

FARKLI DONDURMA VE ÇÖZÜNDÜRME YÖNTEMLERİ İLE ÖN İŞLEM UYGULAMALARININ MANDALİNA VE ÇİLEKTE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Esra Devseren¹, Tuğçe Yılmaz², Berrak Petmez²,
Dilara Okut¹, Mehmet Koç^{3*}, Figen Kaymak-Ertekin¹

¹Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye

Geliş/Received: 12.12.2017; Kabul /Accepted: 07.03.2018; Online baskı /Published online: 23.03.2018

Devseren, E., Yılmaz, T., Petmez, B., Okut, D., Koç, M., Kaymak-Ertekin, F. (2018). Farklı dondurma ve çözündürme yöntemleri ile ön işlem uygulamalarının mandalina ve çilekte kalite özellikleri üzerine etkileri. *GIDA* (2018) 43 (3): 370-383 doi: 10.15237/gida.GD17108

Devseren, E., Yılmaz, T., Petmez, B., Okut, D., Koç, M., Kaymak-Ertekin, F. (2018). Effects of different freezing and thawing methods including pre-treatments on quality attributes of mandarin and strawberry. *GIDA* (2018) 43 (3): 370-383 doi: 10.15237/gida.GD17108

ÖZ

Bu çalışmada mandalina ve çileğin, dondurulması ve çözündürülmesi aşamasında uygulanan ön işlemlerin, dondurma ve çözündürme yöntemlerinin son ürün kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Ön işlem olarak sakkaroz ve sitrik asit çözeltilerine daldırma işlemi uygulanırken, donma yöntemi olarak hızlı donma (IQF, -15°C) ve konvansiyonel statik yöntemler (-18°C ve -24°C) uygulanmıştır. Çözündürme işlemi ise ev tipi buzdolabında (4°C, 4 saat) ve mikrodalga fırında (2 dak) gerçekleştirilmiştir. Dondurma işlemi öncesi sakkaroz çözeltisine daldırılmış örneklerin renk ve dokusal özellikleri gelişirken, donma sonrası çözünme kayıpları azalmıştır. Ön işlem olarak sitrik asit çözeltisine daldırılmış örneklerin ise çözünme sonrası C vitaminini daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Hızlı donma, çözünme kaybını konvansiyonel yöntemlere göre oldukça azaltmıştır. Mikrodalga çözündürme işlemi ise çözünme kaybı açısından buzdolabında çözündürme işlemine göre daha avantajlıdır. Hızlı dondurma yöntemi zaman ve kalite kayıplarını azaltmasıyla öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mandalina, Çilek, Donma hızı, Ön işlem, Donma, Çözündürme

EFFECTS OF DIFFERENT FREEZING AND THAWING METHODS INCLUDING PRETREATMENTS ON QUALITY ATTRIBUTES OF MANDARIN AND STRAWBERRY

ABSTRACT

In this study, the effects of pretreatments, freezing and thawing methods on the quality of mandarin and strawberry were investigated. Individual quick freezing (IQF, -15°C) and conventional static methods (-18°C and -24°C) were applied as freezing methods while immersing sugar and citric acid solutions as pretreatments. Thawing was carried out in a refrigerator (4°C, 4 hours) and in a microwave (2 min). The color and texture of the samples improved and the drip loss after freezing decreased with immersing into sugar solution before freezing. Immersion into citric acid were found a better way to protect vitamin C after thawing. Quick-freezing significantly reduced the drip loss compared to conventional freezing. Microwave thawing is superior to thawing in the refrigerator considering drip losses. The fast freezing method, IQF is emphasized by reducing time and quality losses.

Keywords: Mandarin, Strawberry, Freezing rate, Pre-treatment, Freezing, Thawing

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author;*

✉ mehmetkoc@adu.edu.tr,

☎ (+90) 256 213 75 03

☎ (+90) 256 213 66 86

GİRİŞ

Meyve ve sebzeler, sahip oldukları yüksek su (~%85-%95) içeriği nedeniyle hızlı bir şekilde bozulmaktadır. Bozulmaya neden olan biyokimyasal reaksiyonlar ile mikrobiyolojik faaliyetler yüksek su aktivitesi değerlerinde daha hızlı gerçekleşmektedir (Chong vd., 2013). Donma işlemi, meyve ve sebzelerin bozulmalarını önlemek için su aktivitesini düşürecek işlemlerden biridir (Fellows, 2017). Donma işlemi sonucunda gıdaların sıcaklığı düşürülerek, ürün yapısında bulunan serbest su sıvı formdan buz formuna dönüştürülmekte böylece ürünün su aktivitesi düşürülmektedir. Bunun sonucunda ise ürünün yapısında gerçekleşen biyokimyasal, enzimatik ve mikrobiyal reaksiyonların hızı düşerken, ürünün duyu nitelikleri ve besin değerlerinde sınırlı değişiklik gerçekleşmektedir (Fellows, 2017). Demiray ve Tülek (2010) de taze meyve ve sebze özelliklerine en yakın ürünlerin dondurularak muhafaza ile elde edilebildiğini bildirmişlerdir.

Dondurulmuş meyve ve sebzelere, haşlama, çözeltiye daldırma, yenilebilir film ile kaplama gibi ön işlemler donma ve dondurulmuş ürünün depolanması sırasında gelişebilecek olumsuz değişiklikleri önlemek için uygulanmaktadır (Ketata vd., 2013). Meyvelerin dondurulmasında en önemli ön işlemlerden biri olan şeker çözeltisine daldırma, meyvenin oksijen ile temasının engellenerek doğal renk ve görünüşünün korunmasını sağlamanın yanı sıra katı kazanımı ve su kaybı gerçekleştirerek meyvenin tadının ve yapısının gelişmesine katkıda bulunmaktadır (Parniakov vd., 2015). Diğer bir ön işlem olan organik asit çözeltisine daldırma ise ortam pH'sının düşürerek ürünün oksidasyonu engellerken, rengin koyulaşması önlenmektedir. Abd-Elhady (2014) yaptığı çalışmada, donma ile dokusal yapıda ve renkte ciddi kayıplar yaşanan çileğin sitrik asit çözeltisine daldırılması ile askorbik asit ve toplam antosiyanin içeriğindeki kayıpların azaltıldığı ve esmerleşme indeksinin düşürüldüğü gözlenmiştir. Turmanidze vd. (2017), çilek ve ahududu örneklerini donma işlemi öncesi ön işlem olarak %1 ve %2'lik askorbik asit çözeltisinde 2.5 dak süresince bekleterek, toplam fenolik madde ve C vitamini içeriğini koruduğu tespit edilmiştir.

Donmuş ürün kalitesini etkileyen önemli etkenlerden biri de dondurma yöntemidir. Dondurma yöntemleri soğuk hava ile donma (durgun havada donma ve hava akımında donma), plakalı dondurma metodu ile donma, daldırarak donma ve kriyojenik sıvılarla donma olmak üzere dört ana başlıkta sınıflandırılmaktadır. Ancak evsel koşullarda gıdaların donması için uygulanabilen tek yöntem durağan soğuk hava ile donmadır. Hava akımı ile donma işlemi ise endüstride en çok kullanılan yöntem olup -40°C ve -20°C arasındaki havanın 1-6 m/s hızla uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. Durgun hava ile donmada ise kullanılan hava haraketsizdir ve izole edilmiş bir sistemde -15-30°C arasında uygulanmaktadır (Biglia vd., 2016). Donma hızı meyve ve sebze kalitesi üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişimlere etki etmektedir. Donma hızının artması ile küçük buz kristalleri oluşurken, renk, tat, aroma ve doku değişimi minimum düzeye indirilebilmektedir (Demiray ve Tülek, 2010). Birçok çalışmada, hızlı donma yöntemi ile yüksek kalitede donmuş ürünler arasında yakın ilişki olduğu ve hızlı donmanın nihai kaliteyi maksimum düzeyde koruyarak ürünlerin raf ömrünü uzattığı doğrulanmıştır (Sun ve Li, 2003).

Dondurulmuş gıdalar için önemli unsurlardan biri de dondurulmuş gıdaların çözündürülmesidir. Meyve ve sebzelerin çözündürülmesi için evlerde sıklıkla mikrodalga ve buzdolabında bekleterek çözündürme uygulanmaktadır. Mikrodalgada çözündürme, çözünme süresini dakika bazına indirmesinin yanı sıra çözünme kaybını, mikrobiyal problemleri ve kimyasal bozunmayı azaltmasıyla bilinen bir yöntemdir (Oszmianski vd., 2009; Baysal vd., 2011). Buzdolabında çözündürmede ise paketli dondurulmuş gıda buzdolabına (4-6 °C) yerleştirilerek çözünme işlemi tamamlanuncaya kadar tutulmaktadır. Bu yöntemde çözündürme işleminde çözündürme zamanının uzun oluşu nedeniyle, üründe mikroorganizma gelişimi olabilmekte, damlama kaybının oluşması, üründe yüzey oksidasyonunun ve renk değişimlerinin meydana gelmesi gibi olumsuzluklar görülebilmektedir (Bozkır vd., 2014).

Bu çalışmada donma öncesi ön işlemlerin, donma hızının ve çözündürme yönteminin mandalina ve çilek kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Deneysel çalışma sürecinde araştırma materyali olarak kullanılan mandalina ve çilek örnekleri İzmir ilindeki yerel bir marketten temin edilmiştir. Örnekler uygulanacak işlemler öncesinde 4°C'ta saklanmıştır. Mandalinalara yıkama, ayıklama, soyma, segmentlere ayırma; çileklere yıkama işlemleri uygulandıktan sonra ön işlem olarak çözeltiliye daldırma işlemine tabi tutulmuştur. Çözeltiliye daldırma işleminde kullanılan sakkaroz ve sitrik asit gıdalarda kullanılabilir saflıkta olup yerel bir marketten temin edilmiştir.

