

## Ultraviyole Işın (UV) Teknolojisinin Meyve Sularına Uygulanması

Çiğdem Uysal Pala, Ayşegül Kırca Toklucu

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale  
E-posta: cupala@gmail.com

### ÖZET

Son yıllarda, tazeye yakın, yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı, meyve sularının muhafazasında ısı olmayan teknolojilere yönelik büyük bir ilgi oluşmuştur. Meyve sularının muhafazası için uygulanan ısı olmayan teknolojilerden biri de Ultraviyole (UV) uygulamasıdır. Bu uygulama, geleneksel ısı işlem tekniklerine göre daha düşük sıcaklıklarda yürütüldüğünden, sıcaklığın meyve suyu kalitesi üzerine olumsuz etkisi en aza indirilmektedir. UV ışın teknolojisindeki gelişmeler bu teknolojinin, meyve sularının muhafazasında uygulanan pastörizasyon işlemine bir alternatif olabileceği konusunda oldukça ümit verici olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ultraviyole, Isıl olmayan teknolojiler, Meyve suyu, Kalite

### Application of Ultraviolet Light (UV) Technology to Fruit Juice Processing

#### ABSTRACT

Recently, there has been a considerable interest in non-thermal technologies for preservation of juices due to the growing consumer demands for fresh-like and high quality food products. UV irradiation is one of the non-thermal technologies used for preservation of fruit juices. Since UV treatment is carried out at a temperature lower than conventional thermal processing methods, the adverse effect of heat on juice quality is minimal. Recent advances of UV light technology have indicated that this technology could be used an alternative to heat treatment for fruit juice preservation purposes.

**Key Words:** Ultraviolet, Non-thermal technologies, Fruit juice, Quality

#### GİRİŞ

Meyve suları fenolikler, karotenoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşenlerin önemli kaynaklarıdır. Ancak, meyve sularının işlenmesi sırasında kullanılan teknolojiler ve sonrasındaki depolama süreci ürün bileşiminde bir takım değişikliklere neden olmakta ve sonuçta elde edilen ürün, tüketiciler tarafından beklenen yararı tam olarak karşılayamamaktadır. Meyve suyu üreticileri, ürünlerin mikrobiyolojik güvenilirliklerinin sağlanmasında, geleneksel olarak ürünlerinin asitlik derecelerine güvenmektedir. Diğer yandan, pastörize edilmemiş meyve suları ile ilişkilendirilmiş *Escherichia coli* O157:H7 ve bazı *Salmonella* serotiplerinin neden olduğu gıda kaynaklı hastalık vakaları bulunmaktadır. Bu durum, bu ürünlerin gıda kaynaklı patojenler için bir araç olabileceğini göstermektedir [1, 2, 3, 4].

Meyve sularında hem patojen mikroorganizmalardan kaynaklanabilecek hastalık riskini ortadan kaldırmak

hem de bozulmayı önlemek amacıyla ısı işlem uygulaması zorunludur. Ancak, ısı işlem uygulaması meyve sularının renk, lezzet, besleme değeri ve antioksidan kapasitesi gibi bazı özelliklerinde önemli kayıplara neden olabilmektedir [5, 6]. Son yıllarda tüketicilerin genellikle soğukta depolanan, tüketime hazır "taze gibi" ürünlere olan ilgileri artmıştır. Bu durum gıda endüstrisini, besin değeri ile fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri en az değişime uğramış gıdaları üretmek için alternatif teknolojileri geliştirmeye yönlendirmektedir [2].

Yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı gıda işlemede geliştirilen, ısı olmayan yeni teknolojilerin arasında yüksek hidrostatik basınç (HHP), vurgulu elektrik alan (PEF), ultraviyole ışınlama (UV), ultrasonikasyon ve ozon gibi uygulamalar yer almaktadır [7, 8, 9, 10, 11]. Bu yeni gıda muhafaza teknikleri, geleneksel işleme metotlarına göre genellikle daha düşük sıcaklık derecelerinde uygulandıklarından gıda kalite kayıpları en az düzeyde gerçekleşmektedir

[9].

