

# UV-C VE ULTRASON ÖNİŞLEMLERİNİN ÇİLEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Hayriye Bozkurt, Filiz İçier\*

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş tarihi / Received: 02.03.2008

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 01.07.2008

Kabul tarihi / Accepted: 05.07.2008

## Özet

Çilekte bozunma sonucu meydana gelen fizikokimyasal ve biyolojik reaksiyonlar doku, renk, aroma, tat ve vitamin kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle çileklerin raf ömrünü arttırmak için çeşitli ön işlemler uygulanmaktadır. Bu çalışmada; çilek örneklerine uygulanan ultrason (32 kHz'de 20; 50 ve 65 °C) ve UV-C (12.36 W/m<sup>2</sup>) uygulamalarının, çilek kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Uygulanan işlemlerin mikrobiyal açıdan etkinliğini saptamak için ise toplam mezofil mikroorganizmaların sayımına bakılmıştır. UV-C uygulamasının renk, doku, pH, antosiyanin miktarı gibi kalite özelliklerinin korunması açısından en etkili alternatif yöntem olduğu, ancak bu tekniğin mikrobiyal açıdan yeterli inaktivasyon sağlayamadığı belirlenmiştir. Isı uygulanarak yapılan ultrason işleminin ise mikrobiyal etkinliğe sahip olmasına rağmen renkte bozulma ve dokuda yumuşamaya neden olduğu gözlenmiştir. Isıtma ve ultrasonun birlikte kullanıldığı işlemin özellikle 65 °C'de, mikrobiyal inaktivasyon üzerine ısı etkisinin yanı sıra ultrasonik etkisinin de olduğu saptanmıştır. Alternatif bir teknolojinin ticari kullanıma adapte edilebilmesi için temel amaç hem yüksek derecede güvenilirliğe sahip olması hem de duysal ve besin içeriği açısından daha az değişime neden olmasıdır. Alternatif metotların kombinasyonları endüstriyel ölçekte en uygun tekniğin uygulanmasına olanak sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** UV-C, ultrason, çilek, kalite, mikrobiyal inaktivasyon

## EFFECTS OF UV-C AND ULTRASOUND PRE-TREATMENTS ON THE QUALITY OF STRAWBERRY

### Abstract

Physicochemical and biological reactions occurring as a result of deterioration of strawberries lead to losses in texture, colour, aroma, flavour and vitamins. For this reason, various pre-treatments are applied to strawberries in order to increase their shelf life. In this study, effects of ultrasound (32 kHz; 20; 50 and 65 °C) and UV-C (12.36 W/m<sup>2</sup>) treatments on quality properties of strawberry samples were investigated. Total mesophilic microorganisms count was used to determine microbial effectiveness of each method. UV-C was the most effective alternative method to maintain quality attributes of strawberries such as colour, texture, pH and anthocyanin amount, however it was identified that sufficient microbial inactivation could not be ensured using this technique. Although thermal ultrasonication was effective in microbial inactivation, it was observed that the technique caused colour denaturation and softening in the texture. It was determined that combined use of ultrasonic and thermal treatment, especially at 65 °C, provided ultrasonic effect in addition to thermal effect on the microbial inactivation. In order to adapt an alternative technology to a commercial application the primary purpose is to ensure the highest degree of safety and to minimize changes in the desirable sensory qualities and nutritional value of the product. Combination of alternative methods may be an option to find the most suitable technique to be used at industrial scale.

**Keywords:** UV-C, ultrasound, strawberry, microbial inactivation

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ filiz.icier@ege.edu.tr, ☎ (+90) 232 388 0110/ 3021, 📠 (+90) 232 342 7592

