



## PEKTİN; KAYNAKLARI VE EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ

**Derya Atalay\*, Tuğba Türken, Hande Selen Erge**

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gölköy  
Kampüsü, Bolu, Türkiye

Geliş / Received: 07.08.2018; Kabul / Accepted: 08.11.2018; Online baskı / Published online: 03.12.2018

Atalay, D., Türken, T., Erge, H.S. (2018). Pektin; kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri. *GIDA* (2018) 43 (6): 1002-1018 doi: 10.15237/gida.GD18089

Atalay, D., Türken, T., Erge, H.S. (2018). *Pectin; sources and extractions methods. GIDA (2018) 43 (6): 1002-1018 doi: 10.15237/gida.GD18089*

### ÖZ

Bir heteropolisakkarit olan pektin; kıvam verici, jelleştirici, emülsifiye edici ve stabilize edici özelliklere sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Ticari pektinler, genellikle turuncuğil kabuğu, elma posası ve daha az oranda şeker pancarı posasından üretilmektedir. Pektinin, posa veya kabuklardan ekstrakte edilmesinde kullanılan en yaygın ve geleneksel yöntem asitle ekstraksiyondur. Son yıllarda, pektin kaynaklarının yetersiz olması ve asit ekstraksiyonunun dezavantajlarından dolayı hem yeni kaynak hem de yeni ekstraksiyon yöntemi araştırmaları önem kazanmıştır. Özellikle, meyve ve sebze işletmeleri artıklarının değerlendirilmesi amacıyla nar, üzüm, havuç gibi yeni hammadde kaynakları ile ekstraksiyon verimini artıracak mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrasonik destekli ekstraksiyon ve sub-kritik su ekstraksiyonu gibi yenilikçi teknolojilerin kullanımı çalışmalarda yer edinmiştir. Bu derleme kapsamında, son yıllarda dikkat çeken farklı pektin kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** pektin, ekstraksiyon, fabrika artıkları, ultrasonik, mikrodalga

## PECTIN; SOURCES AND EXTRACTIONS METHODS

### ABSTRACT

Pectin, a heteropolysaccharide; is used as an additive in the food industry because it has thickening, gelling, emulsifying and stabilizing properties. Commercial pectins are usually produced from citrus peels, apple pomaces and less commonly sugar beet pomaces. The most common and traditional method of extracting pectin from pomaces or peels is acid extraction. In recent years, both new sources and new extraction methods have become important due to the inadequacy of pectin sources and the disadvantages of acid extraction. Especially, the use of new raw materials as pomegranate, grape, carrot for the valorization of the wastes of fruit and vegetable industry and the use of innovative technologies such as microwave assisted extraction, ultrasound assisted extraction and sub-critical water extraction, which will increase the efficiency of extraction, have taken place in studies. Within the scope of this review, different pectin sources and extraction methods, which have attracted attention in recent years, have been compiled.

**Keywords:** pectin, extraction, factory wastes, ultrasonic, microwave

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ deryaatalay@ibu.edu.tr,

☎ (+90) 374 254 1000-4845

☎ (+90) 374 253 4558



Yüksek metoksilli pektinler, pH 3.5 değerinin altındaki koşullarda, konsantrasyonu %55' in üzerindeki sükröz çözeltisi ile ısıtıldığında, kolay bir şekilde jelleşebilmektedirler. Düşük metoksilli pektinlerin jel oluşturabilmesi için  $Ca^{+2}$  iyonlarına gereksinim duyulmaktadır (Seggiani vd., 2009; Pereira vd., 2016). Düşük metoksilli pektinin diğer bir çeşidi ise amide edilmiş pektindir (low-methoxyl amide pectin, LMA) ve bu pektin düşük metoksilli pektinin amonyak ile işlem görmesi ile metil ester gruplarının %15-25'inin amid gruplarına dönüşmesi sonucunda oluşmaktadır (May, 1990; Chan vd., 2017).

Pektin (E 440); gıda, beslenme, kozmetik, ilaç ve sağlık sektöründe jelleştirici, stabilizatör, kıvamlaştırıcı, parlatici, korozyon önleyici ve emülgatör olarak kullanılan bir katkı maddesidir (May, 1990; Umoren ve Eduok, 2016; Morales-Contreras vd., 2018). Pektinin, reçel gibi gıdalarda jelleştirici ajan; bazı şekerlemelerde, içeceklerde ve süt ürünlerinde stabilizatör; salata soslarında, dondurmada ve emülsifiye et ürünlerinde yağ yerine geçen madde olarak kullanıldığı aktarılmaktadır. Ayrıca; ilaç ve tıp alanlarında kan kolestrol seviyesini ve glikoz miktarını düşürücü, kanser hücrelerinin apoptozunu sağlayarak kanser önleyici, bağışıklık sistemini geliştirici, ilaç formülasyonlarında bağlayıcı ve kilo kaybında yararlı olduğu belirtilmektedir (Abid vd., 2016; Grassino vd., 2016b, 2018; Umoren ve Eduok, 2016; Pasandide vd., 2017; Raji vd., 2017; Baldino vd., 2018). Belirtilen kullanım alanlarına ek olarak pektin, nanoemülsiyonlar gibi gıda hidrokolloidlerinde stabilizatör ve gıda bileşenlerinin enkapsülasyonunda taşıyıcı polimer olarak kullanılabilir (Grassino vd., 2018; Mungure vd., 2018). Dünya genelinde, pektinin geniş kullanım olanaklarından dolayı gün geçtikçe talebi artmaktadır (Raji vd., 2017).

Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri pektin üretiminde önemli pazar payına sahip ülkelerdir. 2015 yılı verilerine göre, satış fiyatı kilogram başına 15 \$ olan pektinin küresel market değerinin 1 milyar dolara yaklaştığı ve yıllık üretim miktarının 60 bin ton civarında olduğu bilinmektedir (Ciriminna vd., 2016). Pektin cazip bir yatırım olarak görüldüğü için, CP Kelco,

Cargill, Calleva, Yantai Andre Pektin, DuPont, FMC Biopolymers, Herbstreith & Fox gibi şirketler tarafından sanayileştirilmektedir. Küresel markette satılan pektinin sürekli artışta olduğu belirtilmektedir (Chan vd., 2017). Ülkemizde pektin üretimi olmamakla birlikte, pektinin ithalatı ile ilgili sayısal verilere ulaşılamamıştır. Ancak, pektin kullanan firmalardan alınan bilgilere göre pektinin Avrupa kaynaklı firmalardan ithal edildiği bilinmektedir.

Bitki türlerinde büyük oranda çeşitlilik olmasına rağmen pektinin ticari kaynaklarının sınırlı olduğu bilinmektedir. Günümüzde, ticari amaçla kullanılan pektinlerin çoğu turunçgil kabuğundan (%85.5) üretilirken, ikinci kaynak olarak elma posası (%14) ve daha az oranda şeker pancarı posası (%0.5) kullanılmaktadır (Chan vd., 2017). Pektik polisakkarit kaynakları arasında, gıda artıkları önemli bir yer tutmaktadır. Tarım ve gıda endüstrisi artıkları hayvan beslenmesinde, gübre üretiminde ve biyoenerji üretiminde önemli rol oynamaktadır. Ancak gıda teknolojisi açısından daha değerli ürünlerin üretilmesi üzerine çalışmalar hız kazanmaktadır (Moorthy vd., 2015; Müller-Maatsch vd., 2016).

Son yıllarda, pektin kaynağı olarak limon, portakal ve elma gibi hammaddelerin yanı sıra pomelo kabuğu (Quoc vd., 2015), şeker pancarı (Huang vd., 2018), havuç (Şimşek, 2013; Jafari vd., 2017), nar kabuğu (Moorthy vd., 2015; Abid vd., 2017), karpuz kabuğu (Petkowicz vd., 2017), domates (Grassino vd., 2016a; Morales-Contreras vd., 2018), ayçiçeği (Kang vd., 2015) ve muz (Oliveira vd., 2016) gibi kaynaklar çalışmalara konu olmaktadır. Ayrıca, geleneksel asit ekstraksiyonuna ek olarak ultrasonik (Grassino vd., 2016a), mikrodalga (Košťálová vd., 2016), sub-kritik su (Wang vd., 2014) ve enzimatik (Sabater vd., 2018) ekstraksiyon gibi yöntemler dikkat çekmektedir. Bu derleme kapsamında, son yıllardaki çalışmalarda dikkat çeken pektin kaynakları ve üretim yöntemleri derlenmiştir.

