



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Kemal YILDIZ

**UV-C IŞINLAMA İŞLEMİNİN SOĞAN
SUYUNUN PASTÖRİZASYONUNDA
KULLANILABİLİRLİĞİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

OSMANİYE – 2016

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**UV-C IŞINLAMA İŞLEMİNİN SOĞAN SUYUNUN
PASTÖRİZASYONUNDA KULLANILABİLİRLİĞİ**

Mustafa Kemal YILDIZ

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

**OSMANİYE
Aralık – 2016**

TEZ ONAYI

UV-C IŞINLAMA İŞLEMİNİN SOĞAN SUYUNUN PASTÖRİZASYONUNDA KULLANILABİLİRLİĞİ

Mustafa Kemal YILDIZ tarafından Yrd. Doç. Dr. Hande DEMİR danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Ana Bilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/~~çokluğu~~ ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hande DEMİR
GIDA Mühendisliği Ana Bilim Dalı, OKÜ

Üye: Doç. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, KSÜ, Müh. ve Mim. Fak.

Üye: Yrd. Doç. Dr. Pınar KADİROĞLU
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana BTÜ, Müh. ve Doğa Bil. Fak.

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdullah Ali GÜRTEN
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu Çalışma O.K.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve TÜBİTAK Tarafından Desteklenmiştir.

BAP Proje No: OKÜBAP-2015-PT3-016

TÜBİTAK Proje No: 115O981

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

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

Mustafa Kemal YILDIZ

ÖZET

UV-C IŞINLAMA İŞLEMİNİN SOĞAN SUYUNUN PASTÖRİZASYONUNDA KULLANILABİLİRLİĞİ

Mustafa Kemal YILDIZ
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hande DEMİR

Aralık 2016, 82 sayfa

Soğan (*Allium cepa* L.) suyu; soğan pastası ve soğan kavurması proseslerinin atık ürünüdür. Bu proseslerin boyut küçültme ve öğütme işlemleri sonucunda %10 – 40 (k/k) oranında soğan ekstrakte olmakta ve soğan suyu olarak atılmaktadır. Bunun yanında, soğan suyu büyük ölçekli döner üreticileri tarafından etin marinasyonu için taze olarak hazırlanan ve kullanılan bir bileşendir. Fakat soğan suyunun hazırlanması zaman ve işgücü kaybettiren ayrıca soğanların uzun süreli depolanması için sıcaklık kontrolü olan bir depoya ihtiyaç duyan bir işlemdir. Soğanın sürdürülebilir temini ise mevsimsel bir bitki olması nedeniyle problemlidir. Hem bu problemi çözmek, hem de atık soğan suyuna katma değer kazandırmak üzere soğan suyunun ultraviyole (UV-C) ışınlama ile pastörize edilmesi ve raf ömrü kazandırılması bu çalışmanın amacıdır. Bu amaçla, ışınlama süresi, UV ışık yoğunluğu ve soğan suyunun derinliği faktörlerinin mikrobiyal inaktivasyon üzerine etkisi deneysel tasarım ve istatistiksel analiz kullanılarak optimize edilmiştir. Sonuç olarak optimum koşullarda 6374,5 mJ/cm² UV doza maruz kalarak *E. coli* K-12 üzerinde 4,02 ± 0,17 log (kob/mL) inaktivasyon sağlanmıştır. Çalışma, UV-C ışınlama işleminin soğan suyunun mikrobiyal raf ömrü ile tekstürel, duyu ve bazı fizikokimyasal özellikler üzerine olan etkilerinin belirlenmesini de içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Soğan suyu, pastörizasyon, UV-C ışınlama, raf ömrü.

ABSTRACT

INVESTIGATION ON THE USAGE OF UV-C IRRADIATION PROCESS IN ONION JUICE PASTEURIZATION

Mustafa Kemal YILDIZ
M.Sc., Department of Food Engineering
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hande DEMİR

December 2016, 82 pages

Onion (*Allium cepa* L.) juice is a by-product of onion paste production and onion roasting processes. After the size reduction and grinding steps of these processes, 10-40 % (w/w) of onion is extracted and discarded as onion juice. On the other hand, it can be freshly prepared and used as marinade by the large-scale producers of meat products such as doner kebab. However preparation of onion juice is a time and manpower consuming process requiring a temperature controlled storage space for onions. The continuous supply of onion is also a problem because it is a seasonal plant. With the aim of solving these problems and adding value to a by-product this study aims to pasteurize the onion juice and extend its shelf life by means of ultraviolet (UV-C) irradiation. For this purpose, irradiation time, UV incident intensity, and juice depth factors on the microbial inactivation parameters were optimized using experimental design and statistical analysis which was resulted in 4.02 ± 0.17 log inactivation of *E. coli* K-12 with the UV dose of 6374.5 mJ/cm². This part was followed by studies on the effect of UV-C irradiation on the microbial shelf life, textural, sensorial and some physicochemical properties of onion juice.

Key Words: Onion juice, pasteurization, UV-C irradiation, shelf life.

Aileme...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütölmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hande DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tezime değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Pınar KADİROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Tez'e konu olan deney düzeneği sisteminin kurulmasında ve çalıştırılmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan DEMİR hocama ve bölümdeki çalışmalarım süresince beni destekleyen Arş. Gör. Özge SÜFER'e ve Bölüm Hocalarıma teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen aileme, İsmail BECERİKLİ, Mehmet Onur ORAL ve Seda SEZER'e ayrıca teşekkür ederim. İzmir Yüksek Teknoloji Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Sayın Doç. Dr. Sevcan ÜNLÜTÜRK ve Sayın Ar. Gör. Zehra KAYA'ya, ayrıca Iğdır Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Sayın Ar. Gör. Bengi HAKGÜDER TAZE'ye tez çalışmam süresince verdikleri teknik destek için teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma 1150981 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında yapılmış olup, proje TÜBİTAK ve Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi BAP (2015-PT3-016) birimi tarafından desteklenmiştir. Adı geçen kurumlara teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1 Materyal	13
3.1.1 Soğan.....	13
3.1.2 Mikroorganizma.....	13
3.1.3 Kullanılan Besiyerleri ve Kimyasal Malzemeler	13
3.2 Yöntem.....	134
3.2.1 Soğan Suyu Üretimi ve Verim Hesaplama	14
3.2.2 Soğan Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Karakterizasyonu	15
3.2.3 Mikrobiyolojik Analizler	18
3.2.4 UV-C Işınlama Uygulaması.....	20
3.2.5 Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analiz	22
3.2.6 Mikrobiyel İnaktivasyon Eğrisinin Belirlenmesi	24
3.2.7 Raf Ömrü Takibi	24
3.2.8 Duyusal Değerlendirme	24
3.2.9 Tekstürel Profil Analizi.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1 Soğan Suyunun Doğal Mikroflorasının Çoğaltılması	27
4.2 Soğan Suyu Üretiminde Verimin Belirlenmesi	28
4.3 Soğan Suyunda Hedef Mikroorganizmanın Canlılığının Belirlenmesi	28

4.4 Biyodozimetrik Çalışmalar	29
4.4.1 Paralel Işık Demetli UV Cihazında Işık Yoğunluğunun Belirlenmesi	29
4.4.2 Soğan suyunun UV-C ışın ile Pastörizasyonuna Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi	30
4.4.2.1 Tarama Aşaması.....	30
4.4.2.2 Optimizasyon Aşaması.....	36
4.4.2.3 Doğrulama Aşaması	40
4.4.3 Hedef Mikroorganizmanın UV-C ile İnaktivasyon Kinetiğinin Belirlenmesi..	41
4.5 Raf Ömrü Takibi	42
4.6 Duyusal Değerlendirme	50
4.7 Soğan Suyunda Marine Edilmiş Etin Tekstür Profil Analizinin Belirlenmesi	51
4.8 Soğan Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	52
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Çeşitli sıvı gıdaların 254 nm'deki absorbans katsayıları (Sew vd., 2014; Koutchma, 2009a)	9
Çizelge 2.2 Bazı tropik meyve sularının fizikokimyasal özellikleri (Koutchma Vd., 2007).....	10
Çizelge 3.1 UV Işınlama işlem koşullarının taranması için birinci basamakta incelenen faktörler ve seviyeleri	23
Çizelge 3.2 UV ışınlama işlem koşullarının taranması için ikinci basamakta incelenen faktörler ve seviyeleri	23
Çizelge 3.3 UV ışınlama işlem koşullarının CCD ile optimizasyonu için incelenen faktörler ve seviyeleri.....	23
Çizelge 4.1 Tasarlanan paralel ışık demetli UV-C cihazının bazı özellikleri.....	29
Çizelge 4.2 UV ışınlama işlem koşullarının taranması için birinci basamakta kullanılan deney planı ve elde edilen sonuçlar.....	31
Çizelge 4.3 Birinci tarama aşamasında toplam renk değişimi (ΔE) üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	31
Çizelge 4.4 UV ışınlama işlem koşullarının taranması için ikinci basamakta kullanılan deney planı ve elde edilen sonuçlar.....	34
Çizelge 4.5 İkinci tarama aşamasında <i>E. coli</i> K-12 sayısında log azalma üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	34
Çizelge 4.6 UV ışınlama işlem koşullarının optimizasyonu için kullanılan merkezi kompozit deney planı ve elde edilen sonuçlar (Işık yoğunluğu: 7,5 mW/cm ²)	37
Çizelge 4.7 Optimizasyon aşamasında <i>E. coli</i> K-12 sayısında log azalma üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren anova tablosu	37
Çizelge 4.8 Optimizasyon aşamasında toplam renk değişimi (ΔE) üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren anova tablosu.....	39
Çizelge 4.9 Doğrulama deney koşulları ve sonuçları.....	41
Çizelge 4.10 Marine edilmemiş, işlem görmemiş soğan suyunda marine edilmiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş etlerin duyu panel sonuçları (n=20)	51

Çizelge 4.11 Marine edilmemiş, işlem görmemiş soğan suyunda marine edilmiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş etlerin tekstürel profil analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.12 İşlem görmemiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 <i>Escherichia coli</i> K-12 suşunun inaktivasyon eğrisi üzerinde absorbans değerlerinin etkisi	8
Şekil 2.2 UV Işınlamanın farklı derinliklerdeki sıvılaştırılmış yumurta akında <i>E. coli</i> ATCC 8739 inaktivasyonu üzerine etkisi	11
Şekil 3.1 Soğan suyu üretimi akım şeması.....	14
Şekil 3.2 Kyoto yoğunlukölçer cihazı.....	15
Şekil 3.3 Krüss optronic refraktometre cihazı.....	16
Şekil 3.4 Hach 2100n türbidimetre ve küvetleri	16
Şekil 3.5 Viskozimetre	18
Şekil 3.6 Tipik bir paralel ışın demetli statik UV cihazının öğeleri	21
Şekil 3.7 Paralel ışın demetli statik UV cihazı.....	22
Şekil 3.8 Brookfield tektürel profil analizi cihazı.....	26
Şekil 4.1 Soğan suyun doğal florasında toplam aerobik canlı sayısı takibi	28
Şekil 4.2 <i>E. coli</i> K-12'nin soğan suyunda canlı kalma süresi	29
Şekil 4.3 Birinci basamak tarama aşamasında incelenen örnek derinliği faktörünün toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etkisi	32
Şekil 4.4 İkinci basamak tarama aşamasında incelenen faktörlerin <i>E. coli</i> K-12 sayısındaki log azalma üzerine etkileri a) ışık yoğunluğu faktörünün etkisi, b) örnek derinliği faktörünün etkisi, c) ışık yoğunluğu ve örnek derinliği etkileşiminin etkisi	35
Şekil 4.5 Optimizasyon aşamasında örnek derinliği – süre etkileşiminin <i>E. coli</i> K-12 sayısındaki log azalma üzerine etkisi.....	38
Şekil 4.6 Optimizasyon aşamasında örnek derinliği – süre etkileşiminin toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etkisi.....	39
Şekil 4.7 <i>E. coli</i> K-12'nin soğan suyunda UV-C doz-yanıt eğrisi	41
Şekil 4.8 Hiçbir işlem görmemiş soğan suyu (kontrol) ve UV-C ile işlem görmüş soğan suyunda depolama süresi boyunca (a) toplam aerobik canlı sayısı (TACS) ve (b) toplam küf ve maya sayısı (TKMS) değişimi.....	43
Şekil 4.9 Hiçbir işlem görmemiş soğan suyu (kontrol) ve UV-C ile işlem görmüş soğan suyunda depolama süresi boyunca (a) toplam renk değişimi, (b) parlaklık, (c) pH, (d) toplam titrasyon asitliği, (e) suda çözünen toplam katı	

madde miktarı, (f) bulanıklık, (g) enzimatik olmayan esmerleşme indeksi ve (h) toplam fenolik madde değişimi	49
Şekil 4.10 Soğan suyunun seyreltme faktörüne karşılık absorbans grafiği	53

SİMGELER ve KISALTMALAR

a*	Kırmızılık, yeşillik	
A _e	Absorbans katsayısı	(cm ⁻¹)
ALS	Değişimli en küçük kareler (alternating least squares)	
ANOVA	tek-yönlü varyans analizi	
b*	Sarılık, mavilik	
CCD	Merkezi kompozit tasarım (central composit design)	
E	1 mL 0,1 N NaOH'ın eşdeğer miktarı	(g)
F	Titrasyon faktörü	
FAOSTAT	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu İstatistik Veritabanı (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Database)	
FDA	Amerikan gıda ve ilaç dairesi (food and drug administration)	
I _o	UV ışık yoğunluğu (intensitesi)	(mW/cm ²)
I _{ort}	Ortalama UV ışık yoğunluğu (intensitesi)	(mW/cm ²)
L	Sıvı derinliği	(cm)
L*	Aydınlık	
M	Titre edilen örneğin gerçek miktarı	(mL)
NB	Nutrient Broth	
NEBI	Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi (Non-enzymatic browning index)	
NTU	Nefelometrik bulanıklık birimi (Nephelometric turbidity unit)	
P	P-değeri	
PCA	Plate Count Agar	
PDA	Potato Dextrose Agar	
PEF	Vurgulu elektrik alan	
SSA	Susuz sitrik asit	
TACS	Toplam aerobik canlı sayısı	
TKMS	Toplam küf ve maya sayısı	
TSA	Tryptic Soy Agar	

TSB	Tryptic Soy Broth	
UV-C	Ultraviyole C bandı	
V	Harcanan 0,1 N NaOH miktarı	(mL)
VRBA	Violet Red Bile Agar	
ΔE	Örneklerin toplam renk değeri farklılığı	

1. GİRİŞ

Dünya’da en çok üretilen 7 ana sebze (soğan, sarımsak, karnabahar, bezelye, kabak, domates, yeşil fasülye) arasında 3. sırada yer alan kuru soğan, Türkiye İstatistik Kurumu’nun yayımlamış olduğu verilere göre, Türkiye’de son 5 yılda toplam 9,5 milyon ton, sadece 2013 yılında ise 1,9 milyon ton üretilmiştir. FAOSTAT verilerine göre 2007-2011 yılları arasında Türkiye’den yaklaşık 100 bin ila 200 bin ton arası soğan ihracatı yapılmış olup, ithalat değerleri ise ihmal edilecek düzeyde azdır. Bu değerlere bakıldığında Türkiye’de üretilen soğanın yaklaşık %90’ının yurtiçinde değerlendirilmekte olduğu anlaşılmaktadır. Sektörden elde edilen bilgiler doğrultusunda soğan pastası elde etme işleminde yaklaşık %40, soğan kavurması işleminde ise yaklaşık %10 soğan suyu açığa çıkmaktadır. Firmaların elde ettikleri bu atık soğan suyunu bir ürün olarak değerlendirmek istedikleri bilinmektedir. Bu yüksek lisans tezi kapsamında bu gibi proseslerden elde edilen soğan suyunun pastörize edilerek, raf ömrü ve katma değer kazandırılması konusunda gerekli çalışmalar yapılmıştır. Benzer bir ürün dünyada Howards Food Inc., Reese gibi firmalar tarafından üretilmekte olup, 59 mL’lik şişelerde et ve salata sosu şeklinde 4 ila 6 \$/şişe fiyatıyla yurtdışı marketlerde yer almaktadır. Literatürde ise soğan suyunun pastörizasyonu ya da kalite kriterlerine etki eden faktörlerin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada; soğan (*Allium cepa* L.) kullanılan çeşitli üretim proseslerinde atık olarak elde edilen soğan suyunun değerlendirilmesi ve katma değer kazandırılması için soğan suyunun pastörizasyonu ve raf ömrünün uzatılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, tez kapsamında soğan suyunun; son yıllarda sıkça kullanılan, besin değeri ve duyu kalite kriterlerine daha olumlu yönde etki eden, ısı olmayan uygulamalardan morötesi (ultraviyole, UV-C) ışınlama ile pastörize edilmesi üzerinde çalışılmıştır. UV-C ışınlama işlemi tazeye yakın özellikte, yüksek kalitede ürün eldesine imkan sağlayan ve sıvı gıdaların üretiminde kullanılan ısı olmayan muhafaza teknikleri arasında yer almaktadır. Bu yöntem soğan suyu üretiminde daha önce uygulanmamış olup, yöntemin soğan suyu üzerindeki mikrobiyolojik ve kimyasal etkilerinin incelenmesi için gerekli olan denemeler gerçekleştirilmiştir. Soğan suyuna uygulanan UV-C ışınlama ile pastörizasyon işlemi esnasında mikrobiyel inaktivasyona etki eden

en önemli faktörler taranmış ve optimize edilmiş olup, bu işlemin mikrobiyal raf ömrü, besinsel ve duyuşal özelliklere olan etkileri incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Soğanın endüstriyel olarak işlenmesi esnasında elde edilen atıklar ve yan ürünler üzerine yapılmış olan çalışmalar gözden geçirildiğinde söz konusu çalışmaların ağırlıklı olarak besin öğelerinin değerlendirilmesi üzerine olduğu tespit edilmiştir. Roldan vd. (2009) soğan işleyen işletmelerin biyoaktif madde bakımından zengin bir içeriğe sahip olan yüksek oranda atık üretmelerinden hareketle soğan suyu, soğan pastası (ezmesi) ve soğan posası olarak ayırdıkları üç fraksiyonun ısı ile işleme (pastörizasyon, sterilizasyon, dondurma) stabilizasyonu sonrasında biyoaktif kompozisyon, antioksidan aktivitesi ve esmerleşmeyi önleme kapasitesi gibi özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda araştırmacılar soğan varyeteleri arasında antioksidan ve esmerleşmeyi önleme kapasitesi açısından fark olduğunu ve soğan yan ürünlerinden antioksidan özelliği bulunan bir gıda katkı maddesi üretebilmek için en uygun stabilizasyon yönteminin pastörizasyon olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca hücre duvarı yönünden nispeten daha zengin olan soğan pastası ve posasının, soğan suyuna göre daha yüksek oranda biyoaktif madde içerdiğini tespit etmişlerdir. Soğan yan ürünleri (soğan suyu, soğan pastası (ezmesi) ve soğan posası) üzerinde yapılan diğer bir çalışmada ise araştırmacılar bu yan ürünlerin diyet lifi olarak kullanabilmek için sterilizasyon işleminin uygunluğunu incelemişlerdir (Benitez vd., 2011). Bunun yanında sterilizasyon işleminin soğan yan ürünlerinin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini de takip etmişlerdir. Bu araştırma sonucunda ise ısı ile işleme ürünlerin fizikokimyasal özellikleri üzerinde bir takım değişikliklere yol açmasına rağmen, sterilizasyon işleminin soğan yan ürünlerinden diyet lifi üretimi için uygun bir stabilizasyon tekniği olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı çalışma grubu bir başka çalışmada soğan yan ürünlerinden özellikle de posasından üretilen diyet lifinin, yüksek yağ içerikli bir diyet tabii tutulan farelerin serum lipidi ve toplam kolesterol oranlarında düşüşe neden olduğunu görmüşlerdir (Benitez vd., 2012). Yine aynı çalışma grubunun aynı yan ürünler üzerinde yapmış oldukları bir başka çalışmada ise pastörizasyon işlemine göre sterilizasyon işleminin daha yüksek oranda fruktan kaybına neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun tam tersi olarak ise alkil ya da alkenil sistein sülfoksitlerin açığa çıkması için sterilizasyon işleminin daha etkili olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında araştırmacılar soğan yan ürünlerini işleyecek olan proseslerin

biyoaktif maddeler üzerinde ve farklı fonksiyonel özelliği olan maddelerin açığa çıkarılmasında oldukça etkili olduğu sonucuna varmışlardır (Benitez vd., 2013).

Soğan üzerine yapılmış olan çalışmaların bir diğer kısmı ise soğandan elde edilen ekstraktın bazı meyvelerde enzimatik kararmayı engellemesi üzerine yoğunlaşmıştır. Lee vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada tampon çözelti yardımıyla elde edilen soğan ekstraktının, taro meyvesinden elde edilen polifenol oksidaz enzimini inhibe edebildiği ve bu meyvenin enzimatik kararmasını gözle görülür şekilde engellediği sonucuna varılmıştır. Lee (2007) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise benzer şekilde elde edilmiş olan soğan ekstraktı 50 – 100 °C sıcaklıklar arasında ısıtmaya tabi tutulmuş ve ısıtılmış soğan ekstraktının muzdan üretilmiş olan polifenol oksidaz enzimini önemli derecede inhibe ettiği sonucuna varılmıştır. Lee vd. (2014) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise soğan ekstraktının patates polifenol oksidazı üzerinde inhibe edici ve patates dilimleri üzerinde kararmayı önleyici etkisinin olduğu saptanmıştır. Soğan ekstraktı kullanılarak elde edilen bu sonuçlar değerlendirildiğinde, soğan suyunun enzimatik kararma açısından birçok meyve ve sebze suyuna göre daha avantajlı olabileceği ve bu özelliğin ürünün raf ömrüne olumlu yansıtılabileceği düşünülmektedir.

