

DONDURMA İŞLEMİNDE BAZI ÖN UYGULAMALARIN ÇİLEK ve MANDALINANIN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Taner Baysal, Ahsen Rayman Ergün*, Berrin Akgün, Gözde Karcı, Nazmiye Kaplan

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

Geliş tarihi / *Received*: 27.09.2013

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 22.01.2014

Kabul tarihi / *Accepted*: 25.01.2014

Özet

Dondurma prosesinde; yenilebilir filmle (pullulan) kaplama, şeker şurubuna (%40' lık) daldırma ve kalsiyum klorür (CaCl₂) çözeltilisine daldırma ön işlemlerinin ürün kalitesine etkilerinin incelendiği bu çalışmada çilek ve mandalina örnekleri ayıklandıktan ve yıkandıktan sonra beş gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; kontrol grubu (hiçbir işlem uygulanmamış), şeker şurubu, şurup+CaCl₂, pullulan ve pullulan+CaCl₂ gruplarıdır. Meyve grupları işlemler sonrasında -18 °C'de dondurulmuş ve ardından soğuk hava deposunda (-24 °C), 15 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresince 0. ve 15. günlerde, örneklerde; ağırlık ve sızıntı kaybı, titre edilebilir asitlik, pH, suda çözünür kuru madde, sertlik ölçümü analizleri gerçekleştirilmiş ayrıca renk ve duyu özellikler incelenmiştir. Bu analizler sonucunda; ağırlık kaybı, sızıntı kaybı, pH ve suda çözünür kuru madde değerlerinin şurup+CaCl₂ ve pullulan+CaCl₂ uygulamalarında daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak meyvelere uygulanan, şeker şurubuna daldırma ve yenilebilir film kaplamaların tek başına uygulanmasına kıyasla bunlara ek olarak CaCl₂ eklenmesinin daha iyi sonuçlar verdiği ve bu ön işlemlerin tüketime hazır meyve kalitesi üzerinde olumlu etki sağladığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Dondurma, çilek, mandalina, şeker şurubu, yenilebilir filmle kaplama, pullulan, CaCl₂.

DETERMINING THE EFFECTS of SOME PRETREATMENTS on THE QUALITY CHARACTERISTICS of STRAWBERRY and MANDARIN in FREEZING PROCESS

Abstract

In this study, the aim is to evaluate the effects of pretreatments, such as an edible film coating with pullulan and the immersion of fruit into a sugar solution before the freezing process on the quality of the fruits. In order to investigate the advantage of immersion into a CaCl₂ solution the pretreatments were combined; strawberries and mandarins were separated into five different groups after a washing and cleaning processes. These groups were: the control (without any pretreatments), sugar syrup, syrup+CaCl₂, pullulan, and pullulan+CaCl₂. After the different pretreatments, the fruits were frozen at -18 °C and stored at -24 °C for 15 days. The analyses were done after production and at the 15th day of freezing. The raw material and products were analyzed for weight and drip loss, titratable acidity, pH, soluble dry matter, hardness, colour, and sensory tests. According to the results of the analysis; the weight and drip loss, pH, and soluble dry matter properties were protected better in the group of syrup+CaCl₂ and pullulan+CaCl₂. As a result, better results were obtained by adding CaCl₂ additionally to the application of sugar syrup and edible film coatings and these pre-treatments provided a positive impact on the quality of the fruits.

Keywords: Freezing, strawberry, mandarin, sugar syrup, edible film coating, pullulan, CaCl₂.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ ahsenrayman@hotmail.com,

☎ (+90) 232 311 3042,

☎ (+90) 232 342 7592

GİRİŞ

Gıdalar arasında en kolay ve hızlı bozulanlar, meyve ve sebzelerdir. Bunun nedeni diğer gıdalara oranla yapılarında %98'e ulaşabilen miktarlarda su içermeleridir. Dondurma işlemi sayesinde gıdaların içerdikleri su, buz kristallerine dönüşünce bozulmaya yol açan mikroorganizmaların aktiviteleri durmakta ya da yavaşlamakta böylece kimyasal ve biyokimyasal değişimler asgariye indirilerek gıdaların en doğal haliyle korunması sağlanmaktadır. Bu özelliği ile dondurma işlemi gıdaların kalite, tat, koku ve besin değerinin en iyi korunduğu gıda saklama yöntemi olarak kabul edilmektedir (1). Şeker ilavesi, meyveler için oksijen ile teması engelleyerek, renk ve görünüşün korunmasını sağlaması yönünden son derece önemli bir ön işlemdir. Genellikle meyveyi kaplamak amacıyla oksijen iletimine ve esmerleşmeye karşı bir bariyer olarak hareket eden, %30-60 konsantrasyon aralığında şeker şurupları kullanılır. Çeşitli çalışmalar ön işlem olarak şekerle muamelenin; dondurma işlemi sırasında tat, koku, renk ve besin değeri üzerine koruyucu etkisini göstermiştir (2).