#### PEKTİN KAYNAKLARI

Ticari pektin üretiminde portakal kabuğu ve elma posasının yaygın olarak kullanıldığı bilinmekle birlikte farklı bitki türlerinin pektin içerikleri ve

fizikokimyasal özellikleri birçok çalışmada incelenmiştir. Pektin kaynağı olarak kullanılabilir ve son yıllarda dikkat çeken bazı çalışmalar ve sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

### Elma

Ticari pektin üretiminde kullanılan elma posası, genellikle fabrikalarda üretimden arta kalan yan üründür. Turunçgillerden sonra pektin kaynağı olarak en yaygın kullanılan ikinci hammadde olduğu bilinmektedir (May, 1990). Elma posasındaki pektinin daha çok asitte çözünebilen bir polisakkarit olan protopektin olarak bulunduğu belirtilmektedir (Canteri-Schemin vd., 2005). Yapılan bir çalışmada, 9 farklı elma türünden pektin üretimi ve özellikleri incelenmiştir. Elma posaları, pH değeri 2.5 olan sitrik asit ile 97 °C'de 30 dakika boyunca ekstrakte edilmiş, soğutma işleminin ardından alkol ilave edilerek pektin flokleştirilmiştir. Sonuç olarak, yapılan analizlerle farklı elma türlerinde önemli bir verim farkı bulunmadığı ve esterleşme derecesinin yaklaşık %68.84 olduğu aktarılmaktadır. Ayrıca, optimum pektin veriminin %18-20 aralığında olduğu bildirilmektedir (Canteri-Schemin vd., 2005).

Dünya genelinde en çok tüketilen meyvelerden biri olan elma; pektin, fitokimyasallar ve fenolikler gibi maddelerin önemli bir kaynağıdır. Her yıl yaklaşık 70 milyon ton elma üretilmektedir. Elma; reçel, elma suyu, elma şırası ve sirke gibi birçok sektörde kullanılmakta ve elma posası olarak bilinen artık oluşmaktadır. Elma posasının pektin içeriği bakımından zengin olduğu, bu nedenle en önemli pektin kaynaklarından biri olarak değerlendirildiği bildirilmektedir (Perussello vd., 2017). Tarımsal yan ürünlerden pektik oligosakkarit üretimi ile ilgili yapılan bir derlemede, fabrikalarda elmanın işlenmesi sonucunda %25-35'lik bir kısmın elma posası yan ürünü olarak elde edildiği aktarılmaktadır. Elmanın yüksek oranda ramnogalakturonan ve ksilogalakturonandan oluşan dallı polisakkaritler içerdiği bilinmektedir (Babbar vd., 2016).

Müller-Maatsch ve ark. tarafından 2016 yılında yapılan bir çalışmada; içerisinde tüm elma, fabrika artığı olan elma küspesi ve posası da bulunan bir

çok meyve ve sebze, pektin içeriği açısından değerlendirilmiştir. Pektin verimi bakımından elma küspesinin, üronik asit içeriği bakımından ise elma posasının diğer hammaddelere kıyasla ön plana çıktığı bildirilmektedir (Müller-Maatsch vd., 2016). Elma posasından pektin üretilen bir çalışmada Celluclast 1.5 L enzimi farklı oranlarda kullanılmış ve enzim uygulamasının, asit uygulamalarına göre daha etkili olduğu belirtilmiştir. Kullanılan enzim dozu arttıkça verimin arttığı ancak esterleşme derecesi ile galakturonik asit içeriğinde değişiklik gözlenmediği aktarılmıştır (Wikiera vd., 2015b).

### Turunçgiller

Turunçgillerin tüm dünya tarafından en fazla yetiştirilen ve tüketilen meyvelerden olduğu bilinmektedir. Portakal meyvesinin yaklaşık %40-60'ı portakal suyu fabrikalarında artık olarak ayrılmaktadır (Babbar vd., 2016). Turunçgiller arasında pektin üretimi için genellikle portakal kabuğu kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığında portakal ve limon dikkat çekmektedir. Müller-Maatsch ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada 26 farklı gıda artığı kullanılarak pektin üretimi gerçekleştirilmiştir. En yüksek pektik polisakkarit içeriğinin portakal kabuğunda (247 mg/g) tespit edildiği belirtilmektedir (Müller-Maatsch vd., 2016). Portakal, greylim, limon ve misket limonu gibi turunçgillerin pektin içeriklerinin sırasıyla %11-25, %22-28, %21-31 ve %9-34 olduğu aktarılmaktadır (Chan vd., 2017).

Asya ülkelerinde yaygın bir şekilde yetiştirilen ve tüketilen ağaç kavunu (*Citrus medica*) kabuğu pektin içeriği açısından zengin bir meyvedir. Pasandide ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada; ağaç kavunu kabuğundan pektin ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon koşulu olarak 70-90 °C sıcaklık, 60-180 dk süre ve 20-40 katı/sıvı oranı kullanılan çalışmada, verim açısından optimum koşullar 90 °C, 180 dk ve 40 katı/sıvı olarak tespit edilmiştir. Optimum ekstraksiyon koşullarında %21.85 verim ve 77.2 esterleşme derecesi elde edildiği bildirilmektedir (Pasandide vd., 2017). Mikrodalga ekstraksiyon ile portakal kabuğundan pektin eldesi üzerine yapılan bir çalışmada; maksimum pektin verimi (%19.24)

için 422 Watt mikrodalga gücünün, 169 saniye ekstraksiyon süresinin, pH 1.4 değerinde çözeltinin ve 1/16.9 katı/sıvı oranının uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Prakash Maran vd., 2013).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı pektin kaynaklarının araştırılması kadar farklı ekstraksiyon yöntemleri de önem kazanmaktadır. Greyfurt kabuğundan ultrasonik destekli ekstraksiyon yardımıyla pektin üretilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, optimum pektin verimi (%27.34) için 12.56 W/cm<sup>2</sup> ultrasonikasyon gücünün, 66.71 °C'de ve 27.95 dakika boyunca uygulandığı; geleneksel ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha yüksek verim, düşük sıcaklık ve kısa süre sağlandığı belirtilmektedir (Wang vd., 2015).

### Şeker Pancarı

Şeker pancarı rafine endüstrisinin yan ürünü olan şeker pancarı posasının yaklaşık %25 oranında pektin içerdiği ve hayvan beslenmesinde kullanıldığı belirtilmektedir. Şeker pancarının yaygın olmasının, pektin kaynağı olarak kullanılması ve ekstraksiyonda farklı yöntemlerin uygulanması açısından önemli olduğu düşünülmektedir (Babbar vd., 2016; Huang vd., 2018). Farklı partikül boyutunda öğütülen şeker pancarı posası tozundan, asitle ısıtılarak pektin ekstraksiyonu yapılan bir çalışmada, verim ve reolojik özellikler incelenmiştir. Toz formundaki şeker pancarı posasının partikül boyutu azaldıkça ekstraksiyon veriminin ve galakturonik asit içeriğinin arttığı aktarılmaktadır. Diğer taraftan, partikül büyüklüğü arttıkça içsel viskozite ve görünen viskozite gibi değerlerin arttığı belirtilmiştir (Huang vd., 2018). Diğer bir çalışmada şeker pancarı posasından elde edilen pektin içeriğinin %15-30 olduğu ve yüksek metoksilli pektin olarak bulunduğu bildirilmektedir (Adetunji vd., 2017). Şeker pancarı posasından pektinin ekstrakte edildiği bir çalışmada mikrodalgadan yararlanıldığı (150-250 Watt; 2-4 dk), asit olarak sülfürik asidin kullanıldığı ve bu koşullarda verimin %5-32 aralığında arttığı belirtilmektedir (Marić vd., 2018).

Şeker pancarı pektininin; daha kısa homogalakturonan zincirine ve daha fazla yan

zincirlere ve yüksek asetilasyon derecesine sahip olduğu ve bu durumun jelleşme özelliklerini olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Babbar vd., 2016).

### Ayçiçeği

Pektin kaynağı olarak kullanılacak diğer bir kaynak, ayçiçeği tablasıdır. Ayçiçeği tohumlarının bulunduğu beyaz kısmın, galakturonik asit miktarı yüksek pektin içeriği bakımından zengin olduğu bilinmektedir (May, 1990). Ayçiçeği tablası pektininin, düşük metoksilli özellik gösterdiği belirtilmektedir. Kang ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada 85 °C sıcaklıkta, 3.5 saat boyunca %0.6 sodyum sitrat ile ayçiçeği tablasından pektin ekstrakte edilmiştir. Ultrafiltrasyon membran kullanılarak pektin ekstraktının saflaştırıldığı bu çalışmada, maksimum üronik asit içeriği %16.9 olarak bulunmuştur. Ayrıca, pektin ağ yapısının birbirine geçerek sarmal bir yapıya sahip mikrofilamentlerden oluştuğu aktarılmıştır (Kang vd., 2015).