Horiuchi vd. (2004) ise Japonya’da her yıl üretilen soğanların yaklaşık %10’unun tüketici kriterlerine uygun olmadığı gerekçesiyle çöpe atıldığı ya da ucuz şekilde pazara sürüldüğünü bildirmiştir. Bundan yola çıkarak, Horiuchi vd. (2004) kırmızı soğanlardan soğan suyu ve posası üretmiş, elde edilen soğan suyunu iki basamaklı fermantasyona tabi tutarak birçok mineral, amino asit ve organik asit ihtiva eden soğan sirkesi, posasından ise kompost üretilebileceğini ve bu sayede soğanlara katma değer kazandırılabilceğini göstermişlerdir. Benzer bir çalışmada, (Gonzales-Saiz vd., 2008) İngiltere, Hollanda, İtalya ve İspanya gibi ülkelerde üretilen soğanın yaklaşık %20’sinin üretim fazlası olarak atıldığı bildirilmiştir. Son 10 yılda sağlıklı bir gıda olarak vurgulanması ve etnik mutfakların popülerlik kazanması üzerine soğan tüketimi %25 civarında artmıştır. Buna bağlı olarak üretimi de artan soğanlarda üretim fazlası soğanların katma değeri olan ürünlere dönüştürülmesi üzerine ilgi artmıştır. Gonzales-Saiz vd. (2008) soğanda fermente edilebilir şekerlerin bulunmasından yola çıkarak atık soğanlardan fermantasyon ile sirke üretimi

potansiyeli üzerinde çalışmışlardır. Bunun için soğan suyu önce alkolik fermantasyona uğratarak biyoetanol üretilmiş, arkasından da asetik fermantasyona uğratarak sirke elde edilmiştir. Yapılan çalışmada fermantasyon işleminin ALS (alternating least squares) proses kontrol metodu ile birleştirilmiş yakın-kızılötesi spektroskopi tekniği ile takip edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Meyve ve sebze sularının endüstriyel üretiminde kullanılan en yaygın gıda muhafaza yöntemi, geleneksel ısı pastörizasyon uygulamalarıdır. Bu yöntem ile çeşitli meyve sularında *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes* ve *Cryptosporidium parvum* gibi patojenlerin sayısının başarılı bir şekilde düşürüldüğü bilinmektedir (Tandon vd., 2003). Fakat bu yöntem meyve ya da sebze suyunun besinsel ve duyuşsal kriterlerine olumsuz yönde etki etmektedir (Caminiti vd., 2012). Besin kayıplarının meydana gelmesinin yanı sıra, yüksek sıcaklık uygulamaları aşırı reaktif serbest radikallerin oluşmasına da neden olabilmektedir (Baysal ve İçier, 2012). Buna paralel olarak, günümüzde modern tüketici eğilimi daha lezzetli, güvenli, sağlıklı, organik, doğal ve taze gıdalara olan talebin artması yönünde gelişmektedir (Koutchma, 2009a). Bu nedenler araştırmacıların, geleneksel yüksek sıcaklık uygulamaları yerine minimal işleme stratejilerinin geliştirilmesi yönünde çaba harcamalarına yol açmıştır.

Isıl olmayan teknolojilerin en yaygın olarak kullanılanlarından bir tanesi morötesi (UV) ışınlama tekniğidir. Morötesi (UV) ışınlama tekniğinin gıda alanında kullanımı Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'nin bu tekniğin taze sıkılmış meyve sularında ısı pastörizasyon işlemine alternatif olarak güvenli bir şekilde kullanılabileceğini açıklamasıyla birlikte 2000'li yıllarda hız kazanmıştır (Koutchma, 2008). UV ışınlar görünen ışın ile X-ışını arasındaki bölgede kalan ve dalga boyları 100 ile 400 nm arasında değişen elektromanyetik ışınlardır. UV spektrumu UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm), UV-C (200-280 nm) ve vakum-UV (100-200 nm) olarak sınıflandırılır (Ünlütürk, 2012). Bu spektrumda yer alan UV-C ışınlarının 250 – 260 nm dalga boyu aralığında birçok mikroorganizma üzerinde öldürücü etkisi olduğu bilinmektedir (Bintsis vd., 2000). UV-C ışınlarının mikrobiyel inaktivasyon mekanizması, DNA'nın UV ışını absorbe etmesiyle ilişkilidir (Engin vd., 2009). UV-C ışını kullanarak yapılan UV ışınlama tekniği oldukça uzun bir süredir içme suyu

tasfiyesi ve havanın dezenfeksiyonu işlemlerinde kullanılmaktadır (Bintsis vd., 2000). Bunun yanında unlu mamuller, peynir ve et işleyen tesislerde olağan temizlik ve sanitasyon prosedürlerine yardımcı olarak ya da konveyör bant yüzeyleri veya kutu, şişe, tüp, folyo gibi paketlenme bileşenlerinin arındırılması gibi gıda ile temas eden yüzeylerin dezenfeksiyonu uygulamalarında da UV-C ışınlanması kullanılmaktadır (Koutchma, 2008). UV-C ışınlama tekniğinin diğer bir uygulama alanı ise gıda yüzeyindeki mikrobiyal yükün azaltılmasıdır. Bu amaçla yapılmış olan çalışmalarda domates, bebek ıspanak, marul, kavun dilimi gibi gıdaların yüzeylerindeki mikrobiyal yükün azaltılması için UV-C ışını kullanımına rastlanılmıştır (Artes-Hernandez vd., 2010; Escalona vd., 2010; Mukhopadhyay vd., 2014).

FDA tarafından meyve ve sebze suyu üretiminde UV-C ışınlama ile pastörizasyonun performans kriteri, türbülans akış koşullarında hedef mikroorganizma yükünün $5\log_{10}$ azalması olarak belirlenmiştir (USFDA, 2000). UV-C ışınlama işleminin belirtilen kriteri sağlama potansiyeli bu tekniğin ısı işleme alternatif olarak gelişmesinde rol oynamış olup, son yıllarda yapılan çalışmalar UV-C ışınlama tekniğinin sıvı gıdalar ve içeceklerdeki mikrobiyel yükü azaltıcı etkisi üzerine odaklanmıştır (Keyser vd., 2008; Engin vd., 2009; Fredericks vd., 2011). UV-C ışınlama; toksik olmayan ve toksik yan ürünler üretmeyen, bazı organik kontaminantların bozunmasına neden olan, istenmeyen koku ve tat oluşumuna yol açmayan ve geleneksel ısı işleme göre çok daha az enerji sarfiyatına ihtiyaç duyan bir uygulamadır (Keyser vd., 2008, Gayan vd., 2014). Tüm bu avantajlarının yanı sıra UV-C ışının birçok gıda patojeni ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalar (bakteri, maya ve küfler) üzerine de etki edebildiği bildirilmiştir.

Genel olarak pH değeri 3,3 ila 4,1 arasında değişmekte olan meyve suları gıda kaynaklı patojenlerin potansiyel taşıyıcısı olarak düşünülmezler. Fakat *E. coli* O157:H7'nin bazı suşları gibi direnç kazanmış olan patojenlerin ısı pastörizasyon işlemi sonrası bile gıda kaynaklı salgına neden olduğu görülmüştür. Bu durum, ısı pastörizasyon işlem koşullarının ağırlaştırılması gerçeğini gündeme getirmiş olup, bununla birlikte meyve suyunun organoleptik ve besinsel kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği gerçeği ile karşı karşıya kalınmıştır (Turtoi ve Borda, 2013). Bunun

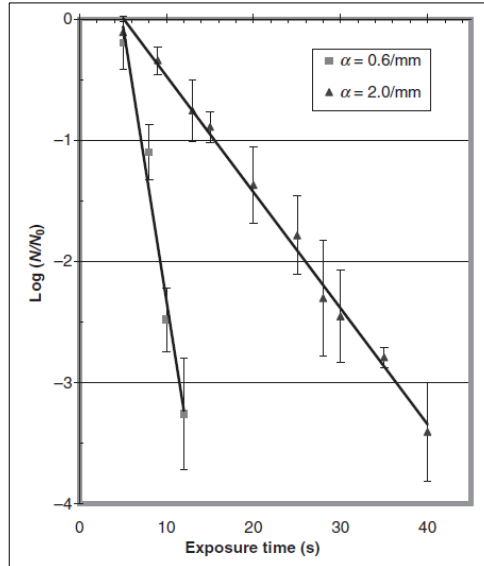
üzerine meyve ve sebze sularının üretiminde UV-C ışınlama gibi ısı olmayan işlemler kullanılması yönünde araştırmalar başlamıştır.

Ön denemeler sonucunda soğan suyunun pH değerinin yaklaşık 5,35 olduğu belirlenmiştir. Bu pH değerindeki meyve sularının sterilizasyona uygun olduğu belirtilmiştir (Cemeroğlu, 2011). Mikroorganizmaların ısıya dirençleri, içinde buldukları ortamın pH değeri ile yakından ilgili olduğundan, gıdaların ısı yolla muhafazasında gıda maddesinin pH değeri en önemli kriterdir. pH derecesi 4,5 ve altında olan gıdalar 100 °C'nin altında sıcaklık derecelerinde pastörize edilerek dayanıklı hale getirilebildikleri halde, pH derecesi 4,5'in üzerinde bulunan düşük asitli gıdalar ancak 100 °C'nin üzerinde sterilize edilerek dayanıklı hale getirilebilmektedir (Cemeroğlu, 2011). Buna göre Cemeroğlu (2011), sebze sularında da uygulanan ısı işlemin pH derecesine bağlı olduğunu ve pH 5,6 civarında olan bir sebze suyu için 121,1 °C'de, 6 dak, 115 °C'de 26 dak ya da 124 °C'de 3 dak'ya eşdeğer bir ısı işlem uygulanması gerektiğini vurgulamıştır. Fakat bahsedilen sıcaklık ve süre değerlerinin sebzelerde özellikle renk kriterini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir (Sinha, 2011). Bu nedenle bu yüksek lisans tezi kapsamında sterilizasyon uygulaması yerine soğan suyunun pH değerinin organik asit ilavesi ile 4,5'in altına düşürülmesi ve pastörize edilmesi yoluna gidilecektir. Benzer bir uygulama Baysal vd. (2013) tarafından kara havuç suyuna yapılmıştır. pH değeri sitrik asit ilavesi ile 3,8'e düşürülen havuç suyuna pastörizasyon işlemi (90 °C,10 dak.) uygulanmıştır.

UV ışın farklı fiziksel ortamlarda farklı penetrasyon özellikleri gösterir. Meyve ve sebze sularında UV-C ışının %90'ının absorbe edildiği penetrasyon derinliği yaklaşık 1 mm'dir. UV-C ışının penetrasyon etkisi sıvının tipine, UV-C absorplama kapasitesine, çözünür katı ve asılı kalmış katı içeriğine bağlıdır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2005). UV uygulaması ile mikrobiyel inaktivasyon ise uygulanan ürünün renk ve partikül özellikleri, mikrobiyel yükü, akış özelliği, UV uygulanma süresi ve şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Bintsis vd., 2000). Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda meyve ve sebze sularının yapısında yoğun olarak bulunan asılı kalmış ve çözünmüş katı parçacıklar nedeniyle

UV ile muamele edilmeleri ve bunun sonucu olarak da mikrobiyel inaktivasyon konusunda zorluklar yaşanmaktadır.

Meyve ve sebze sularında UV ışınlama tekniğinin etkinliği ağırlıklı olarak absorpsiyon katsayısı ile ifade edilir. Absorpsiyon katsayısı absorbansın yol uzunluğuna olan oranıdır. Bir meyve suyunun absorpsiyon katsayısı onun UV ışını absorblaması ile doğrudan ilişkilidir. Düşük UV absorpsiyonu olan meyve sularının düşük absorpsiyon katsayıları olur. Meyve suyunun UV absorpsiyonu aynı zamanda UV ışının penetrasyon gücünü gösterir. Düşük UV absorpsiyonu olan meyve suları, meyve suyunun içerisine daha fazla UV ışını penetre etmesini sağlar ve bu sayede meyve suyunun içerisindeki daha fazla bileşen, UV ışına maruz kalır. Bu bileşenler arasında yer alan mikroorganizmalar ne kadar fazla UV ışına maruz kalırsa, UV ışının mikrobiyel inaktivasyona katkısı o denli fazla olur. Murakami vd. (2006) *E. coli* K-12 suşunun inaktivasyon hızının esas olarak model çözeltilinin absorbans özelliğinden etkilendiği sonucuna varmıştır. Buna göre; absorbans katsayıları 6 ve 21 cm^{-1} olan iki adet tampon çözeltide belli bir seviyeye kadar çoğaltılmış olan *E. coli* K-12 suşunda UV ışının her mJ/cm^2 dozu için sırasıyla 0,58 ve 0,14-log inaktivasyon sağlanmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. *Escherichia coli* K-12 suşunun inaktivasyon eğrisi üzerinde absorbans değerlerinin etkisi (pH= 5, Briks= 20, α : absorbans katsayısı, Murakami vd., 2006)

Aşağıdaki çizelgede (Çizelge 2.1) su ve çeşitli sıvı gıdaların absorpsiyon katsayıları verilmektedir (Sew vd., 2014). Çizelge 2.1 incelendiğinde elma ve havuç suyu gibi yarısaydam meyve sularının absorpsiyon katsayılarının düşük, pulp ve parçacıklar açısından zengin olan portakal ve kan portakalı suyu gibi meyve suları ile kavun ve ananas suyu gibi opak meyve sularının ise nispeten daha yüksek absorpsiyon katsayısına sahip oldukları görülmektedir.

Çizelge 2.1. Çeşitli sıvı gıdaların 254 nm'deki absorpsiyon katsayıları (Sew vd., 2014; Koutchma, 2009a)

Gıda	Absorpsiyon katsayısı (α , cm^{-1})
Saf su	0,007 – 0,01
İçme suyu	0,02 – 0,1
Elma suyu	13,9
Bira	16,0
Ananas suyu (berrak)	16,7
Kavun suyu	23,6
Ananas suyu (bulanık)	29,9
Elma şırası	30,0
Elma suyu (doğal bulanık)	48,4
Portakal suyu	52,4
Havuç suyu	52,9
Yumurta akı	104,0
Kan portakalı suyu	194,3
Süt	300,0
Mürver dutu nektarı	329,3

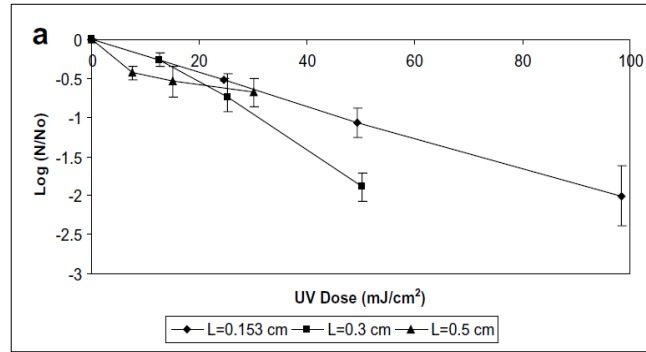
Meyve sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin karakterize edilmesi, bu meyve suları için uygun muhafaza yönteminin geliştirilmesi ve özellikle de doğru UV reaktörünün tasarlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Koutchma, 2009a).

Çizelge 2.2 Bazı tropik meyve sularının fizikokimyasal özellikleri (Koutchma vd., 2007)

Meyve suyu	Absorbans katsayısı (cm ⁻¹)	Bulanıklık (NTU)	pH	Briks derecesi	Viskozite (cP)
Elma suyu	25,9 ± 1,1	972 ± 23	3,21	11,35 ± 0,35	5,79 ± 0,46
Havuç suyu	52,9 ± 0,9	3980 ± 453	3,75	10,55 ± 1,06	9,87 ± 2,59
Guava nektarı	45,8 ± 12,6	4500 ± 450	6,32	9,05 ± 0,21	5,02 ± 1,01
Portakal suyu	47,9 ± 1,0	3759 ± 21	3,3	7,37 ± 0,29	51,77 ± 17,81
Lilikoi suyu	11,7 ± 2,1	1392 ± 503	3,01	11,40 ± 0,28	5,55 ± 0,46
Ananas suyu	73,1 ± 1,95	4028 ± 256	3,96	14,17 ± 0,58	53,20 ± 6,16
Kavun suyu	23,6 ± 1,9	1502 ± 200	5,19	8,10 ± 0,57	6,72 ± 3,22

Meyve suyunun içerdiği renk maddeleri, süspanse parçacıklar ve çözünür katılar gibi bileşenler transmittansın düşük olmasına sebep olabilir. Bu gibi durumlarda araştırmacılar meyve suyunun muhafazası için UV-C ışının tek başına FDA kriterini sağlayabilmesi için reaktörlerde akışın oldukça yavaş olması ya da meyve suyunun birkaç kez sistemden geçirilmesi gerektiğini saptamışlardır (Wright vd., 2000). Fakat endüstriyel uygulamada çok pratik olmayan bu çözüm yerine UV ışının etkinliğini optimize etmek amacıyla reaktörde türbülanslı akışın etkisi incelenmiştir (Koutchma vd., 2007; Geveke, 2008; Franz vd., 2009). Bu kısıtlamayı aşmak için birçok araştırmacının tercih ettiği diğer bir yöntem ise engel (hurdle) teknolojisinin kullanımınıdır. Gayan vd. (2013) elma suyuna kontamine edilmiş olan *E. coli* kokteyli üzerinde UV ışınlama (UV doz 27,10 J/mL) ile ılımlı koşulları olan (55 °C ve 3,58 dak) bir ısıl işlem uygulamasının birlikte sinerjik bir etki göstererek FDA kriterinin daha üzerinde bir inaktivasyon etkisi elde edildiği sonucuna varmışlardır. Taze elma suyu üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise Noci vd. (2008) UV ışınlama (30 dak, 30 W) ile vurgulu elektrik alan (PEF) (40 kV/cm, 100 µs) uygulamaları kombine edildiğinde, ısıl işleme kıyasla daha yüksek mikrobiyal inaktivasyon ve geliştirilmiş ürün kalitesi elde edilebileceğine dair sonuçlara ulaşmışlardır.

Mikroorganizmaların bulunduğu ortamda UV ışığa olan dirençlerini belirlemek için laboratuvar ölçeğinde “collimated beam apparatus” adı verilen paralel ışın demetli statik UV cihazının kullanımı standart bir metot olarak kabul edilmektedir (Koutchma, 2009b). Ünlütürk ve ark. (2008) tasarladıkları paralel ışın demetli statik UV cihazını kullandıkları çalışmalarında sıvılaştırılmış yumurta ürünlerini belirli dozlarda UV ışına maruz bıraktıktan sonra, UV doza karşılık mikrobiyel yükün logaritmik ünite olarak azalmasını grafik üzerinde ifade etmişlerdir (Şekil 2.2). Buradan elde edilen eğrinin eğiminden UV inaktivasyon hız sabitini (k , cm^2/mJ) hesaplamışlardır. Aynı grafik üzerinde D_{10} (mJ/cm^2) değeri de hesaplanabilmektedir. D_{10} , UV inaktivasyon doz değeri; ısısal işlemlerde kullanılan desimal azalma değeri olan D değerinde olduğu gibi, hedef mikroorganizmanın %90'ını inaktive edecek yani 1 log azalma sağlayacak olan minimum UV doz olarak tanımlanır (Ünlütürk, 2012). Tran ve ark. (2004) portakal suyu ($10,5^\circ\text{Bx}$) üzerinde UV ışınlama yaptıkları çalışmalarında toplam bakteri sayısı için $87 \pm 8 \text{ mJ}/\text{cm}^2$, küf ve mayalar için $119 \pm 17 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ olarak D_{10} değerleri belirlemişlerdir.



Şekil 2.2. UV ışınlamanın farklı derinliklerdeki sıvılaştırılmış yumurta akında *E. coli* ATCC 8739 inaktivasyonu üzerine etkisi ($1,314 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ışık yoğunluğunda) (Ünlütürk vd., 2008)

UV-C ışınlama ile meyve ve sebze sularında pastörizasyon işlemi esnasında mikrobiyel kalite kriterlerinin yanı sıra üretici ve tüketici açısından önemli olan fiziksel, kimyasal ve duyuşsal kriterlerin de ne ölçüde etkilendiği birçok araştırmacı tarafından takip edilmiştir. Pala ve Toklucu (2011) ısı işlem (90°C , 2 dak) ve belirli dozlarda UV-C ışınlama uygulamaları sonrasında nar suyunun mikrobiyel kalitesi ile birlikte antosiyanin profili, toplam monomerik antosiyanin içeriği, antioksidan kapasitesi, polimerik renk, toplam fenolik madde içeriği, pH, Briks, titre edilebilir

asitlik gibi fizikokimyasal özelliklerinin değişimini takip etmişlerdir. Müller vd. (2014) elma ve üzüm suyunda, polifenoloksidaz enzim aktivitesi ve viskozite, absorpsiyon katsayısı, bulanıklık, yoğunluk, pH ve renk (L, a, b) gibi fizikokimyasal değerler, UV-C ışınlatma öncesi ve sonrasında ne ölçüde etkilendiklerini belirlemiş ve bu özelliklerin değişimini 18 gün boyunca takip ederek ürünlerin raf ömrü hakkında veri toplamışlardır.

Yukarıdaki literatür özetinden de anlaşılacağı gibi soğan suyuna, üretim sonrası gerekli raf ömrünün kazandırılabilmesi için, ısı olan ya da olmayan bir işlemle pastörizasyon uygulaması yapılması gerekmektedir. Bu noktada temel hedef mikrobiyolojik yükün kriterlere uygun olarak azaltılmasıdır. Fakat bunun yanında özellikle renk ve esmerleşme gibi üretici ve tüketici için önemli olan fizikokimyasal ve ayrıca duyu özelliklerinin ne ölçüde etkilendiği gözlemlenmelidir. Bu tez kapsamında deney tasarımı ve istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak soğan suyunun UV-C ışınlatma ile pastörizasyonuna etki eden faktörler ve bunların seviyeleri belirlenmiştir. Hedef mikroorganizma sayısında 5 log (kob/mL) azalmayı sağlayan pastörizasyon koşullarında işlem gören soğan suyunun fiziksel, kimyasal ve duyu özellikleri incelenmiştir. Ayrıca daha önce soğan suyu üzerinde ısı olmayan bir işlem olan UV-C ışınlatma uygulaması bulunmadığından konu ile ilgili potansiyelin ortaya konulduğu ve bu sayede uygun bir UV pastörizasyon reaktörü tasarlanması için bilgi alt yapısı oluşturulduğu düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Soğan

Soğan suyu üretimi için gerekli olan soğanlar (*Allium cepa* L.) Osmaniye Sebze ve Meyve Hali'nden temin edildi. Satın alınan soğanlar evsel tüketime uygun olmadığı için boylama sırasında kategori dışı büyüklüğe sahip olan ve genel olarak yemekçilik sektörünün kullanımına sunulan gövde çapları yaklaşık 10 cm büyüklüğünde olan, olgun ve sarı kabuklu soğanlardır. Bu soğanlar ticaret borsalarında “ıskarta kuru soğan” adı ile işlem görmekte olup, fiyatı normal kuru soğanın fiyatından yaklaşık %40 daha düşüktür. Tedarik edilen olan soğanlar işlem görene kadar +4 °C'de 15 gün boyunca muhafaza edildi. Soğan suyu elde etme işlemi için gelişigüzel seçilen soğanlardan 5 tanesinin çap (mm), kutuplar arası boy (mm), ağırlık (g) ve kuru madde (%) değerleri ölçüldü. Ölçümü yapılacak olan soğanlarda hasar veya çürüme olmamasına dikkat edildi.

