm}^2$, (b) $I = 0.709 \text{ mW/cm}^2$, (c) $I = 0.383 \text{ mW/cm}^2$



Şekil 4.16. Karışık sıvı yumurtada UV-C ışınının farklı sıvı örneği derinliklerinde ve farklı UV intensite değerlerinde *E.coli* (NRRL B-253) üzerindeki etkisi (a) $I = 1.314 \text{ mW/cm}^2$, (b) $I = 0.709 \text{ mW/cm}^2$, (c) $I = 0.383 \text{ mW/cm}^2$

4.2.1. Sıvı Yumurta Beyazı

E.coli (NRRL B-253, ATCC 8739) için en iyi logaritmik azalma (2.2-log CFU/ml) sıvı yumurta beyazı örneklerinde, en yüksek UV intensite (1.314 mW/cm²) ve en düşük örnek derinliğinde (0.153 cm) 20 dakikalık bir UV uygulamasından sonra (98 mJ/cm² UV dozda) elde edilmiştir (Şekil 4.14). Ngadi, Smith ve Cayouette (2003), 300 mJ/cm² (5 mW.min/cm²) UV doz uygulamak suretiyle 0.315 mW/cm² sabit UV intensite değerinde, 16 dakika sonunda yumurta beyazında *E.coli* O157:H7 (ATCC 35150) için 3.8-log (CFU/ml) azalmayı 0.1 cm sıvı derinliğinde sağlamışlardır. Çalışmalarında, ortalama UV intensite değerini, Beer-Lambert Kanunu' na nazaran daha yüksek UV doz değerinin hesaplandığı Bouguer-Lambert Kanunu' na göre bulmuşlardır. Logaritmik azalmadaki farklılığın *E.coli* türleri arasındaki farklılıklardan, üründe var olan başlangıç florasından ve sıvı yumurta beyazı örneklerinin absorbans değerlerinden kaynaklanmış olduğu görülmektedir.

Ngadi ve arkadaşları, *E.coli* O157:H7 bakterisinin UV hassasiyetinin, patojen olmayan *E.coli* bakterisine göre daha fazla olduğunu kanıtlamışlardır (Ngadi ve arkadaşları 2003). Bununla birlikte, UV uygulamasından önce sıvı yumurta beyazında *E.coli* hücrelerinin tespit edilmediğini, başlangıç aşamasındaki aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonunun 10³ to 10⁴ CFU/ml civarında olduğu saptanmıştır. Ngadi ve arkadaşları üründe herhangi bir flora tespit etmemişlerdir. Buna ek olarak bu çalışmada kullanılan yumurta beyazı örnekleri, 254 nm dalga boyunda 104.65±6.22 (<0.01 % UV transmitans) lik bir absorbans değerine sahiptir. Ngadi ve arkadaşları, sıvı yumurta beyazının UV transmitans değerini 0.02 % olarak ölçmüşlerdir. UV transmitans değerindeki azalma, UV doz ve UV intensite değerlerinde düşmeye ve daha az inaktivasyon oranına sebebiyet vermiştir (Sommer ve arkadaşları 1997). Sonuç olarak, Ngadi ve arkadaşlarının rapor ettiği çalışma ile karşılaştırıldığında, sıvı yumurta beyazında, *E.coli* (NRRL B-253) için daha yüksek UV doz (98 mJ/cm²) değeri ile daha düşük bir inaktivasyon miktarı (2.2 log) elde edildiği görülmüştür (Ngadi ve arkadaşları 2003). Bunun yanı sıra sıvı yumurta beyazında, en yüksek UV intensite (1.314 mW/cm²), ve en düşük örnek derinliğinde (0.153 cm) 20 dakikalık bir UV uygulaması sonucunda patojen *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728) suşu için 3.2 log CFU/ml logaritmik azalma, *S.typhimurium* (CCM 5445) içinse 2.6 log CFU/ml azalma elde edilmiştir (Ek C).

4.2.2. Sıvı Yumurta Sarısı

Şekil 4.15'de yumurta sarısının değişik UV dozlarda ve farklı derinliklerde inaktivasyon eğrisi verilmiştir. Buna göre sabit UV intensitede derinlik arttıkça log

azalmanın daha az (0.43 log) olduğu görülmüştür. Buna karşılık sabit derinlikte UV intensite arttıkça sağlanan log azalması biraz daha fazla olmuştur (0.67 log). Ayrıca sabit derinlikte ve UV intensitede, süre arttıkça uygulanan UV dozun fazla olması nedeni ile elde edilen log azalmanın da arttığı gözlenmiştir. Ancak *E. Coli* (ATCC 8739) için yumurta sarısında en yüksek dozda UV ışınlama ile elde edilen maximum log azalmanın (0.67 log) yumurta beyazına göre (2 log) daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bunun başlıca nedeni yumurta sarısının absorbands ve türbidite değerinin yumurta beyazına göre oldukça yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 4.9, Tablo 4.10). Dolayısı ile UV ışınları yumurta sarısına daha az nüfuz etmektedir. Sıvı yumurta sarısında, en yüksek UV intensite (1.314 mW/cm^2), ve en düşük örnek derinliğinde (0.153 cm) 20 dakikalık bir UV uygulaması sonucunda patojen tür olan *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728) için 1.25 log CFU/ml logaritmik azalma, *S.typhimurium* (CCM 5445) içinse 0.62 log CFU/ml azalma elde edilmiştir (Ek 2).

4.2.3. Karışık Sıvı Yumurta

Şekil 4.16'da karışık yumurtada *E. coli* (ATCC 8739) suşunun değişik UV dozlarda ve farklı derinliklerde inaktivasyon eğrisi verilmiştir. Karışık yumurta için de, diğer ürünlerde olduğu gibi, sabit UV intensitede derinlik arttıkça log azalmanın daha az olduğunu söylemek mümkündür. En yüksek UV intensitede ve sürede 0.5 cm derinlikte elde edilen log azalma (0.168 log) 0.3 cm'de (0.11 log) elde edilen azalmaya göre biraz farklılık göstermektedir. Genel olarak sabit derinlikte UV intensite arttıkça sağlanan log azalması biraz daha fazla olmakla beraber 0.3 cm derinlikte, maximum log azalması elde edilmiştir. (0.317 log). Ayrıca sabit derinlikte ve UV intensitede, süre arttıkça uygulanan UV dozun fazla olması nedeni ile elde edilen log azalmanın da arttığı gözlenmiştir. Ancak karışık yumurta ile yumurta sarısı karşılaştırıldığında, en az azalmanın karışık yumurtada olduğu gözlenmiştir. Bunun başlıca nedeni karışık yumurtanın absorbands ve türbidite değerinin diğer ürünlere göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 4.9, Tablo 4.10). UV ışınları karışık yumurtaya daha da az nüfuz etmektedir.

Bir önceki denemelerden elde edilen bulgular ışığında log azalmanın en fazla, en yüksek intensitede ($I=1.314 \text{ mW/cm}^2$) ve en düşük derinlikte ($L=0.153 \text{ cm}$) olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın bu bölümünde aynı şartlar altında, yumurta ürünlerinde serotip *E. coli* O157:H7 (ATCC700728) ve *S. typhimirium* (CMC 5445) ile de UV ışınlama denemeleri yapılmıştır. Ek 2 de verilen sonuçlar bir önceki bulgular ile karşılaştırılmıştır.

Yumurta ürünlerinde yapılan deneme sonuçlarına göre, bir önceki denemelerde olduğu gibi başlangıç mikroorganizma sayıları (inokülasyon sayısı) 10^7 - 10^8 olacak şekilde ayarlanan ve 0.153 cm derinlikte yumurta beyazı, sarısı ve karışık yumurta içeren petriler, 1.314 mW/cm² maximum intensitede 0, 5,10 ve 20 dakika UV ışınlamaya tabii tutulmuşlardır. Sonuçlar Ek 2, Şekil A.6 ve Şekil A.7 de gösterilmiştir. Buna göre yumurta beyazına inoküle edilen serotip *E. coli* (ATCC 700728) sayısında 100 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğinde maximum azalma 3.2 log olarak belirlenmiştir. *E. coli* (ATCC 8739) için aynı UV dozda ve derinlikte ise elde edilen maximum log azalma patojen suşa göre daha azdır (2.2 log). Aynı şekilde yumurta beyazına inoküle edilen *S. typhimirium* (CMC 5445) sayısında 100 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğinde maximum azalma 2.6 log olarak belirlenmiştir.

Yumurta sarısına inoküle edilen serotip *E. coli* (ATCC 700728) sayısında 100 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğinde maximum azalma 1.25 log olarak belirlenmiştir. *E. coli* (ATCC 8739) için elde edilen maximum log azalma patojen suşa göre daha azdır (0.67 log). Aynı şekilde yumurta sarısına inoküle edilen *S. typhimirium* (CMC 5445) sayısında 13.25 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğinde maximum azalma 0.62 log olarak belirlenmiştir.

Karışık yumurtada yapılan deneme sonuçlarına göre, yumurta sarısına inoküle edilen serotip *E. coli* (ATCC 700728) sayısında 30.67 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğinde maximum azalma 0.38 log olarak belirlenmiştir. *E. coli* (ATCC 8739) için aynı UV dozda ve derinlikte elde edilen maximum log azalma patojen suşa göre daha azdır (0.25 log). Aynı şekilde karışık yumurtaya inoküle edilen *S. typhimirium* (CMC 5445) sayısında 30.67 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğinde maximum azalma 0.34 log olarak belirlenmiştir.

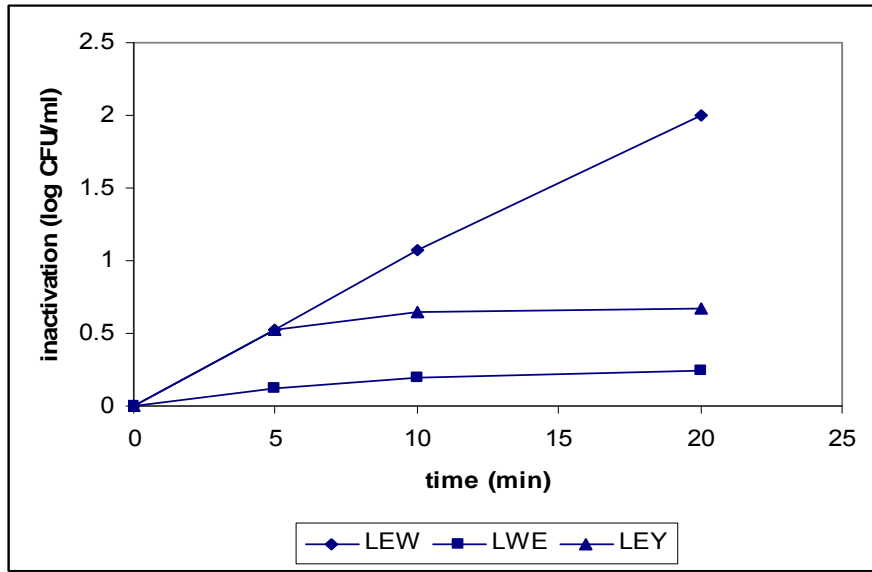
4.2.4. İstatistiksel Analizler

Tam faktöryel analizli istatistiksel yaklaşımda ise faktörler, sıvı yumurta ürünlerinde *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) inaktivasyonu için sıvı derinliği, UV intensite ve UV uygulama zamanı olarak belirlenmiş olup, bu faktörler arasındaki istatistiksel ilişki ortaya konmuştur (Şekil 4.17, Tablo 4.13.). Düşük p değerleri(p < 0.05) faktörün logaritmik azalma

üzerinde 5% etki seviyesinde bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Birçok araştırmacı (Wright ve arkadaşları 2000; Ngadi ve arkadaşları 2003; Yaun ve arkadaşları 2003; Quintero-Ramos ve arkadaşları, 2004; Matak ve arkadaşları 2005 ve Murakami ve arkadaşları 2006) UV dozu *E.coli* inaktivasyonu için en önemli faktör olarak bulmuşlardır. Buna ek olarak, zaman ve UV intensite değerleri arasındaki faktöriyel ilişkinin ise UV ekipmanlarının dizaynında önemli bir rol oynadığı araştırılmıştır (Murakami ve arkadaşları 2006; Sommer ve arkadaşları 1998). Sıvı yumurta ürünlerinde süre, UV intensite ve derinlik faktörlerinin log azalma üzerine olan etkileri istatistiksel olarak varyans analizi (ANOVA) yapılarak da incelenmiştir. Yumurta beyazı için faktörler tek başlarına, ikisi beraber ve üçü beraber olacak şekilde değerlendirilmiş olup Ek 3, Tablo A.7 da sunulmuştur. Tablo A.7'den de görüleceği üzere, her faktör tek başına yumurta beyazının UV inaktivasyonunda önemli bulunmuştur ($P<0.005$). Ayrıca zaman ve intensite ile zaman ve derinlik faktörleri beraber incelendiğinde log azalma üzerinde önemli etkisi olduğu ($p<0.05$) görülürken, intensite ve derinlik faktörlerinin etkisi diğerlerine göre daha önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Yumurta sarısı için süre, UV intensite ve derinlik faktörlerinin log azalma üzerine olan etkileri istatistiksel olarak varyans analizi (ANOVA) yapılarak da incelenmiştir. Faktörler tek başlarına, ikisi beraber ve üçü beraber olacak şekilde değerlendirilmiş olup Ek 3, Tablo A.8 de sunulmuştur. Her faktör tek başına yumurta sarısının UV inaktivasyonunda önemli bulunmuştur ($P<0.005$). Ayrıca süre ve derinlik ile intensite ve derinlik faktörleri beraber incelendiğinde log azalma üzerinde önemli etkisi olduğu ($p<0.05$) görülürken, süre ve intensite faktörlerinin etkisi diğerlerine göre daha önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Karışık yumurta için elde edilen biyodozimetrik sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde süre, UV intensite ve derinlik faktörlerinin log azalma üzerine olan etkileri istatistiksel olarak varyans analizi (ANOVA) yapılarak da incelenmiştir. Faktörler tek başlarına, ikisi beraber ve üçü beraber olacak şekilde değerlendirilmiş olup Ek 3, Tablo A.9 dd sunulmuştur. İntensite dışında süre ve derinlik faktörleri tek başına karışık yumurtanın UV inaktivasyonunda önemli bulunmuştur ($P<0.005$). Ancak süre ve intensite, süre ve derinlik, intensite ve derinlik faktörleri beraber ve üçü bir arada incelendiğinde log azalma üzerine olan etkilerinin önemli olmadığı ortaya konmuştur ($p>0.05$).