### Muz

Muz meyvesi çoğunlukla taze tüketilmesine rağmen muz unu, çips ve püre gibi ürünlere işlenmektedir. Muz kabuğu, meyvenin yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. Muz kabuklarının pektin, selüloz lifi ve fenolik bileşik kaynağı olarak kullanılması hem ekonomik hem de çevresel faktörler açısından yüksek değer oluşturmaktadır (Oliveira vd., 2016). Sitrik asit ile muz kabuklarından pektin ekstrakte edilen bir çalışmada, pH değerinin 2-4.5, ekstraksiyon sıcaklığının 70-90 °C ve sürenin 120-240 dakika aralığında değiştiği bildirilmiştir. Yüksek sıcaklık ve düşük pH değerleri gibi sert ekstraksiyon koşullarının pektin verimini artırdığı ancak, metoksillenme derecesini düşürdüğü belirtilmektedir. Maksimum galakturonik asit veriminin sağlandığı ve metoksillenme derecesinin en az %51 ile sabit tutulduğu, pektin ekstraksiyonunda optimum koşulların 87 °C, 160 dk ve pH değerinin 2 olduğu aktarılmaktadır (Oliveira vd., 2016).

Muz kabuğundan elde edilen pektin veriminin ekstraksiyon yöntemine göre farklılık gösterdiği

bilinmektedir. Örneğin; muz kabuğundan organik asit ile geleneksel asit ekstraksiyonunda pektin veriminin %5.2-12.2; hidroklorik asit ile mikrodalga ekstraksiyonunda ise %1.09-2.17 aralığında değiştiği bildirilmektedir (Marić vd., 2018).

### **Pomelo**

Pomelo meyvesi turuncgillere bağlı, Vietnam'da yaygın şekilde yetiştirilen bir meyvedir. Süngerimsi beyaz kabuk kısmı toplam meyve ağırlığının %30'undan fazla olabilmekte ve pektin içeriği bakımından zengin olduğu bilinmektedir (Quoc vd., 2015). Mikrodalga ekstraksiyonu ile pomelo meyvesinden pektin ekstraktında farklı pH değerlerindeki çözeltiler, mikrodalga gücü ve süresi uygulanmıştır. pH 2.5 değerinde, 1/40 meyve/çözelti oranında, 660 W ve 9 dakikalık uygulama koşullarında en iyi sonuçların alındığı belirtilmiştir. Elde edilen pektinin veriminin %23.83 oranlarına ulaştığı ve yüksek metoksilli pektin (%92.75 metoksillenme derecesi) sınıfına girdiği aktarılmaktadır (Quoc vd., 2015).

### **Domates**

Domates; salça, domates suyu, püre, ketçap ve sos gibi çeşitli ürünlere işlenen ve yaygın bir şekilde tüketilen bir meyvedir. Üretimden arda kalan domates artığı, çoğunlukla hayvan beslenmesinde veya gübre olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda vitaminler, karotenoidler, esansiyel yağlar ve pektin gibi çeşitli fonksiyonel bileşenlerin üretiminde kullanılması, birçok bilimsel çalışmaya konu olmaktadır. Domates yan ürünlerinin pektin kaynağı olarak kullanımı sınırlı kalmıştır (Grassino vd., 2016a,b).

Konserve fabrikası artığı olan domates kullanılarak yapılan bir araştırmada, amonyum okzalit/ okzalik asit kullanılarak geleneksel ekstraksiyon ve 37 kHz gücünde 60 °C ve 80 °C sıcaklıklarda ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri uygulanmıştır. Ekstrakte edilen pektinlerde verim ve kimyasal özellikler gibi sonuçlar değerlendirilerek kıyaslama yapılmıştır. Sonuç olarak, geleneksel ekstraksiyonda 60 °C'de daha yüksek verim elde edilmesine rağmen ultrasonik destekli ekstraksiyonda 15 dakikalık işlem ile daha kaliteli pektin (anhidroöronik asit,

esterleşme derecesi vb.) elde edildiği belirtilmektedir. 80 °C sıcaklıkta bu iki yöntem kıyaslandığında birbirine benzer sonuçlar elde etmek için geleneksel ve ultrasonik destekli ekstraksiyonda sırasıyla 24 saat ve 15 dakikalık sürelerin kullanılması gerektiği; bu sebeplerden dolayı ultrasonik destekli ekstraksiyonunun daha kısa süreli ve çevre dostu olduğu bildirilmektedir. Domatesten üretilen pektin veriminin %35.7 değerlerine kadar çıkabildiği de bu çalışmada gösterilmektedir (Grassino vd., 2016a). Morales-Contreras ve ark. tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada, domatese benzeyen tomatillo adı verilen meyveden pektin elde edilerek reolojik özellikleri incelenmiştir. Ekstraksiyonda hidroklorik asit ve sitrik asit kullanılmıştır. Hidroklorik asit ile üretilen tomatillo pektininin, sitrik asitle üretilene kıyasla daha sert yapıda jel özellik gösterdiği belirtilmektedir (Morales-Contreras vd., 2018).

### **Nar**

Nar, taze olarak ve meyve suyu, reçel ve jöleler gibi ürünler ile önemli oranda tüketilen Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştiren bir meyvedir. Nar kabuğu, meyvenin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır ve büyük bir üretim artışı olarak düşünülmektedir (Abid vd., 2016). Yüzey yanıt yöntemi kullanılarak farklı ekstraksiyon sıcaklığı, süresi ve çözücü pH değerleri kullanılarak, nar kabuğundan pektin eldesi üzerine yapılan bir çalışmada verimin %6.4-11.0 aralığında bulunduğu aktarılmaktadır. Ayrıca, nar kabuğundan pektin eldesinde 86 °C, 80 dakika ve 1.7 pH koşullarının optimum olduğu ve pektinin düşük metoksilli özellikte olduğu bulunmuştur (Abid vd., 2016)

Moorthy ve ark. (2015) tarafından yapılan, nar kabuğundan ultrasonik destekli pektin ekstraksiyonu çalışmasında, optimum koşullar pH değeri için 1.27, ekstraksiyon süresi için 28.3 dk ve ekstraksiyon sıcaklığı için 61.9 °C bulunmuştur. Bu koşullar altında pektin veriminin %23.87'ye ulaştığı bildirilmiştir (Moorthy vd., 2015).

### **Karpuz**

Tüm dünyada yaygın olarak tüketilen karpuzun, yaklaşık olarak 1/3'ini kabuğu oluşturmaktadır.

Kabuğu tüketilemediği için önemli bir artı olarak ayrılmaktadır. 2017 yılında yapılan bir çalışmada karpuz pektininin, galakturonik asit içeriğinin %65'den fazla olması ile ticari ihtiyacı karşılayabileceği belirtilmektedir. Karpuzdan üretilen pektinin veriminin ise %14.2-19.3 aralığında olduğu, pektinin %5'lik sulu çözeltisinde viskozitenin yüksek olduğu ve kıvamlaştırıcı ajan olarak kullanılabilmesi de aktarılmaktadır. Ayrıca, bu pektinin köpükleştirici ve emülsifiyer özelliklerinin iyi olduğu bildirilmektedir (Petkowicz vd., 2017).

### **Kavun**

Çin, Türkiye ve İran'da yüksek miktarda yetiştirilen kavun meyvesi kabuklarının hayvan beslenmesinde kullanılabildiği ancak fabrika artığı olarak çıkan kabukların çevreye zarar vermemesi için pektin üretimi gibi amaçlar için kullanılabileceği de bildirilmektedir (Raji vd., 2017). Sitrik asit kullanılarak farklı sıcaklık, süre, pH ve çözücü oranlarının uygulandığı bir çalışmada, kavun kabuğundan elde edilen pektinin veriminin %2.87-28.98 ve esterleşme derecesinin %1.33-29.33 aralığında bulunduğu aktarılmaktadır. Aynı çalışmada, kavun kabuğu pektininin zayıf jel özelliği gösterdiği de görülmektedir (Raji vd., 2017).

### **Enginar**

Akdeniz bölgesinde önemli bir üretim alanı bulunan enginarın, endüstride işlenmesinin ardından yaklaşık %60'ı artık (dış yapraklar, yapraklar ve saplar) olarak atılmaktadır. Bu artıklar gübre veya hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (Sabater vd., 2018). Enginarın pektin kaynağı olarak kullanılabileceği düşünülen bir çalışmada, Celluclast® 1.5 L enzimi kullanılarak ekstraksiyon gerçekleştirilmiş ve elde edilen pektin verimi optimum koşullarda 176 mg/g olarak tespit edilmiştir. Ayrıca üretilen enginar pektininin galakturonik asit içeriği ve metoksillenme derecesi, sırasıyla 720 mg/g ve %19.5 olarak belirtilmiştir (Sabater vd., 2018).

