







## Kuşburnu (*Rosa canina L.*) meyvesi ve atıklarından pektin ekstraksiyonu Extraction of pectin from rosehip (*Rosa canina L.*) fruit and waste

Nuray KAMBEROĞLU<sup>1</sup> , Cem Barış OLÇEŞER<sup>1</sup> , Feyzanur DÜZYOL<sup>1</sup> , Zülal CÜCEN<sup>1</sup> , Vugar HAJIYEV<sup>1</sup> ,  
Erdal UGUZDOĞAN<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.  
nkamberoglu18@posta.pau.edu.tr, colceser18@posta.pau.edu.tr, fdzyol18@posta.pau.edu.tr, zcucen18@posta.pau.edu.tr,  
vhajiyev17@posta.pau.edu.tr, erdal@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 25.10.2022  
Kabul Tarihi/Accepted: 07.02.2023

Düzelme Tarihi/Revision: 31.12.2022

doi: 10.5505/pajes.2023.93027  
Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

Meyveleri; çay yapımında, reçel, marmelat yapımında ve tıpta kullanılan kuşburnu meyvesi atıklarının değerlendirilmesi amacıyla pektin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Sıcak asit ekstraksiyon yöntemi ile yapılan çalışmada organik asit olarak sitrik asit (CA) çözeltileri inorganik asit olarak hidroklorik asit (HCl) çözeltileri ekstraktant olarak kullanılmıştır. Çalışmada, kuşburnu meyvesi ve atıklarından değişik ekstraksiyon şartlarında ekstrakte edilen pektinlerin verimleri ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen pektin verimleri ekstraksiyon şartları ile değişmiştir ve minimum %8.35 maksimum %12.43 pektin verim değeri elde edilmiştir. Pektinin önemli özelliklerinden olan galakturonik asit içeriği (Gal-A) ekstrakte edilen pektinler içerisinde en yüksek %67.75±1.48 olarak belirlenmesine karşın bu değer ticari pektinde %85.12±1.15 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen 24 ekstraksiyon çalışmasında esterleşme derecesi değerleri göz önüne alındığında, ekstrakte edilen pektinlerin üçte ikisinin yüksek metoksilli pektin sınıfında olduğu bulunmuştur. Diğer fizikokimyasal özelliklerden olan metoksil içeriği ticari pektin için 12.47±1.05 değerindeyken ekstrakte edilen pektinlerde bu değer 6.05±0.85-11.48±0.95 arasında değişmektedir. Ekstrakte edilen pektinlerin eşdeğer ağırlıkları en yüksek 1250.0±1.70 g/mol değerindeyken en düşük 477.3±1.25 g/mol değerindedir. Elde edilen sonuçlar kuşburnu meyvesi atıklarının pektin ekstraksiyonunda değerlendirilebileceğini göstermektedir.

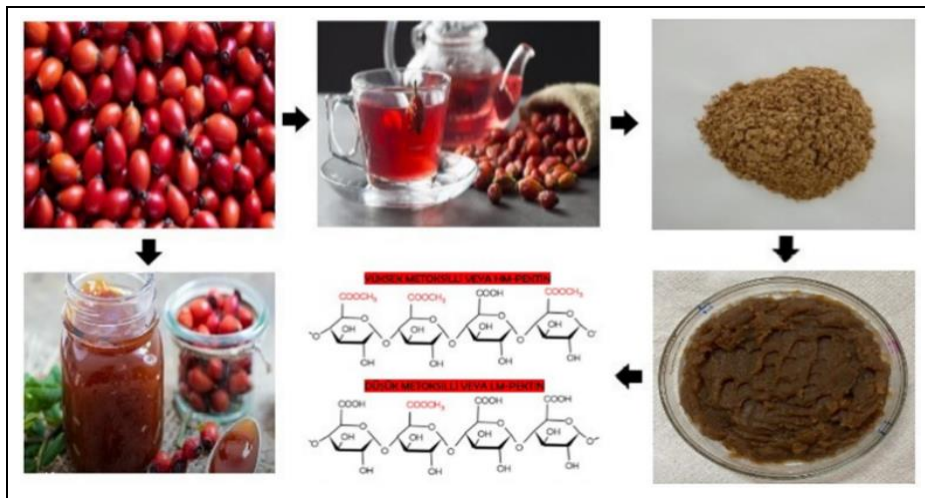
**Anahtar kelimeler:** Pektin, Sıcak asit ekstraksiyonu, Kuşburnu meyvesi atığı, Pektin verimi.

### Abstract

Pectin extraction from rosehip fruit waste, whose fruits are mainly used in tea making, jam, marmalade and medicine, was carried out in order to evaluate the waste. Extraction of pectin was accomplished using hot acid extraction method, Citric acid (CA) as an organic acid and hydrochloric acid (HCl) as an inorganic acid were used as extractants. Yields and physicochemical properties of extracted pectins from rosehip fruit waste under different extraction conditions were determined. The pectin yields extracted from rosehip fruit waste were ranged between 8.35% and 12.43% depending on the extraction condition. The highest galacturonic acid content (Gal-A) of the extracted pectins was determined as 67.75±1.48 %, and this value was found to be 85.12±1.15% in commercial pectin. Esterification degree values of the extracted pectins showed that two thirds of them were high methoxylated pectin. Methoxyl content, which is one of the other physicochemical properties, was 12.47±1.05 for commercial pectin and this value varies between 6.05±0.85-11.48±0.95 for extracted pectins. The equivalent weights of the extracted pectins were in the range of 1250.0±1.70 g/mol and 477.3±1.25 g/mol. The obtained results showed that rosehip fruit waste can be evaluated in pectin extraction.

**Keywords:** Pectin, Hot acid extraction, Rosehip fruit waste, Pectin yield.

### GRAFİKSEL ÖZET (GRAPHICAL ABSTRACT)



\*Yazışılan yazar/Corresponding author

## 1 Giriş

Kuşburnu meyvesi; halk arasında köpek gülü, gülburnu, ip burnu ve gül elması olarak da adlandırılmaktadır. Rosaceae familyasındaki Rosa cinsine mensup olan ve özellikle Orta ve Kuzey-Doğu Anadolu'da genellikle yabani olarak yetişen, zorlu tabiat koşullarına dayanıklı, 2-3 m yüksekliğe sahip çok yıllık bir çalı bitkisidir. Kuşburnu başta olmak üzere gül türlerinin meyveleri; mineraller, vitaminler, şekerler, karotenoidler, tokoferol, bioflavonoidler, tanenler, organik asitler, meyve asitleri, aminoasitler, uçucu yağlar polisakaritler ve tanen bakımından oldukça zengindir [1]-[7]. Antioksidan, anti-mutajenik, antikarsinogenik etkiler gibi geniş bir biyokimyasal aktivite yelpazesine sahip fenolik bileşikler ile birlikte vitamin A ve C'de kuşburnu meyvesinde fazla miktarda bulunmaktadır. Kuşburnu bitkisinin içeriğinin zenginliği; meyvesinin, yapraklarının ve köklerinin uzun zamandır gıda, içecek, kozmetik, ilaç endüstrileri ve tıbbi amaçlar için yaygın olarak kullanılmasının başlıca sebebidir [8]-[10]. Kuşburnu meyvesi ve çayının özellikle soğuk algınlığı, bulaşıcı hastalıklar, mide-bağırsak rahatsızlıkları, idrar yolu hastalıkları ve iltihaplı hastalıklara karşı tedavi edici etkileri olduğundan dolayı ülkemizdeki tüketimi oldukça fazladır [11],[12]. Ülkemizde 2019 yılında; 35 üretici 47998 dekar alanda 1001 ton organik kuşburnu üretimi gerçekleştirmiştir [13]. Kuşburnunun 2019 verilerine göre ülkemizde 102 hektar alanda potansiyel olarak 8020 ton hasat elde edilebilecek miktarda olduğu tahmin edilmektedir [14]. Bu veriler değerlendirildiğinde ülkemizde yetişen kuşburnu meyvesinin yaklaşık %12.5'inin hasat edilerek değerlendirildiği sonucu çıkmaktadır.

Meyve ve sebzelerin hem birincil hücre duvarında hem de hücreler arası katmanında bulunan pektin; homogalakturnan (HG), rhamnogalakturnan I (RG-I) ve rhamnogalakturnan II' den (RG-II) oluşan kompleks bir heteropolisakarit yapıdaki biyopolimerdir [15],[16]. Bu hidrokolloid yapıdaki biyopolimer; özellikle gıda ürünlerinde koyulaşma ve jöle oluşturma yeteneğine sahiptir [17]. Doğal bir katkı maddesi olmasından ve fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklanan eşsiz jelleşme yeteneğinden dolayı pektinin; başta gıda endüstrisi olmak üzere ilaç, biyoteknoloji ve ambalaj endüstrileri gibi birçok endüstride farklı amaçlar için kullanımı giderek artmaktadır [18]-[20]. Pektinin yapısında bulunan galakturonik asit birimlerinin metil ester gruplarıyla esterleşmesi veya esterleşmemesi, pektinlerin esterleşme derecesi olarak tanımlanan özelliğine sebep olur. Pektinler; esterleşme derecesi %50'den büyük olanlar yüksek metoksilli pektin, %50'den küçük olanlar ise düşük metoksilli pektin olarak iki ana sınıfa ayrılırlar. Yüksek metoksilli pektinlerin jel oluşturma yeteneği çok miktarda şeker ve asidin varlığına bağlıdır. Pektinlerin bu türü asitlendirilmiş süt içeceklerinde stabilizatör olarak faz ayrılmasını azaltmak için yaygın olarak kullanılırlar. Düşük metoksilli pektinler kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>) ve magnezyum (Mg<sup>2+</sup>) gibi çok değerlikli katyonlar ile geniş bir pH aralığında jel oluşturucu özelliklerinden dolayı genellikle düşük şekerli ya da şekersiz ürünlerde kullanılırlar [21],[22].

Çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan pektinin ticari üretimi; en eski pektin ekstraksiyon yöntemi olduğundan dolayı geleneksel ekstraksiyon yöntemi olarak da adlandırılan sıcak asit ekstraksiyon yöntemiyle gerçekleştirilir. Bu yöntemde ekstraktant olarak kullanılan asitler, hücre duvarına bağlı olan pektinin çözülmesinde ve stabilize edilmesinde önemli bir işlev görürler, bu da ekstraksiyonda kullanılan

asitleri en etkili ekstraktant ajanlar haline getirir. Tipik olarak ticari pektin üretimi, 1.0-3.0 pH değerlerinde hidroklorik (HCl), nitrik (HNO<sub>3</sub>), sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) gibi mineral asitler veya sitrik asit (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>, CA), asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH) gibi organik asitlerin sulu çözeltilerinin ekstraktant olarak kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bu ekstraksiyonda 70-90 °C gibi yüksek sıcaklıklar tercih edilirken, ekstraksiyon süresi pektinde istenilen fizikokimyasal özelliklere bağlı olarak 1-12 sa. arasında değişebilir [23],[24]. Ekstraksiyon sonunda pektin eldesinde hammadde olarak kullanılan meyve veya sebze atıkları ekstraksiyon ortamından süzülerek ayrılır ve ekstrakte edilen pektinin süzüntüde kalması sağlanır. Süzüntüdeki pektin alkol ile çöktürülerek safsızlıkların giderilmesi amacıyla tekrarlı ve ardışık şekilde alkol ile yıkanarak saflaştırılan pektin kurutulduktan sonra öğütülerek toz haline getirilir. Sebze ve meyvelerden veya atıklarından pektin ekstraksiyonu sıcaklık, pH, zaman, ekstraktant türü, katı-sıvı oranı (SLR) gibi çeşitli koşullardan etkilenen çok aşamalı fizikokimyasal bir süreçtir. Ekstrakte edilen pektinin kalitesi ve verimi, ekstraksiyon koşullarının yanında kullanılan ekstraksiyon yöntemine ve kullanılan hammaddelere de doğrudan bağlıdır. Bu nedenle pektin verimini ve kalitesini yükseltmek, maliyetini ise düşürmek için farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılmasına veya yeni ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların sayısı her geçen gün artarak devam etmektedir. Diğer pektin ekstraksiyonu yöntemleri olarak; mikrodalga destekli ekstraksiyon [25], ultrasonik destekli ekstraksiyon [26], şelatlama ajanı ekstraksiyonu [27], enzim ekstraksiyonu [28], süper kritik karbondioksit ekstraksiyonu, kritik altı su ekstraksiyonu ve yüksek voltaj darbeleri elektrik alanı ekstraksiyonu gibi yöntemler sayılabilir [29]-[31].

Günümüzde ticari pektinin %85'i narenciye (limon, portakal, mandalina, greyfurt) kabuklarından, %14'ü elma posasından üretilirken geri kalan %1'lik kısım ise şeker pancarı ve atıklarından üretilmektedir [32]. Ticari pektin üretiminde genellikle meyve suyu üretim tesislerinin yan ürünleri veya atıkları kullanılmaktadır. Pektin ekstraksiyonunda; ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesi ve yeni ekstraksiyon yöntemlerinin belirlenmesi için yoğun araştırmalar olduğu gibi pektin üretiminde kullanılacak yeni hammaddelerin belirlenmesi konusunda da çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır. Bu konudaki çalışmalar; dünyadaki nüfus artışı ve iklim değişikliği nedeniyle her geçen gün daha değerli hale gelen tarımsal ürünlerin ve atıklarının değerli maddelere dönüştürülerek ekonomiye kazandırılması yanında atık yönetimi ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından da faydalar sağlamaktadır. Meyve, sebze atıklarının veya meyve, sebze işleme tesisleri atıklarının pektin ekstraksiyonu için yeni bir hammadde olarak kullanılmasına yönelik çalışmalardan bazıları; ayçiçeği tablaları [33], yeşil çay yaprakları [34], muz kabukları [35], ananas kabuğu [36], domates atıkları [37], enginar [38] ve alıç meyvesi [39] sayılabilir. Bildiğimiz kadarıyla, kuşburnu meyvesi ve onun atıklarından pektin ekstraksiyonu ile ilgili araştırmalar sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada; Ognyanov ve arkadaşları kuşburnu meyvesinden %1'lik sulu sitrik asit çözeltisiyle 80 °C sıcaklıkta 1 sa.'lik ekstraksiyon süresinde %3.2 verimle pektin elde etmişlerdir. [40].

Değişik meyve veya sebze atıklarının pektin üretimi için hammadde olarak değerlendirilmesine yönelik olarak bizim de; nar-mandalina-bal kabağı kabukları, demlenmiş siyah çay atıkları ve sarımsak atıklarından sıcak asit ekstraksiyon

yöntemiyle pektin ekstraksiyonunun gerçekleştirildiği çalışmalarımız mevcuttur [41]-[43]. Bu çalışmada ise kuşburnu meyvesi atıklarından organik ve inorganik asitlerin seyreltik çözeltileri kullanılarak sıcak asit ekstraksiyonu yöntemi ile pektin ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte edilen pektinlerin özelliklerinin, ticari pektin özelliklerine benzerliğinin belirlenmesi amacıyla karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Böylece kuşburnu meyvesi atıklarının alternatif pektin kaynağı olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2 Materyal ve yöntem

### 2.1 Materyal

Pektin ekstraksiyonu için hammadde olarak kullanılan kuşburnu meyvesi atıkları; kuşburnu çayı tüketimi ve kuşburnu marmelatı (kuşburnu reçeli) yapımı sonucunda ortaya çıkan atıklardan temin edilmiş ve bu atıklar belli bir oran gözetilmeden harmanlanarak pektin ekstraksiyonunda kullanılmıştır. Temin edilen atıklar ilk olarak oda sıcaklığında ön kurutmaya tabi tutulmuş ve yapısındaki suyun büyük bir kısmının giderilmesi sağlanmıştır. Hammadedeki biyolojik bozunmanın önüne geçmek için daha ileri kurutma işlemi atıkların 50 °C sıcaklıkta 48 sa. süreyle etüvde tutulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemleri sonrasında atıklar boyut küçültme amacıyla değirmende öğütülmesi sonrasında vakumlu plastik kaplara alınarak ekstraksiyon çalışmalarında kullanılmak üzere 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Çalışmada pektin ekstraksiyonu için hammadde olarak kullanılan kuşburnu meyvesinden ekstrakte edilen pektine geçiş aşamalarını gösteren fotoğraflar Şekil 1'de görülmektedir.



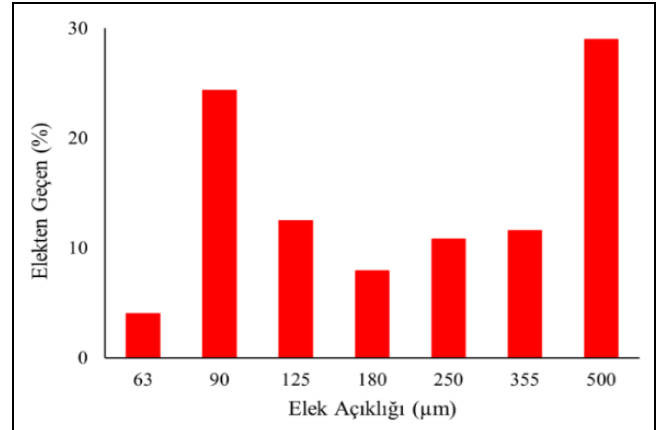
Şekil 1. Kuşburnu meyvesinden ekstrakte edilen pektine geçiş aşamaları. (A): Ağacında kuşburnu meyvesi. (B): Toplanmış kuşburnu meyvesi. (C): Kurutulmuş kuşburnu meyvesi. (D): Marmelat (reçel) yapımı sonucu oluşan kuşburnu meyvesi posası (ya da atığı). (E): Öğütülmüş kuşburnu meyvesi atığı. (F): Kuşburnu meyvesi atığından ekstrakte edilen pektin).

Figure 1. Pectin extraction steps from Rosehip fruit. (A): Rosehip fruit on the tree. (B): Harvested rosehip fruit. (C): Dried rosehip fruit. (D): Rosehip fruit residual as pulp (or waste) from making Marmelade (jam). (E): Ground rosehip fruit waste. (F): Extracted pectin from rosehip fruit waste).