Şekil 4.17. *E. coli* (NRRL B-253) inaktivasyonun zamana bağlı değişimi
($I_0 = 1.314 \text{ mW/cm}^2$)

Tablo 4.13. İstatistiksel Sonuçlar: Faktörlerin ve Faktör Etkileşimlerinin *E. coli* (NRRL B-253) için Log_{10} inaktivasyonu üzerindeki etkileri (N/N_0)

Response: log_{10} reduction (N/N_0)	<i>p</i> -value
Factor: time	
LEW	$<10^{-3}$
LWE	$<10^{-3}$
LEY	$<10^{-3}$
Factor: incident intensity	
LEW	$<10^{-3}$
LWE	$>>0.05$, insignificant
LEY	$<10^{-3}$
Factor: depth	
LEW	$<10^{-3}$
LWE	$<10^{-3}$
LEY	$<10^{-3}$
Interaction: time x incident intensity	
LEW	$<10^{-3}$
LWE	$>>0.05$, insignificant
LEY	$>>0.05$, insignificant
Interaction: time x depth	
LEW	$<10^{-3}$
LWE	$>>0.05$, insignificant
LEY	$<10^{-3}$
Interaction: incident intensity x depth	
LEW	$>>0.05$, insignificant
LWE	$>>0.05$, insignificant
LEY	0.014

4.2.5. Sıvı Yumurta Ürünlerinin UV İnaktivasyon Kinetiği

UV inaktivasyon çalışmaları için seçilen hedef mikroorganizma *E. Coli* ATCC 8739 suşunun yumurta ürünlerindeki inaktivasyon kinetiği incelenmiş ve inaktivasyon katsıyısı (k) hesaplanmıştır (Tablo 4.14). Ayrıca patojen olan *E. coli* suşu ve *S. typhimirium* ile yapılan UV inaktivasyon ve kinetik çalışmaların sonuçları da Ek 2, Tablo A.6 da özetlenmiştir. k değerinin düşük olması seçilen suşun uygulanan UV doza dirençli olduğunu, bunun tam tersi ise UV ye dirençsiz olduğunun bir göstergesidir. Literatürde yumurta ürünleri gibi bulanıklığı yüksek olan kirli suların UV dezenfeksiyonunda kullanılan *E. Coli* suşlarının k değerleri 0.055 ile 0.154 cm²/mW.s arasında olduğu bildirilmektedir (Fenner ve Komvuschara, 2005). Buna göre yumurta beyazına inoküle edilen serotip *E. coli* (ATCC 700728)'nin 100 mJ/cm² dozda (20 dakikada, 1.314 mW/cm² UV intensitede) ve 0.153 cm sıvı derinliğindeki k değeri 0.0317 cm²/mW.s olarak hesaplanmıştır. *E. coli* (ATCC 8739) için aynı UV dozda ve derinlikte hesaplanan k değeri ise 0.0204 cm²/mW.s dir ve literatür değerleri ile uyumludur. *S. typhimirium* (CMC 5445) için k değeri 0.0265 cm²/mW.s olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.14. Sıvı Yumurta Ürünlerinde *E.coli* (NRRL B-253) için UV İnaktivasyon Kinetiğinin Parametreleri

Intensite (mW/cm ²)	Derinlik (cm)	Yumurta Beyazı		Karışık Yumurta		Yumurta Sarısı	
		k (cm ² /mJ)	R ²	k (cm ² /mJ)	R ²	k (cm ² /m)	R ²
1.314	0.153	0.0204	0.9987	0.0076	0.8791	0.0445	0.6421
	0.3	0.0386	0.9792	0.0068	0.9661	0.0305	0.9244
	0.5	0.0203	0.7986	0.0176	0.8650	0.0543	0.8222
0.709	0.153	0.0296	0.9999	0.0196	0.9866	0.0551	0.6581
	0.3	0.0657	0.8787	0.0074	0.7952	0.0427	0.7378
	0.5	0.0453	0.9681	0.0299	0.9569	0.0529	0.8252
0.383	0.153	0.0491	0.9907	0.0166	0.6530	0.1134	0.9031
	0.3	0.0776	0.9432	0.0174	0.8206	0.0613	0.5865
	0.5	0.0558	0.9298	0.0381	0.8938	0.1382	0.9836

Yumurta sarısında *E. Coli* (ATCC 8739) suşunun UV inaktivasyon katsıyısı (k) 0.0445 cm²/mW.s olarak hesaplanmıştır. Ayrıca *E. coli* (ATCC 700728) ve *S. typhimirium* (CMC 5445) suşu için hesaplanan k değerleri 0.0839 cm²/mW.s ve 0.0441 cm²/mW.s olarak bulunmuştur. Ancak bu değerler yumurta beyazına göre yüksektir. Bunun nedeni de yumurta

sarısi ile yapılan UV inaktivasyon denemelerinde elde edilen eğrilerin yumurta beyazından farklı olarak sigmoidal özellikte olmasından kaynaklanmaktadır. UV dezenfeksiyonunda tipik olarak görülen bu tip eğrilerin “tailing ve shoulder” kısımları bulunmaktadır ve k değeri non-lineer modellerle hesaplanmaktadır (Fenner ve Komvuschara, 2005). İnaktivasyon eğrilerinin başlangıç kısımlarında oluşan dışbükey (shoulder) kısımlar, UV ışınlama işlemi esnasında oluşan maksimum hücre zedelenmesinin başlangıçtaki etkisini göstermektedir. İçbükey (tailing) ise örnekte mevcut bulunan türbid yapı nedeniyle bakterilerin, örneğe eşit dağılamayan UV ışığından yeteri kadar zarar görememeleri sebebiyle oluşmuş olabilir. Dolayısı ile Chick denkleminde (3.13) göre hesaplanan ve doğrusal bir inaktivasyon eğrisinden elde edilen inaktivasyon sabiti (k) yerine doğrusal olmayan bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda yumurta sarısı için hesapladığımız k değerinin tekrar non-lineer modellere başvurulması gerekmektedir.

Karışık yumurtada *E. Coli* (ATCC 8739) suşunun UV inaktivasyon katsayısı (k) $0.0076 \text{ cm}^2/\text{mW.s}$ olarak hesaplanırken *E. coli* (ATCC 700728) ve *S. typhimirium* (CMC 5445) suşu için k değerleri $0.0126 \text{ cm}^2/\text{mW.s}$ ve $0.0118 \text{ cm}^2/\text{mW.s}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler yumurta beyazında elde edilen k değerlerinden düşüktür. Dolayısı ile söz konusu olan suşların karışık yumurtada UV direncinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Elde edilen log azalmadaki düşük değer de bunu doğrulamaktadır (Bkz. 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3). Ayrıca yumurta ürünlerinde ısısal işlemlerde hedef mikroorganizma olan *S. typhimirium*'un hesaplanan k değerleri yumurta ürünlerinin UV inaktivasyon denemeleri için seçilen *E. Coli* (ATCC 8739) suşunun k değerlerinden daha yüksektir. Dolayısı ile bu tip ısısal olmayan yöntemlerde patojen suşlara göre daha dirençli bir mikroorganizmanın hedef mikroorganizma olarak seçilmesi daha güvenilir ve muhafazakar bir yaklaşım olarak benimsenebilir.

4.2.6. UV Işığının Optik Özellikler Üzerindeki Etkisi

Yumurta ürünlerinin (yumurta beyazı, yumurta sarısı ve karışık yumurta) renk analizleri L^* , a^* , b^* değerleri (CIE) kullanılarak renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Konica Inc., Japonya) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızın bu aşaması için yumurta ürünlerine, en yüksek intensitede ($1.314 \text{ mW}/\text{cm}^2$), farklı derinliklerde (0.153, 0.3, 0.5 cm) ve sürelerde (0, 5, 10, 20 dakika) UV ışınlama işlemi uygulanarak elde edilen bulgular (süre, derinlik ve birbirleri arasındaki etkileşimler) iki-yönlü ANOVA ve GLM prosedürü kullanılarak SAS

programı yardımı ile %95 güven aralığında ($p<0.05$) değerlendirilmiştir ve sonuçlar Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Ek 4 de verilmiştir.

Tablo 4.16 daki sonuçlar değerlendirildiğinde, UV ışınlamada derinlik faktörünün her üç ürünün L^* , a^* , b^* değerleri üzerine önemli bir etkisi olduğu ($p<0.05$) belirlenirken, sürenin sadece yumurta sarısında a^* değeri üzerine, yumurta beyazında ise b^* değeri üzerinde etkili olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır.

Derinliği 0.5 cm olan yumurta sarısı örneklerinde a^* değeri 0. dakikada 5., 10. ve 20. dakika örneklerinden istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur. Kırmızılık değerinde 5., 10. ve 20. dakika örneklerinde 0. dakika örneğine kıyasla azalma saptanmıştır (Tablo A.10, Ek 4). Derinliği 0.3 ve 0.5 cm olan yumurta beyazı örneklerinde b^* değerleri için 0. dakika ve 20. dakika örneklerinde istatistiksel açıdan farklılık belirlenmiştir. Sarılık değeri bu örneklerin derinliği ve UV uygulanma süreleri arttıkça artmıştır. Derinlik ve süre faktörlerinin birbiri arasındaki etkileşime bakıldığında bu faktörlerin renk üzerinde istatistiksel açıdan herhangi bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, UV işlemi uygulanmış yumurta ürünlerinin L^* , a^* , b^* değerleri derinlik değiştikçe istatistiksel olarak farklılık göstermektedir. Ancak karışık yumurta örneklerinde sabit bir derinlikte ve farklı sürelerde UV uygulaması, bu ürünlerin L^* , a^* , b^* değerlerinde herhangi bir farklılık oluşturmamaktadır.

Tablo 4.15. Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminden Önce ve Sonraki ΔE Değerlerinin İstatistiksel Analizi ($I_0=1.314 \text{ mW/cm}^2$)

Response: Color Parameter	p -value	
ΔE	Replicate-1	Replicate-2
Factor: time		
LEW	<0.05	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant
Factor: depth		
LEW	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant	<0.05
Interaction: time x depth		
LEW	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant	>>0.05, insignificant

Tablo 4.16 Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminde Önce ve Sonraki Renk Parametrelerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi (at $I_0=1.314 \text{ mW/cm}^2$)

Response: Color Parameter	<i>p</i> -value
L*-Brightness	
Factor: time	
LEW	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant
Factor: depth	
LEW	<0.05
LWE	<0.05
LEY	<0.05
Interaction: time x depth	
LEW	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant
a*-Redness-greenness	
Factor: time	
LEW	>>0.05, insignificant
LWE	<0.05
LEY	>>0.05, insignificant
Factor: depth	
LEW	<0.05
LWE	<0.05
LEY	<0.05
Interaction: time x depth	
LEW	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant
b*-Yellowness-blueness	
Factor: time	
LEW	<0.05
LWE	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant
Factor: depth	
LEW	<<0.05
LWE	<0.05
LEY	<0.05
Interaction: time x depth	
LEW	>>0.05, insignificant
LWE	>>0.05, insignificant
LEY	>>0.05, insignificant

4.3. Sıvı Yumurta Beyazının Sürekli Akış UV Sistemde Dezenfeksiyonu

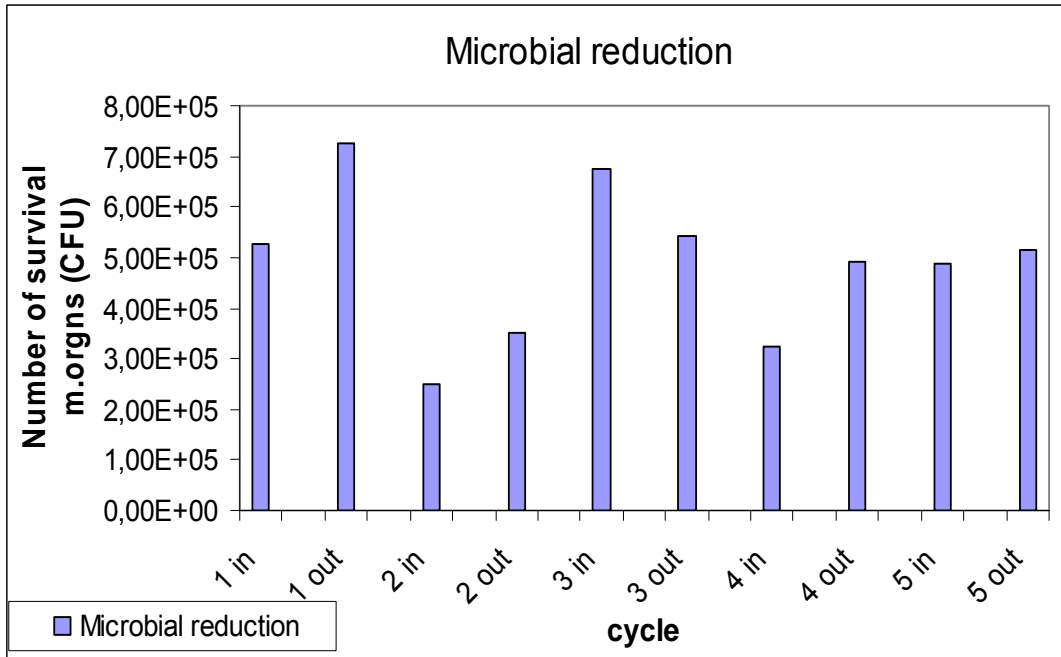
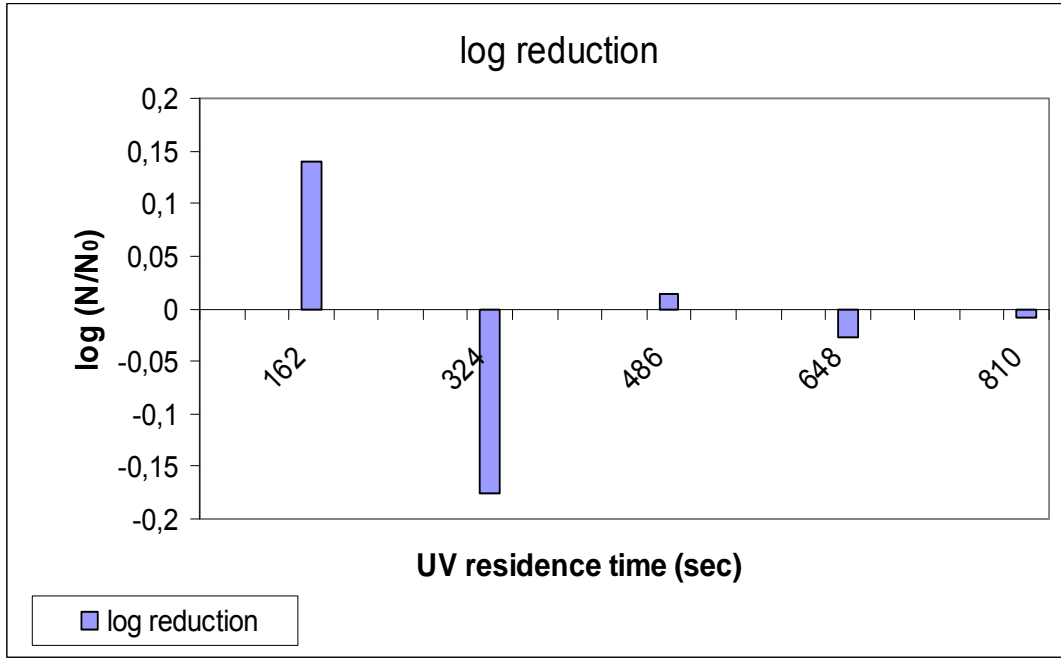
4.3.1. İnaktivasyon Çalışmasının Sonuçları

Sürekli sistem denemeleri 2 farklı pH (pH 7 ve 9) ve 2 farklı debide (1080 ml/dak ve 1860 ml/dak) gerçekleştirilmiştir. Birinci çalışmada, pH değeri krem tartar ile 7 ye ayarlanan yumurta beyazı, 1080 ml/dak debi hız ile sistemden 5 devir yapacak şekilde geçirilmiştir. Denemelere başlamadan önce örnekten yapılan mikrobiyal ekimlerde *E. coli*'ye rastlanmamıştır. Sistemde soğutma yapılamadığı için sıcaklıkta lambaların ısınmasından meydana gelen 18 °C'lik bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 6). Toplam 5 devir boyunca mikrobiyal yükteki değişim Şekil 4.18 de gösterilmiştir. Buna göre elde edilen maximum azalma 0.176 log olarak belirlenmiştir. Bu da mikrobiyal yükteki azalmayı olumsuz yönde etkilemiştir, UV ile hasara uğrayan mikroorganizmaların tekrar canlanmasına ve çoğalmasına neden olmuştur. Sıcaklık artışı ayrıca ürünün optik özelliklerine de etki etmiştir.

