



**T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

NAR KABUĞUNDAN PEKTİN EKSTRAKSİYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

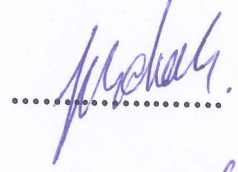
**Tuğçe BİRLİK
(201492141171)**

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ferda SARI**

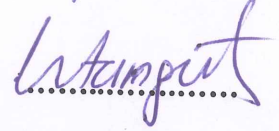
**SIVAS
KASIM 2019**

Tuğçe BİRLİK'in hazırladığı "NAR KABUĞUNDAN PEKTİN EKSTRAKSİYONU" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

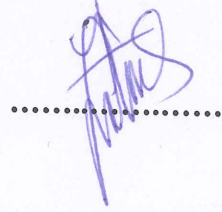
Tez Danışmanı **Doç. Dr. Ferda SARI**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi **Doç. Dr. Hasan TANGÜLER**
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Sevim MAZLUM**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

.....


Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN
FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



*Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından **M-660** Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.*



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Tuğçe BİRLİK, 2019

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

01.11.2019

Tuğçe BİRLİK

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Öncelikle, akademik dönemim ve tez çalışmam süresince, değerli fikirleriyle beni sabırla yönlendiren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, birlikte çalışmaktan onur ve zevk duyduğum çok değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Ferda SARI'ya, sevgili hocalarım Prof. Dr. Nursel DEVELİ IŞIKLI ve Dr. Öğr. Üyesi Nene Meltem KEKLİK'e,

Tez çalışmam sırasında yardımlarıyla bana destek olan değerli arkadaşlarım Sena ŞANLI'ya, Elif UĞUR'a, Merve YAVUZ TAŞTEPE'ye ve Gamze Nur BAYAZİT'e,

Yüksek lisans eğitimim ve hayatım boyunca destekleri ve sevgileri ile her zaman yanımda olan, varlıkları ile bana güven veren değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

NAR KABUĞUNDAN PEKTİN EKSTRAKSİYONU

Tuğçe BİRLİK

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ferda SARI

2019, 40 + xiv sayfa

Bu çalışmada nar kabuğundan asit ekstraksiyonu ile pektin ekstrakte edilmiştir. Pektin verimine etki eden sıcaklık, süre ve partikül boyutu yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Optimizasyon sonucunda nar kabuğundan pektin ekstraksiyonu için optimum koşullar partikül boyutu için 468-568 μm , sıcaklık için 82 $^{\circ}\text{C}$ ve süre için ise 47.5 dakika olarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda yapılan ekstraksiyon sonucunda pektin verimi % 25.96 olarak bulunmuştur. Ayrıca üretilen pektinin ekivalent ağırlığı 488.01 mg, metoksil içeriği % 5.74, esterleşme derecesi, % 47.43 ve anhidrogalakruronik asit içeriği ise % 68.64 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar elde edilen pektinin düşük metoksilli pektin olduğu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Nar kabuğu, pektin, ekstraksiyon

ABSTRACT

EXTRACTION OF PECTIN FROM POMEGRANATE PEEL

Tuğçe BİRLİK

Master Of Science Thesis, Department Of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ferda SARI

2019, 40 + xiv pages

In this study, pectin was extracted by acid extraction from pomegranate peel. The temperature, time and particle size affecting the pectin yield were optimized using the response surface method. As a result of optimization, optimum conditions for pectin extraction from pomegranate peel were determined as 468-568 μm for particle size, 82 $^{\circ}\text{C}$ for temperature and 47.5 minutes for extraction time. After the extraction at optimum conditions pectin yield was found to be 25.96 %. In addition, pectin that was produced had equivalent weight of 488.01 mg, methoxyl content of 5.74 %, the degree of esterification of 47.43% and anhydrogalacturonic acid content of 68.64 %. The results showed that the obtained pectin was low methoxyl pectin.