YÖNTEM

Ön İşlemler

Yıkama, ayıklama, soyma, segmentlere ayırma, kesme işlemleri uygulanmış olan mandalina ve yıkanmış çilek örnekleri, donma öncesinde sakkaroz çözeltisi ve sitrik asit çözeltisine daldırılarak ön işleme tabi tutulmuştur.

Mandalina ve çilek örnekleri, meyve/çözelti oranı 1:4 olacak şekilde 25°C ortam sıcaklığında sırası ile %50 ve %40 (w/w) sakkaroz çözeltisi içerisinde 2 saat süre, durağan ortamda ozmotik ön işleme tabi tutulmuştur. Ayrıca mandalina ve çilek örnekleri, bir başka ön işlem olarak meyve/çözelti oranı 1:4 olacak şekilde %1 (w/w) lik sitrik asit çözeltisine 15 dakika süre ile daldırma işlemine tabi tutulmuştur. Uygulanan ön işlem koşulları ön denemeler ile belirlenmiştir. Uygulama sonrası çözeltilerden çıkarılan örnekler kaba filtre kağıdı üzerine alınarak yüzeye yapışan çözeltinin alınması sağlanmıştır.

Donma İşlemi

Ön işlemlerden geçirilen mandalina ve çilek örneklerine (25°C) durağan havalı ve hava akımlı sistemde olmak üzere farklı yöntemlerle donma işlemi uygulanmıştır. Durağan havalı sistemde a) -18°C'ta ev tipi buzdolabının (Arçelik, Türkiye) dondurucu bölümünde, b) -24°C'taki dondurucuda ve c) hava akımlı sistemde sabit

hava akış hızında -15°C'ta laboratuvar tipi dondurucuda (air blast freezer, Frigoscandia) donma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kontrol grubu olarak ön işlem uygulanmamış mandalina ve çilek örnekleri de aynı koşullarda dondurulmuştur. Tüm denemelerde ortam ve gıdanın merkez noktasının sıcaklık ölçümü ısı eşler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık değerleri veri kaydetme cihazı ile kaydedilmiş, gıdanın merkez sıcaklığı donma noktasının 10°C daha altına ulaştığında donma işlemine son verilmiştir. Farklı koşullardaki sistemlerde dondurulan örneklerin donma süreleri ve donma hızları hesaplanmıştır.

Çözündürme işlemi

Dondurulmuş mandalina örnekleri buzdolabının (Arçelik, Model 5500 NM, Türkiye) -24°C'taki dondurucu bölümünde 1 hafta süreyle depolanmış ve çözündürme işlemine geçilmiştir. Dondurulmuş mandalina ve çilek örnekleri, buzdolabında (Arçelik, Türkiye) 4°C'ta 4 saat ve mikrodalga fırında (Arçelik, Model 595, Türkiye) çözündürme fonksiyonunda (360 W) 2 dakika süresince çözündürme işlemine tabi tutulmuştur.

Analiz Yöntemleri

Çözünme Kaybı

Çözünme kaybı, dondurulan meyvelerin dondurucudan çıkarıldıktan sonraki ağırlıkları ile çözüldükten sonraki ağırlıkları arasındaki farkın, başlangıç ağırlığına oranlanması (%) şeklinde hesaplanmıştır (Baysal vd., 2014).

Çözünür Madde Tayini

Ön işlem uygulamalarının ürünlerdeki çözünür kuru madde içeriğine etkisini belirlemek için örneklerin çözünür madde içeriği Abbe refraktometresi ile belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010).

Renk

Başlangıçta, ön işlem sonrası ve çözündürülmüş örneklerde renk, yüzeyde ve iç kısımda olmak üzere Hunter Lab (CIE Yxy, L*a*b*) değerleri ölçülerek (CM-2600d/2500d, Konica Minolta) belirlenmiştir. Ön işlem, donma ve çözündürme sırasındaki renk değişimi, ΔE (Eşitlik 1), renk yoğunluğu (croma, C*) (Eşitlik 2) ve renk tonu

(Hue, h°) (Eşitlik 3) hesaplanmıştır. Mandalina örneklerinde ölçümler; üç paralel bir segmentten 5'er ölçüm olacak şekilde; çilekte ise yüzeyden 5'er ölçüm alınarak renk ölçümü gerçekleştirilmiştir.

$$\Delta E = \Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$h^\circ = \frac{\arctan b}{a} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Doku

Donma denemeleri sırasında; taze örnek, ön işlemler ve çözündürme işlemleri sonrasında alınan örneklerde doku analizi (Texture Analyzer TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, UK) gerçekleştirilmiştir. Doku analizi için mandalinada iğne başlık (P/2N) kullanılırken, çilekte ise TPA analizi gerçekleştirilmiştir.

Çilek örnekleri doku profil analizi testinde (TPA analizi) set değerleri şöyle seçilmiştir:

Test öncesi hız: 1mm/s

Test hızı: 1 mm/s

Test sonrası hız: 5 mm/s

Sıkıştırma oranı: %80

İki sıkıştırma arasındaki bekleme süresi: 3 s

Tetikleme kuvveti : 5 g

Yük hücresi: 30 kg

Ölçüm başlığı: 36 mm çaplı silindir

Test sırasındaki sıcaklık: 25°C

C Vitamini Tayini

Taze, ön işlem sonrası ve çözündürülmüş örneklerin C vitamini içeriği, spektrofotometrik (VARIAN Cary 50 Bio, UV/VIS Spectrophotometer) yöntem kullanılarak 518 nm'de tespit edilmiştir (Hışıl, 2011).

İstatistiksel Analiz

Ön işlemler, donma ve çözündürme yöntemlerinin kalite özellikleri (çözünme kaybı, süzüntü kaybı, çözünür madde içeriği, doku, renk değerleri ve C vitamini) üzerine etkisini istatistiksel olarak değerlendirmek için tek değişkenli (Univariate) bir test yöntemi olan Tek Değişkenli Varyans Analizi (Univariate Analysis of Variance) yöntemi uygulanmıştır. İstatistiksel

analizler SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Donma Eğrileri ve Donma Hızı

Farklı ön işlem görmüş mandalina ve çilek örneklerinin farklı ortamlarda (-18 °C buzdolabının dondurucu haznesinde, -24 °C'ta durağan ortam dondurucuda ve -15 °C'ta hava akımlı dondurucuda) dondurulması sırasında gözlenen sıcaklık -zaman donma eğrileri Şekil 1a, b ve c ve Şekil 2 a, b ve c'de ve hesaplanan donma hızları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Donma noktasının hemen üzerindeki derecelere kadar soğutma aşamasından sonra gelen donma süreci içindeki sıcaklık azalması ürünün donma hızını belirlemektedir. Bir gıda kütlelerinin donma hızı; gıdanın merkezi ile yüzeyi arasındaki uzaklığın, yüzey sıcaklığı 0°C olduğu andan merkezdeki sıcaklık donma noktasının 10°C altına düşene kadar geçen süreye oranıdır ve cm/h olarak ifade edilmektedir. 0.2 cm/h donma hızı yavaş, 0.5-3 cm/h donma hızı hızlı, 5-10 cm/h donma hızı çok hızlı ve 10-100 cm/h şok donma olarak adlandırılmaktadır. Aynı terimler ortalama sıcaklık değişim oranı olarak da tanımlanabilmektedir. 1-20 °C/dak yavaş; 20-50 °C/dak çok hızlı olarak ifade edilmektedir (Hui vd. 1995).

Mandalina ve çilek örnekleri için uygulanan donma yöntemleri karşılaştırıldığında hava akımlı donma (IQF) yönteminde diğer yöntemlere göre donma hızının oldukça yüksek ve donma süresinin ise oldukça düşük olduğu görülmektedir. Uygulanan ön işlemlerden sakkaroz çözeltisine daldırma işleminin, meyvelerdeki suda çözünebilir kuru madde içeriğinin artmasına neden olduğu ve buna bağlı olarak donma süresinin artmasına yol açtığı belirlenmiştir. Çilek örneklerine uygulanan sitrik asit çözeltisine daldırma işleminin de meyvedeki suda çözünebilir kuru madde içeriğinin artmasına neden olduğu ve donma süresini artışına neden olduğu görülmektedir. Daha uzun donma süresine sahip kontrol gruplarında ise meyvenin soğutucu ile temas halinde olan yüzeyinin büyüklüğündeki değişimin donma süresini etkilediği görülmektedir (Kesim vd., 1995).

