

Bireysel Hızlı Dondurma (IQF) İşleminin Kırmızı Eriklerde Fiziksel Kalite Parametrelerine Etkisi

Emine ERDAĞ AKCA *¹ Sermet Can BEYLİKÇİ ¹

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa
* emine.erdag@cbu.edu.tr (Sorumlu Yazar)

Özet

Gıda endüstrisinde çeşitli işleme ve muhafaza yöntemleri geliştirilmeye devam etse de meyve-sebze alanında özellikle hasat sonrası sezonda yüksek oranlarda kayıplar söz konusudur. Meyve-sebze grubu ürünlerin hızlı bozulmasında en büyük etken bünyelerindeki yüksek (%85-95) su miktarıdır. Suyun modifikasyonunu içeren dondurma teknolojisi, gıdaların kalite, raf ömrü ve dokusal özellikleri üzerinde etkili rol oynar. Bu çalışma kapsamında bireysel hızlı dondurma (IQF) teknolojisinin kırmızı eriklerin fiziksel özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Örnekler, tüketilebilirliğin önemli kriterlerinden renk, tekstür özellikleri ile; donmuş ürünlerde önemli bir parametre olan su salma açısından incelenmiştir. İşlem boyunca eriklerin merkez noktasına yerleştirilen termokupl ile sıcaklık değeri ölçülerek donma hızı (0,93°C dk⁻¹) tespit edilmiş, donma grafiği oluşturulmuştur. Örneklerde renk ölçümleri gerçekleştirilerek L*, a*, b* değerleri; bu değerler vasıtasıyla renk değişimi (ΔE) ve renk yoğunluğu (Kroma, C*) hesaplanmıştır. Eriklerde donma işleminin yarattığı mekanik hasarın tespiti işlem öncesi (459,90 gForce) ve sonrası sertlik değerleri (160,05 gForce) sayesinde saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, yüksek besinsel özelliklere rağmen sınırlı hasat süresi, depolama, raf ömrü stabilitesi gibi zorluklara sahip olan kırmızı eriklerde IQF işleminin kullanılabilirliğinin artırılması için fiziksel özelliklerde iyileştirmeler sağlayacak ön işlem ve/veya çözdürme tekniklerinin araştırılmasının geniş fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Dondurarak muhafaza, meyve sebze, donma hızı, tekstür, renk

The Effect of Individual Quick Freezing (IQF) Process on Physical Quality Parameters of Red Plums

Abstract

There are increasing losses in the fruit and vegetable industry, especially in the post-harvest season, in spite of various preservation methods. The main factor in the rapid deterioration of fruit and vegetable is the high (85-95%) amount of water in their composition. Freezing technology, which includes the modification of water, has an impact on the quality, shelf life and textural properties of foods. Within the scope of this study, the effect of individual quick freezing (IQF) technology on the physical properties of plums was investigated. Plums were examined in terms of color (L*, a*, b* values, total color change, color intensity), texture characteristics, which are important criteria of consumable; water release, which is an important parameter in frozen products. The freezing rate (0.93°C min⁻¹) was determined and the freezing graph was created. The mechanical damage caused by freezing was detected by the hardness values (160.05 gForce) before and after the process (459.90 gForce). In conclusion, it is thought that pre- and/or post treatment studies that provides improvements in physical properties to increase the usability of IQF in red plums, which have difficulties such as limited harvest time, shelf life stability despite high nutritional properties.

Keywords: Freeze preservation, fruit and vegetables, freezing rate, texture, color

