

## Meyve Suyu Endüstrisi Atığı Limon Kabuğundan Elde Edilen Selülozdan Üretilen Karboksimetil Selülozun Meyvelerin Kaplanmasıda Koruyucu Film Tabakası Bileşeni Olarak Kullanılması

\*Nurhan Arslan and Ayşegül Ayten

Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering Fırat University, Turkey

### Özet

Selüloz, birbirlerine 1,4- $\beta$ -glikozidik bağlarıyla bağlanmış bir polimerdir. Limon kabuğu selülozu, sırasıyla pektik enzimlerin inaktivasyonu, şeker ve flavenoidlerin uzaklaştırılması, yağ, protein, pektin, hemiselüloz ekstraksiyonu ve delignifikasyon gibi işlemlerle elde edildi. Limon kabuğu selülozu, eterifikasyon ile karboksimetil selüloza dönüştürüldü. Selülozun en önemli türevlerinden biri olan karboksimetil selüloz, kalınlaştırıcı, yapıştırıcı, bağlayıcı ve stabilizatör olarak deterjan, kağıt, tekstil, ilaç ve boya gibi çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır. Elma, armut ve mandalina gibi meyvelerin raf ömürlerine kaplamanın etkisini belirlemek için, meyveler karboksimetil selüloz içeren film emülsiyonları ile kaplanmıştır. Zamanla meyvelerin ağırlık kaybındaki değişimi tarif eden eşitlikler türetilmiştir. Meyvelerin kaplanması, depolanma sırasındaki ağırlık kaybını azaltmada etkili olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Limon kabuğu, selüloz, karboksimetil selüloz, meyve kaplama, film tabakası

## Use of Carboxymethylcellulose Produced from Cellulose Obtained from Lemon Peel as Protective Film Layer Component in Coating of Fruit

### Abstract

Cellulose is a polymer of 1,4- $\beta$ -glucopyranose units. Cellulose from lemon peel was obtained by processes such as the inactivation of pectic enzymes, the removal of sugar and flavonoids, the extraction of fat, protein, pectin, hemicellulose and delignification. The lemon peel cellulose was converted carboxymethyl cellulose by etherification. Carboxymethyl cellulose, one of the most important derivatives of cellulose, is widely used in the several industries such as detergent, paper, textile, pharmaceutical and paint as a thickener or a flocculating agent. Apple, pear and mandarins were coated with film emulsions having carboxymethyl cellulose from lemon peel to determine the effect of coating on the shelf-life of fruits such as apple, pear and mandarins. The equations describing the changes in weight of fruits with time were derived. It was found that coatings were effective in reducing the loss of weight.

**Key words:** Lemon peel, cellulose, carboxymethyl cellulose, fruit coating, film layer

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering Fırat University, 23279, Elazığ TURKEY. E-mail address: narslan2@firat.edu.tr, Phone: +904242370000

## 1. Giriş

Birbirlerine 1,4-β-glikozidik bağlarla bağlanmış olan selülozdaki her bir monomerde bir başka selüloz zincirinin hidroksil grubuyla bağlanma özelliğine sahip olan üç adet hidroksil grubu bulunur. Selülozun; oksidasyon, depolimerizasyon, hidroksil grupların organik ve inorganik radikaller ile süstitüsüyonu, hidroksil gruplarındaki hidrojenin yerine başka grupların geçmesi, hidroliz, uç grup reaksiyonları ve baz değiştirme reaksiyonları ile karboksimetil selüloz gibi selüloz türevlerine dönüştürülürler. Kalınlaştırıcı, yapıştırıcı, bağlayıcı ve stabilizatör gibi özellikleri nedeniyle karboksimetil selüloz; deterjan, boya, duvar kağıdı tutkalı, kağıt ve mukavva, tekstil, petrol sondaj çamurları, seramik, gıda maddeleri, kozmetik ve eczacılık endüstrileri gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır [1].