Çizelge 1. Farklı ön işlem ve donma yöntemleri uygulanmış mandalina ve çilek örneklerinin donma hızları
Table 1. Freezing rates of mandarin and strawberry with different pretreatment and freezing methods

Donma Yöntemi (Freezing method)	Ön İşlem (Pretreatment)	Mandalina (Mandarin)		Çilek (Strawberry)	
		Donma Hızı (Freezing Rate) (cm/h)	Donma Süresi (Freezing Time) (h)	Donma Hızı (Freezing Rate) (cm/h)	Donma Süresi (Freezing Time) (h)
IQF (-15°C)	Kontrol (Control)	6.32	0.16	5.00	0.40
	SÇD*	3.75	0.26	2.58	0.78
	SACD**	4.51	0.22	3.04	0.65
Konvansiyonel (Conventional) (-18°C)	Kontrol (Control)	0.20	4.83	0.52	2.85
	SÇD*	0.21	4.63	0.45	3.34
	SACD**	0.29	3.46	0.38	3.91
Konvansiyonel (Conventional) (-24°C)	Kontrol (Control)	0.83	1.20	0.75	3.33
	SÇD*	0.59	1.68	0.96	2.59
	SACD**	0.69	1.45	0.71	3.50

* Sakkaroz çözeltisine daldırma (2 saat) (Immersing sugar solution, 2 hours)

** Sitrik asit çözeltisine daldırma (15 dak) (Immersing citric acid solution, 15 min)

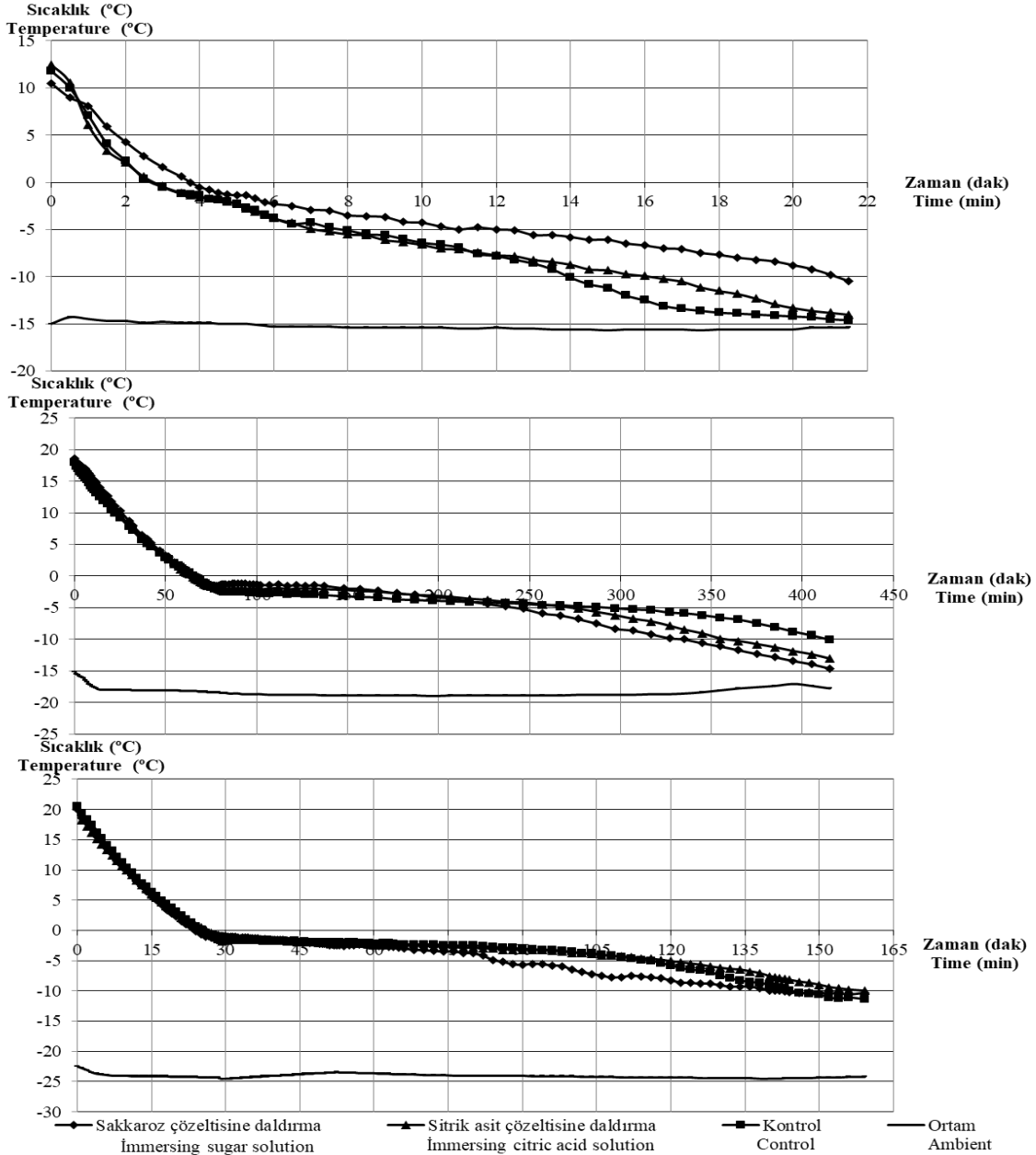
Mandalina örneklerinin IQF yönteminde dondurulması işleminde gözlenen eğri (Şekil 1a), faz değişim aşamasının sakkaroz çözeltisinde osmotik ön işlem uygulanmış mandalina örneklerinde diğer gruplara göre daha uzun sürdüğünü ve hedeflenen sıcaklığa daha geç ulaşıldığını göstermektedir. Şekil 1a, 1b ve 1c incelendiğinde, IQF, konvansiyonel -18°C ve konvansiyonel -24°C için sakkaroz çözeltisi içinde osmoz edilen mandalina örneklerinin, merkez sıcaklığının donma noktasının 10°C daha altına düşmesi için geçen süre sırası ile 15.6 dak, 277.8 dak ve 100.8 dak; sitrik asit çözeltisine daldırılan örneklerde 13.2 dak; 207.6 dak ve 87 dak; kontrol grubu için ise 9.6 dak, 289.8 dak ve 72 dak olarak hesaplanmıştır.

Buzdolabının dondurucu bölmesinde -18°C'ta uygulanan işlemde mandalina örneklerinin yavaş dondurulmasında faz değişim süresinin ve hedeflenen sıcaklığa ulaşma süresinin uzun sürdüğü görülmektedir (Şekil 1b). Örneklerin donma noktasının -3°C ve -4°C aralığında olduğu gözlenmiştir. Çizelge 1 ve Şekil 1 a, b, c incelendiğinde, bulgular IQF yönteminin hızlı donma yöntemi olduğunu desteklemektedir.

Konvansiyonel donma yöntemlerinde ise -24°C'ta uygulanan donma işleminin -18°C'ta uygulanan donma işleminden daha kısa sürdüğü görülmektedir. Konvansiyonel donma yöntemlerinde daha düşük sıcaklık uygulanmasının donma hızında artışa sebep olduğu gözlenmiştir. Çileklere uygulanan hızlı donma (IQF) işlemi incelendiğinde kontrol grubunda faz değişiminin daha kısa sürede tamamlandığı görülmektedir (Şekil 2a). Faz değişimi süresince örneklerin sıcaklıkları ufak değişimler haricinde sabittir. Osmotik ön işlem uygulanan örneklerde faz değişiminin daha uzun sürdüğü görülmektedir. Daha yüksek kuru madde içeriğine sahip gıdalarda ilk buz kristallerinin oluşması daha düşük sıcaklıkları gerektirmektedir (Pala, 1983). Çekirdeklenme sıcaklığının sakkaroz grubunda -2.8 °C, sitrik grubunda -2.5 °C kontrol grubunda -2 °C olduğu görülmüştür. Çekirdeklenme olayının gerçekleşmesinden sonra çilekler donma sıcaklığına gelmekte ve faz değişimi bu aşamada başlamaktadır. Çekirdeklenme aşamasından sonra gizli ısı salınımı nedeniyle sıcaklık bir miktar yükselmektedir. Bu aşamadan sonra sıcaklık sabit devam etmekte yani üründe faz değişimi