Giriş

Küresel açlıkla mücadele ve gıda güvenliğini iyileştirmeye yönelik çabaların bir parçası olarak gıda kaybı ve israfı, son yıllarda birçok araştırma dalından bilim insanının, endüstrinin, ulusal ve uluslararası kuruluşların odaklandığı bir konu haline gelmiştir. Gıda kaybı ve gıda israfı yeterli besinsel özelliklere sahip, tüketilebilecek seviyedeki gıdanın miktarındaki azalma olarak açıklanmaktadır. Gıda kaybı üretim, hasat sonrası depolama, nakliye, işleme adımları da dahil olmak üzere tedarik zincirinin başlangıcında gerçekleşen azalmalar, gıda israfı ise perakende ve tüketim gibi tedarik zincirinin son aşamalarında meydana gelen kayıplar olarak tanımlanmaktadır (FAO, 2013). Söz konusu meyve sebze endüstrisi olduğunda, hasattan tüketime kadar bütün süreçler, hızla bozulmaya yatkın bu ürün grubunun fiziksel ve besleyici değerlerinin

korunarak gıda kaybı ve/veya israfının önüne geçilmesinde kritik öneme sahiptir (Porat vd., 2018).

Meyve-sebzeler vitamin, mineral ve diyet lif kaynağı olarak günlük diyeteye yüksek oranda entegre edilmesi gerekli olan temel besin maddeleridir (Silva vd., 2008). Artan sağlıklı yaşam eğilimine paralel olarak meyve sebze üretim ve tüketimi yıldan yıla artış göstermektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2021 yılında yayınlamış olduğu rapor ile, Dünya meyve üretiminin 2000-2019 yılları arasında geçen süreçte %54 artarak 883 milyon tona yükseldiğini ve bu oranın 311 milyon tonluk bir artışı temsil ettiğini bildirmektedir (FAO, 2021). Ancak artan küresel talebe rağmen ekili miktarın yaklaşık %50'si gıda kaybı veya gıda israfı olarak açığa çıkmakta, ekili arazilerdeki meyvelerin neredeyse yarısı tüketilemeyecek duruma gelmektedir. Bu oran az gelişmiş veya gelişmekte olan

ülkeler için çok daha yüksek seviyelerdedir (Elik vd., 2019). Ürünlerin fiziksel, besinsel ve mikrobiyal açıdan tüketilebilir seviyelerde kalması ve kayıpların önlenmesi için yeni teknolojik yöntemler de dahil olmak üzere farklı muhafaza teknikleri sürekli geliştirilmeye devam edilmektedir. Gıdaların korunması genellikle mikrobiyal büyümeyi önleyen ve kalite bozulma reaksiyonlarını geciktiren teknolojileri kapsamaktadır. Bu teknolojilerden biri olan dondurma işlemi uzun zamandır kullanılan etkili kanıtlanmış bir mekanizma olarak yerel kullanımının yanı sıra tedarik zincirinin çeşitli seviyelerinde de tercih edilmektedir. Donma işlemi sayesinde özellikle meyvenin taze halde iken ulaştırılmadığı uzak pazarlara ulaşımı kolaylaştırılmaktadır (Silva vd., 2008). Dondurulmuş meyveler modern toplumda büyük ve önemli bir besin grubunu oluşturmaktadır. Bununla birlikte dondurulmuş bütün meyvelerden, dilimlerden veya meyve pulplarından reçel, meyve suyu, jöle gibi ürünlerin elde edilmesi donma işleminin kullanım alanlarını artıran faktörlerdendir (Skrede, 2019; Nida vd., 2021).