Çabuk bozulan, depolama ömrü kısa meyvelerin hasattan tüketim aşamasına kadar özel koşullarda korunmaları gerekmektedir. Meyvelerin canlılıkları hasattan sonrada sürdüğünden solunum, zedelenme, su kaybı, kimyasal değişimler, fizyolojik bozulmalar, mikrobiyolojik bozulmalar ve enzimlerin yol açtığı bozulmalar gibi nedenle meyvelerde bozulmalar oluşmaktadır. Bu gibi yapı değişikliklerinin sonucu olarak meyvelerin mekanik dirençleri ve mikroorganizmalara karşı dayanıklılıkları azalmaktadır. Meyvelerin raf ömürlerini uzatmak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Erken hasat, kurutma, derin dondurma, kontrollü atmosferde depolama, ışınlama ile koruma, plastik ambalajda depolama, soğukta depolama, antimikrobiyal kimyasal maddelerle muamele ve kaplama filmlerinin kullanılması yaygın olarak kullanılan muhafaza yöntemleridir. Artan çevre bilinci, daha uzun raf ömrü ve kaliteli gıdalara karşı artan tüketici talebi kaplama filmlerine olan ilgiyi artırmıştır. Kaplama filmleri gıda yüzeyine ince bir film şeklinde uygulanırlar ve genellikle gıdalarla birlikte tüketilirler. Uygun kaplama filmleri oluşturularak, meyvelerin kaplanmasıyla, üründen nem, oksijen ve karbondioksit giriş ve çıkışları kontrol edilip meyve ve sebze etrafında modifiye atmosfer koşulları sağlanabilir. Böylece su kaybı ve solunum hızı azaltılarak, raf ömrü uzatılabilir. Aynı zamanda kaplama filmleriyle kaplanmış meyvelerin fiziksel zararlara karşı dayanıklılığı artacağından, depolama ve nakliye sırasında meydana gelebilecek ürün kaybını azaltmak da mümkündür. Ayrıca, bu filmlere antimikrobiyal ve antioksidan gibi gıda katkı maddeleri eklenerek ürünlerin muhafazasına farklı bir boyut kazandırılabilir [2-5].

Bu çalışmada; meyve suyu endüstrisi atığı olan limon kabuğundan elde edilen selülozdan üretilen karboksimetil selülozun hidrofil polimer olarak kullanıldığı koruyucu bir film tabakası ile elma, armut ve mandalina gibi bazı meyvelerin kaplanarak meyvelerin raf ömrünü artırmak amacıyla nem transfer hızının geciktirilmesi incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Güneşte kurutulan limon kabuğu 50 mesh elekten geçecek şekilde öğütüldü ve 50 mesh elekten geçen kısım deneysel çalışmalarda kullanıldı. Aynı gün analize alınmayan örnekler polietilen torbalara konarak desikatörde saklandı.

### **2.1. Limon kabuğundan selüloz ekstraksiyonu**

Kurutulmuş ve öğütülmüş limon kabuğu, pektik enzimleri inaktive etmek amacıyla 10 dk. süreyle su banyosunda 97 °C' de tutuldu, şeker ve flavenoidleri uzaklaştırmak için su ile yıkandı, süzülde, 50 °C' de kurutuldu ve tekrar 50 mesh elekten geçecek şekilde öğütüldü. Yaklaşık 7 g kurutulmuş ve öğütülmüş limon kabuğu, kartuş içerisine konuldu ve kartuş yağ ekstraktörüne yerleştirildi. Kloroform:metanol oranı 2:1 (hacimce) olan kloroform-metanol karışımı soxhlet cihazının balonuna konuldu ve 80 °C' lik su banyosu üzerinde yaği ekstrakte etmek için 6 saat süreyle kaynatıldı. Protein ekstraksiyonu için, yaği alınmış örneğe 350 ml 0.1 M sodyum fosfat tamponu ilave edilerek pH 7.5' e ayarlandı. 35 mg proteaz ilave edildi, 37°C' de etüvde 1 gece bekletildi ve süzülde. Pektin ekstraksiyonu için, kurutulup öğütülen örnek, su banyosunda 75 °C' ye ön ısıtılmış 750 ml % 0.25' lik (w/v) amonyum oksalat (pH=3.5) ile karıştırıldı ve daha sonra karışım, sıcaklık 75 °C' de sabit tutularak erlen çalkalayıcıda 60 dk. süreyle tutuldu, sıvı faz süzülerek ayrıldı. Pektini alınmış limon kabuğu hemiselüloz ekstraksiyonu için % 10'luk NaOH (1 g örnek:20 ml NaOH) ile 22 saat süreyle erlen çalkalayıcıda 35 °C'de karıştırıldı, süzülde ve baz uzaklaşmıca kadar su ile yıkandı. Delignifikasyon işlemi için, hemiselülozu alınmış limon kabuğuna 100 ml destile su, 50 ml % 10'luk asetik asit ve 2 g NaCl ilave edildi, 1 st süreyle erlen çalkalayıcıda 75 °C'de karıştırıldı ve süzülde. Artık, asit uzaklaşmıca kadar destile su ile yıkandı ve 1 gün süreyle etüvde 50 °C'de kurutularak selüloz elde edildi [1, 6].

