

# Meyve kabuğu atıklarından pektin ekstraksiyonu ve karakterizasyonu

## Extraction and characterization of pectin from waste of fruit peels

Emine ŞEN<sup>1</sup> , Semanur ÖZDEMİR<sup>2</sup> , Erdal UĞUZDOĞAN<sup>3\*</sup> 

<sup>1-3</sup>Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.  
esen162@posta.pau.edu.tr, sozdemir163@posta.pau.edu.tr, erdalu@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 02.12.2020  
Kabul Tarihi/Accepted: 22.03.2021

Düzeltilme Tarihi/Revision: 11.03.2021

doi: 10.5505/pajes.2021.91033  
Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

*Çalışmada; mandalina, nar ve bal kabağı kabukları gibi meyve kabuğu atıkları kullanılarak geleneksel asit ekstraksiyonu yöntemi ile pektin ekstrakte edilmiştir. Farklı meyve kabukları kullanılarak ve ekstraksiyon koşulları değiştirilerek elde edilen pektinler karakterize edilerek ticari pektin ile karşılaştırılmıştır. Ham madde olarak üç farklı meyve kabuğu, ekstraksiyon ortamı için iki farklı asit türü (sitrik asit ve hidroklorik asit) ve iki farklı ekstraksiyon sıcaklığı (80 °C ve 90 °C) gibi değişen parametrelerle pektin ekstraksiyonları gerçekleştirilmiştir. Değiştirilen bu parametrelerin elde edilen pektin verimine ve pektinin özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ekstrakte edilen pektin örneklerinin; nem ve kül içeriği, FTIR analizleri, esterleşme derecesi, eşdeğer ağırlığı, metoksil içeriği ve anhidrouroonik asit içeriği belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen pektin verimlerinin; mandalina kabuğu için %4.70-14.50, nar kabuğu için %4.40-9.25 ve bal kabağı kabuğu için ise %2.10-4.80 değerleri arasında değiştiği bulunmuştur. Pektin ekstraksiyonu için çalışmada kullanılan meyve kabukları arasında en yüksek pektin verimi bir turuncu meyvesi olan mandalina kabuğundan %14.50 olarak elde edilmiştir. Yapılan analiz ve karakterizasyon sonuçları; çalışmada elde edilen pektinlerin çoğunlukla yüksek metoksilli pektinler olduğunu göstermektedir. Farklı meyve kabuklarından ekstrakte edilen pektinlerin verimleri, ekstrakte edilen pektinlerin özellikleri ve çevresel etkiler göz önüne alındığında ekstraksiyon ortamı olarak sitrik asitin kullanımının ve ekstraksiyon sıcaklığı olarak 90 °C sıcaklığın seçilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.*

**Anahtar kelimeler:** Pektin, Asit ekstraksiyonu, Mandalina kabuğu, Nar kabuğu, Bal kabağı kabuğu, Meyve kabuğu.

### Abstract

*In this study; pectin was extracted using traditional acid extraction method using fruit peel waste such as mandarin, pomegranate and pumpkin peels. The pectins obtained by using different fruit peels and changing the extraction conditions were characterized and compared with commercial pectin. Pectin extractions were carried out with varying parameters such as three different fruit peels as raw materials, two different acid types (citric acid and hydrochloric acid) for the extraction medium and two different extraction temperatures (80 °C and 90 °C). The effects of these parameters on the pectin yield and properties of pectin were investigated. Moisture and ash content, FTIR analysis, esterification degree, equivalent weight, methoxyl content and anhydrouroonik acid content were determined for the characterisation of the extracted pectin samples. The pectin yields were found to be; 4.70-14.50% for mandarin peel, 4.40-9.25% for pomegranate peel and 2.10-4.80% for pumpkin peel. Among the fruit peels used in the study for pectin extraction, the highest pectin yield was obtained as 14.50% from the mandarin peel, which is a citrus fruit. The results of the analysis and characterization show that the samples are mainly composed of high methoxy pectins. Considering the yields of extracted pectins from different fruit peels, their properties and environmental effects, it was concluded that it is more appropriate to use citric acid as the extraction medium and to select the extraction temperature of 90 °C.*

**Keywords:** Pectin, Acid extraction, Mandarin peel, Pomegranate peel, pumpkin Peel, Fruit peel.

## 1 Giriş

1825 yılında Henri Braconnot (1780-1855) tarafından keşfedilen pektin [1], çoğunlukla D-galakturonik asit (GalA) birimlerinden oluşan, kısmen metilesterleştirilmiş veya asetillenmiş bir omurgadan oluşan bitkilerin birincil ve ikincil hücre duvarı olan orta lamelinde bulunan kompleks bir heteropolisakarittir [2],[3]. Pektin molekülünde; galakturonik asit zincirinin değişen oranlarda Homogalakturonan (HG), Ramnogalakturonan I (RGI), Ramnogalakturonan II (RGII) ve Xylogalakturonan'ı (XGA) içerecek şekilde dört ana pektik polisakaritten oluştuğu düşünülmektedir [4],[5].

Poligalakturonik asit zinciri kısmen metil gruplar ile esterleşmiş ve serbest asit grupları da kısmen veya tamamen sodyum, potasyum veya amonyum iyonları ile nötralize olabilmektedir. Esterleşmiş karboksil gruplarının toplam karboksil gruplarına oranı, esterleşme derecesi (ED) olarak tanımlanır [6]. Esterleşme derecesi %50'den fazla olan pektinler (ED $\geq$ %50) yüksek metoksilli (YM) pektinler olarak sınıflandırılırlar. YM pektinler pH $\leq$ 3.5 olan çözeltilerde ve

%55'in üzerindeki şeker konsantrasyonlarında ısıtıldığında esas olarak hidrofobik etkileşimler ve hidrojen bağları ile jeller oluşturur [7]. Esterleşme derecesi %50'den az olan pektinler (ED<%50) ise düşük metoksilli (DM) pektinler olarak sınıflandırılır. Düşük metoksilli pektinler geniş bir pH aralığında, şeker olmadan veya şekerle ve Ca<sup>2+</sup> iyonu varlığında jel oluşturucu özelliklerinden dolayı genellikle düşük şekerli ürünlerde kullanılırlar [8],[9].

Pektinin fiziko-kimyasal, yapısal ve fonksiyonel özellikleri; ekstraksiyon yöntemine, kullanılan ham maddeye, molekül ağırlığına ve esterleşme derecesine göre değişkenlik gösterebilmektedir [10]. Pektin, sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı yüksek ticari değeri olan fonksiyonel bileşen olarak öne çıkmaktadır. Gıda, kozmetik, ilaç endüstrileri gibi birçok sektörde pektin yaygın şekilde kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde; jelleşmesi, koyulaşması, stabilizasyonu, dokusu ve reolojik özellikleri nedeniyle fonksiyonel bir bileşen olan pektin; çok çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Jölelerin, reçellerin, meyve sularının hazırlanmasında ve gıda

\*Yazışılan yazar/Corresponding author

endüstrisinin diğer dallarında pektinin yaygın kullanılması yapısının hidrofilik özelliğinden kaynaklanmaktadır [11]. Pektinin doğal yapıda olma, viskoziteyi artırma, emülsiyonları kararlı hale getirebilme ve kalınlaştırma gibi özelliklere sahip olması onun kozmetik ve ilaç sektörlerinde de yaygın kullanılmasını sağlamaktadır [12]. Ayrıca pektinin kolesterole, safra asidi metabolizmasına, plazma glikoz seviyelerine ve ateroskleroz mekanizmalarına olumlu bir etkisi olduğu bilinmektedir. Su ile etkileşime girme yeteneği sebebiyle obezite rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılabilir. [13],[14]. Çözünbilir bir diyet lifi olarak kullanılmasının kolon kanseri riskini azaltabileceği yapılan akademik çalışmalarda bildirilmektedir [15],[16]. Pektin metal iyonlarına olan ilgisi nedeniyle biyosorbent olarak kullanılabilirdiği gibi pektin bazı hidrojenler de sulu çözelti kirleticilerinin yok edilmesinde kullanılmaktadır [17]-[19]. Biyoaktif bileşenler içeren mikro ve nano kapsüllerin hazırlanmasında diğer biyopolimerler ile birlikte veya tek başına pektinden faydalanılmaktadır [20],[21]. Bunların yanında pektinin biyolojik olarak parçalanabilen film, yapıştırıcı, köpük, tutkal ve plastikleştirici gibi ürünlerin üretiminde kullanıldığına ilişkin çalışmalar literatürdeki birçok makalede görülmektedir [22]-[24].