Geleneksel gıda dondurma işlemi, gıda malzemesinin sıcaklığının -18°C veya altına düşürülmesini içeren bir prosestir (Nida vd., 2021). Ürün sıcaklığının donma noktasının altına indirildiği "dondurma" işleminin, diğer gıda muhafaza tekniklerine göre daha iyi doku, tat ve besin değeri sağladığı bilinmektedir. Bu proses esnasında söz konusu gıdanın sıcaklığı donma noktasının altına düşürülürken; biyokimyasal, enzimatik ve mikrobiyal aktiviteler sınırlandırılmaktadır. Donma sırasında gerçekleşen bu olayların düşük su aktivitesi ile kombinasyonu sayesinde gıda korunurken, duysal kalite ve besin değerlerinde değişiklikler minimum düzeyde meydana gelmektedir (Fellows, 2022). Dondurma teknolojisinin alt dallarından akışkan yatak donduruculara bireysel hızlı dondurma (IQF) işlemi gıdaların yalıtılmış bir tünel içerisine verilen soğuk hava ile dondurulmasını amaçlamaktadır. Akışkan yatak diğer bir ifade ile bireysel hızlı dondurma sistemleri -25 ve -40°C sıcaklıklarında havanın dikey olarak yukarı doğru üflendiği delikli tepsi veya banttan oluşmaktadır. Güçlü fanlar vasıtası ile sisteme verilen hava hem soğutma hem de taşıma ortamı görevi görmekte, böylece ürün yüzeyini bir film gibi sarak hızlı ve tek tek donma işlemi gerçekleştirilmektedir. IQF dondurucularda hızlı hava akımı ile konvansiyonel yöntemlere kıyasla gıda materyalinin daha kısa süre içerisinde donması sağlanabilmektedir. IQF, son ürünün daha iyi dokuda olması, blok oluşumunun engellenmesi gibi avantajlarından dolayı başta meyve sebze grubu olmak üzere mevsimsel ürünler için sıklıkla tercih edilmektedir (Kamiloğlu, 2019; Chaves ve Zaritzky, 2018).

Prunus cinsi ve Rosaceae familyasından olan erik (*Prunus salicina* L.), Türkiye'de ve Dünya'da en popüler meyvelerden biridir. Tüketiciler tarafından

genellikle renk, aroma, tatlılık, sululuk gibi organoleptik özellikleri nedeniyle tercih edilse de yapılan çalışmalar eriklerin antioksidan, antidiyabetik ve anti-aterosklerotik etkiler gibi farmasötik özelliklere sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Su, lif, karbonhidratlar, vitaminler (A, C, E, K) ve antioksidanlar (fenolik bileşikler, antosiyaninler ve karotenoidler) bakımından zengin olması, çok düşük yağ içeriğine sahip olması insan beslenmesindeki önemli özelliklerinden başlıcalarıdır. Besinsel ve organoleptik pozitif özelliklerine rağmen, sert çekirdekli meyvelerin depolama sırasında çok kısa raf ömrüne sahip ve en çabuk bozulan gıda ürünlerinden olduğu bilinmektedir (Cabrera-Banegil vd., 2020; Murathan vd., 2020; Arabia vd., 2022).

Bir gıdanın kaliteli ve güvenilir olması tüketim tercihini etkileyen iki önemli unsurdur. Kalite kavramı olarak, hem insan duyuuları tarafından kolayca algılanan duysal nitelikleri (genel görünüm, doku, tat ve aroma gibi) hem de gizli özellikleri (besin değeri, kimyasal bileşenler, mekanik ve işlevsel özellikler gibi) kapsamaktadır. Güvenlik ise daha çok ürünün kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile bağlantılıdır. Dahası bu iki temel kavram gıda materyalinin bir özelliği olmaktan çok ürünün gereklilikleri ve standartlarla ilgilidir. Dondurulmuş meyvelerin kalitesi ve stabilitesi, ürünün kendi yapısal özellikleri ile birlikte uygulanan dondurma işleminden yüksek oranda etkilenmektedir (Skrede, 2019). Donmuş bir meyve çözündürüldükten sonra direkt olarak tüketilecek ise meyvenin fiziksel özellikleri, dolaylı yollardan herhangi bir gıda ürününün bileşeni olarak kullanılması durumuna göre çok daha fazla öneme sahiptir. Kırmızı eriklerin yüksek besinsel özelliklerine rağmen sınırlı hasat süresi, depolama ve raf ömrü stabilitesi gibi başlıca etmenler söz konusu meyvenin muhafazasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada temel muhafaza tekniklerinden olan bireysel hızlı dondurma işlemi (IQF) uygulamasının, kırmızı eriklerin fiziksel kalite özelliklerini etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma kapsamında araştırma materyali olarak bir Japon eriği çeşidi olan Angeleno erikler kullanılmıştır. Erikler Ağustos ayının ilk haftasında, erken hasat döneminde Manisa ilinde yerel bir manavdan temin edilmiştir. Donma işleminde homojenliği artırmak amacıyla eriklerin dijital kumpas yardımı ile boyutları ölçülmüş ve yakın boyutlular seçilmiştir. Dondurma öncesi $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen örnekler yıkanıp kurularak dondurma işlemine hazır hale getirilmiştir. Araştırma süresince kullanılan bütün kimyasallar ve ekipmanlar Manisa Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yer alan laboratuvarlardan temin edilmiştir.