3.1.2 Mikroorganizma

Escherichia coli K-12 (ATCC 25253) suşu İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü'nden temin edildi. *E. coli* K-12 suşunun asitlendirilmiş soğan suyunda (pH yaklaşık 4,3) kullanılabilmesi için Pala ve Toklucu (2011)'de belirtildiği üzere dereceli olarak asit adaptasyonu yapıldı. Asit adaptasyonu için sitrik asit kullanıldı. *E. coli* K-12, *E. coli* O157:H7'nin patojen olmayan vekil suşudur.

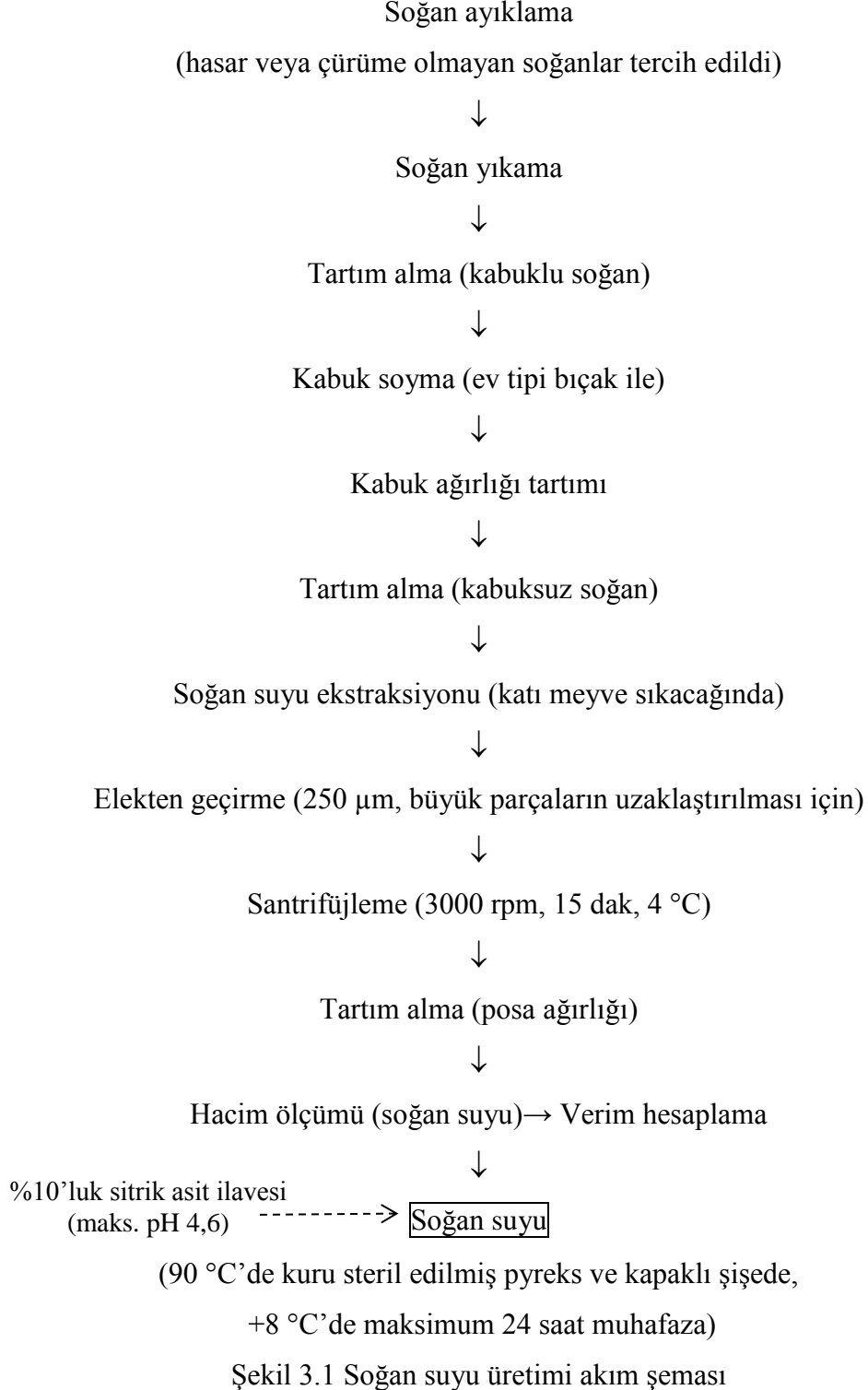
3.1.3 Kullanılan Besiyerleri ve Kimyasal Malzemeler

Plate Count Agar (PCA), Potato Dextrose Agar (PDA), peptonlu su, Violet Red Bile Agar (VRBA), Nutrient Broth (NB), Tryptic Soy Broth (TSB), Tryptic Soy Agar (TSA), sitrik asit ve NaOH ticari bir kimyasal firmasından temin edildi.

3.2 Yöntem

3.2.1 Soğan Suyu Üretimi ve Verim Hesaplama

Çalışmanın tamamında kullanılan soğan suyu üretimi aşağıda verilen akım şemasına (Şekil 3.1) göre yapıldı.



Soğan suyunun verimini hesaplama işlemi ise Denklem 3.1 kullanılarak yapıldı:

$$Verim (\%) = \frac{[(meyve \text{ ağırlığı (g)} - (\text{meyve kabuğu (g)} + \text{posa (g)})]}{\text{meyve ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.2 Soğan Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Karakterizasyonu

Soğan suyunun, üretildikten hemen sonra ve UV ile muamele işleminin en uygun işlem koşullarında fizikokimyasal özellikleri ilgili analizler ile yapıldı.

Absorbans katsayısı belirleme:

Soğan suyunun absorbans katsayısı Caminiti vd. (2012) ve Ünlütürk ve Atılgan (2014)'te bildirilen yöntem kullanılarak yapıldı. Buna göre; soğan suyu saf su yardımıyla belirli oranlarda (1:25, 1:50, 1:100, 1:200, 1:250 ve 1:500) seyreltildi. Üçer paralel olarak hazırlanan seyreltmelerin absorbansları, 254 nm'de, 10 mm ışık yollu kuvartz küvet kullanarak UV-Vis spektrofotometrede saf suya karşılık ölçüldü. 254 nm'de elde edilen absorbans değerlerine karşılık seyreltme faktörleri değerleri çizdirilerek, bu grafiğin eğiminden absorbans katsayısı (cm^{-1}) değeri hesaplandı.

Yoğunluk ölçümü:

Soğan suyunun yoğunluğu (g/cm^3) Kimya Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Kyoto marka DA650 model Yoğunlukölçer (Şekil 3.2) ile 20 °C sıcaklıkta ölçüldü.



Şekil 3.2 Kyoto Yoğunlukölçer cihazı

Suda çözünen toplam katı madde miktarı analizi:

Soğan suyunun suda çözünen toplam katı madde miktarı (°Brix) Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Krüss Optronic (Almanya) marka refraktometre cihazı (Şekil 3.3) ile ölçüldü. Ölçümler oda sıcaklığında ve 3 paralel üzerinden yapıldı.



Şekil 3.3. Krüss Optronic refraktometre cihazı

Bulanıklık ölçümü:

Soğan suyu örneklerinin bulanıklık değerleri Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan HACH 2100N marka türbidimetre (Şekil 3.4) ile belirlendi. Soğan suyu örnekleri şişe içerisinde 3 kez alt üst edildikten hemen sonra, cihazın cam küvetleri yaklaşık 45-50 mL örnek ile dolduruldu. Bulanıklık yapan unsurlar çökmeye başlamadan ivedilikle ölçüm alındı. Ölçümler 3 paralel üzerinden yapıldı. Sonuçlar nefelometrik bulanıklık birimi (NTU) cinsinden ifade edildi.



Şekil 3.4. HACH 2100N türbidimetre ve küvetleri

Renk değerlerinin belirlenmesi:

Soğan suyunun renk değerleri Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Konika Minolta CR 400 model portatif renk ölçüm cihazı ile ölçüldü. Renk ölçüm cihazı ters bir şekilde sabitlendi. 50 mL'lik beher içerisine yaklaşık 25 mL soğan suyu eklendi. Beher, cihazın üzerine optik camı kapatacak şekilde yerleştirildi ve üzeri beyaz bir kâğıt ile kapatıldı, ardından ölçüm tuşuna basıldı. L (aydınlık), a (kırmızılık, yeşillik) ve b (sarılık, mavilik) değerleri elde edildi. Her bir örnek için üç paralel ölçüm alınarak ortalaması hesaplandı. Örneklerin toplam renk değeri farklılığı (ΔE) Denklem 3.2'de verilen formül ile hesaplandı. Cserhalmi vd. (2006)'ya göre işlem görmüş ve görmemiş olan örnekler arasındaki farka dayalı olarak hesaplanan ΔE

değeri; 0 – 0,5 aralığında “fark edilemez”, 0,5 – 1,5 aralığında “hafifçe fark edilebilir”, 1,5 – 3,0 aralığında “fark edilebilir”, 3,0 – 6,0 aralığında “iyice fark edilebilir” ve 6,0 – 12,0 aralığında “çok fark edilebilir” olarak nitelendirildi.

$$\Delta E = \sqrt{[(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2]} \quad (3.2)$$

pH ve toplam titrasyon asitliği ölçümü:

25 °C’deki soğan suyunun pH değeri laboratuvar tipi pH metre ve manyetik karıştırıcı kullanılarak belirlendi.

Demirdöven (2009)’a göre toplam titrasyon asitliğini belirlemek için homojen olarak alınan 25 mL soğan suyu 0,1 N NaOH ile pH değeri 8,1 olana kadar titre edildi. Sonuç Denklem 3.3 ile hesaplandı ve susuz sitrik asit cinsinden (SSA,%) ifade edildi.

$$\text{Titrasyon asitliği, \%} = \frac{V * F * E * 100}{m} \quad (3.3)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, mL

F: Titrasyon faktörü

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

m: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, mL

Viskozite:

Soğan suyunun vizkozitesi Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Brookfield Viscometer LVDV-II+ PRo Extra (Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, MA) (Şekil 3.5) kullanılarak SC4-18 / 13RP sample chamber spindle uç ile 25 °C sıcaklıkta ölçüldü.



Şekil 3.5. Viskozi metre

Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi tayini:

Enzimatik olmayan esmerleşme düzeyi Demirdöven (2009)'da belirtilen yöntem kullanılarak yürütüldü. Buna göre; 25 mL soğan suyu örneği 800 RCF hızda 20 dakika süreyle santrifüj edildi. Santrifüj işleminin ardından süpernatanttan 10 mL alındı, üzerine 10 mL %95'lik etil alkol eklendi. Karışım vorteks cihazı ile homojenize edildikten sonra Whatman No:42 filtre kâğıdı ile süzüldü. Elde edilen süzükte UV-Vis spektrofotometre ile 420 nm dalga boyundaki absorbans değerleri saptandı. Sonuçlar enzimatik olmayan esmerleşme indeksi (NEBI) olarak ifade edildi.

Toplam fenolik madde tayini:

Toplam fenolik madde konsantrasyonu Sun vd. (2007)'de belirtilen yöntem kullanılarak yürütüldü. Buna göre Folin–Ciocalteu reaktifi deiyonize su ile 10 kat seyreltildi ve 0,75 mL alınarak, 0,1 mL soğan suyu örneği ile karıştırıldı. Bu karışım oda sıcaklığında 5 dakika bekletildi. Bu süre sonunda %2'lik sodyum karbonat çözeltisinden 0,75 mL eklendi. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 15 dakika bekletilen karışımın spektrofotometre yardımı ile 750 nm'de absorbans değeri ölçüldü. Standart olarak 0, 50, 100, 150, 250 and 500 mg/L gallik asit çözeltileri ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi ile örnekler korele edildi.

3.2.3 Mikrobiyolojik Analizler

UV ışınlama ile mikrobiyel inaktivasyonun belirlenmesi için yararlanılan mikrobiyolojik analizler bu bölümde verilmektedir.

Toplam aerobik canlı sayımı:

Tran ve Farid (2004)'te belirtildiği üzere toplam aerobik canlı sayımı için gerekli seyreltmelerden (peptonlu su ile) Plate Count Agar (PCA) besiyerine dökme plaka yöntemi ile ekim yapıldı ve 35 °C'de, 48 saat inkübasyona bırakıldı. Her bir seyreltmeden en az 2 paralel ekim yapıldı ve ortalaması alınan sonuçlar koloni oluşturan birim (kob) / mililitre (mL) olarak ifade edildi.

Toplam küf ve maya sayımı:

Tran ve Farid (2004)'te belirtildiği üzere toplam maya ve küf sayımı için gerekli seyreltmelerden (peptonlu su ile) Potato Dextrose Agar (PDA) besiyerine dökme plaka yöntemi ile ekim yapıldı ve 26 °C'de, 5 gün inkübasyona bırakıldı. Her bir seyreltmeden en az 2 paralel ekim yapıldı ve ortalaması alınan sonuçlar koloni oluşturan birim (kob) / mililitre (mL) olarak ifade edildi.

Toplam koliform sayımı:

Hakgüder vd. (2013)'te belirtildiği üzere toplam koliform sayımı için gerekli seyreltmelerden (peptonlu su ile) Violet Red Bile Agar (VRBA) besiyerine dökme plaka yöntemi ile ekim yapıldı ve 37 °C'de, 1 gün inkübasyona bırakıldı. Her bir seyreltmeden en az 2 paralel ekim yapıldı ve ortalaması alınan sonuçlar koloni oluşturan birim (kob) / mililitre (mL) olarak ifade edildi.

***E. coli* K-12'nin inkübasyonu ve inokulasyonu:**

Aside adapte edilmiş olan *E. coli* K-12'nin – 80 °C'de muhafaza edilen gliserol stoğundan bir öze dolusu alınarak 10 mL Nutrient Broth (NB)'a aktarıldı ve 37 °C'de statik olarak 24 saat inkübe edildi. Bu kültür ortamından 100 µL alınarak % 0,75 (w/v) glikoz ile zenginleştirilmiş 100 mL Tryptic Soy Broth (TSB)'a aktarıldı. Ekim yapılan bu ortam 37 °C'de statik olarak bir gece inkübe edildi. Elde edilen kültür ortamı 3000 rpm'de 5 dakika santrifüjlendi ve süpernatant aseptik olarak dökülerek yerine 1 mL steril peptonlu su eklendi. 30 sn vorteksleme sonrasında ilgili hacme

göre 10^{6-7} kob/mL seviyesini elde etmek için gerekli olan sayıdaki tüp soğan suyuna aktarıldı (Murakami vd., 2006; Geveke vd. 2008; Ünlütürk ve Atılğan, 2014).

***E. coli* K-12 sayımı:**

Ünlütürk vd. (2008)'e göre peptonlu su ile hazırlanan uygun seyreltmelerden Tryptic Soy Agar (TSA)'a yayma plaka yöntemi ile ekim yapıldı ve 37 °C'de, 24 saat inkübasyona bırakıldı. Her bir seyreltmeden en az 2 paralel ekim yapıldı ve sonuçların ortalaması koloni oluşturan birim (kob) / mililitre (mL) olarak ifade edildi.

3.2.4 UV-C Işınlama Uygulaması

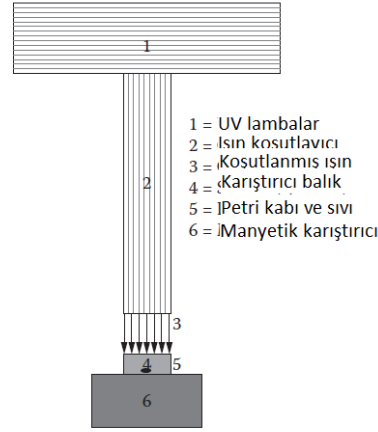
Ultraviöle ışınlama ile mikrobiyel inaktivasyon esnasında hücrenin zarar görme seviyesi, mikroorganizma tarafından absorbe edilen UV enerjisinin doz değerine ve UV'ye olan direncine bağlıdır. UV doz değeri ise aşağıda verilen Eşitlik 3.4 ve 3.5 ile hesaplandı (Ünlütürk, 2008).

$$I_{ort} = I_0 \times (1 - e^{-A_e \times L}) / A_e \times L \quad (3.4)$$

$$UV \text{ doz} = I_{ort} \times t \quad (3.5)$$

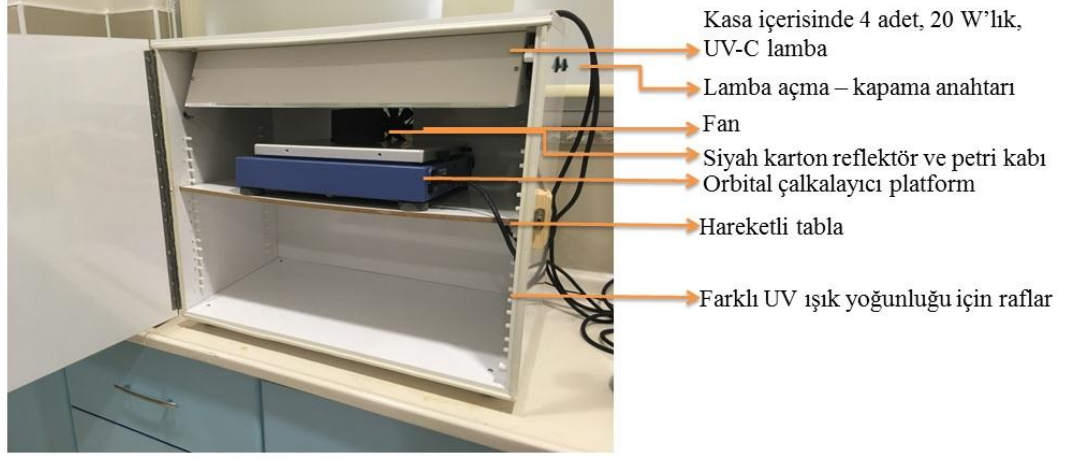
Eşitlik 3.4'te " I_{ort} " (mW/cm^2) örnekteki ortalama UV ışık yoğunluğu (intensitesi), " I_0 " (mw/cm^2) petri üzerine düşen UV ışığın yoğunluğu (intensitesi), " A_e " absorpsiyon katsayısı (cm^{-1}), " L " ise sıvı derinliğini (cm) ifade etmektedir. "UV doz" (mJ/cm^2) değeri ise Eşitlik 3.5'te verildiği gibi örnekteki ortalama UV ışık yoğunluğu ile " t " (s) UV'ye maruz kalma süresinin çarpımı ile hesaplandı.

Mikroorganizmaların soğan suyunda UV ışığa olan dirençlerini belirlemek için kullanılacak olan paralel ışın demetli statik UV cihazının kullanımı standart bir metod olarak kabul edilmektedir (Koutchma, 2009b). Paralel ışın demetli statik UV cihazının temel prensibi Şekil 3.6'da özetlenmiştir.



Şekil 3.6. Tipik bir paralel ışın demetli statik UV cihazının öğeleri (Koutchma, 2009b)

Tipik bir paralel ışın demetli statik UV cihazının öğeleri göz önünde bulundurularak tasarlanan ve imal ettirilen UV ışınlama düzeneği Şekil 3.7’de verilmektedir. Düzeneğin tavanına 4 adet düşük basınçlı, civalı, herbiri 20 Watt gücünde UV-C (254 nm) lambası (Mineralight, XX-20S, UVP) yerleştirildi. Lambalar ışık dalgalanmasını önlemek için deneyden 30 dakika önce açıldı. UV ışının örneğin üzerine en az kayıp olacak şekilde düşmesi, araya eklenen silindirik siyah karton ile sağlandı. Şekil 3.7’de de görüldüğü gibi düzeneğin yan duvarlarında yer alan raflar, örnek kabı ile ışın kaynağı arasındaki mesafenin ayarlanabilmesine, dolayısıyla farklı UV ışık yoğunluğu seviyelerinde çalışmaya imkân sağladı. Örnek kabının bulunduğu raftaki UV ışık yoğunluğunun örnek kabı ile aynı seviyeye yerleştirilmiş olan bir radyometre (UVX Radiometer, UVP) ve bir kısa dalga sensör (UVX-25) ile belirlendi. Her bir Petri kabına belli bir miktar soğan suyu eklendi ve işlem süresince orbital platform çalkalayıcı ile karıştırma sağlandı. Petri kabından Bunsen beki yardımı ile aseptik olarak örnek alındı. Petri kabındaki soğan suyunun derinliğini değişken olarak incelemek için Petri kabının hacmi / yüzey alanı matematiksel ilişkisinden yararlandı. Derinliğin doğrulanması ise dijital kumpas yardımıyla yapıldı.



Şekil 3.7. Paralel ışın demetli statik UV cihazı

3.2.5 Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analiz

Soğan suyunda UV ışınlama ile mikrobiyel inaktivasyona etki eden önemli faktörlerin ve seviyelerinin belirlenmesi için deney tasarımı ve istatistiksel analiz yöntemlerinden Design Expert (7.0.0) yazılımı kullanılarak faydalanıldı.

Tarama aşaması

Soğan suyunda UV ışınlama ile mikrobiyel inaktivasyona etki eden önemli faktörlerin ve seviyelerinin belirlenmesi için tarama denemeleri iki basamaklı olarak yapıldı. İlk basamak tarama denemelerinde ışınlama süresi, UV ışık yoğunluğu ve örnek derinliği faktörleri 2 tekerrürlü 2^3 tam faktöriyel deney tasarımı (Çizelge 3.1) ile incelendi. İlk tarama denemelerinden edinilen sonuçlar doğrultusunda ikinci tarama denemeleri yine ışınlama süresi, UV ışık yoğunluğu ve örnek derinliği faktörleri ile fakat farklı seviyeler kullanılarak 2 tekerrürlü 2^3 tam faktöriyel deney tasarımı (Çizelge 3.2) ile incelendi. Her iki aşamada da güvenlik seviyesi P-değeri 0,05 olarak alındı. 1,5, 5 ve 10 mm örnek derinliklerine karşılık gelen soğan suyu hacimleri sırasıyla 2,945, 9,817 ve 19,625 mL'dir.