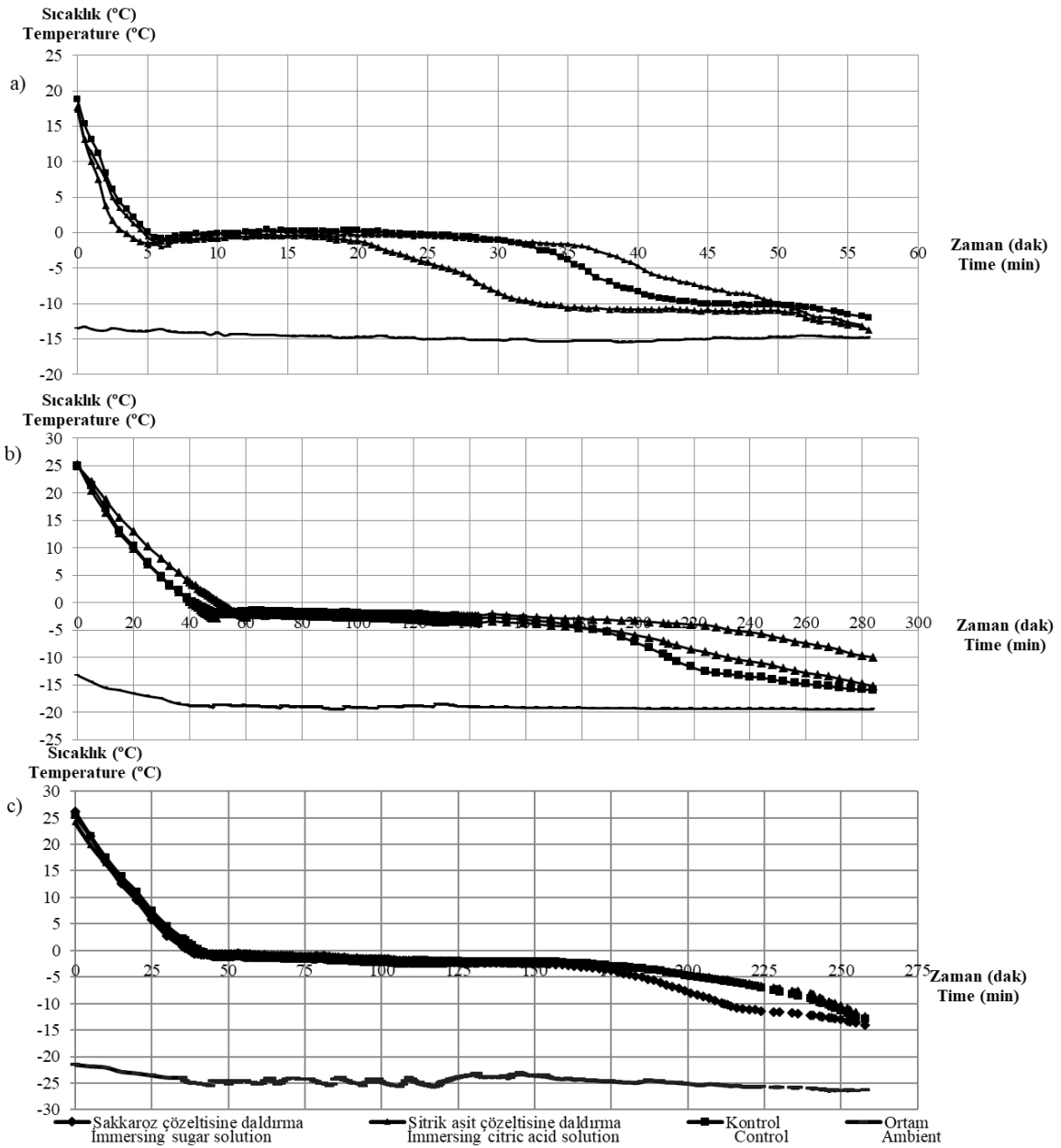
gerçekleşmektedir. Çilek örneklerin merkez noktalarının donma noktasının 10 °C daha altına ulaşma süreleri sırasıyla kısıdan uzuna doğru kontrol grubu; sitrik asit grubu ve sakkaroz grubu şeklinde olmuştur. Kontrol örnekleri 24. dakikada hedeflenen sıcaklığa gelmiştir. Sitrik asit ön işlemi uygulanan grupta bu süre 39 dakika, osmotik ön

işlem uygulanan grupta 46.8 dakika olarak kaydedilmiştir. Çilek örneklerinin konvansiyonel olarak dondurulmasında (-24 °C) hedeflenen merkez nokta sıcaklığına ulaşmak için gerekli donma sürelerinin konvansiyonel olarak -18 °C'ta dondurulan örneklerle göre daha kısa olduğu görülmektedir (Şekil 2b ve 2c).



Şekil 1. a) IQF (-15°C) yöntemi ile b) Konvansiyonel (-18°C) c) Konvansiyonel (-24°C) dondurulan mandalina örneklerinin donma eğrileri

Figure 1. Freezing curves of mandarin for (a) IQF (-15 °C), (b) conventional (-18 °C) and (c) conventional (-24 °C)



Şekil 2. a) IQF (-15°C) yöntemi ile b) Konvansiyonel (-18°C) c) Konvansiyonel (-24°C) dondurulan çilek örneklerinin donma eğrileri

Figure 2. Freezing curves of strawberry for (a) IQF (-15 °C), (b) conventional (-18 °C) and (c) conventional (-24 °C)

Çözünme Kaybı

Farklı ön işlem görmüş ve farklı sıcaklık ve yöntemler ile dondurulmuş ve çözündürülmüş mandalina ve çilek örneklerinin buzdolabının taze gıda bölümünde 4°C'ta (4 h) ve mikrodalga fırının defrost (buz çözme) ayarında (2 dak) çözündürülmesi sonrası meydana gelen çözünme

kayıbı sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Mandalına ve çilek örnekleri kendi aralarında ve kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, uygulanan ön işlem, donma yöntemi ve çözündürme yöntemine bağlı olarak örneklerin çözünme kaybı değerlerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. IQF yöntemiyle dondurulan hem mandalina hem çilek

Dondurma ve çözündürme işleminin mandalina ve çileğin kalitesine etkisi

örnekleri için her iki çözündürme yöntemi arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmiştir ($P < 0.05$). Ancak gıdaları buzdolabı ortamında çözündürme işlemi zaman alacağı ve bu süre içinde kimyasal değişimlerin olabileceği göz önünde bulundurulmalı ve tüketici ona göre bir tercihe yönlendirilmelidir. Konvansiyonel yöntemle $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ta dondurulan mandalina ve çilek örnekleri için mikrodalga fırında çözündürme işleminde çözünme kaybının buzdolabı ortamındaki kayıplara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir ($P < 0.05$). Mandalina ve çilek

örneklerinin çözündürülmesinde sakkaroz çözeltisinde ön işlem uygulamasının çözünme kaybı açısından avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Örneklerdeki kuru madde miktarının artmasının çözünme kaybını azalttığı görülmektedir ($P < 0.05$). Konvansiyonel yöntemle $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ta dondurulan örneklerde de benzer sonuçlar izlenmiştir ($P < 0.05$). Genel olarak sitrik asit çözeltisinde ön işlem uygulanan grupta hem buzdolabı ortamında hem de mikrodalga fırında çözündürme sırasında çözünme kayıplarının çok daha yüksek olduğu görülmektedir ($P < 0.05$).

Çizelge 2. Farklı ön işlem, donma ve çözündürme yöntemleri uygulanmış mandalina ve çilek örneklerindeki çözünme kaybı değerleri

Table 2. Drip loss of mandarin and strawberry with different pretreatment, freezing and thawing methods

Donma Yöntemi (Freezing Method)	Çözündürme Yöntemi (Thawing Method)	Önişlem (Pretreatment)	Çözünme Kaybı (Drip Loss) (%)	
			Mandalina (Mandarin)	Çilek (Strawberry)
IQF (-15°C)	Buzdolabı (Refrigerator) ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 4 h)	Kontrol (Control)	0.69 \pm 0.02 ^{a,d,g}	0.20 \pm 0.01 ^{a,d,g}
		SÇD*	0.66 \pm 0.01 ^{b,d,g}	0.29 \pm 0.02 ^{b,d,g}
		SAÇD**	0.50 \pm 0.01 ^{c,d,g}	0.17 \pm 0.01 ^{c,d,g}
	Mikrodalga (2 dak) (Microwave, 2 min)	Kontrol (Control)	0.73 \pm 0.03 ^{a,d,h}	0.34 \pm 0.02 ^{b,d,h}
		SÇD*	0.33 \pm 0.02 ^{b,d,h}	0.21 \pm 0.01 ^{a,d,h}
		SAÇD**	0.82 \pm 0.03 ^{c,d,h}	0.34 \pm 0.01 ^{b,e,h}
Konvansiyonel (Conventional) ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Buzdolabı (Refrigerator) ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 4 h)	Kontrol (Control)	1.26 \pm 0.01 ^{a,e,g}	0.84 \pm 0.03 ^{a,e,g}
		SÇD*	0.09 \pm 0.01 ^{b,e,g}	0.19 \pm 0.01 ^{b,e,g}
		SAÇD**	1.46 \pm 0.02 ^{c,e,g}	0.63 \pm 0.02 ^{c,e,g}
	Mikrodalga (2 dak) (Microwave, 2 min)	Kontrol (Control)	0.11 \pm 0.01 ^{a,e,h}	0.60 \pm 0.02 ^{a,e,h}
		SÇD*	0.05 \pm 0.01 ^{b,e,h}	0.40 \pm 0.01 ^{b,e,h}
		SAÇD**	0.37 \pm 0.01 ^{c,e,h}	0.55 \pm 0.01 ^{c,e,h}
Konvansiyonel (Conventional) (-24°C)	Buzdolabı (Refrigerator) ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 4 h)	Kontrol (Control)	0.60 \pm 0.02 ^{a,f,g}	4.58 \pm 0.02 ^{a,f,g}
		SÇD*	0.34 \pm 0.01 ^{b,f,g}	1.61 \pm 0.02 ^{b,f,g}
		SAÇD**	0.75 \pm 0.02 ^{c,f,g}	2.42 \pm 0.03 ^{c,f,g}
	Mikrodalga (2 dak) (Microwave, 2 min)	Kontrol (Control)	0.32 \pm 0.01 ^{a,f,h}	1.07 \pm 0.01 ^{a,f,h}
		SÇD*	0.16 \pm 0.01 ^{b,f,h}	1.04 \pm 0.01 ^{b,f,h}
		SAÇD**	0.88 \pm 0.02 ^{c,f,h}	0.14 \pm 0.01 ^{c,d,h}

* Sakkaroz çözeltisine daldırma (2 saat) (Immersing sugar solution, 2 hours)

** Sitrik asit çözeltisine daldırma (15 dak) (Immersing citric acid solution, 15 min)

a,b,c ön işlemler arasındaki farkı istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (a, b, c indicate statistically difference between pretreatments ($P < 0.05$)).

d,e,f donma yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$).

(d, e, f indicates statistically difference between freezing method (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

g, h çözündürme yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$).