Keywords: Pomegranate peel, pectin, extraction

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1 Pektin Hakkında Genel Bilgiler	2
2.2 Pektinin Kimyasal Yapısı	3
2.3 Pektinin Jelleşmesi	5
2.3.1 Yüksek metoksilli pektinin jelleşmesi	6
2.3.2 Düşük metoksilli pektinin jelleşmesi.....	7
2.4 Pektin Kaynakları	8
2.5 Pektin Üretimi	9
2.6 Pektinin Kullanım Alanları	11
2.7 Pektin ve Sağlık İlişkisi.....	11
2.8 Nar	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1 Materyal.....	13
3.2 Yöntem	13
3.2.1 Nar kabuklarının hazırlanması.....	13
3.2.2 Nar kabuklarından pektin ekstraksiyonu ve pektin veriminin optimize edilmesi.....	14
3.2.3 Nar kabuklarından elde edilen pektinde yapılan analizler.....	17
3.2.3.1 Eşdeğer (ekivalent) ağırlığın belirlenmesi.....	17
3.2.3.2 Metoksil içeriğinin belirlenmesi.....	18
3.2.3.3 Anhidrogalakturonik asit içeriğinin belirlenmesi.....	18
3.2.3.4 Esterleşme derecesi.....	19
3.2.3.5 Jel denemesi.....	19
3.2.3.6 İstatistik analiz ve şekil çizimi.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	20
4.1 Pektinin Ekstraksiyonu ve Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu.....	20

4.2 Pektinin Eşdeğer Ağırlık, Metoksil İçeriği, Anhidrogalakturonik Asit İçeriği ve Esterleşme Derecesi	27
4.3 Jel Denemesi.....	32
5. SONUÇ.....	33
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	40



ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	Bitki hücre duvar yapısının 3-boyutlu gösterimi (Yuliarti, 2011)	2
Şekil 2.2	Pektinin kimyasal yapısı (Harholt vd., 2010).....	4
Şekil 2.3	Yüksek metoksilli (A), düşük metoksilli (B) pektin ve amide edilmiş (C) pektin (Anonim, a)	5
Şekil 2.4	YM pektinin jel oluşturma mekanizması.....	7
Şekil 2.5	DM pektinin jel oluşturma mekanizması.....	8
Şekil 3.1	Kurutulmuş nar kabukları.....	13
Şekil 3.2	Elenmiş nar kabukları a)300-400 µm, b)400-500 µm, c)500-600 µm.....	14
Şekil 3.3	Nar kabuklarından pektin ekstraksiyonu.....	15
Şekil 3.4	Ekstrakte edilmiş pektin (a) ve kurutulmuş pektin (b).....	16
Şekil 4.1	Pektin veriminin süre ve partikül boyutuna bağlı olarak değişimi	24
Şekil 4.2	Pektin veriminin süre ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	25
Şekil 4.3	Optimizasyon grafiği.....	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Bazı pektin kaynaklarının pektin içerikleri.	9
Çizelge 3. 1 Box-Behnken Bağımsız Değişkenlerin (Faktörlerin) Düzeyleri.....	16
Çizelge 3. 2 Pektin üretiminde kullanılan üç faktörlü Box-Behnken deneme deseni.....	17
Çizelge 4. 1 Box-Behnken deney tasarımına göre elde edilen pektin verimleri....	21
Çizelge 4. 2 Varyans analizi sonuçları.....	23
Çizelge 4. 3 Pektinin eşdeğer ağırlık, metoksil içeriği, anhidrogalakturonik asit içeriği ve esterleşme derecesi	28



SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
<	Küçüktür
HG	Homogalakturonan
RGI	Ramnogalakturonan I
RGII	Ramnogalakturonan II
XGA	Ksilogalakturonan
MPa	Megapaskal
YM	Yüksek Metoksilli
DM	Düşük metoksilli
ED	Esterleşme Değeri



KISALTMALAR DİZİNİ

dak	Dakika
g	Gram
mg	Miligram
ml	Mililitre
µm	Mikrometre



1. GİRİŞ

Pektin, tüm kara bitkilerinde hücre zarlarında, hücre aralarında veya orta lamellada doğal olarak bulunan bir heteropolisakkarittir. Farklı oranlarda metil ester grubu içeren ve uygun koşullar altında şeker ve asitle jelimsi bir yapı oluşturan bir maddedir (Aslan, 1994). Türk Gıda Kodeksinde gıdalarda kullanımı yasal olan ve E 440 kodu ile yer alan bir gıda katkı maddesidir. Jelleştirici, kıvam artırıcı, tekstüre edici, emülgatör ve dengeleyici olarak gıdalarda kullanılır (Thakur vd., 1997).