Çizelge 3.1. UV ışınlama işlem koşullarının taranması için birinci basamakta incelenen faktörler ve seviyeleri

Faktör	Kodlanmış seviyeler	
	(-1)	(+1)
Süre (dak)	1	10
Işık yoğunluğu (mW/cm ²)	3,3	7,5
Örnek derinliği (mm)	1,5	5

Çizelge 3.2. UV ışınlama işlem koşullarının taranması için ikinci basamakta incelenen faktörler ve seviyeleri

Faktör	Kodlanmış seviyeler	
	(-1)	(+1)
Süre (dak)	10	30
Işık yoğunluğu (mW/cm ²)	3,3	7,5
Örnek derinliği (mm)	1,5	10

Optimizasyon aşaması

Soğan suyunda UV ışınlama ile mikrobiyel inaktivasyona etki eden önemli faktörlerin ve seviyelerinin optimizasyonu için merkezi kompozit tasarım (central composit design, CCD) kullanıldı. Güvenlik seviyesi P-değeri 0,05 olarak alındı. UV-C ışık yoğunluğu değeri 7,5 mW/cm² seviyesinde sabit tutuldu. Optimizasyon denemelerinde incelenen faktörler ve seviyeleri Çizelge 3.3’de özetlendi.

Çizelge 3.3. UV ışınlama işlem koşullarının CCD ile optimizasyonu için incelenen faktörler ve seviyeleri

Faktör	Kodlanmış seviyeler	
	(-1)	(+1)
Süre (dak)	20	40
Örnek derinliği (mm)	0,5	2,5

Her iki aşamada da *E. coli* K-12 sayımındaki logaritmik azalma (kob/mL) ve toplam renk değişimi (ΔE) değerleri cevap (response) değerleri olarak takip edildi.

3.2.6 Mikrobiyel İnaktivasyon Eğrisinin Belirlenmesi

Soğan suyunda Bölüm 3.2.5'te incelenen, hedef mikroorganizmada mikrobiyel azalmanın optimize edildiği faktör seviyeleri mikrobiyel inaktivasyon eğrisi çalışmasında sabit UV ışık yoğunluğu, örnek derinliği ve süre olarak kullanıldı. Bu koşullarda yapılan kinetik çalışmada 3 dakika aralıklarla örnek alındı ve hedef mikroorganizmanın sayımı ile mikrobiyel inaktivasyon eğrisi çizildi. Bu grafik üzerinden UV inaktivasyon hız sabiti (k , cm^2/mJ) ve D_{10} (mJ/cm^2) değerleri hesaplandı.

3.2.7 Raf Ömrü Takibi

Raf ömrü takibi için soğan suyu optimizasyon koşulları sonucunda elde edilen 0,5 mm örnek derinliği, 30 dakika UV-C muamele süresi ve $7,5 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ışık yoğunluğu koşullarında üretildi ve yeterli sayıda şişe hazırlandı. Bu koşullarda muamele edilen petri kaplarındaki soğan suları raf ömrü takibi için 250 mL'lik amber renkli şişelerde 125 mL olarak aseptik koşullarda biriktirildi. Bunun için başlangıç mikrobiyal yükü ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiş olan bir soğan suyu batch'i kullanıldı. Üretilen soğan suyunun raf ömrü 12 hafta boyunca takip edildi. Bu süreçte örnekler oda sıcaklığında, kapaklı ve önceden kuru steril edilmiş olan cam şişelerde muhafaza edildi. Raf ömrü takibi boyunca 15 günde bir örneklerden gelişigüzel seçilen 3 tanesi açıldı ve mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyu analizleri yapıldı ve değerlerin değişimi çizelge ve grafiklerle ifade edildi.

3.2.8 Duyusal Değerlendirme

Soğan suyunun duyu olarak değerlendirilmesi için seçilen en iyi koşullarda üretilen soğan sularında et dilimlerinin marine edilmesi yönteminden yararlanıldı. Bu işlem için kasaptan yağsız dana eti (sırt bölümünden) temin edilecek ve kas liflerine paralel şekilde kesilmiş olan eşit kalınlıktaki dilimler bir gece (en fazla 12 saat) buzdolabı sıcaklığında, yaklaşık 450 mL soğan suyu içerisinde bekletildi. Bunun için

hiçbir işlem görmemiş olan soğan suyu ve UV-C işlem görmüş soğan suyu (30 dakika UV-C ışınlama süresi, 7,5 mW/cm² ışık yoğunluğu ve 0,5 mm örnek derinliği) kullanıldı. Marine edilen etler ızgarada eşit sürelerde pişirildi. Pişirme esnasında etlerin soğuk noktasının 75 °C'ye ulaşmasına dikkat edildi. Pişirilen etler yaş ortalaması 24 olan, 16 kadın ve 4 erkekten oluşan, günlük diyetinde et tüketimine yer veren, OKÜ Personeli ve Gıda Mühendisliği Öğrencilerinden oluşan 20 kişilik panelist grubuna sunuldu. Gibis (2007)'e göre panelistlerden etleri genel koku, genel tat, renk, çiğnenebilirlik ve genel beğeni kriterlerini 10'luk bir skalada notlandırmaları istendi. Bu skalada (10) çok beğendim, (0) ise hiç beğenmedim anlamındadır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak Minitab versiyon 14.0 (ABD) yazılımında tek-yönlü ANOVA testi ile analiz edildi. P-değerinin 0,05'den düşük olduğu farklar kayda değer olarak ifade edildi.

3.2.9 Tekstürel Profil Analizi

Tekstürel profil analizi (TPA) kısmında ise; Bölüm 3.2.8'de belirtildiği şekilde marine edilmiş olan ve edilmemiş olan etlerin pişirilmeden tekstürel analiz cihazında sertlik (N) değerleri belirlendi. Bunun için satın alınan etler en çok 12 saat buzdolabı sıcaklığında depolanıp, tekstürel profil analizden bir saat öncesinde oda sıcaklığına gelecek şekilde buzdolabından çıkarıldı. TPA analizi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan Brookfield Marka tekstür analizi cihazında (Şekil 3.8), silindirik (12,7 mm) prob kullanılarak yapıldı. Probun hızları şu şekilde ayarlandı: 3,0 mms⁻¹ (pretest), 1,0 mms⁻¹ (test) ve 3,0 mms⁻¹ (posttest). Ayrıca, probun test esnasında numunenin %75 kalınlığına kadar baskı uygulaması (deformasyon) sağlandı (Huidobro vd. 2005). Aynı işlem bir test içerisinde iki kez uygulandı. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak Minitab versiyon 14.0 (ABD) yazılımında tek-yönlü ANOVA testi ile analiz edildi. P-değerinin 0,05'den düşük olduğu farklar kayda değer olarak ifade edildi.



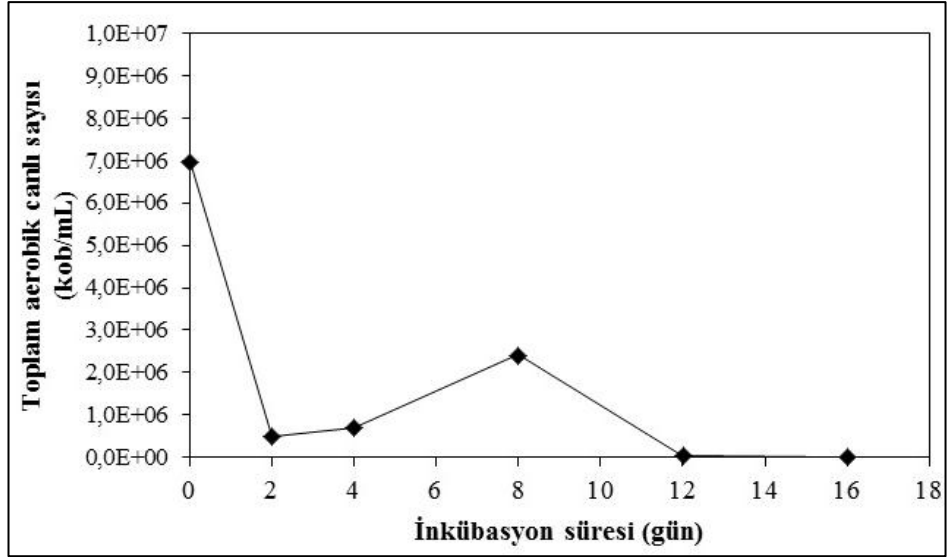
Şekil 3.8. Brookfield tekstürel profil analizi cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Soğan Suyunun Doğal Mikroflorasının Çoğaltılması

Çalışmanın bu bölümünde soğan suyunun doğal florasında bulunan mikroorganizma sayısının belirli bir seviyeye kadar artırılması amaçlanmıştır. Bu sayede UV-ışınlama işleminin başlangıç mikroorganizma sayısına olan etkisinin incelenmesi planlanmıştır. Bu amaçla Bölüm 3.1.2’de belirtildiği gibi hazırlanmış olan soğan suyu buzdolabı sıcaklığında bekletilmiş ve 2 günde bir alınan numunelerde toplam aerobik canlı sayısı, toplam küf ve maya ile toplam koliform sayısı 16 gün boyunca takip edilmiştir. Şekil 4.1’e göre soğan suyunun doğal florasında bulunan toplam aerobik canlı sayısı başlangıçta 7×10^6 kob/mL’dir. 16 günlük bekleme süresi esnasında toplam aerobik canlı sayısı 2. ve 4. günlerde düşüş göstermiş, 8. günde 2×10^6 kob/mL seviyesine çıkmış fakat 16. günde sıfırlanmıştır. Toplam küf ve maya sayısı ile toplam koliform sayısının ise 0 ila 16 gün arasında 0 kob/mL olduğu görülmüştür. Bu sonuç soğan suyundaki başlangıç mikroorganizma sayısının buzdolabı sıcaklığında bekletme süresinde çoğaltılamayacağını göstermiştir.

Bunun yanında daha sonraki soğan suyu üretimlerinde yapılan kontrollerde toplam aerobik canlı sayılarının $1,83 \times 10^7$ kob/mL, $1,58 \times 10^6$ kob/mL, $8,69 \times 10^5$ kob/mL seviyelerinde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar toplam aerobik canlı sayısının kullanılan her soğan partisinde farklı olabileceğini ve mikroorganizma sayısında hedeflenen 5-log azalmayı belirlemek için gerekli olan başlangıç toplam aerobik canlı sayısına ulaşmakta tutarsızlık yaşanabileceğini işaret etmiştir. Bu nedenlerle UV-C ışınlama işleminin hedef mikroorganizması olarak toplam aerobik canlı sayısı, toplam küf ve maya sayısı ile toplam koliform sayısı takibinin yetersiz kalacağına karar verilmiş ve bunların yerine patojen olan *Escherichia coli* O157:H7 suşunun vekil (surrogate) suşu olan ve patojen olmayan *E. coli* K-12 suşunun kullanılması uygun görülmüştür.



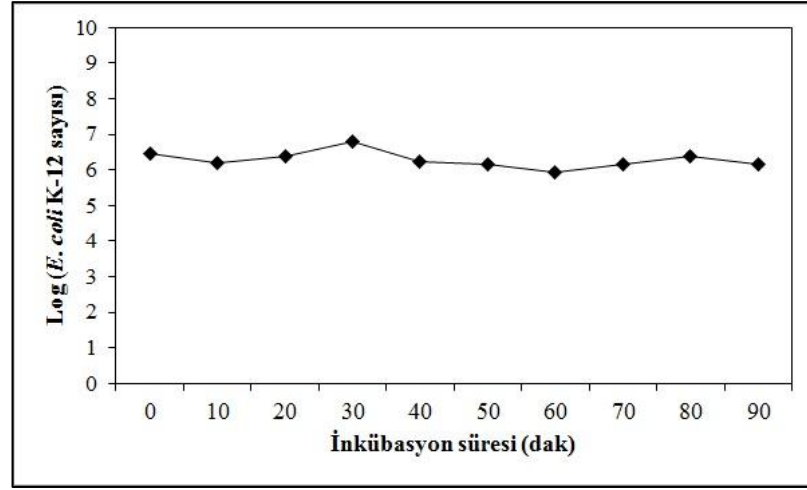
Şekil 4.1 Soğan suyun doğal florasında toplam aerobik canlı sayısı takibi

4.2 Soğan Suyu Üretiminde Verimin Belirlenmesi

Bölüm 3.1.2’de verilmiş olan yöntem ile hazırlanan soğan suyunda verim, Denklem 3.1 kullanılarak $62,0 \pm 4,3$ olarak hesaplanmıştır.

4.3 Soğan Suyunda Hedef Mikroorganizmanın Canlılığının Belirlenmesi

Soğan suyunda UV-C ışınlama ile pastörizasyonda hedef mikroorganizma olarak *E. coli* K-12’nin seçilmesinden sonra, *E. coli* K-12’nin soğan suyunda canlılığını sürdürdüğü sürenin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 90 dakika süreyle her 10 dakikada bir örnek alınıp Bölüm 3.2.3’te anlatıldığı şekilde *E. coli* K-12 sayısı belirlenmiştir. Şekil 4.2’ye göre soğan suyuna inokule edilen *E. coli* K-12 ’nin başlangıçta 10^6 kob/mL seviyesinde olan koloni sayısını 90 dakika boyunca koruduğu söylenebilir. Bu sonuç doğrultusunda çalışmanın bundan sonraki bölümünde soğan suyuna *E. coli* K-12 inokule edildikten sonra en geç 90 dakika içinde UV-C ışınlama işlemi başlatılmıştır. Bunu yanında başlangıç *E. coli* K-12 sayısında soğan suyundan kaynaklı düşüş olduğu sürelerde bu düşüş hesaba katılarak UV-C’den kaynaklanan düşüş belirlenmiştir.



Şekil 4.2 *E. coli* K-12'nin soğan suyunda canlı kalma süresi

4.4 Biyodozimetrik Çalışmalar

4.4.1 Paralel Işık Demetli UV Cihazında Işık Yoğunluğunun Belirlenmesi

Tasarlanmış olan paralel ışık demetli UV-C cihazında raflar hareketli olup, 1, 7 ve 13 numaralı raflara orbital çalkalayıcı üzerine numune yerleştirildiğinde söz konusu numunelerin UV-C lambaya olan uzaklıkları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bu seviyelere yerleştirilen numunelerin üzerine düşen ışık yoğunluğu (20 W'lık 4 adet lamba açık konumda olduğunda) Bölüm 3.2.4'te belirtildiği yöntem ile 6 farklı konumdan ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Tasarlanan paralel ışık demetli UV-C cihazının bazı özellikleri

Raf no	Lamba – numune mesafesi (mm)	Numune üzerine düşen UV-C ışık yoğunluğu (mW/cm ²)
1	285	3,32 ± 0,18
6	180	4,88 ± 0,49
11	70	7,51 ± 0,56

4.4.2 Soğan suyunun UV-C ışın ile Pastörizasyonuna Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi

4.4.2.1 Tarama Aşaması

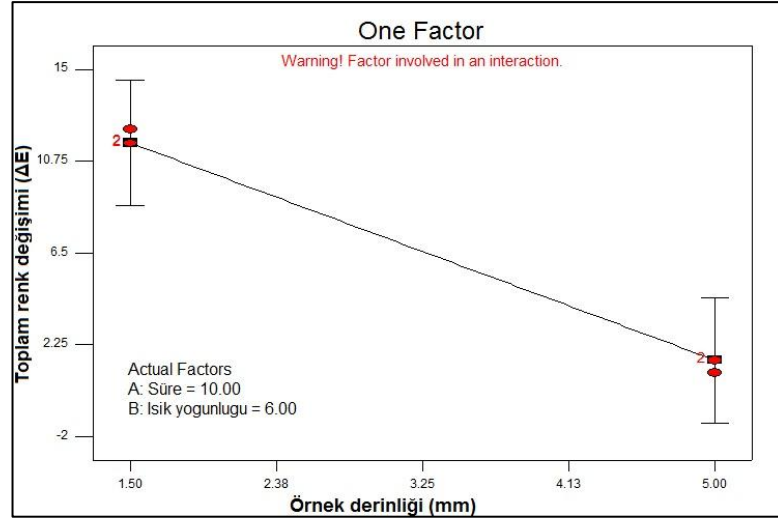
Soğan suyunun UV ışınla ile mikrobiyel inaktivasyona etki eden önemli faktörlerin ve seviyelerinin belirlenmesi için yapılan ilk tarama denemesinde ışınlama süresi, UV ışık yoğunluğu ve örnek derinliği faktörleri 2 tekerrürlü 2^3 tam faktöriyel deney tasarımı ile incelenmiştir. Söz konusu denemeye ait deney planı ve elde edilen *E. coli* K-12 sayısında log azalma ve toplam renk değişimi (ΔE) değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’de verilmekte olan *E. coli* K-12 sayısında log azalma değerlerine bakıldığında bu değerlerin çoğunlukla 0 ilâ 2,5 log aralığında olduğu, bu nedenle incelenen faktör seviyelerinin bu cevap değeri üzerinde önemli bir fark oluşturamadığı görülmüştür. Bu nedenle, Çizelge 4.2’de verilmekte olan faktörlerin ve seviyelerinin *E. coli* K-12 sayısında log azalma üzerindeki etkisini ifade eden anlamlı ($P<0,05$) bir model oluşmamıştır. Bunun yanı sıra, Çizelge 4.2’de verilmekte olan deney tasarımı sonucunda elde edilen toplam renk değişimi (ΔE) cevap değeri için yapılmış olan ANOVA tablosu Çizelge 4.3’te verilmiştir. Söz konusu ANOVA tablosuna bakıldığında toplam renk değişimi üzerinde önemli ($P<0,05$) bir etkiye sahip olan tek faktörün örnek derinliği olduğu görülmüştür. Şekil 4.3 incelendiğinde örnek derinliğinin 5 mm olduğu seviyede ΔE değerinin daha düşük olduğu görülmektedir. UV ışınla işlem koşullarının taranması için birinci basamakta kullanılan deney planı ile elde edilen *E. coli* K-12 sayısında log azalma ve toplam renk değişimi (ΔE) sonuçları doğrultusunda ikinci basamak tarama denemesi yapılmasına ve faktör seviyelerinin revize edilmesine karar verilmiştir. Bu doğrultuda ikinci basamak tarama denemesinde Çizelge 4.2’de özetlendiği gibi ışınlama süresi ve örnek derinliği faktörleri daha geniş aralıklarda incelenmiştir.

Çizelge 4.2 UV ışınlama işlem koşullarının taranması için birinci basamakta kullanılan deney planı ve elde edilen sonuçlar

Deney no	Işınlama Süresi (dakika)	Işık yoğunluğu (mW/cm ²)	Örnek derinliği (mm)	<i>E. coli</i> K-12 sayısında log azalma	Toplam renk değişimi (ΔE)
1	10	3,3	5	1,45	0,86
2	1	7,5	5	0,64	0,95
3	1	7,5	5	2,30	0,73
4	1	3,3	1,5	0,21	11,23
5	10	3,3	1,5	2,30	11,82
6	1	7,5	1,5	2,25	5,95
7	10	7,5	5	0,25	0,94
8	10	3,3	5	1,52	0,42
9	1	3,3	1,5	2,38	5,67
10	1	7,5	1,5	0,00	14,60
11	10	7,5	5	4,58	1,53
12	10	7,5	1,5	0,68	11,58
13	1	3,3	5	0,58	3,40
14	1	3,3	5	0,00	0,49
15	10	3,3	1,5	0,79	3,81
16	10	7,5	1,5	0,20	12,21

Çizelge 4.3 Birinci tarama aşamasında toplam renk değişimi (ΔE) üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	P-değeri
Model	306,60	5	0,0053
A-ışınlama süresi	$1,34 \cdot 10^{-3}$	1	0,9905
B-ışık yoğunluğu	7,26	1	0,3919
C-örnek derinliği	285,12	1	0,0002
AB	3,92	1	0,5259
BC	10,31	1	0,3112
Kalıntı	90,65	10	
Matematiksel forma uygunluk	0,97	2	0,9578
Saf hata	89,68	8	
Toplam	397,25	15	
Std. Sapma	3,01	R ²	0,77
Ortalama	5,39	Düzeltilmiş R ²	0,66
C.V. %	55,89	Tahminlenmiş R ²	0,42
PRESS	232,06	Yeterli kesinlik	6,00



Şekil 4.3 Birinci basamak tarama aşamasında incelenen örnek derinliği faktörünün toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etkisi

Tarama denemelerinin ikinci basamağında ışınlama süresi, UV ışık yoğunluğu ve örnek derinliği faktörleri yine 2 tekerrürlü 2^3 tam faktöriyel deney tasarımı ile incelenmiştir. Söz konusu denemeye ait deney planı ve elde edilen *E. coli* K-12 sayısında log azalma ve toplam renk değişimi (ΔE) değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. İkinci basamak tarama denemelerinde *E. coli* K-12 sayısında log azalmaya ait ANOVA tablosu (Çizelge 4.5) ışınlama süresi, ışık yoğunluğu, örnek derinliği ve ışık yoğunluğu ile örnek derinliği faktörlerinin etkileşiminden oluşan modelin 0,0002 P-değeri ile istatistiksel olarak önemli bir model olduğunu göstermiştir. Ayrıca, istatistiksel olarak önemsiz bulunan diğer terimler model hiyerarşisine zarar vermeden modelden çıkarılmıştır. Regresyon katsayısı (R^2), deneysel verideki model tarafından açıklanabilen varyasyonun toplam varyasyona oranı olarak tanımlanmıştır (Myers and Montgomery, 2002). R^2 değeri bu modelde 0,85 olarak elde edilmiştir. Ayrıca düzeltilmiş R^2 değerinin de 0,79 olduğu saptanmıştır. Myers and Montgomery (2002)'de düzeltilmiş regresyon katsayısı değerinin %90'nın altında olmaması önerilmekle birlikte yapılan biyolojik çalışmalarda %90'ın üzerinde regresyon katsayısı elde etmek oldukça güçtür. Ek olarak oluşturulan modelde R^2 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı değerleri birbirine yakın olarak elde edilmiştir ki bu da modelin istatistiksel olarak önemsiz terimleri içermediğini göstermektedir. İkinci basamak tarama denemesinin model grafiklerine bakıldığında $7,5 \text{ mW/cm}^2$ ışık yoğunluğunda (Şekil 4.4a) ve 1,5 mm örnek derinliğinde (Şekil 4.4b) *E. coli* K-12 sayısında log azalmanın daha yüksek olduğu

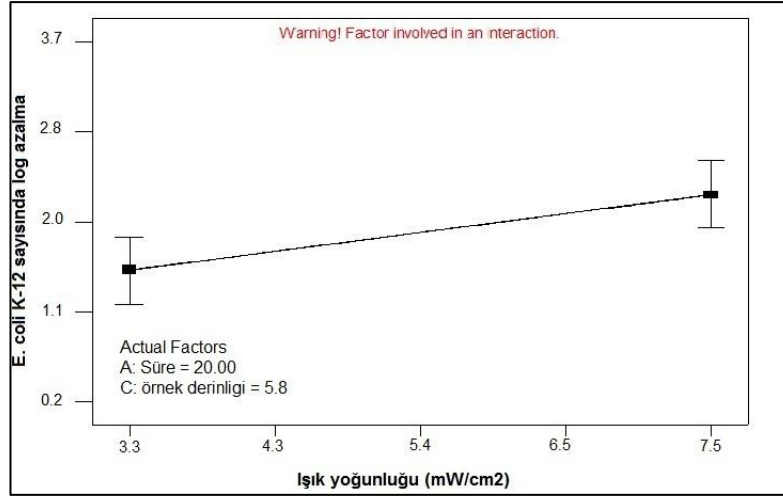
görülmüştür. Bunun yanında hem Çizelge 4.5'te hem de Şekil 4.4c'de görülebileceği gibi ışık yoğunluğu ve örnek derinliği faktörleri arasında güçlü bir etkileşim bulunmamıştır. Ayrıca, 10 dakika ışınlama süresi ile 30 dakika ışınlama süresi arasında *E. coli* K-12 sayısında log azalma önemli bir fark görülmemiş olup, 30 dakika ışınlama süresinin *E. coli* K-12 sayısında log azalmada hafif bir artış sağladığı söylenebilir. Çizelge 4.4'te verilmekte olan toplam renk değişimi değerlerine bakıldığında bu değerlerin ortalama $1,81 \pm 1,17$ seviyesinde olduğu, bu nedenle incelenen faktör seviyelerinin bu cevap değeri üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir fark oluşturamadığı görülmüştür. Bu nedenle, Çizelge 4.4'de verilmekte olan faktörlerin ve seviyelerinin toplam renk değişimi üzerindeki etkisini ifade eden anlamlı bir model oluşmamıştır. *E. coli* K-12 sayısında hedef 5-log azalmaya en çok yaklaşılan $7,5 \text{ mW/cm}^2$ ışık yoğunluğu, 1,5 mm örnek derinliği ve 30 dakika UV-C ışınlama süresi koşullarında (Çizelge 4.4, deney no 8 ve 15) toplam renk değişimi değerlerinin 0,72 ve 0,81 olduğu görülmüştür. Materyal ve Yöntem'de renk değerlerinin belirlenmesi bölümünde yer alan skalaya göre bu değerler hafifçe fark edilebilir aralığına denk düşmektedir. Bu durumda söz konusu işlem koşullarının soğan suyunun önemli duyuşal özelliklerinden biri olan rengi konusunda kayda değer bir fark yaratmadığı söylenebilir.