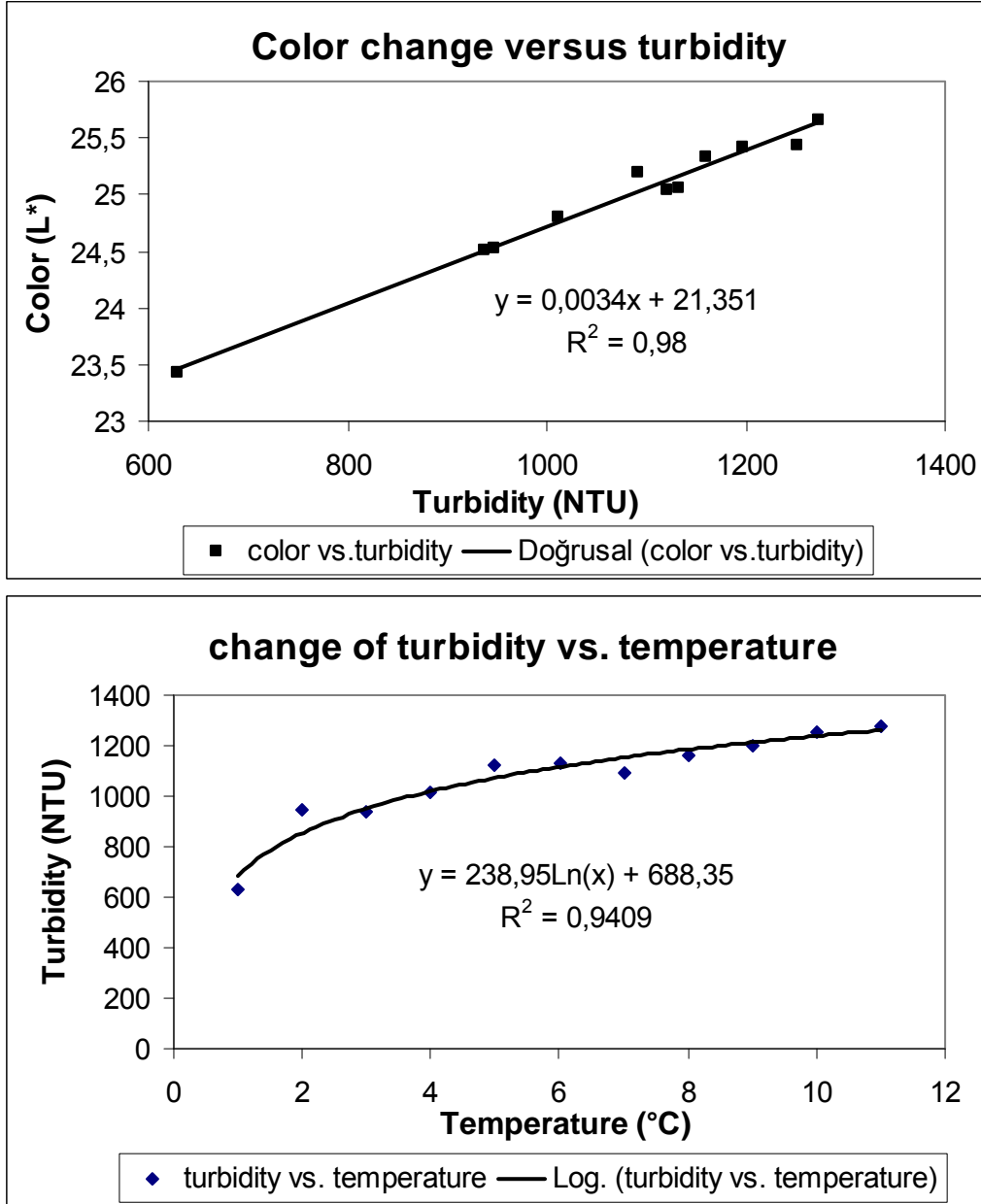
Tablo 4.17. Yumurta beyazında sürekli UV sistemden geçerken meydana gelen sıcaklık ve pH değişimi (pH 7, 1080 ml/dak, 5 devir)

	Sıcaklık (°C)	pH
Kontrol örnek	10.2	6,78
Devir 1 giriş	19.9	6.79
Devir 1 çıkış	19.8	6.77
Devir 2 giriş	21.0	6.71
Devir 2 çıkış	22.1	6.72
Devir 3 giriş	22.6	6.79
Devir 3 çıkış	24.2	6.77
Devir 4 giriş	24.8	6.77
Devir 4 çıkış	26.2	6.72
Devir 5 giriş	26.6	6.73
Devir 5 çıkış	28.3	6.73

Optik özelliklerdeki değişim Şekil 4.19 da verilmiştir. Sıcaklık arttıkça türbiditede bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış renk üzerine doğrusal olarak etki etmiştir. Absorbans değerinde de %20 ye varan bir değişime neden olmuştur. Renk, türbidite ve absorbanstaki bu değişim UV penetrasyon derinliğini etkilemektedir. Elde edilen log azalma biosimetrik çalışmada elde edilen 2 log azalmanın çok altında kalmıştır.



Şekil 4.18. 1nci sürekli akış UV reaktör denemesinde mikrobiyal inaktivasyon sonuçları (pH 7.0 ve akış oranı 1080 ml/min)

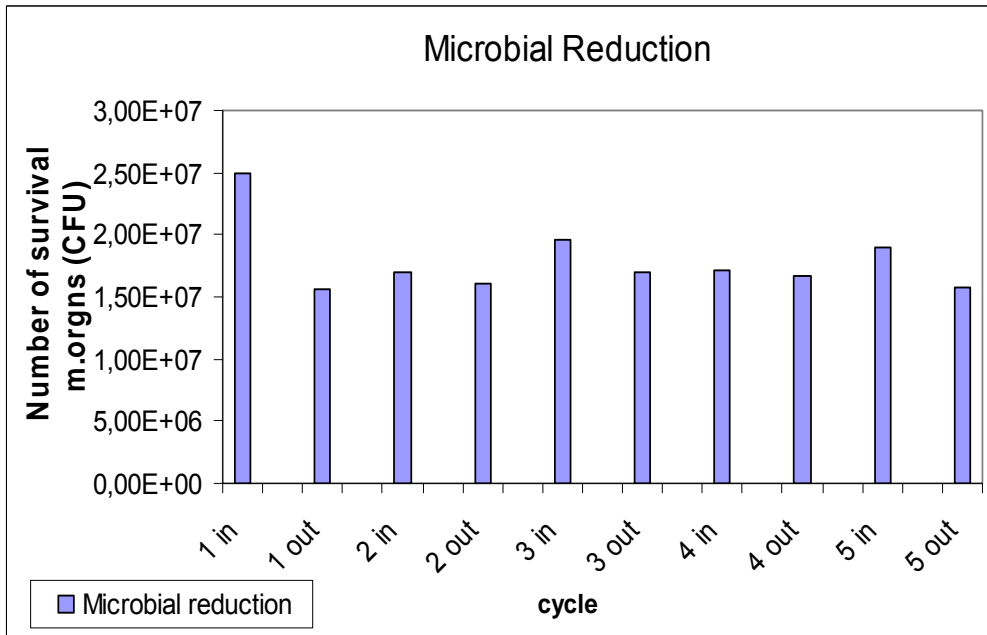
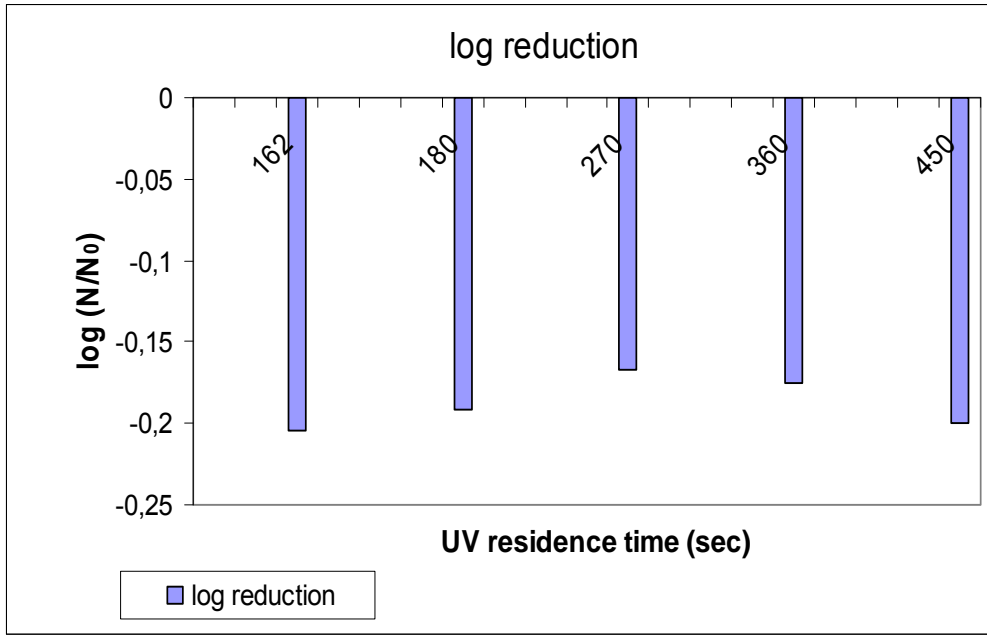


Şekil 4.19. İnci sürekli akış UV reaktör denemesi sonrası (a) Renk-turbidite ve (b) turbidite-sıcaklık etkisi (pH 7.0 ve akış oranı 1080 ml/min)

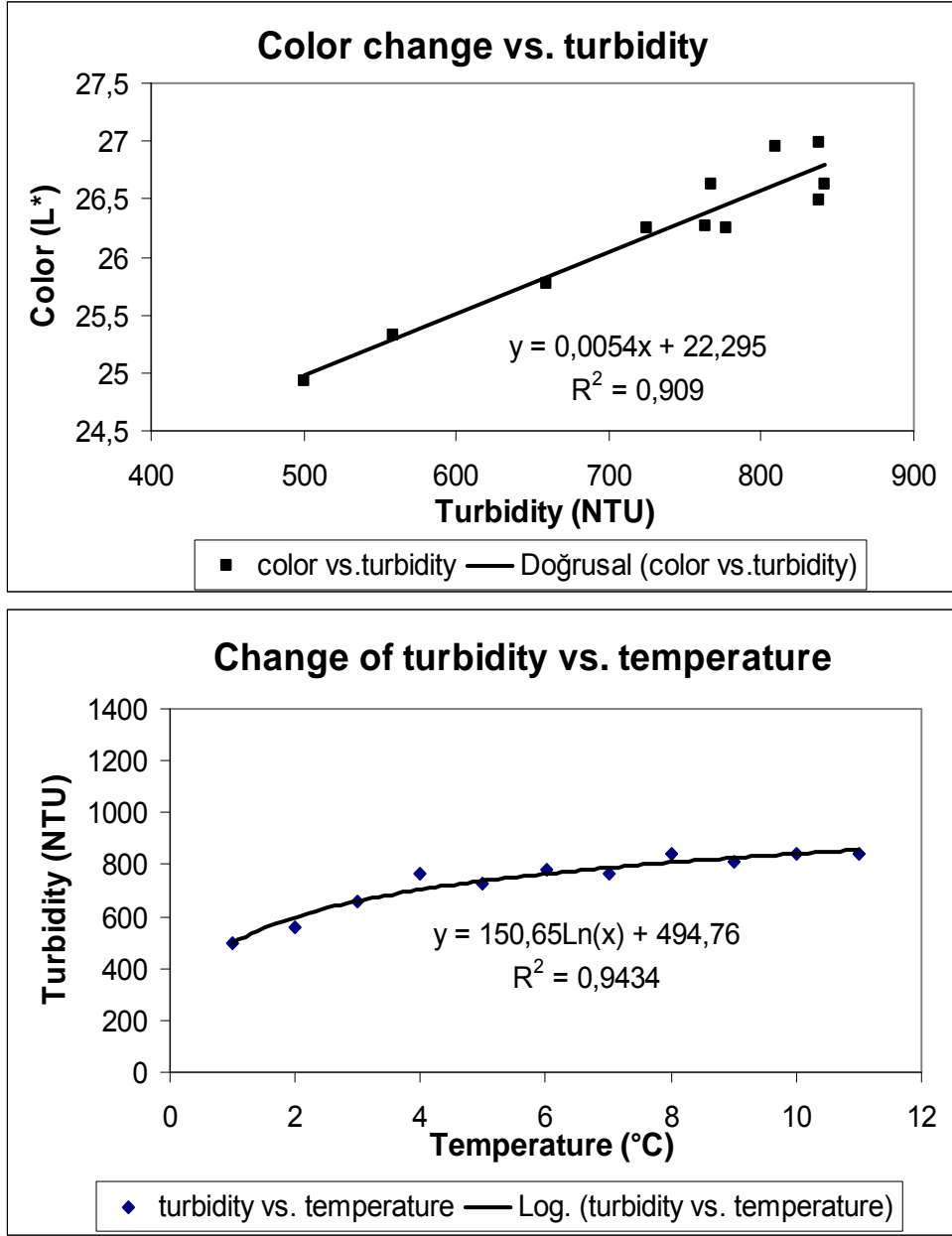
İkinci denemede pH değeri 9 olan yumurta beyazı, 1860 ml/dak debi hızı ile sistemden yine 5 devir yapacak şekilde geçirilmiştir. Ancak yine sistemde sıcaklığın sabit tutulamaması yüzünden (Tablo 18), mikrobiyal yükte yeterli bir azalma kaydedilememiştir. Log azalma grafiği Şekil 4.20 de verilmiştir. Maximum elde edilen log azalması 0.2 log olarak belirlenmiştir. Bir önceki denemenin aksine pH 9 da yapılan denemede her devir sonunda bir azalma sağlanmıştır. Bu da *E. coli* (ATCC 8739) suşunun pH 9 da daha az dirençli olduğunu göstermektedir. Renk ve türbidite meydana gelen değişim Şekil 4.21 de gösterilmiştir. Sıcaklık arttıkça türbiditede yine bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış renk üzerine aynı şekilde doğrusal olarak etki etmiştir. Absorbans değerinde ise önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Table 4.18. Yumurta beyazında sürekli UV sistemden geçerken meydana gelen sıcaklık ve pH değişimi (pH 9, 1860 ml/dak, 5 devir)

	Sıcaklık (°C)	pH
Kontrol örnek	10,1	9,17
Devir 1 giriş	17,8	9,11
Devir 1 çıkış	20,8	9,08
Devir 2 giriş	22,6	9,04
Devir 2 çıkış	23,3	9,0
Devir 3 giriş	23,6	9,0
Devir 3 çıkış	25	8,97
Devir 4 giriş	24,5	8,98
Devir 4 çıkış	26	8,94
Devir 5 giriş	25,9	8,95
Devir 5 çıkış	27,6	8,91



Şekil 4.20. 2nci sürekli akış UV reaktör denemesinde mikrobiyal inaktivasyon sonuçları (pH 9.0 ve akış oranı 1860 ml/min)



Şekil 4.21. 2nci sürekli akış UV reaktör denemesi sonrası (a) Renk-turbidite ve (b) turbidite-sıcaklık etkisi (pH 9.0 ve akış oranı 1860 ml/min)

4.3.2. Temizlik Sonrası Aktif Klorun Tayini Sonuçları

Sürekli akış sistemli UV reaktör çalışmalarının uygulanmasından sonra, temizleme aşaması, Bölüm 3.4.3.2.' te anlatıldığı üzere uygulanmıştır. Sistem öncelikle 15 lt 0.5 M NaOH ile yıkanmıştır, sonrasında sistemden tahliyesi sağlanarak köpük yapının büyük bir kısmının da atılması sağlanmıştır. Ardından sistemden 15 lt 2 % sodyum hipoklorit çözeltisi geçirilmiştir. Her solüsyonun arasında, sistem, distile su ile temizlenerek, iki dezenfektan arasında olası bir reaksiyon riskinin önlenmesi sağlanmıştır. Klor kalıntılarının sistemden tamamen uzaklaştırılması amacıyla sıcak su ile birkaç çevrimde sistem temizlenmiş ve UV lambaları yakılarak olası mikrobiyal oluşumların kalıntılarının da inaktivasyonuna yardımcı olunmuştur. Bu işlem 3-4 çevrim sonucunda tamamlanmış ve 100 ml son yıkama suyundan örnek alınmıştır. Titrametrik klor testi sonucunda (Bölüm 3.4.3.2), kalıcı klorun, belirlenebilir düzeyin çok altında olduğu anlaşılmıştır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları, sıvı yumurta ürünlerinin reolojik özellikleri, biyodozimetrik ve sürekli akış sistemli UV inaktivasyon çalışmaları olarak üç ana başlık altında toplanmıştır.

Sıvı yumurta ürünlerinin reolojik ve fiziksel özellikleri, sıcaklığın birer fonksiyonu olarak incelenmişlerdir. Yoğunluk verileri, sıcaklığa bağlı olarak polinomik fonksiyonlarla ifade edilmişler ve sıcaklığın artmasıyla sıvı yumurta ürünlerinin yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Kayma gerilimi-kayma oran ilişkisi baz alınarak, sıvı yumurta ürünleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen data'lara farklı reolojik akış modelleri (Newtonian, Power Law ve Herschel-Bulkley) uygulanmıştır.

Sıvı yumurta beyazının ve karışık sıvı yumurtanın deneysel reolojik verileri Herschel-Bulkley modeli kullanılarak, sıvı yumurta sarısının reolojik verileri ise Power Law modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Sıvı yumurta beyazının, sıvı yumurta sarısının ve karışık sıvı yumurtanın, 4, 25 ve 55.6/60 °C sıcaklıklarda. psüdoplastik (shear thinning) akış davranışı gösterdiği gözlemlenmiştir. Sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurta, pastörizasyon sıcaklıklarında (sıvı yumurta beyazı için 55.6 °C, karışık sıvı yumurta için 60 °C) tiksotropik ve zamana bağlı bir değişim gösterdikleri farkedilmiştir. Bunun sonucu olarak sıvı yumurta beyazı ve karışık sıvı yumurtanın, pastörizasyon sıcaklıkları altındaki sıcaklık değerlerinde, zamandan bağımsız bir akış davranışı gösterdiği gözlemlenmiştir.