## GİRİŞ

Çilek, *Rosaceae* familyası içinde yer alan bir bitki cinsi olup bu cins içinde yer alan türlerin (*Fragaria*) meyvelerinin ortak adıdır. Çilek, mekanik hasara, fiziksel bozunmaya, su kaybına ve çürümeye karşı, oldukça dayanıksız olup tüm bu faktörlerden kolaylıkla etkilenen bir meyvedir (1). Bu sebeplerden ötürü hasat sonrası çileğin işlenmesi ve taşınmasında büyük sorunlar yaşanmaktadır. Son yıllarda, sadece tüketici tarafından değil üreticiler ve denetleyiciler tarafından da gıdaların kalite ve güvenirliliğine verilen önem giderek artmaktadır. Tüm bu sorunları ortadan kaldırıp ürün kalitesinde iyileştirme sağlamak amacıyla da yeni teknoloji arayışları söz konusu olmuştur. Çilekte besin değeri ve duyuşal özelliklerinin korunması amacıyla, alternatif ultraviyole ışımaya, ultrason ve bunların kombinasyonları gibi ön işlemler uygulanmaya başlanmıştır. Uygulanan bu ön işlemler, enzim ve mikrobiyal inaktivasyonu sağlamakla beraber ürün kalitesinde iyileştirme de sağlamaktadır. Bu nedenle UV-C uygulamaları, ultrason gibi ön işlemlere olan ilgi giderek artmakta olup, bu yöntemlerin güvenirliliği yapılan araştırmalarla incelenmektedir.

Ultrason, mekaniksel nitelikte olup çok yüksek frekansta (18 kHz-500 MHz) duyulabilecek tonda sese sahiptir (2). Ultrason uygulamaları esnasında hücre içinde vakumlu boşlukların (kativasyonlar) oluşması, hücre çeperinin incelmeye, noktasal sıcaklık yükselişi, mikro buharlaşma ve şok dalgaları gibi etkiler, geleneksel ısıl işlem uygulamalarında oluşan besin kaybı ve olumsuz duyuşal değişimlere neden olmazken mikroorganizmaların daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde inaktivasyonunu sağlamaktadır (3-7). Ultrason uygulamalarının etkinliği üzerine, kullanılan ultrasonik dalgaının genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve sıcaklık etkili olmaktadır (4). Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre ultrason işleminin tek başına gıda güvenirliliğini sağlamada yeterli olmayışından ötürü, basınç, sıcaklık ve antimikrobiyal madde uygulaması gibi geleneksel metotlarla kombinasyonunun zaman ve enerji tasarrufu sağlayacağı belirtilmektedir (3).

Gıdalarda UV-C kullanımı, gıda maddelerinin istenilen bir teknolojik amaca ve usulüne uygun olarak yeterli dozda ışınlanmasıdır. Bu işlem, belirlenmiş dozlarda ve uygun koşullarda gıdalarda bozulmaya sebep olan mikrobiyal ve biyokimyasal faa-

liyetlerin azaltılması veya yok edilmesi, gıdalarda raf ömrünün uzatılması ve istenen kalite özelliklerinin korunması amacıyla gerçekleştirilir. UV radyasyonunun etkinliği, yüzeydeki mikroorganizma yüküne, sıvı ürünler içerisindeki organik maddelere ve katı partiküllere (protein vb.), uygulama şiddetine ve bakterilerin gram reaksiyonlarına bağlıdır (8). Birçok araştırmada ışınlanmış gıdaların sağlık açısından herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı sonucuna varılmışsa da bu gıdalar tüketicide şüphe uyandırmaktadır. Bu durum, pratikte karşılaşılan en önemli engellerden birisini oluşturmaktadır. Konu ile ilgili çalışmalar halen devam etmekte ve güncelliğini korumaktadır.

Bu çalışmada çilek örneklerine uygulanan ultrason (32 kHz'de 20, 50, 65 °C) ve UV-C (12.36 W/m<sup>2</sup>) işlemlerinin çilek kalitesi üzerine etkileri incelenerek, su banyosu uygulamaları ile karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Örnekler

Denemeler süresince kullanılan tüm çilek örnekleri (*Fragaria ananassa*) belirli bir tedarikçiden (Mercado do Bolhão, Porto, Portugal) temin edilmiştir. Zedelenmiş ve bozulmuş örneklerin ayrılmasından sonra, taç yaprakları çıkarılan çilek örnekleri, ultrason ve ısı uygulanarak yapılan ultrason işlemleri için bütün halde; UV-C işlemi için ise iki eşit parçaya ayrılarak kullanılmıştır.

### İşlemler

#### UV-C işlemi

Portekiz Katolik Üniversitesi (Escola Superior de Biotecnologia Universidade Católica Portuguesa) Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisinde kurulu bulunan, Algarve Üniversitesi (Universidade do Algarve) tarafından tasarlanmış laboratuvar ölçekli UV-C ışınlama ünitesi kullanılmıştır. UV-C işlemi esnasında; petriye yerleştirilmiş örnekler daha önceden belirlenen noktalar dikkate alınarak dört adet (TUV G30T8, 16 W, Philips) UV lambası bulunan üniteye konulmuştur. Örnekler 2, 5 ve 10 dakika süreyle 12.36 W/m<sup>2</sup> yoğunluklu ışımaya maruz bırakılmıştır. Kullanılan lambaların yoğunluk akısı UV dijital fotometre (DO 9721 Delta Ohm) ile kaydedilmiştir. UV-C uygulaması süresince ortam sıcaklığı 20 °C'de sabit tutulmuştur.