Çizelge 4.4 UV ışınlama işlem koşullarının taranması için ikinci basamakta kullanılan deney planı ve elde edilen sonuçlar

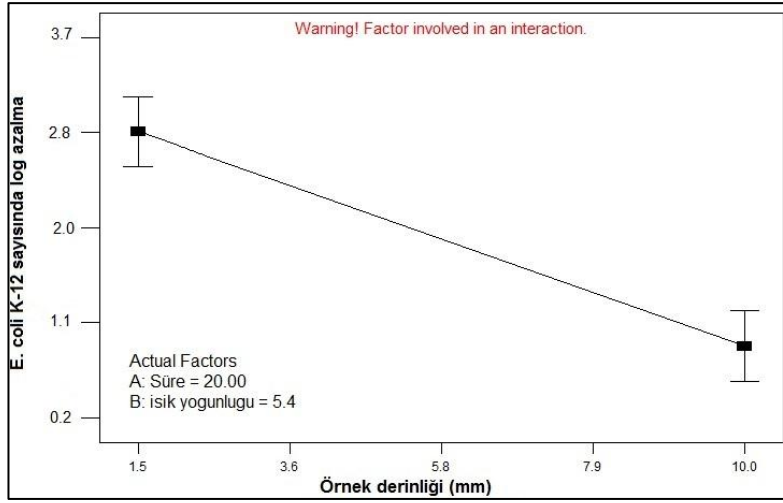
Deney no	Işınlama süresi (dakika)	Işık yoğunluğu (mW/cm ²)	Örnek derinliği (mm)	<i>E. coli</i> K-12 sayısında log azalma	Renk değişimi (ΔE)
1	10	7,5	10	0,78	0,78
2	30	3,3	10	0,80	3,55
3	10	3,3	10	0,23	3,99
4	10	7,5	1,5	3,56	1,40
5	30	3,3	1,5	3,09	0,81
6	30	3,3	10	0,94	2,22
7	10	3,3	10	0,30	1,27
8	30	7,5	1,5	3,33	0,72
9	30	7,5	10	0,31	1,92
10	10	7,5	10	1,07	1,35
11	10	3,3	1,5	1,90	0,70
12	10	3,3	1,5	2,43	1,00
13	10	7,5	1,5	2,55	3,46
14	30	3,3	1,5	2,02	1,11
15	30	7,5	1,5	3,66	0,81
16	30	7,5	10	2,34	3,79

Çizelge 4.5 İkinci tarama aşamasında *E. coli* K-12 sayısında log azalma üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

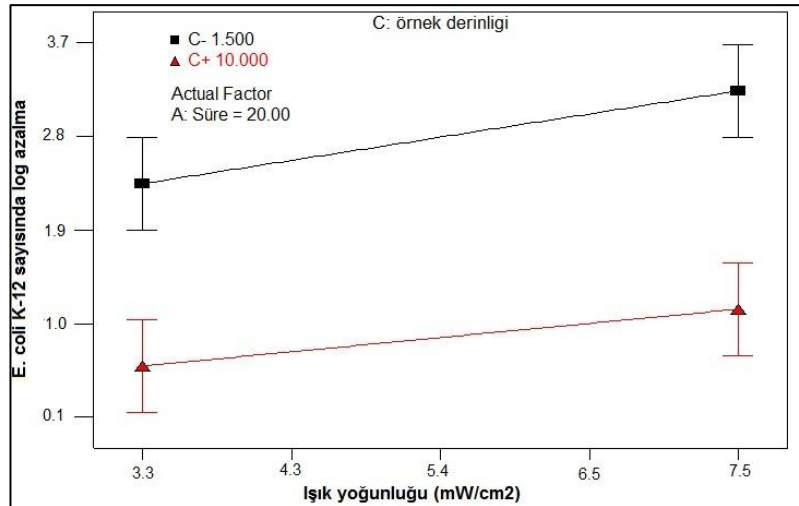
Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	P-değeri
Model	18,73	4	0,0002
A-ışınlama süresi	0,85	1	0,1263
B-ışık yoğunluğu	2,17	1	0,0227
C-örnek derinliği	15,58	1	< 0,0001
BC	0,13	1	0,5365
Kalıntı	3,41	11	
Matematiksel forma uygunluk	0,03	3	0,9949
Saf hata	3,38	8	
Toplam	22,14	15	
Std. Sapma	0,56	R ²	0,85
Ortalama	1,83	Düzeltilmiş R ²	0,79
C.V. %	30,38	Tahminlenmiş R ²	0,67
PRESS	7,21	Yeterli kesinlik	10,19



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.4 İkinci basamak tarama aşamasında incelenen faktörlerin *E. coli* K-12 sayısındaki log azalma üzerine etkileri a) ışık yoğunluğu faktörünün etkisi, b) örnek derinliği faktörünün etkisi, c) ışık yoğunluğu ve örnek derinliği etkileşiminin etkisi

4.4.2.2 Optimizasyon Aşaması

Birinci ve ikinci basamak tarama sonuçları doğrultusunda *E. coli* K-12 sayısında maksimum log azalma sağlayacak olan optimum koşulların belirlenebilmesi için optimizasyon aşamasında (Çizelge 3.3) ışınlama süresinin 20 ilâ 40 dakika aralığında, örnek derinliğinin ise 0,5 ilâ 2,5 mm aralığında incelenmesine karar verilmiştir. Bu amaçla uygulanan merkezi kompozit deney planı ile elde edilen veriler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Optimizasyon aşamasında uygulanan merkezi kompozit deney tasarımı sonucunda elde edilen verilerin varyans analizi (ANOVA) tablosu Çizelge 4.7'de verilmiştir. Buna göre *E. coli* K-12 sayısında log azalma üzerine etkili olan faktörler; UV-C ışınlama süresi (ve kuadratik formu) ve örnek derinliği olup, dâhil edilen terimler ile oluşturulan modelin denklemi Eşitlik 4.1'de verilmiştir. Söz konusu modele ait regresyon katsayısı 0,92 olarak elde edilmiştir. Şekil 4.5 incelendiğinde ise yüksek *E. coli* K-12 sayısında log azalma değeri için elde edilen bölgede örnek derinliğinin 0,5 mm ve ışınlama süresinin 27 ilâ 39 dakika arasında olduğu görülmüştür. Söz konusu bölgede deneysel olarak elde edilen *E. coli* K-12 sayısında log azalma değeri verileri tarama denemesiyle (7,5 mW/cm² ışık yoğunluğu, 1,5 mm örnek derinliği ve 30 dakika UV-C ışınlama süresi koşullarında) karşılaştırıldığında yapılan optimizasyon işlemi ile yaklaşık %20'lik artış sağlandığı söylenebilir.

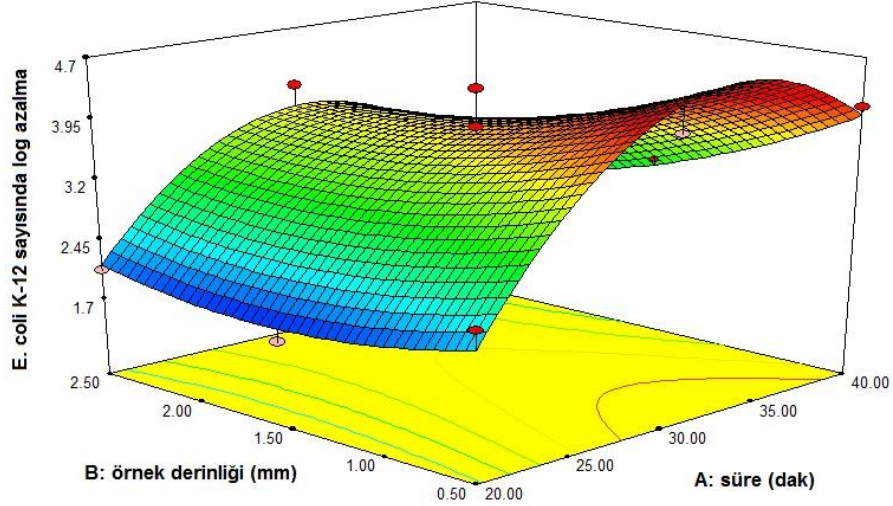
Çizelge 4.6 UV ışınlama işlem koşullarının optimizasyonu için kullanılan merkezi kompozit deney planı ve elde edilen sonuçlar (ışık yoğunluğu: 7,5 mW/cm²)

Deney no	Süre (dakika)	Örnek derinliği (mm)	<i>E. coli</i> K-12 sayısında log azalma	Renk değişimi (ΔE)
1	20	1,5	1,75	8,07
2	20	0,5	2,51	4,51
3	30	1,5	3,86	8,27
4	30	0,5	4,21	2,58
5	30	1,5	3,86	7,65
6	40	1,5	3,02	11,64
7	40	0,5	4,10	4,03
8	30	1,5	3,69	8,56
9	40	2,5	2,28	11,05
10	30	2,5	3,97	8,16
11	30	1,5	4,32	8,17
12	20	2,5	2,06	10,53
13	30	1,5	3,47	9,43

Çizelge 4.7 Optimizasyon aşamasında *E. coli* K-12 sayısında log azalma üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	P-değeri
Model	8,76	5	0,0008
A-süre	1,59	1	0,0055
B-örnek derinliği	1,05	1	0,0148
AB	0,48	1	0,0670
A ²	5,46	1	0,0002
B ²	0,25	1	0,1635
Kalıntı	0,71	7	
Matematiksel forma uygunluk	0,32	3	0,4562
Saf hata	0,39	4	
Toplam	9,47	12	
Std. Sapma	0,32	R ²	0,92
Ortalama	3,32	Düzeltilmiş R ²	0,87
C.V. %	9,61	Tahminlenmiş R ²	0,60
PRESS	3,77	Yeterli kesinlik	12,19

$$E. coli K-12 sayısındaki log azalma = 3,83 + 0,52*A - 0,42*B - 0,35*AB - 1,41*A^2 + 0,30*B^2 \quad (4.1)$$



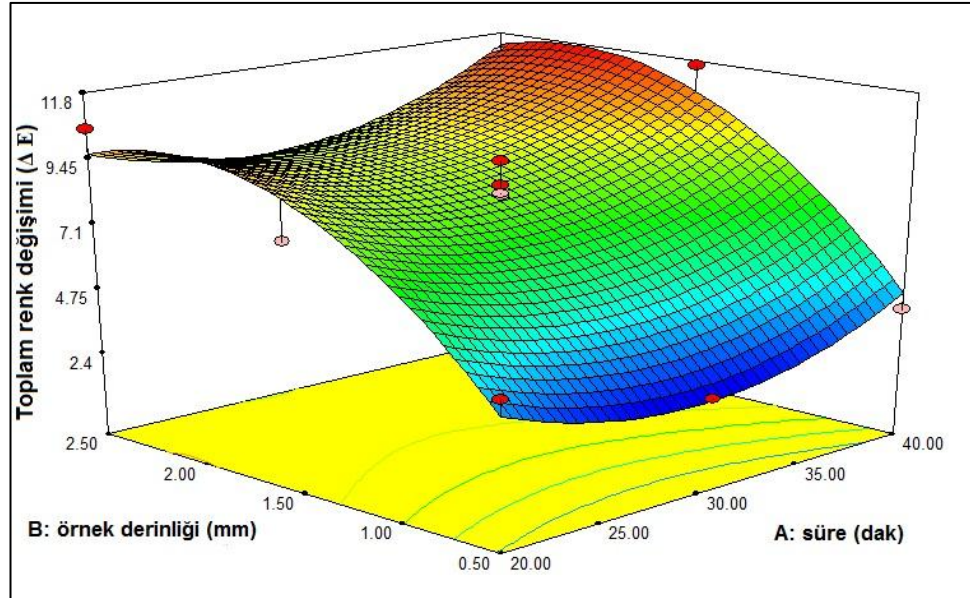
Şekil 4.5 Optimizasyon aşamasında örnek derinliği – süre etkileşiminin *E. coli* K-12 sayısındaki log azalma üzerine etkisi (ışık yoğunluğu: 7,5 mW/cm²)

Optimizasyon aşamasında toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etki eden önemli faktörler ise örnek derinliği, ışınlama süresi ve örnek derinliği faktörlerinin kuadratik formlarıdır. Modele dâhil edilen terimler ile oluşturulan toplam renk değişimi model denklemini Eşitlik 4.2 ile belirtilmiştir. Yine bu modele ait model grafiği (Şekil 4.6) incelendiğinde toplam renk değişiminin en düşük olduğu bölgenin 30 dakika ışınlama süresi ve 0,5 mm örnek derinliği seviyelerinde olduğu görülmüştür. Söz konusu parametreler aynı zamanda *E. coli* K-12 sayısındaki log azalmanın en yüksek elde edildiği koşulları oluşturmaktadır ki bu da elde edilen optimum işlem koşullarının *E. coli* K-12 sayısında yüksek seviyede log azalma elde ederken soğan suyunun renginde kayda değer bir değişim oluşmadığına işaret eder

Çizelge 4.8 Optimizasyon aşamasında toplam renk değişimi (ΔE) üzerine incelenen faktörlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	P-değeri	
Model	82,10	5	0,0008	
A-ışınlama süresi	2,15	1	0,1733	
B-örnek derinliği	57,73	1	0,0001	
AB	0,25	1	0,6246	
A ²	8,82	1	0,0181	
B ²	20,11	1	0,0024	
Kalıntı	6,56	7		
Matematiksel forma uygunluk	4,84	3	0,1171	
Saf hata	1,72	4		
Toplam	88,66	12		
	Std. Sapma	0,97	R ²	0,93
	Ortalama	7,90	Düzeltilmiş R ²	0,87
	C.V. %	12,26	Tahminlenmiş R ²	0,43
	PRESS	50,58	Yeterli kesinlik	13,44

$$\text{Toplam renk değişimi } (\Delta E) = 8,32 + 0,60 \cdot A + 3,10 \cdot B + 0,25 \cdot AB + 1,79 \cdot A^2 - 2,70 \cdot B^2 \quad (4.2)$$



Şekil 4.6 Optimizasyon aşamasında örnek derinliği – süre etkileşiminin toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etkisi (ışık yoğunluğu: 6,3 mW/cm²)

4.4.2.3 Doğrulama Aşaması

Optimizasyon aşamasında *E. coli* K-12 sayısındaki log azalma ve toplam renk değişimi (ΔE) cevap değerleri için elde edilen model denklemlerinin (Eşitlik 4.1 ve 4.2) deneysel olarak doğrulanabilmesi için Çizelge 4.9’da verilmekte olan 3 adet deney gerçekleştirilmiştir. Söz konusu deneylere ait koşullar Design-Expert yazılımı tarafından belirlenmiş olup, bunun için ışınlama süresi ve örnek derinliği değişkenleri “aralık içinde” (in range), *E. coli* K-12 sayısındaki log azalmanın “maksimize”, toplam renk değişimi (ΔE)’nin ise “minimize” olarak tercih edilmiştir. Seçilen deneylerin istenilirlik (desirability) fonksiyonları 1.000’dir.

Çizelge 4.9’da verilen *E. coli* K-12 sayısındaki log azalma sonuçları incelendiğinde deneysel sonuçların modelin tahmin ettiği sonuçlara en çok %4,60 ve en az %13,44 oranında yaklaştığını göstermektedir. Buna istinaden Eşitlik 4.1’de verilmekte olan model denkleminin çalışılan bağımsız değişken aralıklarında *E. coli* K-12 sayısındaki log azalmayı tahmin etme gücünün yüksek olduğu söylenebilir. Yine Çizelge 4.9’da verilen toplam renk değişimi sonuçları incelendiğinde deneysel sonuçların Eşitlik 4.2’nin tahmin ettiği sonuçlardan %23,95 ve daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum Eşitlik 4.2’nin toplam renk değişimini tahminleme gücünün istenildiği kadar yüksek olmadığına işaret etmektedir. Söz konusu hata oranlarının yüksek olmasının diğer bir sebebinin de satın alınan soğan partileri arasındaki renk farklılıkları olduğu düşünülmektedir.

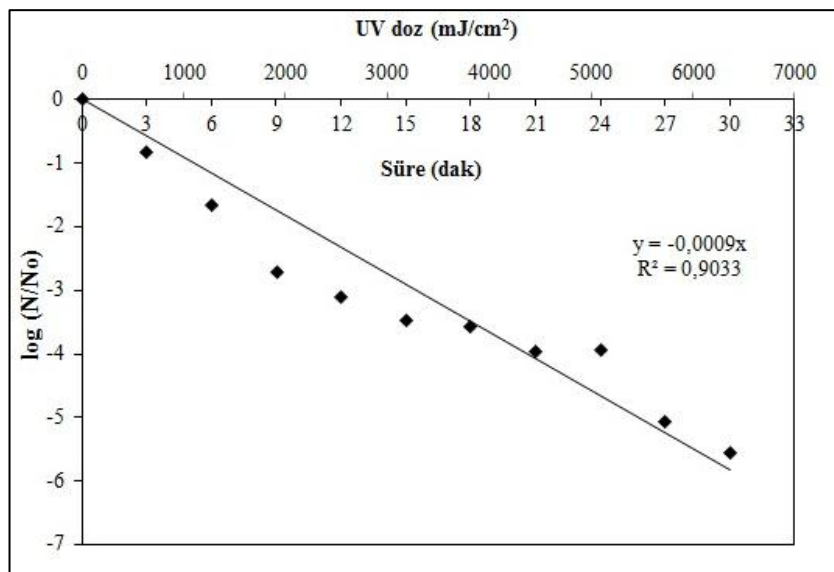
Doğrulama deneyleriyle birlikte sonuç olarak hem *E. coli* K-12 sayısında yüksek log azalmayı hem de düşük toplam renk değişimini sağlayan koşulların 30 dakika ışınlama süresi, 0,5 mm örnek derinliği ve 7,5 mW/cm² ışık yoğunluğu seviyeleri olduğu belirlenmiştir. Söz konusu optimum koşullarda Eşitlik 3.4 ve 3.5 yardımıyla hesaplanan ve *E. coli* K-12 sayısında ortalama $4,02 \pm 0,17$ log azalma sağlayan UV doz değeri 6374,5 mJ/cm²’dir.

Çizelge 4.9 Doğrulama deney koşulları ve sonuçları

Deney no	Işınlama süresi (dakika)	Örnek derinliği (mm)	<i>E. coli</i> K-12 sayısındaki log azalma			Toplam renk değişimi (ΔE)		
			Tahmini	Deneysel	Hata (%)	Tahmini	Deneysel	Hata (%)
1	28,23	0,5	4,34	3,95	-9,87	2,50	3,29	23,95
2	28,53	0,51	4,38	3,86	-13,44	2,56	3,70	30,66
3	29,14	0,5	4,46	4,26	-4,60	2,50	4,11	39,16

4.4.3 Hedef Mikroorganizmanın UV-C ile İnaktivasyon Kinetiğinin Belirlenmesi

$6,25 \cdot 10^6$ başlangıç *E. coli* K-12 yükü ile başlamış olan 0,5 mm derinliğindeki soğan suyuna $7,51 \text{ mW/cm}^2$ UV ışık yoğunluğu (I_0) ile 30 dakika boyunca yapılan uygulama esnasında 3'er dakika ara ile örnek alınmıştır. Alınan örneklerdeki *E. coli* K-12 sayımı sonuçlarının süreye ve UV doza karşılık izlediği yol Şekil 4.7'de verilmiştir. Söz konusu grafiğin eğiminden mikroorganizmanın UV direncini belirten k değeri (cm^2/mJ) 0,0009 olarak elde edilmiştir. Aynı grafik üzerinde D_{10} (mJ/cm^2) değeri de hesaplanabilmektedir. D_{10} , UV inaktivasyon doz değeri; ısısal işlemlerde kullanılan desimal azalma değeri olan D değerinde olduğu gibi, hedef mikroorganizmanın %90'ını inaktive edecek yani 1 log azalma sağlayacak olan minimum UV doz olarak tanımlanır (Ünlütürk, 2012). Buna göre yukarıda bahsedilen koşullarda *E. coli* K-12'nin soğan suyundaki inaktivasyonuna ait D_{10} değeri 1111,11 mJ/cm^2 olarak hesaplanmıştır.