Pektin ekstraksiyonu; yaygın olarak kullanılan geleneksel asit ekstraksiyonunun yanında [25]-[30], son yıllarda alternatif olarak; ultrasonik [31],[32], mikrodalga [33],[34], sub-kritik su [35],[36] ve enzimatik [37],[38] ekstraksiyon gibi yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu ekstraksiyon yöntemleri arasında üretimin pratik, düşük maliyetli ve yüksek verimlilikte olmasından dolayı asit ekstraksiyonu pektinin üretilmesinde başvurulan en yaygın yöntemdir. Bu yöntemde pektinin ekstraksiyonu, genellikle hidroklorik asit, nitrik asit, sitrik asit veya sülfürik asit kullanılarak yüksek sıcaklıklarda, ham maddedeki pektinin ekstraksiyonu ve çözünmesi sağlanarak gerçekleştirilir. Yüksek sıcaklık ve asidik ortamlar; pH, sıcaklık, zaman ve katı-sıvı oranı gibi ekstraksiyon koşullarından önemli ölçüde etkilenen pektin verimini artırmak için çözünmeyen protopektinin çözünmesine katkıda bulunur. Yapılan işlemde esterifikasyon ve depolimerizasyon gibi bazı istenmeyen bozunma reaksiyonları meydana geleceğinden dolayı, istenen pektin kalitesine ulaşmak için ekstraksiyon koşulları (sıcaklık, zaman ve pH) dikkatlice kontrol edilmelidir. Özellikle aşırı düşük pH değeri pektin zincirinin parçalanmasına neden olabileceğinden pektin zincir bütünlüğünü koruyarak yüksek pektin veriminin elde edilmesinde ekstraksiyon ortamının pH değerini optimize etmek son derece önemlidir.

Asit ekstraksiyonu yönteminde; ekstraksiyon ortamının pH değerinin yeterince düşük olmasının (pH=1-3), yüksek sıcaklıkta (70 °C-90 °C) gerçekleştirilen ekstraksiyonun ve uzun ekstraksiyon süresinin (1-6 sa.) pektin verimini artırdığı bilinmektedir. Pektin eldesi için uygulanan asit ekstraksiyonundan sonra filtrasyon veya santrifüj işlemiyle geri kazanılan pektin, alkol veya çözünmeyen tuz yardımıyla çöktürülerek ekstraksiyon ortamından ayrılır. Elde edilmiş olan ham pektin alkol ile yıkanarak içerisinde bulunan tüm safsızlıklardan arındırıldıktan sonra kurutulur ve öğütülür [8],[25],[39],[40].

Bir biyopolimer olan pektinin; başta gıda, kozmetik ilaç gibi farklı endüstrilerde olmak üzere kullanım alanlarının yaygınlaşması sebebiyle son yıllarda hızlı şekilde artan pektin talebine karşın pektinin ticari kaynaklarının sınırlı olduğu bilinmektedir. Günümüzde ticari amaçla kullanılan pektinlerin çoğu meyve suyu üretiminin yan ürünlerinden olan; turuncgil meyvelerinin (limon, portakal, greylift, mandalina)

kabuğundan (%85.5), elma posasından (%14) ve daha az oranda şeker pancarı posasından (%0.5) üretilmektedir [8],[41]. Muz kabukları [42], ayçekirdeği tabakları [43], nar kabukları [44],[45], havuç posası [46], domates kabuğu atıkları [47],[48], nohut kabukları [49], yeşil fıstık kabukları [50] ve şeftali posası [51] olmak üzere diğer birçok gıda atıkları ve tarımsal yan ürünlerin pektin üretimi için alternatif kaynak olarak kullanılmasının uygunluğu yapılan birçok çalışmada araştırılmaktadır.

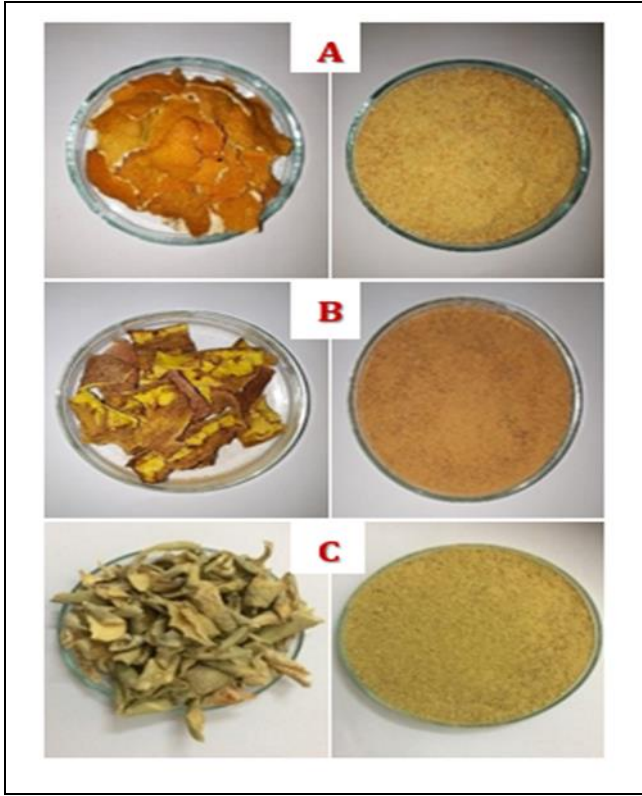
Ülkemizdeki pektin talebi ve kullanımı günden güne artmasına rağmen, bu talep büyük çoğunlukla ithalat yoluyla sağlanmaktadır (2020 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'nin çeşitli ülkelerden pektin ithalatı 605 ton civarındadır). Bildiğimiz kadarıyla son yıllarda ülkemizde pektinin ticari üretimi için bazı girişimler (Kayseri Şeker Fabrikası bünyesinde pilot pektin üretim tesisi kurulumu gibi) olmasına rağmen henüz ticari pektin üretimi yapılmamaktadır. Bu çalışmada; genellikle şehir yaşamında atık olarak çöpe atılan, kırsal yaşamda ise hayvan yemi olarak kullanılabilen bal kabağı, nar ve mandalina kabuklarının ham madde olarak kullanılmasında pektin eldesinde değerlendirilmesi ve elde edilen pektinlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, ticari pektinin özellikleri ile karşılaştırılarak uygun özelliklere sahip pektin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla söz konusu meyve kabuklarından; mineral asit olarak hidroklorik asit (HCl) ve organik asit olarak sitrik asit (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) kullanılarak geleneksel asit ekstraksiyonu metoduyla pektin elde edilmiştir. Pektin eldesi için yapılan işlemlerde; oda sıcaklığında kurutulmuş meyve kabukları tüm pektin izolasyonu deneylerinde 90 dk. süreyle asit ekstraksiyonuna tabi tutulmuş, ayrıca ekstraksiyon işlemi 80°C ve 90°C olarak iki farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; meyve kabuğu çeşidi, ekstraksiyon çözücüsü olarak kullanılan asit türü, ekstraksiyon sıcaklığı gibi değiştirilen parametrelerin pektin verimine ve elde edilen pektinin esterleşme derecesi (ED), eşdeğer ağırlığı (EA), metoksil içeriği (Mİ), anhidroüronik asit (AÜA) içeriği gibi özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

## 2 Materyal ve metot

### 2.1 Materyal

Pektin ekstraksiyonu deneylerinde ve elde edilen pektinin karakterizasyon çalışmalarında; Hidroklorik Asit Merck (Almanya), Sitrik Asit Merck (Almanya), Etil Alkol Merck (Almanya), Sodyum Hidroksit J. T. Baker (Hollanda), Sodyum Klorür J. T. Baker (Hollanda) ve ticari pektin (turuncgil kabuğundan üretilmiş) Sigma Aldrich (Almanya) firmalarından temin edilmiştir. Pektinin yıkama işlemlerinde kullanılan teknik Etil Alkol Apeks Grup (Türkiye) firmasından temin edilmiş ve yapılan deneylerde distile edilmiş saf su kullanılmıştır.

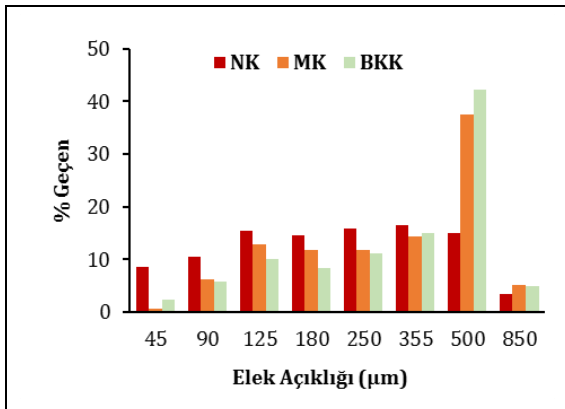
Çalışmada; diğer evsel atıklardan ayrı olarak toplanıp oda sıcaklığında kurutulmuş mandalina (*Citrus reticulata*) kabuğu (MK), nar (*Punica granatum*) kabuğu (NK) ve bal kabağı (*Cucurbita moschata*) kabuğu (BKK) atıkları pektin eldesinde ham madde olarak kullanılmıştır. Pektin eldesi için ekstraksiyon işlemine tabi tutulacak olan meyve kabukları kurutulduktan sonra boyut küçültülmesi işlemi ile etkin pektin izolasyonunun sağlanması için değirmende öğütülmüştür. Pektin eldesinde kullanılan kurutulmuş ve öğütülmüş farklı meyve kabuklarının fotoğrafları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kurutulmuş ve öğütülmüş meyve kabukları fotoğrafları: (A): Mandalina kabuğu. (B): Nar Kabuğu. (C): Bal Kabağı Kabuğu.

Figure 1. Photos of dried and ground fruit peels: (A): Mandarin Peel. (B): Pomegranate Peel. (C): Pumpkin Peel.