Ekstraksiyon çalışmalarında ve pektinin karakterizasyon aşamalarında kullanılan hidroklorik asit (HCl), sitrik asit (CA) ve etil alkol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) Merck (Almanya); sodyum hidroksit (NaOH), sodyum klorür (NaCl) JT Baker (Hollanda) ve ticari pektin Sigma Aldrich (Almanya) olarak ilgili firmaların Türkiye tedarikçilerinden alınmıştır. Pektinin saflaştırılmasında

kullanılan teknik etil alkol ise Apeks Grup (Türkiye) firmasından temin edilmiş ve deneysel çalışmalarda damıtılmış saf su kullanılmıştır.

Ekstraksiyon deneylerinde pektin izolasyonu için hammadde olarak kullanılan öğütülmüş kuşburnu meyvesi atıklarının elek analizi; 45-850 µm değerleri arasında değişen elek açıklığına sahip 8 adet elek kullanılarak Fritsch-Analysette 3 Spartan (Almanya) marka elekte gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi öğütülmüş atıkların boyutları geniş bir dağılım aralığındadır. Bununla birlikte atıkların %72'sinin 125-500 µm boyut aralığında olduğu görülmektedir. Elek analizi sonucunda pektin ekstraksiyonu için kullanılacak öğütülmüş kuşburnu meyvesi atıklarının ortalama toplam çapı 267.01 µm olarak hesaplanmıştır [44].



Şekil 2. Öğütülmüş kuşburnu meyvesi atığı elek analizi.

Figure 2. Sieve analysis results of the ground rosehip fruit waste.

Ekstraksiyon deneylerinde kullanılacak olan kuşburnu meyvesi atıklarının; ekstraksiyon aşaması için yapılan kurutma ve boyut küçültme gibi ön hazırlık aşamaları sonrasında yüzde nem ve kül içerikleri Resmi Analitik Kimyagerler Birliği yöntemlerine göre belirlenmiştir [45]. Bu yöntemde; atıkların nem içeriği için; 1 g atık numunesi bir petri kabına konularak 3 sa. boyunca 105 °C'de etüvde bekletilir. Sonrasında petri kabı etüvden alınarak desikatörde oda sıcaklığına (RT) soğutulduktan sonra tartılarak son tartım değeri kaydedilir. Atığın içerdiği nem yüzdesi; ilk ve son tartım değerleri arasındaki farktan hesaplanır. Kuşburnu meyvesi atığının kül yüzdesini belirlemek için ise 2 g atık numunesi sabit tartıma getirilmiş olan porselen kroze konular ve 12 sa. süresince 550 °C'de kül fırınında tutulur. Süre sonunda desikatöre alınan krozelere oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar tartılır ve nem yüzdesinde olduğu gibi iki tartım arasındaki farktan kuşburnu meyvesi atığının kül yüzdesi belirlenir. Gerçekleştirilen çalışmada pektin ekstraksiyonunda hammadde olarak kullanılan kuşburnu meyvesi atığının nem yüzdesi 8.60, kül yüzdesi ise 5.06 olarak belirlenmiştir.

### 2.2 Pektin Ekstraksiyonu

Çalışmada pektin ekstraksiyonu için sıcak asit ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Hammadde olarak kuşburnu meyvesi ve kuşburnu meyvesi atıklarından pektin ekstraksiyonu gerçekleştirilerek iki hammaddeden de elde edilen pektin verimleri ve pektin özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca; üç farklı ekstraksiyon ortamı (0.1N HCl, 0.1N CA ve 0.2N CA), üç farklı ekstraksiyon sıcaklığı (90 °C, 80 °C ve 70 °C), üç farklı ekstraksiyon süresi (60 dk., 90 dk. ve 120 dk.) ve üç farklı katı

ağırlığı (g)/çözelti hacmi (mL) (w/V), SLR) değerlerinde (1/50, 1/25 ve 1/12.5) ekstraksiyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda değişen ekstraksiyon şartlarının, ekstrakte edilen pektin verimine ve pektinin fizikokimyasal özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ekstraksiyon deneylerinde ekstraktant (çözücü) olarak bir inorganik asitin (0.1N HCl) ve bir organik asitin (sitrik asit (CA, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)) iki farklı derişimdeki (0.1N CA ve 0.2N CA) çözeltileri kullanılmıştır. Ekstraksiyon için kurutma ve boyut küçültme gibi ön işlemlerden geçirilen atıklar seyreltik asit çözeltilerine belli SLR oranında eklenmiş ve homojen olarak dağıtılmıştır. Hazırlanan karışım çalkalamalı su banyosunda (Termal-H11900, Türkiye) ekstraksiyon işlemine tabii tutulmuştur. Ekstraksiyon sonrasında karışım süzülerek çökelti ve pektin içeren süzüntüye ayrılmıştır. Ekstraksiyon işlemi sayesinde bitkisel kökenli atıktan süzüntüye geçen pektinin çöktürülmesi için süzüntü hacminin yaklaşık 2 katı kadar %96'lık teknik etil alkol süzüntüye eklenir. Alkol ilavesi sonrasında jel yapısı oluşturan pektin cendere bezi yardımıyla süzütünden ayrılır. Sonraki adımda ise jel yapısındaki ham pektine, içerisindeki safsızlıkların giderilmesi amacıyla ticari etil alkol ile tekrarlı ve ardışık yıkama işlemi uygulanır. Yıkama işleminde santrifüj tüplerinde teknik etil alkol ile iyice dağıtılan ham pektin 15 dk. boyunca 4100 rpm devir hızında, oda sıcaklığında santrifüj işlemine (Nüve NF 400, Türkiye) tabii tutulmuştur. Ardışık şekilde gerçekleştirilen bu yıkama işlemi, santrifüjden çıkan tüpün üst kısmındaki yıkama alkolünün rengi berraklaşınca kadar gerçekleştirilmiştir. Yıkama alkolünün pigment ve diğer safsızlıkları içermemesi yani berrak olması ortalama 3 ardışık yıkama ile sağlanmıştır. Yıkama işlemi sonrasında safsızlıklarından arındırılan jel halindeki pektin, petri kaplarında oda sıcaklığında kurumaya bırakılır. Yaklaşık olarak 48 sa.'te sabit tartıma gelmesi sonucu kuruduğu anlaşılan ekstrakte edilmiş pektin örnekleri öğütülerek toz haline getirilir ve sonraki analizlerde kullanılabilecek kadar 4 °C sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilir.

## 2.3 Ekstrakte pektinlerin verimi ve karakterizasyonu

### 2.3.1 Pektin verimleri

Kuşburnu meyvesi atıklarının ekstraksiyonu sonucu ekstrakte edilen pektin verimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 1'de ekstrakte edilen kuru pektin miktarı (g) DKP ile ve ekstraksiyonda kullanılan kuru kuşburnu meyvesi atığı miktarı (g) DKA ile gösterilmektedir.

$$\% \text{ Pektin Verimi} = \frac{DKP}{DKA} \times 100 \quad (1)$$

### 2.3.2 Ekstrakte edilen pektinlerin karakterizasyonu

İlk olarak kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen bazı pektin örneklerinin ve ticari pektinin FTIR spektrumları çekilmiştir. Bu spektrumlardaki karakteristik absorpsiyon pikleri ticari pektinin pikleriyle karşılaştırılarak uyumu incelenmiştir. Ekstrakte edilen pektinlerin karakterizasyonu; pektin kalitesinin ve kullanım alanlarının belirlenmesinde çok önemlidir. Bu amaçla; pektinin önemli fizikokimyasal özelliklerinden olan esterleşme derecesi (%ED), metoksil içeriği (Mİ), eşdeğer ağırlık (EA) ve galakturonik asit (Gal-A) içeriği gibi pektin özellikleri aşağıda açıklanan şekillerde belirlenmiştir. Karakterizasyon çalışmalarında pektin özelliklerinin değerlerinin belirlenmesi için analizler üçer kez

tekrarlanmıştır. Ayrıca bazı pektin örneklerinin yüzde nem ve kül içeriklerinin değerleri Resmi Analitik Kimyagerler Birliği yöntemlerine göre tayin edilmiştir.

### 2.3.2.1 FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi) spektroskopisi

FTIR spektrumları, orta kızılötesi frekans aralığında absorpsiyon ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Organik moleküller, bu frekans aralığında absorbe eden moleküller arası ve moleküller arası bağlara sahip olduklarından; elde edilen her spektrum, analiz edilen numunenin kimyasal bileşimini yansıtır. Çalışmada iki tanesi kuşburnu meyvesinin ekstraksiyonu sonucunda ekstrakte edilen pektin (KÇP1 ve KÇP2), iki tanesi kuşburnu meyvesi atığından ekstrakte edilen pektin (DKÇAP1 ve DKÇAP2) ve ticari pektinin (TP) FTIR spektrumları alınmıştır. FTIR spektrumları; elmas ATR yöntemi ile Thermo Fisher Scientific-Nicolet/iS50 (ABD) marka infrared spektrofotometre cihazında, oda sıcaklığında 4 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (İLTAM) çekirilmiş ve 400 cm<sup>-1</sup>-4000 cm<sup>-1</sup> arasında kaydedilmiştir.