Günümüzde ticari olarak kullanılan pektinlerin başlıca hammaddeleri turunçgil kabuğu, elma posası ve şeker pancarı posasıdır. Pektinin kalitesi ve kullanım alanları, galakturonik asit miktarına, esterleşme derecesine, metoksil miktarına ve molekül ağırlığına göre değişir (Cemeroğlu, 2013b; Azad vd., 2014). Ayrıca pektinin nitelikleri elde edildiği hammaddeye ve elde edilme yöntemine değişmektedir (Cemeroğlu, 2013b).

Ülkemizde gıda sanayisinde kullanılan pektinin büyük bir kısmı yurt dışından ithal edilmektedir. Meyve ve sebze üretimi açısından oldukça zengin olmasına rağmen . Meyve sebze ve ürünlerinin üretimi sırasında ortaya çıkan atıklar çevresel problemlere yol açtığından bu atıkların değerlendirilerek katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ve dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlaması açısından çok önemlidir.

Nar sağlık üzerine etkilerinin ortaya konulmasından sonra ülkemizde üretimi ve tüketimi artan bir meyvedir. Taze olarak tüketilmesinin yanı sıra meyve suyuna, konsantresine, reçele, şaraba ve nar ekşisi gibi birçok ürüne işlenerek de tüketilmektedir. Narın yaklaşık % 40'ını oluşturan kabuğunun büyük bir kısmı atılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı nar kabuğundan pektin elde etmek ve elde edilen pektinin özelliklerini belirlemektir. Bu amaçla çalışma kapsamında nar kabuğundan asit ekstraksiyonu ile pektin elde edilmesi ve pektin verimine etki eden sıcaklık, süre ve partikül boyutunun yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca daha sonra elde edilen pektinin ekivalent ağırlığı, esterleşme derecesi, metoksil içeriği ve anhidrogalakturonik asit miktarı belirlenmiştir.

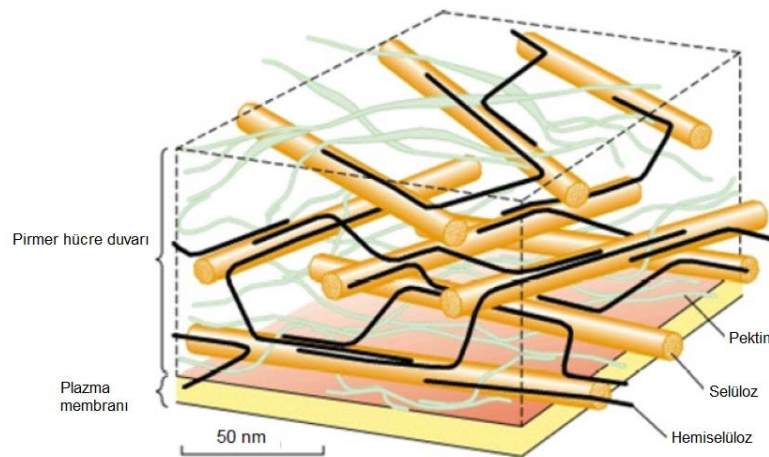
2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Pektin Hakkında Genel Bilgiler

Yunanca'da katılaştırıcı, pelteleştirici, pıhtılaştırıcı ve sertleştirici anlamına gelen “*Pektikos*” kelimesinden türetilen pektin ilk defa 1825 yılında Henri Bracconot tarafından keşfedilmiştir ve keşfinden bu zaman kadar pektin üzerine oldukça yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Willats vd., 2006; Naqash vd., 2017; Atalay vd., 2018).

Pektinler, yapısal çeşitliliği fazla olan belki de doğada en karmaşık yapıya sahip 17 farklı monosakkaritin 20'den fazla farklı bağ ile bağlanmış bir biyopolimerlerdir (Voragen vd., 2009; Naqash vd., 2017). Pektin tüm yüksek yapılı karasal bitkilerin orta lamelinde primer hücre duvarlarında bulunan hücrenin genişlemesi ve büyümesi sırasında biriken kompleks yapılı bir heteropolisakkarittir (Voragen vd., 2009; Babbar vd., 2016; Müller-Maatsch vd., 2016; Raji vd., 2017; Naqash vd., 2017; Grassino vd., 2018). Bitki hücre duvarında bulunan doğal bir polisakkarit olan pektin primer hücre duvarında hemiselüloz ve selüloz ile birlikte (Şekil 2.1) pek çok bitkinin orta lamelinde bulunmaktadır (Buggenhout, vd., 2009; Yuliarti, 2011). Genel olarak bitkilerde primer hücre duvarları % 35 pektin, % 30 selüloz, % 30 hemiselüloz ve % 5 proteinden oluşur (Voragen vd., 2009).