Yöntem

Donma işlemi ve donma hızının tespiti

Dondurma işlemi öncesi termokupullar erik meyveleri için meyvenin çapının ortalaması olduğu düzlemde çekirdek yüzeyine kadar sokulup meyve yüzeyinde sabitlenmiştir. Kırmızı erikler $-30^{\circ}\text{C}'$ ye ayarlı Bireysel Hızlı Dondurma (IQF) cihazı tepsilerine bütün halde yerleştirildikten sonra sabit hava akımı altında donmaya bırakılmıştır. Donma işlemi örnek merkez noktasına yerleştirilen termokupul ile dakika bazında takip edilmiş ve sıcaklık $-18^{\circ}\text{C}'$ ye düştüğünde sonlandırılmıştır. Merkez noktası sıcaklığının 1'er dakika aralıklarla kaydedilmesi sayesinde donma hızı hesaplanmıştır ve donma eğrisi oluşturulmuştur.

Çözdürme işlemi

Dondurulan örnekler 24 saat boyunca $-18^{\circ}\text{C}'$ de (Samsung, Güney Kore) depolandıktan sonra analizlerin gerçekleştirilmesi amacıyla oda sıcaklığına getirilmiştir. Eriklerin merkez noktasına yerleştirilen termometre sayesinde sıcaklık sürekli olarak takip edilerek $+24^{\circ}\text{C}'$ ye ulaştığı anda analizlere başlanmıştır.

Çözünme kaybı (Su Kaybı)

Örneklerin çözünme kaybı (su kaybı, su salma) donmuş (M1) ve çözünmüş (M2) örnekler arası ağırlık farkına dayanarak, Jha vd. (2020) tarafından kullanılan yönteme göre belirlenmiştir. Donmuş örnekler 24°C oda sıcaklığına geldiğinde yüzey nemi kurularak tartımlar kaydedilmiş (KERN & SOHN GmbH, Almanya) ve aşağıda verilen formül yardımı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Çözünme kaybı (\%)} = (M1-M2) / (M1) * 100 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Renk

Erik numunelerinin başlangıç ve çözünme sonrası yüzey renk ölçümleri Konika Minolta (Chromometer CR-5, Japonya) cihazı ile gerçekleştirilerek değerler CIE L*, a*, b* birimi ile ifade edilmiştir. Donma ve çözdürme işlemi ile oluşan toplam renk değişimi (ΔE), renk yoğunluğu değeri (Kroma, C*) sırasıyla Eşitlik 2 ve 3'te ifade edilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır. Ölçümler $24^{\circ}\text{C}'$ de 2 tekerrür, her bir erik örneğinin 4 farklı yüzey noktasından olacak şekilde yapılmıştır. (Dadali vd., 2007).

$$\Delta E = [(L_i - L_k)^2 + (a_i - a_k)^2 + (b_i - b_k)^2]^{1/2} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Çizelge 1. Eriklerde donma hızı ve süresi
Table 1. Freezing speed and time in plums

Başlangıç sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Son sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (dk)	Donma hızı ($^{\circ}\text{C}/\text{dk}$)
25,2	-20,6	49	0,93

Tekstür

Taze ve çözdürme sonrası örneklerin dokusal durumu (Texture Analyzer TA.XT.plus, Stable Micro Systems, İngiltere) 2 mm silindirik prob (P/2) ile incelenerek donma işleminin yarattığı mekanik hasarın tespiti yapılmıştır. Test parametreleri test öncesi hız $1,5 \text{ mm s}^{-1}$, test hızı 1 mm/s , test sonrası hız 10 mm s^{-1} , tetikleme kuvveti 5 g olacak şekilde baz alınmış, 30 kg yük hücresi kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Örneklerin yüzey sertliklerinin tespiti için delme gücü (N) tespit edilmiştir. Tüm ölçümler $24^{\circ}\text{C}'$ de 2 tekerrür, her bir erik örneğinin 4 farklı yüzey noktasından olacak şekilde toplamda 4 örnek ile gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analizler