Bununla birlikte, sıvı yumurta sarısı 4 °C ve 60 °C sıcaklıklarda tiksotropik ve zamandan bağımsız bir akış davranışı göstermiştir. Fakat reolojik davranışı, oda sıcaklığında zamandan bağımsız ve tiksotropik olmayan bir özelliğe sahiptir. Arrhenius eşitliği ile sıcaklığın, sıvı yumurta ürünlerinin reolojik özellikleri üzerindeki etkileri ölçülmüştür. Sıvı yumurta sarısının aktivasyon enerjisinin, diğer yumurta ürünlerine nazaran çok daha yüksek olduğu ve bunun sonucu olarak sıvı yumurta sarısının sıcaklık hassasiyetinin de yüksek bir değere sahip olduğu kanıtlanmıştır.

Sıvı yumurta ürünlerinin biyodozimetrik çalışmaları, paralel ışın demetli statik sistem cihazı ile gerçekleştirilmişlerdir. *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) bakterisinin sıvı yumurta ürünlerindeki UV inaktivasyon verileri, inaktivasyon oranının muhafazakar bir şekilde hesaplanmasını sağlamaktadır. Bu inaktivasyon çalışmasının sonucunda sıvı yumurta

beyazındaki UV inaktivasyonunun, UV dirençli *E.coli* (NRRL B-253) bakterisi için 2 log azalmadan daha fazlasını sağladığı görülmüştür ve UV ışınlama yönteminin bir ön dezenfeksiyon prosesi olarak, ısıl işlemin sıvı yumurta ürünleri üzerindeki negatif etkilerini aza indirebilmek adına daha düşük ısılardaki ısıl pastörizasyon üniteleriyle veya diğer ısıl olmayan pastörizasyon işlemleriyle kombine bir şekilde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Düşük UV geçirgenlik özellikleri sebebiyle UV ışığının *E.coli* inaktivasyonunun sıvı yumurta sarısı ve karışık sıvı yumurta örneklerinde çok daha etkisiz olduğu kanıtlanmıştır. Bu sebepten sürekli akış sistemi denemeleri, sadece sıvı yumurta beyazı için gerçekleştirilmiştir.

Sürekli akış sisteminde yumurta beyazı ile yapılan denemelerde 5 çevrim sonunda maksimum 0.2 logaritmik azalma sağlanmıştır. Sistemin verimsizliğinin, istenmeyen sıcaklık artışı veya UV sisteminin uygun olmayan dizaynından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneysel yaklaşımlarımızdan ve bulgularımızdan yola çıkarak, sıvı yumurta beyazında daha etkin bir UV inaktivasyon işlemi gerçekleştirebilmek için aşağıdaki öneriler getirilmektedir:

- UV reaktör sisteminin, UV geçirgenliğini arttırmak amacı ile ince film tabakası şeklinde bir dizayna değiştirilmesi,
- Buna ek olarak, istenmeyen sıcaklık artışlarını en aza indirebilmek için, sistemin metal aksamının, ısıyı yalıtan bir malzeme ile kaplanması veya tankın bir soğutmalı ceket kullanılmak suretiyle sıcaklığının 4-10 °C aralığında kontrol edilmesi
- UV reaktörün üzerine ek olarak konulacak bir soğutma fanının, UV lambaların neden olduğu ısının reaktörden uzaklaştırılmasında fayda sağlayacağı
- Ayrıca bir iklimlendirme cihazının da çalışmanın yapıldığı ortamın sıcaklığını sabit bir değerde tutmak açısından önemli olacağı

öngörülmektedir.

Sonuç olarak UV reaktör sisteminin yeniden dizayn edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Ancak böyle bir çalışma bu projenin kapsamı içerisinde yer almamaktadır. Ayrıca ileriki aşamalarda *E.coli* (NRRL B-253, ATCC 8739) suşunun yumurta beyazında UV inaktivasyon kinetiğinin modellenmesi ve UV ışığına maruz bırakılan sıvı yumurta ürünlerindeki olası foto-rejenerasyon seviyelerinin belirlenmesi çalışmalarına da yer verilmesi gerekmektedir.

BIBLIOGRAFYA

- BALL H.R. Jr., Hamid-Samimi, M., Foegeding, P.M., Swartzel, K.R., Functionality and Microbial Stability Of Ultrapasteurized, Aseptically Packaged Refrigerated Whole Egg, *Journal of Food Science*, 52, 1212-1218, (1987).
- BANK H.L., Schmehl, J.L., Dratch, R.J. Bacteriocidal Effectiveness of Modulated UV Light, *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 3888-3889, (1990).
- BINTSIS T., Tzanetaki, E.L., Robinson, R.K., Existing and Potential Applications of Ultraviolet Light in the Food Industry-A Critical Review, *Journal of Food Science and Application*, 80, 637-645, (2000).
- BLUME T., Neis, U., Improved Wastewater Disinfection by Ultrasonic Pre-Treatment, *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 333-336, (2004).
- BOLTON J. R., Calculation of Ultraviolet Fluence Rate Distributions in An Annular Reactor: Significance of Refraction and Reflections, *Water Resources*, 34, 3315-3324, (2000).
- CADET J., Sage, E., Douki T., Ultraviolet Radiation-Mediated Damage to Cellular DNA, *Mutation Research*, 571, 3-17, (2005).
- CAILLET-FAUQUET P., Di Giambattista, M., Draps, M., Sandras F., Branckaert, T., De Launoit, Y., Laub R., Continuous-flow UVC irradiation: a new, effective, protein activity-preserving system for inactivating bacteria and viruses, including erythrovirus B19, *Journal of Virological Methods*, 118 (2), 131-139, (2004).
- CHANG, J.C.H. Ossoff, S. F., Lobe, D.C., Dorfman, M.H., Dumais, C.M., Qualls, R.G., Johnson, J.D., UV Inactivation of Pathogenic and Indicator Microorganisms, *Applied and Environmental Microbiology*, 49, 1361-1365, (1985).
- CHICK H., An Investigation into the Laws of Disinfection, *Journal of Hygiene (Cambridge)* 8, 92-158, (1908).
- CHMIEL H., Kaschek, M., Blöcher, C., Noronha, M., Mavrov, V., Concepts for the Treatment of Spent Process Water in the Food and Beverage Industries, *Desalination*, 152, 307-314, (2002).
- CIE, 1976. International Commission on Illumination, Colorimetry: Official Recommendation of the International Commission of Illumination. Publication CIE, No.15 (E-1.3.1), Bureau Central de la CIE, Paris.
- CIEMINIS K. G. K., Rančelien, V. M., Prijalgauskien, A. J., Tiunaitien, N. V., Rudzianskait, A. M., Jančys, Z. J., Chromosome and DNA Damage and Their Repair in Higher Plants Irradiated with Short-Wave Ultraviolet Light, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 181 (1), 9-16, (1987).

- DAUGHTRY B., Sumner, J., Hooper, G., Thomas, C., Grimes, T., Horn, R., Moses, A., Pointon, A. 2005. *National Food Safety Risk Profile of Eggs and Egg Products (A report for the Australian Egg Corporation Limited)*, AECL Publication No 05/06, Australia.
- ELYASI S., Taghipour, F., Simulation of UV Photoreactor for Water Disinfection in Eulerian Framework, *Chemical Engineering Science*, 61(14), 4741-4749, (2006).
- FERREIRA L.F.S., Del Mastro, N.L., Rheological Changes in Irradiated Chicken Eggs, *Radiation Physics and Chemistry*, 52, (1-6), 59-62, (1998).
- FOREGEDING E. A., Luck, P.J., Davis, J.P., Factors Determining the Physical Properties of Protein Foams, *Food Hydrocolloids*, 20, 284-292, (2006).
- GARIBALDI A., Minuto, A., Grasso, V., Gullino, M.L., Application of Selected Antagonistic Strains against *Phytophthora cryptogea* on Gerbera in Closed Soilless Systems with Disinfection by Slow Sand Filtration, *Crop Protection*, 22, (8), 1053-1061, (2003).
- GIESE N., Darby, J., Sensitivity of Microorganisms to Different Wavelengths of UV Light: Implications on Modeling of Medium Pressure UV Systems, *Water Resources*, 34, 4007-4013, (2000).
- GÓNGORA-NIETO M.M., Pedrow, P.D., Swanson, B., Barbosa-Cánovas, G.V., Energy Analysis of Liquid Whole Egg Pasteurized by Pulsed Electric Fields, *Journal of Food Engineering*, 57, 209-216, (2003).
- GREEN F.B. Lundquist, T.J., Oswald, W.J., Energetics of Advanced Integrated Wastewater Pond Systems, *Water Science and Technology*, 31 (12), 9-20, (1995).
- GUT J.A.W., Pinto, J.M. , Gabas, A.L., Telis-Romero, J., Continuous Pasteurization of Egg Yolk: Thermophysical Properties and Process Simulation, *Journal of Food Process Engineering*, 28, 181-203, (2005).
- HAMID-SAMIMI M.H., Swartzel, K.R., Ball, H.R., Flow Behavior of Liquid Whole Egg During Thermal Treatments, *Journal of Food Science*, 49, 132-136, (1984).
- HAMID-SAMIMI M.H., Swartzel, K.R., Maximum Change in Physical and Quality Parameters of Fluid Foods During Continuous Flow Heating: Application to Liquid Whole Egg, *Journal of Food Processing and Preservation*, 8, 225-239, (1985).
- HARRIS D.G., Adams, D.V., Sorensen, L.D., Curtis, M., Ultraviolet Inactivation of Selected Bacteria and Viruses with Photoreactivation of Bacteria, *Water Resources*, 21, 687-692, (1987).
- HASSEN A., , Mahrouk, M., Ouzari, H., Cherif, M., Boudabous, A., Damelincourt, J.J., UV Disinfection of Treated Wastewater in A Large-Scale Pilot Plant and Inactivation of Selected Bacteria in A Laboratory UV Device, *Bioresource Technology*, 74, 141-150, (2000).

- HERMAWAN N., Evrendilek, G.A., Dantzer, W.R., Zhang, Q.H., Richter, E.R., Pulsed Electric Field Treatment of Liquid Whole Egg Inoculated with *Salmonella enteritidis*, *Journal of Food Safety*, 24, 71-85, (2004).
- IBARZ A., Rheology of Salted Egg Yolk, *Journal of Texture Studies*, 24, 63-71, (1993).
- IBARZ A., Sintes, J. Rheology of Egg Yolk, *Journal of Texture Studies*, 20, 161-167, (1989).
- KAUFMAN V.F., Ijichi, K., Putnam, G. W., Flow Characteristics in Holding Tubes of Commercial Egg Pasteurizers, *Journal of Milk Food Technology*, 31, 269-273, (1968)
- KOIVUNEN J., Heinonen-Tanski, H., Inactivation of Enteric Microorganisms with Chemical Disinfectants, UV Irradiation and Combined Chemical/UV Treatments, *Water Research*, 39, 1519-1526, (2005).
- KOUTCHMA T., Parisi, B., Evaluation of UV Dose in Flow – Through Reactors for Fresh Apple Juice and Cider, *Chemical Engineering Communication*. 193, 715-728, (2006).
- KOUTCHMA T., Keller, S., Chirtel, S., Parisi, B., Ultraviolet Disinfection Of Juice Products in Laminar and Turbulent Flow Reactors, *Innovative Food Science and Engineering Technologies*, 5, 179-189, (2004).
- LAGE C., Teixeira, P.C.N., Leitao, A.C., Non-Coherent Visible and Infrared Radiation Increase Survival to UV (254 nm) in *Escherichia coli* K12, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 54, 155-161, (2003).
- LAZAROVA V., Janex, M.L., Fiksdal, L., Oberg, C., Barcina, I., Pompepy, M., Advanced Wastewater Disinfection Technologies: Short and Long Term Efficiency, *Water Science and Technology*, 38, (12), 109-117, (1998).
- LEE D. 2002. Application of Combined Non-Thermal Treatments for the Processing of Liquid Whole Egg. Von der Fakultät III – Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin, zur Erlangung des Akademischen Grades, Doktor der Ingenieurwissenschaften, Genehmigte Dissertation, Berlin (Thesis).
- LEE W.C., Lee, M.J., Kim, J.S., Park, S.Y., Foodborne Illness in Korea and Japan Studied Retrospectively, *Journal of Food Protection*, 64, 899-902, (2001).
- LEHTOLA M. J., Miettinen, I.T., Lampola, T., Hirvonen, A., Vartiainen, T., Martikainen, P.J., Pipeline Materials Modify the Effectiveness of Disinfectants in Drinking Water Distribution Systems, *Water Research*, 39, 1962-1971, (2004).
- LI B., Logan, B. E., The impact of ultraviolet light on bacterial adhesion to glass and metal oxide-coated surface, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 41, (2-3), 153-161, (2004).
- LILTVED H., Landfald, B., Effects Of High Intensity Light on Ultraviolet-Irradiated and Non-Irradiated Fish Pathogenic Bacteria, *Water Research*, 34, (2), 481-486, (2000).

- MAÑAS P., Pagán, R., Alvarez, I., Usón, S.C., Survival of *Salmonella senftenberg* 775 W to Current Liquid Whole Egg Pasteurization Treatments, *Food Microbiology*, 20 (5), 593-600, (2003).
- MA L., Chang, F.J., Barbosa-Canovas, G.V., Swanson, B.G. 1997. Inactivation of *E.coli* in Liquid Whole Eggs Using Pulsed Electric Fields Technology. In: Barbosa-Canovas (Ed.) *New frontiers in food engineering*. New York, AIChE.
- MASSCHELEIN J., Debacker, E., Chebak, S., Laboratory investigations on the disinfection of water by UV-light, *Rev. Sci. Eau.*, 2, 29-41, (1989).
- MATAK K.E. Churey, J.J., Worobo, R.W., Sumner, S.S., Hovingh, E., Hackney, C.R., Pierson, M.D., Efficacy of UV Light for the Reduction of *Listeria Monocytogenes* in Goat's Milk, *Journal of Food Protection*, 68, 2212-2216, (2005).
- MILLER R., Jeffrey, W., Mitchell, D., Elasri, M., Bacterial Responses to Ultraviolet Light, *ASM news*, 65, 534-541, (1999).
- MOAN J., Effects of UV Radiation on Cells, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 4 (1), 21-34, (1989).
- MOROWITZ H.J., Absorption Effects in Volume Irradiation of Microorganisms, *Science*, 111, 229-230, (1950).
- MURIANA P. M., Effect of pH and Hydrogen Peroxide on Heat Inactivation of *Salmonella* and *Listeria* in Egg White, *Food Microbiology*. 14, 11-19, (1997).
- NGADI M., Smith, J.P., Cayouette, B., Kinetics of Ultraviolet Light Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in Liquid Foods, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 1551-1555, (2003).
- OPPENHEIMER J.A., Montgomery, W., Pasadena, C.A., Hoagland, J.E., Laine J.M., Jacangelo, J.G. and Bhamrah, A. 1993. Microbial Inactivation and Characterisation of Toxicity and by Products Occurring in Reclaimed Wastewater Disinfected with UV Radiation. Alit Water Environmental Federation Planning of Desalination Operations of Effluent Disinfection Systems, Whippany, NJ, 23-25 May, p. 13.
- PARKER J.A., Darby, J.L., Particle-Associated Coliform in Secondary Effluents: Shielding from Ultraviolet Light Disinfection, *Water Environ. Res.* 67, 1065-1072, (1995).
- PELDSZUS S., Andrews, S. A., Souza, R., Smith, F., Douglas, I., Bolton, J., Huck, P. M., Effect of Medium-Pressure UV Irradiation on Bromate Concentrations in Drinking Water, A Pilot-Scale Study, *Water Research*, 38, 211-217, (2003).
- PONCE E., Pla, R., Sendra, E., Destruction of *Salmonella enteritidis* Inoculated in Liquid Whole Egg by High Hydrostatic Pressure: A Comparative Study in Selective and Non Selective Media, *Food Microbiology*, 16, 357-365, (1999).