### **Havuç**

Havuç, en önemli kök sebzelerinden birisidir. Meyve suyu fabrikası artığı olarak çıkan havuç posası ya atılmakta ya da hayvan beslenmesinde

kullanılmaktadır (Şimşek, 2013; Jafari vd., 2017). Pektin ekstraksiyonunda havuç posasının kullanıldığı bir çalışmada, asit ekstraksiyon ile farklı pH değeri, sıcaklık ve sürelerde uygulama yapılmıştır. Havuç pektini veriminin %5.0-15.2 aralığında değiştiği, metoksillenme derecesinin %22.1 ile %51.8 aralığında bulunduğu yani düşük metoksilli pektin olduğu aktarılmaktadır. Ayrıca, havuç pektini ile sağlanan emülsiyonların 4° ve 23 °C sıcaklıklarda depolama ile yüksek stabilite gösterdiği belirtilmektedir (Jafari vd., 2017).

### **Balkabağı**

Son yıllarda, balkabağından pektin ekstraksiyonu ile ilgili çok fazla kaynak bulunmamaktadır. Müller-Maatsch ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, balkabağında bulunan pektik polisakaritlerin 235 mg/g miktarında olduğu belirtilmektedir. Balkabağı çekirdeklerinin elde edilmesinde, çekirdek iç kısmı küspesi yan ürün olarak elde edilmektedir. Ancak çekirdek iç kısmının küspesinin pektik polisakaritler açısından düşük miktarda (29 mg/g) ve düşük kalitede olduğu aktarılmaktadır (Müller-Maatsch vd., 2016). Balkabağının kullanılmayan kısımlarından mikrodalga ekstraksiyonu ile pektin eldesi üzerine yapılan bir çalışmada, verim %3.1-7.4 aralığında değişmiştir. Aynı çalışmada, geleneksel asit ekstraksiyonu ile sağlanan pektin veriminin %5.7-7.3 aralığında olduğu, ancak mikrodalga ile ekstraksiyonun süreyi yaklaşık %83 kısalttığı ve ekonomik açıdan avantajlı olduğu belirtilmektedir (Košťálová vd., 2016).

## **PEKTİN EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ**

Çeşitli hammaddelerden pektin elde etme işleminde başlıca aşamalar; ekstraksiyon, saflaştırma/konsantrasyon ve kurutma şeklinde sıralanabilir. Pektin ekstraksiyonu için uygun bir yöntemin kullanılması, elde edilen pektinin verimini ve kalitesini en üst düzeye çıkarmak için önemli bir aşamadır. Ekstraksiyon koşulları (sıcaklık, basınç, süre, vb.), materyal/çözücü oranı, çözücü türü, hammaddenin partikül büyüklüğü gibi faktörlerin ekstraksiyona etki ettiği bilinmektedir (Grassino vd., 2016a, 2018; Perussello vd., 2017). Pektin eldesinde öncelikle hücre duvarları ve orta lamelde bulunan asitte

çözünebilen bir polisakarit olan protopektin; kurutulmuş meyve posasından veya kabuğundan genellikle seyreltik mineral asitler ile yüksek sıcaklıklarda ekstrakte edilmektedir. Konsantre edilen ekstrakta, alkol eklenerek pektin flokleştirilmekte, kurutulup öğütülmektedir (Adetunji vd., 2017). Meyvelerin ve sebzelerin yapısında bulunan birçok enzim, pektin üretimi sırasında hızlı bir şekilde etki göstermektedir. Bundan dolayı; pektin üretiminde taze hammadde kullanımı ya da posa ve kabuk kullanılacak ise kurutma işleminin uygulanması önerilmektedir. Kurutma işleminden önce şekerleri ve asitleri ortamdaki uzaklaştırmak için yıkama işlemi de yapılabilmektedir. Ekstraksiyonda uygulanan asit hidrolizi, pektin zincirinin ve diğer hücre duvarı polimerlerinin kısmi depolimerizasyonuna neden olmaktadır. Düşük pH (1.5-2.5) bitki dokusunda pektini tutan bağları kırmakta ve polimer sıvı faza geçmektedir. Ayrıca, ester bağları da kırılmakta ve pektin, metil ve asetil gruplarının bir bölümünü kaybetmektedir. Pektin verimi sıcaklık, asitlik ve ekstraksiyon süresi ile artmaktadır. Ancak, yüksek sıcaklık, düşük pH değeri ve uzun ekstraksiyon süresinde polimer yapının uzunluğunun azaldığı ve son ürünün bazı fonksiyonel özelliklerini kaybedebileceği bildirilmektedir. Asit uygulamasından sonra pektin içeren sıvı kısım, filtrasyon ve/veya santrifüj ile katı kısımlardan tamamıyla ayrılmalıdır. Kalan bitkisel kısım hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Sonraki aşamada ekstraktan pektini ayırabilmek için alkol ilave edildikten sonra ayrılan pektinden istenilmeyen şekerler, pigmentler, polifenoller ve diğer alkolde çözünen materyalleri uzaklaştırmak için alkolle yıkama ve filtrasyon işlemleri uygulanmaktadır. Elde edilen pektin kurutulduktan sonra öğütülmektedir (Dominiak, 2014b). Farklı bitkisel kaynaklardan pektin ekstrakte etmek için çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Ekstraksiyon teknikleri arasında kullanılan en yaygın ve geleneksel yöntem asitle ekstraksiyondur. Çözücü olarak genellikle hidroklorik (HCl), sülfürik ( $H_2SO_4$ ) ve nitrik ( $HNO_3$ ) asit gibi mineral asitler ya da sitrik ( $C_6H_8O_7$ ), tartarik ( $C_4H_6O_6$ ) ve asetik ( $C_2H_4O_2$ ) asit gibi organik asitler kullanılmaktadır (Grassino vd., 2016a; Lefsih vd., 2016; Adetunji vd., 2017). Son yıllarda bazı yeni ekstraksiyon teknikleri

(enzimatik, mikrodalga, ultrasonik veya sub-kritik su ekstraksiyonu) üzerine yapılan çalışmalar ile geleneksel yöntemlere alternatif olarak yenilikçi ekstraksiyon teknikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Marić vd., 2018). Yeni teknolojilerin geliştirilmeye çalışılmasındaki amaç; çözücülerin kullanımını azaltmak ya da ortadan kaldırmaktır. Böylece hem insan sağlığına hem de çevreye zararı olmayan, daha yüksek verim ve kalitede pektin eldesini sağlayan, ayrıca geleneksel yöntemlerden daha kısa sürede tamamlanarak enerji tüketimini azaltan pektin ekstraksiyon yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Maran vd., 2017; Grassino vd., 2018).

### Asit Ekstraksiyonu

Geleneksel olarak pektin, genellikle 1 saat boyunca sürekli karıştırma ile 80 – 100 °C arasında 0.05 - 2M sülfürik, nitrik, fosforik, asetik veya hidroklorik asit ile asitlendirilmiş su içinde ekstrakte edilir. Geleneksel ekstraksiyon; sıcaklık, pH değeri, çözücü özellikleri, katı / çözücü oranı, kuru katı madde, partikül büyüklüğü ve difüzyon hızı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Naqash vd., 2017; Marić vd., 2018). Bununla birlikte, mineral asitlerin kullanıldığı geleneksel ekstraksiyon yönteminde pektinin geri kazanımında bazı dezavantajlar vardır. Bunlar; bazı uçucu bileşiklerin kaybı, üretime yönelik artan maliyetler, çevresel etkiler ve ayrıca bitki materyallerinde bulunan değerli bileşenlerin bozunması şeklinde belirtilmektedir. Geleneksel asit ekstraksiyonu yöntemi ile pektin üretiminde, süre uzamakla birlikte verim ve kalite yetersiz olabilmektedir. Verimin yüksek olması ve elde edilen pektin kalitesinin ve son üründeki jel kalitesinin iyi olması, pektin üretimindeki en önemli konu başlıklarıdır (Adetunji vd., 2017). Bu eksiklikler, diğer bazı çözücü ve tekniklerin kullanılmasına yol açmıştır. Bu doğrultuda sitrik asit ve asetik asit gibi organik asitlerin dikkat çektiği görülmüştür (Yang vd., 2018). Mineral asitler pektin ekstraksiyonunda daha ucuz ve etkili olmalarına rağmen organik asitler son yıllarda çevresel açıdan daha ilgi çekici görünmektedir. Organik asitler mineral asitlerden daha düşük hidroliz kapasitesine sahiptirler (düşük ayrışma sabitlerinden dolayı) ve dolayısıyla elde edilecek pektinin daha az depolimerleşmesine neden



olmaları beklenir. Sonuç olarak, farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak ve kullanılan yöntemlere ilişkin parametreler değiştirilerek çeşitli yapı özelliklerine sahip pektinler üretilebilir

(Marić vd., 2018). Geleneksel ekstraksiyon yöntemi kullanılarak yapılmış bazı çalışmalar Çizelge 1’ de verilmektedir.