### 2.3.2.2 Esterleşme derecesi (%ED)

Pektinlerin sınıflandırılması ve kullanım alanlarının seçilmesinde çok önemli bir pektin özelliği olan esterleşme derecesi; esterleşmiş galakturonik asit gruplarının toplam galakturonik asit gruplarına oranlanmasıyla belirlenir. Çalışmada ekstrakte edilen pektinlerin %ED Bocek ve arkadaşları [46] tarafından önerilen kondüktometrik titrasyon yönteminden faydalanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemde; 0.2 g pektin örneği etil alkolle ıslatılır ve üzerine 20 mL 40 °C sıcaklıkta saf su ilave edilir. Karışım, pektin örneğinin çözünmesi için oda sıcaklığında 2 sa. süreyle karıştırılır. Pektin örneğindeki serbest karboksilik asit gruplarının belirlenmesi için çözülmüş pektin içeren karışıma fenolftalein indikatörü eklenerek 0.1N NaOH çözeltisi ile titre edilir ve ilk sarfiyat V<sub>1</sub> (mL) olarak not edilir. Sonrasında karışıma pektinin esterleşmiş karboksilik asit gruplarının sabunlaşması için 10 mL 0.1N NaOH eklenerek oda sıcaklığında sabunlaşma reaksiyonları tamamlaninceye kadar karıştırılır. Son aşamada karışımda kalan NaOH'i nötrale etmek için 10 mL 0.1N HCl ilave edilir ve asidin aşırısı (HCl) fenolftalein indikatörü kullanılarak 0.1N NaOH ile titre edilerek sarfiyat V<sub>2</sub> (mL) olarak kaydedilir. Titrasyonlardaki sarfiyatlar kullanılarak ekstrakte edilen pektinlerin %ED değerleri Eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$\%ED = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \quad (2)$$

### 2.3.2.3 Metoksil içeriği (Mİ)

Metoksil içeriği; pektin çözeltilerinin jel oluşturma kabiliyetine ve jel yapısının özelliklerine etki eden önemli bir diğer fizikokimyasal pektin özelliğidir. Kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin metoksil içerikleri (veya metoksil gruplarının sayısı); Bocek ve arkadaşları [46] tarafından önerilen yöntemle tayin edilen esterleşme derecesi değerleri kullanılarak hesaplanır. Bu hesaplamada aşağıda verilmiş olan Eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$Mİ = \frac{100DE \times 31}{176 + DE \times 14} \quad (3)$$

### 2.3.2.4 Eşdeğer ağırlık (EA)

Kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen pektinlerin eşdeğer ağırlık değerleri titrimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir [47]. Eşdeğer ağırlık değerlerinin belirlenmesi yönteminde ilk olarak 0.5 g pektin (P) örneği bir miktar etil alkol ile ıslatılarak %1 NaCl içeren 100 mL çözeltiye eklenir. Karışım, oda sıcaklığında pektin örneğinin çözünmesi için manyetik karıştırıcıda hızlıca karıştırılır. Tam çözünme sağlandıktan sonra çözeltiye fenol kırmızısı indikatörü ilave edilerek 0.1N NaOH'e karşı titrasyon işlemi uygulanır. Titrasyon işlemindeki NaOH sarfiyatı  $V_1$  (mL) olarak kaydedilir. Son olarak pektin örneklerinin eşdeğer ağırlık değerleri Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanır.

$$EA \left( \frac{g}{mol} \right) = (P \times 1000) / (V_1 \times N_{NaOH}) \quad (4)$$

### 2.3.2.5 Galakturonik asit (Gal-A):

Ekstrakte edilen pektinlerin galakturonik asit içeriği, Blumenkrantz ve arkadaşları [48] tarafından geliştirilen 3-fenilfenol yöntemiyle kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Bu yöntemde; pektin numuneleri 1 mg/mL derişimde damıtık su içinde çözülür. Çözeltiden alınan 800 µL numune, 4.8 mL 0.125M sodyum tetraborat derişik sülfürik asit çözeltisine buz banyosunda eklenir. Bu karışım 5 dk. süre ile 100°C sıcaklıktaki su banyosunda tutulur ve daha sonra buz banyosunda soğutulur. Son aşamada çözeltiye %0.5 NaOH çözeltisi içinde %0.15 (w/V) 3-fenilfenol içeren çözeltiden 80 µL %0.15 eklenir. Karışım, pembe renk gözlemlenene kadar karıştırılır ve 525 nm'de absorbans ölçümleri yapılır. Standart D-galakturonik asit çözeltileri (0-200 µg/mL) kullanılarak daha önce oluşturulan kalibrasyon eğrisinden faydalanarak ekstrakte edilen pektin örneklerinin Gal-A içerikleri hesaplanır.

## 3 Deneysel sonuçlar ve tartışma

### 3.1 Pektin verimleri

Kuşburnu meyvesi (KÇP kodlu ekstrakte edilen pektinler) ve atıklarının (DKÇAP kodlu ekstrakte edilen pektinler) pektin ekstraksiyonu için hammadde, hidroklorik (HCl) ve sitrik asit (CA) çözeltilerinin ekstraksiyon ortamı olarak kullanılmasıyla pektin ekstraksiyonu deneyleri, sıcak asit ekstraksiyonu yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde ekstraksiyon şartlarından olan; ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi ve katı-sıvı oranı (SLR) değiştirilerek bu şartların ekstraksiyon verimine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada değişen ekstraksiyon şartlarında ekstrakte edilen pektin verimleri Tablo 1'de ayrıntılı şekilde verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi ekstrakte edilen pektin verimleri maksimum %13.08 değerindeyken, minimum pektin verimi %8.35 değerindedir. Bu değerlerin her ikisi de kuşburnu meyvesinden elde edilen pektin verimleridir. Kuşburnu meyvesi atıklarından elde edilen verim değerleri ise %8.78-12.08 arasında değişmektedir.

Tablodaki değerlerden görüldüğü gibi 90 dk. ve 90 °C sıcaklıkta kuşburnu meyvesi verimi 0.1N HCl çözeltisinin ekstraksiyon ortamı (ekstraktant) olarak kullanıldığında %8.35 (KÇP1) değerindeyken, 0.2N CA çözeltisi ekstraktant olarak kullanıldığında verim %13.08 (KÇP3) olarak gerçekleşmiştir. Aynı ekstraksiyon şartlarında kuşburnu atıklarından ekstrakte edilen pektin verimleri kuşburnu meyvesinden elde edilen pektin verimlerine hemen hemen paralel olup %9.35 (DKÇAP1) ve %12.00 (DKÇAP3) değerlerinde gerçekleşmiştir. Ognayova ve arkadaşları gerçekleştirdiği benzer bir çalışmada kuşburnu meyvesinden pektin elde etmişlerdir. Bu çalışmada

araştırmacılar ekstraktant olarak CA kullanılmışlar, 60 dk. ekstraksiyon süresi ve 80 °C sıcaklıktaki ekstraksiyon şartlarında %3.2 verim elde etmişlerdir [40].

Tablo 1. Farklı ekstraksiyon şartlarında kuşburnu çayı atıklarından elde edilen pektin verimleri.

Table 1. Extracted pectin yields obtained from rosehip tea wastes under different extraction conditions.

Ekstrakte Pektin	Asit Türü	Süre (dk.)	T (°C)	SLR (w/V)	Pektin Verimi (%)
Hammadde etkisi					
KÇP1	0.1N HCl	90	90	1/50	8.35
KÇP2	0.1N CA	90	90	1/50	12.58
KÇP3	0.2N CA	90	90	1/50	13.08
DKÇAP1	0.1N HCl	90	90	1/50	9.35
DKÇAP2	0.1N CA	90	90	1/50	12.08
DKÇAP3	0.2N CA	90	90	1/50	12.00
Sıcaklık (T) etkisi					
DKÇAP1	0.1N HCl	90	90	1/50	9.35
DKÇAP2	0.1N CA	90	90	1/50	12.08
DKÇAP3	0.2N CA	90	90	1/50	12.00
DKÇAP4	0.1N HCl	90	80	1/50	10.35
DKÇAP5	0.1N CA	90	80	1/50	10.53
DKÇAP6	0.2N CA	90	80	1/50	11.00
DKÇAP7	0.1N HCl	90	70	1/50	10.40
DKÇAP8	0.1N CA	90	70	1/50	11.08
DKÇAP9	0.2N CA	90	70	1/50	10.88
Ekstraksiyon süresi etkisi					
DKÇAP10	0.1N HCl	60	90	1/50	8.78
DKÇAP11	0.1N CA	60	90	1/50	11.08
DKÇAP12	0.2N CA	60	90	1/50	11.10
DKÇAP1	0.1N HCl	90	90	1/50	9.35
DKÇAP2	0.1N CA	90	90	1/50	12.08
DKÇAP3	0.2N CA	90	90	1/50	12.00
DKÇAP13	0.1N HCl	120	90	1/50	9.63
DKÇAP14	0.1N CA	120	90	1/50	10.36
DKÇAP15	0.2N CA	120	90	1/50	11.41
SLR etkisi					
DKÇAP1	0.1N HCl	90	90	1/50	9.35
DKÇAP2	0.1N CA	90	90	1/50	12.08
DKÇAP3	0.2N CA	90	90	1/50	12.00
DKÇAP16	0.1N HCl	90	90	1/25	11.18
DKÇAP17	0.1N CA	90	90	1/25	12.25
DKÇAP18	0.2N CA	90	90	1/25	12.43
DKÇAP19	0.1N HCl	90	90	1/12.5	11.24
DKÇAP20	0.1N CA	90	90	1/12.5	11.44
DKÇAP21	0.2N CA	90	90	1/12.5	11.43