- POTTIER L., Pruvost, J., Deremetz, J., Cornet, J.F., Legrand, J., Dussap, C.G., A Fully Predictive Model for One-Dimensional Light Attenuation by *Chlamydomonas reinhardtii* in A Torus Photobioreactor, *Biotechnology and Bioengineering*, 91, 569-582, (2005).
- POZOS N., Scow, K., Wuertz, S., Darby, J., UV Disinfection in A Model Distribution System: Biofilm Growth and Microbial Community, *Water Research*. 38, 3083-3091, (2004).
- PUNIDADAS P., McKellar, R.C., Selected Physical Properties of Liquid Egg Products at Pasteurization Temperatures, *Journal of Food Processing and Preservation*, 23, 153-168, (1999).
- QUALLS R.G., Osseff, S.F., Chang, J.C.H., Dorfman, M.H., Dumais, D.C., Johnson, J.D., "Factors Controlling Sensitivity in Ultraviolet Disinfection of Secondary Effluents", *J. Water Poll. Cont. Fed.* 57, 1006-1011, (1985).
- ROBERTSON W.R., Muriana, P.M., Reduction of *Salmonella* by Two Commercial Egg White Pasteurization Methods, *Journal of Food Protection*, 67 (6), 1177-1183, (2004).
- RAO M. A. 1999. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods*. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland.
- SCHUERGER A.C. Richards, J.T., Newcombe, D.A., Venkateswaran, K., Rapid Inactivation of Seven *Bacillus* spp. under Simulated Mars UV Irradiation, *Icarus*, 181, 52-62, (2005).
- SHAMA G., Process Challenges in Applying Low Doses of Ultraviolet Light to Fresh Produce for Eliciting Beneficial Hormetic Responses, *Postharvest Biology and Technology*, 44, 1-8, (2007).
- SOMMER R., Cabaj, A., Pribil, W., Haider, T., Influence of Lamp Intensity and Water Transmittance on the UV Disinfection of Water, *Water Science and Technology*, 35 (11-12), 113-118, (1998).
- SOMMER R., Haider, T., Cabaj, A., Pribil, W., Lhotsky, M., Time Dose Reciprocity in UV Disinfection of Water, *Water Science and Technology*, 38, 145-150, (1998).
- SOSNIN E. A., Oppenländer, T., Tarasenko, V.F., Applications of Capacitive and Barrier Discharge Excilamps in Photoscience, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 7, 145-163, (2006).
- SUMNER S.S., Wallner-Pendleton, E.A., Froning, G.W., Stetson, L.W.E., Inhibition of *Salmonella typhimurium* on Agar Medium and Poultry Skin by Ultraviolet Energy. *Journal of Food Protection*, 59, 319-321, (1995).
- TCHOBANOGLIOUS G.L.F., Darby, J., Devries, M., UV Design: Comparison of Probabilistic and Deterministic Design Approaches, *Water Science and Technology*, Vol. 33 (10-11), 251-260, (1996).

- TELIS-ROMERO J., Thomas, C.E.P., Bernardi, M., Telis, V.R.N., Gabas, A.L., Rheological Properties and Fluid Dynamics of Egg Yolk, *Journal of Food Engineering*, 74, 191-197, (2006).
- TEMPLETON M.R., Andrews R.C., Hofmann R., Impact of Iron Particles in Groundwater on the UV Inactivation of Bacteriophages MS2 and T4, *Journal of Applied Microbiology*, 101, 732-741, (2006).
- TORNALETTI S., Transcription Arrest at DNA Damage Sites, *Mutation Research*, 577, 131-145, (2005).
- TOSA K., Hirata, T., Photoreactivation of enterohemorrhagic *Escherichia coli* following UV disinfection, *Water Research*, 33 (2), 361-366, (1999).
- TRIASSI M., Di Popolo, A., Ribera D'Alcalà, G., Clinical and Environmental Distribution of *Legionella pneumophila* in a University Hospital in Italy: Efficacy of Ultraviolet Disinfection, *Journal of Hospital Infect*, 6 (4), 494-501, (2006).
- USDA Egg Grading Manual. Agricultural Marketing Service, Agricultural Handbook (Volume 75), July, 2000.
- WRIGHT J.R., Sumner, S.S., Hackney, C.R., Pierson, M.D. and, Zoecklein, B.W., Efficacy of Ultraviolet Light for Reducing *Escherichia coli* O157:H7 in Unpasteurized Apple Cider, *Journal of Food Protection*, 63, 563-567, (2000).
- WRIGLEY D.M., Llorca, N.G., Decrease of *Salmonella typhimurium* in Skim Milk and Egg by Heat and Ultrasonic Wave Treatment, *Journal of Food Protection*, 55, 678-680, (1992).
- WONG E., Linton, R. H., Gerrard, D. E., Reduction of *E.coli* and *S. seftenberg* on Pork Skin and Pork Muscle Using Ultraviolet Light, *Food Microbiology*, pp. 415-423, (1998).
- UNLUTURK S. K., Arastoopour, H., Koutchma, T., Modeling of UV Dose Distribution in a Thin-Film UV Reactor for Processing of Apple Cider, *Journal of Food Engineering*, 65, 125-136, (2004).
- YAUN B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D., Marcy, J.E., Response of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 to UV Energy, *Journal of Food Protection*, 66 (6), 1071-1073, (2003).
- WEB_1, 2003. Emperor Aquatics' web site, 12/05/2007.
<http://www.uvcomparison.com/images/scienceUV-Cspectrum.jpg>.
- WEB_2, 2003. Emperor Aquatics' web site, 12/05/2007.
<http://aquafineuv.com/uvtechnology/index.shtm>.
- WEB_3, 2006. Wyckomar UV Purification Systems' web site, 12/05/2007.
<http://www.wyckomaruv.com/Ultraviolet%20Sterilization%20Technology.pdf>

WEB_4, 2006. Brookfield Engineering web site, 08/07/2006.

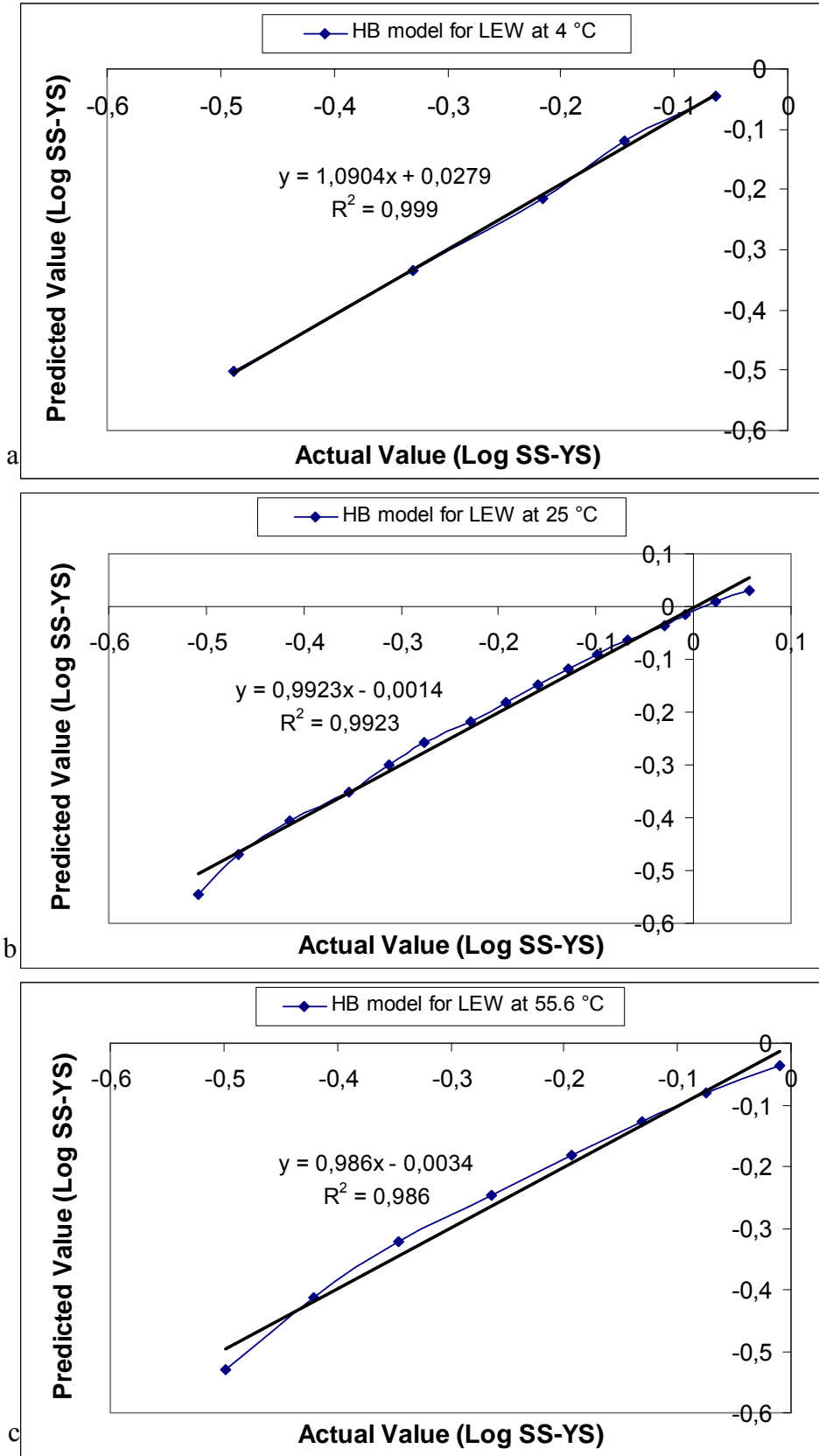
<http://www.brookfieldengineering.com/support/documentation/solutions-to-sticky-problems.asp>.

EK 1.

SIVI YUMURTA ÜRÜNLERİNİN REOLOJİK SONUÇLARININ STANDART SAPMA DEĞERLERİ

Tablo A.1. Herchel Bulkey Modeli için Sıvı Yumurta Beyazının Standart Sapma Değerleri

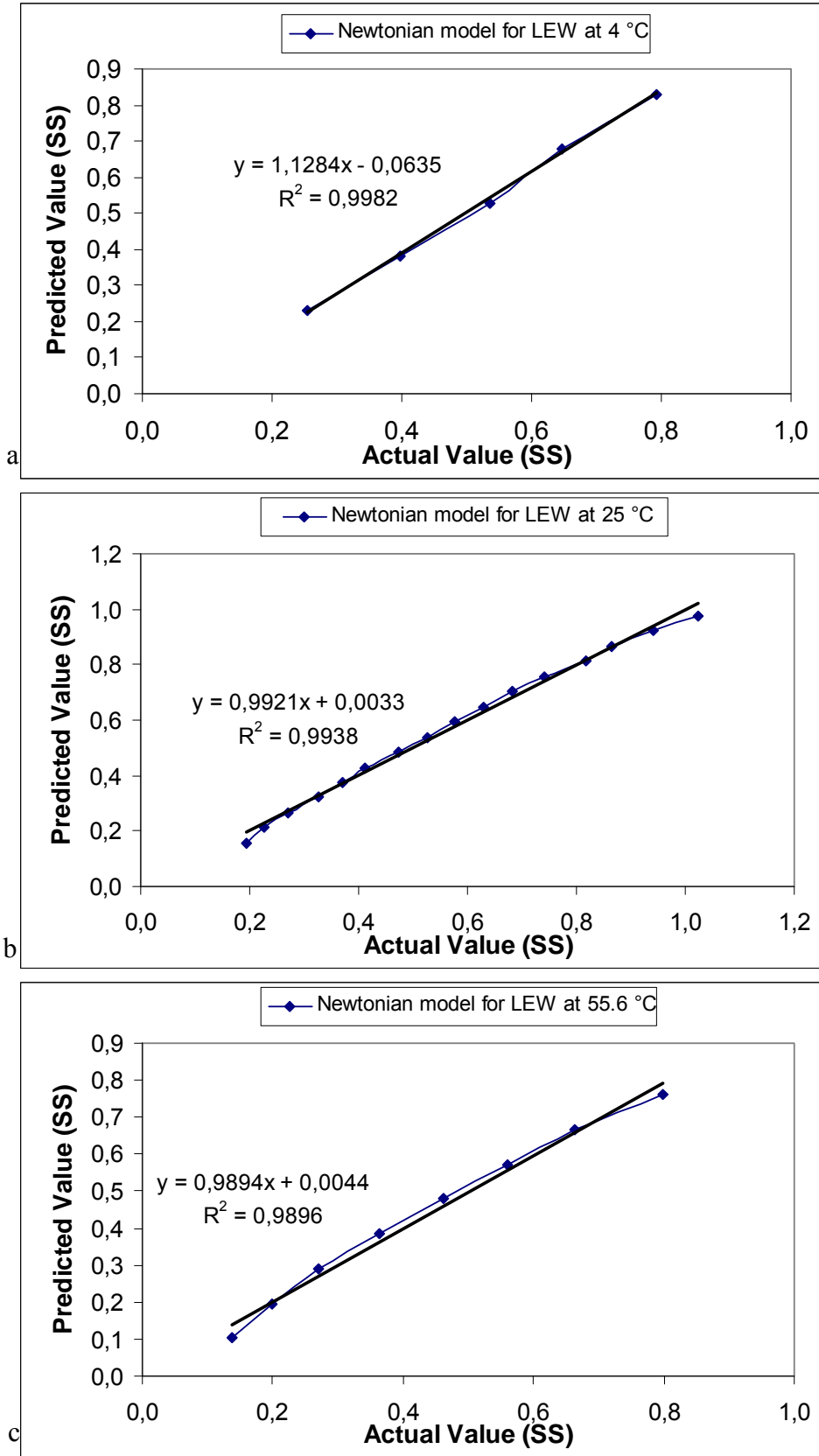
4 °C de beyaz yumurta için HB modeli					
X	Y	$Y'=0.9607x-1.494$	Y-Y'	$(Y-Y')^2$	Sest
log SR	log (SS-YS)				
1,0315	-0,4879	-0,5030	0,0151	0,0002	0,0198
1,2076	-0,3307	-0,3338	0,0032	1,012E-05	
1,3325	-0,2166	-0,2139	-0,0027	7,314E-06	
1,4295	-0,1445	-0,1207	-0,0238	0,0006	
1,5086	-0,0637	-0,0446	-0,0190	0,0004	
25 °C de beyaz yumurta için HB modeli					
$Y'=0.9545x-1.622$					
log SR	log SS-YS				
1,1283	-0,5075	-0,5451	0,0375	0,00141	0,01609
1,2074	-0,4667	-0,4695	0,0028	7,8E-06	
1,2746	-0,4146	-0,4054	-0,0092	8,5E-05	
1,3324	-0,3536	-0,3502	-0,0034	1,1E-05	
1,3836	-0,3129	-0,3013	-0,0116	0,00013	
1,4293	-0,2770	-0,2577	-0,0193	0,00037	
1,4709	-0,2294	-0,2180	-0,0113	0,00013	
1,5085	-0,1918	-0,1822	-0,0097	9,4E-05	
1,5432	-0,1603	-0,1490	-0,0113	0,00013	
1,5755	-0,1281	-0,1182	-0,0099	9,8E-05	
1,6054	-0,0982	-0,0897	-0,0085	7,2E-05	
1,6334	-0,0668	-0,0629	-0,0039	1,5E-05	
1,6847	-0,0081	-0,0139	0,0058	3,4E-05	
1,7080	0,0235	0,0083	0,0152	0,00023	
1,7303	0,0567	0,0296	0,0271	0,00074	
55.6 °C de beyaz yumurta için HB modeli					
$Y'=0.9436x-1.669$					
log SR	log SS-YS				
1,2075	-0,4990	-0,5303	0,0313	0,0010	0,0219
1,3325	-0,4204	-0,4124	-0,0080	6,5E-05	
1,4294	-0,3461	-0,3209	-0,0251	0,0006	
1,5086	-0,2642	-0,2462	-0,0180	0,0003	
1,5755	-0,1931	-0,1831	-0,0101	0,0001	
1,6334	-0,1312	-0,1284	-0,0028	7,8E-06	
1,6845	-0,0745	-0,0802	0,0057	3,2E-05	
1,7303	-0,0097	-0,0370	0,0272	0,0007	



Şekil A.1. Herchel Bulkey modeline göre taze sıvı yumurta beyazının reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 55.6 °C