Pektik maddeler kimyasal yapıları birbirine benzeyen protopektin, pektinik asit, pektin, pektik asit ve bunların tuzlarını içeren bir gruptur (Cemeroğlu, 2013a) ve kuru maddenin yaklaşık % 30'unu oluşturmaktadır (Buggenhout, vd., 2009).



Şekil 2.1 Bitki hücre duvar yapısının 3-boyutlu gösterimi (Yuliarti, 2011)

Protopektin olgunlaşmamış meyve ve sebzelerin hücre duvarında ve orta lamellada yoğun olarak bulunan esterleşmemiş galakturonik asit moleküllerinin serbest karboksil grupları ile metal (özellikle Ca) iyonlarının köprüsü üzerinden bağlanmıştır (Demirci, 2006). Pektinik asit düz zincirli galakturonik asit zincirinden olup, orta derecede metil ester grupları içerir. Pektik asit hemen hemen hiç metoksil grubu içermeyen galakturonik asit zincirinden oluşur. Pektin ise aslında farklı oranda metil ester grupları içeren ve suda çözünür nitelikteki pektinik asittir (Cemeroğlu, 2013a).

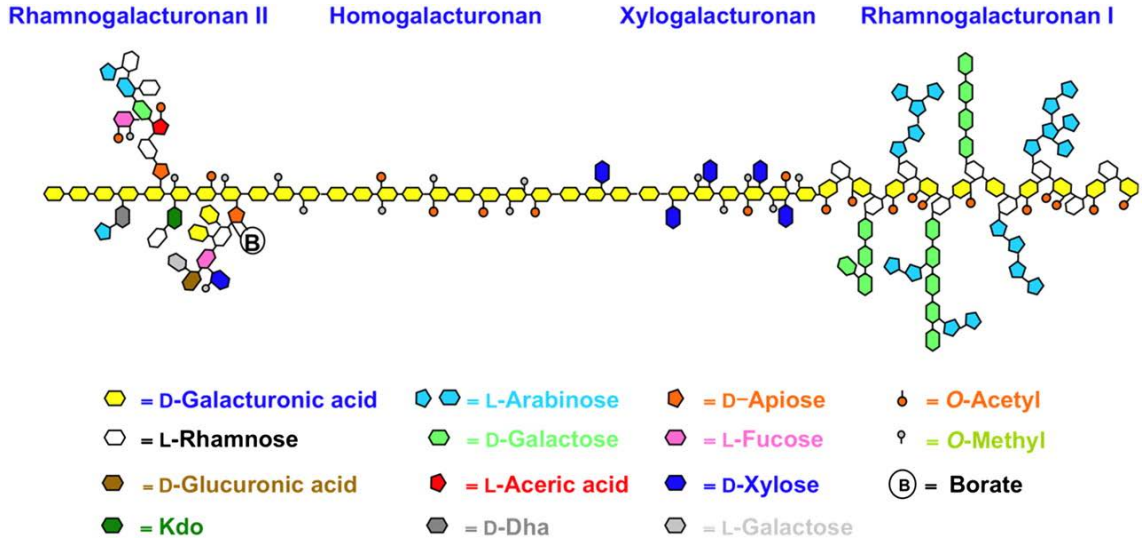
Pektinin bitkilerde birçok farklı fonksiyonları bulunmaktadır. Birincisi, bitkiye güç ve destek veren hücre duvarlarının oluşumunda önemli rol oynamaktadır. İkincisi, porozite, pH ve iyon dengesi gibi hücre duvarı özelliklerini etkiler. Ayrıca pektin oligasakkaritlerinin bitki savunma mekanizmalarını aktive ettiği bilinmektedir. Pektin oligasakkaritleri bitki dokularında proteaz inhibitörlerinin lignifikasyonunu ve birikmesini sağlamaktadır (Voragen vd., 2009).