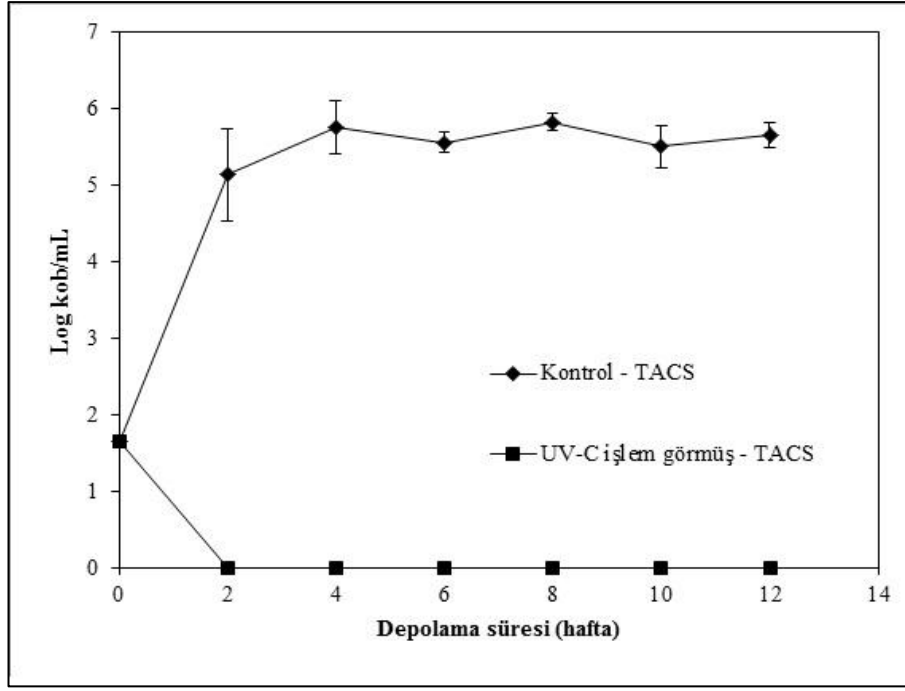
Şekil 4.7 *E. coli* K-12'nin soğan suyunda UV-C doz-yanıt eğrisi

4.5 Raf Ömrü Takibi

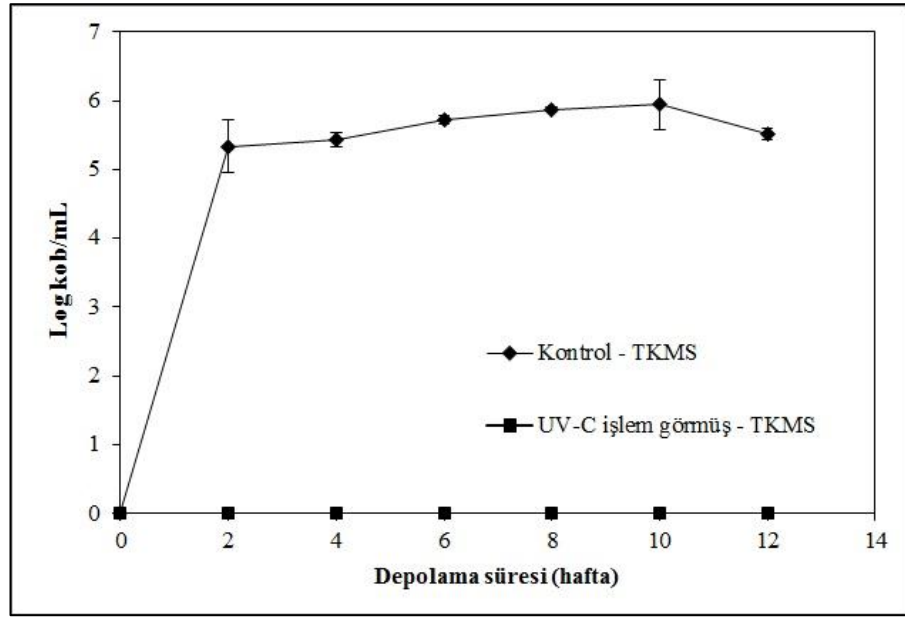
Raf ömrü takibi için UV-C işlem görmüş soğan suyu, Şekil 3.1’de verilmekte olan yöntemle elde edildikten sonra optimizasyon aşaması sonucunda elde edilen 30 dakika UV-C ışınlama süresi, $7,5 \text{ mW/cm}^2$ ışık yoğunluğu ve 0,5 mm örnek derinliği koşullarında pastörize edilerek üretilmiştir. Kontrol soğan suyu ise Şekil 3.1’de verilmekte olan yöntemle elde edildikten sonra doğrudan şişelenmiştir. Bahsedilen koşullarda üretilen soğan suları amber şişelerde ve oda sıcaklığında 12 hafta boyunca takip edilmiştir.

Şekil 4.8a ve b’de hiçbir işlem görmemiş soğan suyu (kontrol) ve UV-C ile işlem görmüş soğan suyunda depolama süresi boyunca toplam aerobik canlı sayısının (TACS) ve toplam küf ve maya sayısının (TKMS) logaritmik değişimi verilmiştir. Buna göre Şekil 4.8a ve b’de görülebileceği gibi soğan suyunun başlangıç toplam aerobik canlı yükü $1,65 \pm 0,05 \text{ log kob/mL}$ olup, toplam küf ve maya yükü ise yoktur. İkinci haftanın sonunda işlem görmemiş olan soğan suyunun toplam aerobik canlı yükü $5,14 \pm 0,60 \text{ log kob/mL}$, toplam küf ve maya yükü ise $5,33 \pm 0,38 \text{ log kob/mL}$ seviyelerine çıkmıştır. Ünlütürk ve Atılgan (2015) tarafından taze sıkılmış beyaz üzüm suyunun UV-C ile muamelesi üzerine yapılmış olan bir çalışmada ikinci haftanın sonunda (14. gün) işlem görmemiş olan örneklerde laktik asit bakterisi, maya ve toplam aerobik canlı sayısının 4 log kob/mL ve üzerinde elde edildiği ifade edilmiştir.

Gerek toplam aerobik canlı sayısı gerekse toplam küf ve maya sayısı hafif artış gösteren bir eğilim ile 12 hafta bitiminde sırasıyla $5,66 \pm 0,16 \text{ log kob/mL}$ ve $5,52 \pm 0,08 \text{ log kob/mL}$ seviyelerine ulaşmıştır. UV-C ile muamele edilmiş olan soğan suyu örneklerinin UV-C uygulama sonrasında TACS ve TKMS seviyeleri ise 12 hafta bitimine kadar sıfırdır. Bu sonuç; hiç işlem görmemiş soğan suyunun raf ömrünün en fazla 2 hafta olduğuna, bunun yanında UV-C ışınlama işlemi ile soğan suyunun raf ömrünün mikrobiyolojik olarak 6 kat arttırılabileceğine ve 12 haftaya çıkarılabileceğine işaret etmektedir.



(a)



(b)

Şekil 4.8 Hiçbir işlem görmemiş soğan suyu (kontrol) ve UV-C ile işlem görmüş soğan suyunda depolama süresi boyunca (a) toplam aerobik canlı sayısı (TACS) ve (b) toplam küf ve maya sayısı (TKMS) değişimi (hata çubukları üç deneyin ortalamasına ait standart sapma değeridir, sembolden daha küçük boyutta olduğu durumlarda hata çubukları görüntülenememiştir)

Mikrobiyolojik özelliklerin yanında fizikokimyasal özellikler de 12 hafta boyunca hiçbir işlem görmemiş soğan suyu (kontrol) ve UV-C ile işlem görmüş soğan suyunda takip edilmiş olup sonuçlar Şekil 4.9'da verilmiştir. Şekil 4.9a'ya

bakıldığında UV-C işlem görmüş soğan suyunun toplam renk değişiminin depolamanın 2. haftasında dramatik olarak yükseldiği ve 12 haftalık depolama süresince 9,5 ilâ 11,6 aralığında değişim gösterdiği görülmüştür. Hiç işlem görmemiş soğan suyunun toplam renk değişimi ise 6. haftaya kadar kademeli olarak artış göstermiş ve 6. ile 12. haftalar arasında 11,9 ilâ 13,1 seviyelerinde devam etmiştir. Bu durumda 2. haftadan itibaren her iki çeşit soğan suyunun da toplam renk değişimi kabul edilebilir sınırlar dâhilinde ($\Delta E < 3,0$) kalmamıştır. Bunun yanında işlem görmemiş olan soğan suyunun parlaklık değeri (L^*) yapılan diğer çalışmaların (Chia vd., 2012; Ünlütürk ve Atılgan, 2015) tersine depolama süresinin ilk 6 haftası boyunca artış göstermiş ve hafif bir düşüş ile 12 haftayı tamamlamıştır (Şekil 4.9b). UV-C işlem görmüş soğan suyunun L^* değeri ise 4. hafta sonunda önemli ölçüde azalmış ve hafif bir artış ile 12 haftayı tamamlamıştır. Şekil 4.9c'ye göre işlem görmemiş olan ve UV-C işlem görmüş olan soğan suyunun pH değerinin yalnızca 8. haftada düşüş kaydettiği, genel olarak 12 hafta boyunca 4,1 ila 4,3 pH aralığında seyrettiği görülmüştür. Benzer şekilde Şekil 4.9d incelendiğinde toplam titrasyon asitliğinin işlem görmemiş olan ve UV-C işlem görmüş olan soğan suyu için 12 hafta boyunca önemli bir değişiklik göstermediği ve SSA cinsinden % 0,35 ilâ 0,54 aralığında değiştiği görülmektedir. UV-C işlem görmüş olan soğan suyunun toplam titrasyon asitliği değerlerinin 12 haftalık depolama süresince kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Suda çözünen toplam kuru madde miktarı ($^{\circ}\text{Bx}$) değerinin 12 hafta boyunca takibi Şekil 4.9e'de verilmiştir. Başlangıçta $6,63 \pm 0,05$ $^{\circ}\text{Bx}$ olan suda çözünen toplam kuru madde miktarı kontrol soğan suyu için 12 hafta boyunca kademeli olarak önemli bir düşüş göstererek $2,07 \pm 0,12$ $^{\circ}\text{Bx}$ 'e ulaşmıştır. Suda çözünen toplam kuru madde miktarındaki değişimin mikrobiyal aktiviteden ve özellikle meyve suyunun bünyesindeki şekerin fermente edilmesinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Rivas vd., 2006; Rosen ve Gothard, 2010; Chia vd., 2012). Mitra vd. (2012)'ye göre 100 g büyük soğanda 11 g karbonhidrat ve kalsiyum, potasyum, magnezyum gibi birçok mineral bulunmaktadır. Breu (1996)'ya göre soğanda bulunan karbonhidratların (toplam yaş ağırlık bazında) yaklaşık %2'si glikoz, %0,9'u früktoz ve %3,2'si sakarozdur.

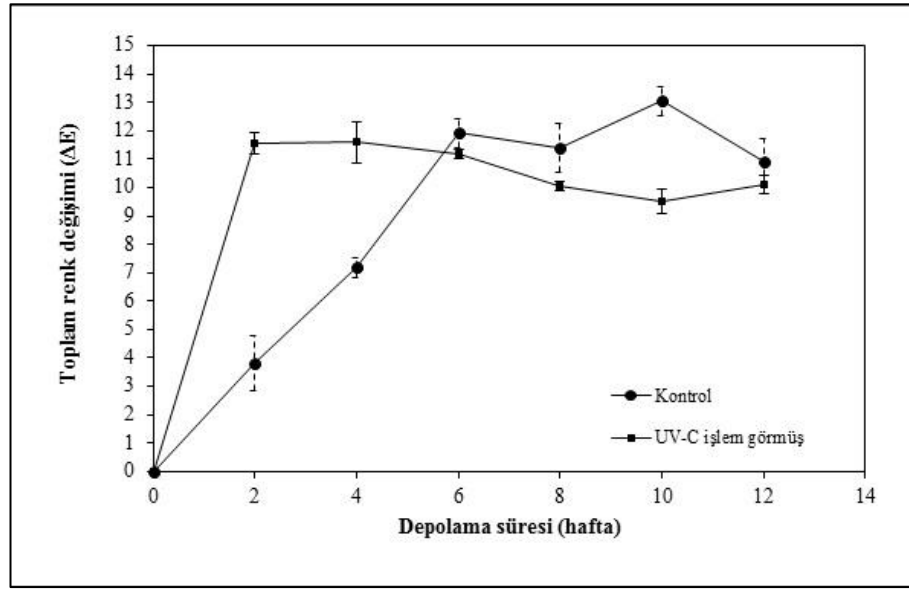
Kontrol soğan suyunda Şekil 4.8a ve b’de verilmiş olan sonuçlarla doğru orantılı olarak mikrobiyel yükteki artış ile birlikte muhteviyatındaki besin öğelerinin fermente edilmesi sonucu 12 hafta boyunca suda çözünen toplam kuru madde miktarı kademeli ve kaydedeğer bir düşüş göstermiştir. Bunun yanında UV-C işlem görmüş soğan suyunda suda çözünen toplam kuru madde miktarı 12 hafta boyunca düşüş göstermemiştir. Söz konusu sonuç da yine Şekil 4.8a ve b’de verilmiş olan sonuçlarla paralel bir şekilde, UV-C işlem görmüş olan soğan suyunda mikrobiyel faaliyet olmamasından kaynaklanmıştır.

Şekil 4.9f’de verilmekte olan bulanıklık sonuçları Şekil 4.8a ve b’de ve Şekil 4.9e’de verilmiş olan sonuçlarla paralellik göstermiştir. Kontrol soğan suyundaki mikrobiyel gelişim sonucunda toplam kuru madde miktarı düştüğü gibi; bakteri, küf ve maya sayısındaki artışla birlikte soğan suyunun bulanıklığının da artmış olabileceği düşünülmektedir. UV-C işlem görmüş soğan suyunun bulanıklığı ise 12 hafta boyunca önemli bir değişim göstermemiştir.

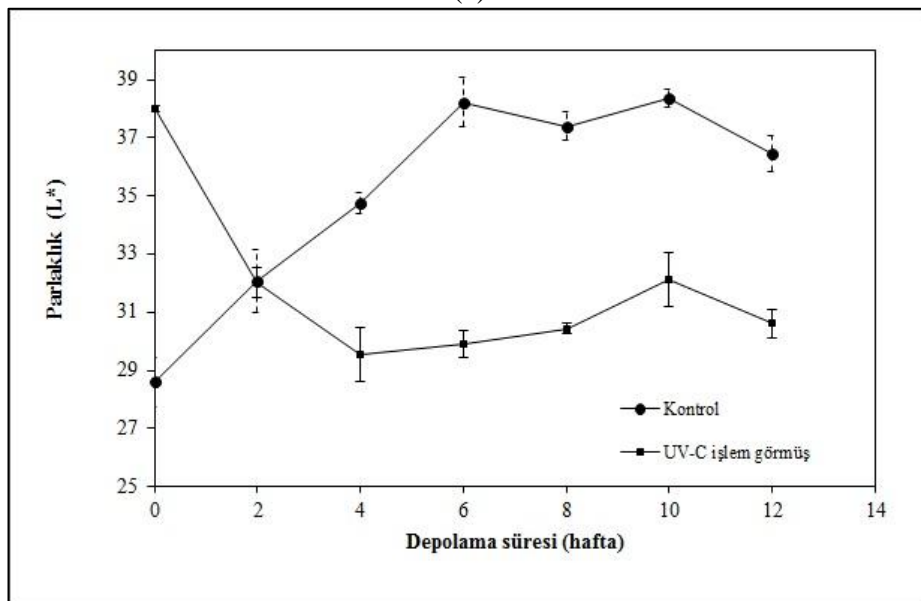
UV-C işlem görmüş ve kontrol soğan suyu örneklerinde 12 hafta boyunca takip edilen enzimatik olmayan esmerleşme indeksi sonuçları Şekil 4.9g’de verilmiştir. Enzimatik olmayan esmerleşme bilindiği gibi meyve ya da sebze suyunda Maillard reaksiyonları sonucu meydana gelen esmerleşme ve dolayısıyla rengin değişimidir (Caminiti vd. 2012). Şekil 4.9g’e göre 8. haftaya kadar kontrol örneklerinde UV-C işlem görmüş örneklere göre enzimatik olmayan esmerleşme indeksi daha düşük seyretmiştir. UV-C işlem görmüş soğan suyu örneklerinde enzimatik olmayan esmerleşme indeksi dalgalı bir yol izlemiş ve özellikle 4. haftada maksimum seviyeye ulaşmıştır. 8. haftadan itibaren kontrol ve UV-C işlem görmüş örnekler yakın değerlerde elde edilmiştir.

Şekil 4.9h’ye göre toplam fenolik madde konsantrasyonu UV-C işlem görmüş soğan suyu örneklerinde 6., kontrol örneğinde ise 8. haftada dramatik bir artış göstermiştir. Söz konusu artışların 6. ve 8. haftalarda soğan suyunun pH değerinde (Şekil 4.9c) gerçekleşmiş olan değişimden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Soğan suyunun bünyesinde bulunan fenolik bileşenlerin farklı pH değerlerinde farklı çözünürlükler gösterdiği bu nedenle toplam fenolik madde konsantrasyonunun

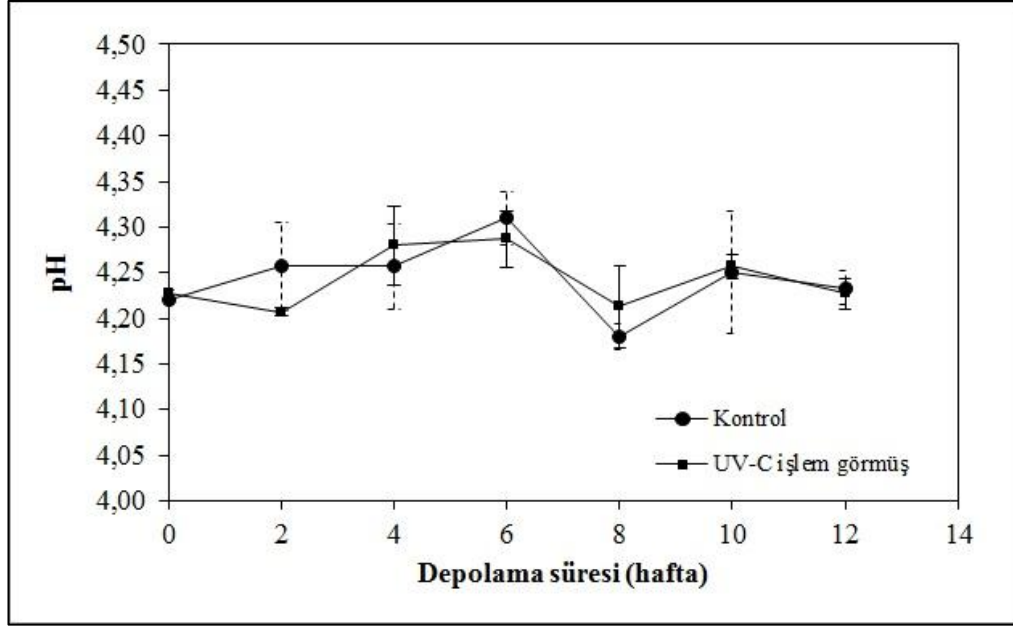
farklılık gösterdiği öngörülmektedir. Literatürde özellikle de meyve suyu ile yapılan benzer çalışmalarda toplam fenolik madde artışı mikrobiyel faaliyetlere bağlanmıştır. Fakat Şekil 4.9h'ye göre hiçbir mikrobiyel faaliyet gerçekleşmemiş olan UV-C işlem görmüş soğan suyu örneklerinde de (bkz. Şekil 4.8a ve b) toplam fenolik madde konsantrasyonu değişiklik göstermiştir. Her iki tip soğan suyunda da 6. ve 8. haftalardaki artışı düşüş takip etmiş ve 12. haftada yaklaşık 210 mg/mL (GA eşd.) toplam fenolik madde konsantrasyonu seviyesinde sonlanmışlardır.