Tablo A.2. Newtonian Modeli için Sıvı Yumurta Beyazının Standard Sapma Değerleri

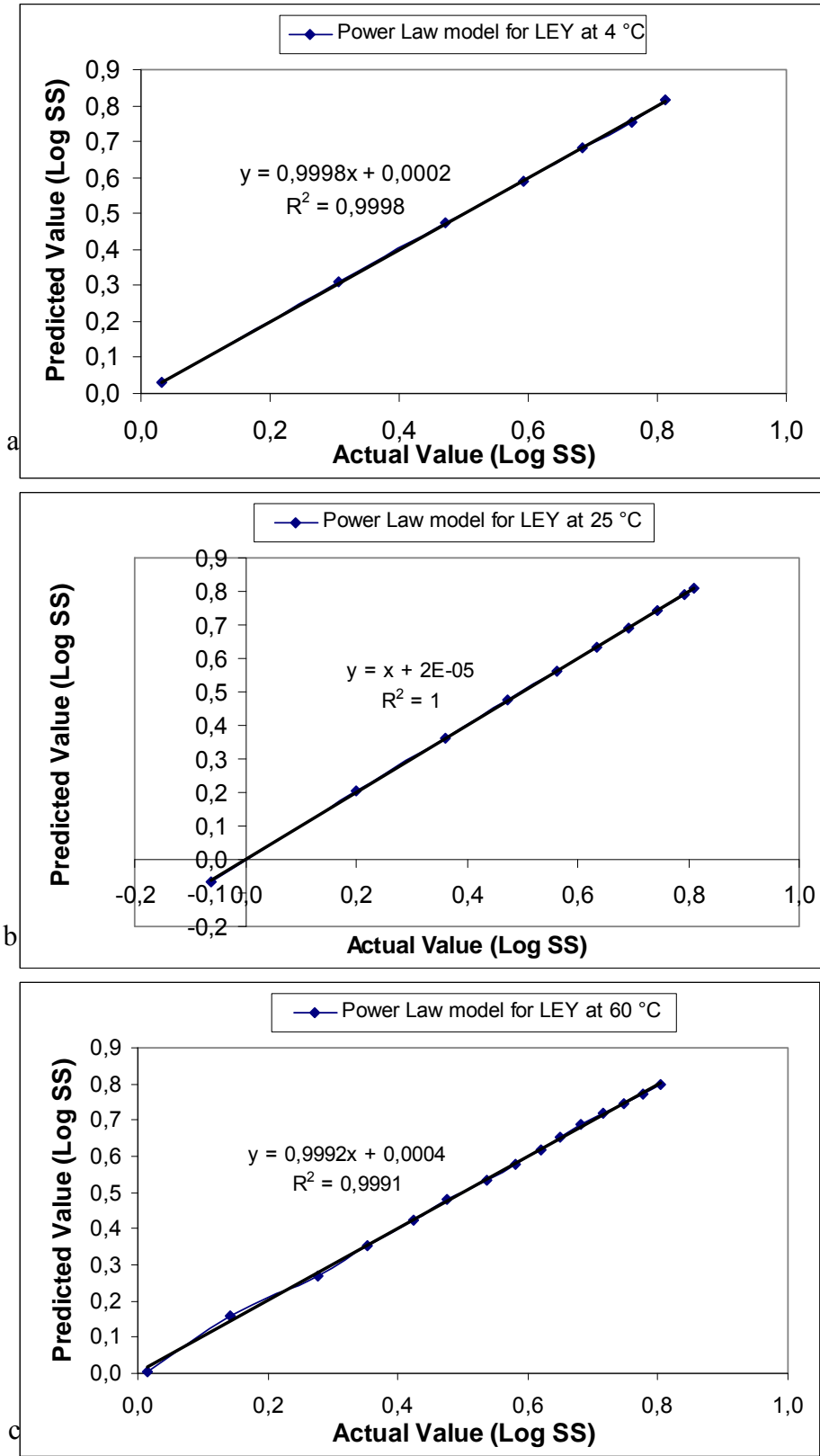
4 °C de beyaz yumurta için Newtonian Modeli						
X	Y	$Y'=0.0279x-0.0704$	$Y-Y'$	$(Y-Y')^2$	Sest	
SS (Pa)	SR (sec^{-1})					
0,2547	10,7530	0,2296	0,0251	0,0006	0,0336	
0,3966	16,1292	0,3796	0,0170	0,0003		
0,5369	21,5012	0,5295	0,0074	5,48E-05		
0,6465	26,8823	0,6796	-0,0331	0,0011		
0,7932	32,2585	0,8296	-0,0364	0,0013		
25 °C de beyaz yumurta için Newtonian Modeli						
$Y'=0.0203x-0.1157$						
SS (Pa)	SR (sec^{-1})					
0,1951	13,4356	0,1570	0,0380	0,0014	0,0213	
0,2257	16,1227	0,2116	0,0141	0,0002		
0,2692	18,8197	0,2663	0,0029	8,47E-06		
0,3273	21,4969	0,3207	0,0066	4,36E-05		
0,3708	24,1904	0,3754	-0,0045	2,07E-05		
0,4127	26,8711	0,4298	-0,0170	0,00029		
0,4740	29,5720	0,4846	-0,0106	0,0001		
0,5272	32,2453	0,5389	-0,0117	0,0001		
0,5756	34,9288	0,5934	-0,0178	0,0003		
0,6288	37,6231	0,6480	-0,0193	0,0004		
0,6820	40,3067	0,7025	-0,0205	0,0004		
0,7416	42,9938	0,7571	-0,0154	0,0002		
0,8190	45,6877	0,8118	0,0073	5,29E-05		
0,8658	48,3874	0,8666	-0,0008	6,02E-07		
0,9400	51,0520	0,9207	0,0193	0,0004		
1,0238	53,7422	0,9753	0,0485	0,0024		
55.6 °C de beyaz yumurta için Newtonian Modeli						
$Y'=0.8777x-0.5462$						
SS (Pa)	SR (sec^{-1})					
0,1370	16,1261	0,1023	0,0347	0,0012	0,0255	
0,1999	21,5015	0,1964	0,0035	1,26E-05		
0,2709	26,8768	0,2904	-0,0196	0,0004		
0,3644	32,2522	0,3845	-0,0201	0,0004		
0,4611	37,6276	0,4786	-0,0175	0,0003		
0,5593	42,9906	0,5724	-0,0131	0,0002		
0,6625	48,3666	0,6665	-0,0040	1,63E-05		
0,7979	53,7428	0,7606	0,0373	0,0014		



Şekil A.2. Newtonian modeline göre taze sıvı yumurta beyazının reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 55.6 °C

Tablo A.3. Power Law Modeli için Sıvı Yumurta Sarısının Standard Sapma Değerleri

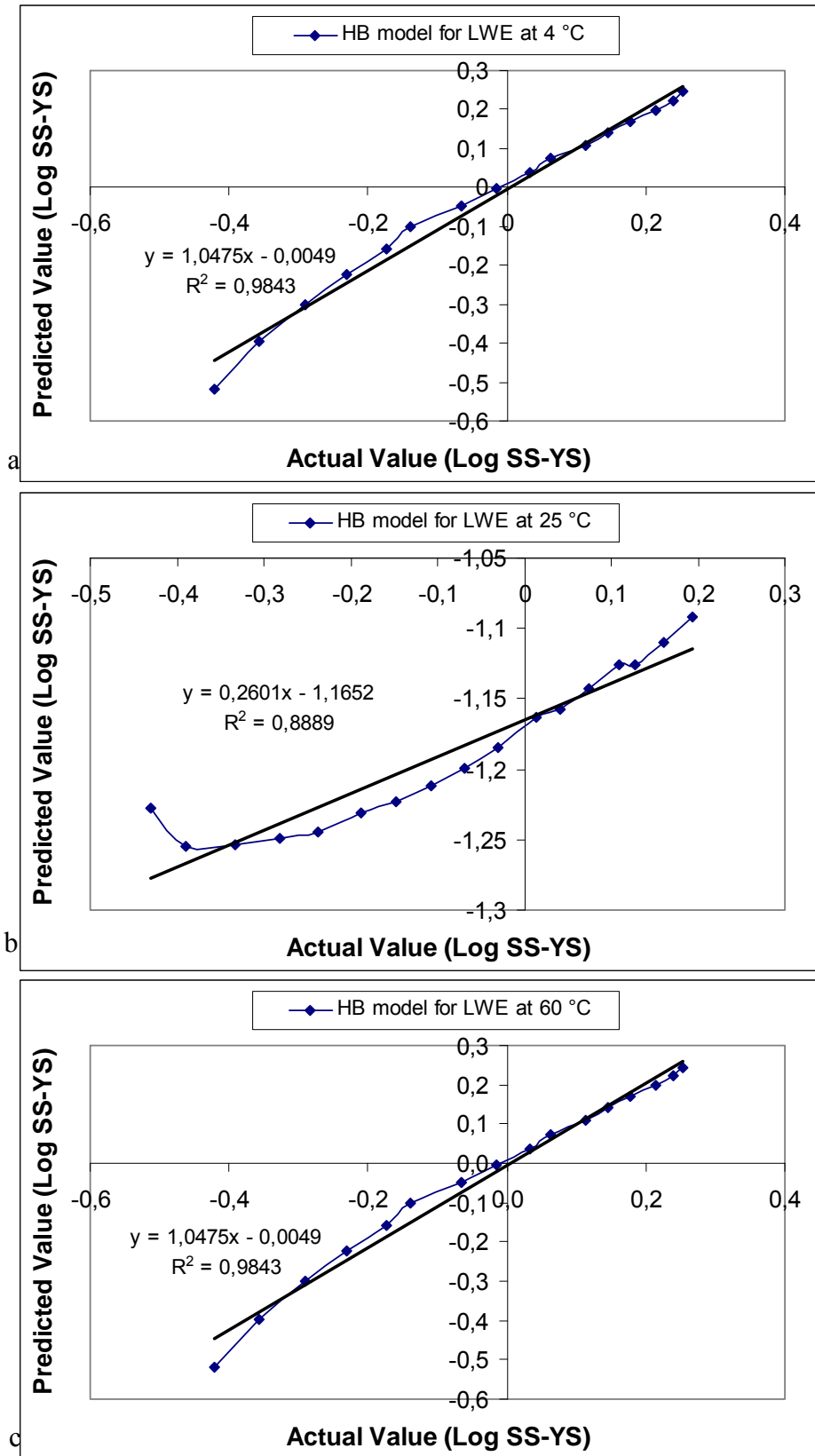
4 °C de yumurta sarısı için Power Law Modeli						
X	Y	$Y'=0.9324X+0.0058$	Y-Y'	$(Y-Y')^2$	Sest	
log SS	log SR					
0,0253	0,0314	0,0294	0,0020	4,0532E-06	0,0046	
0,3263	0,3071	0,3101	-0,0030	9,0456E-06		
0,5024	0,4709	0,4743	-0,0034	1,164E-05		
0,6274	0,5915	0,5908	0,0008	5,683E-07		
0,7243	0,6848	0,6811	0,0036	1,325E-05		
0,8035	0,7605	0,7549	0,0056	3,0852E-05		
0,8704	0,8115	0,8174	-0,0059	3,43E-05		
25 °C de yumurta sarısı için Power Law Modeli						
		$Y'=0.897x-0.3583$				
log SS	log SR					
-0,0630	0,3263	-0,0656	0,0026	6,7228E-06	0,0016	
0,2014	0,6274	0,2044	-0,0031	9,303E-06		
0,3608	0,8035	0,3624	-0,0016	2,619E-06		
0,4745	0,9284	0,4745	3,66E-05	1,336E-09		
0,5616	1,0253	0,5614	0,0002	3,204E-08		
0,6333	1,1045	0,6324	0,0008	7,081E-07		
0,6927	1,1714	0,6925	0,0002	3,7826E-08		
0,7448	1,2294	0,7445	0,0003	1,1931E-07		
0,7915	1,2806	0,7904	0,0011	1,213E-06		
0,8107	1,3041	0,8114	-0,0007	5,453E-07		
60 °C de yumurta sarısı için Power Law Modeli						
		$Y'= 0.929x-1.5599$				
log SS	log SR					
0,0154	0,6274	0,0044	0,0109	0,0001	0,0073	
0,1418	0,8035	0,1590	-0,0172	0,0003		
0,2762	0,9284	0,2687	0,0076	5,744E-05		
0,3535	1,0253	0,3537	-0,0002	3,2184E-08		
0,4236	1,1045	0,4232	0,0004	1,3336E-07		
0,4764	1,1714	0,4820	-0,0056	3,1033E-05		
0,5358	1,2294	0,5329	0,0029	8,604E-06		
0,5808	1,2806	0,5778	0,0030	9,286E-06		
0,6196	1,3263	0,6179	0,0017	2,8562E-06		
0,6485	1,3677	0,6543	-0,0058	3,361E-05		
0,6807	1,4055	0,6874	-0,0067	4,5217E-05		
0,7145	1,4403	0,7179	-0,0034	1,1804E-05		
0,7469	1,4725	0,7462	0,0007	4,707E-07		
0,7765	1,5024	0,7725	0,0040	1,6024E-05		
0,8047	1,5305	0,7971	0,0076	5,7812E-05		



Şekil A.3. Newtonian modeline göre taze sıvı yumurta sarısının reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 60 °C

Tablo A.4 Herchel Bulkey Modeli için Karışık Sıvı Yumurtanın Standard Sapma Değerleri

4 °C de karışık yumurta için HB Modeli					
	Observed Xm	Observed log SS	Predicted Xc eqn HB	HB model obs-pred	S _{est}
log SR	log SS-YS				0,0033
0,9066	-0,4204	-0,6687	-0,5202	0,0998	
1,0315	-0,3571	-0,5621	-0,3968	0,0397	
1,1284	-0,2893	-0,4581	-0,3010	0,0117	
1,2076	-0,2308	-0,3743	-0,2228	-0,0079	
1,2745	-0,1729	-0,2956	-0,1568	-0,0161	
1,3325	-0,1397	-0,2522	-0,0995	-0,0403	
1,3837	-0,0645	-0,1571	-0,0489	-0,0156	
1,4294	-0,0147	-0,0962	-0,0037	-0,0110	
1,4707	0,0326	-0,0397	0,0371	-0,0045	
1,5086	0,0621	-0,0051	0,0745	-0,0124	
1,5433	0,1125	0,0532	0,1088	0,0037	
1,5755	0,1458	0,0911	0,1406	0,0052	
1,6055	0,1771	0,1265	0,1702	0,0069	
1,6335	0,2137	0,1674	0,1979	0,0158	
1,6598	0,2403	0,1969	0,2239	0,0164	
25 °C de karışık yumurta için HB Modeli					
X	Y	Y' = 0.972x - 1.5185	Y - Y'	(Y - Y') ²	S _{est}
log SR	log SS-YS				0,0139
1,3325	-0,2033	-0,2233	0,0200	0,0004	
1,4293	-0,1419	-0,1292	-0,0126	0,0002	
1,5085	-0,0688	-0,0523	-0,0165	0,0003	
1,5756	0,0084	0,0130	-0,0046	2,08E-05	
1,6335	0,0692	0,0693	-6,6E-05	4,38E-09	
1,6846	0,1230	0,1190	0,0041	1,67E-05	
1,7303	0,1728	0,1634	0,0095	8,94E-05	
60 °C de karışık yumurta için HB Modeli					
log SR	log SS-YS	Y' = 0.929x - 1.5599			S _{est}
1,1283	-0,4606	-0,5118	0,0511	0,0026	0,0253
1,2074	-0,4238	-0,4382	0,0144	0,0002	
1,2744	-0,3763	-0,3760	-0,0003	1,036E-07	
1,3324	-0,3442	-0,3221	-0,0221	0,0005	
1,3836	-0,2864	-0,2745	-0,0119	0,0001	
1,4293	-0,2538	-0,2321	-0,0217	0,0005	
1,4707	-0,2223	-0,1936	-0,0287	0,0008	
1,5085	-0,1908	-0,1585	-0,0322	0,0010	
1,5435	-0,1454	-0,1260	-0,0194	0,0004	
1,5754	-0,1070	-0,0963	-0,0107	0,0001	
1,6054	-0,0860	-0,0685	-0,0175	0,0003	
1,6334	-0,0376	-0,0425	0,0048	2,336E-05	
1,6599	-0,0024	-0,0179	0,0154	0,0002	
1,6846	0,0301	0,0051	0,0250	0,0006	
1,7081	0,0474	0,0269	0,0205	0,0004	
1,7303	0,0800	0,0476	0,0325	0,0011	