### **2.2. Karboksimetil selüloz üretimi**

Limon kabuğu selülozundan karboksimetil selüloz (CMC) üretmek için, -20 ile +100 °C arasındaki sıcaklıklara ayarlanabilen sirkülasyonlu su banyosuna (Grant LTDGG) bağı sıcaklık kontrollü ısı stabilizasyon ceketli bir reaksiyon kabına 1 kısım selüloz, çözücü olarak 100 ml izobütıl alkol ve 10 kısım % 30'luk NaOH konuldu ve reaksiyon kabının üst kapağına merkezlenen bir karıştırıcı (RW20 Janke&Kunkel) ile 1200 dev/dk hızda 1 saat süreyle karıştırıldı. Karışım, katı faz yaklaşık 3.2 kısımlik bir ağırlıca gelinceye kadar süzülde ve blenderde karıştırıldı. 1/1.5 selüloz/sodyumklorasetat oranında klor asetik asit sodyum tuzu ilave edildi ve karışım 70 °C de 360 dk süreyle yukarda anlatılan sistemde mekanik karıştırıcı ile karıştırıldı. Reaksiyon süresi sonunda reaksiyon içeriğı % 90' lık asetik asit ile nötrale edildi ve süzülde. Kek, yan ürün tuzlarını uzaklaştırmak amacıyla % 70'lik metanol ile yıkandı, süzülde ve 70 °C' de kurutuldu [1, 7].

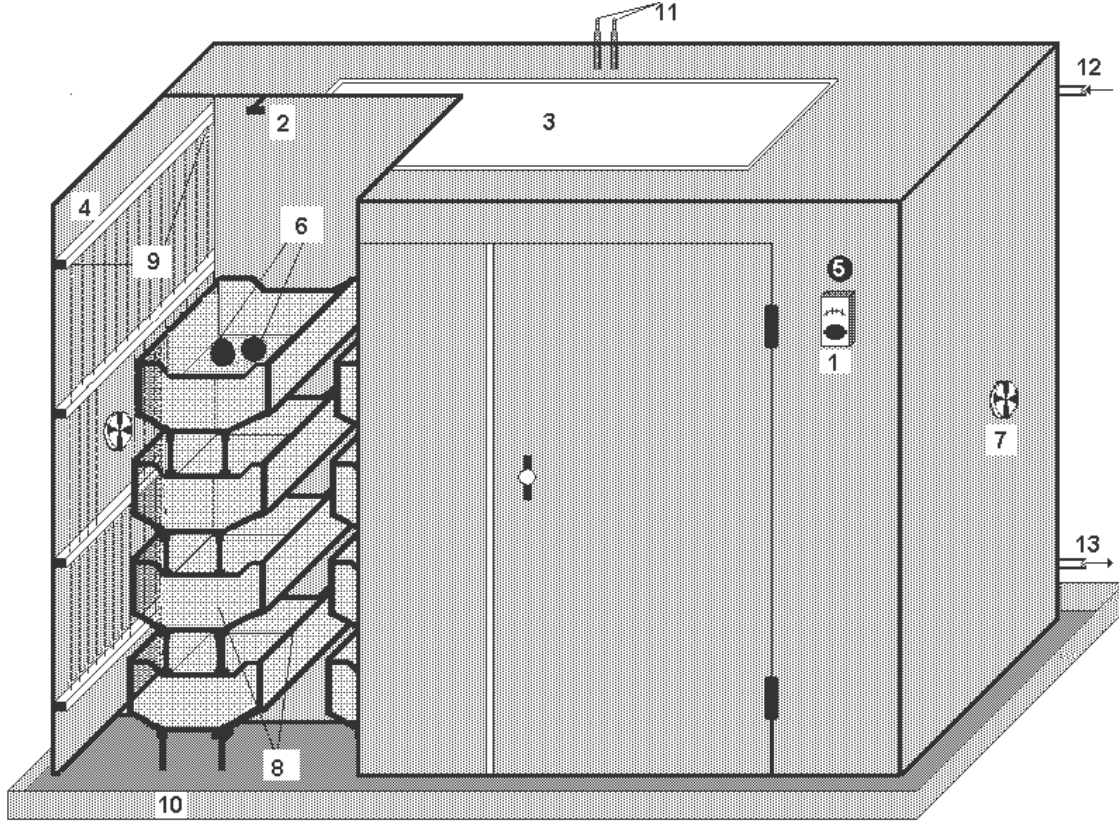
### **2.3. Meyve yüzeylerinin kaplanması**