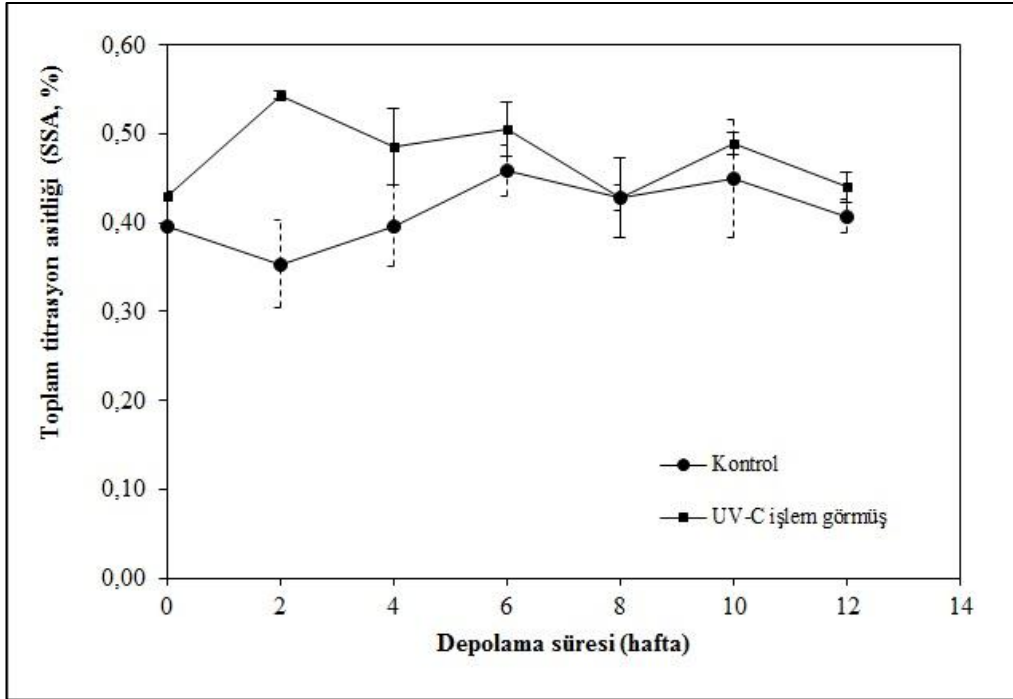
(a)



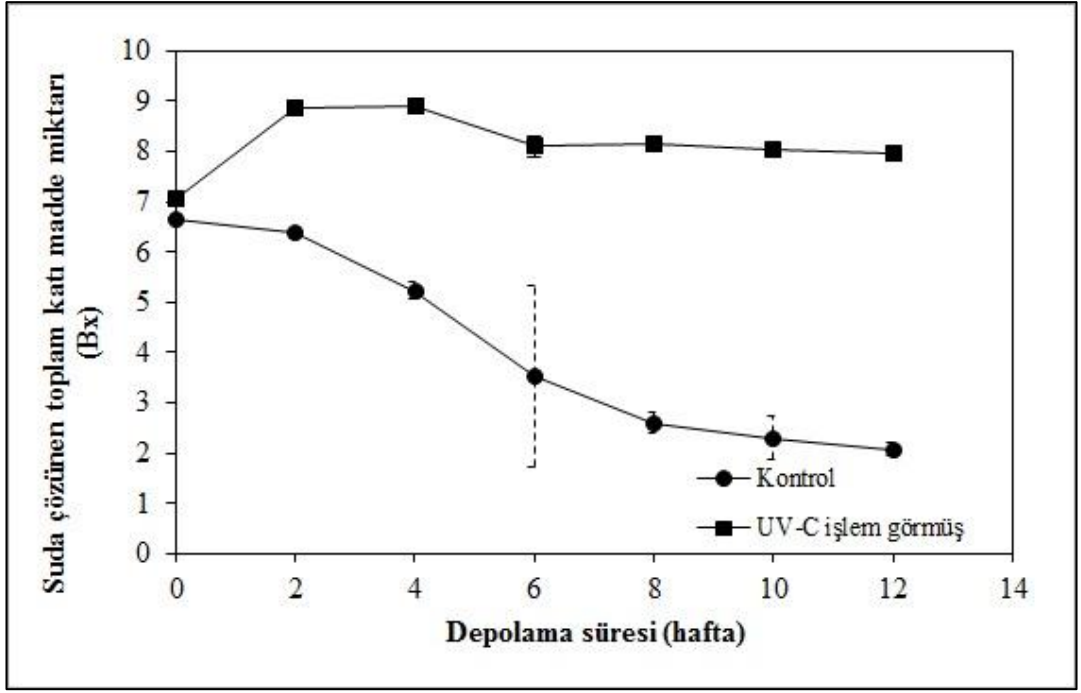
(b)



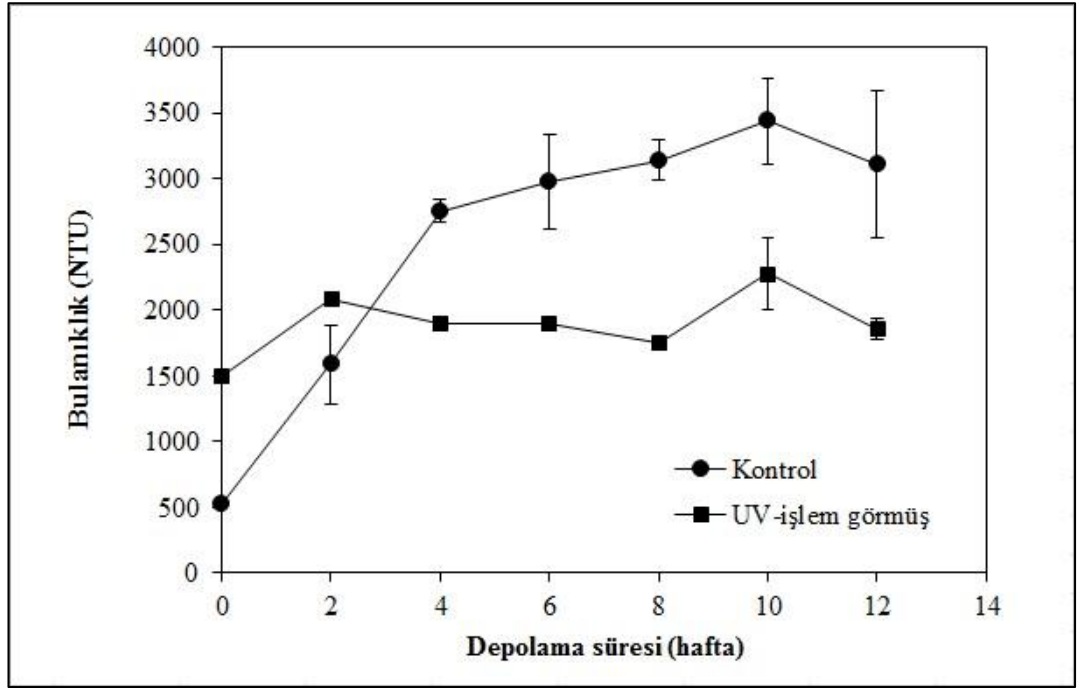
(c)



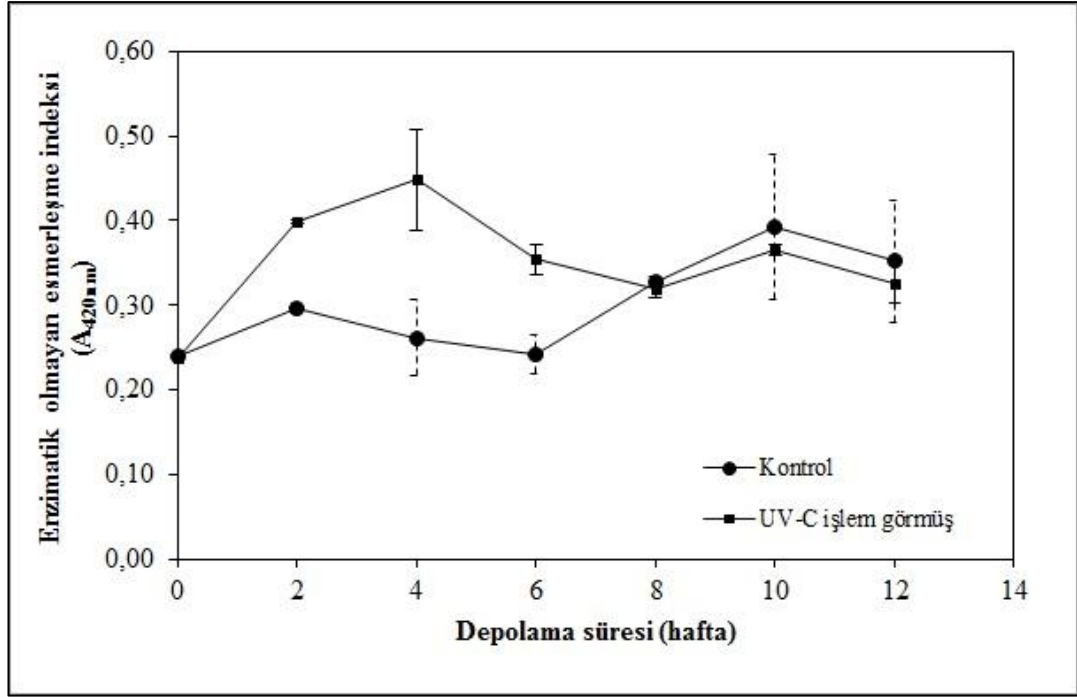
(d)



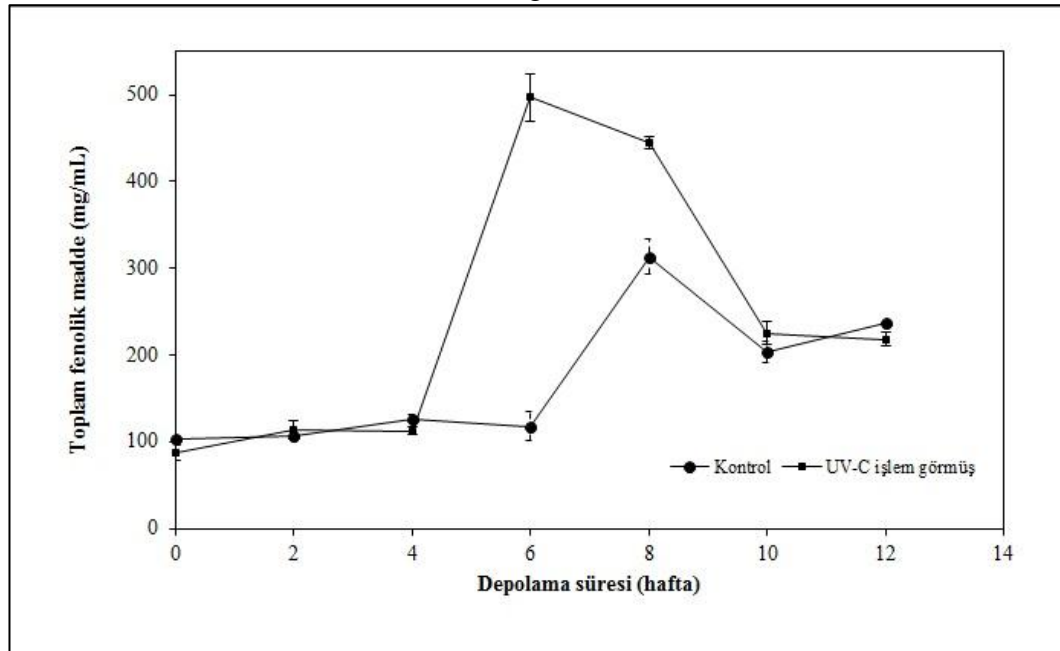
(e)



(f)



(g)



(h)

Şekil 4.9 Hiçbir işlem görmemiş soğan suyu (kontrol) ve UV-C ile işlem görmüş soğan suyunda depolama süresi boyunca (a) toplam renk değişimi, (b) parlaklık, (c) pH, (d) toplam titrasyon asitliği, (e) suda çözünen toplam katı madde miktarı, (f) bulanıklık, (g) enzimatik olmayan esmerleşme indeksi ve (h) toplam fenolik madde değişimi (hata çubukları üç deneyin ortalamasına ait standart sapma değeridir, bolden daha küçük boyutta olduğu durumlarda hata çubukları görüntülenememiştir)

4.6 Duyusal Değerlendirme

Çizelge 4.10'da verilmekte olan duyusal özellikler üzerinde güven aralığı %95 ($P<0,05$) olacak şekilde yapılan tek-yönlü ANOVA analizlerinde hiçbir özelliğe kontrol, işlem görmemiş soğan suyunda marine ve/veya UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş örnekler arasında kayda değer bir fark görülmemiştir. Çizelge 4.10'da verilmekte olan tüm duyusal özellikler için panelistler, en yüksek ortalama puanı marine edilmemiş olan (kontrol) ete vermiştir. Soğan suyunda (işlem görmemiş ya da UV-C işlem görmüş) marine edilmiş olan etler beklenildiği şekilde panelistler açısından bir fark yaratmamıştır. Bu sonucun marinasyon süresinin yetersizliği ya da pişirme (ızgara) yönteminin soğan suyundan gelen aroma bileşenlerini maskeleymesi nedeniyle elde edildiği düşünülmektedir. Bunun yanında UV-C işlem görmüş olan soğan suyunda etlerin marine edilmesi panelistlerde (kontrol ve işlem görmemiş soğan suyuna göre) incelenen duyusal özellikler ve genel beğeni açısından herhangi bir olumsuz algı yaratmamıştır. Bu da soğan suyunun pastörizasyonu için UV-C işlem kullanılmasının duyusal olarak tüketicinin beğenisini olumsuz etkilemeyeceğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada yapılmış olan duyusal panelde kontrol, işlem görmemiş soğan suyunda marine ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine et örneklerine test edilen duyusal özellikler için panelistler genel olarak 5,5 ilâ 7,1 aralığında puanlar vermişlerdir. Gibis vd. (2007) çeşitli oranlarda limon suyu, doğranmış soğan ve sarımsak içeren zeytin yağında marine edip kızarttıkları etler üzerinde 30 panelist ile yaptıkları duyusal testte koku ve tat özelliklerine 10'luk skalada ağırlıklı olarak 4 ilâ 6,5 arasında puanlar verilmiştir. Söz konusu çalışmada ayrıca soğan ya da sarımsak gibi sülfür içeriği olan gıdaların marinatta kullanıldığında pişirilme esnasında oluşan heterosiklik aromatik aminlerin (örn. 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline) seviyesinin düştüğü kaydedilmiştir.

Çizelge 4.10 Marine edilmemiş, işlem görmemiş soğan suyunda marine edilmiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş etlerin duyuşal panel sonuçları (n=20)

Duyuşal Özellik	Kontrol (marine edilmemiş)	İşlem görmemiş soğan suyunda marine	UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine
Genel koku	6,60 ± 1,93	5,95 ± 2,44	6,05 ± 2,36
Genel tat	5,85 ± 2,24	5,55 ± 2,64	5,60 ± 2,33
Renk	6,70 ± 1,90	6,60 ± 2,46	6,55 ± 2,27
Çiğnenebilirlik	7,10 ± 1,89	6,30 ± 1,71	6,75 ± 2,36
Genel beğeni	6,55 ± 1,60	6,15 ± 2,10	6,10 ± 2,17

Not: Sonuçlar 3 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

4.7 Soğan Suyunda Marine Edilmiş Etin Tekstür Profil Analizinin Belirlenmesi

Marine edilmemiş (kontrol), işlem görmemiş soğan suyunda marine edilmiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş etlerin tekstürel profil analiz sonuçları Çizelge 4.11’de özetlenmiştir. Elde edilen sonuçlar her bir tekstürel profil analiz parametresi için tek-yönlü ANOVA testi ile analiz edilmiş, P-değerinin 0,05’den düşük olduğu farklar kayda değer olarak ifade edilmiştir. Buna göre kontrol ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine etler arasında Sertlik-1 açısından kayda değer bir fark görülmemiştir. Fakat işlem görmemiş soğan suyunda marine etlerin Sertlik-1 değeri diğer ikisine göre oldukça yüksektir. Bunun yanında, UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş olan etlerin Sertlik-1 değeri en düşüktür. Yapışkanlık değeri bakımında incelenen üç çeşit arasında kayda değer bir fark yoktur. Sertlik-2 değeri ölçümleri ise örneklerin karşılaştırması açısından Sertlik-1 değerleri ile benzerlik göstermektedir. Esneklik değerlerine bakıldığında incelenen üç tip etin de birbirinden farklılık gösterdiği, en yüksek esneklik değerine ise işlem görmemiş soğan suyunda marine et ile ulaşıldığı görülmüştür. Çiğnenebilirlik değerlerine bakıldığında ise kontrol ile UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş etler arasında fark yoktur, fakat işlem görmemiş soğan suyunda marine etleri yutmaya hazır hale getirebilmek için daha fazla enerji harcanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.11 Marine edilmemiş, işlem görmemiş soğan suyunda marine edilmiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine edilmiş etlerin tekstürel profil analiz sonuçları

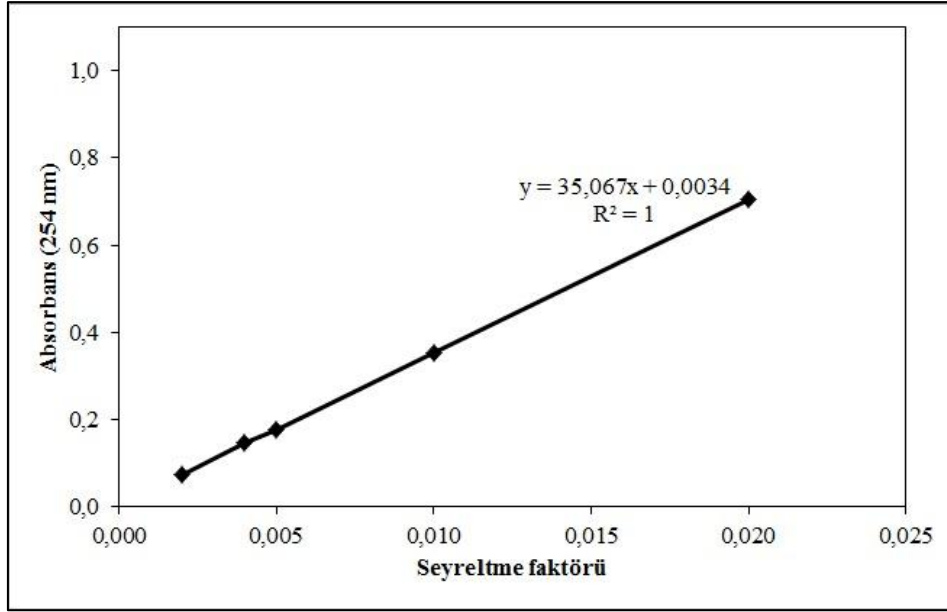
Tekstürel profil analizi parametresi	Kontrol (marine edilmemiş)	İşlem görmemiş soğan suyunda marine	UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine
Sertlik -1 (N)	28,23 ± 6,28 ^a	42,90 ± 1,18 ^b	17,44 ± 6,28 ^a
Yapışkanlık (mJ)	1,88 ± 1,44	3,50 ± 0,87	1,24 ± 0,36
Sertlik -2 (N)	20,40 ± 4,52 ^a	32,23 ± 0,57 ^b	12,61 ± 5,53 ^a
Esneklik (mm)	5,02 ± 0,62 ^a	11,15 ± 1,71 ^b	6,85 ± 0,70 ^c
Çiğnenebilirlik (mJ)	41,21 ± 12,06 ^a	129,12 ± 26,44 ^b	41,01 ± 15,81 ^a

Not: Sonuçlar 3 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırda yanında harf bulunan sonuçlar arasında kayda değer fark ($P < 0,05$) bulunmaktadır.

4.8 Soğan Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Ürün bileşimi, çözünebilir katı içeriği, renk ve meyve ya da sebze suyunun genel kimyası gibi özelliklerin UV işleminin verimliliği ve meyve ya da sebze suyunun ışığı absorbe etme özelliği üzerine önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir (Koutchma vd., 2016). Soğan suyu literatürde henüz çalışılmadığı için, bu çalışmada genel olarak tipik meyve ya da sebze suyu üretimlerinde kontrol edilen kalite parametreleri takip edilmiştir.

Şekil 3.1’de verilmiş olan yöntem ile üretilen soğan suyunun absorbans katsayısı Şekil 4.10’da verilmekte olan eğrinin eğiminden $35,067 \text{ cm}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Çizelge 2.1’de verilmiş olan çeşitli sıvı gıdaların absorbans katsayılarına bakıldığında soğan suyunun absorbans katsayısının elma şırası ile doğal bulanık elma suyu arasında kaldığı görülmektedir. Söz konusu katsayı UV ışığının sıvı içine penetrasyonu ile doğru orantılı olduğundan soğan suyunun parçacıklı yapısının UV-C ışığının bir kısmını absorbe ettiği bu nedenle *E. coli* K-12’nin inaktivasyonu için yüksek bir doz değerine ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.



Şekil 4.10 Soğan suyunun seyreltme faktörüne karşılık absorbans grafiği (hata çubukları üç deneyin ortalamasına ait standart sapma değeridir, sembolen daha küçük boyutta olduğu durumlarda hata çubukları görüntülenememiştir)

Çizelge 4.12’de işlem görmemiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmış olup istatistiksel olarak güven aralığı %95 ($P < 0,05$) olacak şekilde 2-örnekli t-testi (two-sample t-test) uygulanmıştır. Buna göre CIELab renk değerleri, kontrol ve UV-C işlem görmüş soğan suları için farklılık göstermiştir. UV-C işlem görmüş soğan suyu örneğinin parlaklık değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen negatif a* değerleri yeşilliğin belirtisi olup, UV-C işlem görmüş soğan suyu kontrole göre daha yeşildir. Negatif b* değerleri maviliğin göstergesi olup, kontrol örneğinin maviliği daha yüksektir.

Soğan suyunun üretim esnasında pH’ı %10’luk sitrik asit ile 4,6’nın altında olacak şekilde ayarlanmaktadır. UV-C işlem görmüş soğan suyunun pH değeri 0,0001 P-değeri ile kontrol örneğinden kayda değer olarak farklıdır, fakat her iki örnekte de pH 4,6’nın üzerine çıkmamıştır. Toplam titrasyon asitliği (% SSA) değerlerinde yine kontrol ve UV-C işlem görmüş örnekler arasında fark olduğu tespit edilmiştir. UV-C işlem görmüş örneklerin toplam titrasyon asitliği kontrole göre daha yüksek olup bu farkın soğan suyuna eklenen sitrik asidin UV-C ışıktan etkilenmesi ile gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

Meyve ya da sebze sularının çözünebilir ve askıda kalan katı parçacıklardan kaynaklı bulanıklığı, elma suyu ve diğer berrak meyve suları için 1000 nefelometrik bulanıklık birimi (NTU)'dan başlayarak havuç, portakal ve ananas suları gibi opak olanlar için 4000 NTU'yu geçen değerler arasında değişmektedir (Koutchma, 2009b). Bulanıklık değeri daha yüksek olan sıvı gıdalarda *E. coli* K-12'nin UV-C ile inaktivasyonunun etkisini azalttığı Koutchma vd. (2004) tarafından bildirilmiştir. Fizikokimyasal özellikleri ilk kez belirlenmiş olan soğan suyunun bulanıklık değeri kontrol örneği için $527,67 \pm 1,70$ NTU olup, Çizelge 2.2'den görülebileceği gibi birçok tropik meyve suyunun bulanıklık değerinden düşüktür. Bunun yanında soğan suyu, Kaya vd. (2015)'nin bildirdiği limon ve kavun suyu karışımının $278,50 \pm 2,38$ NTU olan bulanıklık değerinden daha yüksek bir bulanıklığa sahiptir. UV işlem görmüş olan soğan suyu ise kontrole göre yaklaşık 2,8 kat daha fazla bulanıklığa sahiptir. Benzer bir sonuç Kaya vd. (2015) tarafından elde edilmiş olup, söz konusu çalışmada da UV-C işlem görmüş olan limon ve kavun suyu karışımının bulanıklığı hiçbir işlem görmemiş olan örneğe göre daha yüksek elde edilmiştir. Donahue vd. (2004) bulanıklık ve renk arasında önemli bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Çizelge 4.12'ye bakıldığında UV işlem görmüş soğan suyunun renk değerlerinin kontrol soğan suyundan kaydadeğer bir farklılık ($P<0,05$) gösterdiği görülmekte olup, UV işlem görmüş soğan suyunda kontrole göre daha yüksek bulanıklık olmasının sebebinin buna bağlı olduğu düşünülmektedir.