Gıdaların raf ömürlerini uzatmak amacıyla dondurma işlemi öncesi uygulanabilecek yöntemlerden biri de yenilebilir film ve kaplamaların kullanılmasıdır. Bu uygulama ile üründen su kaybı önlenebileceği gibi çevreyle gaz alışverişinin de engellenmesi sonucunda, solunum hızı da yavaşlatılabilmektedir. Özellikle son yıllarda, taze, dondurulmuş veya işlenmiş birçok ürünün raf ömürlerini uzatmak ve kalitesini geliştirmek amacıyla yenilebilir kaplamaların kullanımı ile ilgili çalışmalar daha yoğun bir şekilde yürütülmektedir (3-5). Yenilebilir gıda filmleri üretiminde kullanılan kaynaklar; jelatin, kazein ve zein gibi proteinler ile selüloz ve dekstrin karakterli maddeler, alginat, mumlar, doymuş yağ asitleri, monogliseritler ve bunların bazı türevlerinden oluşmaktadır (6, 7). Pullulan filmler ekstraselüler mikrobiyel polisakkarit filmlerdir ve kokusuz, berrak bir film oluşturmaktadırlar. Bu filmler, düşük bağıl nemde iyi bir oksijen bariyer özelliği göstererek, gıdanın raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılmaktadırlar. Yüksek yağ ve düşük su içeriğine sahip gıdalarda da acılaşıma ve oksidasyonun önlenmesi amacıyla kullanılırlar (8, 9). Ayrıca, meyvelere dondurma öncesi uygulanacak işlemler arasında çözündürme sonrası dokunun korunması amacıyla Ca⁺ ilave edilmesi de birçok çalışmada araştırılmıştır (10).

Bu çalışmada dondurma işlemi öncesi çilek ve mandalina segmentlerine uygulanan; pullulan film ile kaplama, şeker şurubu ve kalsiyum uygulaması gibi ön işlemlerin, dondurulmuş meyvelerin kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Yerel marketlerden temin edilen çilek (*Fragaria vesca*, cv. Selva) ve mandalina örnekleri (*C. Reticulata*, cv. Satsuma) Ege Üniversitesi, Meyve Sebze İşleme pilot tesislerinde işlenmiştir.

Yöntem

Şeker şurubu, CaCl₂ çözeltisi ve pullulan çözeltisi hazırlanması amacıyla yapılan ön denemeler sonrasında kalite açısından en olumlu sonuçların elde edildiği şeker şurup konsantrasyonu (%40'lık) seçilmiş ve Sakaroz (Merck Darmstadt, F.R, Germany) kullanılarak hazırlanmıştır (11). Yapılan literatür araştırmalarında %1'lik konsantrasyondan daha yüksek oranda kullanılan CaCl₂ çözeltisinin örnekte tat bozukluğuna yol açtığı belirtilmiştir (12-14). Bu nedenle, çalışmada CaCl₂ (Merck, Darmstadt, F.R, Germany) çözeltisinin konsantrasyonu %1 olarak seçilmiştir. Hem çilek hem mandalina için 50 ml %2,6'lık pullulan (P1-20 Hayashibara Co., Ltd., Okoyama, Japan), çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye, Pullulan+ CaCl₂ gruplarında kullanılmak üzere 0.5 ml %1'lik CaCl₂ çözeltisi ilave edilmiştir.

Çilek ve mandalina segmentleri; yıkama, ayıklama, kabuk soyma gibi ön işlemlerinden sonra; pullulan, pullulan + CaCl₂, şeker şurubu, şeker şurubu+ CaCl₂ kaplama uygulamalarına tabi tutulmuştur. Tüm kaplama uygulamaları için meyveler 2 dakika (dk.) kaplama çözeltisinin içerisine daldırılmış ve yaklaşık 20 °C' de 30 dk. kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemi tamamlandıktan hemen sonra örnekler iki gruba ayrılmıştır (150'şer gram). 0. gün analizleri yapılacak örnekler dondurulmadan hemen laboratuvara alınırken diğer örnekler dondurma işlemi sonrasında 15 gün boyunca depoda (-24 °C) muhafaza edilmiş ve 15. günde analizler gerçekleştirilmiştir.

Çileklerin dondurma işleminde, başlangıç sıcaklığı 10°C, mandalinaların ise başlangıç sıcaklığı 3.5°C olarak ölçülmüştür. Çilekler 25 dk., mandalina

örnekleri ise 11 dk. süre ile IQF dondurucuda (Frigoscandia, Helsinborg, Sweden) dondurulmuştur. Merkez sıcaklığı -10 °C sıcaklığa ulaştığı anda ürünler su geçirgenliği düşük ve ısı yapışabilme özelliği olan polietilen poşetlere koyularak depolama (-24 °C) yapılmıştır. 15 günün sonunda meyveler 4 °C'de buzdolabında çözündürülmüş ve analize alınmıştır. Uygulamanın 0. ve 15. gününde ürünün °Briks, pH, asitlik, renk, ağırlık ve sızıntı kaybı, sertlik ve duyuşal özellikleri belirlenmiş ve her meyve için kalite özellikleri açısından 0. gün ve 15. gün kendi içerisinde, ayrıca günler arasında da karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan Analizler ve Yöntemleri

Ağırlık kaybı, dondurulan meyvelerin dondurucudan çıkartıldıktan sonraki ağırlığı ile çözündükten sonraki ağırlığı arasındaki farkın, başlangıç ağırlığına oranlanması (%) şeklinde hesaplanmıştır. Sızıntı kaybı ise dondurucudan çıkarılan örneklerin tartıldıktan sonra oda sıcaklığında 24 saat bekletildiğinde çıkan su miktarının hesaplanması ile bulunmuştur (15).