Çizelge 1. Asit ekstraksiyon koşullarının çeşitli meyve ve sebze artıklarından (posa, kabuk) elde edilen pektin verimine etkisi

Hammadde	Ekstraksiyon Koşulları		Çözücü	Verim (%)	Kaynak
	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)			
Portakal kabuğu	82	50	pH 1.7, hidroklorik asit	2.95	(Georgiev vd., 2012)
Limon kabuğu	82	50	pH 1.7, hidroklorik asit	3.15	(Georgiev vd., 2012)
Muz kabuğu	70-90	120-240	pH 2.0-4.5, sitrik asit	5.2-12.2	(Oliveira vd., 2016)
Nar kabuğu	70-90	40-150	pH 2.0-4.0, sitrik asit	3.92-11.18	(Pereira vd., 2016)
Havuç posası	50-90	30-150	pH 0.5-2.5, sitrik asit	5-15.2	(Jafari vd., 2017)
Elma posası	85	180	pH 2.0, sülfürik asit	14.5	(Wikiera vd., 2015a,b)
Kavun kabuğu	35-95	40-200	pH 1.0-3.0, sitrik asit	2.87-28.98	(Raji vd., 2017)
Patates posası	90	60	pH 2.04, hidroklorik asit	9.72	(Yang vd., 2018)
			pH 2.04, sülfürik asit	8.38	
			pH 2.04, nitrik asit	9.83	
			pH 2.04, sitrik asit	14.34	
			pH 2.04, asetik asit	4.08	

### Ultrasonik Ekstraksiyon

Ultrasonik ses dalgaları; katı, sıvı veya gazda 20 kHz'den daha yüksek frekanslarda uygulanabilen mekanik titreşimlerden oluşur. Ultrasonikasyon, insanın işitme duyusunun üstünde olan sesi (insanların duyabileceği ses 1 – 16 kHz arasındadır) temsil eder. Bu teknik, mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu, ekstraksiyon, kurutma, emülsifikasyon ve homojenizasyon gibi çeşitli gıda işleme amaçları için kullanılmaktadır (Adetunji vd., 2017; Marić vd., 2018). Ultrasonikasyonun ekstraksiyonda

kullanılmasına ilişkin yapılan bazı çalışmalar Çizelge 2’ de verilmektedir. Ultrasonik dalgalar sıvı içerisinde ani sıcaklık ve basınç değişimleri ile patlayan hava kabarcıklarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu olaya kavitasyon adı verilir ve ultrasonik destekli ekstraksiyonun prensibini oluşturur. Hücre duvarlarının yakınındaki kavitasyon kabarcıklarının patlaması, hücre bozulmasına neden olur, böylece hücreye daha güçlü ve hızlı çözücü girişi ile kütle transferinin yoğunlaşması sağlanmış olur (Tiwari, 2015; Adetunji vd., 2017; Misra vd., 2017; Marić vd.,

2018). Ekstraksiyonda ultrasonik destekli yöntemi kullanmanın geleneksel yöntemlere kıyasla önemli faydaları vardır. Bunlar; düşük enerji tüketimi, daha kısa uygulama süresi, daha az çözücü

kullanımı, artan verim ve ısıtmanın olmadığı bir teknolojinin kullanılmasıdır (Chemat vd., 2017; Marić vd., 2018).

Çizelge 2. Ultrasonik destekli ekstraksiyon koşullarının çeşitli meyve artıklarından (posa, kabuk) elde edilen pektin verimine etkisi

Hammadde	Ekstraksiyon Koşulları			Çözücü	Verim (%)	Kaynak
	Frekans (kHz)	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)			
Nar kabuğu	20	50-70	15-35	pH 1.0-2.0, distile su	4.23-24.18	(Moorthy vd., 2015)
Üzüm posası	37	35-75	20-60	pH 1.0-2.0, sitrik asit	3.19-29.38	(Minjares-Fuentes vd., 2014)
Domates kabuğu	37	60-80	15-90	Amonyum okzalat 16g/L /okzalik asit 4g/L	15.1-35.7	(Grassino vd., 2016a)
Greyfurt kabuğu	20	60-80	20-40	pH 1.5, hidroklorik asit	23.10-27.51	(Wang vd., 2015)
	20	30-80	10-60		10-18.11	(Xu vd., 2014)
Çarkıfelek meyvesi kabuğu	20	45-85	2-20	pH 2.0, nitrik asit	7.53-12.67	(Freitas de Oliveira vd., 2016)

### Mikrodalga Ekstraksiyonu

Mikrodalga fırınlar, çeşitli kullanım amaçları ile son yirmi yılda gıda bilimi ve teknolojisinde önemli rol oynamaktadır. Laboratuvarlarda ve sanayide; gıda maddelerinin kurutulması, mikrodalga destekli ekstraksiyon, enzim inhibisyonu ve inaktivasyonu ile mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Marić vd., 2018). Mikrodalga; 300 MHz-300 GHz frekans aralığında bulunan iyonize edici olmayan, magnetronlar tarafından üretilen elektromanyetik dalga olarak tanımlanmaktadır. Mikrodalga enerjisi, ısının bir formu olarak düşünülmemelidir (Naqash vd., 2017; Sahin vd., 2017; Marić vd., 2018). Isı, gıda gibi bir madde ile elektromanyetik dalgaların etkileşimi ile oluşan ikincil etkidir. Mikrodalga enerjinin ısıya dönüşümü iki durum ile açıklanabilmektedir. Birinci durumda; moleküller kalıcı bir dipolar momentle, elektriksel alanı hızlı

bir şekilde değiştirerek dönmektedir. Moleküllerin elektriksel alanda dönmesi sırasında mikrodalgadaki milyon kez frekans da polariteyi değiştirmektedir. Moleküller arasındaki sürtünme kuvvetinin etkisiyle de ısı oluşmaktadır. İkinci durumda ise; yük, iyonik iletim alanının etkisi altında birikmektedir. Elektrik alandan kaynaklı iyonlar biriktiğinde, iyonlar diğer moleküller ile çarpışmakta ve sürtünme etkisi ile ısı oluşmaktadır. Su molekülleri polar olduğu için elektrik alan etkisi altında dönebilmektedirler (Koubaa vd., 2015; Barba vd., 2016; Wang vd., 2016). Mikrodalga destekli ekstraksiyon, farklı katı matrikslerinden bitki bileşenlerini doğrudan ekstrakte eden konveksiyonel olmayan ısıtma yöntemidir. Konveksiyonel tekniklerle kıyaslandığında oldukça etkili olan mikrodalga yöntemi, ekstraksiyon süresini dakikalarla sınırlandırmaktadır. Mikrodalga ışınları; X-ray ve gama ışınlarının aksine iyonlaştırıcı olmayan

ışınlardır ve bu nedenle bileşikteki kimyasal bağların kırılmasına ve bileşimin molekül yapısında değişikliklere neden olmaz. Ekstraksiyon boyunca mikrodalga enerjisi hücre içindeki suyun ısınmasına ve buharlaşmasına neden olmaktadır. Bu ısınma ve buharlaşma sırasında oluşan su buharları hücre duvarlarında büyük bir basınç oluşmasına yol açmaktadır. Oluşan bu basınç ile bitki dokusu parçalanarak istenilen bileşikler çözücü ortamına geçmektedir. Mikrodalga ekstraksiyonu sadece pektinin ekstraksiyonunda değil aynı zamanda birçok biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda da kullanılmaktadır (Liew vd., 2016). Mikrodalga ile ekstraksiyonda ekstraksiyon süresinin kısa, solvent kullanımının az, ısı dağılımının homojen olması ve son ürün kalitesinin iyi olması gibi avantajlarının yanında, büyük hacimlerde çalışmak gibi zorlukları olabilmektedir. Mikrodalga ısıtma ile ekstraksiyonda uygulanan süre yüksek bir pektin verimi sağlamak için genellikle 15 dakikayı

geçmediğinden ve pektin verimi ile kalitesinin olumlu yönde etkilenmesinden bu yöntemin tercih edildiği bilinmektedir (Adetunji vd., 2017; Chemat vd., 2017; Marić vd., 2018). Farklı bitki materyallerinden değerli biyoaktif bileşiklerin elde edilmesinde mikrodalga ekstraksiyon yöntemi uygulanabilir. Yöntem, yenilikçi bir ekstraksiyon teknolojisidir ve mikrodalga ışınlarının geleneksel ekstraksiyon yöntemi ile kombine edilerek kullanılabilmesi de belirtilmektedir. Geleneksel ekstraksiyon teknolojileri, uzun uygulama süresi ile çok miktarda çözücü gerektirirken mikrodalga ekstraksiyonda uygulama süresinin kısa, verimin yüksek, enerji tüketiminin düşük ve çözücü kullanımının az olması kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Bu nedenle, mikrodalga destekli ekstraksiyon uygulamaları çevre dostu bir çözüm olarak belirtilmektedir. Çeşitli gıda artıkları ve yan ürünlerinden mikrodalga destekli ekstraksiyon yardımıyla pektinin elde edilmesi, birçok araştırmanın konusu olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Mikrodalga destekli ekstraksiyon koşullarının çeşitli meyve kabuklarından elde edilen pektin verimine etkisi