Pektin ekstraksiyonu için kullanılan kurutulmuş ve değirmende öğütülmüş olan meyve kabuklarının boyut aralığının belirlenmesi maksadıyla elek analizi; 45-850 µm değerleri arasında değişen elek açıklığına sahip 8 adet elek kullanılarak Fritsch-Analysette 3 Spartan (Almanya) marka elek cihazında yapılmıştır. Elek analizinde elde edilen sonuçlar Şekil 2'de görülmektedir. Elek analizi sonuçları öğütülmüş meyve kabuklarının boyutlarının geniş bir dağılım aralığında olduğunu fakat çoğunlukla 125-500 µm boyut aralığında toplandığını göstermektedir.



Şekil 2. Öğütülmüş Mandalina (MK), Nar (NK) ve Bal Kabağı (BKK) kabuklarının elek analizi sonuçları.

Figure 2. Sieve analysis results of ground Mandarin (MK), Pomegranate (NK) and Pumpkin (BKK) peels.

Oda sıcaklığında kurutulmuş olan meyve kabuklarının (MK, NK, BKK) nem içeriğinin belirlenmesi kısaca aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir. Darası alınmış petri kabına (W) 1 g kurutulmuş meyve kabuğu konularak (W<sub>1</sub>), örnek içeren petri kabı 100 °C'de 5 sa. etüvde tutulmuştur. Bu süre sonunda petri kabı etüvden çıkarılarak desikatörde oda sıcaklığına soğutulmuş ve petri kabının son tartımı (W<sub>2</sub>) alınmıştır. Yukarıdaki tartım değerleri kullanılarak meyve kabuklarının yüzde nem içeriği denklem 1 ile hesaplanmıştır. Meyve kabuklarının kül içeriğinin belirlenmesinde nemi giderilmiş olan kabuk örneğini içeren krozeler 600 °C'de 6 sa. kül fırınında tutulmuştur. Süre sonunda desikatörde oda sıcaklığına soğutulan krozelerin son tartımı (W<sub>3</sub>) alınmış ve meyve kabuklarının yüzde kül içeriği denklem 2 yardımıyla belirlenmiştir. Belirlenen yüzde nem ve kül içerikleri değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

$$\% \text{ Nem} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Kül} = \frac{W_3 - W}{W_2 - W} \times 100 \quad (2)$$

Tablo 1. Pektin eldesi için kullanılan Mandalina (MK), Nar (NK) ve Bal Kabağı (BKK) kabuklarının yüzde nem ve kül içerikleri.

Table 1. Percentage moisture and ash content of Mandarin (MK), Pomegranate (NK) and Pumpkin (BKK) peels used for pectin production.

Numune	% Nem İçeriği	% Kül İçeriği
MK	10.85	4.20
NK	10.25	4.40
BKK	5.30	7.10

## 2.2 Pektin ekstraksiyonu

Pektin ekstraksiyonu için geleneksel sıcak asit ekstraksiyonu yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemde; hidroklorik asit (HCl) ve sitrik asit (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) kullanılarak hazırlanan asit çözeltileri ekstraksiyon ortamı olarak kullanılmıştır. Değirmende öğütülerek toz haline getirilen mandalina, nar ve bal kabağı kabukları, 0.1 N derişiminde hazırlanan hidroklorik asit ve sitrik asit çözeltilerine 1/50 (meyve kabuğu ağırlığı/çözelti hacmi (w/v)) oranında ilave edilerek manyetik karıştırıcıda (Velp Scientifica, İtalya) karıştırılarak homojen olarak dağıtılmıştır. Pektin ekstraksiyonunda en önemli parametrelerden biri olan ekstraksiyon ortamının pH değeri WTW-Multi 340i (Almanya) marka pH metre ile belirlenerek Tablo 2'de verilmiştir. Ekstraksiyon ortamı için gerçekleştirilen pH ölçüm sonuçları; pektin ekstraksiyonunda kullanılan meyve kabukları ilavesinin asit çözeltilerinin pH değerlerinde küçük artışlara sebep olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Ekstraksiyon ortamının pH değerleri.

Table 2. pH values of the extraction medium.

Numune	pH	
	HCl	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>
0.1 N asit çözeltisi	0.75	2.00
MK içeren 0.1 N asit çözeltisi	0.83	2.50
NK içeren 0.1 N asit çözeltisi	0.80	2.26
BKK içeren 0.1 N asit çözeltisi	0.94	2.86

Meyve kabuklarını içeren çözeltiler farklı ekstraksiyon sıcaklıklarında (80°C ve 90°C) çalkalamalı su banyosunda (Termal-H11900, Türkiye) 90 dk. süreyle ekstraksiyon



işlemine tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işlemi sonrasında karışım süzgeç kağıdı ile süzülerek çökelti ve pektin içeren süzüntü ayrılmıştır. Süzüntü içerisindeki pektinin çöktürülmesi için kendi hacminin 2 katı kadar %96'lık etil alkol yavaş bir şekilde ilave edilmiştir. Çökmenin tam olarak sağlanması amacı ile etil alkol ilavesi sonrasında karışım buzdolabında 12 sa. süreyle bekletilmiştir. Karışımda çöken pektin cendere bezi yardımıyla süzülmüştür. Elde edilen ham pektinin saflaştırılması için %96'lık etil alkol ile yıkama işlemi uygulanmıştır. Etil alkol ile gerçekleştirilen yıkama işleminde santrifüj tüplerinde alkol ile dağıtılan ham pektin daha sonra 4000 rpm'de 10 dk. boyunca santrifüj işlemine (Nüve NF 400, Türkiye) tabi tutulmuştur. Yıkama işlemi santrifüjden çıkan tüpün üst kısmındaki yıkama alkolünün rengi berrak oluncaya kadar devam ettirilmiştir. Yıkama işlemi sonrasında elde edilen jel halindeki pektin petri kaplarına alınarak oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulan pektin örnekleri öğütülerek toz haline getirilmiş ve 4°C sıcaklıkta buzdolabında sonraki analizler için muhafaza edilmiştir.

### 2.3 Analizler

#### 2.3.1 Pektin verimi

Meyve kabuklarından elde edilen pektin verimleri aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir.

$$\% \text{ Verim} = \frac{\text{Kuru pektin ağırlığı (g)}}{\text{Numune miktarı (g)}} \times 100 \quad (3)$$

#### 2.3.2 FTIR (Fourier Transform Infrared) spektroskopisi

Bu çalışmada; fonksiyonel polisakkarit gruplarının araştırılması için hızlı ve kullanışlı bir yöntem olan Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), pektin yapısındaki farklılıkları belirlemek için kullanılmıştır. Optimal deney şartlarında (ekstraksiyon sıcaklığı: 90°C, ekstraksiyon süresi: 90 dk., katı-sıvı oranı (w/v): 1/50) farklı meyve kabuklarından elde edilen pektin örneklerinin; FTIR spektrumları; elmas ATR yöntemi ile Thermo Fisher Scientific-Nicolet/iS50 (ABD) marka infrared spektrofotometre cihazında oda sıcaklığında 4 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte çekilmiştir. FTIR spektrumları MIR bölgesi olan 400 cm<sup>-1</sup> - 4000 cm<sup>-1</sup> arasında kaydedilmiştir.

#### 2.3.3 Nem ve kül içeriğinin belirlenmesi

Atık meyve kabuklardan elde edilen pektin örneklerinin nem ve kül içerikleri gravimetrik olarak belirlenmiştir [52]. Daha önce meyve kabuklarının nem ve kül içeriklerinin belirlenmesinde ki yöntem basamakları küçük değişikliklerle uygulanarak pektin örneklerinin yüzde nem içeriği denklem 1, yüzde kül içerikleri ise denklem 2 kullanılarak belirlenmiştir.

#### 2.3.4 Esterleşme derecesi (ED), metoksil içeriği (Mİ) ve anhidrouronik asit (AÜA) içeriğinin belirlenmesi

Pektin örneklerinin karakterizasyonunda önemli olan ED, Mİ ve AÜA içeriği değerleri titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir [52],[53]. Uygulanan titrasyon yöntemi kısaca; 0.2 g pektin (W) erlene alınarak etil alkolle ıslatılır. 20 mL sıcak saf su (40 °C) eklenerek pektinin çözünmesi için karışım oda sıcaklığında 2 sa. 300 rpm karıştırma hızıyla karıştırılır. Sonrasında çözelti fenoltalein indikatörü kullanılarak 0.1 N NaOH ile titre edilir. Sarfiyat V<sub>1</sub> (mL) olarak kaydedilir. Titrasyon sonrasında karışıma 10 mL 0.1 N NaOH eklenir ve pektinin esterleşmiş karboksilik asit gruplarının sabunlaşması için oda sıcaklığında 2 sa. 300 rpm'de karıştırılır. Daha sonra karışıma 10 mL 0.1 N HCl eklenir. Asitin aşırısı (HCl) fenoltalein indikatörü

kullanılarak 0.1 N NaOH ile titre edilerek sarfiyat V<sub>2</sub> (mL) olarak kaydedilir. Titrasyonlardaki sarfiyatlar kullanılarak yüzde esterleşme derecesi (%ED), yüzde metoksil içeriği (%Mİ) ve yüzde anhidrouronik asit (%AÜA) içeriği değerleri 4-9 denklemleri ile belirlenmiştir.

$$K_f = \frac{N_{NaOH} \times V_1 \times 0.045}{W} \times 100 \quad (4)$$

$$K_e = \frac{N_{NaOH} \times V_2 \times 0.045}{W} \times 100 \quad (5)$$

$$K_t = K_f + K_e \quad (6)$$

$$\%ED = \left( \frac{K_e}{K_t} \right) \times 100 \quad (7)$$

$$\%Mİ = \frac{\%ED \times 31}{176 + (ED \times 14)} \quad (8)$$

$$\%AÜA = \frac{176 \times \%Mİ}{31 \times \%ED} \times 100 \quad (9)$$

Denklemlerde kullanılan kısaltmaların açıklamaları aşağıdaki gibidir.