Çilek ve mandalina segmentleri, Sorvall Omni-Mixer (Kennesaw, GA, ABD) model parçalayıcı yardımıyla püre haline getirildikten sonra, toplam asitlik, NaOH kullanılarak (Emir Kimya, Ankara, Türkiye); titrimetrik yöntemle susuz sitrik asit (SSA) cinsinden (16), pH değeri, WTW marka InoLab model (Weilheim, Almanya) pH-metre ile (17), suda çözünür kuru madde (°Briks) değeri ise dijital el tipi A. Kruss DR201-95 model (Hamburg, Almanya) refraktometre ile belirlenmiştir (16). Sertlik nitelikleri penetrometre Sur Penetrometre PNR-6 (Berlin, Almanya) ile ölçülmüş ve meyvelerin penetrometre değerleri 18-036 kodlu uç kullanılarak saptanmıştır. Meyveler penetrometre iğnesiyle tabla arasına sıkıştırılmış ve iğnenin meyve içinde 5 saniyede aldığı yol (mm) belirlenmiştir. Renk analizi Hunterlab marka Colorflex (CIELAB 10*/D 65, Road Reston, VA, ABD) renk ölçüm cihazıyla yapılmıştır. L*, a*, b*, değerleri kaydedilmiştir. Kaydedilen L*, a*, b*, değerleri 1 ve 2 nolu formüllerden yararlanarak ΔE (Toplam renk farkı), ve Hue açısı değerleri hesaplanmıştır (18).

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2} \quad [1]$$

$$\text{Hue Angle} = \tan^{-1}(b/a) \quad [2]$$

Ayrıca hazırlanan tüm çilek ve mandalina örnekleri 6 adet eğitimli panelist tarafından görünüş ve

tekstür açısından sıralama testine tabi tutularak duyuşal olarak değerlendirilmiştir ve 0.05 güven aralığında istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir (19). Ürünlerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla ise SPSS 15.0 paket programı kullanılmıştır. ANOVA uygulanarak her bir örnek grubu Tukey testine göre 0.05 güven aralığında birbirleriyle karşılaştırılmıştır (20).

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Ağırlık Kaybı

Çilek ve mandalina örnekleri üzerine yapılan ağırlık ve sızıntı kaybı analizlerinin sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir. 15. gün sonunda çilek örnekleri, kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında en az ağırlık kaybı şurup+CaCl₂ ve pullulan+CaCl₂ uygulamalarında saptanmıştır. İstatistiksel olarak ise ağırlık kaybı açısından şurup+CaCl₂ grubuyla kontrol grubu arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ($P < 0.05$).

Benzer bir şekilde, Han ve ark., (2004), kitosan film ile kaplanan çileklerde kontrol (kaplanmamış) örneklerine göre depolama (2 °C- %88 RH) sonucu ağırlık kaybının azaldığını bildirmişlerdir (21). Farklı kaplama çözeltileri ile çalışılan başka bir araştırmada, kaplanan çilek örnekleri (0-5 °C)'de %85-90 relatif rutubette depolanmıştır. 20 gün boyunca çileklerde gerçekleşen ağırlık kaybı kontrol edilmiştir. Sonuçta, kalsiyum ilave edilerek polisakkarit temelli filmlerle kaplanan çilekte hiçbir ön işlem uygulanmayan örneğe göre çok daha az ağırlık kaybı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar kalsiyum varlığının taze çileklerde hasat sonrası ağırlık ve doku sertliğindeki kayıpları geciktirdiğini belirten çalışmayı destekler niteliktedir (22). Benzer bir çalışmada yine dondurma öncesi gluten film ile kaplanan çileklerde ağırlık kaybının daha az olduğu sonucuna varılmıştır (23). Mandalina segmentleri üzerine yapılan ağırlık kaybı analizinde, çilek örneklerinde olduğu gibi tüm uygulamalarda ağırlık kaybının kontrol grubuna göre azaldığı gözlenmiş ve en az kayıp şeker şurubu+CaCl₂ ve pullulan+CaCl₂ uygulamalarında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç Amal ve ark., (2010)'nın yaptığı bir çalışmada kalsiyum uygulamasının hücre duvarlarında Ca²⁺ miktarını arttırıp kalsiyum pektat oluşumunu sağlaması ve

Çizelge 1. Uygulanan Farklı Kaplama İşlemlerinin Ağırlık ve Sızıntı Kaybı Değerleri Üzerine Etkisi
Table 1. Effects of different coating applications on the weight and drip loss of samples

| Örnek (Sample) | Çilek % Ağırlık Kaybı Strawberry weight loss | Sızıntı Kaybı % Strawberry Drip loss | Ağırlık Kaybı % Mandarin weight loss | Sızıntı Kaybı % Mandarin drip loss |
|---------------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|
| Kontrol (Control) | 16.34a±0.50 | 0.278 ^a ±0.001 | 16.34 ^a ±0.50 | 0.117 ^a ±0.001 |
| Şurup+CaCl (Syrup+CaCl ₂) | 12.98 ^b ±0.37 | 0.194 ^b ±0.003 | 12.98 ^b ±0.37 | 0.096 ^b ±0.001 |
| Şeker Şurubu (Sugar Syrup) | 15.56 ^{ab} ±0.28 | 0.273 ^a ±0.002 | 15.56 ^{ab} ±0.28 | 0.101 ^b ±0.001 |
| Pullulan+CaCl ₂ | 13.37 ^{ab} ±0.90 | 0.195 ^b ±0.002 | 13.37 ^{ab} ±0.90 | 0.099 ^b ±0.002 |
| Pullulan (Pullulan) | 15.57 ^{ab} ±0.67 | 0.276 ^a ±0.001 | 15.57 ^{ab} ±0.67 | 0.117 ^a ±0.003 |