### Ultrason (US) işlemleri

Ultrason işlemleri Bandelin Sonorex (RK 100H) marka ultrason cihazı ile 32 kHz'de gerçekleştirilmiştir. Örnekler 20 °C'da, 2, 5, 10 dakika boyunca ultrasonik işleme tabi tutulmuştur. İlimli ısı işlem kombinasyonu olarak ultrasonun farklı sıcaklıklardaki etkisini incelemek amacıyla 50 ve 65°C sıcaklıklarda da uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Çilekte meydana gelen dokusal deformasyondan ötürü, uygulanan maksimum işlem sıcaklığı 65 °C olarak tespit edilmiştir.

### Su banyosu denemeleri

Su banyosu denemeleri US işleminin gerçekleştirildiği Bandelin Sonorex (RK 100H) marka ekipman ile ultrasonik titreşimler kullanılmadan gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma amacıyla örnekler US işleminde kullanılan aynı süre ve sıcaklıklar uygulanmıştır.

### Kalite Özelliklerinin Ölçülmesi

#### Renk ölçümü

Örneklerin renk özelliklerini belirlemek amacıyla Hunter L, a ve b değerleri kullanılmıştır. (MINOLTA, CR- 300, Japan). L değeri parlaklığı, a değeri örneğe göre yeşillik veya kırmızılığı, b değeri ise sarılık ya da maviliği ifade etmektedir (9). Ölçüm öncesi her defasında beyaz standart levha kullanılarak cihaz kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçüm sırasında çilek örnekleri bütün halde kullanılmış olup 4 farklı noktadan yapılan ölçümler 3 defa tekrarlanmıştır. Uygulanan işlemin renkte meydana getirdiği değişimi belirlemek amacıyla hammadde renk değerlerine göre değişimi ifade eden TRD (Toplam Renk Değişimi) aşağıda belirtilen denkleme göre belirlenmiştir (9);

$$TRD = \sqrt{[(a-a_0)^2 + (b-b_0)^2 + (HL-HL_0)^2]}$$

#### pH

Karıştırıcıda 260 rpm dönme hızında 5 dakika süre ile homojenize edilen örneklerin pH değerleri pH metre (CRISON, GLP 22, Spain) ile 3 tekerrürlü belirlenmiştir.

### Toplam antosiyanin tayini

Çilek örneklerinde toplam antosiyanin tayini pH diferansiyel metodu kullanılarak yapılmıştır (10,11). Ekstraktlar pH 1.0. ve 4.5 tamponlarında hazırlanarak 510 ve 700 nm dalga boylarında ölçülür. Toplam antosiyanin miktarı (molar extinction coefficient of 29600 cyanidin-3-glucoside) absorbanslar  $((A_{510} - A_{700})_{pH 1.0} - A_{510} - A_{700})_{pH 4.5}$  kullanılarak µg antosiyanin /g taze meyve ağırlık olarak hesaplanır. Değerlendirme; işlenmiş ürünün antosiyanin miktarının hammaddenin antosiyanin miktarına oranlanması şeklinde yapılmıştır.

### Doku

Örneklerin uygulanan işlemler sonrası doku özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla tekstürometre (TA Instruments, TA-XT2plus) ve 5 kg'lık güç hücresi kullanılmıştır. Silindirik alüminyum başlık kullanılarak yapılan kalibrasyonun ardından iki eş parçaya ayrılmış çilek örnekleri hazneye yerleştirilir ve 1 mm/s baskı hızıyla %30 deformasyona ulaşmaya kadar beklenilerek ölçüm kaydedilir. Uygulanan işlemin ürün dokusunda meydana getirdiği değişim; işlenmiş ürünün sertlik değerinin kullanılan hammaddeye ilişkin sertlik değerine oranlanması ile belirlenmiştir.