K<sub>f</sub>: Serbest karboksilik asit gruplarının sayısı

K<sub>e</sub>: Esterleşmiş karboksil gruplarının sayısı

K<sub>t</sub>: Toplam karboksil gruplarının sayısı

#### 2.3.5 Eşdeğer ağırlık değerinin belirlenmesi

Çalışmadaki pektin örneklerinin eşdeğer ağırlık değerleri titrimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir [52]. Kullanılan yöntemde; etil alkolle ıslatılan 0.5 g pektin (W) örneği, 100 mL saf suda 1 g NaCl çözülerek hazırlanan çözeltiye eklenir. Elde edilen karışım oda sıcaklığında tüm pektin örnekleri çözününceye kadar manyetik karıştırıcıda hızlıca karıştırılır. Sonrasında birkaç damla fenol kırmızısı indikatörü ilave edilen çözelti 0.1 N NaOH'e karşı titrasyon işlemine tabi tutularak sarfiyat V<sub>1</sub> (mL) olarak not edilir. Titrasyon işlemindeki değerler kullanılarak örneğin eşdeğer ağırlık (EA) değeri denklem 10 ile hesaplanır.

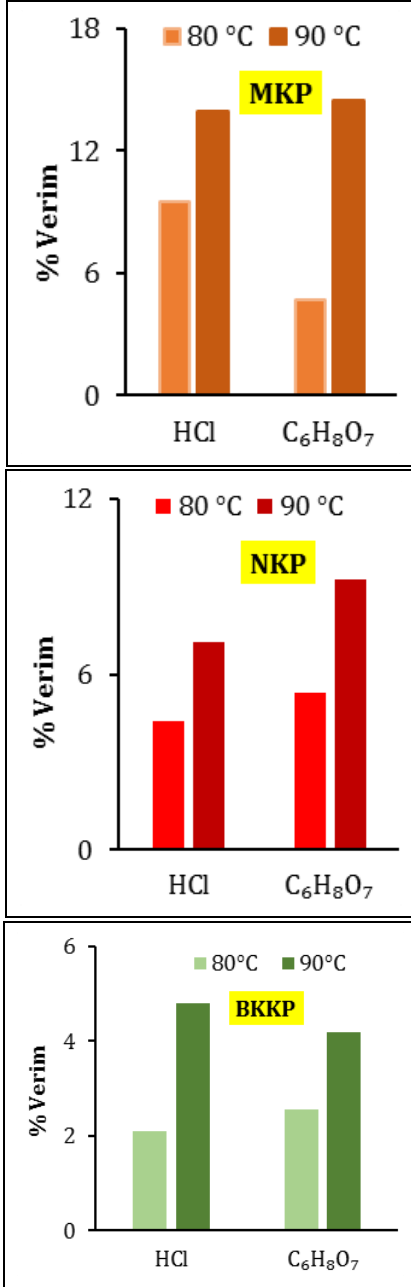
$$EA = \frac{W \times 1000}{V_1 \times N_{NaOH}} \quad (10)$$

## 3 Deneysel bulgular ve tartışma

### 3.1 Pektin verimi

Farklı meyve kabuklarının pektin eldesi için ham madde olarak kullanıldığı ve ekstraksiyon ortamında hidroklorik asit/sitrik asit çözeltileri kullanılarak 80-90 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemlerinden elde edilen mandalina kabuğu pektini (MKP), nar kabuğu pektini (NKP) ve bal kabağı kabuğu pektini (BKPP) verimleri Şekil 3'te verilmiştir. Çalışmada elde edilen pektin verimlerinin; mandalina kabuğu için %4.70-14.50, nar kabuğu için %4.40-9.25 ve bal kabağı kabuğu için ise %2.10-4.80 değerleri arasında değiştiği bulunmuştur. Şekilden de görüleceği gibi ekstraksiyon sıcaklığının 90 °C'ye çıkarılması bütün ekstraksiyon deneylerinde literatürdeki çalışmalara uyumlu şekilde pektin verimlerinde belirgin bir artışa sebep olmuştur [54],[55]. Ekstraksiyon sıcaklığının yükseltilmesinin pektin eldesinde ham madde olarak kullanılan sebze ve meyve atıklarının hücre duvarı polisakkaritlerinin çözünürlüğü

arttırmasından dolayı pektin veriminin arttığı düşünülmektedir. Ekstraksiyon ortamının hazırlanmasında kullanılan asit türünün pektin verimine etkisi incelendiğinde ise; ekstraksiyon ortamının sitrik asit çözeltisi olması durumunda nar kabuğundan elde edilen pektinin verimi artmış fakat mandalina ve bal kabağı kabuklarından elde edilen pektin verimlerinde ise asit türünün değiştirilmesinin çok belirgin bir etkisi görülmemiştir.



Şekil 3. Ekstrakte edilen Mandalina Kabağı (MKP), Nar Kabağı (NKP) ve Bal Kabağı Kabağı pektinlerinin (BKKP) yüzde verimleri.

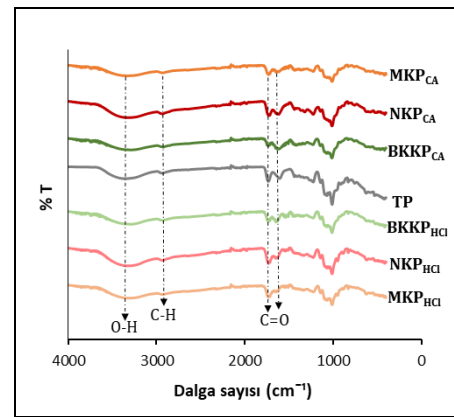
Figure 3. Percentage yields of pectins extracted from Mandarin Peel (MKP), Pomegranate Peel (NKP) and Pumpkin Peel (BKKP).

Yapılan pektin ekstraksiyonu deneylerinde en yüksek pektin verimi %14.50 ile mandalina kabuğundan ekstraksiyon ortamı olarak sitrik asit çözeltisi kullanıldığında ve ekstraksiyon sıcaklığı olarak 90°C'deki deney koşullarında elde edilmiştir.

Bal kabağı kabuklarından elde edilen pektin verimleri genelde düşük değerlerdedir ve en düşük pektin verimi yaklaşık %2.10 ile aynı kabuktan 80°C ekstraksiyon sıcaklığında ve HCl ile hazırlanan ekstraksiyon ortamında elde edilmiştir. Yapılan çalışmadaki nar kabağı pektin verimlerine benzer sonuçlar; Abid ve diğ. [26] ekstraksiyon ortamı olarak nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) kullanarak %6.40-11.00 verimde ve Pereira ve diğ. [45] ise sitrik asitle pektin elde ettikleri çalışmada %4.00-11.00 arası verim değerleri pektin ekstrakte edebilmişlerdir. Bal kabağı posası ve diğer atıklarının pektin eldesinde değerlendirilmesine yönelik çalışmalar [33],[56]-[59] yapılmış olmasına rağmen pektin eldesinde sadece bal kabağı kabuğunun kullanıldığı çalışmalar çok az sayıdadır [60],[61]. Yoo ve diğ. [59] yaptığı çalışmada sıcak asit ekstraksiyonu yöntemiyle bal kabağından pektin eldesinde verim %1.00-5.70, Baissise ve diğ. [60] HCl kullanarak asit ekstraksiyonu ile bal kabağı posasından ve bal kabağı kabuğundan %4.50-5.00 verim elde etmişlerdir. Yapılan çalışmadaki bal kabağı kabuğu verimi literatürdeki verimlerle uyumludur. Bir turuncu meyve olan mandalina kabuğu atıklarından pektin eldesinde; Güzel ve diğ. [62] yaptıkları çalışmada ekstraksiyon ortamı olarak sitrik asit kullanarak en yüksek verimi %15.00, Han ve diğ. [63] asit ekstraksiyonu ile pektin verimini %14.00 ve Cho ve diğ. [64] ise aynı ham maddeyi kullanarak yaklaşık %10.00 pektin verimi elde etmişlerdir.

### 3.2 FTIR (Fourier Transform Infrared) analizi

Atık meyve kabuklarından ekstrakte edilen pektin örneklerinin fonksiyonel gruplarını tanımlamak için FTIR analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen pektin örneklerinin ve ticari pektinin FTIR spektrumları Şekil 4'te verilmiştir. Spektrumların yer aldığı şekilde; ortadaki spektrum ticari pektine (TP), TP spektrumunun yukarısındaki spektrumlar ekstraksiyon ortamında sitrik asit kullanılarak elde edilen mandalina kabağı pektini (MKP<sub>CA</sub>), nar kabağı pektini (NKP<sub>CA</sub>) ve bal kabağı kabağı pektini (BKKP<sub>CA</sub>) örneklerine, aşağısındakiler ise ekstraksiyon ortamında hidroklorik asit kullanılarak elde edilen mandalina kabağı pektini (MKP<sub>HCl</sub>), nar kabağı pektini (NKP<sub>HCl</sub>) ve bal kabağı kabağı pektini (BKKP<sub>HCl</sub>) örneklerine aittir.