Bireysel hızlı dondurma ile dondurulan örneklerin fiziksel özelliklerinin taze örneklerden farklılıkları SPSS 24.0 (Statistical Package for the Social Sciences) bağımlı (ikili) örneklem t testi (paired sample t test) ile değerlendirilmiştir. Farklılıklar $P < 0,05$ anlamlılık düzeyinde (SPSS 24.0., 2015) belirlenerek araştırma boyunca gerçekleştirilen tüm analizler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tablolarda gösterilen veriler ortalama değer \pm standart sapma olarak ifade edilmiştir.

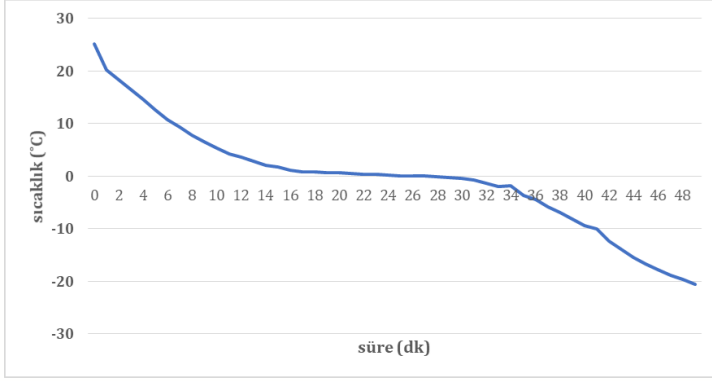
Bulgular ve Tartışma

Donma süresi ve donma hızının tespiti

Gıdaların farklı boyut ve içerikleri donma sürelerinin dolayısıyla donma hızlarının karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Birim zaman başına sıcaklık değişimi donma hızını ifade etmekte kullanılan terimlerden birisidir (Bail, 2004). Akışkan yatak dondurucunun haznesine yerleştirilen örnekler hava sirkülasyonu maksimum seviyede iken donmaya bırakılmış ve merkez nokta $-20^{\circ}\text{C}'$ ye düşene kadar sıcaklık değerleri 1 dk aralıklarla takip edilmiştir. Örneklerin donma hızına ait veriler Çizelge 1'de ifade edilmiş, bu veriler doğrultusunda oluşturulan donma grafiği ise Şekil 1'de gösterilmiştir.

Çözünme kaybı

Dondurulmuş gıdalarda su kaybı buz kristallerinin oluşumuna bağlı olarak dokuların uğradığı hasarlar sonucu meydana gelmektedir (Aslam vd., 2021). Damlama kaybı ayrıca donma süresi, çözünme süresi, başlangıç nem oranı, çözülme hızı ve ürünün doğası gibi bir dizi etmene bağlıdır. Bu çalışmada erikler ürünün yapı bütünlüğü bozulmadan tüm bir halde dondurulmuş ve bu durumda çözünme kaybı $\%2,63 \pm 1,80$ olarak bulunmuştur.



Şekil 1. Örneklerin donma eğrisi
Figure 1. Freezing curve of the samples

Literatürde yapılan çalışmalarda ürün, donma-çözdürme metodu, hesaplama yöntemi gibi başlıca sebeplerle çözünme kaybında farklı değerler kaydedilmiştir. Örneklerin donma öncesi ve çözünme sonrası tartımlarına dayanan hesaplamalarda soya fasülyesi, patates ve elma için su kayıpları sırası ile %3,68-5.54, %1.62-2,67, %3-42 olarak tespit edilmiştir (Jha vd., 2020; Thakur vd., 2022). Şeftali ve erik gibi sert çekirdekli meyvelerde %5 ila %8 oranları arasında gerçekleşen ağırlık kayıplarının meyvelerdeki görsel buruşmaya sebebiyet verebileceği bildirilmiştir (Peano vd., 2017).