Kuşburnu meyvesi ve atıklarından pektin ekstraksiyonunda, ekstraksiyon şartlarının pektin verimlerine etkilerinin incelenmesindeki bütün deney setlerinde ekstraktant olarak inorganik asit (HCl) yerine organik asit (CA) kullanıldığında literatür ile uyumlu bir şekilde daha yüksek pektin veriminin sağlandığı görülmüştür [42]. Ayrıca CA derişiminin 0.1N değerinden 0.2N değerine çıkarılmasının pektin veriminde çok büyük bir artışa sebep olmadığı tablodaki tüm sonuçlar incelendiğinde görülebilir. Kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen pektin verimlerine sıcaklığın etkisinin

incelendiği deneylerde; HCl çözeltisi ekstraktant olarak kullanıldığında sıcaklığının düşmesi verim değerlerinde hafif yükselişlere (%9.35 (90 °C)-%10.40 (70 °C)) CA çözeltisi ekstraktant olarak kullanıldığında ise sıcaklığın düşmesi verim değerlerinde hafif düşümlere (%12.00 (90 °C)-%10.88 (70 °C)) sebep olmuştur. Kuşburnu meyvesi atıklarından ekstrakte edilen pektin verimlerine, ekstraksiyon süresinin etkisinin incelendiği deneylerde ekstraksiyon süresi 60 dk.'dan 90 dk.'ya çıkarılması ile pektin verimleri yaklaşık %10 artış gösterirken, ekstraksiyon süresinin 120 dk.'ya çıkarılması sonucunda verimler hemen hemen 60 dk. ekstraksiyon süresindeki pektin verimlerine eşit olmuştur. Ekstrakte edilen pektin veriminin artan ekstraksiyon süresiyle maksimum bir değere ulaşmasının ardından düşmesinin sebebi olarak artan ekstraksiyon süresinin yanı sıra asitlik ve ısı etkisinin pektin moleküllerini yapısal bozunmaya uğratması gösterilebilir [49]. Bu sonuç 90 dk.'lık bir ekstraksiyon süresinin kuşburnu meyvesi ve atıklarından maksimum pektin verimi için optimum ekstraksiyon süresi olarak alınabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmada; ilgili tablodaki sonuçlar incelendiğinde, CA'nın ekstraktant olarak kullanıldığı ekstraksiyonlarda katı-sıvı oranının (SLR) ekstrakte edilen pektin verimine fazla bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Fakat HCl ekstraktant olarak kullanıldığında 1/50 SLR oranında %9.35 (DKÇAP1) olan pektin verimi bahsi geçen oran 1/12.5 değerine yükseldiğinde kuşburnu meyvesi atığından elde edilen pektin verimi %11.24 (DKÇAP19) değerine yükselmiştir. Maran ve diğ. seyreltik sülfürik asit çözeltisinin ekstraktant olarak kullanılmasyla portakal kabuklarından pektin ekstraksiyonunun optimizasyonu çalışmasındaki SLR'nin, pektin verimine etkisinin incelendiği sonuçlarla uyumluluk göstermektedir [50]. Özellikle inorganik asit çözeltilerinin kullanıldığı ekstraksiyonlarda artan katı-sıvı oranı belli bir değeri aştığında çözelti çözünüp doygun hale gelerek kütle transfer hızını olumsuz yönde etkiler ve pektinin çözüme geçişini (veya penetrasyonunu) engeller buda pektin veriminde düşmeye neden olur [50].

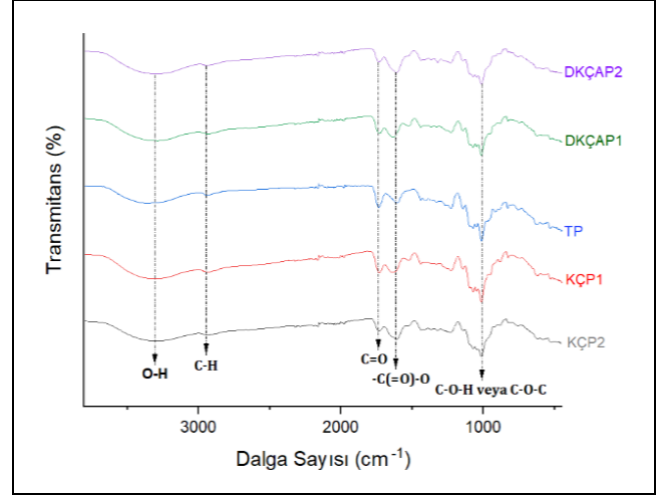
## 3.2 Ekstrakte pektinlerin karakterizasyonu

### 3.2.1 FTIR analizi

Kuşburnu meyvesi ve atıklarından sıcak asit yöntemiyle ve farklı ekstraktantlar kullanılarak ekstrakte edilen bazı pektin örneklerinin (DKÇAP1, DKÇAP2, KÇP1 ve KÇP2) ve ticari pektin (TP) örneğinin çekilen FTIR spektrumları karşılaştırmalı olarak Şekil 3'te verilmiştir. Söz konusu şekildeki FTIR spektrumlarında pektinlere özgü bazı fonksiyonel grupların belirgin absorpsiyon bantları görülmektedir.

Bu absorpsiyon bantlarından; 3000-3500  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığındaki ana absorpsiyonlar polisakaritlerdeki hidroksil grubunun O-H gerilmesinden kaynaklanır. 2950-2800  $\text{cm}^{-1}$  spektral aralığındaki bantlar metil ve metilen gruplarının C-H germe titreşimleriyle ilişkilidir. C=O'nun ester germe titreşimine ve iyonik karboksil gruplarının metil esterleşmiş karboksil grubu germe titreşimine karşılık gelen bantlar yaklaşık 1740-1590  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında gözlemlenmektedir. 1000-1150  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki absorpsiyonlar C-O-H yan gruplarının gerilme titreşimlerine ve C-O-C glikozidik bağ titreşimine karşılık gelir. 850-1200  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyları arasındaki ikinci bölge karbonhidratlar için parmak izi bölgesi olarak tanımlanır ve bu bölgede 930  $\text{cm}^{-1}$ 'in altında kalan bantlar polisakaritler için tipik olarak C-O-C köprülerinin titreşimlerine karşılık geldiği şeklinde değerlendirilir [51],[52]. Sonuç olarak ekstrakte edilen bazı

pektin örneklerinin ve ticari pektinin FTIR spektrumlarının verildiği şekilden de görüleceği gibi ekstrakte edilen pektinlere ve ticari pektine ait piklerin hemen hemen aynı olması kuşburnu meyvesi ve atıklarından pektin ekstraksiyonunun başarılı şekilde gerçekleştiğinin göstergesidir.



Şekil 3. Ekstrakte edilen bazı pektinlerin ve ticari pektinin FTIR spektrumları (DKÇAP1 (0.1N HCl), DKÇAP2 (0.1N CA) 90 °C, 90 dk. ekstraksiyon şartlarında kuşburnu meyvesi atığı pektinini; KÇP1 (0.1N HCl), KÇP2 (0.1N CA) 90 °C, 90 dk. ekstraksiyon şartlarında kuşburnu meyvesi pektinini ve TP ise ticari pektinin FTIR spektrumlarını göstermektedir).

Figure 3. FTIR spectra of commercial pectin and some of the extracted pectins (DKÇAP1 (0.1N HCl), DKÇAP2 (0.1N CA) pectins from rosehip fruit waste at 90 °C in 90 min. extraction conditions; KÇP1 (0.1N HCl), KÇP2 (0.1N CA) pectins from rosehip fruit at 90 °C in 90 min. extraction conditions and TP show the FTIR spectrum of commercial pectin.).

Kuşburnu meyvesi ve atıklarından sıcak asit yöntemi ile farklı ekstraktantlar kullanılarak ve farklı ekstraksiyon şartlarında ekstrakte edilen pektin örneklerini karakterize etmek için gerçekleştirilen analizler sonucu; pektinin önemli fizikokimyasal özelliklerden olan esterleşme derecesi, metoksil içeriği, eşdeğer ağırlık ve galakturonik asit içeriği gibi özelliklerinin değerleri aşağıdaki Tablo 2'de gösterilmektedir.