Şekil 4. Ticari pektinin (TP) ve farklı meyve kabuklarından, ekstraksiyon ortamında sitrik asit (MKP<sub>CA</sub>, NKP<sub>CA</sub>, BKKP<sub>CA</sub>) yada hidroklorik asit kullanılarak (MKP<sub>HCl</sub>, NKP<sub>HCl</sub>, BKKP<sub>HCl</sub>) elde edilen pektinlerin FTIR spektrumları.

Figure 4. FTIR spectra of commercial pectin (TP) and pectins obtained using citric acid (MKP<sub>CA</sub>, NKP<sub>CA</sub>, BKKP<sub>CA</sub>) or hydrochloric acid (MKP<sub>HCl</sub>, NKP<sub>HCl</sub>, BKKP<sub>HCl</sub>) in extraction medium from different fruit peels.

Pektin örneklerinin FTIR spektrumlarında bazı fonksiyonel grupların belirgin absorpsiyon bantları görülmektedir. 3000 ve 3780  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki karakteristik bandlar polisakkarit moleküllerindeki hidroksil grubunun O-H gerilmesini göstermektedir. Polisakkarit moleküllerindeki karboksilik asit -COOH ve hidroksil gruplarının hidrojen bağı yapmasından kaynaklanabilen bu absorpsiyon bandı pektin FTIR spektrumlarında gözlenmektedir [65]. Yaklaşık olarak 2980-2800  $\text{cm}^{-1}$ deki band galakturonik asitin alkil gruplarının (CH, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>) C-H gerilmesini göstermektedir [65],[66]. Tüm numuneler için ortak olan ve pektin fonksiyonel grubuna işaret eden yaklaşık 1730  $\text{cm}^{-1}$  ve 1650-1510  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki soğurma bandları; sırasıyla esterleşmiş karbonil gruplarının C=O ve serbest karbonil gruplarının C=O gerilme titreşimine karşılık gelir [67]. Esterleşmiş karboksil gruplarının band alanının ve şiddetinin artması yüksek esterleşme derecesinin bir göstergesidir [68]. Genel olarak 850-1200  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki ikinci bölge karbonhidratlar için "parmak izi" bölgesi olarak tanımlanır ve yorumlanması zordur [69],[70]. Sonuç olarak yapılan FTIR spektrumu analizi Şekil 4'ten görüleceği gibi ekstrakte edilen pektin örneklerinin spektrumlarının ticari pektinin spektrumu ile neredeyse bire bir uyumlu absorpsiyon bantlarına sahip olması elde edilen polisakkaritlerin pektin olduğu sonucunu doğrulamaktadır.

### 3.3 Pektinlerin nem ve kül içerikleri

Farklı meyve kabuklarından ve değiştirilen deney koşullarında (ekstraksiyon ortamı için farklı asit, farklı ekstraksiyon sıcaklığı) elde edilen pektin örneklerinin yüzde nem ve kül içerikleri üç deney tekrarı ile edilmiş ve ortalama değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Mandalina kabuğu (MKP), Nar kabuğu (NKP), Bal Kabağı kabuğu (BKBP) pektinlerinin ve ticari pektinin (TP) yüzde nem ve kül içerikleri.

Table 3. Percent moisture and ash contents of pectins of Mandarin Peel (MKP), Pomegranate Peel (NKP), Pumpkin Peel (BKBP), and commercial pectin (TP).

Pektin	Asit Çözeltisi	T (°C)	% Nem İçeriği	% Kül İçeriği
TP			10.27±1.27	5.75±0.63
	HCl	80	10.43±0.40	4.35±1.77
MKP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	8.33±1.82	4.00±0.77
	HCl	90	11.30±1.95	2.10±0.80
NKP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	11.70±1,01	4.23±0.24
	HCl	80	13.14±1.86	2.77±1.80
BKBP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	8.70±1.56	5.19±1.35
	HCl	90	9.43±1.25	4.19±1.18
NKP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	9.93±1.98	4.52±0.56
	HCl	80	9.77±1.91	3.07±0.78
BKBP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	9.30±1.86	7.16±1.76
	HCl	90	11.42±1.28	4.53±0.58
BKBP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	12.20±0.53	5.13±0.12

Atık meyve kabuklarından ekstrakte edilen pektin örneklerinin nem ve kül içerikleri tablodaki veriler kullanılarak karşılaştırıldığında; en yüksek nem içeriği %13.14 ile HCl ekstraksiyon ortamında 80°C sıcaklıkta nar kabuğunun ekstrakte edilmesiyle elde edilen pektinde (NKP), en düşük nem içeriğinin ise %8.33 ile ekstraksiyon ortamında C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> kullanılmasıyla 80 °C sıcaklıkta mandalina kabuğunun ekstrakte edilmesiyle elde edilen pektinde (MKP) bulunmuştur. Aynı şekilde; ekstraksiyon ortamında C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> kullanarak 80 °C sıcaklıkta bal kabağı kabuğundan elde edilen pektinde (BKBP)

en yüksek kül içeriği %7.16, en düşük kül içeriğinin ise %2.10 ile ekstraksiyon ortamında HCl kullanarak 90°C sıcaklıkta mandalina kabuğundan elde edilen pektinde (MKP) olduğu görülmektedir. Ticari pektin için yapılan nem ve kül içeriği analizlerinde bu değerler sırasıyla %10.27 ve %5.75 olarak belirlenmiştir. Çalışmada pektin eldesinde kullanılan atık meyve kabuklarından elde edilen pektin örnekleri ile ticari pektinin nem ve kül içerikleri karşılaştırıldığında sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir.

### 3.4 Pektinlerin; esterleşme dereceleri (ED), metoksil içerikleri (Mİ), anhidrouronik asit (AÜA) içerikleri ve eşdeğer ağırlık (EA) değerleri

Çeşitli meyve kabuklarından farklı deney koşullarında elde edilen pektinlerin özelliklerini ve kalitesini belirlemek için karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda pektinlerin; esterleşme dereceleri (ED), metoksil içerikleri (Mİ), anhidrouronik asit (AÜA) içerikleri ve eşdeğer ağırlıkları (EA) belirlenerek Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Mandalina (MKP), Nar (NKP) ve Bal Kabağı (BKBP) kabuklarından elde edilen pektinlerin %ED, %Mİ, %AÜA ve EA değerleri.

Table 4. ED% (degree of esterification), Mİ% (methoxyl content), AÜA% (anhidrouronic acid) and EA (equivalent weight) values of pectins obtained from Mandarin (MKP), Pomegranate (NKP) and Pumpkin (BKBP) peels.

Pektin	Asit Çözeltisi	T (°C)	%			EA (g)
			ED	Mİ	AÜA	
TP			76	12.64	94	1429
	HCl	80	45	7.65	97	417
MKP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	61	10.25	95	556
	HCl	90	54	9.15	96	476
NKP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	65	10.89	95	833
	HCl	80	48	8.11	96	435
BKBP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	67	11.15	95	1000
	HCl	90	51	7.98	89	357
NKP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	77	12.72	94	1053
	HCl	80	41	7.04	97	1053
BKBP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	66	10.97	95	1000
	HCl	90	56	9.46	96	526
BKBP	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	59	9.88	95	1818

Pektinin kalitesi ve uygulamaları üzerinde önemli etkisi olan pektinin esterleşme derecesi; esterleşmiş galakturonik asit gruplarının toplam galakturonik asit gruplarına oranıyla tanımlanır. Ekstraksiyonda kullanılan asit tipi, ekstraksiyon sıcaklığı ve ısıtma yöntemi esterleşme derecesini etkileyen önemli parametrelerdendir [71]. Pektinlerin sınıflandırılması; pektin molekülündeki esterleşme derecesi %50'den fazla ise (ED≥50) yüksek metoksilli pektin (YM), %50'nin altında ise (ED<50) düşük metoksilli pektin (DM) şeklinde yapılabilmektedir. Çalışmadaki pektin örneklerinin esterleşme dereceleri karşılaştırıldığında; en yüksek ED değeri %77 olarak nar kabuğunun ekstraksiyonuyla (sitrik asit ekstraksiyon ortamı ve 90°C ekstraksiyon sıcaklığı) elde edilen pektinde bulunmuştur. En düşük ED değeri ise %41 ile bal kabağı kabuğunun hidroklorik asitin ekstraksiyon ortamında kullanıldığı 80°C sıcaklıktaki ekstraksiyonu ile elde edilen pektine aittir. Karşılaştırma amacıyla ticari pektinin de esterleşme derecesi %76 olarak belirlenmiş ve elde edilen pektinlerin esterleşme derecelerinin genellikle ticari pektinin ED değerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çoğunlukla yüksek sıcaklıkta (90°C) gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda

elde edilen pektinlerin ve ekstraksiyon ortamı olarak sitrik asit çözeltisi kullanılarak elde edilen pektinlerin esterleşme dereceleri daha yüksektir. Birkaç istisna dışında çalışmadaki pektin örneklerinin esterleşme derecesi değerleri, elde edilen pektinlerin yüksek metoksilli pektinler olduğunu göstermektedir. Literatürdeki benzer çalışmalarda; nar kabuğundan ekstrakte edilen pektinlerin ED değerlerini; Abid ve diğ. [44] %34.10-46.10 değerleri arasında, Pereira ve diğ. [45] ise %47.18-71.45 arasında değişen değerleri rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada Güzel ve diğ. [62]; sitrik asitin ekstraksiyon ortamı olarak kullanıldığı ve mandalina kabuğundan ekstrakte edilen pektinde ED değerini %73.30 olarak elde etmişlerdir. Bal kabağı ile ekstrakte edilen pektinlerde, Torkova ve diğ. [56] ED değerini %71.90, Baississe ve diğ. [60] %63.88 ve Ramachandran ve diğ. [57] %60.18-69.81 olarak bulmuşlardır. Çalışmada elde edilen ED değerleri literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında; nar kabuğundan elde edilen pektinlerin ED değerlerinin benzer sonuçlar verdiği, ancak mandalina ve bal kabağı kabuğundan elde edilen pektinlerin ED değerlerinin literatürdeki değerlerden biraz düşük daha olduğu görülmektedir.