bu sayede sertlik sağlayıp ağırlık kaybını önlemesi yorumu ile açıklanabilmektedir (10). Ayrıca yenilebilir film olarak kullanılabilen pullulanın ağırlık kaybını sınırlandırdığı Chlebowska-Smigiel ve ark. (2007)'nin yaptıkları bir çalışma ile de desteklenmektedir (24). Elmaların %15 ve %20'lik pullulan çözeltileri ile kaplandıkları bir çalışmada ise, elmalar 4 °C sıcaklıkta-%75 bağıl nemde buzdolabında, 22 °C'deki oda sıcaklığında ve %58 bağıl nemde depolanmıştır. Pullulan filmle kaplama yapılan elmalarda, kaplama yapılmayan elmalara göre daha düşük ağırlık kaybı olduğu saptanmıştır. Pullulan uygulamasının ağırlık kaybını azaltmada etkili olduğu tespit edilmiştir (24). Başka çalışmada mandalinalar karboksimetil selüloz ile kaplama sonrası numunelerde gözlenen ağırlık kaybı yaklaşık %17 iken kontrol grubunda %30 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, meyveye uygulanan kaplamaların görünümü geliştirdiği ve kontrole göre daha az ağırlık kaybına sebep olduğu saptanmıştır (25).

Sızıntı Kaybı

En az sızıntı kaybı; şeker şurubu+CaCl₂ ve pullulan+CaCl₂ uygulamalarında gözlenmiştir. En fazla sızıntı kaybı hiçbir ön işlem uygulanmayan kontrol örneğinde belirlenmiştir. Şeker şurubu uygulaması ile çileklerde, şeker dehidrasyona sebep olarak çileklerin serbest su içeriğini azaltıp daha az doku deformasyonuna sebep olmuş ve böylece işlem görmemiş (kontrol) olanlara göre, şeker şurubu uygulanan örneklerde, çözündürme sonrası daha az kayıp olduğu belirlenmiştir (12). Pullulan kaplanan gruplarda ise yine çözünme sonrası doku korunduğu için az miktarda sızıntı kaybı görülmüştür. Yapılan bir başka çalışmada, -20 °C deki CaCl₂ çözeltisiyle, ürün merkezi -18 °C olacak şekilde CaCl₂ çözeltisine daldırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem grubu ile yavaş dondurma işlemi uygulanmış örnek (hava sirkülasyonu olmadan, merkez sıcaklığı -18 °C olan) karşılaştırıldığında CaCl₂ çözeltisinin %51

oranında çözünme kaybını engellediği tespit edilmiştir (26).

Mandalina segmentleri için de en az sızıntı kaybı çileklerde olduğu gibi şeker şurubu+CaCl₂ ve pullulan+CaCl₂ uygulamalarında gözlenmiştir. Çilek örneklerinde, kontrol ve CaCl₂ ile kombine edilen şeker şurubu ve pullulan grupları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Yapılan bu çalışma araştırmaları destekler niteliktedir. Örneğin kalsiyum ile muamele edilen çilek örneklerinin dokusunda çözündürme sonrası daha az kayıp olduğu görülmüştür (10). Ağırlık kaybında da olduğu gibi Ca⁺²'un meyvelerin hücre duvarı yapısının korunmasını sağlayıp, pektik asitle bağlandığı, hücre duvarlarında kalsiyum pektat oluşturduğu ve böylece dokuyu koruyarak kaybı engellediği düşünülmektedir.

Titre Edilebilir Asitlik Değişimi

Çilek ve mandalina örnekleri üzerine yapılan asitlik analizlerinin sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Şeker şurubu+CaCl₂, pullulan+CaCl₂ ve pullulan uygulamalarının yapıldığı örneklerin asitliklerinde artış gözlenmiştir. 15 gün depolamanın ardından yapılan analizlerde ise dondurma öncesi değerlerle kıyaslandığında kontrol ve şeker şurubu uygulamalarında bir artış gözlenirken, diğer örneklerde azalma tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma kaplama işleminin, depolama sonrası titre edilebilir asitlikte azalmaya neden olduğunu belirten El Gaouth ve ark., (1991)'nin çalışmasını destekler niteliktedir (27). Kaplamalar; iç atmosferi modifiye ederek O₂ konsantrasyonunu azaltmıştır (28). İstatistiksel olarak şeker şurubu+CaCl₂, pullulan+CaCl₂ ve şeker şurubu örnek gruplarında depolamada asitlik değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Mandalina segmentleri üzerine yapılan asitlik analizlerinde, çilek gruplarının aksine 0. gün analizlerinde tüm örneklerin asitlik değerlerinde kontrole kıyasla