2.2 Pektinin Kimyasal Yapısı

Kimyasal olarak pektin, D- α -(1,4) anhidrogalakturnonik asitin linear polimerlerini içeren ve karboksilik gruplarının bir kısmı metil alkolle esterleşmiş bir polisakkarittir (Canteri-Schemin vd., 2005). Galakturonik asitin oluşturduğu düz zincirli poligalakturnonik asitin ana zincirinde α -1,4 glikozidik bağla bağlanmış ramnoz molekülleri bulunmaktadır. Ramnoz moleküllerine uzun yan zincirler veya monomerler olarak arabinoz, galaktoz ve ksiloz gibi nötral şekerler bağlanmıştır (Cemeroğlu, 2013b; Pasandide vd., 2017). Böylelikle pektin molekülünün birbirini izleyen düz ve tüylü yani dallı bölgelerden oluştuğu anlaşılmaktadır (Cemeroğlu, 2013b).

Pektin molekülünde galakturonik asit zinciri dört ana polisakkaritten oluşur (Şekil 2.2). Bu polisakkaritler Homogalakturnon (HG), Ramnogalakturnon I (RGI), Ramnogalakturnon II (RGII) ve ksilogalakturnondur (XGA). Pektin molekülünde HG, RGI, RGII ve XGA oranı değişmektedir (Willats vd., 2001; Harholt vd., 2010).

HG, pektin molekülünün yaklaşık % 65'ni oluşturan ve en fazla bulunan polisakkaritken, RGI % 20-35 oranında, RGII ve XGA ise her biri % 10'dan daha az bulunmaktadır (Harholt vd., 2010).



Şekil 2.2 Pektinin kimyasal yapısı (Harholt vd., 2010)

Homogalakturonan, D-galakturonik asit birimlerinin α -1,4 glikozidik bağlarıyla bağlanmış düz zincirli polimerlerden oluşur (Harholt vd., 2010). HG'nın karboksilik grupları farklı oranlarda metil grupları ile esterleşmiştir ve HG'ler bitki kaynağına bağlı olarak C-3 veya C-2'de kısmen O-asetilenmiş olabilir (Ridley vd., 2001; Voragen vd., 2009).

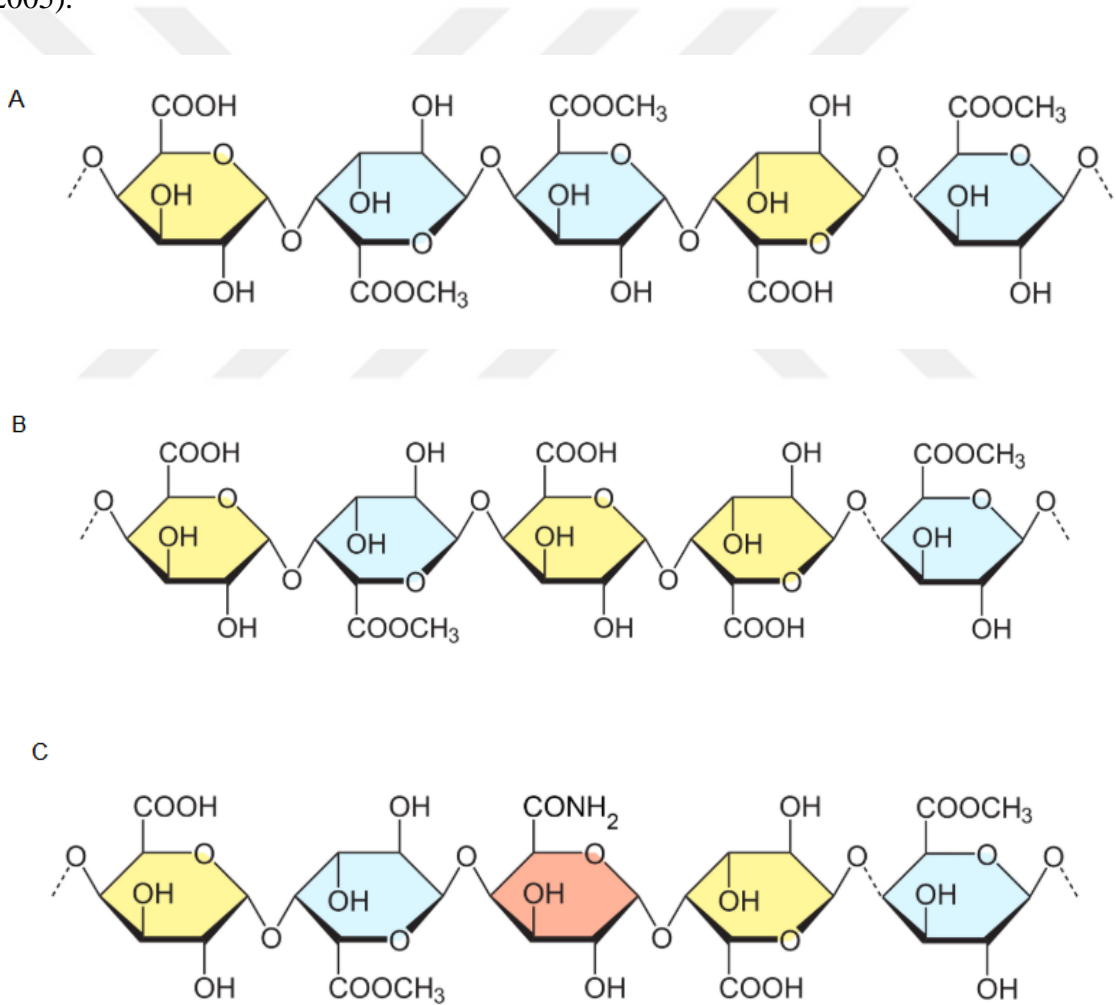
Ramnogalakturonan I, ana zincirde α (1-4) L-ramnoz ile α (1-2) D-galakturonik asitin tekrarlanmasıyla oluşur (Harholt vd., 2010). Yan zincirlerinde yaygın olarak bulunan L-arabinoz, D-galaktoz ve D-ksiloz gibi nötral şeker türevlerinin çeşidi, miktarı ve uzunluğu değişmektedir (Axelos ve Thibault, 1991). RGI ana zincirindeki galakturonik asit birimlerinin C-2 ve C-3 bağlarına O-asetil grubu, C-4 ve nadir olarak da C-3 bağlarına ramnoz grubunun % 20-80'i bağlanmaktadır. (Ridley vd., 2001; Mohnen, 2008).