UV uygulaması, zararlı mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla uygulanan bir dezenfeksiyon metodudur [12]. UV ışınlarının kullanımı hava, su ve yüzey dezenfeksiyonunda iyi tanımlanmış olmasına rağmen, sıvı gıdalara uygulanmasındaki kullanımı hala sınırlıdır. Su ile karşılaştırıldığında, sıvı gıdaların çeşitli optik ve fiziksel özellikleri ve farklı kimyasal kompozisyonları UV ışının geçirgenliğini, doz aktarımını ve sonuç olarak mikrobiyal inaktivasyonu etkilemektedir. Bununla birlikte, fiziksel bir muhafaza metodu olarak UV ışınlama üzerine yapılan araştırmalar, bu teknolojinin çeşitli sıvı gıdaların ve ingredientlerin (meyve suları, içecekler, süt, sıvı yumurta, şeker şurupları vs.) pastörizasyonu için geçerli bir alternatif olarak oldukça ümit verici olduğunu göstermektedir [13]. Nitekim, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA-Food and Drug Administration) ve USDA (US Department of Agriculture) tarafından UV radyasyonunun kullanımının güvenilir olduğu bildirilmektedir. 2000 yılında, FDA tarafından taze meyve suyu ürünlerinde ısı işleme alternatif olarak UV radyasyonunun kullanımı onaylanmış ve performans kriteri olarak "hedef patojen sayısında 5 log azalmanın sağlanması" öngörülmüştür [14, 15].

Bu makalede, UV teknolojisinin temel prensipleri, meyve suyu uygulamalarında kullanılan UV reaktör dizaynları ve bunların mikrobiyel etkinlikleri ile UV uygulamasının çeşitli meyve sularının kalite özellikleri üzerine etkisi hakkında derlenmiş bilgiler verilmiştir.

## ULTRAVİYOLE IŞINLARI VE ETKİ MEKANİZMASI

Ultraviyole ışınları, elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan küçük bir kısmını kapsamaktadır. Ultraviyole ışınları, insan vücudunun bronzlaşmasından sorumlu UV-A (320-400 nm), cilt yanıkları ve cilt kanserine neden olan UV-B (280-320 nm), germisidal etkili UV-C (200-280 nm) ve tüm maddeler tarafından absorbe edilebildiğinden sadece vakum altında yayılabilen Vakum UV (100-200 nm) olarak alt sınıflara ayrılmaktadır [13, 16]. Bu sınıflar arasında UV-C bakterî, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahiptir [12, 16]. Bu etkiye, hücre DNA' sının timin dimerlerinin çapraz bağlanması neden olmakta ve sonuç olarak, hücrelerde tamir mekanizması ve çoğalma önlenmektedir [17]. En yüksek öldürücü etki 250-270 nm arasında gözlenmekte olup, yüzey dezenfeksiyonu, su [13, 18], meyve suyu [16, 19], süt [20], sıvı yumurta [21, 22] ve şeker çözeltisi [23] gibi çeşitli akışkan gıda ürünlerinin dezenfeksiyonunda 254 nm dalga boyu kullanılmaktadır.

## MEYVE SULARINA UV UYGULANMASINDA KULLANILAN REAKTÖRLER VE MİKROBİYAL İNAKTİVASYON ETKİNLİKLERİ

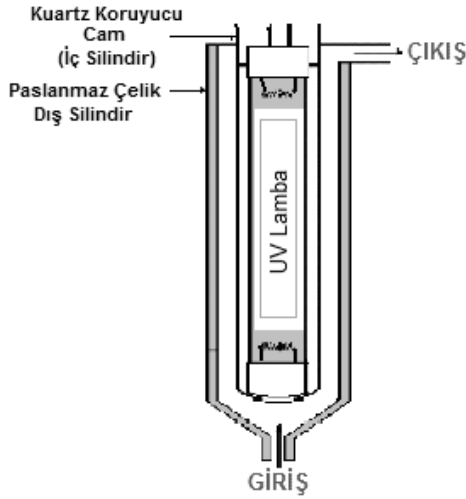
Bir UV reaktörünün dizayn edilmesinde ve performansının optimizasyonunda, meyve suları gibi sıvı