### Duyusal değerlendirme

İşlem görmüş ürünlerin renk açısından duyu özellikleri değerlendirilmiş olup, değerlendirme 12 tam puan üzerinden gerçekleştirilmiştir (0.0-0.1: fark edilebilir, 0.1-0.4: çok az, 0.4-1.5: az, 1.5-3.0: farklı, 3.0-6.0: çok farklı, 6.0-12.0: iyi, »12: çok iyi). Örnekler, renk, doku, koku ve görünüş beğenilirliliklerine göre 0-12 aralığındaki puanlama yöntemi ile değerlendirilmiştir (12).

### İstatistiksel Analiz

Çalışmanın istatistiksel analizi SPSS 11.0 paket programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre, varyans analizi (LSD, %95 güven aralığı) ile yapılmıştır. İşlem görmüş ürünler ile kontrol örnekleri olan hammadde arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

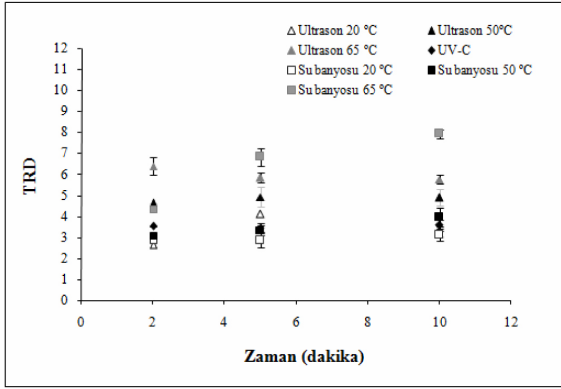
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulanan işlemler süresince ürünlerin pH değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $P<0.05$ ). Hammaddenin ve uygulanan önışlemlerden elde edilen çilek örneklerinin renk parametre değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Örneklerin renk parametre değerlerinin (Hunter L, a ve b) uygulanan önışlemlerle değiştiği ancak işlemlerin etkilerinin TRD ifadesi ile daha net yorumlanabildiği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre (Şekil 1) su banyosu denemelerinde yüksek sıcaklık ve artan ısı işlem süreleri boyunca çilek örneklerinin TRD değerlerinde de artış gözlenmiştir. 20 °C'de elde edilen TRD değerleri arasında fark gözlenmezken, yine bu sıcaklıktaki renk ölçümleri ile 50 °C'de ki ölçüm sonuçları arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P<0.05$ ). 50 °C'de gerçekleştirilen ısı işlem sonunda renk ölçümlerinden elde edilen TRD değerleri hammaddeden farklıyken (TRD>1.5), bu sıcaklıktaki farklı ısı işlem sürelerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $P<0.05$ ). 65 °C'de 2 dakika süreyle ısı işleme maruz bırakılan çilek örneklerinin TRD değerleri hammaddeden oldukça farklıyken (TRD>3.0), ısı işlem süresi arttıkça (5-10 dakika) TRD değerlerindeki farklılığın da giderek arttığı gözlenmiştir ( $P>0.05$ ). Ultrason işlemi süresince de su banyosu denemelerinde olduğu gibi artan sıcaklık ve ısı işlem süresince TRD değerlerinde de artma eğilimi gözlenmiştir. 20 °C'de ultrason işlemine maruz bırakılan çilek örneklerinden elde edilen TRD değerlerinin su banyosu verileri ile benzerlik gösterdiği, sıcaklıkla beraber arttığı ancak bu artışın su banyosu denemelerinde olduğu kadar yüksek olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, ısı işlem uygulanarak yapılan ultrason işleminin geleneksel yöntemle kıyasla çilek örneklerinde rengi koruduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Özkan (13), yapmış olduğu çalışmada uygulanan ısı işlemin antosiyaninlerde parçalanmaya neden olduğunu ve bu parçalanmanın da renkte olumsuz etkilere yol açtığını bildirmiştir. Meydana gelen bu durumun depolamada da sıcaklık ve süreye bağlı olarak devam ettiği belirtilmektedir.

UV-C ışınlama işlemi esnasında ürünlerin renk değerlerinde zamana bağlı önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P<0.05$ ). Ben-Yehoshua et al. (14), tarafından gerçekleştirilen çalışmada UV-C uygulanan çileklerin yüzeyinde meydana gelmesi beklenen esmerleşmeye bu çalışmada rastlanmamıştır. Benzer şekilde Marquenie et al.(15), tarafından yapılan çalışmada da çilek örneklerinin UV-C ışınlamaya maruz bırakıldığı; 6 J/cm<sup>2</sup> dozda ışınlamada dahi ürün yüzeyinde esmerleşme gözlenmediği ve renkte değişim saptanmadığı bildirilmektedir.