Elma, armut ve mandalina gibi meyveleri kaplamak için kullanılan filmler hidrofob madde, hidrofil polimer, emülgatör ve su kullanılarak hazırlandı. Hidrofob madde olarak soya yaği, hidrofil polimer olarak limon kabuğu selülozundan üretilen karboksimetil selüloz, emülgatör olarak sodyum oleat kullanıldı. 75.1 gram su ve 1.1 gram karboksimetil selüloz karışımı bir su banyosunda 70 °C' ye ısıtıldı ve bir mekanik karıştırıcı ile karıştırıldı. 18.5 gram soya yaği ve 5.3 gram sodyum oleat 70 °C' de eritildi. Eriyik 70 °C' ye ısıtılmış su-karboksimetil selüloz karışımına ilave edildi ve mekanik karıştırıcı ile 1 saat süreyle karıştırıldı ve oda sıcaklığına kadar soğutuldu. Elazığ/Türkiye Meyve ve Sebze Halinden satın alınan yeme olgunluğundaki

elma (*Malus sylvestris* Miller.), armut (*Pyruse communis* L.) ve mandalina (*Citrus nobilis* Lour.) irilik, renk ve olgunluk bakımından bir örnek olacak şekilde seçildi. Birinci grup hiçbir işlem yapılmadan kontrol grubu (kaplanmamış) olarak ayrıldı. İkinci grup meyveler ise yüzeyleri meyveye zarar vermeyecek şekilde hafif nemli bir bezle silinerek temizlendikten sonra meyve ağırlığının % 1' i miktarındaki emülsiyon ile lateks eldiven kullanılarak elle kaplandı ve meyveler önceden etiketlenmiş meyve sepetlerine yerleştirilerek 5 dk süreyle düşük basınçlı hava püskürtmek suretiyle kurutuldu.

#### 2.4. Emülsiyon film ile kaplanmış meyvelerin depolanması

Meyvelerin bozulma hızları üzerine önemli etkilerinin olduğu bilinen depo sıcaklığı ve bağıl nem gibi parametreleri sabit tutarak sadece kaplama filmlerinin depolanan meyveler üzerine etkilerini açıklayabilmek amacıyla tasarlanan 18-10 Cr-Ni paslanmaz çelikten imal edilen meyve depolama kamarası Şekil 1' de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Meyve depolama kamarasının şematik gösterimi (1-Fan hızı ayarlayıcı reosta 2-Kuru hava ısıtıcısı 3-Pencere 4-Oluk 5-Termostat 6-Meyve 7-Fan, 8-Meyve sepeti 9-Su damlacıkları 10-Tava 11-Fizyometre 12-Su girişi 13-Su çıkışı)

Meyveler bağıl nemi % 75 sıcaklığı 25 °C olan meyve depolama kamarasında uygun şekilde istiflendi ve analizler için muhafaza edildi. Her bir grup için iki örnek alınarak bu örneklerde meydana gelen ağırlık kayıplarının ortalaması hesaplamalarda kullanıldı. Depolama süresince ortamın bağıl nemini sabit bir değerde tutmak amacıyla belli bir debideki musluk suyunu üst oluktan alt oluğa damlatacak şekilde 8 adet oluk kamaranın yan yüzeylerine yerleştirildi. Kamara, muhtemel su sızıntılarını önlemek ve ekstra bir nemlendirme sağlamak amacıyla boyutları kamaradan 5 cm daha büyük olan ve içerisinde yaklaşık 0.5 cm yüksekliğinde su bulunan bir tava üzerine yerleştirildi. Meyve depolama kamarasında sıcaklık düşüşlerini önlemek amacıyla kamaraya 0-40 °C gazlı bir termostata bağlanan 2 adet kuru hava ısıtıcısı monte edildi. Depolama koşullarında meyvelerin ışık ihtiyacını karşılamak amacıyla kamaranın tavanına 60 x 70 cm büyüklüğünde pencere camı yerleştirildi. Depo içinde dengeli bir sıcaklık, nem ve uçucu madde dağılımı için deponun havalandırma kapasitesi yeterli olmalıdır. Genel olarak depo hacmini bir saatte 20-30 defa hareket ettirecek vantilasyon gücü esas alınır. Bu amaçla kamaranın yan yüzeylerine 2-4 nolu olukların arasına biri ortama hava verecek diğeri ortam havasını çekecek şekilde 2 adet fan yerleştirildi ve hava hızını kontrol etmek için 5 kademeli bir reostaya bağlandı. Ortamın bağıl nemini belirlemek amacıyla kamaranın merkezine fizyometre yerleştirildi. Meyve sepetleri, mümkün olduğunca hava akımını kesmeyecek ve tüm sepetlere eşit miktarda hava teması sağlanacak şekilde, meyve depolama kamarasında istiflendi. Meyve ağırlıkları, kaplamanın yapıldığı gün ve daha sonraki günlerde birer gün aralıklar ile aynı saatte tartılarak belirlendi, % ağırlık kaybı bulundu ve depolama süresiyle meyve ağırlığında meydana gelen değişim izlenerek kaplama filmlerinin meyveden çevreye nem transferini ne şekilde etkilediği belirlendi.