Renk

Renk gıda materyallerinin kabul edilebilirliği ve tüketilebilirliği noktasında önemli rol oynayan bir kalite ölçütüdür. Ürünün istenen yüzey rengi çoğu zaman albeniyi artırmanın yanı sıra gıda matrisinde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar hakkında da fikir sahibi olmayı sağlamaktadır (Dadali, 2007). Benzer şekilde donmuş ürünlerde de önemli bir fiziksel kalite ölçütü olarak eriklerde renk ölçümleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler Çizelge 2'de ifade edilmiştir.

Tabloda gösterilen veriler incelendiğinde dondurma işleminin örneklerin açıklığı-koyuluğu ifade eden L* değeri üzerinde istatistiksel yönden anlamlı bir artışa sebep olduğu; kırmızılık ve sarılık de-

Çizelge 2. Renk değerleri

Table 2. Color values

	L*	a*	b*	ΔC	ΔE
İşlem öncesi	20,77±5,93 ^a	8,26±3,12 ^a	2,27±1,11 ^a	9,03±3,13 ^a	3,99
İşlem sonrası	23,48±6,78 ^b	8,58±2,61 ^a	2,41±0,80 ^a	9,50±1,89 ^a	

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0,05).

Çizelge 3. Örneklerde tekstür analizi sonuçları

Table 3. The results of the texture analysis in the samples

	Sertlik (g Force)	Sertlik (N)	Mesafe (mm)
İşlem öncesi	459,90±88,03 ^b	4,50±0,86 ^b	2,79±0,51 ^a
İşlem sonrası	160,05±51,36 ^a	1,64±0,50 ^a	4,90±0,27 ^b

*Aynı sütunda yer alan farklı harflendirmeler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (P<0,05).

ğerlerini ifade eden a* ve b* değerleri üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Dondurulmuş ürünlerin L* değerindeki bu değişiklik meyvelerde bulunan renk pigmentlerinin degradasyonu ile açıklanabilmektedir. Pilar Cano vd. (1993) tarafından kivi meyvesi ile yürütülen çalışmada donma ve dondurulmuş depolama esnasında L* değerindeki artışın meyvedeki klorofil pigmentinin donma ve çözündürme aşamasında parçalanması ile meydana geldiği belirtilmiştir. Benzer şekilde literatürde başka

çalışmalarda meyvelerin toplam pigment içeriğinde azalmanın parlaklıklarında artışa neden olabileceği sonucuna varılmıştır (Venning vd., 1989). Pigmentasyondaki bu bozunmanın, dokuların donması esnasında oluşabilmesine ek olarak çözünme aşamasında da gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Renk doygunluğunun bir ifadesi olan Kroma (ΔC) işlem öncesi ve sonrası benzer bulunurken; toplam renk farklılığını temsil eden ΔE 3,99 olarak saptanmıştır. Kroma değerindeki istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değişikliğin olmaması örneklerin a* ve b* değerlerinde farklılık olmaması sonucu renk yoğunluğunun da değişmediğini göstermektedir.

Tekstür

Meyvelerin sertliği, tazelik ve olgunlaşma hakkında fikir vererek tüketici tercihine yüksek oranda etki eden bir parametredir. Ürünün sertliği daha çok hücre duvarının yapısı ve gücü ile alakalıdır (Wu vd., 2022). Çizelge 3'te verilen değerler incelendiğinde donma işlemi uygulanmadan öncesinde örneklerin meyve dokusunun önemli ölçüde daha sert durumda olduğu görülmektedir. Çözünmüş örneklerdeki sertliğin önemli ölçüde azalması (P<0,05), dokulardaki buzun kristalleşmesi ve doğal hücresel yapıda meydana gelen mekanik hasar ile bağdaştırılabilmektedir (Zhu vd., 2018). Dondurulmuş meyve sebzelerde meydana gelen tekstürel