Çizelge 2. Uygulanan Farklı Kaplama İşlemlerinin Asitlik Değerleri (%SSA), °Briks, Sertlik ve Toplam Renk Farkı Değişimi Üzerine Etkisi
Table 2. Effects of different coating applications on acidity, °Brix, texture and total color difference values of samples (%)

| | Çilek (Strawberry) | | Mandalina (Mandarin) | |
|---|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | 0. gün Day 0 | 15. gün 15 th day | 0. gün Day 0 | 15. gün 15 th day |
| %SSA | | | | |
| Kontrol (Control) | 0.64 ^a ±0.03 | 0.67 ^a ±0.06 | 1.59 ^a ±0.02 | 1.25 ^a ±0.03 |
| Şurup+CaCl ₂ (Syrup+CaCl ₂) | 0.78 ^{ab} ±0.03 | 0.71 ^a ±0.01 | 1.12 ^b ±0.03 | 1.32 ^{ab} ±0.03 |
| Şeker Şurubu (Sugar Syrup) | 0.84 ^{ab} ±0.03 | 0.78 ^a ±0.03 | 1.12 ^b ±0.03 | 1.28 ^b ±0.03 |
| Pullulan+CaCl ₂ | 0.64 ^b ±0.03 | 0.74 ^a ±0.00 | 1.12 ^b ±0.03 | 0.94 ^{ab} ±0.04 |
| Pullulan (Pullulan) | 0.81 ^b ±0.00 | 0.64 ^a ±0.03 | 1.08 ^b ±0.00 | 1.45 ^a ±0.03 |
| BRİX(°) | | | | |
| Kontrol (Control) | 6.75 ^{ab} ±0.07 | 6.05 ^a ±0.07 | 13.90 ^a ±0.10 | 13.40 ^a ±0.10 |
| Şurup+CaCl ₂ (Syrup+CaCl ₂) | 7.25 ^c ±0.0 | 7.25 ^b ±0.07 | 12.85 ^b ±0.09 | 12.60 ^b ±0.07 |
| Şeker Şurubu (Sugar Syrup) | 6.35 ^{bc} ±0.07 | 7.00 ^b ±0.00 | 11.65 ^c ±0.05 | 13.20 ^a ±0.07 |
| Pullulan+CaCl ₂ | 6.95 ^d ±0.07 | 5.95 ^b ±0.07 | 12.25 ^d ±0.06 | 13.30 ^a ±0.05 |
| Pullulan (Pullulan) | 5.90 ^d ±0.07 | 4.85 ^c ±0.07 | 12.55 ^{bc} ±0.08 | 11.25 ^c ±0.07 |
| SERTLİK | | | | |
| Kontrol (Control) | 10.86 ^a ± 0.86 | 19.93 ^a ± 1.78 | 13.16 ^a ±1.81 | 13.20 ^a ±1.44 |
| Şurup+CaCl ₂ (Syrup+CaCl ₂) | 8.34 ^a ±1.52 | 18.60 ^a ±1.82 | 10.02 ^a ±2.35 | 10.20 ^a ±1.04 |
| Şeker Şurubu (Sugar Syrup) | 8.60 ^a ±1.62 | 16.70 ^a ±0.89 | 12.46 ^a ±2.09 | 10.30 ^a ±1.27 |
| Pullulan+CaCl ₂ | 8.86 ^a ±1.04 | 19.10 ^a ±1.73 | 11.50 ^a ±1.62 | 12.90 ^a ±0.95 |
| Pullulan (Pullulan) | 9.06 ^a ±1.19 | 19.40 ^a ±1.15 | 10.86 ^a ±2.04 | 13.00 ^a ±1.11 |
| Toplam renk farkı | | | | |
| Şurup+CaCl ₂ (Syrup+ CaCl ₂) | 1.247 ^a ±0.01 | 1.406 ^a ±0.02 | 2.296 ^a ±0.01 | 2.540 ^a ±0.04 |
| Şeker Şurubu (Sugar Syrup) | 0.669 ^b ±0.01 | 1.765 ^b ±0.03 | 3.283 ^b ±0.02 | 3.760 ^a ±0.03 |
| Pullulan+CaCl ₂ | 1.533 ^d ±0.02 | 0.585 ^c ±0.01 | 4.439 ^c ±0.03 | 4.993 ^a ±0.02 |
| Pullulan (Pullulan) | 1.042 ^c ±0.02 | 1.248 ^c ±0.02 | 4.603 ^d ±0.02 | 5.314 ^a ±0.02 |

* Aynı sütundaki farklı harflerle (a,b) ifade edilen değerler P<0.05 düzeyindeki istatistiksel farkı göstermektedir.

* Statistically significant difference shown levels a, b compared with same column (P<0.05).

bir azalma gözlenmiştir. 15 gün depolamanın ardından şeker şurubu+CaCl₂, pullulan+CaCl₂ ve pullulan uygulamalarında kontrole göre asitlik artışı gözlenmiş, şeker şurubu uygulamasında ise asitlik değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, ilave edilen CaCl₂'ün sızıntı kaybını azaltarak, organik asit kaybını da engellediği düşünülmüştür.

Ayrıca yapılan bir çalışmada; film kaplamalara kalsiyum ilave edildiğinde mikrobiyel gelişmeyi etkin bir şekilde azalttığı bildirilmiştir (24). Bu sayede titre edilebilir asitlik değerlerindeki düşüşün önüne geçilmiştir. Kavunlara, dondurulma öncesi (%60 w/w) sakaroz şurubu kullanılarak dehidrasyon işlemi uygulanmış ve -20 °C'de 4 ay depolama sonrası, 4 °C'de 16 saatte çözündürme işlemi yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda; bu uygulamanın kuru maddede artışa neden olduğu, toplam titre edilebilir asitliği ise düşürdüğü tespit edilmiştir (29). Bir başka çalışmada, şeker pancarı posasından elde edilen bir hidrofilik polimer olan karboksimetil selülozun, mandalinaların bozulmasını geciktirerek raf ömrü üzerine etkisi

araştırılmıştır. Örneklerde, kontrol örneğine kıyasla daha az suda çözünür kuru madde kaybı olduğu ve titre edilebilir asitliğin kontrole göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (25). Başka bir çalışmada çileklerde farklı kaplama materyallerinin kullanıldığı ve 7-10°C sıcaklıklarda depolama sonucunda kontrol örneğinde %1.60±0.12 asitlik bulunurken; glutenle kaplanmış örneklerde %1.13±0.09 olarak bulunduğu; 16. günde asitlik değerinin ise %0.67±0.07 olarak saptandığı belirtilmiştir. Kontrol örneğinde bu değer 0.88±0.09 olarak saptanmıştır (23).