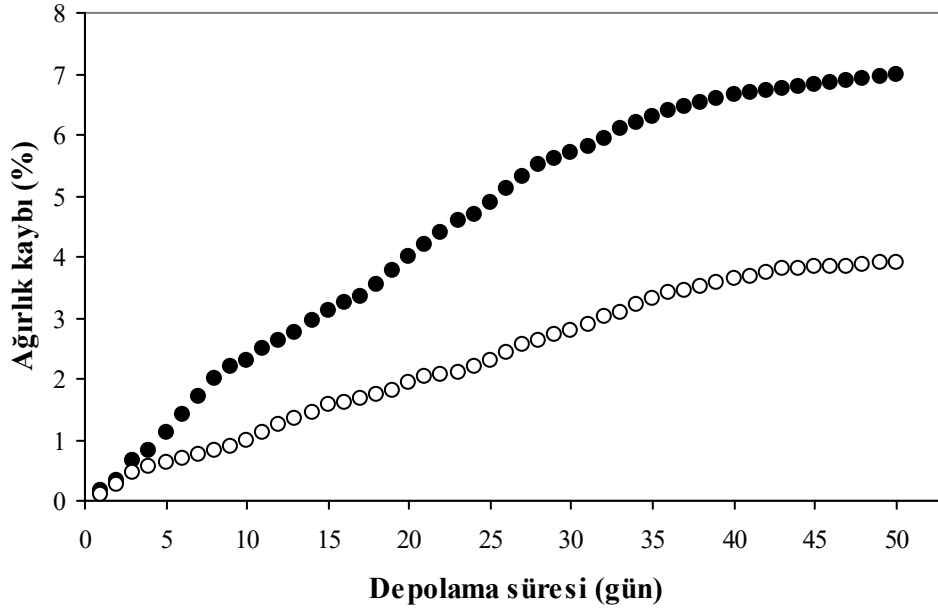
Dehidratasyon nedeniyle meyvelerin ağırlığında meydana gelen değişimi ampirik olarak ifade etmek amacıyla, önerilen eşitliklerin katsayıları non-lineer regresyon analizi ile belirlendi ve modellerin regresyon katsayılarına bakılarak zamanla % ağırlık değişimini ifade eden en uygun model bulundu.

### 3. Sonuçlar

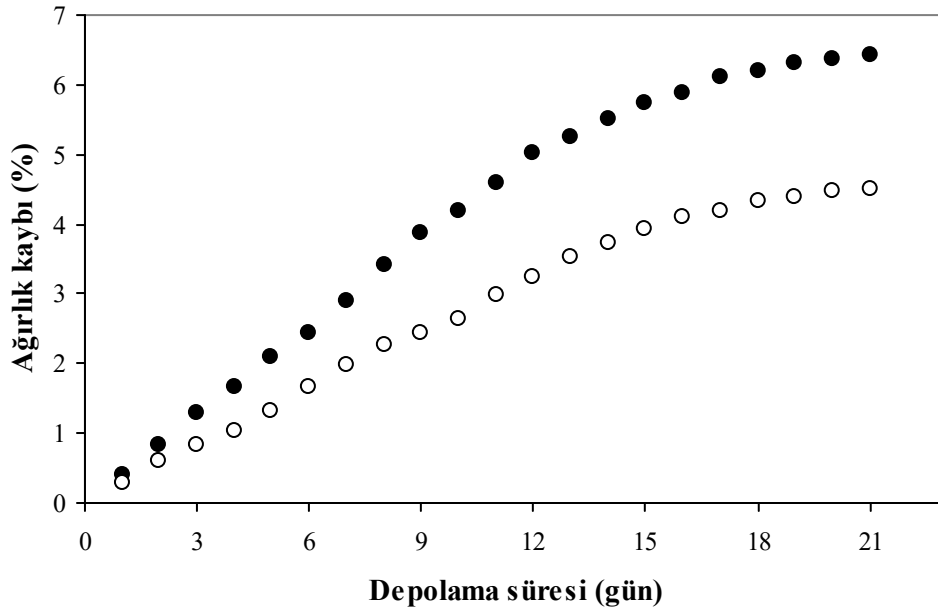
Kurutulmuş limon kabuğundan selüloz dışı maddeler; şeker ve flavenoidleri uzaklaştırma, yağ ekstraksiyonu, protein ekstraksiyonu, pektin ekstraksiyonu, hemiselüloz ekstraksiyonu ve delignifikasyon gibi işlemler ile uzaklaştırılarak, kurutulmuş limon kabuğunun % 18.65'i miktarında selüloz elde edilmiştir.