Çizelge 1. Çilek örneklerine ait renk parametre değerleri

Uygulanan İşlem		20 °C		
		L	a	b
Ultrason	Hammadde	32.55±0.37	20.89±0.99	17.25±0.06
	2 dakika	30.71±0.29	19.02±0.45	17.11±0.01
	5 dakika	29.56±0.56	18.11±0.01	16.88±0.17
	10 dakika	29.76±0.79	18.76±1.34	17.90±0.76
Su Banyosu	Hammadde	19.02±0.99	21.54±0.91	23.21±0.21
	2 dakika	33.26±0.61	19.16±0.43	21.66±0.71
	5 dakika	33.89±1.57	19±0.36	21.54±1.03
	10 dakika	33.40±0.46	18.02±0.31	21.79±0.86
UV-C	Hammadde	35.24±0.56	23.91±0.44	18.09±0.88
	2 dakika	32.12±0.78	22.46±0.52	16.98±0.46
	5 dakika	32.22±0.43	22.78±0.91	17.39±0.39
	10 dakika	31.99±0.32	22.39±0.78	16.86±0.85
Uygulanan İşlem		50 °C		
		L	a	b
Ultrason	Hammadde	33.56±1.05	24.05±0.37	18.34±0.46
	2 dakika	31.94±1.52	19.78±0.88	17.72±0.84
	5 dakika	31.24±1.03	19.80±0.38	17.6±0.22
	10 dakika	31.91±0.92	19.44±0.16	17.98±0.45
Su Banyosu	Hammadde	33.37±1.82	21.36±0.36	20.42±0.30
	2 dakika	33.65±1.31	18.71±0.58	18.83±0.67
	5 dakika	32.65±0.02	18.67±0.86	18.73±0.42
	10 dakika	31.03±0.89	18.54±0.31	18.76±0.59
UV-C	Hammadde	-	-	-
	2 dakika	-	-	-
	5 dakika	-	-	-
	10 dakika	-	-	-
Uygulanan İşlem		65 °C		
		L	a	b
Ultrason	Hammadde	35.24±1.36	23.91±0.21	18.09±1.15
	2 dakika	31.11±2.12	19.26±2.24	16.63±0.94
	5 dakika	30.40±1.47	21.13±1.41	16.37±0.68
	10 dakika	30.21±0.07	21.68±0.22	16.37±0.29
Su Banyosu	Hammadde	30.54±0.43	19.84±0.17	19.86±1.11
	2 dakika	26.54±0.41	18.13±0.64	18.27±1.01
	5 dakika	24.16±0.96	18.76±0.72	17.57±0.31
	10 dakika	23.51±0.55	19.20±1.26	16.34±0.24
UV-C	Hammadde	-	-	-
	2 dakika	-	-	-
	5 dakika	-	-	-
	10 dakika	-	-	-



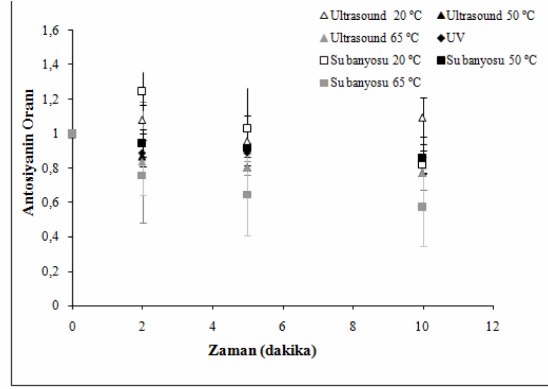
△Ultrason 20 °C ▲Ultrason 65 °C ▲Ultrason 50 °C ◆UV-C  
□Su banyosu 20 °C ■Su banyosu 50 °C ■Su banyosu 65 °C

Şekil 1. Çilek örneklerinde gözlenen renk değişimi (TRD)