gıda ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Fiziksel özelliklerden viskozite ve yoğunluk, sistemde sıvının transferi ve akış modelinin etkinliğini belirlemektedir. Optik özellikler ise, UV ışınının geçirgenliğini ve bunun sonucu olarak sıvı gıdalardaki mikrobiyal inaktivasyonu etkileyen başlıca faktördür. Diğer yandan, kimyasal kompozisyon, briks ve su aktivitesi gibi özellikler de UV ışınlarının inaktivasyon etkinliğini değiştirebilmektedirler [13]. UV-C ışınlarının sıvı içine penetrasyon etkisi, sıvının UV absorptivitesi, briks ve süspansiyon madde içeriğine bağlıdır. Sıvının yüksek briks derecesine sahip olması, UV ışınının sıvı içine penetrasyon yoğunluğunu düşürmektedir. Sıvı içinde bulunan büyük süspansiyon parçacıkları da, UV ışınının mikrobiyal yük üzerine etkisini engellemektedirler [16,19]. Bunun yanı sıra, taze meyve suları ve içecekler gibi sıvı gıdalarda bulunan renk bileşenleri ve organik bileşenler ve süspansiyon maddeler de, bu ürünlerin suya göre daha az UV ışını geçirmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla bu düşük geçirgenlik, UV pastörizasyonun etkinliğini azaltmaktadır [14]. Nitekim, Murakami ve diğ. [24], bulanık elma suyunun süspansiyon madde içeriği ve absorpsiyon katsayısı arttıkça, *Escherichia coli* K12'nin UV ışınları ile inaktivasyon etkinliğinin azaldığını belirlemiştir. Doğru bir UV reaktör dizaynı, bazı sıvı gıda ürünlerinin sahip olduğu yüksek UV absorpsiyonu ve viskozitenin olumsuz etkilerini azaltabilmekte ve buna bağlı olarak da inaktivasyon etkinliğini artırılabilir. Ayrıca, UV reaktör içindeki akış modeline bağlı olarak, ışınlanan alandaki bazı bölgelerde mikroorganizmaların pozisyonu ve kalış süreleri önemli düzeyde değişebilmektedir. Bu nedenle, akış modeli toplam uygulanan UV dozu üzerine son derece etkili olmaktadır [13]. Çizelge 1'de çeşitli meyve sularına UV uygulanmasında kullanılan farklı akış özelliklerine sahip UV reaktörlerin inaktivasyon etkinliklerine ilişkin bilgiler verilmiştir.

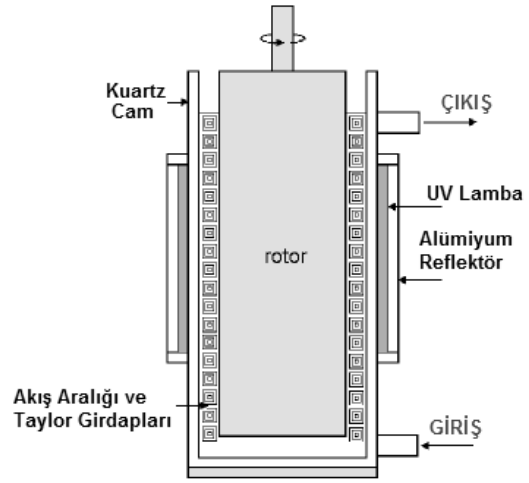
Taze meyve sularının pastörizasyonunda kullanılmak üzere, halen farklı UV reaktör dizaynları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan ilk dizayn, ince film UV reaktördür. İnce film reaktörler, bir parabolik hız profili gösteren laminar akış ile karakterize edilmektedirler. Sıvının en yüksek hızı merkezde gözlenmektedir [13]. Şekil 1 ve 2'de iki farklı laminar akış dizaynı görülmektedir. Şekil 1'de görülen reaktör UltraDynamics model TF-1535 (Severn Trent Services Inc., Colmar, PA) UV sistemi olup, düşük basınçlı germisidal bir UV-C lamba, koruyucu kuartz cam (iç silindir) ve paslanmaz çelik bir dış silindir içermektedir. Sistemde iki silindir iç içe geçmiş bir şekilde olup, iki silindir arasında oluşan aralık 0.515 cm'dir. Sistem çalışırken bu aralık hava kabarcığı içermeyecek şekilde sıvı ürün ile dolmakta ve bir pompa yardımıyla sirkülasyon sağlanmaktadır [25]. Şekil 2'de görülen reaktörde ise, yine iç içe geçmiş 2 silindir bulunmakta ve iç silindir kendi ekseninde dönmektedir. Düşük dönme hızlarında, "Taylor-Couette akış" olarak bilinen laminar hidrodinamik bir konfigürasyon oluşmaktadır. Bu konfigürasyon, dairesel akış aralığında radyal yönde karışımı sağlayan girdaplar sistemi içermektedir [26].