#### 3.1. Kaplanmış meyvelerin ağırlık kayıplarının zamanla değişimi

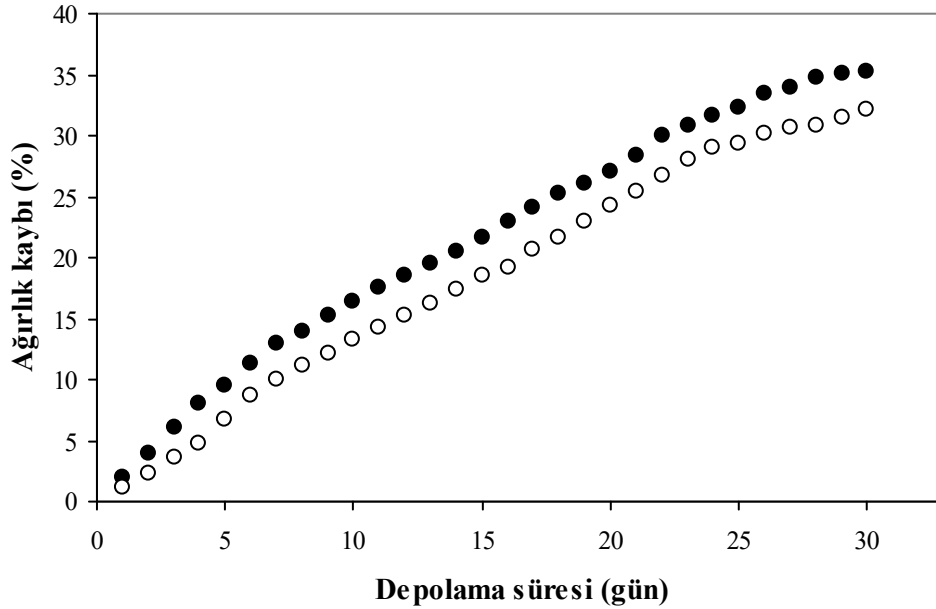
Kaplama filmleri ile nem transfer hızının azaltılmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır [8-16]. CMC temelli yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlikleri incelenmiş ve filmlerin su buharı ve oksijene geçirgenliklerinin daha az, fakat karbondioksit geçirgenliklerinin daha fazla olduğunu bulunmuştur [17]. CMC içeren koruyucu film tabakası ile kaplanmış elma, armut ve mandalınanın ağırlık kayıplarının depolama süresiyle değişimi Şekil 2-4' de verilmiştir.



Şekil 2. Koruyucu film tabakası ile kaplanmış elmanın ağırlık kaybının depolama süresiyle değişimi (● kaplanmamış elma, o kaplanmış elma)



Şekil 3. Koruyucu film tabakası ile kaplanmış armutun ağırlık kaybının depolama süresiyle değişimi (● kaplanmamış armut, o kaplanmış armut)



Şekil 4. Koruyucu film tabakası ile kaplanmış mandalınanın ağırlık kaybının depolama süresiyle değişimi (● kaplanmamış mandalina, ○ kaplanmış mandalina)

Kaplama yapılan elmadaki ağırlık kaybı kaplanmamış elmaya kıyasla daha az olmuştur. 50. günün sonunda kontrol olarak kullanılan kaplanmamış elmada % 7.0 oranında, kaplanmış elmada ise elmanın koruyucu film tabakası ile kaplanması ile nem transfer hızı azaldığından dolayı % 3.9 oranında ağırlık kaybı gerçekleştiği gözlenmiştir. 5. günden sonra kaplanmamış ve kaplanmış elmanın ağırlık kaybı (%) arasındaki fark açılmıştır (Şekil 2). Ağırlık kaybının büyük bir kısmını depolama sırasında meyveden transfer olan su, çok az bir kısmını ise solunumla parçalanmış karbonhidratlar nedeniyle oluşan su oluşturmaktadır. Zamanla oluşan bu kayıp film kaplaması ile kısmen azaltılırken tamamen önlenememektedir.

Kaplama yapılan armuttaki ağırlık kaybı kaplanmamış armutlara kıyasla daha az olmuştur. Kaplanmamış armutun 21. günündeki ağırlık kaybı % 6.42 iken, kaplanmış armutun 21. günündeki ağırlık kaybı % 4.51 olmuştur. Armutun koruyucu film tabakası ile kaplanması ile nem transfer hızı, dolayısıyla % ağırlık kaybı azalmıştır. Depolama süresinin artması ile kaplanmamış ve kaplanmış armut için ağırlık kaybı (%) arasındaki farklar daha da belirginleşmiştir (Şekil 3).