### 3.2.2 Esterleşme derecesi (%ED)

Pektinin yapısındaki esterleşmiş galakturonik asit gruplarının toplam galakturonik asit gruplarına oranına karşılık gelen esterleşme derecesi, pektinlerin jelleştirici ve koyulaştırıcı maddeler olarak ticari kullanımını etkileyen önemli bir özelliktir. Kuşburnu meyvesinden 3 ve atıklarından 21 olmak üzere değişik ekstraksiyon şartlarında ekstrakte edilen toplam 24 pektin örneğinin esterleşme dereceleri verileri incelendiğinde en düşük esterleşme derecesi (ED) %37.14±0.88 (DKÇAP13) en yüksek değer ise %68.75±0.95 (DKÇAP17) değerinde olduğu görülmektedir. Bu değer ticari pektin için %75.00±1.05 olarak belirlenmiştir. Esterleşme derecelerini göz önüne alarak yapılan sınıflandırma dikkate alındığında, ekstrakte edilen pektinlerin yaklaşık %67'sinin yüksek metoksilli pektin sınıfında olduğu görülmektedir. ED değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede bir başka sonuç; genellikle bir inorganik asit olan seyreltik HCl çözeltilerinin ekstraktant olarak kullanılması sonucu ekstrakte edilen pektinlerin düşük metoksilli (ED≤50) pektinler sınıfına girdiği sonucudur.

Tablo 2. Farklı ekstraksiyon şartlarında kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen pektinlerin fizikokimyasal özellikleri.  
 Table 2. Physicochemical properties of extracted pectins extracted from rosehip fruit and waste under different extraction conditions.

Ekstrakte pektin		ED (%)	Mİ	EA (g/mol)	Gal-A (%)
<i>TP</i>		75.00±1.05	12.47±1.05	1000.0±2.22	85.12±1.15
Hammadde etkisi					
KÇP1		35.30±0.85	6.05±0.85	500.0±2.03	55.23±1.40
KÇP2		58.30±1.01	9.81±1.01	1111.1±2.34	43.49±1.16
KÇP3		50.00±1.22	8.47±1.22	909.1±1.24	42.22±1.97
DKÇAP1		38.71±0.87	6.61±0.87	477.3±1.25	49.13±1.35
DKÇAP2		66.67±1.14	11.15±1.14	916.7±1.67	36.97±1.47
DKÇAP3		61.59±1.10	10.34±1.10	857.2±1.55	38.56±1.53
Sıcaklık etkisi					
DKÇAP1		38.71±0.87	6.61±0.87	477.3±1.25	49.13±1.35
DKÇAP2	90 °C	66.67±1.14	11.15±1.14	916.7±1.67	36.97±1.47
DKÇAP3		61.59±1.10	10.34±1.10	857.2±1.55	38.56±1.53
DKÇAP4		37.33±1.27	6.45±1.27	416.7±1.80	47.18±1.76
DKÇAP5	80 °C	57.14±1.35	9.63±1.35	1000.0±1.60	37.00±1.49
DKÇAP6		56.25±1.32	9.48±1.32	833.3±1.89	39.13±2.15
DKÇAP7		41.20±1.14	7.02±1.14	500.0±1.44	45.83±1.79
DKÇAP8	70 °C	51.51±1.13	8.72±1.13	833.3±1.75	37.15±1.36
DKÇAP9		51.61±1.15	8.73±1.15	714.3±1.60	39.06±1.74
Ekstraksiyon süresi etkisi					
DKÇAP10		44.44±1.17	7.56±1.17	500.0±2.02	67.75±1.48
DKÇAP11	60 dk.	64.30±1.29	10.77±1.29	1125.0±1.41	50.90±1.68
DKÇAP12		62.50±1.26	10.50±1.26	916.7±1.50	43.14±1.51
DKÇAP1		38.71±0.87	6.61±0.87	477.3±1.25	49.13±1.35
DKÇAP2	90 dk.	66.67±1.14	11.15±1.14	916.7±1.67	36.97±1.47
DKÇAP3		61.59±1.10	10.34±1.10	857.2±1.55	38.56±1.53
DKÇAP13		37.14±0.88	6.35±0.88	500.0±1.44	63.63±1.41
DKÇAP14	120 dk.	56.25±0.98	9.48±0.98	916.7±1.52	48.17±1.45
DKÇAP15		58.82±1.0	9.80±1.0	871.2±1.65	43.39±1.97
SLR etkisi					
DKÇAP1		38.71±0.87	6.61±0.87	477.3±1.25	49.13±1.35
DKÇAP2	1/50	66.67±1.14	11.15±1.14	916.7±1.67	36.97±1.47
DKÇAP3		61.59±1.10	10.34±1.10	857.2±1.55	38.56±1.53
DKÇAP16		46.67±1.02	7.93±1.02	625.0±1.83	47.54±1.62
DKÇAP17	1/25	68.75±0.95	11.48±0.95	1250.0±1.70	42.61±1.42
DKÇAP18		60.00±1.05	10.09±1.05	1000.0±1.17	44.84±1.56
DKÇAP19		42.86±1.28	7.30±1.28	666.7±1.60	43.32±1.62
DKÇAP20	1/12,5	62.50±0.99	10.49±0.99	1250.0±1.70	39.06±1.52
DKÇAP21		59.38±1.13	9.99±1.13	1000.0±2.25	40.16±1.50

Bunun nedeninin ekstraksiyon ortamının (ekstraktant) pH değerindeki düşüşün pektinin poligalakturonik asit zincirlerinin demetilasyonuna ve bozulmasına neden olduğu düşünülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada da düşük pH değerlerine sahip ekstraksiyon ortamlarında ( $pH_{0.1NHCl}=1$ ,  $pH_{0.1NCA}=2.52$ ,  $pH_{0.2NCA}=2.26$ ) elde edilen pektinlerin ED değerlerinde literatürdeki çalışma sonuçlarına uyumlu şekilde düşüşler görülmüştür [42],[53]. Bir başka ilginç sonuç ise; sıcaklığın pektin özelliklerine etkisinin incelendiği deneylerde gözlemlenmiştir. Ekstraksiyon sıcaklığının yükselmesi organik asit (CA) ekstraktant olarak kullanıldığında ekstrakte edilen pektinlerin ED değerlerinde düşüş gözlemlenirken inorganik

asit (HCl) ekstraktant olarak kullanıldığında ED değerlerinde çok fazla bir değişim olmamaktadır. Özellikle CA' in ekstraktant olarak kullanılması sonucu ekstrakte edilen pektinlerin ED değerleri, aynı hammaddenin pektin ekstraksiyonu için kullanıldığı benzer bir çalışma olan Manol Ognyanov ve diğ. tarafından gerçekleştirilen çalışma sonuçlarıyla da uyumludur [40].

Ekstraksiyon sürelerinin esterleşme derecelerine etkisi DKÇAP10-DKÇAP15 kodlu ekstrakte edilen pektinlerin sonuçlarının değerlendirilmesiyle görülebilir. Burada hem organik hem de inorganik asit çözeltilerinin ekstraktant olarak

kullanılması sonucu elde edilen pektinlerin ED değerleri genellikle artan ekstraksiyon sürelerinde düşüş eğilimindedir. Benzer şekilde; Burcu Kaya ve diğ. şeker pancarı posasından ürettikleri pektinlerde, ED değerlerinin ekstraksiyon süresinin düşmesiyle yükseldiği sonucunu bulmuşlardır [54].

### 3.2.3 Metoksil içeriği (Mİ):

Ekstrakte edilen pektinlerin Mİ Eşitlik 3'de verildiği gibi ED değerleri kullanılarak belirlendiğinden Mİ değerlerinin yorumlanmasındaki çıkarımlar ED değerlerinin çıkarımlarıyla paraleldir. Tablodaki değerler incelendiğinde pektin örneklerinin metoksil içeriği değerlerinin  $6.05 \pm 0.85$  (DKÇAP13)- $11.48 \pm 0.95$  (DKÇAP17) değerleri arasında değiştiği görülebilir. Mİ değeri ticari pektin için ise  $12.47 \pm 1.05$  olarak belirlenmiştir.

### 3.2.4 Eşdeğer ağırlık (EA):

Pektinin iyi jel oluşturma yeteneğinin bir ölçüsü olan eşdeğer ağırlık değerlerinin ekstrakte edilen pektin örneklerinin esterleşme dereceleri ve metoksil içeriğine paralel şekilde yüksek veya düşük değerlere sahip olduğu tablodan görülebilir. Ekstrakte edilen pektin örneklerinin eşdeğer ağırlıkları  $477.3 \pm 1.25$  (DKÇAP1)- $1250.0 \pm 1.70$  g/mol (DKÇAP17, DKÇAP20) değerleri arasında değişirken ticari pektinin eşdeğer ağırlığı  $1000.0 \pm 2.22$  g/mol değerindedir. Pektinlerin eşdeğer ağırlık sonuçları dikkatli incelendiğinde genellikle CA'ın ekstraktant olarak kullanılması sonucu üretilen pektin örneklerinin eşdeğer ağırlıklarının HCl'in ekstraktant olarak kullanılması sonucu üretilen pektinlerinkine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da ekstraktant olarak HCl çözeltisinin kullanılmasının pektinlerin EA değerlerini etkileyen pH değerlerinin ekstraksiyon ortamında düşmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca artan SLR'nin, pektinlerin eşdeğer ağırlık değerlerinde yükselmeye sebep olduğu da görülmektedir. Yüksek sıcaklık ve düşük pH değeri ile daha düşük EA değerlerine sahip olan pektinlerin üretilmesinin sebebi olarak depolimerizasyon reaksiyonlarının ve deesterifikasyonun, pektinin kısmi parçalanmasına sebep olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [42].