Su banyosu denemelerinin uygulandığı çilek örneklerinde, yüksek sıcaklıklarda antosiyanin miktarında azalma gözlenmiştir (Şekil 2). Ultrason işlemleri ile su banyosu denemeleri süresince sabit sıcaklıkta (20 °C) işlem süresine bağlı olarak antosiyanin miktarında önemli bir değişim gözlenmemiştir ( $P<0.05$ ). Her iki uygulama içinde 20 °C'deki örneklerin antosiyanin miktarı ile yüksek sıcaklıklardaki (50-65 °C) örneklerin antosiyanin miktarı karşılaştırıldığında sıcaklık artışına bağlı antosiyanin miktarında azalma gözlenirken, yüksek sıcaklıklardaki örneklerin antosiyanin miktarları kendi aralarında karşılaştırıldığında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P<0.05$ ). Chen et al. (16), ahudu örnekleri ile yapmış olduğu çalışmada, antosiyanin miktarı açısından ultrason işlemine tabi tutulmuş örneklerin geleneksel haşlama metodu ile muamele edilmiş örneklerden daha iyi özelliklere sahip olduğunu bildirmiştir.

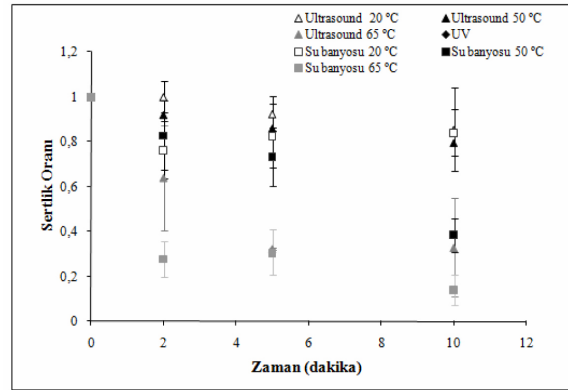
UV-C uygulaması işlemi sürecince renk değerlerinde olduğu gibi antosiyanin miktarında da zamana bağlı önemli bir değişim gözlenmezken, su banyosu verilerine kıyasla antosiyaninlerin daha fazla korunduğu belirlenmiştir. Perkins-Veazie et al.(17), UV-C ışınlanan (1-4 kJ/m<sup>2</sup>) böğürtlen örneklerinin antosiyanin miktarını geleneksel yöntem ile karşılaştırdıklarında, UV-C işleminin ürün yüzeyinde bozulmaya neden olmadığını ve dolayısıyla antosiyanin miktarının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Su banyosu denemeleri ve ısıl işlem uygulanarak yapılan ultrason işlemi artan sıcaklığa paralel olarak dokuda yumuşamaya neden olmuştur (Şekil 3).



△Ultrason 20 °C ▲Ultrason 65 °C ▲Ultrason 50 °C ◆UV-C  
□Su banyosu 20 °C ■Su banyosu 50 °C ■Su banyosu 65 °C

Şekil 2. Çilek örneklerinde gözlenen antosiyanin oranında meydana gelen değişim



△Ultrason 20 °C ▲Ultrason 65 °C ▲Ultrason 50 °C ◆UV-C  
□Su banyosu 20 °C ■Su banyosu 50 °C ■Su banyosu 65 °C

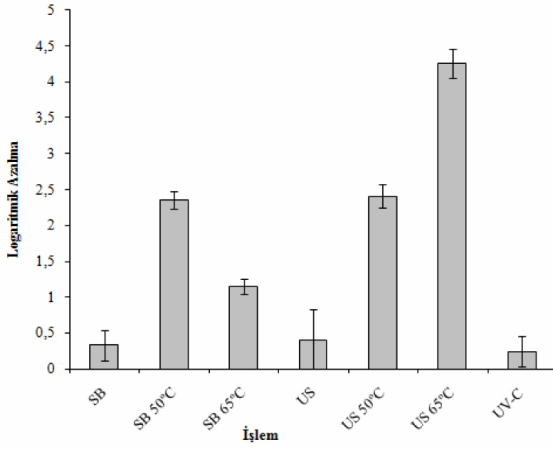
Şekil 3. Çilek örneklerinde gözlenen dokusal değişim

Aynı sıcaklıkta su banyosu denemeleri ile ultrason işlemi duyuşal olarak kıyaslandığında ultrason işleminin dokuda daha az yumuşamaya neden olduğu duyuşal değerlendirme sonucunda panelistler tarafından da gözlenmiştir.