Tablo 1. UV reaktörlerdeki akış türlerinin taze meyve sularında bazı mikroorganizma grupları üzerine inaktivasyon etkisi (Koutchma [13]'den modifiye edilmiştir)

UV Reaktörün Akış Tipi	Meyve Suyu Çeşidi	Test edilen mikroorganizma	Uygulanan UV doz, mJ/cm <sup>2</sup>	Mikroorganizmanın log azalma durumu	Kaynak
Laminar akış	Portakal suyu	Aerobik canlı sayısı	120	3	[12]
		Maya-küf		2	
	Elma suyu	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	690	1.34	[19]
		<i>E. coli</i>		5.10	
		<i>Listeria innocua</i>		4.29	
Türbülent akış	Elma suyu	<i>E. coli</i> K12	14.5	3-4	[34]
	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	35.11	5	[35]
	Mango nektarı	Aerobik canlı sayısı	825	2.94	[32]
		<i>S. cerevisiae</i>		2.71	
	Dean akış	Elma suyu	<i>E. coli</i>	230J/L	5.1
Aerobik canlı sayısı			1377J/L		3.31
Guava ve ananas suyu		Maya-küf	918J/L	4.48	
		Aerobik canlı sayısı		459J/L	<1
Portakal suyu		Maya-küf	1377J/L	<1	
		Aerobik canlı sayısı		1.4	
Mango nektarı		Maya-Küf	2.8		
Dean akış	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i> K12	0.75	<1	[34]
	Model karamel çözeltileri	<i>E. coli</i> K12	21.5	6'ya kadar	[27]
		<i>E. coli</i>		4-5	
Dean akış	Bulanık elma suyu	<i>Lactobacillus brevis</i>	60W/m <sup>2</sup>	4	[36]
		<i>S. cerevisiae</i>		4	



Şekil 1. İnce film dairesel reaktörün şematik gösterimi [25]



Şekil 2. Laminar Taylor-Couette UV reaktörün şematik gösterimi [14]

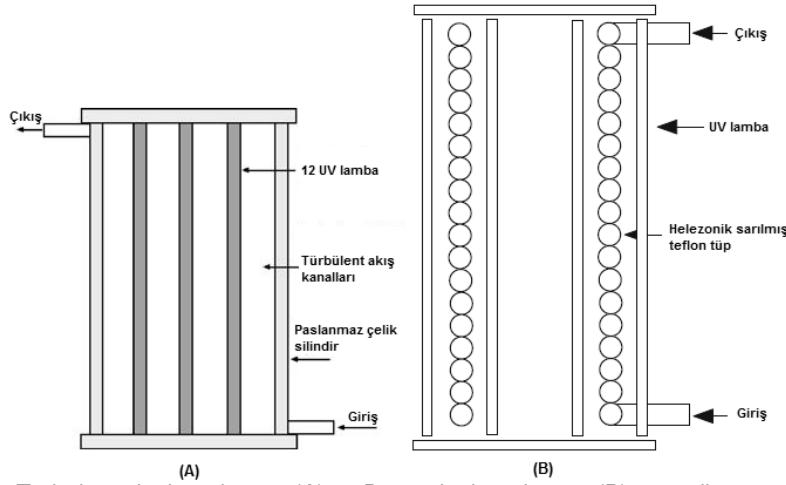
Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas [19], laminar akışlı bir UV reaktörde, 690 mJ/cm<sup>2</sup> doz uygulaması ile elma suyunda *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* ve *Listeria innocua* sayılarında sırasıyla 1.34, 4.29 ve 5.10 log azalma sağlamışlardır (Çizelge 1). Yine, Tran ve Farid [12] tarafından portakal suyuna, tek bir UV lambalı ince film reaktör kullanarak 120 mJ/cm<sup>2</sup> UV dozu uygulanmış ve aerobik bakteri sayısında 3 log, maya-küf sayısında ise 2 log azalma sağlanmıştır.