Kaplama yapılan mandalınadaki ağırlık kaybı kaplanmamışlara kıyasla daha az olmuştur. Kaplanmamış mandalınanın 30. günündeki ağırlık kaybı % 35.21 iken, kaplanmış mandalınanın 30. günündeki ağırlık kaybı % 32.11 olmuştur. Kaplanan meyveler içinde raf ömrünü azaltmak için film emülsiyonların etkisi en az mandalınada gözlenmiştir. Kaplanmış ve kaplanmamış mandalınada gözlenen % ağırlık kayıpları arasındaki fark tüm günler için diğer meyvelere kıyasla daha az olmuştur (Şekil 4). Kaplama yapılmasına rağmen en fazla ağırlık kaybının mandalınada gözlenmesi, kabuğunun kalın olmasına rağmen elma ve armuta kıyasla daha fazla gözenekli kabuğa sahip olmasına atfedilebilir.

Elma için zamanla (gün) % ağırlık kaybının (%AK) değişimini ifade eden eşitlikler ve eşitliklerdeki katsayılar Tablo 1 ve Tablo 2’ de verilmiştir.

**Tablo 1.** Nem kaybı modelleri (kaplanmamış elma)

Lineer	% AK=0.1426 t+0.8808	r <sup>2</sup> =0.9530
Üs	% AK=0.2484 t <sup>0.9062</sup>	r <sup>2</sup> =0.9773
Üstel	% AK=1.1049 e <sup>0.047 t</sup>	r <sup>2</sup> =0.7064
Logaritmik	% AK=2.2915 ln t-2.2877	r <sup>2</sup> =0.9156
Polinomik	% AK=-0.0024x <sup>2</sup> + 0.2635x -0.1667	r <sup>2</sup> =0.9968

**Tablo 2.** Nem kaybı modelleri (kaplanmış elma)

Lineer	% AK=0.0816 t+0.2527	r <sup>2</sup> =0.9863
Üs	% AK=0.1323 t <sup>0.8933</sup>	r <sup>2</sup> =0.9897
Üstel	% AK=0.5435 e <sup>0.0486 t</sup>	r <sup>2</sup> =0.7878
Logaritmik	% AK=1.251 ln t-1.3826	r <sup>2</sup> =0.8634
Polinomik	% AK=-0.0006x <sup>2</sup> + 0.111x -0.0022	r <sup>2</sup> =0.9945

Armut için zamanla (gün) % ağırlık kaybının (%AK) değişimini ifade eden eşitlikler ve eşitliklerdeki katsayılar Tablo 3 ve Tablo 4’ de verilmiştir.

**Tablo 3.** Nem kaybı modelleri (kaplanmamış armut)

Lineer	% AK=0.3176 t+0.6264	r <sup>2</sup> =0.9572
Üs	% AK=0.4572 t <sup>0.9258</sup>	r <sup>2</sup> =0.9878
Üstel	% AK=1.0202 e <sup>0.1089 t</sup>	r <sup>2</sup> =0.7873
Logaritmik	% AK=2.3797 ln t-1.0229	r <sup>2</sup> =0.9333
Polinomik	% AK=-0.0120x <sup>2</sup> + 0.5805x -0.3817	r <sup>2</sup> =0.9967

**Tablo 4.** Nem kaybı modelleri (kaplanmış armut)

Lineer	% AK=0.2245 t+0.3137	r <sup>2</sup> =0.9752
Üs	% AK=0.3125 t <sup>0.9191</sup>	r <sup>2</sup> =0.9939
Üstel	% AK=0.6750 e <sup>0.1105 t</sup>	r <sup>2</sup> =0.8279
Logaritmik	% AK=1.6487 ln t-0.7800	r <sup>2</sup> =0.9135
Polinomik	% AK=-0.0060x <sup>2</sup> + 0.3562x -0.1914	r <sup>2</sup> =0.9955



Mandalina için zamanla (gün) % ağırlık kaybının (%AK) değişimini ifade eden eşitlikler ve eşitliklerdeki katsayılar Tablo 5 ve Tablo 6’ da verilmiştir.