### 3.2.5 Galakturonik asit (Gal-A)

Gal-A değerleri ticari pektin için  $85.12 \pm 1.15$  olarak belirlenmişken kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen pektin örnekleri için bu değer en yüksek  $67.75 \pm 1.48$  (DKÇAP10) en düşük ise  $36.97 \pm 1.47$  (DKÇAP2) olarak ölçülmüştür. Burada genellikle ekstraktant olarak bir inorganik asit olan HCl'in kullanılması sonucu elde edilen pektinlerin Gal-A değerleri, ekstraktant olarak bir organik asit olan CA'nın kullanılması sonucu üretilen pektinlerin Gal-A değerlerinden daha yüksek olduğu Tablo 2'nin incelenmesi sonucu görülebilir. Kuşburnu meyvesinden doğrudan ekstrakte edilen pektinlerin Gal-A değerlerinin (KÇP1-3) kuşburnu meyvesi atıklarından üretilen pektinlerin Gal-A değerlerinden (DKÇAP1-3) daha yüksek olduğu sonuçlar incelendiğinde görülebilir. Katı-çözücü oranının (SLR) ekstrakte edilen pektinlerin Gal-A değerlerine etkisinin incelendiği deneylerde; özellikle inorganik asit çözeltisiyle ekstrakte edilen pektinlerin Gal-A değerleri; SLR oranı arttıkça literatürde yapılmış olan diğer çalışmaların sonuçlarındaki gibi düşmektedir[42],[55]. Ekstrakte pektin örneklerinin Gal-A değerlerinin ekstraksiyon sıcaklığının değişmesiyle daha önceki çalışmalarla uyumlu şekilde fazla bir değişiklik göstermediği tablodaki sonuçlar incelendiğinde görülmektedir [49].

### 3.2.6 Nem ve kül içeriği:

Ekstrakte edilen bazı pektin örneklerinin yüzde nem ve kül içerikleri Resmi Analitik Kimyagerler Birliği yöntemlerine göre belirlenmiştir. Analizler sonucunda; kuşburnu atıklarından ekstrakte edilen pektinlerden DKÇAP1'in (0.1N HCl, 90 °C, 90 dk. ve 1/50 SLR) nem içeriği %11.95 ve kül içeriği %4.26, DKÇAP2'nin (0.1N CA, 90 °C, 90 dk. ve 1/50 SLR) nem içeriği %10.45 ve kül içeriği %5.26 ve DKÇAP3'ün (0.2N CA, 90 °C, 90 dk. ve 1/50 SLR) nem içeriği %11.25 ve kül içeriği %5.66 olarak belirlenmiştir.

## 4 Sonuçlar

Çalışmada, kuşburnu meyvesi ve atıklarından sıcak asit ekstraksiyonu yöntemiyle ticari pektin özelliklerine yakın fizikokimyasal özelliklere sahip pektin izole etme amacıyla farklı ekstraksiyon şartlarında toplam 24 ekstraksiyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilen pektinlerin ve ticari pektinin karşılaştırmalı FTIR spektrumlarındaki piklerin birbirine çok benzer olması pektinin başarılı şekilde izole edildiğinin göstergesidir. Kuşburnu meyvesinden ekstrakte edilen pektin verimleri en yüksek %13.08 (0.2N CA, 90 °C, 90 dk. ve 1/50 SLR) en düşük % 8.35 (0.1N HCl, 90 °C, 90 dk. ve 1/50 SLR) olarak gerçekleşmiştir. Buna karşın; bu meyvenin atıklarından ise en yüksek %12.43 (0.2N CA, 90 °C, 90 dk. ve 1/25 SLR) en düşük %8.78 (0.1N HCl, 90 °C, 60 dk. ve 1/50 SLR) pektin verimi elde edilmiştir. Pektinlerin esterleşme derecesi değerleri ile yapılan sınıflandırma temel alındığında, ekstrakte edilen pektinlerin yaklaşık %67'si (ED $\geq$ 50) yüksek metoksilli pektin sınıfındadır. Kuşburnu meyvesi ve atıklarından üretilen pektinlerin bir başka fizikokimyasal özelliği olan metoksil içeriği değerleri  $6.05 \pm 0.85$ - $11.48 \pm 0.95$  arasında değişirken aynı özelliğin ticari pektindeki değeri  $12.47 \pm 1.05$  olarak belirlenmiştir. Ticari pektinin eşdeğer ağırlığı  $1000.0 \pm 2.22$  g/mol değerindeyken ekstrakte edilen pektinlerin eşdeğer ağırlıkları  $477.3 \pm 1.25$  (DKÇAP1)- $1250.0 \pm 1.70$  g/mol (DKÇAP17, DKÇAP20) arasında değişmiştir. Pektinin bir diğer önemli özelliği olan Gal-A ticari pektin için  $85.12 \pm 1.15$  olarak belirlenmişken, kuşburnu meyvesi ve atıklarından ekstrakte edilen pektinler için en yüksek  $67.75 \pm 1.48$  (DKÇAP10) en düşük ise  $36.97 \pm 1.47$  (DKÇAP2) olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışma ile özellikle kuşburnu meyvesi atıklarının pektin üretiminde hammadde olarak değerlendirilebileceği belirlenmiştir. Gelecekte, farklı ekstraksiyon yöntemleri veya farklı ekstraksiyon şartları ile çalışılarak kuşburnu atıklarından ekstrakte edilen pektinin verimi ve özelliklerinde iyileştirme olanakları araştırılabilir. Ayrıca ekstrakte edilen pektinlerin; antioksidan özelliği, akış özelliği gibi kapsamlı karakterizasyon çalışmaları ile hangi uygulama alanlarında kullanılmasının daha uygun olacağı belirlenebilir.

## 5 Conclusions

In this study, pectin extraction from rosehip fruit waste was successfully achieved under different extraction conditions using hot acid extraction technique. Isolated pectins from rosehip fruit waste showed similar physicochemical properties with commercial pectin. FTIR spectra results of extracted pectins showed similar absorption bands when compared to the commercial pectin. The pectin yields extracted from the rosehip fruit were the highest 13.08% (0.2N CA, 90 °C, 90 min. and 1/50 SLR) and the lowest 8.35% (0.1N HCl, 90 °C, 90 min. and 1/50 SLR). On the other hand, the highest 12.43% (0.2N CA, 90 °C, 90 min. and 1/25 SLR) and the lowest 8.78% (0.1N HCl, 90 °C, 60 min. and 1/50 SLR) pectin yield was obtained from



the wastes of this fruit. According to the esterification degree values, 67% of the extracted pectins are mainly high methoxylated pectin ( $ED \geq 50$ ). Methoxyl content, which is another physicochemical property of pectins produced from rosehip fruit and its wastes, varied between  $6.05 \pm 0.85$ - $11.48 \pm 0.95$ , while the value of the same property in commercial pectin was determined as  $12.47 \pm 1.05$ . While the equivalent weight value of the commercial pectin was  $1000.0 \pm 2.22$  g/mol, the equivalent weights of the extracted pectins ranged from  $477.3 \pm 1.25$  g/mol (DKÇAP1)- $1250.0 \pm 1.70$  g/mol (DKÇAP17, DKÇAP20). Gal-A content of the commercial pectin was determined as  $85.12 \pm 1.15\%$ , while the highest Gal-A content of the extracted pectin was  $67.75 \pm 1.48$  (DKÇAP10) and the lowest value was  $36.97 \pm 1.47$  (DKÇAP2). According to the obtained results, rosehip fruit waste can be evaluated as raw material in pectin production. In the future studies, other pectin extraction techniques from rosehip waste could be investigated for improving the extracted pectin yield and properties. In addition to that, detailed characterization techniques including antioxidant properties and flow properties of the extracted pectins will be demonstrated to application areas it would be more appropriate to use.