(g, h indicate statistically difference between dissolution methods (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

Ön işlem, Donma ve Çözündürmenin Ürün Kalitesi Üzerine Etkileri

Çözünür Kurumadaki Değişim (ÇKM)

Meyve ve sebzelerin suda çözünür formda olan maddelerinin büyük bir kısmını şekerler oluşturmaktadır. Mandalina ve çilek örneklerinin başlangıç suda çözünür kuru madde (ÇKM) içerikleri sırasıyla % 12 ve %7.5 dir. Osmotik ön işlem ve sitrik asit çözeltisine daldırma sonrası ve çözündürme sonrası mandalina ve çilek örneklerinin ÇKM içerikleri (°Briks) Çizelge 3 ve 4'te gösterilmiştir. Çözündürme işlemi öncesi % ÇKM değerleri incelendiğinde iki ürün içinde uygulanan ön işlemlerin istatistiksel olarak fark oluşturduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Sakkaroz

çözeltisinde osmotik ön işlem uygulanan mandalina ve çilek örneklerinde sakkaroz difüzyonu sonucu Briks değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 3 ve 4). Osmotik ön işlem uygulanan mandalina örneklerinde çözünme sonrası ise Briks değerlerinin daha fazla azaldığı gözlenmiştir ($P < 0.05$). Çilek örneklerinde ise sitrik asit çözeltisine daldırılan örneklerde daha fazla çözünür madde kaybı meydana gelmiştir ($P < 0.05$). Mikroalgada çözündürülen çilek örneklerinde daha fazla çözünür madde kaybı gözlemlendiği bulgulanmıştır. Yüksek sıcaklıkta konvansiyonel olarak dondurulmuş örneklerde de daha fazla çözünür madde kaybı gözlemlenmiştir ($P < 0.05$).

Çizelge 3. Farklı ön işlem uygulamalarında ve donma yöntemlerinde mandalina örneklerinin çözünür kuru madde, sertlik ve C vitamini değerleri

Table 3. Soluble dry matter (Brix), hardness and vitamin C values of mandarin in different pretreatment and freezing methods

Donma Yönt. (Freezing Method)	Çöz. Yönt. (Thawing Method)	Ön işlem (Pretreatment)	Ön işlem Son. Briks (After Pre. Brix) (°B)	Çöz. Son. Briks (After Thawing Brix) (°B)	Ön işlem Son. Sertlik (After Pre. Hardness) (N)	Çöz. Son. Sertlik (After Thawing Hardness) (N)	Ön işlem Son. C vit. (After Pre. Vit. C) (mg/100 g)	Çöz. Son. C vit. (After Thawing Vit. C) (mg/100 g)
IQF (-15°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	12.00±0.02 ^{a,d,g}	12.00±0.01 ^{a,d,g}	0.37±0.01 ^{b,d,g}	0.42±0.02 ^{a,d,g}	45.28±0.09 ^{a,d,g}	36.28±0.04 ^{a,d,g}
		SÇD*	16.00±0.02 ^{b,d,g}	12.50±0.02 ^{b,d,g}	0.40±0.03 ^{b,d,g}	0.28±0.01 ^{b,d,g}	41.61±0.07 ^{b,d,g}	35.33±0.09 ^{b,d,g}
		SAÇD**	11.80±0.01 ^{c,d,g}	11.00±0.02 ^{c,d,g}	0.15±0.01 ^{a,d,g}	0.18±0.02 ^{c,d,g}	37.22±0.13 ^{c,d,g}	34.84±0.10 ^{c,d,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	12.00±0.02 ^{a,d,g}	12.00±0.02 ^{a,d,g}	0.37±0.01 ^{b,d,g}	0.20±0.05 ^{a,d,h}	45.28±0.09 ^{a,d,g}	36.17±0.09 ^{a,d,h}
		SÇD*	16.00±0.02 ^{b,d,g}	14.00±0.03 ^{b,d,h}	0.40±0.03 ^{b,d,g}	0.28±0.03 ^{b,d,h}	41.61±0.07 ^{b,d,g}	30.46±0.07 ^{b,d,h}
		SAÇD**	11.80±0.01 ^{c,d,g}	10.00±0.01 ^{c,d,h}	0.15±0.01 ^{a,d,g}	0.10±0.01 ^{c,d,g}	37.22±0.13 ^{c,d,g}	34.65±0.11 ^{c,d,h}
Konv. (-18°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	12.00±0.02 ^{a,d,g}	13.50±0.02 ^{a,e,g}	0.37±0.01 ^{b,d,g}	0.24±0.02 ^{a,e,g}	45.28±0.09 ^{a,d,g}	34.11±0.06 ^{a,e,g}
		SÇD*	16.00±0.02 ^{b,d,g}	15.75±0.03 ^{b,e,g}	0.40±0.03 ^{b,d,g}	0.27±0.03 ^{b,e,g}	41.61±0.07 ^{b,d,g}	36.40±0.06 ^{b,e,g}
		SAÇD**	11.80±0.01 ^{c,d,g}	12.40±0.03 ^{c,d,g}	0.15±0.01 ^{a,d,g}	0.11±0.03 ^{c,e,g}	37.22±0.13 ^{c,d,g}	30.54±0.09 ^{c,e,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	12.00±0.02 ^{a,d,g}	14.00±0.04 ^{a,e,h}	0.37±0.01 ^{b,d,g}	0.19±0.03 ^{b,e,h}	45.28±0.09 ^{a,d,g}	32.63±0.08 ^{a,e,h}
		SÇD*	16.00±0.02 ^{b,d,g}	16.75±0.04 ^{b,e,h}	0.40±0.03 ^{b,d,g}	0.26±0.01 ^{b,e,g}	41.61±0.07 ^{b,d,g}	36.84±0.07 ^{b,e,h}
		SAÇD**	11.80±0.01 ^{c,d,g}	13.00±0.02 ^{c,e,h}	0.15±0.01 ^{a,d,g}	0.09±0.01 ^{a,e,g}	37.22±0.13 ^{c,d,g}	33.52±0.10 ^{c,e,h}
Konv. (-24°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	12.00±0.02 ^{a,d,g}	12.25±0.02 ^{a,f,g}	0.37±0.01 ^{b,d,g}	0.20±0.04 ^{b,f,g}	45.28±0.09 ^{a,d,g}	37.80±0.11 ^{a,f,g}
		SÇD*	16.00±0.02 ^{b,d,g}	14.75±0.01 ^{b,f,g}	0.40±0.03 ^{b,d,g}	0.22±0.01 ^{b,f,g}	41.61±0.07 ^{b,d,g}	34.28±0.08 ^{b,f,g}
		SAÇD**	11.80±0.01 ^{c,d,g}	11.50±0.02 ^{c,d,g}	0.15±0.01 ^{a,d,g}	0.10±0.03 ^{a,f,g}	37.22±0.13 ^{c,d,g}	32.69±0.09 ^{c,f,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	12.00±0.02 ^{a,d,g}	12.50±0.02 ^{a,f,h}	0.37±0.01 ^{b,d,g}	0.17±0.02 ^{a,f,g}	45.28±0.09 ^{a,d,g}	31.59±0.05 ^{a,f,h}
		SÇD*	16.00±0.02 ^{b,d,g}	14.25±0.02 ^{b,f,h}	0.40±0.03 ^{b,d,g}	0.25±0.04 ^{b,f,g}	41.61±0.07 ^{b,d,g}	33.17±0.08 ^{b,f,h}
		SAÇD**	11.80±0.01 ^{c,d,g}	11.00±0.01 ^{c,f,h}	0.15±0.01 ^{a,d,g}	0.10±0.01 ^{c,f,g}	37.22±0.13 ^{c,d,g}	26.12±0.07 ^{c,f,h}

* Sakkaroz çözeltisine daldırma (2 saat) (Immersing sugar solution, 2 hours)

** Sitrik asit çözeltisine daldırma (15 dak) (Immersing citric acid solution, 15 min)

a,b,c ön işlemler arasındaki farkı istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (a, b, c indicate statistically difference between pretreatments ($P < 0.05$)).

d,e,f donma yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (d, e, f indicates statistically difference between freezing method (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

g, h çözündürme yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (g, h indicate statistically difference between dissolution methods (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

Çizelge 4. Farklı ön işlem uygulamalarında ve donma yöntemlerinde çilek örneklerinin çözünür kuru madde, sertlik ve C vitamini değerleri

Table 4. Soluble dry matter (Brix), hardness and vitamin C values of strawberry in different pretreatment and freezing methods