pH değeri

Çilek örnekleri için 15 gün depolama sonrasında tüm grupların pH değerlerinde artış gözlenmiştir. En az pH artışının pullulan+CaCl₂ grubu örneklerinde olduğu görülmüştür. En fazla artış ise kontrol ve şeker şurubu uygulamalarında olmuştur. Pullulan ve CaCl₂ uygulamalarının pH değerinin artmasında en az role sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç asitlikteki artışla uyum göstermektedir. Çilekte olduğu gibi mandalina segmentleri üzerine yapılan

pH analizi sonuçlarında da tüm gruplarda bir artış gözlenmiş ve en fazla artış kontrol grubunda, ikinci olarak da şeker şurubu grubunda gözlenmiştir. 0. günde kontrol ile diğer örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli iken 15. günde ise kontrol ile pullulan+CaCl₂ grubu arasındaki fark önemsiz, diğer gruplar arasındaki fark önemli olarak bulunmuştur ($P<0.05$). Mandalina örneklerinde ise 0.günde pullulan ile pullulan+CaCl₂ grubu arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken diğer gruplarla bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Depolamanın etkisi ise her grup için istatistiksel açıdan önemli olarak bulunmuştur ($P<0.05$). Bu çalışmaya benzer olarak yapılan bir çalışmada çilek ve mandalina üzerinde pullulanın O₂ bariyeri sağlama ve solunumu yavaşlatması, CaCl₂ uygulamasının ise dokuların daha stabil kalmasını sağlama ile mikroorganizmaların gelişimini engellediği ve böylece pH değerinin daha az artmasına sebep olduğu belirtilmiştir (3).

Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks) Değişimi

Çileklerde gerçekleştirilen °Briks tayininde; pullulan ve pullulan+CaCl₂ uygulamalarının, °Briks değerlerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Pullulanın su içerisinde çözülerek hazırlanması nedeniyle çilekler üzerine başlangıçta °Briks değerlerini düşürücü etkisi olabileceği düşünülmektedir. Şeker şurubu ve şeker şurubu+CaCl₂ uygulamalarında ise şeker konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle artış gözlenmiştir. Çileklerin, 15 gün depolamanın ardından, °Briks değerleri tekrar ölçüldüğünde en yüksek değer şeker şurubu+CaCl₂ grubunda ve ikinci olarak pullulan+CaCl₂ uygulamalarında gözlenmiştir (Çizelge 2). CaCl₂ uygulaması pektinin yapısının bozulmasını engelleyerek kalsiyum pektat köprüleri oluşturmuş ve böylece meyvenin hücre duvarında Ca²⁺ iyonları artış göstermiş ve suda çözünür kuru madde içeriği korunmuştur. Şeker şurubu ve pullulan uygulamalarının °Briks değerlerinin daha düşük çıkmasının sebebi ise çileklerin sürünücü bir meyve olması ve buna bağlı olarak da solunumun dondurulma aşamasında bile devam ediyor olması şeklinde açıklanmaktadır (10). Farklı kaplama çözeltileri ile çalışılan bir çalışmada; çilekler kaplanarak, (0–5 °C' de) %85–90 relatif rutubette 20 gün depolanmıştır. Kalsiyum klorür ilave edilmiş filmlerle kaplanan çileklerde suda çözünür kuru madde içeriğinde

daha az değişiklik görülmüştür (23).

Mandalina segmentlerinde suda çözünür kuru madde değerlerinde 0. günde tüm grupların °Briks değerlerinde kontrole göre azalma gözlenmiştir. 15 gün depolamanın ardından ise pullulan+CaCl₂ ve şeker şurubu uygulamalarında °Briks değerlerinde bir yükselme gözlenirken şeker şurubu+CaCl₂ uygulamasında, °Briks değerinin azaldığı gözlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde °Briks değerinin en iyi korunduğu örneklerin pullulan+CaCl₂ ve şeker şurubu grupları olduğu söylenebilir.

Sertlik Değişimi

Yapılan bu çalışmaya göre tüm uygulamaların sertliğinde 0. günde kontrol grubuna göre artış gözlenmiştir (Çizelge 2). 15 gün depolamadan sonra sertlik açısından en düşük değere sahip olan gruplar, pullulan+CaCl₂ ve şeker şurubu+CaCl₂ uygulamalarında tespit edilmiştir. Çilekte 15 gün depolama sonunda sertlik değerinde en az değişimin (yumuşamanın en az olduğu) pullulan+CaCl₂ uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Mandalina segmentlerinde ise 0. günde tüm uygulamalarda kontrole göre sertliklerde artış gözlenmiştir. 15. günün sonunda ise en yüksek sertlik değeri, şeker şurubu+CaCl₂ uygulamasında elde edilmiştir. İstatistiksel olarak hem çilek hem mandalina örnekleri için sertlik değerleri açısından fark bulunamazken, depolamada da mandalina için 0. gün ile 15. gün arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