Hammadde	Ekstraksiyon Koşulları		Çözücü	Verim (%)	Kaynak
	Mikrodalga gücü(W)	Süre (dakika)			
Pomelo kabuğu	390-650	3-7	pH 1.0-3.0, hidroklorik asit	4.23-24.18	(Chen vd., 2016)
Ekşi portakal kabuğu	300-700	1-3	pH 1.5-3.0, sitrik asit	3.19-29.38	(Hosseini vd., 2016a,b)
Balkabağı kabuğu	1200	2-10	pH 2.5, hidroklorik asit	15.1-35.7	(Košťálová vd., 2016)
Portakal kabuğu	160-480	1-3	pH 1.0-2.0, sülfürik asit	23.10-27.51	(Prakash Maran vd., 2013)
Karpuz kabuğu	160-480	1-3	pH 1.0-2.0, hidroklorik asit	10-18.11	(Maran vd., 2014)
Muz kabuğu	300-900	1.5-5	pH 1.0-3.0, hidroklorik asit	7.53-12.67	(Swamy ve Muthukumarappan, 2017)

### Enzimatik Ekstraksiyon

Enzimlerin çalışma prensipleri reaksiyonların aktivasyon enerjilerini düşürerek hızlarını artırmaktır. Bunu ya ihtiyaç duyulan çözücü oranını azaltarak ya da aynı miktar çözücü ile verimi artırarak sağlarlar. Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinde kullanılan çözücülerin iz miktarda

bile olsa son üründe kalıntı yapması kimyasal proseslerde enzim kullanımına yol açmıştır (Adetunji vd., 2017). Gıda ve ilaç sanayinde enzimatik ekstraksiyon böylece popüler bir çalışma konusu haline gelmiştir. Enzimatik ekstraksiyonda iki prensip kullanılmaktadır. Bunlardan ilki; kullanılan enzim ekstrakte edilmek

istenilen bileşene doğrudan etki ederek onun çözücü ortamına geçmesini sağlarken, ikinci yöntemde ise kullanılan enzim bitki materyalinin hücre duvarına etki ederek ekstrakte edilmek istenen bileşene doğrudan etki etmeden izole edilmesini sağlar (Marić vd., 2018). Genellikle ikinci yöntem kullanılsa da ilk yöntem ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmalar da bulunmaktadır (Zhao vd., 2015). Enzimatik ekstraksiyon; reaksiyon süresine, tipine ve enzim konsantrasyonuna, sıcaklığa, pH değerine ve bitki materyalinin partikül büyüklüğüne bağlıdır (Roselló-Soto vd., 2016; Poojary vd., 2017; Marić vd., 2018). Bu yöntem, pektinin bitkisel kaynaklardan, meyve-sebze endüstrisi artıkları ve yan ürünlerinden elde edilmesinde önemli yararlar sağlar. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında pektin elde etme verimini artırır ve düşük işlem sıcaklıklarında uygulandığından enerji tüketimini azaltır. Enzimatik ekstraksiyon aynı zamanda geleneksel ekstraksiyon ile birleştirilebilir, böylece daha düşük miktarlarda çözücü kullanımı gerektirir. Ayrıca ekstraksiyon süresini kısaltarak daha hızlı ürün elde etme imkanı sağlar. Enzimatik

ekstraksiyon sırasında kullanılan ılımlı koşullar, geleneksel ekstraksiyonda yüksek sıcaklıklar kullanıldığında sıklıkla görülen ekipman korozyonunu ortadan kaldırır. Ayrıca, enzimatik ekstraksiyon sonrasında oluşan atıkların nötralizasyonu için herhangi bir ek adıma gerek yoktur. Bütün bu avantajların yanı sıra enzimatik ekstraksiyonun başlıca dezavantajlarından biri, yüksek miktarlarda hammadde için nispeten pahalı olan enzimlerin maliyetidir. Mevcut enzimler, bitki hücre duvarlarını tamamen hidrolize edememekte, böylece pektin ekstraksiyonunu zorlaştırmaktadır. Ayrıca çözülmüş oksijen, sıcaklık ve enzim inhibisyonuna neden olabilen gıda bileşenleri gibi bazı faktörler enzimlerin etki mekanizmasını etkileyebildiğinden, enzimatik ekstraksiyon işlemini büyük ölçekte yapmak zordur. Enzimatik ekstraksiyon işleminin laboratuvar ölçekli akademik çalışmalarla sınırlı kalmasının nedeni, büyük ölçekte çalışmanın zor olmasından kaynaklıdır (Adetunji vd., 2017; Marić vd., 2018). Enzimatik ekstraksiyon ile ilgili yapılmış bazı bilimsel çalışmalar Çizelge 4’ te verilmektedir.

Çizelge 4. Enzimatik ekstraksiyon koşullarının çeşitli meyve artıklarından (posa, kabuk) elde edilen pektin verimine etkisi

Hammadde	Ekstraksiyon Koşulları		Enzim	Verim (%)	Kaynak
	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)			
Elma posası	50	18	Celluclast 1.5 L	14.5	(Wikiera vd., 2015a,b)
	40	3	Celluclast 1.5 L	4.01-6.53	
	40	3	Econase	3.63-4.22	
	40	3	Viscoferm	4.67-7.00	
Kivi posası	25	0.5	Celluclast 1.5 L	4.48	(Yuliarti vd., 2015)
	50	4	Laminex C2K	82.2	
Misket limonu kabuğu	50	4	Validase TRL	79.1	(Dominiak vd., 2014a)
	50	4	Multifect B	79.3	
	50	4	GC880	78.4	

Pektin ekstraksiyonu sırasında en çok kullanılan enzimler; selülaz, proteaz, hemiselülaz, alkalaz,

ksilaz, poligalakturonaz,  $\alpha$ -amilaz,  $\beta$ -glukozidaz, endopoligalakturonaz ve pektinesterazdır

(Wikiera vd., 2015a; Yuliarti vd., 2015; Marić vd., 2018).

### Sub-Kritik Su Ekstraksiyonu

Subkritik su, faz değişimi olmadan normal kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilen yüksek basınçtaki sudur. Bu su, ekstraksiyonda çözücü olarak kullanıldığında işlem, basınçlı sıcak su ekstraksiyonu, aşırı ısıtılmış su ekstraksiyonu ya da en bilinen adıyla sub-kritik su ekstraksiyonu olarak adlandırılır (Zakaria ve Kamal, 2016; Adetunji vd., 2017). Suyun yüksek sıcaklıklara ulaşması ile birlikte; difüzyon hızı ve buhar basıncı artarken viskozitesi ve yüzey gerilimi azalır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda çözücünün düşük dielektrik sabiti, pektinin suda çözünürlüğünü artırır ve böylece bitki dokusundan pektin elde etme verimi artar (Adetunji vd., 2017; Naqash vd., 2017). Suyun dielektrik sabiti 25° C'de 79 civarındadır, sıcaklık 160° C'ye ulaştığında bu değer 43'e ve 200° C'de ise 33'e düşer, bu azalma suyun hem iyonik hem de iyonik olmayan bileşikleri özütlenmesini mümkün kılmaktadır (Adetunji vd., 2017). Suyun çözücü özellikleri ve ekstraksiyon için uygun çalışma koşulları, kullanılan substrata göre optimize edilebilir (Zakaria ve Kamal, 2016). Turunçgil kabuklarından elde edilen pektin verimi, 120° C'de maksimum düzeyde (%21.95) sağlanırken, elma posası pektininin 150° C'de maksimum verime (%16.68) ulaştığı belirlenmiştir (Wang vd., 2014). Sub-kritik su ekstraksiyonunun başlıca avantajı asidik solvent kullanımını ortadan kaldırmasıdır. Ayrıca yüksek kalitede ekstraktlar ve daha hızlı ekstraksiyon işlemi gibi avantajlardan da bahsedilmektedir. Yöntem solvent kullanımını ortadan kaldırdığı için güvenli (Generally Recognized As Safe, GRAS) olarak kabul edilir ve böylece pektin gibi gıda ve ilaç sanayisinde kullanımı mümkün olan bileşiklerin eldesinde kullanımı uygundur. Ancak yöntemin uygulama maliyeti oldukça yüksektir (Zakaria ve Kamal, 2016; Adetunji vd., 2017).