değişiklikler aslında yapıda meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal birçok reaksiyonun sonucunda oluşabilmektedir. Söz konusu reaksiyonlar bitki hücresi duvarının yapısında bulunan pektin, hemiselüloz ve selüloz gibi birlesiklerin parçalanması ile meydana gelmektedir. Buz kristallerinden dolayı oluşan enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar hücre duvarında mekanik bir hasar yaratarak dokuda sertlik kaybına sebebiyet verebilmektedir (Demiray ve Tülek, 2010). Dondurulmuş gıdaların tekstürü genellikle çözündürme işlemi sonrasında değerlendirildiği için bu dondurulan gıdanın su kaybı ile yakından ilişkisi içerisindedir.

Sonuç

Yüksek su içeriği nedeni ile bozulmaya yatkın olan meyve sebze endüstrisinde dondurma teknolojisinden sıklıkla faydalanılmaktadır. Dondurarak muhafaza gıdadaki suyun faz değişimi sayesinde mikrobiyal ve biyokimyasal reaksiyonların azaltılarak ürünün güvenilir ve tüketilebilir sınırlar içerisinde kalmasını sağlamaktadır. Ancak gıda matrisindeki bu biyokimyasal değişiklikler ürünün fiziksel özelliklerine de çoğu zaman yansiyabilmektedir. Erik (*Prunus salicina* L.) hoş aroması ve besinsel özellikleri sayesinde Türkiye ve Dünyada popüleritesini koruyan bir meyve türüdür. Bununla birlikte kısıtlı hasat sezonu ve raf ömrü kısa olan sert çekirdekli meyveler grubuna dahil olması çeşitli yöntemlerle muhafaza yollarının aranmasında başlıca etmenlerdir. Bu çalışmada erikler dondurarak muhafaza yönteminin temel uygulama alanlarından akışkan yataklı dondurma tekniği olan bireysel hızlı dondurma yöntemi ile dondurulmuş ve ürün fiziksel kalite parametrelerince değerlendirilmiştir. Donma işlemi süresince gerçekleştirilen sıcaklık takibi sonucu ürünün donma hızı $0,93^{\circ}\text{C dk}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Görsel değişikliklerin tespiti amacıyla ürün temel renk birimleri L^* , a^* , b^* değerlerince ve bu değerlerin tüketiciye daha çok yansıyan hesaplamaları toplam renk farklılığı ve renk yoğunluğu ölçütleri ile incelenmiştir. Donma işlemi örneklerin parlaklık değerinde istatistiksel yönden anlamlı bir artışa sebep olurken; kırmızılık ve sarılık değerleri üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Renk doygunluğunun bir ifadesi Kroma (ΔC) işlem öncesi ve sonrası benzer bulunurken; toplam renk farklılığını temsil eden ΔE 3,99 olarak saptanmıştır. Kırmızı eriklerin yüksek besinsel özelliklerine rağmen sınırlı hasat süresi, depolama ve raf ömrü stabilitesi gibi zorluklara sahip olması söz konusu meyvenin muhafazasını zorlaştırmaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda eriklerde bireysel hızlı dondurma işleminin kullanılabilirliğini artırmak için eriklerin fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler sağlayacak ön işlem ve/veya optimizasyon çalışmalarının geniş fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Arabia A, Munné-Bosch S, & Muñoz P, 2022. Melatonin triggers tissue-specific changes in anthocyanin and hormonal contents during postharvest decay of Angeleno plums. *Plant Science*, 320, 111287.
- Aslam R, Alam MS, Kaur J, Panayampadan AS, Dar OI, Kothakota A, Pandiselvam R, 2021. Understanding the effects of ultrasound processing on texture and rheological properties of food. *Journal of Texture Studies*.
- Bail AL, 2004. Freezing processes: physical aspects. *Handbook of frozen foods*, 1-11.
- Cabrera-Banegil M, Rodas NL, Losada MHP, Cipollone FB, Espino MJM, de la Peña AM, Duran-Meras I, 2020. Evolution of polyphenols content in plum fruits (*Prunus salicina*) with harvesting time by second-order excitation-emission fluorescence multivariate calibration. *Microchemical Journal*, 158, 105299.
- Chaves A, Zaritzky N, 2018. Cooling and freezing of fruits and fruit products. In *Fruit preservation* (pp. 127-180). Springer, New York, NY.
- Dadali G, Demirhan E, Özbek B, 2007. Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying technology*, 25(10), 1713-1723.
- Demiray E, Tülek Y, 2010. Donmuş muhafaza sırasında meyve ve sebzelerde oluşan kalite değişimleri. *Akademik Gıda*, 8(2), 36-44.
- Elik A, Yanik DK, Istanbul Y, Guzelsoy NA, Yavuz A, Gogus F, 2019. Strategies to reduce post-harvest losses for fruits and vegetables. *Strategies*, 5(3), 29-39.
- FAO, 2013. Food Wastage Footprint (Project). (2013). Food wastage footprint: impacts on natural resources: summary report. Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>
- FAO, 2021. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- Fellows PJ, 2022. Chapter 21 - Freezing. In *Food Processing Technology* (Fifth Edition), In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Editor(s): P.J. Fellows, 585-618, ISBN 9780323857376, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85737-6.00022-4>.
- Jha PK, Chevallier S, Xanthakis E, Jury V, Le-Bail A, 2020. Effect of innovative microwave assisted freezing (MAF) on the quality attributes of apples and potatoes. *Food chemistry*, 309, 125594.
- Kamiloğlu S, 2019. Bireysel Hızlı Dondurma İşlemi Basamaklarının Granny Smith Elmaların Polifenol