UV-C uygulamasının işlem süresine bağlı olmaksızın ürün dokusunda önemli bir değişime neden olmadığı saptanmıştır ( $P<0.05$ ) (Şekil 3). Pan et al. (18), çilekte hasat sonrası kalitenin korunması amacıyla uygulanan UV-C ışınlamanın ısıl işleme kıyasla dokusal özelliklerini daha iyi koruduğunu belirtmişlerdir. Üründe gözlenen bu iyileşmenin sebebinin ise UV-C ışınlamanın ürün dokusunda yumuşamaya neden olan enzimin inaktivasyonunu

sağlamış olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Barka et al'da (19), UV-C ışınlamada dokusal yumuşamaya neden olan enzim inaktivasyonunun esas hedefler arasında yer aldığını belirtmiştir.

Mikrobiyal inaktivasyon açısından uygulanan işlemler arasında bir kıyaslama yapıldığında düşük sıcaklıklarda işlemler arasında fark olmadığı ( $P<0.05$ ) sadece  $0.323\pm 0.283$  log azalma gerçekleştirdikleri belirlenmiştir (Şekil 4). UV-C ve ultrason uygulamalarının ilave bir ısı işlem uygulamadan yeterli inaktivasyon sağlayamadığı belirlenmiştir. Toplam mezofil mikroorganizma inaktivasyonu açısından en etkin sonuç yüksek sıcaklıkta ( $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) uygulanan ultrason işleminde gözlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Çilek örneklerinde Toplam Mezofil Canlı Sayımı

Aynı sıcaklıktaki mikrobiyal inaktivasyon açısından uygulanan işlemler arasında bir kıyaslama yapıldığında ultrason işleminin daha etkin bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazılarında ultrasonik uygulamanın *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* ssp, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* gibi bazı patojen mikroorganizmaların ve *Bacillus stearothermophilus* sporlarının inaktivasyonları önemli derecede etkilediği, ancak mikroorganizmaların uygulamaya farklı oranlarda direnç gösterdiği ve sporların en yüksek dirence sahip olduğu bildirilmektedir (5, 20).

*Streptococcus faecium*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* ve *Aeromonas hydrophila* bakterileri üzerine ultrasonik dalgaların etkilerinin incelendiği bir çalışmada  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $200\text{ kPa}$  ba-

sınc altında ses dalgalarının genliği  $62\text{ }\mu\text{m}$ 'den  $150\text{ }\mu\text{m}$ 'ye çıkarıldığında mikroorganizmaların 6 logaritmik birim azaldığını ve genlik yükselmesinin bakteri ölümü üzerine etkili olduğu rapor edilmiştir (21). Marquenie et al. (15),  $0.1\text{ J/cm}^2$ lik ışınlama dozunun çilek örneklerinde yeterli inaktivasyon sağlayamadığını belirtmiştir. Çilek örneklerinde etkin bir inaktivasyon için gerekli ışınlama dozunun  $4.1\text{ kJ/m}^2$  olması gerekmektedir (18). Bu nedenle ısıtma-ultrason kombinasyonunun ılımlı ısı işlem koşullarındaki ( $50$  ve  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) etkisinin incelenmesi amacıyla, aynı sıcaklıklarda uygulanan geleneksel ısı işlem ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. Isıl ultrason uygulaması ile sıcaklık arttıkça mikrobiyal açıdan daha etkin inaktivasyon eldesine rağmen, beklendiği üzere çilek örneklerinde daha fazla yumuşama, renkte bozulma ve antosiyanin miktarında düşüş gibi olumsuzluklar da ortaya çıkmıştır (Şekil 1-4). Portekiz ve İspanya gibi Avrupa ülkelerinde geleneksel ürün olarak işlenen çilek örneklerine ön ısı işlem uygulanmaktadır. Bu işlemler sırasında da dokusal yumuşama istenmekte ve en önemli kalite kriteri de mikrobiyal inaktivasyon olarak değerlendirilmektedir (22). Bu nedenle geleneksel çilek ürünlerinin eldesinde ısı ultrason işleminin alternatif bir inaktivasyon yöntemi olarak tercih edilebileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra benzer ürünlerin eldesinde de ön işlem olarak uygulanacak kombine alternatif yöntemler konusunda daha detaylı araştırma yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