**Tablo 5.** Nem kaybı modelleri (kaplanmamış mandalina)

Lineer	% AK=1.1333 t+4.0446	r <sup>2</sup> =0.9858
Üs	% AK=2.4219 t <sup>0.8116</sup>	r <sup>2</sup> =0.9932
Üstel	% AK=6.1594 e <sup>0.0701 t</sup>	r <sup>2</sup> =0.7936
Logaritmik	% AK=11.3000 ln t-6.5096	r <sup>2</sup> =0.9146
Polinomik	% AK=-0.0159x <sup>2</sup> + 1.6270x + 1.4113	r <sup>2</sup> =0.9975

**Tablo 6.** Nem kaybı modelleri (kaplanmış mandalina)

Lineer	% AK=1.0967 t+1.5944	r <sup>2</sup> =0.9897
Üs	% AK=1.3290 t <sup>0.9682</sup>	r <sup>2</sup> =0.9931
Üstel	% AK=4.0433 e <sup>0.0837 t</sup>	r <sup>2</sup> =0.7946
Logaritmik	% AK=10.776 ln t-8.2237	r <sup>2</sup> =0.8917
Polinomik	% AK=-0.0122x <sup>2</sup> + 1.4735x -0.4152	r <sup>2</sup> =0.9970

#### 4. Tartışma

Tablo 1-6’ dan görüldüğü gibi, dehidratasyon nedeniyle elma, armut ve mandalınanın ağırlıklarında meydana gelen değişimi ifade eden modeller içinde, regresyon katsayılarına (r<sup>2</sup>) bakıldığında, en yüksek regresyon katsayısı polinomik eşitlikte olduğundan polinomik modelin deneysel verilere en iyi uyduğu söylenebilir. Test edilen modeller içinde polinomik model, incelenen zaman aralığında çalışılmayan zamanlar için ağırlık kaybını tahmin etmede kullanılabilir.

Sonuç olarak; meyve suyu endüstrisi atığı olan limon kabuğu değerlendirilerek selüloz ve ardından karboksimetil selüloz üretilmiş, limon kabuğundan elde edilen karboksimetil selüloz meyve yüzeylerinin kaplanmasında hidrofil polimer görevi gören koruyucu bir film tabakası bileşeni olarak kullanılmış ve limon kabuğundan elde edilen karboksimetil selüloz içeren koruyucu bir film tabakası ile elma, armut ve mandalina gibi bazı meyvelerin kaplanmasıyla nem transfer hızı azaltılarak elma, armut ve mandalina gibi bazı meyvelerin bozulmaları geciktirilmeye çalışılarak raf ömürleri uzatılmıştır.

## Referanslar

- [1] Far BS. Karboksümetilselüloz üretimi ve üretimdeki gelişmeler, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 1992.
- [2] Erbil, HY, Müftügil N. Şeftali yüzeyinin hidrofob emülsiyonla kaplanması suretiyle bozulma süresinin geciktirilmesi. *Gıda* 1987; 12(2):121-127.
- [3] Kester, JJ, Fennema, OR. Edible film and coatings: A review. *Food Technology* 1986; 40(12): 47-53.
- [4] Nunes MCN, Brecht JK, Morais MB, Srgent SA. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *Journal of Food Science* 1998;63(6):1033-1036.
- [5] Taşdelen Ö, Bayındırlı L. Controlled atmosphere storage and edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *Journal of Food Processing Preservation* 1998; 22: 303-320.
- [6] Kirk RE, Othmer DF. Cellulose, Encyclopedia of Chemical Technology, 4, 1967.
- [7] Kirk RE, Othmer DF. Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 21, Second edition, 1970.
- [8] Koelsch CM, Labuza TP. Functional, physical and morphological properties of methylcellulose and fatty acid-based edible barriers. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 1992; 25: 401-411.
- [9] Krochta JM, de Mulder-Johnston C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology* 1997; 51(2): 61-74.
- [10] Lai HM, Padua GW. Water vapour barrier properties of zein films plasticized with oleic acid. *Cereal Chemistry* 1998;75: 194-199.
- [11] McHugh TH. Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Nahrung* 2000; 44: 148-151.
- [12] Tharanathan RN. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology* 2003;14: 71-78.
- [13] Villalobos R, Munoz PH, Chiralt A. Effect of surfactants of water sorption and barrier properties of hydroxypropyl methylcellulose films. *Food Hydrocolloids* 2006; 20: 502-509.
- [14] Shah NN, Vishwasrao C, Singhal RS, Ananthanarayan N. n-octenyl succinylation of pollution: Effect on its physico-mechanical and thermal properties and application as an edible coating on fruits. *Food Hydrocolloids* 2016; 55: 179-188.
- [15] Saba MK, Sogbar OB. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. *LWT-Food Science and Technology* 2016; 66: 165-171.
- [16] Arnon H, Zaitsev Y, Porat Y, Poverenov E. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating and postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 2014; 87: 21-26.
- [17] Bifani V, Ramirez C, Ihl M, Rubilar M, Garcia A, Zaritzky N. Effects of Murta (*Ugni Molinae* Turcz) extract on gas and water vapor permeability of carboxymethylcellulose-based edible films. *LWT* 2007;40:1473-1481.