Pektinin yaklaşık % 10'nu oluşturan Ramnogalakturonan II, yapısal olarak pektinin en karmaşık kısmıdır. En az sekiz ya da daha fazla HG ana zincirine 12 farklı şekerden oluşan yan dallar 20'den fazla farklı bağlantılarla bağlanmış yapıdadır (Mohnen, 2008).

Ksilogalakturonan ise ana zincire β (1,3)-D-ksilozun yan zincir olarak bağlanmasıyla oluşur. Galakturonik asitin bir parçası olan XGA'da karboksil grupları metil gruplarıyla farklı oranlarda esterleşmiştir (Voragen vd., 2009).

2.3 Pektinin Jelleşmesi

Pektinin en önemli özelliği Ca^{++} iyonları veya şeker ve asit varlığında jelleşme özelliğine sahip olmasıdır ve bu özellik pektini pek çok gıda ürünlerinin işlenmesinde kullanılan önemli bir bileşen yapmaktadır. Jelin fiziksel karakteristikleri üç boyutlu çapraz bağlanmış polimer molekülleri ağının oluşumunun sonucudur (Thakur vd., 1997). Pektin moleküllerindeki galakturonik asit ünitesindeki esterleşmiş karboksil gruplarının toplam karboksil gruplarına oranı esterleşme derecesi olarak ifade edilmektedir (Arslan, 1994). Teorik olarak esterleşme derecesi % 0 ile % 100 arasında olabilir (Yuliarti, 2011). Ticari pektinler esterleşme derecesine göre yüksek metoksilli (YM), düşük metoksilli (DM) ve amide edilmiş pektin olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.3) (Canteri-Schemin vd., 2005).