### SONUÇ

Bitkisel kaynaklı bir gıda katkı maddesi olan pektinin hammaddesi ülkemizde yüksek oranda bulunmaktadır. Meyve suyu endüstrisi artışı olan elma posası, portakal kabuğu ve ayrıca şeker

üretim endüstrisi artışı olan şeker pancarı posası yüksek oranda pektin içermektedir ve pektin üretiminde en yaygın kullanılan hammaddelerdir. Endüstri artışı olarak ortaya çıkan bu maddeler genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilmekte ya da çöpe atılmaktadır. Bu artıkların pektin üretiminde değerlendirilmesiyle katma değeri daha yüksek ürün elde edilecek ve böylece ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacaktır. Geleneksel ve yaygın olarak pektin, meyve ve sebzelerden yüksek sıcaklıkta asit ekstraksiyonu ile elde edilir. Son yıllarda bazı yeni ekstraksiyon yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar ile geleneksel yöntem alternatif olarak yenilikçi ekstraksiyon teknikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bunlar; enzimatik, mikrodalga, ultrasonik veya subkritik su ekstraksiyonudur. Yeni ekstraksiyon tekniklerinin geliştirilmeye çalışılmasındaki başlıca amaç; çözücülerin kullanımını azaltmak ya da ortadan kaldırmak ve böylece hem insan sağlığına hem de çevreye zararı olmayan üretimler gerçekleştirmektir. Daha yüksek verim ve kalitede pektin eldesi amaçlanırken enerji tüketimini azaltan pektin ekstraksiyon yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

### KAYNAKÇA

Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C.M.G.C., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H. Ayadi, M.A. (2017). Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chem*, 215: 318–325, DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2016.07.181.

Abid, M., Renard, C.M.G.C., Watrelot, A.A., Fendri, I., Attia, H. Ayadi, M.A. (2016). Yield and composition of pectin extracted from Tunisian pomegranate peel. *Int J Biol Macromol*, 93: 186–194, DOI: 10.1016/J.IJBIOMAC.2016.08.033.

Adetunji, L.R., Adekunle, A., Orsat, V. Raghavan, V. (2017). Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocoll*, 62: 239–250, DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2016.08.015.

Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S. Elst, K. (2016). Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits. *Crit Rev Biotechnol*, 36: 594–606.

- Baldino, N., Mileti, O., Lupi, F.R. Gabriele, D. (2018). Rheological surface properties of commercial citrus pectins at different pH and concentration. *LWT-Food Sci Technol*, 93: 124–130, DOI: 10.1016/j.lwt.2018.03.037.
- Barba, F.J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A.S. Orlien, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends Food Sci Technol*, 49: 96–109, DOI: 10.1016/j.tifs.2016.01.006.
- Canteri-Schemin, M.H., Fertonani, H.C.R., Waszczynskij, N. Wosiacki, G. (2005). Extraction of pectin from apple pomace. *Braz Arch Biol Technol*, 48: 259–266.
- Chan, S.Y., Choo, W.S., Young, D.J. Loh, X.J. (2017). Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydr Polym*, 161: 118–139, DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.12.033.
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A.S. Abert-Vian, M. (2017). Review of Green Food Processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 41: 357–377, DOI: 10.1016/j.ifset.2017.04.016.
- Chen, Q., Hu, Z., Yao, F.Y.D. Liang, H. (2016). Study of two-stage microwave extraction of essential oil and pectin from pomelo peels. *LWT - Food Sci Technol*, 66: 538–545, DOI: 10.1016/j.lwt.2015.11.019.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Delisi, R., Ilharco, L.M. Pagliaro, M. (2016). Pectin production and global market. *Agro Food Indust Hi Tech*, 27: 17–20.
- Dominiak, M., Søndergaard, K.M., Wichmann, J., Vidal-melgosa, S., Willats, W.G.T., Meyer, A.S. Mikkelsen, J.D. (2014a). Application of enzymes for efficient extraction, modification, and development of functional properties of lime pectin. *Food Hydrocoll*, 40: 273–282, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.03.009.
- Dominiak, M.M. Mikkelsen, J. D., Marie Søndergaard, K. (2014b). A novel perspective on pectin extraction. Technical University of Denmark, Department of Chemical and Biochemical Engineering, Denmark, p 115.
- Freitas de Oliveira, C., Giordani, D., Lutkemier, R., Gurak, P.D., Cladera-Olivera, F. Ferreira Marczak, L.D. (2016). Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. *LWT - Food Sci Technol*, 71: 110–115, DOI: 10.1016/j.lwt.2016.03.027.
- Georgiev, Y., Ognyanov, M., Yanakieva, I., Kussovski, V. Kratchanova, M. (2012). Isolation, characterization and modification of citrus pectins. *J Bio Sci Biotech*, 1: 223–233.
- Grassino, A.N., Barba, F.J., Brnčić, M., Lorenzo, J.M., Lucini, L. Brnčić, S.R. (2018). Analytical tools used for the identification and quantification of pectin extracted from plant food matrices, wastes and by-products: A review. *Food Chem*, 266: 47–55, DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.05.105.
- Grassino, A.N., Brnčić, M., Vikić-Topić, D., Roca, S., Dent, M. Brnčić, S.R. (2016a). Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. *Food Chem*, 198: 93–100, DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.095.
- Grassino, A.N., Halambek, J., Djaković, S., Rimac Brnčić, S., Dent, M. Grabarić, Z. (2016b). Utilization of tomato peel waste from canning factory as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibitor. *Food Hydrocoll*, 52: 265–274, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.06.020.
- Harholt, J., Suttangkakul, A. Scheller, H.V. (2010). Biosynthesis of pectin. *Plant Physiol*, 153: 384–395, DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.110.156588>. <http://www.plantphysiol.org/content/early/2010/04/28/pp.110.156588.abstract>.
- Hosseini, S.S., Khodaiyan, F. Yarmand, M.S. (2016a). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydr Polym*, 140: 59–65, DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.12.051.
- Hosseini, S.S., Khodaiyan, F. Yarmand, M.S. (2016b). Aqueous extraction of pectin from sour

- orange peel and its preliminary physicochemical properties. *Int J Biol Macromol*, 82: 920–926, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.11.007.
- Huang, X., Li, D., Wang, L. (2018). Effect of particle size of sugar beet pulp on the extraction and property of pectin. *J Food Eng*, 218: 44–49, DOI: 10.1016/j.JFOODENG.2017.09.001.
- Jafari, F., Khodaiyan, F., Kiani, H., Hosseini, S.S. (2017). Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties. *Carbohydr Polym*, 157: 1315–1322, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2016.11.013.
- Kang, J., Hua, X., Yang, R., Chen, Y., Yang, H. (2015). Characterization of natural low-methoxyl pectin from sunflower head extracted by sodium citrate and purified by ultrafiltration. *Food Chem*, 180: 98–105, DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2015.02.037.
- Košťálová, Z., Aguedo, M., Hromádková, Z. (2016). Microwave-assisted extraction of pectin from unutilized pumpkin biomass. *Chem Eng Process: Process Intensif*, 102: 9–15, DOI: 10.1016/J.CEP.2015.12.009.
- Koubaa, M., Roselló-Soto, E., Šic Žlabur, J., Režek Jambrak, A., Brnčić, M., Grimi, N., Boussetta, N., Barba, F.J. (2015). Current and New Insights in the Sustainable and Green Recovery of Nutritionally Valuable Compounds from Stevia rebaudiana Bertoni. *J Agric Food Chem*, 63: 6835–6846, DOI: 10.1021/acs.jafc.5b01994.
- Lefsih, K., Delattre, C., Pierre, G., Michaud, P., Aminabhavi, T.M., Dahmoune, F., Madani, K. (2016). Extraction, characterization and gelling behavior enhancement of pectins from the cladodes of *Opuntia ficus indica*. *Int J Biol Macromol*, 82: 645–652, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.10.046.
- Liew, S.Q., Ngoh, G.C., Yusoff, R., Teoh, W.H. (2016). Sequential ultrasound-microwave assisted acid extraction (UMAE) of pectin from pomelo peels. *Int J Biol Macromol*, 93: 426–435, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.08.065.
- Maran, J.P., Priya, B., Al-Dhabi, N.A., Ponmurugan, K., Moorthy, I.G., Sivarajasekar, N. (2017). Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of *Musa balbisiana*. *Ultrason Sonochem*, 35: 204–209, DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.09.019.
- Maran, J.P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., Sridhar, R. (2014). Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydr Polym*, 101: 786–791, DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.09.062.
- Marić, M., Grassino, A.N., Zhu, Z., Barba, F.J., Brnčić, M., Rimac Brnčić, S. (2018). 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 Food Sci Technol*, 76: 28–37, DOI: 10.1016/j.tifs.2018.03.022.
- May, C.D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. *Carbohydr Polym*, 12: 79–99.
- Mierczyńska, J., Cybulska, J., Zdunek, A. (2017). Rheological and chemical properties of pectin enriched fractions from different sources extracted with citric acid. *Carbohydr Polym*, 156: 443–451, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2016.09.042.
- Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Garau, M.C., Meza-Velázquez, J.A., Simal, S., Rosselló, C. (2014). Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. *Carbohydr Polym*, 106: 179–189.
- Misra, N.N., Martynenko, A., Chemat, F., Paniwnyk, L., Barba, F.J., Jambrak, A.R. (2017). Thermodynamics, transport phenomena, and electrochemistry of external field-assisted nonthermal food technologies. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 8398: 1–32, DOI: 10.1080/10408398.2017.1287660.
- Moorthy, I.G., Maran, J.P., Surya, S.M., Naganyashree, S., Shivamathi, C.S. (2015). Response surface optimization of ultrasound assisted extraction of pectin from pomegranate peel. *Int J Biol Macromol*, 72: 1323–1328, DOI: 10.1016/J.IJBIOMAC.2014.10.037.