## 6 Yazar katkı beyanı

Çalışmada Nuray KAMBEROĞLU, Cem Barış OLÇEŞER, Feyzanur DÜZYOL, Zülal CÜCEN, Vugar HAJIYEV deney ve analizlerin yapılması, literatür taraması, yazım denetimi, deney ve analiz sonuçlarından grafik ve tabloların oluşturulması; Erdal UGUZDOĞAN ise 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] Muhitch MJ, Fletcher JS. "Isolation of the phenols of Paul's Scarlet rose stems and stem derived suspension cultures". *Plant Physiology*, 75, 592-595, 1984.
- [2] Biacs PA, Daood H. "A high performance liquid chromatography and photodiode-array detection of carotenoid and carotenoid ester in fruit and vegetables". *Journal of Plant Physiology*, 143(4-5), 520-525, 1994.
- [3] De Vries DP. "Breeding research on rose pigments. II. Combining ability analyses of variance of four flavonoids in F1 population". *Euphytica*, 29, 115-120, 1980.
- [4] Izhaki I. "Essential amino acid composition of fleshy fruits versus maintenance requirements of passerine birds". *Journal of Chemical Ecology*, 24, 1333-1345, 1998.
- [5] Ercisli S, Orhan E, Esitken A. "Fatty acid composition of Rosa species seeds in Turkey". *Chemistry of Natural Compound*, 43, 605-606, 2006.
- [6] Demir F, Özcan M. "Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina* L.) fruits grown wild in Turkey". *Journal of Food Engineering*, 47, 333-336, 2001.
- [7] Kazaz S, Baydar H, Erbas S. "Variations in chemical compositions of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa canina* L. Fruits". *Czech Journal of Food Sciences*, 27, 178-184, 2009.
- [8] Nakamura Y, Watanabe S, Miyake N, Kohno H, Osawa T. "Dihydrochalcones: evaluation as novel radical scavenging antioxidants". *Journal Agriculture Food Chemistry*, 51, 3309-3312, 2003.
- [9] Tapiero H, Tew KD, Ba GN, Mathe G. "Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies?". *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56(4), 200-207, 2002.
- [10] Olsson ME, Andersson S, Werlemark G, Uggla M, Gustavsson KE. "Carotenoids and phenolics in rose hips". *Acta Horticulturae*, 490, 249-253, 2005.
- [11] Chrubasik C, Roufogalis BD, Müller-Ladner U, Chrubasik SA. "Systematic review on the *Rosa canina* effect and efficacy profile". *Phytotherapy Research*, 22, 725-733, 2008.
- [12] Wenzig EM, Widowitz U, Kunert O, Chrubasik K, Bucar F, Knauder E, Bauer R. "Phytochemical composition and in vitro pharmacological activity of two rose hip (*Rosa canina* L.) preparations". *Phytomedicine*, 15, 826-835, 2008.
- [13] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. "Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Verileri". Ankara, Türkiye, 2020.
- [14] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. "Orman Genel Müdürlüğü Verileri". Ankara, Türkiye, 2020.
- [15] Grohmann K, Cameron RG, Buslig BS. "Fractionation and pretreatment of orange peel by dilute acid hydrolysis". *Bioresource Technology*, 54(2), 129-141, 1995.
- [16] Voragen AG, Coenen GJ, Verhoef RP, Schols HA. "Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls". *Structural Chemistry*, 20(2), 263-275, 2009.
- [17] Garofalo SF, Tommasi T, Fino D. "A short review of green extraction technologies for rice bran oil". *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11, 569-587, 2021.
- [18] Thirugnanasambandham K, Sivakumar V, Prakash Maran J. "Process optimization and analysis of microwave assisted extraction of pectin from dragon fruit peel". *Carbohydrate Polymers*, 112, 622-626, 2014.
- [19] Lara-Espinoza C, Carvajal-Millán E, Balandrán-Quintana R, López-Franco Y, Rascón-Chu A. "Pectin and pectin-based composite materials: beyond food texture". *Molecules* 23(4), 942(1-35), 2018.
- [20] Raj AAS, Rubila S, Jayabalan R, Ranganathan TV. "A review on pectin: chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses". *Omics International*, 1(12), 1-4, 2012.
- [21] Kiani H, Mousavi ME, Razavi H, Morris ER. "Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of Doogh, a yogurt-based Iranian drink". *Food Hydrocolloids*, 24(8), 744-754, 2010.
- [22] El-Nawawi SA, Heikel YA. "Factors affecting gelation of high-ester citrus pectin". *Process Biochemistry*, 32(5), 381-385, 1997.
- [23] Adetunji LR, Adekunle A, Orsat V, Raghavan V. "Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: a review". *Food Hydrocolloids*, 62, 239-250, 2017.
- [24] Sandarani J. "A review: different extraction techniques of pectin". *Journal of Pharmacognosy & Natural Products*, 3(3), 1-5, 2017.
- [25] Fishman ML, Chau HK, Hoagland P, Arland TH. "Microwave-assisted extraction of lime pectin". *Journal of Food Hydrocolloids*, 20, 1170-1177, 2006.

- [26] 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 (Chinese)". *Food Chemistry*, 178, 106-114, 2015.
- [27] Chen X, Zhu C. "Microwave-assisted chelating agent extraction of pectin from hawthorn wine pomace". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 310, 1-7, 2019.
- [28] Dranca F, Oroian M. "Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications". *Food Research International*, 113, 327-350, 2018.
- [29] Chhouk K, Quitain AT, Gaspillo PD, Maridable JB, Sasaki M, Shimoyama Y, Goto M. "Supercritical carbon dioxide-mediated hydrothermal extraction of bioactive compounds from *Garcinia Mangostana* pericarp". *The Journal of Supercritical Fluids*, 110, 167-175, 2016.
- [30] Liew SQ, Teoh WH, Tan CK, Yusoff R, Ngoh GC. "Subcritical water extraction of low methoxyl pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels". *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 128-135, 2018.
- [31] Maric M, Grassino AN, Zhu Z, Barba FJ, Brncic M, Brncic SR. "An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction". *Trends in Food Science & Technology*, 76, 28-37, 2018.
- [32] Ciriminna R, Fidalgo A, Delisi R, Ilharco LM, Pagliaro M. "Pectin production and global market". *Agro Food Industry Hi Tech*, 27(5), 17-20, 2016.
- [33] Iglesias MT, Lozano JE. "Extraction and characterization of sunflower pectin". *Journal of Food Engineering*, 62(3), 215-223, 2004.
- [34] Ekouna JPE, Roblot CP, Courtois B, Courtois J. "Chemical characterization of pectin from green tea (*Camellia sinensis*)". *Carbohydrate Polymers*, 83(3), 1232-1239, 2011.
- [35] Rajendran NS, Thampi H. "Extraction and characterisation of pectin from banana peel". *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(4), 45-63, 2019.
- [36] Zakaria NA, Rahman RA, Zaidel DN, Dailin DJ, Jusoh M. "Microwave-assisted extraction of pectin from pineapple peel". *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 17(1), 33-38, 2021.
- [37] 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.
- [38] Sabater C, Sabater V, Olano A, Montilla A, Corzo N. "Ultrasound-assisted extraction of pectin from artichoke by-products. An artificial neural network approach to pectin characterization". *Food Hydrocolloids*, 98, 1-16, 2020.
- [39] Li L, Gao X, Liu J, Chitrakar B, Wang B, Wang Y. "Hawthorn pectin: Extraction, function and utilization". *Current Research in Food Science*, 4(3), 429-435, 2021.
- [40] Ognyanov M, Remoroza C, Schols HA, Georgiev Y, Kratchanova M, Kratchanov C. "Isolation and structure elucidation of pectic polysaccharide from rose hip fruits (*Rosa canina* L.)". *Carbohydrate Polymers*, 151, 803-811, 2016.
- [41] Sen E, Ozdemir S, Uguzdogan E. "Extraction and characterization of pectin from waste of fruit peels". *Pamukkale University Journal of Engineering Science*, 27(7), 863-872, 2021.
- [42] Sen E, Uguzdogan E. "Brewed black tea waste (*Camellia sinensis* L.) as alternative pectin source". *Journal of Food Measurement Characterization*, 16, 4110-4120, 2022.
- [43] Sen E, Gokturk E, Uguzdogan E. "Pectin extraction from garlic waste under dual acid condition". *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12), e17150, 1-9, 2023.
- [44] Fellows PJ. *Food Processing Technology: Principles and practice*, 4<sup>th</sup> ed. Cambridge, United Kingdom, Woodhead Publishing, 2017.
- [45] Cunniff P. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16<sup>th</sup> ed. Washington DC, USA, Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [46] Ranganna S. Pectin, *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*, 2<sup>nd</sup> ed. New Delhi, India, Tata McGraw Hill, 2008.
- [47] Bocek AM, Zabivalova NM, Petropavlovskii GA. "Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid". *Russian Journal of Applied Chemistry*, 74(5), 796-799, 2011.
- [48] Blumenkrantz N, Hansen GA. "New method for quantitative determination of uronic acids". *Analytical Biochemistry*, 54(2), 484-489, 1973.
- [49] Korish M. "Faba bean hulls as a potential source of pectin". *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 6061-6066, 2015.
- [50] Maran JP, Sivakumar V, Thirugnanasambandham K, Sridhar R. "Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel". *Carbohydrate Polymers*, 97, 703-709, 2013.
- [51] Santos JDG, Espeleta AF, Branco A, de Assis SA. "Aqueous extraction of pectin from sisal waste". *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 1997-2001, 2013.
- [52] Kozioł A, Pomianek KŚ, Górniak A, Wikiera A, Cyprych K, Malik M. "Structural Determination of Pectins by Spectroscopy Methods". *Coatings*, 12(4), 546, 1-13, 2022.
- [53] Tang PY, Kek TS, Gan CS, 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)". *Philippine Agricultural Scientist*, 94(3), 307-311, 2011.
- [54] Kaya B, Okur I, Alpas H, Oztop MH. "High hydrostatic pressure assisted extraction of pectin from sugar beet pulp". *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 4861-4870, 2021.
- [55] Chan SY, Choo WS. "Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks". *Food Chemistry*, 141(4), 3752-3758, 2013.