Pektinlerin katılma süresinin, metalik iyonlarla koordinasyon güçlerinin ve pektinin jel oluşturma kabiliyetinin kontrol edilmesinde önemli olan bir diğer parametre; metillenmiş D-galakturonik asit gruplarının toplam D-galakturonik asit gruplarına oranı olarak tanımlanan metoksil içeriğidir (Mİ) [72]. Elde edilen pektinlerin tablodaki Mİ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek Mİ değerinin %12.72 ile nar kabuğunun ekstraksiyonuyla elde edilen pektinde; en düşük Mİ değerinin ise %7.44 ile bal kabağı kabuğunun ekstraksiyonuyla elde edilen pektinde olduğu görülmektedir. Ekstrakte edilen pektin örneklerinin yüzde metoksil içeriği değeri; yüzde esterleşme derecesinin de kullanıldığı denklem ile hesaplanmaktadır. Bu sebeple esterleşme derecesinde olduğu gibi elde edilen pektin örneklerinin; yüksek sıcaklıkta (90°C) gerçekleştirilen ekstraksiyonla ve ekstraksiyon ortamı olarak sitrik asitin kullanıldığı deney şartlarında daha yüksek metoksil içeriği değerlerine sahip olduğu tablodan görülmektedir. Literatürdeki çalışmalarda; bal kabağı posasını ve diğer atıkların kullanılarak ekstrakte edilen pektinde Mİ değerleri; Baississe ve diğ. [60] tarafından %6.20, Ramachandran ve diğ. [57] tarafından %8.16-9.55 arasında bulunmuştur.

Pektinin; gıda endüstrisinde (reçeller, jöleler vb.) kullanımının uygunluğu [73] ve ekstrakte edilen pektinin saflığı hakkında bilgi veren bir diğer önemli özelliği yüzde anhidroüronik asit içeriğidir (% AÜA). Saflığı iyi olan bir ekstrakte edilmiş pektinde bu değer %65'in altında olmaması önerilmektedir [74]. Ayrıca %AÜA içeriğinin düşük değerleri pektinin yüksek miktarda protein içerebileceği anlamına gelmektedir [75]. Tablodaki pektin örneklerinin %AÜA içeriği değerlerinin yüksek olması (>%65), çalışmada farklı meyve kabukları ve farklı deney şartları kullanılarak elde edilen tüm pektin örneklerinin oldukça saf ve endüstriyel kullanım için uygun olduğunu göstermektedir. Benzer çalışmalarda; nar kabuğundan ekstrakte edilen pektinin AÜA içeriği değeri Abid ve diğ. [44] tarafından %47.71-68.51; Torkova ve diğ. [56] bal kabağı kullanarak ekstrakte ettikleri pektinin AÜA içeriğini %62.00, Ramachandran ve diğ. ise [57] %76.42-81.09 aralığındaki değerleri rapor etmişlerdir. Çalışmada elde edilen pektinlerin AÜA içeriği literatürdeki bu değerlerden daha yüksektir. Yapılan analiz sonucunda ticari pektinin Mİ değeri %12.64 ve AÜA içeriği ise %94.00 olarak elde edilmiştir. Elde

edilen pektinlerin değerleri ile ticari pektinin bu değerleri karşılaştırıldığında; elde edilen pektinlerin hepsinin %AÜA içeriği değerlerinin ticari pektinin değerlerinden yüksek olmasına karşın %Mİ değerlerinin genelde ticari pektinden daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Yüksek değerlerinin pektinin daha iyi jel oluşturma yeteneğine, düşük değerlerinin ise pektinin daha yüksek kısmi bozunmasına işaret edebilen eşdeğer ağırlık; pektinin uzun molekül zincirindeki toplam serbest galakturonik asit (esterlenmemiş) içeriği olarak tanımlanmaktadır [52]. Ekstrakte edilen pektinin eşdeğer ağırlık değerine; seçilen ekstraksiyon yöntemi, ekstrakte edilen ham madde çeşidi, ekstraksiyonda kullanılan asit türü, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon zamanı gibi parametreler etki etmektedir [76]-[78]. Çalışmada elde edilen pektin örneklerinin karakterizasyon çalışmalarında eşdeğer ağırlık değerleri de belirlenmiş ve bulunan değerler Tablo 4'te verilmiştir. Farklı meyve kabuklarından elde edilen pektin örneklerinin eşdeğer ağırlıklarının geniş bir aralıkta değiştiği (EA<sub>min</sub>=417g, EA<sub>max</sub>=1818g) tablodaki sonuçlar incelendiğinde görülmektedir. Daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak [71],[79]; ekstraksiyon ortamında hidroklorik asit yerine sitrik asit kullanımı elde edilen pektin örneklerinin eşdeğer ağırlık değerlerini yükseltmiştir. Eldesinde sitrik asitin kullanıldığı pektinlerde; ekstraksiyon sıcaklığının yükseltilmesi ile eşdeğer ağırlığı değerinin yükseldiği, hidroklorik asit kullanıldığında ise çoğunlukla sıcaklık artışının eşdeğer ağırlık değerini düşürdüğü gözlemlenen başka bir sonuçtur. Bu verilerle uyumluluk gösteren daha önceki çalışmalarda; kuvvetli asitin yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen ekstraksiyonlarında elde edilen pektinde kısmi hidroliz ve kısmi bozunmalar sebebiyle eşdeğer ağırlık değerlerinde düşüşe neden olabileceği rapor edilmektedir [77],[78]. Ticari pektin için bulunan 1429 g eşdeğer ağırlık değeri; çoğunlukla elde edilen pektinlerin eşdeğer ağırlık değerinden daha yüksektir. Yapılan çalışmada bal kabağı kabuklarından ekstrakte edilen pektinlerde EA değerleri 526-1818g değerleri arasında değişirken; Ramachandran ve diğ. [57] bal kabağı posasını ve atıklarını kullanarak ekstrakte ettikleri pektinin EA değerini 616-854 g arasında değişen değerlerde rapor etmişlerdir.

#### 4 Sonuçlar

Mandalina, nar ve bal kabağı kabuklarından asit ekstraksiyonu yöntemiyle yüksek verimde ve ticari pektin özelliklerine yakın özelliklere sahip pektin elde etmek için farklı deney koşullarında pektin ekstraksiyonları yapılmıştır. Farklı meyve kabuklarından elde edilen pektinlerin FTIR spektrumlarının ticari pektinin FTIR spektrumu ile hemen hemen aynı olduğu için pektin ekstraksiyonunun gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Ekstrakte edilen pektinlerin özelliklerinin belirlenmesi için yapılan karakterizasyon çalışmalarında pektinlerin özelliklerinin genellikle ticari pektinin özelliklerine yakın olduğu bulunmuştur. Pektin ekstraksiyonu işleminde ham madde olarak kullanılan meyve kabuğu çeşidine ve ekstraksiyon şartlarına (ekstraksiyon ortamında kullanılan asit türü, ekstraksiyon sıcaklığı vb.) bağlı olarak pektin verimleri %2.10-14.50 arasında değişmektedir. Ayrıca esterifikasyon dereceleri elde edilen pektinlerin büyük çoğunlukla yüksek metoksilli pektinler olduğunu göstermektedir. Farklı meyve kabuklarından ekstrakte edilen pektinlerin verimleri, ekstrakte edilen pektin özellikleri ve çevresel etkiler göz önüne alındığında ekstraksiyon ortamı olarak bir organik asit olan sitrik asitin kullanımının ve ekstraksiyon sıcaklığı olarak 90°C



sıcaklığın seçilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçların; farklı veya aynı ham maddelerin pektin ekstraksiyonunda değerlendirilmesi ve pektin ekstraksiyon şartlarının optimize edilmesi gibi benzer çalışmalara katkı verebileceği düşünülmektedir. Aynı ham maddeler kullanılarak elde edilecek pektinin akış özellikleri, termal özellikleri ve molekül ağırlığının belirlenmesini de içeren detaylı karakterizasyonu gelecekteki çalışmaların konusu olabilir.