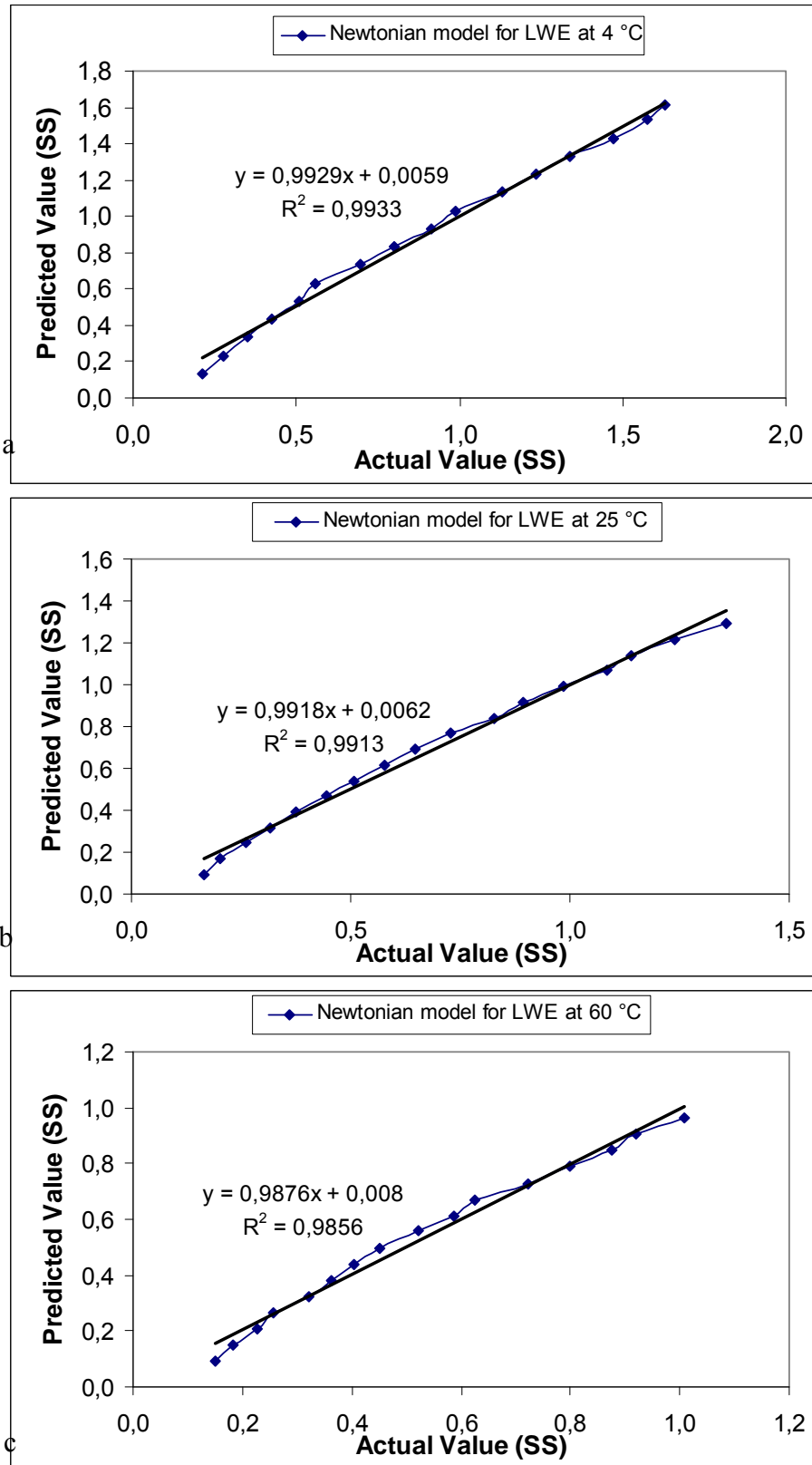


Şekil A.4. Herchel Bulkey modeline göre taze karışık sıvı yumurtanın reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 60 °C

Tablo A.5. Newtonian Modeli için Karışık Sıvı Yumurtanın Standard Sapma Değerleri

4 °C de karışık yumurta için Newtonian Modeli						
X	Y	$Y'=0.0279x-0.0704$	Y-Y'	$(Y-Y')^2$	Sest	
SS (Pa)	SR (sec ⁻¹)					
0,2144	8,0644	0,1338	0,0806	0,0065	0,04024	
0,2741	10,7527	0,2335	0,0406	0,0016		
0,3482	13,4407	0,3333	0,0150	0,0002		
0,4224	16,1288	0,4330	-0,0106	0,0001		
0,5063	18,8128	0,5326	-0,0263	0,0007		
0,5595	21,5010	0,6323	-0,0728	0,0053		
0,6965	24,1924	0,7321	-0,0356	0,0013		
0,8013	26,8801	0,8319	-0,0306	0,0009		
0,9125	29,5608	0,9313	-0,0188	0,0004		
0,9883	32,2559	1,0313	-0,0430	0,0018		
1,1302	34,9366	1,1307	-0,0005	3,01E-07		
1,2334	37,6261	1,2305	0,0029	8,15E-06		
1,3382	40,3188	1,3304	0,0078	6,01E-05		
1,4704	43,0064	1,4301	0,0403	0,0016		
1,5736	45,6903	1,5297	0,0439	0,0019		
1,6284	47,9926	1,6151	0,0133	0,0002		
25 °C de karışık yumurta için Newtonian Modeli						
		$Y'=0.0203x-0.1157$				
SS (Pa)	SR (sec ⁻¹)					
0,1661	10,7484	0,0939	0,0722	0,0052	0,0366	
0,2031	13,4356	0,1686	0,0345	0,0012		
0,2596	16,1227	0,2433	0,0163	0,0003		
0,3176	18,8161	0,3182	-0,0006	3,28E-07		
0,3740	21,4969	0,3927	-0,0187	0,0003		
0,4450	24,1840	0,4674	-0,0224	0,0005		
0,5063	26,8711	0,5421	-0,0359	0,0013		
0,5756	29,5624	0,6169	-0,0414	0,0017		
0,6481	32,2453	0,6915	-0,0434	0,0019		
0,7287	34,9350	0,7663	-0,0375	0,0014		
0,8287	37,6342	0,8413	-0,0126	0,0002		
0,8932	40,3067	0,9156	-0,0224	0,0005		
0,9835	43,0032	0,9906	-0,0071	5,05E-05		
1,0834	45,6956	1,0654	0,0180	0,0003		
1,1383	48,3749	1,1399	-0,0017	2,76E-06		
1,2398	51,0640	1,2147	0,0252	0,0006		
1,3575	53,7635	1,2897	0,0678	0,0046		
60 °C de karışık yumurta için Newtonian Modeli						
		$Y'=0.8777x-0.5462$				
SS (Pa)	SR (sec ⁻¹)					
0,1516	13,4356	0,0942	0,0574	0,0033	0,0344	
0,1822	16,1227	0,1519	0,0302	0,0009		
0,2257	18,8098	0,2097	0,0160	0,0003		
0,2580	21,4969	0,2675	-0,0095	9,06E-05		
0,3225	24,1901	0,3254	-0,0029	8,6E-06		

0,3628	26,8711	0,3830	-0,0203	0,0004	0,3628
0,4047	29,5602	0,4408	-0,0362	0,0013	0,4047
0,4498	32,2453	0,4986	-0,0488	0,0024	0,4498
0,5208	34,9505	0,5567	-0,0360	0,0013	0,5208
0,5869	37,6196	0,6141	-0,0273	0,0007	0,5869
0,6256	40,3067	0,6719	-0,0463	0,0021	0,6256
0,7223	42,9938	0,7297	-0,0074	5,43E-05	0,7223
0,7997	45,6963	0,7878	0,0119	0,0001	0,7997
0,8771	48,3769	0,8454	0,0317	0,0010	0,8771
0,9206	51,0596	0,9031	0,0175	0,0003	0,9206
1,0077	53,7422	0,9608	0,0469	0,0022	1,0077



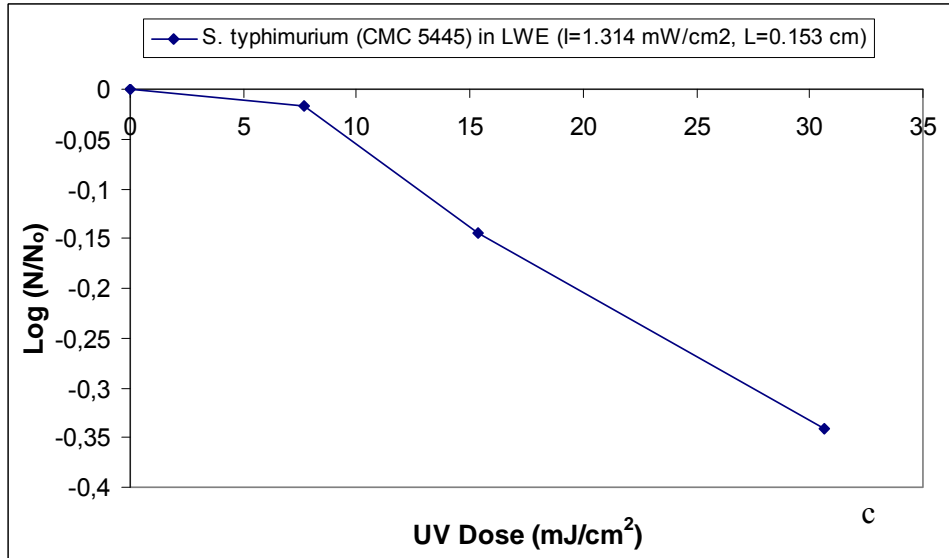
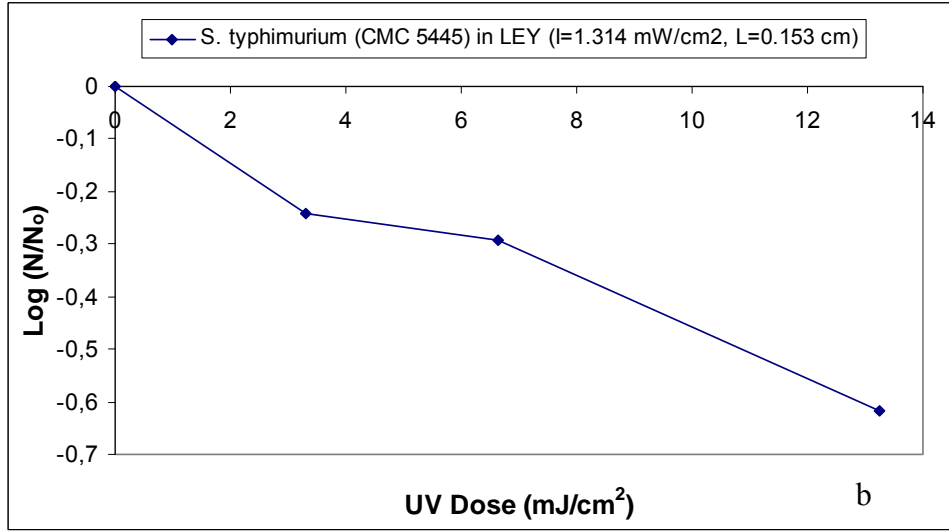
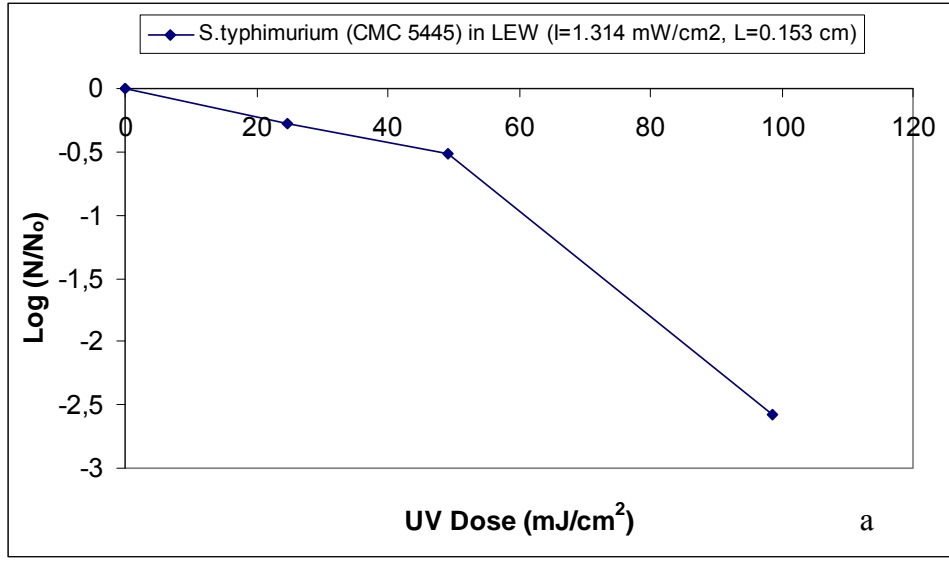
Şekil A.5. Newtonian modeline göre taze karışık sıvı yumurtanın reolojisinin standard sapma eğrileri (a) 4 °C (b) 25 °C (c) 60 °C

EK 2.

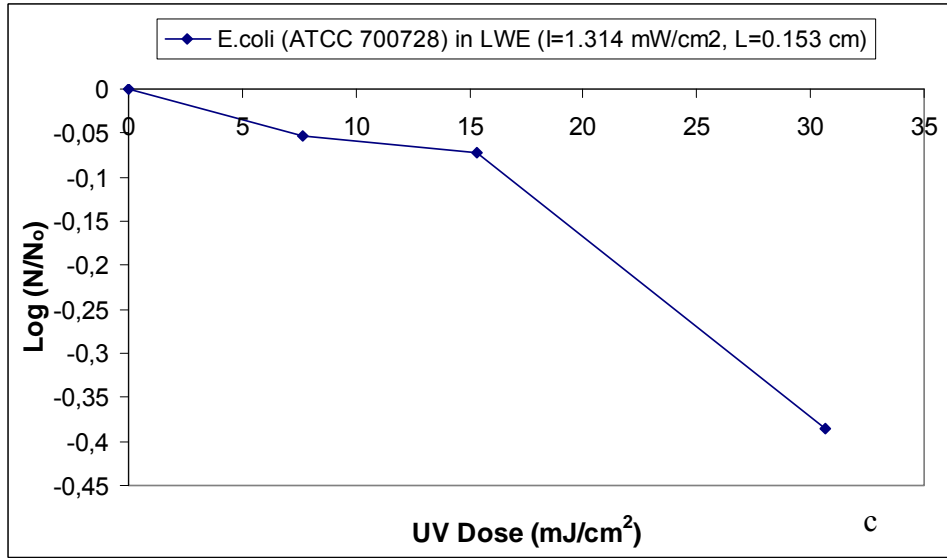
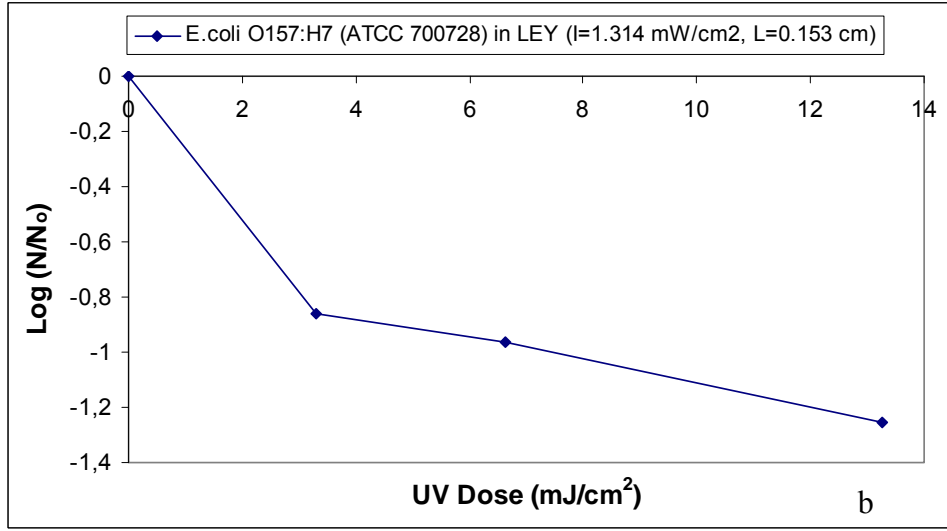
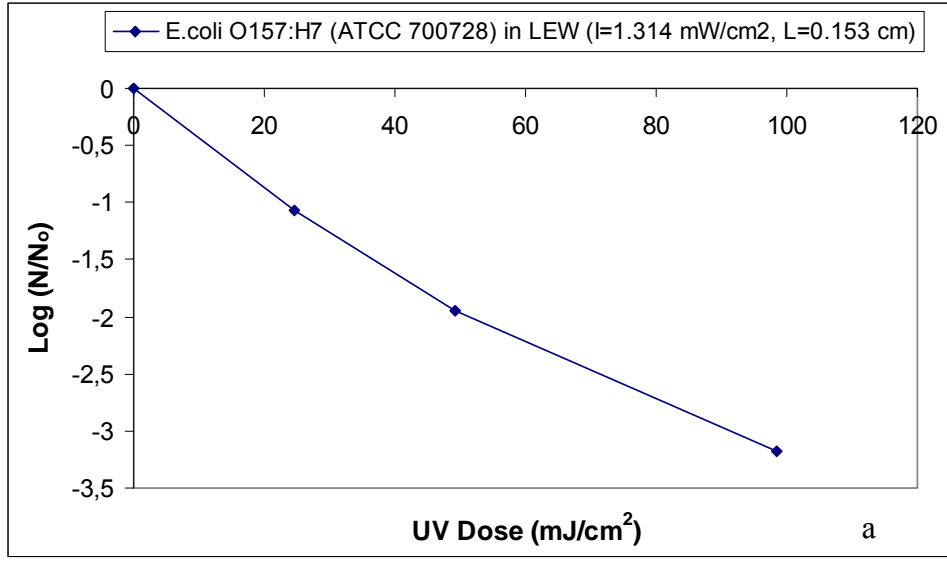
S.typhimurium (CCM 5445) VE *E.coli* O157:H7 (ATCC 700728) İÇİN BİYODOZİMETRİK SONUÇLAR

Tablo A.6. Hedef Mikroorganizmalar için 0.153 cm Örnek Derinliğinde ve 1.314 mW/cm² UV İntensite Değerinde İnaktivasyon Oranı Sabiti Değerleri (cm²/mj)

Mikroorganizma	İnaktivasyon Oranı Sabiti (cm ² /mW.s)		
	Yumurta Beyazı	Yumurta Sarısı	Karışık Yumurta
<i>E.coli</i> (ATCC 8739)	0.0204	0.0445	0.0076
<i>E.coli</i> O157:H7	0.0317	0.0839	0.0126
<i>S.Typhimurium</i>	0.0265	0.0441	0.0118



Şekil A.6. 0.153 cm örnek derinliği ve 1.314 mW/cm² UV intensite (I₀) değerinde *S. typhimurium*'un UV inaktivasyonunun etkisi (a) Sıvı yumurta beyazı (b) Sıvı yumurta sarısı (c) Karışık sıvı yumurta



Şekil A.7. 0.153 cm örnek derinliği ve $1.314 \text{ mW}/\text{cm}^2$ UV intensite (I_0) değerinde *E. coli* O157:H7' nin (ATCC 700728) UV inaktivasyonunun etkisi (a) Sıvı yumurta beyazı (b) Sıvı yumurta sarısı (c) Karışık sıvı yumurta

EK 3.