Donma Yönt.	Çöz. Yönt.	Ön işlem	Ön işlem Son. Brix	Çöz. Son. Brix	Ön işlem Son. Sertlik	Çöz. Son. Sertlik	Ön işlem Son. C vit.	Çöz. Son. C vit.
(Freezing Method)	(Thawing Method)	(Pretreatment)	(After Pre. Brix)(°B)	(After Thawing Brix)(°B)	(After Pre. Hardness) (N)	(After Thawing Hardness) (N)	(After Pre. Vit. C) (mg/100 g)	(After Thawing Vit. C) (mg/100 g)
IQF (-15°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	7.50±0.02 ^{a,d,g}	7.00±0.04 ^{a,e,g}	41.62±0.04 ^{a,d,g}	12.01±0.04 ^{a,e,g}	50.26±0.04 ^{a,d,g}	34.28±0.02 ^{a,d,g}
		SÇD*	8.50±0.04 ^{b,d,g}	8.20±0.04 ^{b,e,g}	34.97±0.06 ^{b,d,g}	9.58 ±0.02 ^{b,d,g}	33.26±0.03 ^{b,d,g}	32.86±0.03 ^{b,e,g}
		SAÇD**	8.00±0.02 ^{c,d,g}	7.50±0.03 ^{c,d,g}	58.26±0.03 ^{c,d,g}	11.14±0.03 ^{c,d,g}	49.24±0.04 ^{c,d,g}	39.17±0.03 ^{c,e,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	7.50±0.02 ^{a,d,g}	6.80±0.04 ^{a,d,h}	41.62±0.04 ^{a,d,g}	14.18±0.02 ^{a,d,h}	50.26±0.04 ^{a,d,g}	36.93 ±0.04 ^{a,e,h}
		SÇD*	8.50±0.04 ^{b,d,g}	8.00±0.07 ^{b,d,h}	34.97±0.06 ^{b,d,g}	12.78±0.01 ^{b,d,h}	33.26±0.03 ^{b,d,g}	31.65 ±0.02 ^{b,e,h}
		SAÇD**	8.00±0.02 ^{c,d,g}	6.75±0.06 ^{a,d,h}	58.26±0.03 ^{c,d,g}	10.42±0.01 ^{c,d,h}	49.24±0.04 ^{c,d,g}	39.80 ±0.03 ^{c,d,h}
Konv. (-18 °C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	7.50±0.02 ^{a,d,g}	6.50±0.02 ^{a,d,g}	41.62±0.04 ^{a,d,g}	6.73 ±0.02 ^{a,d,g}	50.26±0.04 ^{a,d,g}	25.45 ±0.02 ^{a,e,g}
		SÇD*	8.50±0.04 ^{b,d,g}	8.00±0.05 ^{b,e,g}	34.97±0.06 ^{b,d,g}	10.41±0.02 ^{b,e,g}	33.26±0.03 ^{b,d,g}	26.12 ±0.01 ^{b,d,g}
		SAÇD**	8.00±0.02 ^{c,d,g}	7.25±0.03 ^{c,e,g}	58.26±0.03 ^{c,d,g}	7.87 ±0.01 ^{c,e,g}	49.24±0.04 ^{c,d,g}	30.18 ±0.03 ^{c,d,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	7.50±0.02 ^{a,d,g}	6.75±0.03 ^{a,d,h}	41.62±0.04 ^{a,d,g}	7.36 ±0.03 ^{a,e,h}	50.26±0.04 ^{a,d,g}	20.90±0.02 ^{a,d,e,h}
		SÇD*	8.50±0.04 ^{b,d,g}	7.75±0.07 ^{b,d,h}	34.97±0.06 ^{b,d,g}	9.04 ±0.03 ^{b,e,h}	33.26±0.03 ^{b,d,g}	26.21±0.02 ^{b,d,h}
		SAÇD**	8.00±0.02 ^{c,d,g}	7.00±0.04 ^{c,d,h}	58.26±0.03 ^{c,d,g}	7.73 ±0.02 ^{a,e,g}	49.24±0.04 ^{c,d,g}	25.17±0.01 ^{c,e,h}
Konv. (-24 °C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	7.50±0.02 ^{a,d,g}	6.50±0.06 ^{a,d,g}	41.62±0.04 ^{a,d,g}	15.96±0.03 ^{a,d,g}	50.26±0.04 ^{a,d,g}	28.00±0.03 ^{a,f,g}
		SÇD*	8.50±0.04 ^{b,d,g}	8.00±0.04 ^{b,d,g}	34.97±0.06 ^{b,d,g}	12.50±0.01 ^{b,f,g}	33.26±0.03 ^{b,d,g}	26.21±0.03 ^{b,d,g}
		SAÇD**	8.00±0.02 ^{c,d,g}	7.20±0.06 ^{c,f,g}	58.26±0.03 ^{c,d,g}	9.90 ±0.01 ^{c,f,g}	49.24±0.04 ^{c,d,g}	32.80±0.04 ^{c,d,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	7.50±0.02 ^{a,d,g}	6.70±0.05 ^{a,d,h}	41.62±0.04 ^{a,d,g}	11.65±0.04 ^{a,f,h}	50.26±0.04 ^{a,d,g}	17.54 ±0.02 ^{a,d,h}
		SÇD*	8.50±0.04 ^{b,d,g}	7.80±0.06 ^{b,d,h}	34.97±0.06 ^{b,d,g}	9.68±0.03 ^{b,f,h}	33.26±0.03 ^{b,d,g}	24.91 ±0.01 ^{b,d,h}
		SAÇD**	8.00±0.02 ^{c,d,g}	7.00±0.02 ^{c,d,h}	58.26±0.03 ^{c,d,g}	9.48 ±0.03 ^{c,f,h}	49.24±0.04 ^{c,d,g}	19.96 ±0.01 ^{c,e,h}

* Sakkaroz çözeltisine daldırma (2 saat) (Immersing sugar solution, 2 hours)

** Sitrik asit çözeltisine daldırma (15 dak) (Immersing citric acid solution, 15 min)

a,b,c ön işlemler arasındaki farkı istatistiksel olarak belirtmektedir (P <0.05). (a, b, c indicate statistically difference between pretreatments (P <0.05)).

d,e,f donma yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir (P <0.05). (d, e, f indicates statistically difference between freezing method (on the same pretreatment) (P <0.05)).

g, h çözündürme yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir (P <0.05). (g, h indicate statistically difference between dissolution methods (on the same pretreatment) (P <0.05)).

Dokudaki Değişim

Önemli kalite özelliklerinden olan doku, mandalinada iğne başlık kullanılarak sertliğin test edilmesi ile, çilekte ise TPA analizi ile belirlenmiştir. Çizelge 3'te verilen sertlik değerlerine bakıldığında taze mandalınanın sertlik değerinin 0.37 N olduğu görülmektedir. Ön işlem olarak sitrik asite daldırma uygulanan mandalina örneklerinin dokularında önemli düzeyde yumuşama gerçekleşmiştir (P <0.05). Çözünme işlemi ile genellikle sertlik değerlerinin azaldığı görülmektedir. Donmuş çilekteki kuru madde miktarının yüksekliğinin, çözünme sonrası hücresel sıvı kayıplarını azalttığı ve buna bağlı olarak çilekteki doku hasarını azalttığı yapılan bir

çalışmada raporlanmıştır (Reno vd., 2011). Ayrıca buzdolabında çözündürme ile mikrodalga çözünmeye oranla dokunun daha fazla korunduğu tespit edilmiştir (P <0.05). Donma yöntemi olarak IQF'in dokuyu koruduğu saptanmıştır (P <0.05).

Çizelge 5 incelendiğinde, taze çileğin sertlik değerinin 41.62 N olduğu görülmektedir. Genel olarak çilek örneklerine uygulanmış tüm donma ve çözündürme yöntemlerine bakıldığında, ön işlem ve çözündürme sonrasında sertlik değerlerinde büyük oranlarda değişim saptanmıştır. Çileğin çözünme sonrası dokusal bütünlüğünü büyük oranda kaybettiği belirlenmiştir (P <0.05).

Çizelge 5. Uygulanan ön işlem ve çözündürme sonrası mandalina örneklerinin renk değişimi değerleri (ΔE , C^* , h°)Table 5. The color change values (ΔE , C^* , h°) of mandarin after pretreatment and thawing

Donma Yönt. (Freezing Method)	Çöz. Yönt. (Thawing Method)	Ön işlem (Pretreatment)	Ön işlem Son. (After Pre.) ΔE	Çöz. Son. (After Thawing) ΔE	Ön işlem Son. (After Pre.) Chroma (C^*)	Çöz. Son. (After Thawing) Chroma (C^*)	Ön işlem Son. (After Pre.) Hue(h°)	Çöz. Son. (After Thawing) Hue(h°)
IQF (-15°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	-	-	22.67±3.98 ^{a,d,g}	20.92±5.67 ^{a,d,g}	1.16±0.02 ^{a,d,g}	1.28±0.03 ^{a,d,g}
		SÇD*	11.09±3.28 ^{a,d,g}	7.59±1.88 ^{a,e,g}	29.56±5.29 ^{a,d,g}	22.65±7.72 ^{a,d,g}	1.27±0.04 ^{b,d,g}	1.26±0.03 ^{a,d,g}
		SAÇD**	6.74±1.46 ^{b,d,g}	5.36±4.11 ^{a,d,g}	23.69±3.67 ^{a,d,g}	21.02±5.30 ^{a,d,g}	1.23±0.05 ^{b,d,g}	1.27±0.04 ^{a,d,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	-	-	22.67±3.98 ^{a,d,g}	28.52±2.54 ^{a,d,h}	1.16±0.02 ^{a,d,g}	1.29±0.04 ^{a,d,h}
		SÇD*	11.09±3.28 ^{a,d,g}	9.55±3.04 ^{a,d,g}	29.56±5.29 ^{a,d,g}	28.48±5.28 ^{a,d,g}	1.27±0.04 ^{b,d,g}	1.38±0.04 ^{b,e,h}
		SAÇD**	6.74±1.46 ^{b,d,g}	5.90±2.02 ^{b,d,g}	23.69±3.60 ^{a,d,g}	22.86±5.71 ^{a,d,g}	1.23±0.05 ^{b,d,g}	1.32±0.04 ^{b,e,h}
Konv. (-18°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	-	-	22.67±3.98 ^{a,d,g}	24.42±9.94 ^{a,d,g}	1.16±0.02 ^{a,d,g}	1.29±0.02 ^{a,e,g}
		SÇD*	11.09±3.28 ^{a,d,g}	7.89±2.45 ^{a,d,e,g}	29.56±5.29 ^{a,d,g}	29.25±5.84 ^{a,d,g}	1.27±0.04 ^{b,d,g}	1.28±0.04 ^{a,d,g}
		SAÇD**	6.74±1.46 ^{b,d,g}	8.39±3.54 ^{a,d,g}	23.69±3.60 ^{a,d,g}	20.61±5.19 ^{a,d,g}	1.23±0.05 ^{b,d,g}	1.32±0.03 ^{a,e,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	-	-	22.67±3.98 ^{a,d,g}	25.19±5.96 ^{a,d,g}	1.16±0.02 ^{a,d,g}	1.25±0.03 ^{a,d,g}
		SÇD*	11.09±3.28 ^{a,d,g}	7.89±2.45 ^{a,e,g}	29.56±5.29 ^{a,d,g}	31.92±3.31 ^{a,d,g}	1.27±0.04 ^{b,d,g}	1.28±0.06 ^{a,e,g}
		SAÇD**	6.74±1.46 ^{b,d,g}	8.39±3.54 ^{a,e,g}	23.69±3.60 ^{a,d,g}	30.50±6.74 ^{a,d,h}	1.23±0.05 ^{b,d,g}	1.25±0.03 ^{a,d,h}
Konv. (-24°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	-	-	22.67±3.98 ^{a,d,g}	32.88±2.44 ^{a,d,g}	1.16±0.02 ^{a,d,g}	1.26±0.01 ^{a,e,g}
		SÇD*	11.09±3.28 ^{a,d,g}	5.04±1.81 ^{a,d,g}	29.56±5.29 ^{a,d,g}	30.02±4.29 ^{a,d,g}	1.27±0.04 ^{b,d,g}	1.27±0.04 ^{a,d,g}
		SAÇD**	6.74±1.46 ^{b,d,g}	4.38±1.52 ^{a,d,g}	23.69±3.60 ^{a,d,g}	30.50±6.74 ^{a,d,g}	1.23±0.05 ^{b,d,g}	1.25±0.03 ^{a,e,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	-	-	22.67±3.98 ^{a,d,g}	31.82±4.46 ^{a,d,g}	1.16±0.02 ^{a,d,g}	1.27±0.02 ^{a,d,g}
		SÇD*	11.09±3.28 ^{a,d,g}	4.51±1.00 ^{a,d,g}	29.56±5.29 ^{a,d,g}	32.44±3.28 ^{a,d,g}	1.27±0.04 ^{b,d,g}	1.23±0.03 ^{a,d,g}
		SAÇD**	6.74±1.46 ^{b,d,g}	4.60±1.20 ^{a,d,g}	23.69±3.60 ^{a,d,g}	26.09±4.20 ^{a,d,g}	1.23±0.05 ^{b,d,g}	1.32±0.03 ^{b,e,h}