- Morales-Contreras, B.E., Rosas-Flores, W., Contreras-Esquivel, J.C., Wicker, L. Morales-Castro, J. (2018). Pectin from Husk Tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at different extraction conditions. *Carbohydr Polym*, 179: 282–289, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2017.09.097.
- Müller-Maatsch, J., Bencivenni, M., Caligiani, A., Tedeschi, T., Bruggeman, G., Bosch, M., Petrusan, J., Droogenbroeck, B. Van, Elst, K. Sforza, S. (2016). Pectin content and composition from different food waste streams. *Food Chem*, 201: 37–45, DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2016.01.012.
- Mungure, T.E., Roohinejad, S., Bekhit, A.E.-D., Greiner, R. Mallikarjunan, K. (2018). Potential application of pectin for the stabilization of nanoemulsions. *Curr Opin Food Sci*, 19: 72–76, DOI: 10.1016/J.COFS.2018.01.011.
- Naqash, F., Masoodi, F.A., Rather, S.A., Wani, S.M. Gani, A. (2017). Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. *Carbohydr Polym*, 168: 227–239, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2017.03.058.
- Oliveira, T.Í.S., Rosa, M.F., Cavalcante, F.L., Pereira, P.H.F., Moates, G.K., Wellner, N., Mazzetto, S.E., Waldron, K.W. Azeredo, H.M.C. (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food Chem*, 198: 113–118, DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2015.08.080.
- Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z.E. Hosseini, S.S. (2017). Optimization of aqueous pectin extraction from *Citrus medica* peel. *Carbohydr Polym*, 178: 27–33, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2017.08.098.
- Pereira, P.H.F., Oliveira, T.Í.S., Rosa, M.F., Cavalcante, F.L., Moates, G.K., Wellner, N., Waldron, K.W. Azeredo, H.M.C. (2016). Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. *Int J Biol Macromol*, 88: 373–379, DOI: 10.1016/J.IJBIOMAC.2016.03.074.
- Perussello, C.A., Zhang, Z., Marzocchella, A. Tiwari, B.K. (2017). Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds. *Compr Rev Food Sci Food Safety*, 16: 776–796, DOI: 10.1111/1541-4337.12290.
- Petkowicz, C.L.O., Vriesmann, L.C. Williams, P.A. (2017). Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin. *Food Hydrocoll*, 65: 57–67, DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2016.10.040.
- Poojary, M.M., Orlie, V., Passamonti, P. Olsen, K. (2017). Enzyme-assisted extraction enhancing the umami taste amino acids recovery from several cultivated mushrooms. *Food Chem*, 234: 236–244, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.157.
- Prakash Maran, J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydr Polym*, 97: 703–709.
- Quoc, L.P.T., Huyen, V.T.N., Hue, L.T.N., Hue, N.T.H., Thuan, N.H.D., Tam, N.T.T., Thuan, N.N. Duy, T.H. (2015). Extraction of pectin from pomelo (*Citrus maxima*) peels with the assistance of microwave and tartaric acid. *Int Food Res J*, 22: 1637–1641.
- Raji, Z., Khodaiyan, F., Rezaei, K., Kiani, H. Hosseini, S.S. (2017). Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *Int J Biol Macromol*, 98: 709–716, DOI: 10.1016/J.IJBIOMAC.2017.01.146.
- Roselló-Soto, E., Parniakov, O., Deng, Q., Patras, A., Koubaa, M., Grimi, N., Boussetta, N., Tiwari, B.K., Vorobiev, E., Lebovka, N. Barba, F.J. (2016). Application of Non-conventional Extraction Methods: Toward a Sustainable and Green Production of Valuable Compounds from Mushrooms. *Food Eng Rev*, 8: 214–234, DOI: 10.1007/s12393-015-9131-1.
- Sabater, C., Corzo, N., Olano, A. Montilla, A. (2018). Enzymatic extraction of pectin from artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-products using Celluclast®1.5L. *Carbohydr Polym*, 190: 43–49, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2018.02.055.
- Sahin, S., Samli, R., Birteks Z Tan, A.S., Barba, F.J., Chemat, F., Cravotto, G. Lorenzo, J.M. (2017). Solvent-free microwave-assisted extraction of polyphenols from olive tree leaves:



- Antioxidant and antimicrobial properties. *Molecules*, 22(7): 1-13, DOI: 10.3390/molecules 22071056.
- Seggiani, M., Puccini, M., Pierini, M., Giovando, S. Forneris, C. (2009). Effect of different extraction and precipitation methods on yield and quality of pectin. *Int J Food Sci Technol*, 44: 574–580, DOI: doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01849.x.
- Shpigelman, A., Kyomugasho, C., Christiaens, S., Loey, A.M. Van Hendrickx, M.E. (2015). The effect of high pressure homogenization on pectin: Importance of pectin source and pH. *Food Hydrocoll*, 43: 189–198, DOI: 10.1016/J.FOODHYD.2014.05.019.
- Şimşek, S. (2013). Havuç mayşesi ve posasından elde edilen pektin ve modifiye pektinlerin özellikleri ve çevresel etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 85s.
- Swamy, G.J. Muthukumarappan, K. (2017). Optimization of continuous and intermittent microwave extraction of pectin from banana peels. *Food Chem*, 220: 108–114, DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.197.
- Tiwari, B.K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *Trends Anal Chem*, 71: 100–109, DOI: 10.1016/j.trac.2015.04.013.
- Umoren, S.A. Eduok, U.M. (2016). Application of carbohydrate polymers as corrosion inhibitors for metal substrates in different media: A review. *Carbohydr Polym*, 140: 314–341, DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2015.12.038.
- Wang, H., Ding, J. Ren, N. (2016). Recent advances in microwave-assisted extraction of trace organic pollutants from food and environmental samples. *Trends Anal Chem*, 75: 197–208, DOI: 10.1016/j.trac.2015.05.005.
- Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X. Liu, D. (2015). Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *Food Chem*, 178: 106–114, DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2015.01.080.
- Wang, X., Chen, Q. Lü, X. (2014). Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. *Food Hydrocoll*, 38: 129–137, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.12.003.
- Wikiera, A., Mika, M. Grabacka, M. (2015a). Multicatalytic enzyme preparations as effective alternative to acid in pectin extraction. *Food Hydrocoll*, 44: 151–161, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.09.018.
- Wikiera, A., Mika, M., Starzyńska-Janiszewska, A. Stodolak, B. (2015b). Application of Celluclast 1.5L in apple pectin extraction. *Carbohydr Polym*, 134: 251–257, DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.07.051.
- Xu, Y., Zhang, L., Bailina, Y., Ge, Z., Ding, T., Ye, X. Liu, D. (2014). Effects of ultrasound and / or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. *J Food Eng*, 126: 72–81, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.11.004.
- Yang, J.S., Mu, T.H. Ma, M.M. (2018). Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. *Food Chem*, 244: 197–205, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.059.
- Yuliarti, O., Goh, K.K.T., Matia-Merino, L., Mawson, J. Brennan, C. (2015). Extraction and characterisation of pomace pectin from gold kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Food Chem*, 187: 290–296, DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.148.
- Zakaria, S.M. Kamal, S.M.M. (2016). Subcritical Water Extraction of Bioactive Compounds from Plants and Algae: Applications in Pharmaceutical and Food Ingredients. *Food Eng Rev*, 8: 23–34, DOI: 10.1007/s12393-015-9119-x.
- Zhao, W., Guo, X., Pang, X., Gao, L., Liao, X. Wu, J. (2015). Preparation and characterization of low methoxyl pectin by high hydrostatic pressure-assisted enzymatic treatment compared with enzymatic method under atmospheric pressure. *Food Hydrocoll*, 50: 44–53, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.04.004.