UV reaktörlerde ikinci dizayn yaklaşımı, uygulama sırasında reaktör içindeki türbülansı arttırmaktadır. Türbülent koşullar altında, yüksek akış hızı ile homojen bir akış ve buna bağlı olarak daha iyi bir karışım sağlandığı için ürünün her hacmi UV ışınına maruz kalmaktadır [13]. Keyser ve ark. [16], çeşitli meyve sularının (portakal suyu, elma suyu, guava ve ananas suyu, mango nektarı ve tropikal meyve suyu) mikroorganizma yüklerinin azaltılması amacıyla 10 lambalı türbülent akışlı bir UV sistemi kullanmışlar ve UV ışınlarının, incelenen meyve suyu ve nektarlarında

mikrobiyal yükü azaltmada etkili olduğunu (Çizelge 1), ancak her meyve suyu için optimizasyonun gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Diğer bir yaklaşımda ise, UV reaktörü UV lambalarla birlikte helezonik teflon tüp ve tüpün içinde ve dışında reflektör (yansıtıcı) içermektedir (Şekil 3). Böylece tekdüze bir ışınlama sağlanmaktadır. Bu sistemde kullanılan helezonik teflon tüp, ilave bir türbülans teşvik etmekte ve "Dean etkisi" olarak da bilinen ikincil bir girdaplı akışa neden olmaktadır. Bunun sonucunda da, daha tekdüze bir hız ve kalma süresi dağılımı (residence

time distribution) sağlanmaktadır [13]. Koutchma ve ark. [27], 24 lambalı bir UV reaktörü kullanarak karamel model çözeltisine *Escherichia coli* K12 inoküle ederek UV ışınlarının etkisini incelemişlerdir. Söz konusu sistemde, absorpsiyon katsayısı  $15 \text{ cm}^{-1}$ 'den daha az olan Newton tipi sıvılar için, 5 gpm akış hızında, tek bir geçişle FDA tarafından öngörülen 5 log'luk azalma sağlanmış, ancak daha yüksek absorptivite değerlerine sahip portakal ve elma suyu gibi meyve sularında bu standardı karşılamak için çoklu geçiş yapılması gerektiği saptanmıştır.



Şekil 3. Türbülent akışlı reaktörün (A) ve Dean akışlı reaktörün (B) şematik gösterimi [14]

Bununla birlikte, FDA halen yürürlükteki düzenlemeye (21 CFR 179, Food Additive Regulation) göre, meyve sularının muhafazasında UV uygulamasını, reaktörde türbülent akış koşullarının sağlanması koşuluyla onaylamaktadır [27].

Reaktörlerde UV ışın kaynakları olarak genellikle düşük basınçlı civalı lambalar (LPM-low pressure mercury) kullanılmakla birlikte, bu amaçla orta basınçlı civalı lambalar (MPM-medium pressure mercury), pulsed-light (PL) ve excimer lazer (EL) teknolojileri gibi pek çok alternatif UV ışın kaynakları da geliştirilmiştir [13]. LPM lambalar 254 nm'de sürekli monokromatik ışın gönderecek şekilde dizayn edilmişlerdir. MPM lambalar ise, 200-300 nm arasında germisidal etkili polikromatik ışın yaymaktadırlar. Diğer yandan, PL teknolojisinde saniyenin milyonda veya binde biri kadar çok kısa sürelerde flaşlar yayan Xenon lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar 200-1100 nm arasında geniş bir ışın spektrumuna sahip olup, bu spektrumun UV-C kısmı mikrobiyal inaktivasyonun sağlanmasında çok önemlidir. Excimer lazer teknolojisi ise, 248 nm'de atımlı ışık yaymaktadır [29]. Düşük ve orta basınçlı civalı lambalar yaklaşık 50 yıldır suyun dezenfeksiyonu amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. US FDA, meyve sularının işlenmesinde 254 nm'de düşük basınçlı civalı (LPM) lambaların, gıdaların işlenmesinde ise PL ışınının kullanımını onaylamıştır [13, 14].

## UV UYGULAMASININ MEYVE SULARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Meyve suyu işlemede UV uygulaması, meyve sularının raf ömrünün uzatılması ve gıda kaynaklı hastalıkların önüne geçilmesi amacıyla yapılmaktadır. Diğer yandan, UV ışınları ile meyve sularında bulunan organik bileşikler parçalanmaya uğrayabilmektedirler. UV uygulaması sırasında, radyasyon enerjisinin yani fotonların organik maddeler tarafından absorplanması kimyasal reaksiyonları tetikleyebilmektedir. Bunun sonucu olarak da, kimyasal bağların kırılması veya yeni bağların oluşması muhtemeldir. Bu kimyasal reaksiyonların devamlılığı ise, absorbe edilen foton oranına bağlıdır. Ayrıca UV ışınları, yüksek derecede reaktif, seçici olmayan ve kısa ömürlü hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ) radikallerinin oluşumuna yol açan ileri oksidasyon sonucu da, dolaylı olarak organik bileşenlerin parçalanmasına neden olabilmektedirler. 253.7 nm'deki UV ışın  $112.8 \text{ kcal/Einstein}$  (1 Einstein 1mol fotonu temsil eder)'lık bir radyant enerjiye sahiptir. Teorik olarak 253.7 nm'deki UV ışın absorbe edildiğinde de, O-H, C-C, C-H, C-N, H-N ve S-S bağların etkilenmesi olasıdır [18,30].