Yapılan çalışmalarda CaCl₂ uygulamasının ürün tekstürü üzerinde olumlu etki sağladığı vurgulanmıştır. Ahududu ve böğürtlen üzerine yapılan çalışmada, meyveler onar gruba ayrılmış ilk 3 grup 1, 10 ve 100 mM'lık CaCl₂'le, diğer üç grup; %0,1, %0,2 ve %0,3 konsantrasyonlarda düşük metoksilli pektinle (LMP), kalan dört grup da hem LMP hem de CaCl₂ ile muamele edilmiştir ve -40 °C'de sıvı azot buharında zorlamalı konveksiyonla ve -18 °C'de dondurma işlemine tabi tutulmuştur. Kontrol grubu diğerleriyle birlikte -18 °C sıcaklıkta dondurulmuştur. -40 °C'de sıvı azot buharında zorlamalı konveksiyonla dondurulmuş ürünlerin daha yüksek objektif tekstür parametresi ve daha çok sertlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda ahududu ve böğürtlen, CaCl₂ uygulamasının, LMP olsa da olmasa da dondurma ve çözündürmeden kaynaklanan sertlik kaybını önleyebileceği görülmüştür (30).

Renk Değişimi

Çilekler için, tüm örnekler kontrol ile kıyaslanmış ve toplam renk farkı değeri için 0. günde en düşük değer şeker şurubu uygulamasında elde edilirken, en yüksek değer pullulan+CaCl₂ uygulamasında gözlenmiştir (Çizelge 2). 15 gün sonrasında yapılan değerlendirmede ise en düşük değer şeker şurubu+CaCl₂, en yüksek değer ise pullulan uygulamasında bulunmuştur. Mandalinalar kontrol grubu ile kıyaslandığında 0.gün toplam renk farkı sonuçlarında en düşük değer pullulan+CaCl₂, en yüksek değer, şeker şurubu uygulamalarında gözlenmiştir. 15. gün için çilek ve mandalina örnek gruplarının kendi içlerinde, toplam renk farkı değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Çileğin a* ve b* değerleri kullanılarak hesaplanan hue açısı değerlerine bakıldığında 0. gün pullulan uygulamasında kontrol örneğine kıyasla hue açısı değerinde azalma olduğu gözlenmiş ve diğer uygulamalarda ise bir artış meydana gelmiştir. 15. gün sonunda yapılan renk analizlerinde tüm uygulamalarda 0. güne göre hue açısı değerinin arttığı gözlenmiş olup, çileklerin renginde koyulaşma olduğu kanısına varılmıştır. Mandalinada ise 0. günde hue açısı değerleri azalmış; fakat 15 gün depolamanın ardından tüm örneklerde hue açısı değerlerinde artış gözlenmiştir. 15. günde örnekler arasında hue açısı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0.05$). Benzer bir çalışmada kitosan ile kaplanan çileklerde de hue açısı değerindeki artışın antosiyaninlerin depolama boyunca sentezlenmesi ile antosiyaninlerin kalsiyum ve kitosanla ilişkisi sonucu gerçekleştiği belirtilmiştir (21). Ayrıca yine kaplamanın renge etkisinin incelendiği bir çalışmada; 0 °C'de %90-95 bağıl nemde 15 gün depolanmış çileklerin en iyi görünüş ve renk değerlerinin, soya ve gluten proteini temelli yenilebilir filmlerle kaplanan çileklerde olduğu tespit edilmiştir (10).

Duyusal Değerlendirme

Çilekler üzerine yapılan 0. gün duyusal değerlendirme sonucunda, görünüş olarak en beğenilen gruplar şeker şurubu+CaCl₂, şeker şurubu ve pullulan grupları olurken; görünüş olarak en az beğenilen grup, kontrol grubu olmuştur. Örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Tekstür açısından ise en beğenilen grup kontrol

grubu olmuştur. 15 gün dondurucuda depolamanın ardından, hem görünüş hem tekstür açısından bakıldığında en çok beğenilen grubun, pullulan+CaCl₂ olduğu gözlenmiştir. Bu grup ile diğer grupların tekstür ve görünüş özellikleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Mandalina örneklerinde ise 0. gün duyusal değerlendirme sonucunda görünüş olarak örnekler arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Tekstür açısından değerlendirildiğinde, pullulan+CaCl₂ grubu en az beğenilen, şeker şurubu uygulaması ise en çok beğenilen grup olmuştur. Şeker şurubu+CaCl₂ uygulaması ise her iki açıdan da beğenilen ikinci gruptur. 15. gün sonunda hem görünüş hem de tekstür açısından en beğenilen grup pullulan+CaCl₂ uygulaması olurken, en beğenilen ikinci grup ise şeker şurubu uygulaması olmuştur. Şeker şurubunun mandalina örneklerinde, çilek örneklerinin aksine duyusal kaliteyi iyileştirdiği tespit edilmiştir.