* Sakkaroz çözeltisine daldırma (2 saat) (Immersing sugar solution, 2 hours)

** Sitrik asit çözeltisine daldırma (15 dak) (Immersing citric acid solution, 15 min)

a,b,c ön işlemler arasındaki farkı istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (a, b, c indicate statistically difference between pretreatments ($P < 0.05$)).

d,e,f donma yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (d, e, f indicates statistically difference between freezing method (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

g, h çözündürme yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (g, h indicate statistically difference between dissolution methods (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

C Vitaminindeki Değişim

Mandalina ve çilek örneklerinin farklı ön işlemler, farklı donma yöntemleri ve farklı çözündürme yöntemleri sonrası C vitamini miktarlarındaki değişim Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir. Taze mandalina 45.28 mg/100 g, taze çilek ise 50.26 mg/100 g C vitamini içermektedir. En az kayıp IQF yöntemi ile dondurulan mandalina örneklerinde gözlenmiştir. Bu yöntemle dondurulan, mikrodalgada ve buzdolabında çözündürme yöntemleriyle çözündürülen mandalina örneklerinde C vitamini değişiminin en az olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Çilek örneklerinde çözünme sonrası C vitamini değerleri incelendiğinde en yüksek kaybın kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Sahari ve ark. tarafından 2003 yılında çilekteki askorbik asidin ve diğer kalite karakteristiklerinin korunması için, düşük depolama sıcaklığının ve

dondurma metodlarının kaliteye etkisi üzerine yapılan çalışmada çilekler, -20°C'ta 24 saat bekletildikten sonra -12°C, -18°C ve -24°C 'taki depolarda bekletilerek, uygulanan tüm sıcaklık değerleri arasında askorbik asit, pH, antosiyanin, asitlik tayini yapılmış ve yavaş ve hızlı dondurma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda askorbik asit içeriği dikkate alındığında -12°C, -18°C ve -24°C'ta depolanan örneklerde sırayla %64,5, %10,7 ve %8,9'luk bir azalma gözlenmiştir. Hızlı dondurmada daha az askorbik asit kaybı olduğu tespit edilmiştir. C vitamini kristal haldeyken dayanıklı bir bileşik olmasına karşın, gıdalarda olduğu gibi yani çözelti halindeyken kolaylıkla parçalanabilmekte ve özellikle oksijen ve ışık etkisiyle dondurarak muhafaza dahil tüm depolama koşullarında askorbik asit kaybı görülmektedir. (Kasak vd., 2009)

Renk Değişimi

Mandalina ve çilek örneklerine uygulanan ön işlemler ve takiben uygulanan donma ve çözünme işlemleri sonrasında örneklerin L*, a* ve b* değerleri kaydedilmiş ve toplam renk farkını ifade eden ΔE değerleri, renk yoğunluğu Chroma değerleri ve renk tonu Hue değerleri hesaplanmış ve Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Sakkaroz çözeltisi içinde osmoz edildikten sonra IQF yöntemi ile dondurulmuş mandalina dilimlerinde renk değişiminin %31.56 olduğu, sitrik asit çözeltisine daldırılan mandalina örneklerinde ise % 20.47'lik değişim gözlemlendiği belirlenmiştir. Sakkaroz çözeltisi mandalinalarda daha koyu bir renk elde edilmesini sağlamıştır. Renk tonunu belirleyen Hue açısız değeri incelendiğinde ön işlem uygulanmayan grupta değişim %10.34 olarak belirlenmiştir. Ön işlem uygulamalarında bu değişim sakkaroz çözeltisinde % 0.79, sitrik asit çözeltisinde %3.25 olarak belirlenmiştir. En yüksek Chroma değerinin ise sakkaroz çözeltisinde ön işlem uygulanan mandalina

dilimlerinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Sakkaroz çözeltisinde ön işlem uygulanmasının mandalina dilimlerinde renk yoğunluğunu belirgin bir şekilde geliştirdiği anlaşılmaktadır. Çözünme sonrası mandalinadaki Chroma sonuçları incelendiğinde hızlı donma sonrası düşük Chroma değerlerinin elde edildiği görülmektedir ($P < 0.05$).

Renk tonunu belirleyen Hue açısız değeri incelendiğinde taze çileğin Hue değerinin 0.41 olduğu görülmektedir. Ön işlem ve çözündürme sonrasında çilek örneklerinin Hue değerleri incelendiğinde (Çizelge 6) -18°C'ta konvansiyonel olarak dondurulan ve mikrodalga fırında çözündürülen çilek örneklerinde büyük oranlarda değişim olduğu bulgulanmıştır ($P < 0.05$). Hue açısının artması rengin kırmızılığının azaldığını göstermektedir. Chroma değerinin yüksek olması ise renk yoğunluğunun fazla olduğu anlamına gelmektedir. Sakkaroz çözeltisinde ön işlem uygulanmasının çilekte renk yoğunluğunu geliştirdiği anlaşılmaktadır ($P < 0.05$).

Çizelge 6. Uygulanan ön işlem ve çözündürme sonrası çilek örneklerinin renk değişimi değerleri (ΔE , C*, h°)

Table 6. The color change values (ΔE , C*, h°) of strawberry after pretreatment and thawing