İçeriği ve Antioksidan Kapasitesine Etkileri. *Akademik Gıda*, 17(1), 38-46.

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

Murathan ZT, Arslan M, Erbil N, 2020. Analyzing biological properties of some plum genotypes grown in Turkey. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), S1729-S1740.

Nida S, Moses JA, Anandharamakrishnan C, 2021. Isochoric Freezing and Its Emerging Applications in Food Preservation. *Food Engineering Reviews*, 13(4), 812-821.

Peano C, Giuggioli NR, Girgenti V, Palma A, D'Aquino S, Sottile F, 2017. Effect of palletized MAP storage on the quality and nutritional compounds of the Japanese Plum cv. Angeleno (*Prunus salicina* Lindl.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e12786.

Pilar Cano M, Fuster C, Antonia Marín M, 1993. Freezing preservation of four Spanish kiwi fruit cultivars (*Actinidia chinensis*, Planch): chemical aspects. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 196(2), 142-146.

Porat R, Lichter A, Terry LA, Harker R, Buzby J, 2018. Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest biology and technology*, 139, 135-149.

Silva CL, Gonçalves EM, Brandao TR, 2008. Freezing of fruits and vegetables. *Frozen food science and technology*, 165.

Skrede G, 2019. 6 Fruits. In *Freezing effects on food quality* (pp. 183-245). CRC Press.

SPSS 24.0, 2015. *Statistical Package for the Social Sciences*. Chicago, IL, USA: IBM.

Thakur AK, Pan RS, Singh IS, Shambhu VB, 2022. Influence of blanching and frozen storage on quality characteristics of vegetable soybean (*Glycine max*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 92(4), 480-4.

Venning JA, Burns DJW, Hoskin KM, Nguyen T, Stec MGH, 1989. Factors influencing the stability of frozen kiwifruit pulp. *Journal of Food Science*, 54(2), 396-400.

Wu J, Jia X, Fan K, 2022. Recent advances in the improvement of freezing time and physicochemical quality of frozen fruits and vegetables by ultrasound application. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(6), 3352-3360.

Zhu Z, Chen Z, Zhou Q, Sun DW, Chen H, Zhao Y, ... & Pan, H, 2018. Freezing efficiency and quality attributes as affected by voids in plant tissues during ultrasound-assisted immersion freezing. *Food and Bioprocess Technology*, 11(9), 1615-1626.