SONUÇ

Yapılan ağırlık kaybı, sızıntı kaybı, pH, suda çözünür kuru madde analizlerinde elde edilen verilere göre en yüksek kalite özellikleri pullulan+CaCl₂ ve şeker şurubu+CaCl₂ uygulamalarında elde edilmiştir. CaCl₂ içerisine daldırılma yapılan meyvelerde hücre duvarında pektinin parçalanmasını engelleyen kalsiyum pektat yapısının oluşumu ile sertlik korunmuş, sızıntı kaybı ve ağırlık kaybı azaltılmıştır. Duyusal ve tekstür analizi sonuçları değerlendirildiğinde de en çok beğenilen uygulamanın; pullulan+CaCl₂ uygulaması olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; meyvelere yapılan şeker şurubu ve yenilebilir film kaplamaların tek başına uygulanması yeterli görülmemiş bunlara ilaveten CaCl₂ eklenmesinin daha iyi sonuçlar meydana getirdiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Delgado AE, Sun DW. 2000. Heat and mass transfer for predicting freezing processes, a review. *J Food Eng.* 47: 157-174.
2. Gutschmidt J. 1968. Principles of freezing and low temperature storage, with particular reference to fruits and vegetables, Low Temperature Biology of Foodstuff. *Recent Adv Food Sci.* Vol. 4. Pergamon Press, London.

3. Kester JJ, Fennema OR. 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technol.* 40 (12): 47-59.
4. Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1992. Edible wheat gluten film: Influence of the main process variable on film properties using response surface methodology. *J of Food Sci* 57: 190-195.
5. Baldwin EA, Nisperos- Carriedo, MO, Baker, RA. 1995. Use of edible coating to preserve quality of lightly and slightly processed products. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 35(6):509- 524.
6. Guilbert S. 1986. Technology and application of edible protective films. In Mathlouthi, M. (Ed.), *Food packaging and preservation*, London, UK: Elsevier Applied Science. p. 371-394.
7. Batu A. ve Serim F. 1998. Tarımsal Kökenli Yenebilir Gıda Film ve Kaplamaların Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Dünya-Gıda* (Ekim) 36-40.
8. Gontard N, Thibault R, Cuq B, Guilbert S. 1996. Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeabilities of edible films *J Agric Food Chem.* 44 : 1064-1069.
9. Krochta CM, De Mulder- Johnston, C. 1997. edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Technol.* 51(2): 61-74.
10. Amal SH, Atress MM, El-Mogy, HE, Aboul-Anean and Alsanius BW. 2010. Improving Strawberry Fruit Storability by Edible Coating As a Carrier of Thymol or Calcium Chloride. *J Horticultural Ornamental Plants* 2(3): 88-97.
11. Kendall P. 2002. *Freezing vegetables*. Colorado State University Cooperative Extension.
12. Suutarinen J, Heiska K, Moss P, Autio K, 1999, The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 33: 89-102.
13. Alonso J, Rodriguez T, Canet W, 1995. Effect of calcium pretreatments on the texture of frozen cherries, role of pectinesterase in the changes in the pectic materials. *J Agric Food Chem.* 43:1011-1016.
14. Chen F, Liu H, Yang H, Lai S, Cheng X, Xin Y, Yang B, Hou H, Yao Y, Zhang S, Bu G, Deng Y. 2010. Quality Attributes and Cell Wall Properties of Strawberries (*Fragaria Annanassa* Duch.) Under Calcium Chloride Treatment. *Food Chem.* 126: 450-459.
15. Cemeroglu, B. 2010. *Gıda Analizleri*, Bizim Büro Basımevi. 2. Basım. Ankara.
16. Anon. 1995. AOAC. Official Methods Of Analysis Of AOAC International (16th Ed.).
17. Anon. 1990. AOAC. In: (15th Edn. Ed.), Official Methods Of Analysis, Association Of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
18. Kramer A. and Twigg BA. 1984. *Quality Control for the Food Industry*. Volume 1, Avi Publishing Company Inc., Connecticut, 556 p.
19. Altuğ T. 1993. *Duyusal Test Teknikleri*, E.Ü Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No:28, İzmir, 56 s.
20. SPSS 15.0 for Windows Version; SPSS Inc., Chicago, Ill.
21. Han C, Zhao Y, Leonard SW, Traber MG. 2004. Edible Coatings To Improve Storability and Enhance Nutritional Value of Fresh and Frozen Strawberries (*Fragaria x Ananassa*) And Raspberries (*Rubus Ideaus*). *Postharvest Biol Tec.* 67-78.
22. Ribeiro C, Vicente AA, Teixeira JA, Miranda C. 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biol Tec.* 44: 63-70.
23. Tanada PS. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biol Tec.* 36: 199-208.
24. Chlebowska-Smigiel A, Gniewosz M, Swinczak E. 2007. An attempt to apply a pullulan and pullulan-protein coatings to prolong apples shelf-life stability. *Acta Sci Pol Technol. Aliment.* 49-56.
25. Toğrul H, Arslan N. 2004. Carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in coating of mandarin. *J Food Eng.* 62: 271- 279.
26. Galetto CD, Verdini RA, Zorrilla SE, Rubiolo AC. 2010. Freezing of Strawberries By Immersion In CaCl₂ Solutions. *Food Chem.* 123: 243-248.
27. El Gaouth A, Arul J, Ponnampalam R, Boulet M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J Food Sci.* 12: 1618-1632.
28. Lowings PH, Cutts DF. 1982. The preservation of fresh fruits and vegetables. Proc. Inst. *Food Sci. Technol.* Annual Symp. July 1981. Nottingham, U.K.
29. Maestrelli A, Scalzo R, Lupi D, Bertolo G, Torreggiani D. 2001. Partial removal of water before freezing: Cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, cv reticulatus Naud.). *J Food Eng.* 49: 255-260.
30. Sousa MB, Canet W, Alvarez MD, Fernáandez C. 2005. Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv. Heritage) and blackberry (cv. Thornfree). *J Food Eng.* 9-21.