Donma Yönt. (Freezing Method)	Çöz. Yönt. (Thawing Method)	Ön işlem (Pretreatment)	Ön işlem Son. (After Pre.) ΔE	Çöz. Son. (After Thawing) ΔE	Ön işlem Son. (After Pre.) Chroma (C*)	Çöz. Son. (After Thawing) Chroma (C*)	Ön işlem Son. (After Pre.) Hue(h°)	Çöz. Son (After Thawing) Hue(h°)
IQF (-15°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	-	-	29.59±1.27 ^{a,d,g}	25.70±1.25 ^{a,e,g}	0.41±0.03 ^{a,d,g}	0.35±0.02 ^{b,d,g}
		SÇD*	5.79±0.55 ^{a,d,g}	3.14±0.12 ^{a,e,g}	33.10±1.06 ^{b,d,g}	26.91±0.97 ^{a,d,g}	0.42±0.01 ^{a,d,g}	0.29±0.02 ^{a,d,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	-	-	29.59±1.27 ^{a,d,g}	27.60±1.35 ^{a,d,h}	0.41±0.03 ^{a,d,g}	0.35±0.01 ^{a,d,g}
		SÇD*	5.79±0.55 ^{a,d,g}	4.49±0.68 ^{a,d,h}	33.10±1.06 ^{b,d,g}	26.03±1.09 ^{a,d,g}	0.42±0.01 ^{a,d,g}	0.42±0.02 ^{b,d,h}
		SACD**	8.71±0.90 ^{b,d,g}	3.06±0.19 ^{a,d}	33.54±0.98 ^{b,d,g}	24.94±1.07 ^{a,d,g}	0.44±0.01 ^{a,d,g}	0.31±0.01 ^{a,d,g}
		SACD**	8.71±0.90 ^{b,d,g}	2.88±0.32 ^{b,d,g}	33.54±0.98 ^{b,d,g}	26.62±2.01 ^{a,d,g}	0.44±0.01 ^{a,d,g}	0.31±0.02 ^{c,d,g}
Konv. (-18°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	-	-	29.59±1.27 ^{a,d,g}	33.43±2.36 ^{a,f,g}	0.41±0.03 ^{a,d,g}	0.55±0.02 ^{a,e,g}
		SÇD*	5.79±0.55 ^{a,d,g}	4.49±0.68 ^{a,d,g}	33.10±1.06 ^{b,d,g}	37.73±3.45 ^{a,e,g}	0.42±0.01 ^{a,d,g}	0.58±0.01 ^{b,e,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	-	-	29.59±1.27 ^{a,d,g}	39.18±3.06 ^{a,e,h}	0.41±0.03 ^{a,d,g}	0.59±0.02 ^{a,e,h}
		SÇD*	5.79±0.55 ^{a,d,g}	4.89±0.12 ^{a,e,g}	33.10±1.06 ^{b,d,g}	36.77±2.68 ^{a,e,g}	0.42±0.01 ^{a,d,g}	0.62±0.01 ^{a,e,h}
		SACD**	8.71±0.90 ^{b,d,g}	4.78±0.03 ^{b,e,h}	33.54±0.98 ^{b,d,g}	35.32±2.14 ^{a,e,g}	0.44±0.01 ^{a,d,g}	0.62±0.01 ^{a,e,h}
		SACD**	8.71±0.90 ^{b,d,g}	4.78±0.03 ^{b,e,h}	33.54±0.98 ^{b,d,g}	35.32±2.14 ^{a,e,g}	0.44±0.01 ^{a,d,g}	0.62±0.01 ^{a,e,h}
Konv. (-24°C)	Buzdolabı (Refrigerator) (+4 C, 4 h)	Kontrol	-	-	29.59±1.27 ^{a,d,g}	19.01±1.28 ^{a,d,g}	0.41±0.03 ^{a,d,g}	0.38±0.02 ^{b,d,g}
		SÇD*	5.79±0.55 ^{a,d,g}	7.89±0.23 ^{a,e,g}	33.10±1.06 ^{b,d,g}	25.93±2.30 ^{b,d,g}	0.42±0.01 ^{a,d,g}	0.35±0.03 ^{b,f,g}
	Mikrodalga (Microwave) (2 dak)	Kontrol	-	-	29.59±1.27 ^{a,d,g}	25.70±1.61 ^{a,d,h}	0.41±0.03 ^{a,d,g}	0.35±0.02 ^{a,d,g}
		SÇD*	5.79±0.55 ^{a,d,g}	3.14±0.09 ^{a,d,h}	33.10±1.06 ^{b,d,g}	26.91±1.26 ^{a,d,g}	0.42±0.01 ^{a,d,g}	0.29±0.01 ^{a,f,h}
		SACD**	8.71±0.90 ^{b,d,g}	3.06±0.04 ^{a,d,h}	33.54±0.98 ^{b,d,g}	24.94±1.74 ^{a,d,g}	0.44±0.01 ^{a,d,g}	0.31±0.01 ^{a,d,g}
		SACD**	8.71±0.90 ^{b,d,g}	3.06±0.04 ^{a,d,h}	33.54±0.98 ^{b,d,g}	24.94±1.74 ^{a,d,g}	0.44±0.01 ^{a,d,g}	0.31±0.01 ^{a,d,g}

* Sakkaroz çözeltisine daldırma (2 saat) (Immersing sugar solution, 2 hours)

** Sitrik asit çözeltisine daldırma (15 dak) (Immersing citric acid solution, 15 min)

a,b,c ön işlemler arasındaki farkı istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (a, b, c indicate statistically difference between pretreatments ($P < 0.05$)).

d,e,f donma yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (d, e, f indicates statistically difference between freezing method (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

g, h çözündürme yöntemleri arasındaki farkı (aynı ön işlem üzerinde) istatistiksel olarak belirtmektedir ($P < 0.05$). (g, h indicate statistically difference between dissolution methods (on the same pretreatment) ($P < 0.05$)).

SONUÇLAR

Farklı ön işlemler uygulanan mandalina ve çileklerin kalitesi üzerine donma hızı ve çözündürme tekniklerinin etkileri incelenmiştir. Donma öncesi meyvelere uygulanan sakkaroz çözeltisi içinde osmotik ön işlem meyvelerin renk özelliklerini geliştirmekte, ayrıca süzüntü kayıplarını azaltarak meyvelerin dokusal kalitesinin korunmasını sağlamaktadır. Donma hızının meyvenin kalite özelliğini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Yüksek donma hızının mandalina ve çilekte donma sırasında meydana gelen kalite kayıplarında azalma sağladığı belirlenmiştir. Meyvelerde donma işlemi kadar çözündürmenin uygun yöntemle yapılması da önem taşımaktadır. Uygun olmayan çözündürme teknikleri donma işlemi ile yüksek oranda korunması amaçlanan ürün karakteristiklerinde bozunmalar meydana getirmektedir. Mikrodalga fırında çözündürme işleminin çözünme kayıplarını azalttığı, buzdolabı koşullarında uzun süren çözünme işlemi ve örneklerin bu süreçte ısı dalgalanmaya maruz kalmasının çözünme sırasındaki çözünme kaybını arttırdığı belirlenmiştir. Yavaş donma işleminde büyük buz kristallerinin oluşumu ile ilişkilendirilen hücre zedelenmeleri, ürünlerin çözünmesi sırasında görülen olumsuz değişimlerin en önemli nedenidir. Buzdolabı ortamında gerçekleşen çözündürme işlemi daha uzun sürmesi ve çözünme sırasında meydana gelen su kaybının fazla olması ile dikkat çekmektedir. Mikrodalga fırında çözündürme işleminin kısa süreli olması ve çözünme sonrası meydana gelen su kayıplarının az olması bu yöntemi ön plana çıkarmaktadır.

KAYNAKLAR

Abd-Elhady, M. (2014). Effect of citric acid, calcium lactate and low temperature prefreezing treatment on the quality of frozen strawberry. *Ann Agr Sci*, 59: 69-75.

Baysal, T., Ergün, A. R., Akkgün, B., Karcı, G., Kaplan, N. (2014). Dondurma işleminde bazı ön uygulamaların çilek ve mandalinaların kalite üzerine etkilerinin incelenmesi. *GIDA*, 39: 203-210.

Baysal, T., İçier, F., Baysal, A.H. (2011). Güncel elektriksel ısıtma yöntemleri. Sıdaş yayınları, İzmir, ISBN: 9786058797666.

Bigliaa, A., Combaa, L., Fabriziob, E., Gaya, P., Aimonino, D.R. (2016). Case studies in food freezing at very low temperature. *Energy Proced*, 101: 305-312.

Bozkır, H. ,Baysal, T., Rayman E. , A. (2014). Gıda Endüstrisinde Uygulanan Yeni Çözündürme Teknikleri. *Akademik Gıda*, 12: 38-44.

Cemeroğlu, B. (2010). Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, ISBN: 9759857868.

Chung, H., Kim, D.S., Kim, H.S., Lee, Y.G., Seong, J.H. (2013). Effect of freezing pretreatment on the quality of juice extracted from Prunus mume fruit by osmosis with sucrose. *LWT-Food Sci Technol*, 54: 30-34.

Demiray, E., Tülek, Y. (2010). Donmuş muhafaza sırasında meyve ve sebzelerde oluşan kalite değişimleri. *Akademik Gıda*, 8: 36-44.

Fellows P.J. (2017). Food Processing Technology. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, ISBN 978-1-84569-216-2.

Hışıl, Y. (2011), Enstrümantal Gıda Analizleri, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, ISBN: 9754838008.

Hui, Y.H., Guerrero Legarretta, I., Lim, M.H., Murrell, K.D., Nip, W.K. (2004) *Handbook of Frozen Food*; CRC Press: Boca Raton, ISBN:0-8247-4712-7.

Kasnak , C., Toğrul, H. , Çağla, A., Bireysel Hızlı Dondurma Tekniği ile Dondurulmuş Vişnelerde Depolama Süresince Yapısal Değişimler, 2. Geleneksel Gıdalar Kongresi poster bildirisi, 2009

Kesim, M., 1995. Gıda Teknolojisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No:909, Eskişehir, 260.

Ketata, M., Desjardins, Y., Ratti, C. (2013). Effect of liquid nitrogen pretreatments on osmotic dehydration of blueberries. *J Food Eng*, 116: 202-212.

Oszmianski, J., Wojdy, A., Kolniak, J. (2009). Effect of L-ascorbic acid, sugar, pectin and freeze-thaw treatment on polyphenol content of frozen strawberries. *LWT-Food Sci Technol*, 42: 581-586.

Pala, M. (1983). Meyve ve Sebzelerin Dondurulması. *GIDA*, 8: 131-137.

Parniakov, O., N.I. Lebovka, O. Bals, Vorobiev E. (2015). Effect of electric field and osmotic pre-treatments on quality of apples after freezing-thawing. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 29: 23-30.

Pukszta, T., Palich, P. (2007). The effect of freezing conditions of strawberry storage on the level of thawing drip loss. *Acta Agrophys*, 9: 203-208.

Reno, M. J., Prado, M. E. T., Resende, J. V. (2011). Microstructural changes of frozen strawberries submitted to pre-treatments with additives and vacuum impregnation. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 31, 247-256.

Sahari, M.A., Boostani, M.F., Hamidi, Z.E., 2003, Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. *Food Chemistry* 86: 357-363.

Sun, D.W., Li, B. (2003). Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing. *J Food Eng*, 57: 337-345.

Turmanidze, T., Jgenti, M., Gulua, L., Shaiashvili, V. (2017). Effect of ascorbic acid treatment on some quality parameters of frozen strawberry and raspberry fruits. *Ann Agrarian Sci*, 15: 370-374.