## 5 Conclusions

Pectin extractions were carried out under different experimental conditions to obtain pectin with high yield and properties close to commercial pectin properties by acid extraction method from mandarin, pomegranate and pumpkin peels. Pectin extraction was carried out because the FTIR spectra of pectins obtained from different fruit peels were almost the same as the FTIR spectrum of commercial pectin. In the characterization studies performed to determine the properties of extracted pectins, it was found that the properties of pectins from fruit peels were generally close to the properties of commercial pectin. Pectin yields varied between 2.10 and 14.50% depending on the type of fruit peel used as a raw material in pectin extraction and the extraction conditions (acids used in the extraction medium, extraction temperature, etc.). In addition, esterification degrees showed that the obtained pectins were mostly high methoxylated pectins. Considering the yields of pectins extracted from different fruit peels, the properties of the synthesized pectin and environmental effects, it was concluded that it is more appropriate to use citric acid, which is an organic acid, as the extraction medium at 90 °C of the extraction temperature.

It is thought that the results of the present study can contribute to similar studies such as evaluating different or the same raw materials in pectin extraction and optimizing pectin extraction conditions. Detailed characterization of the pectin to be obtained using the same raw materials, including the determination of flow properties, thermal properties and molecular weight, may be the subject of future studies.

## 6 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Emine ŞEN, deney ve analizlerin yapılması, literatür taraması, yazım denetimi, deney ve analiz sonuçlarından grafik ve tabloların oluşturulması; Semanur ÖZDEMİR deney ve analizlerin yapılması, literatür taraması; Erdal UĞUZDOĞAN literatür taraması, araştırmanın planlanması, deneysel çalışmaların tasarımı ve yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi, kaynak ve malzemenin temini, makalenin yazılması gibi başlıklarda; katkı sunmuşlardır.

## 7 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## 8 Kaynaklar

[1] Naqash F, Masoodi F, Rather S, Wani S, Gani A. "Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin: A review". *Carbohydrate Polymers*, 168, 227-239, 2017.

- [2] Grassino AN, Barba FJ, Brncic M, Lorenzo JM, Lucini L, Brncic SR. "Analytical tools used for the identification and quantification of pectin extracted from plant food matrices, wastes and by-products: A review". *Food Chemistry*, 266, 47-55, 2018.
- [3] Canteri-Schemin MH, Fertonani HCR, Waszczynskyj N, Wosiacki G. "Extraction of pectin from apple pomace". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(2), 259-266, 2005.
- [4] Willats WG, McCartney L, Mackie W, Knox JP. "Pectin: cell biology and prospects for functional analysis". *Plant Molecular Biology*, 47(1-2), 9-27, 2001.
- [5] Yapo BM. "Pectic substances: from simple pectic polysaccharides to complex pectins-A new hypothetical model: A review". *Carbohydrate Polymers*, 86, 373-385, 2011.
- [6] Sriamornsak P. "Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review". *Silpakorn University International Journal*, 3(1-2), 206-228, 2003.
- [7] Oakenfull DG, Scott A. "Hydrophobic interaction in the gelation of high methoxyl pectins". *Journal of Food Science*, 49(4), 1093-1098, 1984.
- [8] May CD. "Industrial pectins: Sources, production and applications". *Carbohydrate Polymers*, 12, 79-99, 1990.
- [9] El-Nawawi SA, Heikel YA. "Factors affecting gelation of high-ester citrus pectin". *Process Biochemistry*, 32(5), 381-385, 1997.
- [10] Evranuz Ö. Ayçiçeği Tablolarından Pektin Eldesinde Pektin Kalitesini Etkileyen Faktörler ve Konu ile İlgili Teknolojik Öneriler. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1985.
- [11] Voragen AGJ, Coenen GJ, Verhoef RP, Schols HA. "Pectin, the versatile polysaccharide present in plant cell walls". *Structural Chemistry*, 20, 263-275, 2009.
- [12] Kanse NG, Chirag S, Swapnil S, Vishal S. "Extraction of pectin from orange peels and its applications: A review". *International Journal of Innovative Research in Science*, 6(9), 19452-19457, 2017.
- [13] Pinheiro ER, Silva IMDA, Gonzaga LV, Lover ER, Teófilo RF, Ferreira MMC, Amboni RDMC. "Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology". *Bioresource Technology*, 99, 5561-5566, 2008.
- [14] Silva DC, Freitas ALP, Pessoa CDS, Paula RCM, Mosque JX, Leal LKAM, Brito GAC, Gonçalves DO, Viana GS. "Pectin from *Passiflora edulis* Shows anti-inflammatory action as well as hypoglycemic and hypotriglyceridemic properties in diabetic rats". *Journal of Medicinal Food*, 14, 1118-1126, 2011.
- [15] Jackson CL, Dreaden TM, Theobald LK, Tran NM, Beal TL, Eid M, Gao MY, Shirley RB, Stoffel MT, Kumar MV, Mohnen D. "Pectin induces apoptosis in human prostate cancer cells: Correlation of apoptotic function with pectin structure". *Glycobiology*, 17, 805-819, 2007.
- [16] Wicker L, Kim Y, Kim M, Thirkield B, Lin Z, Jung J. "Pectin as a bioactive polysaccharide-Extracting tailored function from less". *Food Hydrocolloids*, 42, 251-259, 2014.
- [17] Annadurai G, Juang RS, Lee DJ. "Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels". *Water Science and Technology*, 47, 185-190, 2003.



- [18] Kumar R, Kumar A, Chauhan KR, Gupta R, Ahn JH, Chauhan GS. "Removal of as (V) from water by pectin based active hydrogels following geochemical approach". *Bioresource Technology*, 100, 1474-1477, 2009.
- [19] Singha NR, Karmakar M, Mahapatra M, Mondal H, Dutta A, Roy C, Chattopadhyay PK. "Systematic synthesis of pectin-(sodium-acrylate-co-N-isopropylacrylamide) interpenetrating polymer network for superadsorption of dyes/M (ii): Determination of physicochemical changes in loaded hydrogels". *Polymer Chemistry*, 8, 3211-3237, 2017.
- [20] Ji F, Li J, Qin Z, Yang B, Zhang E, Dong D, Wang J, Wen Y, Tian L, Yao F. "Engineering pectin-based hollow nanocapsules for delivery of anticancer drug". *Carbohydrate Polymers*, 177, 86-96, 2017.
- [21] Krivorotova T, Cirkovas A, Maciulyte S, Staneviciene R, Budriene S, Serviene E, Sereikaite J. "Nisin-loaded pectin nanoparticles for food preservation". *Food Hydrocolloids*, 54, 49-56, 2016.
- [22] Mohnen D. "Pectin structure and biosynthesis". *Current Opinion in Plant Biology*, 11, 266-277, 2008.
- [23] Cuq B, Contard N, Guilbert S. *Edible films and coatings as active layers*. Editor: Rooney ML, an imprint of Chapman and Hall, Active Food Packaging Blackie Academic & Professional, 111-142, Glasgow, UK, 1995.
- [24] Freitas CMP, Sousa RCS, Dias MMS, Coimbra JSR. "Extraction of pectin from passion fruit peel". *Food Engineering Reviews*, 12, 460-472, 2020.
- [25] Sayah M, Chabir R, Benyahia H, Rodi Kandri Y, Ouazzani Chahdi F, Touzani H, Errachidi F. "Yield, esterification degree and molecular weight evaluation of pectins isolated from orange and grapefruit peels under different conditions". *Plos One*, 11 (9), e0161751, 2016.
- [26] Abid M, Renard CMGC, Watrelot AA, Fendri I, Attia H, Ayadi MA. "Yield and composition of pectin extracted from Tunisian pomegranate peel". *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 186-194, 2016.
- [27] Kaya M, Sousa AG, Crépeau MJ, Sørensen SO, Ralet MC. "Characterization of citrus pectin samples extracted under different conditions: influence of acid type and pH of extraction". *Annals of Botany*, 114, 1319-1326, 2014.
- [28] Gazala K, Masoodi FA, Masarat HD. "Extraction and characterisation of pectin from two apple juice concentrate processing plants". *International Food Research Journal*, 24(2), 594-599, 2017.
- [29] Kurita O, Fujiwara T, Yamazaki E. "Characterization of the pectin extracted from citrus peel in the presence of citric acid". *Carbohydrate Polymers*, 74(3), 725-730, 2008.
- [30] Garna H, Mabon N, Robert C, Cornet C, Nott K, Legros H, Wathélet B, Paquot M. "Effect of extraction conditions on the yield and purity of apple pomace pectin precipitated but not washed by alcohol". *Journal of Food Science*, 72(1), C1-C9, 2007.
- [31] Rutkowska M, Namieśnik J, Konieczka P. *Ultrasound-Assisted Extraction*. Editors: Pena-Pereira F, Tobiszewski M. The Application of Green Solvents in Separation Processes, 301-324, Elsevier, Amsterdam, UK, 2017.
- [32] Moorthy I, Maran J, Ilakya S, Anitha S, Sabarima S, Priya B. "Ultrasound assisted extraction of pectin from waste artocarpus heterophyllus fruit peel". *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 525-530, 2017.
- [33] Košťálová Z, Aguedo M, Hromádková Z. "Microwave-assisted extraction of pectin from unutilized pumpkin biomass". *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 102, 9-15, 2016.
- [34] Hosseini S, Khodaiyan F, Yarmand M. "Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties". *Carbohydrate Polymers*, 140, 59-65, 2016.
- [35] Liew SQ, Teoh WH, Tan CK, Yusoff R, Ngho GC. "Subcritical water extraction of low methoxyl pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels". *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 128-135, 2018.
- [36] Muñoz-Almagro N, Valadez-Carmona L, Mendiola JA, Ibáñez E, Villamiel M. "Structural characterisation of pectin obtained from cacao pod husk. Comparison of conventional and subcritical water extraction". *Carbohydrate Polymers*, 217, 69-78, 2019.
- [37] Dominiak M, Søndergaard K, Wichmann J, Vidal-Melgosa S, Willats W, Meyer A, Mikkelsen J. "Application of enzymes for efficient extraction, modification, and development of functional properties of lime pectin". *Food Hydrocolloids*, 40, 273-282, 2014.
- [38] Sabater C, Corzo N, Olano A, Montilla A. "Enzymatic extraction of pectin from artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-products using Celluclast®1.5L". *Carbohydrate Polymers*, 190, 43-49, 2018.
- [39] Levigne S, Ralet MC, Thibault JF. "Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using an experimental design". *Carbohydrate Polymers*, 49(2), 145-153, 2002.
- [40] Kulkarni SG, Vijayanand P. "Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f flavicarpa* L.)". *Food Science and Technology*, 43(7), 1026-1031, 2010.
- [41] Chan SY, Choo WS, Young DJ, Loh XJ. "Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology". *Carbohydrate Polymers*, 161, 118-139, 2017.
- [42] Qiu L, Zhao G, Wu H, Jiang L, Li X, Liu J. "Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology". *Carbohydrate Polymers*, 80, 326-331, 2010.
- [43] Miyamoto A, Chang KC. "Extraction and characterization of pectin from sunflower head residue". *Journal of Food Science*, 5, 1439-1443, 1992.
- [44] Abid M, Cheikhrouhou S, Renard CMGC, Bureau S, Cuvelier G, Attia H, Ayadi MA. "Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties". *Food Chemistry*, 215, 318-325, 2017.
- [45] Pereira PHF, Oliveira TÍS, Rosa MF, Cavalcante FL, Moates GK, Wellner N, Waldron KW, Azeredo KMC. "Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid". *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 373-379, 2016.
- [46] Jafari F, Khodaiyan F, Kiani H, Hosseini SS. "Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties". *Carbohydrate Polymers*, 157, 1315-1322, 2017.
- [47] Grassino AN, Brnčić M, Vikić-Topić D, Roca S, Dent M, Brnčić SR. "Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste". *Food Chemistry*, 198, 93-100, 2016.
- [48] Morales-Contreras BE, Contreras-Esquivel JC, Wicker L, Ochoa-Martínez LA, Morales-Castro J. "Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) waste as a promising source of pectin: Extraction and physicochemical characterization". *Journal of Food Science*, 82, 1594-1601, 2017.