Gıdalarda bulunan bileşenlerden vitaminler (A, C, B<sub>12</sub>, E, triptofan), doymamış yağ asitleri, katı yağlar ve fosfolipitler "ışığa duyarlı" bileşenler olarak nitelendirilmektedir [13]. Nitekim Walkling-Ribeiro ve ark. [9] elma suyunda UV uygulaması (20°C'de 30 dakika)

sonucunda, elma suyunun pH ve briks değerlerinin çok az düzeyde etkilendiğini, buna karşın askorbik asit içeriğinin 5.4 mg/100mL'den 4.0 mg/100mL'ye düştüğünü saptamışlardır. Benzer şekilde, Uysal Pala ve Kırca Toklucu [31], portakal suyunda 9 lambalı bir UV reaktörü kullanarak yapılan UV uygulaması sonucunda, portakal suyunun pH, titrasyon asitliği, brix ve toplam fenol içeriğinde önemli bir değişikliğin olmadığını, buna karşın askorbik asit içeriğinin sistemden 4 geçiş sonucunda %10.6 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

Tran and Farid [12] tarafından yapılan bir çalışmada ise, UV uygulamasının (73.8 mJ/cm<sup>2</sup>) taze sıkılmış portakal suyunun raf ömrünü 5 gün uzattığı, ancak uygulanan UV dozu artırıldığında (1008 mJ/cm<sup>2</sup>) askorbik asitin parçalanma düzeyi (%17) bakımından UV ile ısı işlem arasında bir fark olmadığı saptanmıştır. UV uygulaması ile portakal suyunun pH değerinde de önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Diğer yandan, UV uygulamasının, ısı işlem uygulamasının aksine pektin metil esteraz enzimini inaktive etmede başarılı olmadığı belirlenmiştir.

Noci ve ark. [28], elma suyunda ısı işlemi alternatif olarak UV, vurgulu elektrik alan (PEF) ve UV-PEF kombinasyonunu uygulamışlar ve bu uygulamaların taze elma suyunun bazı kalite özellikleri (renk, pH, briks, enzimatik olmayan esmerleşme indeksi) ile antioksidant kapasite, polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Isıl işlemle kıyaslandığında, elma sularının toplam fenol içeriğinin UV ve PEF uygulamalarından daha az etkilendiği, PPO ve POD aktivitesinin ise UV uygulamasından etkilenmediği saptanmıştır. Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas [32], UV uygulamasının mango nektarının (pH of 3.8, 13.0 °Brix) PPO aktivitesi üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada ise, en yüksek PPO redüksiyonunun en kısa UV uygulama süresinden sonra (5 dk) gözlendiğini belirtmişlerdir. 0.45L/dk akışta 30 dak. UV uygulamasından sonra kalan PPO aktivitesi yaklaşık %19 olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, UV ışınının organik moleküller tarafından absorbe edilme ihtimalinin olduğunu ve bu absorbe edilen enerjinin PPO gibi enzimlerin fotoinaktivasyonunu tetiklemiş olabileceğini bildirmişlerdir. Nitekim UV enerjisi konjuge çift bağlar tarafından absorbe edilmekte ve daha sonra O<sub>2</sub> ile reaksiyona girerek tek bağları oluşturmaktadır. Sonuç olarak, UV ışın uygulaması konjuge çift bağ içeren molekülleri değiştirebilmekte veya kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir [32].

Meyve suların duyuşal özellikleri de üretiminde uygulanan işlemlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Özellikle renk ve lezzet, ısı işleminden en fazla etkilenen duyuşal özelliklerdendir. UV uygulaması üzerine yapılan çalışmalarda, meyve suyu renginin UV ışınlarından az düzeyde etkilendiği veya uygulama sonucunda renkte önemli bir değişikliğin gözlenmediği bildirilmektedir [9, 12, 16, 28]. Diğer yandan, Guerrero-Beltran ve ark. [33] üzüm, cranberry ve greyfurt sularında, UV ışın uygulama süresi uzadıkça her üç meyve suyunda da toplam renk farkının ( $\Delta E$ ) arttığını saptamışlardır. Keyser ve ark. [16] ise UV uygulamasının, meyve sularının kendilerine özgü lezzeti

üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlemişlerdir. Uysal Pala ve Kırca Toklucu [31] tarafından yapılan çalışmada da, UV uygulanmış portakal suyu ile hiçbir işlem görmemiş taze portakal suyu arasında lezzet açısından önemli bir farklılığın olmadığı ( $\alpha=0.01$ ) saptanmıştır.