## SONUÇ

Uygulanan ön işlemler sonrasında edilen bulguya göre mikrobiyolojik açıdan en etkili yöntem ısı ultrason ( $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) iken, renk, doku, pH, antosiyanin miktarı gibi fizikokimyasal kalite özellikleri açısından ise UV-C uygulamasının en başarılı yöntem olduğu belirlenmiştir. Ancak UV-C uygulamasında uygulan ışınlamanın mikrobiyal inaktivasyon için yetersiz olduğu saptanmıştır. Bu nedenle alternatif yöntemlerin kombine kullanımı ile istenilen teknolojik ürün eldesi mümkün kılınabilir. Bu konuda yapılacak çalışmaların artması beklenmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde her türlü katkısından ötürü Prof. Dr. Cristina Luisa Miranda Silva ve ekibine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Pérez AG, Sanz C, Olías R, Ríos JJ, Olías JM. 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality *J Agric Food Chem*, 47: 1652-1656.
2. Atmaca NS. 1985. *Diasnostik Ultrasonografi*, Grafikevi Matbaacılık, 247s, Ankara.
3. Piyasena P, Mohareb E, McKellar RC. 2003. Inactivation of microbes using ultrason: A review. *Int J Food Microbiol*, 87: 207-216.
4. Vercet A, Lopez P, Burgos J. 1997. Inactivation of heat resistant lipase and protease from *Pseudomonas fluorescens* by manothermosonication. *J Dairy Res*, 80: 29-36.
5. Vercet A, Burgos J, Crelier S, Lopez P. 2001. Inactivation of proteases and lipases by ultrason. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2: 139-150.
6. Butz , Tauscher B. 2002. Emerging Technologies: chemical aspects. *Food Res Int*, 35: 279-284.
7. Chemat F, Hoarau N. 2004. Hazard analyses and critical control point (HACCP) for an ultrasound food processing operation. *Ultrason Sonochem*, 11: 257-260.
8. Bintsis T, Litopoulou-Tzanetaki E, Robinson RK. 2000. Existing and poential applications of ultraviolet light in the food industry. *J Food Sci Agri*, 80: 637-645.
9. Cruz RMS, Vieira M, Silva CLM. 2007. Modelling kinetics of watercress (*Nasturtium officinale*) changes due to heat and thermosonication treatments. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 8; 244-252.
10. Giusti MM, Rodriguez-Saona LE, Wrolstad RE. 1999. Molar Absorptivity and Colour Characteristics of Acylated and Non-Acylated Pelargonidin-Based Anthocyanins, *J Agric Food Chem*, 47: 4631-463.
11. Wrolstad RE. 1976. Colour and Pigment Analyses in Fruit Products. *Oregon State University Agricultural Experiment Station Bulletin* 624:1-17.
12. Kramer A, Twigg BA. 1970. Quality Control for the Food Industry. 3<sup>rd</sup> Ed. The AVI Publishing Company, Westport. p. 560,
13. Özkan M, 2006. Berrak siyah havuç suyu konsantresi üretimi ve antosiyaninlerin ısıl stabilitesi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Proje no: 20020711065, Ankara, 36 s.
14. Ben-Yehoshua S, Rodov V, Kim JJ, Carmeli S. 1992. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatment. *J Agric Food Chem*, 40: 1217-1221.
15. Marquenie D, Michiels CW, Geeraerd AH, Schenk A, Soontjens C, Van Impe JE, Nicolai BM. 2002. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *Int J Food Microbiol*, 73 (2-3) 187-196.
16. Chen F, Sun Y, Zhao G, Liao X, Hu X, Wu J, Wang Z. 2007. Optimization of ultrason-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography–mass spectrometry. *Ultrason Sonochem*, 14: 767-778.
17. Perkins-Veazie P, Collins JK, Howard. 2007. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation, *Postharvest Biol Tec*, inpress.
18. Pan J, Vicente AR, Martínez AG, Chaves AR, Civello PM. 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit, *J Sci Food Agric*, 84: 1831-1838.
19. Barka EA, Kalantari S, Makhoul J, Arul J. 2000. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L) fruit. *J Agric Food Chem*, 48: 667-671.
20. Knorr D, Zerker M, Heinz V, Lee D. 2004. Application and potential use ultrasonic in food processing. *Trends Food Sci Tech*, 15: 261-266.
21. Pagan R, Manas P, Roso J, Condon S. 1999 Bacterial resistance to ultrasonic waves under pressure at nonlethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures. *Apr Environ Microb*, 65: 297-300.
22. Fundo J, Brandão TRS, Quintas M, Silva CLM. 2004. Study of the effect of freezing on the visco-elastic properties of strawberries proceeding of: Encontro Ibérico de Reologia, IBEREO'04, Beja, 9 to 11 September, Portugal.