***E.coli* (NRRL B-253) İÇİN BİYODOZİMETRİK SONUÇLARIN İSTATİSTİKSEL TABLOLARI**

Tablo A.7. Sıvı Yumurta Beyazı için *E.coli*'nin (NRRL B-232)

Biyodozimetrik Çalışmasının İstatistiksel Analiz Sonuçları

General Linear Model: Log Reduction versus Time; Intensity; Depth						
Factor	Type	Levels	Values			
Time	fixed	4	0; 5; 10; 20			
Intensity	fixed	3	1.315; 0.709; 0.383 ¹			
Depth	fixed	3	1.53; 3.00; 5.00 ²			
Analysis of Variance for log reduction, using adjusted SS for Tests						
Source	DF³	Seq SS⁴	Adj SS	Adj MS⁵	F	P
Time	3	20.99717	20.99717	6.99906	447.52	0.000
Intensity	2	0.89283	0.89283	0.44641	28.54	0.000
Depth	2	1.07845	1.07845	0.53923	34.48	0.000
Time* Intensity	6	1.13665	1.13665	0.18944	12.11	0.000
Time* Depth	6	1.51949	1.51949	0.25325	16.19	0.000
Intensity* Depth	4	0.12950	0.12950	0.03238	2.07	0.105
Time* Intensity* Depth	12	0.64565	0.64565	0.05380	3.44	0.002
Error	36	0.56302	0.56302	0.01564		
Total	71	26.96277				
S=0.125058		R-Sq=97.91%			R-Sq(adj)=95.88%	

¹ mW/cm²

² mm

³ DF: Degrees of Freedom

⁴ SS: Sum of Square

⁵ MS: Mean of Square

Tablo A.8. Sıvı Yumurta Sarısı için *E.coli*'nin (NRRL B-232)

Biyodozimetrik Çalışmasının İstatistiksel Analiz Sonuçları

General Linear Model: Log Reduction versus Time; Intensity; Depth						
Factor	Type	Levels	Values			
Time	fixed	4	0; 5; 10; 20			
Intensity	fixed	3	1.315; 0.709; 0.383			
Depth	fixed	3	1.53; 3.00; 5.00			
Analysis of Variance for log reduction, using adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Time	3	0.848612	0.848612	0.282871	41.17	0.000
Intensity	2	0.12581	0.12581	0.051290	7.47	0.002
Depth	2	1.032962	1.032962	0.516481	75.17	0.000
Time* Intensity	6	0.055628	0.055628	0.009271	1.35	0.261
Time* Depth	6	0.366172	0.366172	0.061029	8.88	0.000
Intensity* Depth	4	0.098393	0.098393	0.024598	3.58	0.015
Time* Intensity* Depth	12	0.047625	0.047625	0.003973	0.58	0.845
Error	36	0.247346	0.247346	0.006871		
Total	71	2.766369				
S=0.0828898		R-Sq=91.16%			R-Sq(adj)=82.57%	

Tablo A.9. Karışık Sıvı Yumurta için *E.coli*'nin (NRRL B-232)

Biyodozimetrik Çalışmasının İstatistiksel Analiz Sonuçları

General Linear Model: Log Reduction versus Time; Intensity; Depth						
Factor	Type	Levels	Values			
Time	fixed	4	0; 5; 10; 20			
Intensity	fixed	3	1.315; 0.709; 0.383 ¹			
Depth	fixed	3	1.53; 3.00; 5.00 ²			
Analysis of Variance for log reduction, using adjusted SS for Tests						
Source	DF³	Seq SS⁴	Adj SS	Adj MS⁵	F	P
Time	3	0.249540	0.249540	0.083180	24.35	0.000
Intensity	2	0.005293	0.005293	0.002647	0.77	0.468
Depth	2	0.095266	0.095266	0.047633	13.94	0.000
Time* Intensity	6	0.013482	0.013482	0.02247	0.66	0.684
Time* Depth	6	0.043479	0.043479	0.007246	2.12	0.075
Intensity* Depth	4	0.003894	0.003894	0.000973	0.28	0.886
Time* Intensity* Depth	12	0.017253	0.017253	0.001438	0.42	0.945
Error	36	0.123001	0.123001	0.003417		
Total	71	0.551207				
S=0.0584525		R-Sq=77.69%			R-Sq(adj)=55.99%	

EK 4.

SIVI YUMURTA ÜRÜNLERİNİN RENK ÖLÇÜMÜ SONUÇLARI

Tablo A.10. Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminden Önce ve Sonra Paralel Işın Demeti Cihazında Ölçülen Renk Parametrelerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

Parametre	Ürün	Derinlik (mm)	Zaman (dak.)			
			0	5	10	20
L*	Yumurta Beyazı	1.53	28.51 ± 0.45 ^c	28.57 ± 0.24 ^c	28.56 ± 0.44 ^b	28.16 ± 0.64 ^b
		3	29.57 ± 0.25 ^b	29.25 ± 0.33 ^b	29.35 ± 0.32 ^a	29.42 ± 0.59 ^a
		5	30.16 ± 0.28 ^a	29.74 ± 0.19 ^a	29.80 ± 0.21 ^a	29.66 ± 0.22 ^a
	Yumurta Sarısı	1.53	55.93 ± 0.64 ^c	55.23 ± 0.83 ^c	55.21 ± 0.95 ^c	54.70 ± 0.57 ^c
		3	57.31 ± 1.00 ^b	57.32 ± 0.74 ^b	57.27 ± 0.78 ^b	56.75 ± 0.50 ^b
		5	58.92 ± 0.32 ^a	58.90 ± 0.26 ^a	58.79 ± 0.44 ^a	58.83 ± 0.29 ^a
	Kartışık Yumurta	1.53	57.23 ± 0.87 ^c	57.34 ± 0.88 ^c	57.31 ± 0.63 ^c	56.72 ± 0.79 ^c
		3	59.75 ± 1.09 ^b	59.66 ± 1.24 ^b	59.79 ± 0.96 ^b	59.58 ± 1.30 ^b
		5	61.56 ± 0.79 ^a	61.32 ± 0.86 ^a	61.14 ± 0.69 ^a	61.21 ± 0.91 ^a
a*	Yumurta Beyazı	1.53	0.14 ± 0.20 ^a	0.18 ± 0.18 ^a	0.11 ± 0.20 ^a	0.11 ± 0.14 ^a
		3	-0.21 ± 0.10 ^b	-0.09 ± 0.17 ^{a, b}	-0.01 ± 0.12 ^{a, b}	-0.05 ± 0.23 ^{a, b}
		5	-0.36 ± 0.22 ^b	-0.33 ± 0.25 ^b	-0.32 ± 0.26 ^b	-0.30 ± 0.20 ^b
	Yumurta Sarısı	1.53	1.05 ± 0.51 ^c	0.52 ± 0.64 ^c	0.46 ± 0.83 ^c	0.37 ± 0.27 ^c
		3	3.40 ± 0.64 ^b	3.27 ± 0.61 ^b	3.31 ± 0.60 ^b	2.93 ± 0.31 ^b
		5	6.02 ± 0.17 ^{a, x}	5.60 ± 0.14 ^{a, y}	5.66 ± 0.18 ^{a, y}	5.68 ± 0.22 ^{a, y}
	Kartışık Yumurta	1.53	-0.34 ± 0.52 ^c	-0.13 ± 0.74 ^c	-0.22 ± 0.77 ^c	-0.28 ± 0.56 ^c
		3	2.45 ± 0.35 ^b	2.22 ± 0.35 ^b	2.21 ± 0.30 ^b	2.19 ± 0.34 ^b
		5	4.86 ± 0.76 ^a	4.74 ± 0.77 ^a	4.62 ± 0.59 ^a	4.63 ± 0.66 ^a
b*	Yumurta Beyazı	1.53	-0.65 ± 0.12 ^{b, x}	-0.58 ± 0.08 ^{b, x}	-0.63 ± 0.05 ^{b, x}	-0.53 ± 0.25 ^{b, x}
		3	-0.68 ± 0.19 ^{b, y}	-0.48 ± 0.09 ^{b, xy}	-0.52 ± 0.16 ^{b, xy}	-0.34 ± 0.18 ^{b, x}
		5	-0.16 ± 0.15 ^{a, y}	0.05 ± 0.11 ^{a, xy}	0.01 ± 0.18 ^{a, xy}	0.16 ± 0.13 ^{a, x}
	Yumurta Sarısı	1.53	44.45 ± 0.72 ^c	43.39 ± 1.14 ^c	43.16 ± 1.96 ^c	43.64 ± 1.99 ^c
		3	47.45 ± 1.41 ^b	47.10 ± 0.90 ^b	46.96 ± 0.81 ^b	46.34 ± 1.01 ^b
		5	49.51 ± 0.90 ^a	49.60 ± 1.05 ^a	49.70 ± 0.75 ^a	49.33 ± 0.93 ^a
	Kartışık Yumurta	1.53	25.74 ± 0.70 ^c	26.05 ± 0.98 ^c	26.02 ± 0.94 ^c	25.79 ± 0.68 ^c
		3	30.74 ± 0.92 ^b	30.94 ± 1.15 ^b	30.71 ± 1.11 ^b	30.51 ± 1.31 ^b
		5	33.31 ± 0.76 ^a	33.36 ± 1.09 ^a	33.25 ± 0.86 ^a	33.35 ± 0.83 ^a

^{a, b, c} Sütunlardaki farklı harfler önemli farklılığı göstermektedir (p<0.05, depth effect)

^{x, y} Satırlardaki farklı harfler önemli farklılığı göstermektedir (p<0.05, time effect)

Tablo A.11. Sıvı Yumurta Ürünlerinde UV İşleminden Önce ve Sonra Paralel Işın Demeti Cihazında Ölçülen ΔE Değerlerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları

Parametre	Derinlik (mm)	Zaman (dak.)	Replika-1	Replika-2
LEW	1.53	5	$0.33 \pm 0.18^{a,b}$	0.64 ± 0.41
		10	0.18 ± 0.14^b	0.45 ± 0.62
		20	0.69 ± 0.24^b	0.27 ± 0.12
	3	5	0.59 ± 0.33	0.36 ± 0.24
		10	0.33 ± 0.10	0.46 ± 0.13
		20	0.90 ± 0.33	0.40 ± 0.10
	5	5	0.57 ± 0.22	0.68 ± 0.44
		10	0.43 ± 0.18	0.70 ± 0.29
		20	0.60 ± 0.34	0.72 ± 0.32
LEY	1.53	5	1.60 ± 0.95	1.27 ± 0.93
		10	1.16 ± 0.82	2.13 ± 2.55
		20	1.17 ± 0.54	2.84 ± 1.17^y
	3	5	0.92 ± 0.64	0.52 ± 0.11
		10	1.34 ± 0.61	0.71 ± 0.23
		20	1.41 ± 0.86	1.79 ± 0.69^{xy}
	5	5	0.41 ± 0.23	0.85 ± 0.13
		10	0.75 ± 0.48	0.98 ± 0.39
		20	0.49 ± 0.09	0.53 ± 0.18^x
LWE	1.53	5	0.98 ± 0.61	0.48 ± 0.37
		10	1.47 ± 1.01	0.84 ± 0.61
		20	0.68 ± 0.19	0.79 ± 0.38
	3	5	0.64 ± 0.49	0.53 ± 0.36
		10	0.89 ± 0.42	0.63 ± 0.42
		20	1.34 ± 0.57	0.91 ± 0.64
	5	5	0.45 ± 0.27	0.50 ± 0.05
		10	0.60 ± 0.05	0.53 ± 0.17
		20	0.63 ± 0.09	0.41 ± 0.04

^{a, b} Sütunlardaki farklı harfler önemli farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$, time effect)

^{x, y} Satırlardaki farklı harfler önemli farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$, depth effect)

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: TOVAG - 104 O 210
Proje Başlığı: Sıvı Yumurta Ürünlerinin Ultraviyole (UV) Işık İle Dezenfeksiyonu
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Yrd. Doç. Dr. Sevcan Ünlütürk (yürütücü) Yrd. Doç. Dr. Canan Tarı (araştırmacı) Yrd. Doç. Dr. Figen Korel (araştırmacı)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Guda Mühendisliği Bölümü Gülbahçe Kampüsü, Urla 35437 İzmir
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Guda Mühendisliği Bölümü Gülbahçe Kampüsü, Urla 35437 İzmir
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1.05.2005-1.12.2007
Öz (en çok 70 kelime) Bu projede, UV ışığının sıvı yumurta ürünlerinde inaktivasyon etkisinin olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla hem laboratuvar tipi hem de pilot ölçekli UV cihazı kullanarak, sabit UV dozajında ve farklı tatbik sürelerinde dezenfekte edilen sıvı yumurta ürünlerinde pH, absorbans, renk, bulanıklık gibi fiziksel ölçümlerle beraber toplam canlı sayımı, <i>Salmonella</i> , ve <i>E. Coli</i> gibi mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Laboratuvar tipi UV cihazı ile yapılan biyodozimetrik çalışmalar sonucunda, en iyi logaritmik mikrobiyal azalmanın (> 2-log) yumurta beyazında sağlandığı ortaya konmuştur. Sürekli sistemde inaktivasyon etkisinin, biyodozimetrik denemelere göre çok daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda, kullanılan pilot tipi UV reaktörün tasarımında değişiklikler yapılması gerektiği ortaya konmuş ve gerekli öneriler getirilmiştir.
Anahtar Kelimeler: <i>E. coli</i> , UV inaktivasyon, sıvı yumurta ürünleri, ısısal olmayan işlem, yumurta ürünlerinin reolojik özellikleri

Projeden Yapılan Yayınlar:**Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler :**

1. Sevcan Unluturk, Mehmet R. Atılgan , A. Handan Baysal and Canan Tarı (2008). Use of UV-C radiation as a non-thermal process for Liquid Egg Products (LEP). J of food engineering, 85, 561-568
2. M. R. Atılgan, S. Unluturk, “Rheological Properties of Liquid Egg Products (LEPs) as a Function of Temperature”, International Journal of Food Properties (accepted)

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler

1. Atılgan M. R., Unluturk S. and Baysal A. H. Thermal and non-thermal processing of liquid egg products. 2nd International Congress on Food and Nutrition. Book of Abstract,225, İstanbul, Turley, 24-26 October, 2007
2. Atılgan M.R., Baysal A.H. and Ünlütürk S. (2007). Short Wave Ultraviolet Light (UVC) Inactivation of Escherichia coli in Liquid Egg White. 5th International Congress on Food Technology: Consumer protection through Food Process improvement and innovation in the real world”, Proceedings Vol 2, p. 358-365, Thessaloniki, Greece, March 9-11, 2007
3. Atılgan M.R. and Unluturk S. (2006). Evaluation of processing criteria for the UV disinfection of liquid egg products: I. Fluid dynamics parameters. CEFood 2006, 3 rd European Congress on Food. Book of Abstracts, p. 104, Sofia, Bulgaria, May 22-24, 2006

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

1. Mehmet R. Atılgan ve Sevcan Ünlütürk. Sıvı Yumurta Ürünlerinin Reolojik Özelliklerinin Karakterizasyonu, Gıda teknolojisi derneği: Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, yayın no 33, 771-772