## SONUÇ

Şimdiye kadar yürütülen araştırmalar UV ışın teknolojisinin, meyve suyu üretim teknolojisi açısından ısı işlem uygulamasına alternatif olabileceği yönünde ümit verici olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, UV etkinliğinin geliştirilmesi bakımından bazı alanlarda daha fazla araştırmanın yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bunların başında özellikle yüksek derecede absorptivite ve vizkoziteye sahip meyve sularında etkin mikrobiyal azalma sağlayabilecek reaktörlerin geliştirilmesi ve bu reaktörler ile patojen ve üründe bozulma yapan mikroorganizmaların inaktivasyon kinetiklerinin belirlenmesi gelmektedir. İnaktivasyon dozlarının oluşturulmasında göz önünde bulundurulması gereken, literatürde eksiklik bulunan en önemli noktalardan birisi de, ürün kalitesinin UV ışınlarından en az düzeyde etkilenmesinin sağlanmasıdır. Bu açıdan bakıldığında, meyve sularına UV uygulanması sırasında mikrobiyal inaktivasyonun en yüksek düzeyde; fenolikler, karotenoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşikler ile aroma bileşenlerindeki kayıpların ve istenmeyen lezzet oluşumu gibi durumların ise en az düzeyde sağlandığı UV dozlarının, her meyve suyu için optimizasyonunu içeren ileri düzeyde araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Oteiza, J.M., Giannuzzi, L., Zaritzky, N. 2009. Ultraviolet treatment of orange juice to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food Bioprocess Technol.* DOI: 10.1007/s11947-009-0194-y.
- [2] Patil, S., Bourke, P., Frias, J.M., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., 2009. Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol* (article in press).
- [3] Raybaudi-Massila, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Martin-Belloso, O. 2009. Antimicrobial activity of malic acid against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 in apple, pear and melon juice. *Food Control* 20: 105–112.
- [4] Gabriel, A.A., Nakano, H. 2009. Inactivation of *Salmonella*, *E. coli* and *Listeria monocytogenes* in phosphate-buffered saline and apple juice by ultraviolet and heat treatments. *Food Control*, 20: 443-446.
- [5] Cemeroglu, B. 2004. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi* 1.Cilt, Başkent Matbaacılık, Ankara.
- [6] Plaza, L., Sanchez-Moreno, C., Elez-Martinez, P., Ancos, B., Martin-Belloso, O., Cano, M.P. 2006. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to