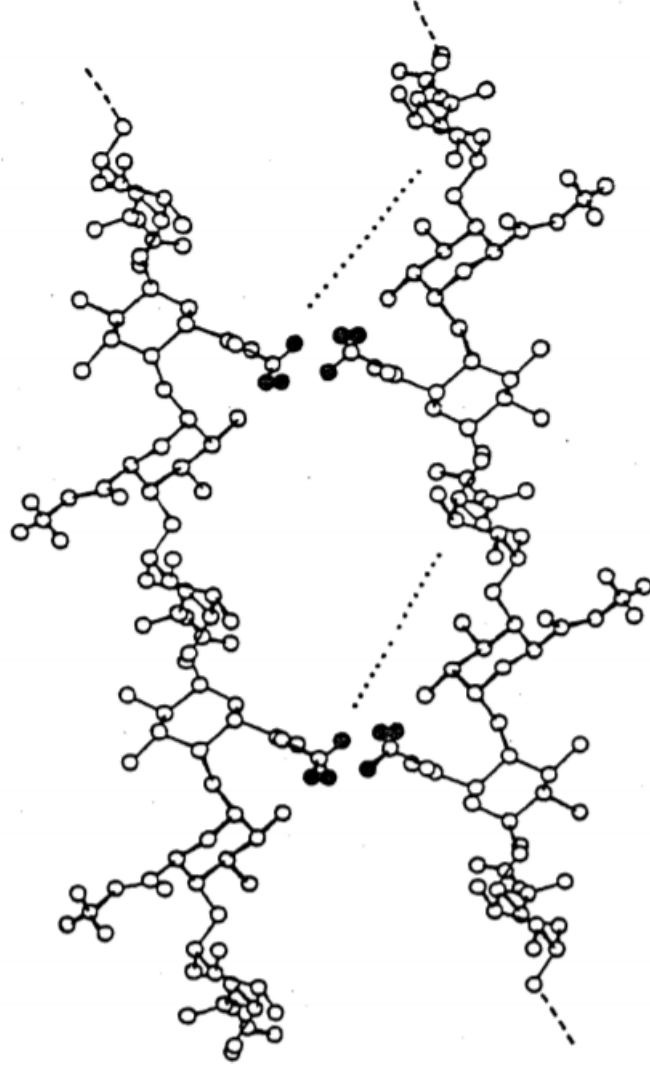
Şekil 2.3 Yüksek metoksilli (A), düşük metoksilli (B) pektin ve amide edilmiş (C) pektin (Anonim, a)

Pektin moleküllerindeki galaktronik asit ana zincirindeki karboksil gruplarının % 50'den fazlası metil grubuyla esterleşmiş ise yüksek metoksilli pektin, % 50'den daha az esterleşmiş olanlar ise düşük metoksilli pektin olarak adlandırılmaktadır (Fu ve Rao, 2001; Canteri-Schemin vd., 2005; Naqash vd., 2017).

Diğer bir düşük metoksilli pektin ise deesterifikasyonun amonyak eşliğinde yapılmasıyla elde edilen amide edilmiş pektindir. Bu pektin, metil ester gruplarının % 15-25'inin amid gruplarına dönüşmesi ile elde edilmektedir (May, 1990; Chan vd., 2017). Esterleşme derecesi pektin jellerinin oluşum mekanizmasını etkilemektedir (Rascón-Chu vd., 2009).

2.3.1 Yüksek metoksilli pektinin jelleşmesi

Yüksek metoksilli pektinlerin jel oluşturabilmesi için ortamın pH'sının 3 civarında ve şeker oranının ise en az % 60 olması gerekmektedir (Cemeroğlu, 2013b). Yüksek metoksilli pektinlerin kümeleşmesinde hidrojen köprüleri ve hidrofobik etkileşimler önemlidir. Jel, pektin moleküllerindeki serbest karboksil grupları ya da komşu moleküllerin hidroksil grupları arasındaki hidrojen bağlarının kurulmasıyla oluşur. Pektin moleküllerinde nötr veya hafif asidik ortamda esterleşmemiş karboksil gruplarının çoğu kısmen iyonize olmuş tuz olarak bulunur. İyonize olanlar molekül üzerinde negatif yük oluşturarak hidroksil grupları ile birlikte su katmanlarını çeker. Bu gruplar arasındaki itici güçler negatif yüklerinden dolayı pektin ağının oluşumunu engelleyebilecek güçtedir. Asit ilave edildiğinde karboksil iyonları iyonize edilmemiş karboksilik asit gruplarına dönüştürülür. Pektin ve su arasındaki itme kuvvetini azaltır. Ortama şeker ilave edildiğinde su aktivitesinin düşmesi ile birlikte pektinin hidrasyonu azalır. Soğutulduğunda, daha az hidrate olmuş olan pektinin stabil olmayan dağılımı, sulu çözeltiyi tutan sürekli bir pektin ağını yani jeli oluşturur. (Şekil 2.4).