- [49] Urias-Orona V, Rascón-Chu A, Lizardi-Mendoza J, Carvajal-Millán E, Gardea AA, Ramírez-Wong B. "A novel pectin material: Extraction, characterization and gelling properties". *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 3686-3695, 2010.
- [50] Chaharbaghi E, Khodaiyan F, Hosseini SS. "Optimization of pectin extraction from pistachio green hull as a new source". *Carbohydrate Polymers*, 173, 107-113, 2017.
- [51] Faravash RS, Ashtiani FZ. "The influence of acid volume, ethanol-to extract ratio and acid-washing time on the yield of pectic substances extraction from peach pomace". *Food Hydrocolloids*, 22, 196-202, 2008.
- [52] Ranganna, S. Pectin, Handbook Of Analysis and Quality Control For Fruit and Vegetable Products, Tata McGraw Hill, New Delhi, India, 2008.
- [53] Bochek AM, Zabivalova NM, Petropavlovskii GA. "Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid". *Russian Journal of Applied Chemistry*, 75, 796-799, 2011.
- [54] Yapo BM, Robert C, Etienne I, Wathélet B, Paquot M. "Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts". *Food Chemistry*, 100, 1356-1364, 2007.
- [55] Gutöhrlein F, Drusch S, Schalow S. "Extraction of low methoxylated pectin from pea hulls via RSM". *Food Hydrocolloids*, 102, 105609, 2020.
- [56] Torkova AA, Lisitskaya KV, Filimonov IS, Glazunova OA, Kachalova GS, Golubev VT. "Physicochemical and functional properties of *Cucurbita maxima* pumpkin pectin and commercial citrus and apple pectins: A comparative evaluation". *Plos One*, 13(9), 1-25, 2018.
- [57] Ramachandran P, Dhiman AK, Attri S. "Extraction of pectin from ripe pumpkin (*Cucurbita moschata Duch ex Poir*) using eco-friendly technique". *Indian Journal of Ecology*, 4(6), 685-689, 2017.
- [58] Zhao J, Zhang F, Liu X, Ange K, Zhang A, Li Q. "Isolation of a lectin binding rhamnogalacturonan-I containing pectic polysaccharide from pumpkin". *Carbohydrate Polymers*, 163, 330-336, 2017.
- [59] Yoo SH, Lee BH, Lee H, Lee S, Bae IY, Lee HG. "Structural characteristics of pumpkin pectin extracted by microwave heating". *Journal of Food Science*, 77(11), 1169-1173, 2012.
- [60] Baïssisse S, Fahloul D. "Rheological behavior and electrokinetic properties of pectin extracted from pumpkin (*Cucurbita maxima*) pulp and peel using hydrochloric acid solution". *Chemical Papers*, 72(10), 2647-2658, 2018.
- [61] Jun HI, Lee CH, Song GS, Kim YS. "Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel". *Journal of Food Science and Technology*, 39(5), 554-561, 2006.
- [62] Güzel M, Akpınar Ö. "Turunçgil kabuklarından elde edilen pektinlerin karakterizasyonu ve karşılaştırılması". *Akademik Gıda*, 15, 17-28, 2017.
- [63] Han HS, Song KB. "Antioxidant activities of mandarin (*Citrus unshiu*) peel pectin films containing sage (*Salvia officinalis*) leaf extract". *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 3173-3181, 2020.
- [64] Cho CW, Lee DY, Kim CW. "Concentration and purification of soluble pectin from mandarin peels using cross flow micro-filtration system". *Carbohydrate Polymers*, 54(1), 21-26, 2003.
- [65] Daud NZA, Said BNM, Ja'afar F, Yasin HM, Kusriani E, Usman A. "pH-dependent yield and physicochemical properties of pectin isolated from citrus maxima". *International Journal of Technology*, 10(6), 1131-1139, 2019.
- [66] Chen Y, Zhang JG, Sun HJ, Wei ZJ. "Pectin from *Abelmoschus esculentus*: Optimization of extraction and rheological properties". *International Journal of Biological Macromolecules*, 70, 498-505, 2014.
- [67] Wang W, Ma X, Xu Y, Cao Y, Jiang Z, Ding T, Ye X, Liu D. "Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method". *Food Chemistry*, 178, 106-114, 2015.
- [68] Begum R, Aziz MG, Uddin MB, Yusof YA. "Characterization of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) waste pectin as influenced by various extraction conditions". *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 244-251, 2014.
- [69] Kozarski M, Klaus A, Niksic M, Jakovljevic A, Helsper JPF, Griensven LJD. "Antioxidative and immunomodulating activities of polysaccharide extracts of the medicinal mushrooms *Agaricus bisporus*, *Agaricus brasiliensis*, *Ganoderma lucidum* and *Phellinus linteus*". *Food Chemistry*, 129, 1667-1675, 2011.
- [70] Cerna M, Barros AS, Nunes A, Rocha SM, Delgado I, Copikova J. "Use of FT-IR spectroscopy as a tool for the analysis of polysaccharide food additives". *Carbohydrate Polymers*, 37, 241-248, 2003.
- [71] Rodsamran P, Sothornvit R. "Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the conventional heating method". *Food Chemistry*, 278, 364-372, 2019.
- [72] Kute AB, Mohapatra D, Kotwaliwale N, Giri SK, Sawant BP. "Characterization of pectin extracted from orange peel powder using microwave-assisted and acid extraction methods". *Agricultural Research*, 9(2), 241-248, 2020.
- [73] Virk BS, Sogi DS. "Extraction and characterization of pectin from apple pomace (*Malus Pumila Cv Amri*) peel waste". *International Journal of Food Properties*, 7, 1-11, 2004.
- [74] Food Chemical Codex. IV monographs, Washington DC: National Academy Press, 283, 1996.
- [75] Ismail NSM, Ramli N, Hani NM, Meon Z. "Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions". *Sains Malaysiana*, 41, 41-45, 2012.
- [76] Kumar A, Chauhan GS. "Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor". *Carbohydrate Polymers*, 82(2), 454-459, 2010.
- [77] Devi WE. "Extraction of pectin from citrus fruit peel and its utilization in preparation of jelly". *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(5), 1925-1932, 2014.
- [78] Tang PY, Kek TS, Gan CZ, Hee CY, Chong CH, Woo KK. "Yield and some chemical properties of pectin extracted from the peels of dragon fruit [*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose]". *The Philippine Agricultural Scientist*, 94(3), 307-311, 2011.
- [79] Yapo BM. "Biochemical characteristics and gelling capacity of pectin from yellow passion fruit rind as affected by acid extractant nature". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1572-1578, 2009.