- low pasteurization. *Eur. Food Res. Technol.* 223: 487-493.
- [7] Gachovska, T.K., Kumar, S., Thippareddi, H., Subbiah, J., Williams, F. 2008. Ultraviolet and Pulsed Electric Field treatments have additive effect on inactivation of *E. coli* in apple juice. *J. Food Sci.* 73(9): 412-417.
- [8] Tiwari, B.K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J. 2008. Kinetics of freshly squeezed orange juice quality changes during ozone processing. *J. Agric. Food Chem.* 56: 6416-6422.
- [9] Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D.A., Riener, J., Lyng, J.G., Morgan, D.J. 2008. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields. *J. Food Eng.* 89: 267-273.
- [10] Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N., Lizama, V. 2007. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *J. Food Eng.* 80: 509-516.
- [11] Erkmén, O., Doğan, C. 2004. Kinetic analysis of *Escherichia coli* inactivation by High Hydrostatic Pressure (HHP) in broth and foods. *Food Microbiol.*, 21: 181-185.
- [12] Tran, M.T.T., Farid, M. 2004. Ultraviolet treatment of orange juices. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* 5: 495-502.
- [13] Koutchma, T. 2009. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food Bioprocess Technol.* 2: 138-155.
- [14] Koutchma, T. 2008. UV light for processing foods. *Ozone: Sci. Eng.* 30: 93-98.
- [15] Adhikari, C., Koutchma, T., Beecham-Bowden, T. 2005. Evaluation of HHEVC (4, 40, 400-tris-di-B-hydroxyethyl aminotriphenylacetone) dye as a chemical actinometer in model buffers for UV treatment of apple juice and cider. *LWT* 38: 717-725.
- [16] Keyser, M., Müller, I.A., Cilliers, F.P., Nel, W., Gouws, P.A. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* 9: 348-354.
- [17] Sizer, C.E., Balasubramaniam, V.M. 1999. New intervention processes for minimally processed juices. *Food Technol.* 53(10): 64-67.
- [18] Pereira, V.J., Weinberg, H.S., Linden, K.G., Singer, P.C. 2007. UV degradation kinetics and modeling of pharmaceutical compounds in laboratory grade and surface water via direct and indirect photolysis at 254 nm. *Environ. Sci. Technol.* 41: 1682-1688.
- [19] Guerrero-Beltrán, J.A., Barbosa-Cánovas, G.V. 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by Ultraviolet Light. *J. Food Process Eng.* 28: 437-452.
- [20] Matak, K. E. 2004. Effects of UV irradiation on the reduction of bacterial pathogens and chemical indicators of milk. Doctorate of Philosophy in Food Science and Technology, Blackburg, Virginia, 44p.
- [21] Unluturk, S., Atilgan, M.R., Baysal, A.H., Tari, C. 2008. Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *J. Food Eng.* 85: 561-568.
- [22] Geveke, D.J. 2008. UV Inactivation of *E. coli* in liquid egg white. *Food Bioprocess Technol.* 1: 201-206.
- [23] Fan, X., Geveke, D.J. 2007. Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *J. Agric. Food Chem.* 55: 7816-7821.
- [24] Murakami, E.G., Jackson, L., Madsen, K., Schickedanz, B. 2006. Factors affecting the ultraviolet inactivation of *Escherichia Coli* K12 in apple juice and a model system. *J. Food Process Eng.* 29: 53-71.
- [25] Forney, L.J., Ye, Z., Koutchma, T. 2008. UV Disinfection of *E. coli* between concentric cylinders: Effects of the boundary layer and a wavy wall. *Ozone: Sci. and Eng.* 30: 405-412.
- [26] Forney, L.J., Pierson, J.A., Andz, Y.E. 2004. Juice irradiation with Taylor-Couette flow: UV inactivation of *Escherichia coli*. *J. Food Protec.* 67(11): 2410-2415.
- [27] Koutchma, T., Parisi, B., Patazca, E. 2007. Validation of UV coiled tube reactor for fresh juices. *J. Environ. Eng. Sci.* 6: 319-328.
- [28] Noci, F., Riener, J., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G. 2008. Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *J. Food Eng.* 85:141-146.
- [29] Gomez Lopez, V.M., Ragaert, P., Debevere, J., Devlieghere, F. 2007. Pulsed light for food decontamination: A review. *Trends in Food Sci. Technol.* 18: 464-473.
- [30] Forney, L.J., Moraru, C.I. 2009. Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications: Chapter 5. UV Processing Effects on Quality of Foods. CRC Pres, Taylor and Francis Group, ISBN-13:978-1-4200-5950-2, USA, p: 103-104.
- [31] Uysal Pala, Ç., Kirca Toklucu, A. 2009. Effects of UV-C Irradiation on Some Quality Characteristics of Orange Juice. New Challenges in Food Preservation, Processing-Safety-Sustainability, 11-13 November 2009, Budapest-Hungary, P:12.
- [32] Guerrero-Beltrán, J.A., Barbosa-Cánovas, G.V. 2006. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light. *J. Food Protec.* 69(2): 362-368.
- [33] Guerrero-Beltrán, J.A., Velti-Chanes, J., Barbosa-Cánovas, G.V. 2009. Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactivate *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Food Proces. Eng.* DOI:10.1111/j.1745-4530.2008.00253.x.
- [34] Koutchma, T., Keller, S., Chirtel, S., Parisi, B. 2004. Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactor. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* 5: 179-189.
- [35] Donahue, D.W., Canitez, N., Bushway, A.A. 2004. UV inactivation of *E. coli* O157:H7 in apple cider: Quality, sensory and shelf-life Analysis. *J. Food Process. Preserv.* 28: 368-387.
- [36] Franz, C.M.A.P., Specht, I., Cho, G.S., Graef, V., Stahl, M.R. 2009. UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology. *Food Control* 20: 1103-110.