Soğan suyunun viskozitesinin 1,32 mPa.s olduğu ve söz konusu değer in suya yakın bir değer olduğu görülmektedir. Çizelge 2.2'ye bakıldığında soğan suyunun viskozitesinin bir çok tropik meyve suyundan daha düşük olduğu görülmektedir. Bu özelliğin soğan suyunun UV reaktörde pastörizasyonu için önemli bir avantaj olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.12'ye bakıldığında kontrol soğan suyu ile UV işlem görmüş soğan suyunun yoğunluğu arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmiştir. UV işlem görmüş soğan suyunun yoğunluğu kontrole göre daha yüksek elde edilmiştir. Benzer şekilde suda çözünen toplam katı madde miktarı da UV işlem görmüş soğan suyunda kontrole göre daha yüksek elde edilmiştir. Söz konusu bulguyla uyumlu olarak Pala ve Toklucu (2011), UV-C işlem ($34,4$ J/mL) uyguladıkları nar suyunun

suda çözünen toplam katı madde miktarı değerinin kontrole göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Çizelge 4.12'ye bakıldığında kontrol soğan suyu ile UV işlem görmüş soğan suyu arasında enzimatik olmayan esmerleşme indeksi bakımından önemli ($P<0,05$) bir fark yoktur. Meyve suyu ile yapılan çalışmalarda ise UV ile muamelenin fotodegradasyon sonucu meyve suyunda enzimatik olmayan esmerleşmeye yol açtığı bildirilmiştir (Ibarz vd, 2005; Santhirasegaram vd, 2015). Santhirasegaram vd. (2015) tarafından Chokanan mango suyu üzerinde yapılan bir çalışmada enzimatik olmayan esmerleşme değeri kontrol örneği için $0,06 \pm 0,00$, 30 dakika UV-C uygulanmış olan örnek için ise $0,07 \pm 0,01$ olarak elde edilmiştir.

Chia vd. (2012) ile benzer olarak UV-C işlem görmüş soğan suyunun toplam fenolik madde konsantrasyonu işlem görmemiş olan örneğe göre daha düşüktür (Çizelge 4.12). Aynı şekilde Aguilar vd. (2016) nektarin sularına (Big top ve Luciana varyetesinden) yaptıkları UV-C uygulaması sonucunda toplam fenolik madde konsantrasyonlarında kontrole göre düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çizelge 4.12 İşlem görmemiş ve UV-C işlem görmüş soğan suyu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri

Özellik	Kontrol (işlem görmemiş soğan suyu)	UV-C işlem görmüş soğan suyu
Renk		
L*	28,60 ± 0,83 ^a	38,00 ± 0,11 ^b
a*	-0,84 ± 0,06 ^a	-2,20 ± 0,10 ^b
b*	-0,88 ± 0,12 ^a	-0,22 ± 0,19 ^b
pH	4,22 ± 0,00 ^a	4,23 ± 0,00 ^b
Toplam titrasyon asitliği (SSA, %)	0,40 ± 0,00 ^a	0,43 ± 0,01 ^b
Bulanıklık (NTU)	527,67 ± 1,70 ^a	1496,33 ± 1,25 ^b
Viskozite (mPa.s)	1,32	Ölçülemedi
Yoğunluk (g/cm ³)	1,024 ± 0,001 ^a	1,027 ± 0,001 ^b
Suda çözünen toplam katı madde miktarı (Bx)	6,63 ± 0,05 ^a	7,07 ± 0,05 ^b
Enzimatik olmayan esmerleşme indeksi	0,239 ± 0,004	0,238 ± 0,007
Toplam fenolik madde (mg/mL, GA eşd.)	102,9 ± 1,0 ^a	87,7 ± 8,6 ^b

Not: Sonuçlar (viskozite hariç) 3 sonucun ortalaması ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırda yanında farklı harf bulunan sonuçlar arasında kayda değer fark ($P<0,05$) bulunmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada soğan suyunun UV-C ışınlama ile pastörizasyonunda hedef mikroorganizma sayısında 5 log (kob/mL) azalma sağlayan koşullar istatistiksel yöntemlerle taranmış ve optimize edilmiştir. Optimum koşullarda gerçekleştirilen UV-C ışınlama işleminin soğan suyunun kimyasal ve fiziksel kriterleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca, pastörize soğan suyunun mikrobiyel yükü yanında bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri de raf ömrü çalışması ile takip edilmiştir. UV-C ışınlama ile pastörizasyon işleminin soğan suyunun duyuşal kriterleri üzerindeki etkisi; dana eti dilimlerinin UV-C ışınlama ile pastörize edilmiş soğan suyunda marine edilip; ızgara usulü pişirilmesinin ardından duyuşal panelde değerlendirilmesi ayrıca, tekstürel analize tabi tutulması ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçlarla gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

1. Soğan suyunun doğal mikroflorasının çoğaltılması sonucunda soğan suyu üretimlerinde yapılan kontrollerde toplam aerobik canlı sayılarının $1,83 \times 10^7$ kob/mL, $1,58 \times 10^6$ kob/mL, $8,69 \times 10^5$ kob/mL seviyelerinde olduğu görülmüştür. Toplam aerobik canlı sayısı, kullanılan her soğan partisinde farklı seviyelerdedir ve mikroorganizma sayısında hedeflenen 5-log azalmayı belirlemek için gerekli olan başlangıç toplam aerobik canlı sayısına ulaşmakta tutarsızlık yaşanmıştır.
2. UV-C ışınlama işleminin hedef mikroorganizması olarak patojen olan *Escherichia coli* O157:H7 suşunun vekil (surrogate) suşu olan ve patojen olmayan *E. coli* K-12 suşunun kullanılması uygun görülmüştür.
3. Tez çalışmasında kullanılan soğan suyu üretim prosedüründe verim % $62,0 \pm 4,3$ olarak elde edilmiştir.
4. Soğan suyuna inokule edilen *E. coli* K-12 'nin başlangıçta 10^6 kob/mL seviyesinde olan koloni sayısını 90 dakika boyunca koruduğu gözlemlenmiştir.
5. İkinci basamak tarama denemesi sonucunda $7,5 \text{ mW/cm}^2$ ışık yoğunluğunda ve 1,5 mm örnek derinliğinde *E. coli* K-12 sayısındaki log azalmanın daha yüksek

olduğu, ayrıca 30 dakika ışınlama süresinin *E. coli* K-12 sayısındaki log azalmada hafif bir artış sağladığı görülmüştür. Bu koşullarda üretilen soğan suyundaki toplam renk değişimi (ΔE) değerleri 0,72 ve 0,81'dir.

6. Optimizasyon ve doğrulama deneyleriyle birlikte sonuç olarak hem *E. coli* K-12 sayısında yüksek log azalmayı hem de düşük toplam renk değişimini sağlayan koşulların 30 dakika ışınlama süresi, 0,5 mm örnek derinliği ve $7,5 \text{ mW/cm}^2$ ışık yoğunluğu seviyeleri olduğu belirlenmiştir. Bu koşullarda *E. coli* K-12 sayısında ortalama $4,02 \pm 0,17$ log azalma sağlayan UV doz değeri $6374,5 \text{ mJ/cm}^2$ dir.

7. 0,5 mm derinliğindeki soğan suyuna $7,51 \text{ mW/cm}^2$ UV ışık yoğunluğu (I_0) ile 30 dakika boyunca yapılan uygulama esnasında inaktivasyon sabiti k değeri (cm^2/mJ) 0,0009 olarak elde edilmiştir. D_{10} değeri $1111,11 \text{ mJ/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

8. Raf ömrü çalışması kapsamında hiç işlem görmemiş soğan suyunun raf ömrü en fazla 2 hafta olup, UV-C ışınlama işlemi ile soğan suyunun raf ömrü mikrobiyolojik olarak 6 kat arttırılmıştır. 2. haftadan itibaren her iki çeşit soğan suyunun da toplam renk değişimi kabul edilebilir sınırlar dâhilinde ($\Delta E < 3,0$) kalmamıştır. İşlem görmemiş olan ve UV-C işlem görmüş olan soğan suyunun pH değeri (8. hafta dışında) genel olarak 12 hafta boyunca 4,1 ila 4,3 pH aralığında seyretmiştir. Kontrol soğan suyu için $6,63 \pm 0,05$ °Bx olan başlangıç suda çözünen toplam kuru madde miktarı %68,8 oranında düşüş kaydetmiştir. Kontrol örneğinde raf ömrü boyunca bulanıklık artarken, UV-C işlem görmüş örneklerde stabil kalmıştır. Her iki tip soğan suyu da yaklaşık 210 mg/mL (GA eşd.) toplam fenolik madde konsantrasyonu seviyesinde sonlanmışlardır.

9. Yapılan duysal test sonucunda, UV-C işlem ile pastörize edilmiş soğan suyunun etin marinasyonunda kullanılmasının duysal olarak tüketicinin beğenisini olumsuz etkilemediği görülmüştür.

10. Yapılan tekstürel profil analizi sonucunda kontrol ve UV-C işlem görmüş soğan suyunda marine etler arasında Sertlik-1 açısından kayda değer bir fark

görülmemiştir. Fakat işlem görmemiş soğan suyunda marine etlerin Sertlik-1 değeri diğer ikisine göre oldukça yüksektir.

11. Soğan suyunun absorbans katsayısı $35,067 \text{ cm}^{-1}$ 'tir.

12. İşlem görmemiş soğan suyu ile UV-C işlem görmüş soğan suyu arasında yapılan fizikokimyasal karşılaştırmalar sonucunda enzimatik olmayan esmerleşme indeksi dışında incelenen tüm özelliklerde kayda değer ($P<0,05$) farklılık elde edilmiştir.

Soğan suyunun UV-C ışınlama ile pastörize edilmesi için hedef mikroorganizma olarak yararlanılan *Escherichia coli* K-12 suşu üzerinde optimum koşullarda FDA kriteri olan 5log azalmaya ulaşamamıştır. Fakat elde edilen $4,02 \pm 0,17$ log azalma değeri konu ile ilgili çalışmaların devam ettirilmeye değer olduğunu işaret etmiştir. Çalışmanın ileriki bölümünde paralel demetli ışın cihazında elde edilen bilgiler ışığında mikrobiyal inaktivasyon ve fizikokimyasal özellikleri olumlu yönde etkilemek üzere uygun bir sürekli sistem UV-C reaktörü tasarlanması uygun görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aguilar, K., Ibarz, R., Garvin, A., Ibarz, A., Effect of UV-Vis irradiation on enzymatic activities and the physicochemical properties of nectarine juices from different varieties, *Food Science and Technology*, 65, 969-977, 2016.
- Artés-Hernández, F., Robles, P. A., Gómez, P. A., Tomás-Callejas, A., Artés, F., Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon, *Postharvest Biology and Technology*, 55, 114–120, 2010.
- Baysal, T., Demirdöven, A., Ergün, A.R., Kara havuç suyu üretiminde elektroliz ve mikrodalga uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri, *GIDA*, 38: 291-298, 2013.
- Baysal, T. ve İçier, F., Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Ankara: Nobel Yayınevi, 2012.
- Benítez, V., Mollá, E., Martín-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., López-Andréu, F. J., Esteban, R. M., Effect of sterilisation on dietary fibre and physicochemical properties of onion by-products, *Food Chemistry*, 127, 501–507, 2011.
- Benítez, V., Mollá, E., Martín-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., López-Andréu, F. J., Esteban, R. M., Onion (*Allium cepa* L.) by-products as source of dietary fiber: physicochemical properties and effect on serum lipid levels in high-fat fed rats, *Eur Food Res Technol*, 234, 617–625, 2012.
- Benítez, V., Mollá, E., Martín-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., López-Andréu, F. J., Terry, L. A., Esteban, R. M., The Impact of pasteurisation and sterilisation on bioactive compounds of onion by-products, 6, 1979–1989, 2013.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., Robinson, R. K., Review Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review, *Food Science and Technology*, 80, 637-645, 2000.
- Breu, W., *Allium cepa* L. (onion): Part 1 Chemistry and analysis. *Phytomedicine*, 3: 293-306, 1996.
- Caminiti, I. M., Palgan, I., Muñoz, A., Noci, F., Whyte P., Morgan, D. J., Cronin, D. A., Lyng, J. H., The effect of ultraviolet light on microbial inactivation and quality attributes of apple juice, *Food Bioprocess Technol*, 5, 680–686, 2012.
- Cemeroğlu, B. S., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara: Nobel Yayınevi, 2011.

- Chia, S.L., Rosnah, S., Noranizan, M.A., Wan Ramli, W.D., The effect of storage on the quality attributes of ultraviolet-irradiated and thermally pasteurised pineapple juices, 19: 1001-1010, 2012.
- Cserhalmi, Zs., Sass-Kiss. A., Toth-Markus, M., Lechner, N., Study of pulsed electric field treated citrus juices, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 7(1-2): 49-54, 2006.
- Demirdöven, A., Portakal suyu üretiminde bazı elektriksel yöntemlerin verim ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği ABD, Doktora Tezi, 2009.
- Donahue, D. W., Canitez, N., Bushway, A. A., UV Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider: Quality, sensory and shelf-life analysis, Journal of Food Processing and Preservation, 28, 368–387, 2004.
- Engin, B., Güneşer, O., Yüceer, Y. K., Ultraviyole ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi, GIDA, 34(5), 303-308, 2009.
- Escalona, V. H., Aguayo, E., Martínez-Hernández, G. B., Artés, F., UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach, Postharvest Biology and Technology, 56, 223-231, 2010.
- Franz, C. M. A. P., Specht I., Cho, G., Graef, V., Stahl, M. R., UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology, Food Control, 20, 1103–1107, 2009.
- Fredericks, I. N., Toit, M. D., Krügel, M., Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines, Food Microbiology, 28, 510-517, 2011.
- Gayán, E., Condón, S., Álvarez, I., Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: a Review, Food Bioprocess Technol, 7, 1-20, 2014.
- Gayán, E., Serrano, M. J., Monfort, S., Álvarez, I., Condón, S., Pasteurization of apple juice contaminated with *Escherichia coli* by a combined UV–mild temperature treatment, Food Bioprocess Technol, 6 (1), 3006-3016, 2013.
- Geveke, D. J., UV inactivation of E. coli in liquid egg white, Food Bioprocess Technol, 1, 201–206, 2008.

- Gibis, M., Effect of oil marinades with garlic, onion, and lemon juice on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried beef patties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 10240–10247, 2007.
- Gonzalez-Saiz, J. M., Esteban-Diez, I., Rodriguez-Tecedor, S., Pizarro, C., Valorization of onion waste and by-products: MCR-ALS applied to reveal the compositional profiles of alcoholic fermentations of onion juice monitored by near-infrared spectroscopy, *Biotechnology and Bioengineering*, 101, 776–787, 2008.
- Guerrero-Beltrán, J. A., Barbosa-Cánovas, G. V., Reduction Of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in Apple juice by ultraviolet light, *Biological Systems Engineering*, 28, 437–452, 2005.
- Hakgüder Taze, B., Ünlütürk, S., Buzrul, S., Alpas, H., The impact of UV-C irradiation on spoilage microorganisms and colour of orange juice, *Journal of Food Science and Technology*, DOI 10.1007/s13197-013-1095-7, 2013.
- Horiuchi, J. I., Tada, K., Kobayashi, M., Kanno, T., Ebie, K., Biological approach for effective utilization of worthless onions—vinegar production and composting, *Resources, Conservation and Recycling*, 40, 97–109, 2004.
- Huidobro, F.R., Miguel, E., Blazquez, B., Onega, E., A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*. 69, 527-536, 2005.
- Ibarz, A., Pagan, J., Panadés, R., Garza, S. Photochemical destruction of color compounds in fruit juices, *Journal of Food Engineering*, 69, 155–160, 2005.
- Kaya, Z., Yıldız, S., Ünlütürk, S., Effect of UV-C irradiation and heat treatment on the shelf life stability of a lemon–melon juice blend: Multivariate statistical approach, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 230–239, 2015.
- Keyser, M., Müller, I. A., Cilliers, F. P., Nel, W., Gouws, P. A., Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 348–354, 2008.
- Koutchma, T. UV Light for Processing Foods, *Ozone: Science and Engineering*, 30, 1-6, 2008.

- Koutchma, T., Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods, *Food Bioprocess Technol*, 2, 138–155, 2009a.
- Koutchma, T., Fournay, L. J., Moraru, C. I., *Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications*. Boca Raton: CRC press, 2009b.
- Koutchma, T., Keller, S., Chirtel, S. and Parisi, B., Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactors. *Innovative Food Science and Engineering Technologies*. 5:179-189, 2004.
- Koutchma, T., Parisi, B., Patazca, E., Validation of UV coiled tube reactor for fresh juices *Journal of Environmental Engineering and Science*, 6(3), 319-328, 2007.
- Koutchma, T., Popovic, V., Ros-Polski, V., Popielarz, A., Effects of ultraviolet light and high-pressure processing on quality and health-related constituents of fresh juice products, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.15: 844-867, 2016.
- Kubec, R., Hrbacova, M., Musah, R. A., Velisek, J. Allium discoloration: Precursors involved in onion pinking and garlic greening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 5089-5094, 2004.
- Lee, M. K., Inhibitory effect of banana polyphenol oxidase during ripening of banana by onion extract and Maillard reaction products, *Food Chemistry*, 102, 146–149, 2007.
- Lee, M. K., Kim, Y. M., Kim, N. Y., Kim, G. N., Kim, S. H., Bang, S., Park, I., Prevention of browning in potato with a heat-treated onion extract, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 66, 856–858, 2014.
- Lee, M. Y., Lee, M. K., Park, I., Inhibitory effect of onion extract on polyphenol oxidase and enzymatic browning of taro (*Colocasia antiquorum* var. esculenta), *Food Chemistry*, 105, 528–532, 2007.
- Mitra, J., Shrivastava, S. L., Rao, P. S., Onion dehydration: a review, *Journal Food Science Technologies*, 49, 267–277, 2012.
- Mukhopadhyay, S., Ukuku, D. O., Juneja, V., Fan, X., Effects of UV-C treatment on inactivation of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157:H7 on grape tomato surface and stem scars, microbial loads, and quality, *Food Control*, 44, 110-117, 2014.

- Murakami, E. G., Jackson, L., Madsen, K., Schickedanz, B., Factors affecting the ultraviolet inactivation of *Escherichia coli* K12 in apple juice and a model system, Food and Drug Administration National Center for Food Safety and Technology, 29, 53–71, 2006.
- Müller, A., Noack, L., Greiner, R., Stahl, M. R., Posten, C., Effect of UV-C and UV-B treatment on polyphenol oxidase activity and shelf life of apple and grape juices, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 26, 498-504, 2014.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments. John Wiley and Sons, Inc., 2002.
- Noci, F., Riener, F., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D. A., Morgan, D. J., Lyng, J. G., Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple Juice, Journal of Food Engineering, 85, 141–146, 2008.
- Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Rodrigo, M., Effect of PEF and heat pasteurization on the physical–chemical characteristics of blended orange and carrot juice, LWT, 39, 1163-1170, 2006.
- Roldan-Marin, E., Sanchez-Moreno, C., Lloria, R., Ancos, B. D., Cano, M. P., Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity, LWT - Food Science and Technology, 42, 835–841, 2009.
- Rosen J., Gothard L. Q., Encyclopedia of Physical Science. Volume 1. New York: Infobase Publishing, 2010.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., George, D. S., Somasundram, C., Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice, Food and Bioproducts Processing, 94, 313–321, 2015.
- Sew, C. C., Ghazali, M. H., Martín-Belloso, O., Noranizan, M. A., Effects of combining ultraviolet and mild heat treatments on enzymatic activities and total phenolic contents in pineapple juice, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 26, 511-516, 2014.
- Sinha, N., Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. Edited by N. K. Blackwell Publishing Ltd. (p:335), 2011.

- Sun, T., Powers, J. R., Tang, J., Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices, *Food Chemistry*, 105, 101-106, 2007.
- Tandon, K., Worobo, R. W., Churey, J. J., Padilla-Zakour, O. I., Storage quality of pasteurized and UV treated apple cider, *Journal of Food Processing Preservation*, 27, 21-35, 2003.
- Tran, M. T. T., Farid, M., Ultraviolet treatment of orange juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 495–502, 2004.
- Turtoi, M., Borda, D., Ultraviolet light efficacy for microbial inactivation on fruit juices, nectars and apple cider, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19, 130-140, 2013.
- United States Food and Drug Administration (USFDA)., Irradiation in the production, processing, and handling of food, Vol. [Docket No. 99F-19121], 1–9, 2000.
- Ünlütürk, S., Ultraviyole (morötesi) ışınlama. Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler. Editörler: Baysal, T. ve İçier, F., Ankara: Nobel Yayınevi, 2012.
- Ünlütürk, S. ve Atılğan, M. R., UV-C Irradiation of freshly squeezed grape juice and modeling inactivation kinetics, *Journal of Food Process Engineering*, 37, 438-449, 2014.
- Ünlütürk, S., Atılğan, M. R., Baysal, A. H., Tarı, C., Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP), *Journal of Food Engineering*, 85, 561–568, 2008.
- Ünlütürk, S., Atılğan, M. R., Microbial safety and shelf life of UV-C treated freshly squeezed white grape juice, *Journal of Food Science*, 80 (8): 1831-1841, 2015.
- Uysal Pala, Ç., Kırca Toklucu, A., Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 790–795, 2011.
- Wright, J. R., Sumner, S. S., Hackney, C. R., Pierson, M. D., Zoetcklein, B. W., Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* O157:H7 in unpasteurized apple cider, *J Food Protec*, 63, 563-567, 2000.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Mustafa Kemal YILDIZ

2. Doğum Tarihi : 01.01.1993

3. Ünvanı : Gıda Mühendisi

4. Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Okul/Üniversite	Bitirme Yılı
Lise	Fen Bilimleri	Demre Lisesi	2010
Lisans	Gıda Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2014

5. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler:

Yıldız M.K., Becerikli, İ., Süfer, Ö. Demir, H., Onion juice production for food industry, *International Food Congress: Novel Approaches in Food Industry*, 26-29 May 2014, Kuşadası, Turkey, p: 229 (poster).