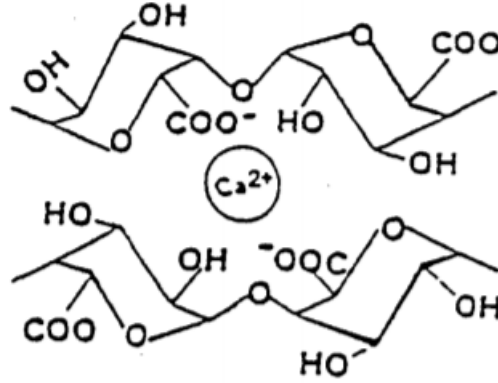


Şekil 2.4 YM pektinin jel oluşturma mekanizması

2.3.2 Düşük metoksilli pektinin jelleşmesi

Düşük metoksilli pektinlerin jelleşmesi yüksek metoksilli pektinlerin jelleşmesinden farklıdır. DM pektinlerin jelleşmesi karboksil gruplarının Ca^{++} ile iyonik bağ oluşturmalarıyla gerçekleşir (Thakur vd., 1997). Bu tip jel oluşumunda molekülün düz bölgeleri esterleşme derecesi düşük olduğundan hidrojen köprüleri ile bağlanamamakta ve Ca^{++} gibi divalent iyonlarla güçlü bir şekilde bağ yapmaktadır (Cemeroğlu, 2013b). Karboksil grupları ile Ca^{++} iyonları arasındaki bu interaksiyonlar “yumurta kutusu” modeliyle açıklanmaktadır. Bu interaksiyonlar başlangıçta dimerizasyon işlemi ve ardından önceden oluşturulmuş yumurta kutularının kümeleşmesi ile açıklanmaktadır (Thakur vd., 1997). Bu oluşumda da yine üç boyutlu bir ağ yapısı ortaya çıkmaktadır

(Şekil 2.5). Bu yapının oluşması ortamın su aktivitesine yani şeker oranına bağlı değildir (Cemeroğlu, 2013b). DM pektinler Ca^{++} iyonları varlığında düşük şeker konsantrasyonlarında, yüksek sıcaklıkta ve geniş pH aralığında iyi bir jel oluşturmaktadır (Thakur vd., 1997; Brejnholt, 2010). Bu nedenle DM pektin, Ca^{++} tuzları ile birlikte düşük şeker içeren ürünlerde ve diyabetik ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Cemeroğlu, 2013b).



Şekil 2.5 DM pektinin jel oluşturma mekanizması

2.4 Pektin Kaynakları

Ticari olarak kullanılmak üzere üretilen başlıca pektin hammaddeleri elma posası, turunçgil kabuğu, ayçiçeği tablası ve şeker pancarı posasıdır (Cemeroğlu, 2013b). Ancak son yıllarda farklı bitkisel kaynaklardan pektin üretimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Kakao kabukları (Chan vd., 2013), duryan meyvesi (Maran, 2015), muz kabuğu (Castillo-Israel vd. 2015), pomelo meyvesi (Quoc vd. 2015), bal kabağı atıkları (Košťálová vd. 2016), enginar atıkları (Ceylan vd. 2017), karpuz kabuğu (Petkowicz vd. 2017), kavun kabuğu (Raji vd. 2017), ağaç kavunu (*Citrus medica*) (Pasandide vd. 2017), havuç posası (Jafari vd. 2017), patates pulpu (Yang vd. 2018a) ve muşmula (Al-Amoud vd. 2019) gibi farklı pektin kaynakları pektin üretimi için araştırılmaktadır. Farklı pektin kaynaklarında elde edilen pektin verimleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı pektin kaynaklarının pektin içerikleri

Pektin kaynağı	Pektin verimi (%)	Kaynaklar
Elma posası	18-20	Canteri-Schemin vd. 2005
Portakal kabuğu	15.47-20.44	Guo vd. 2012
Duryan meyvesi	8.7-9.3	Maran, 2015
Muz kabuğu	11.87-16.54	Castillo-Israel vd. 2015
Pomelo	23.83	Quoc vd. 2015
Bal kabağı	5.7-7.3	Košťálová vd. 2016
Enginar atığı	4.55-5.31	Ceylan vd. 2017
Karpuz kabuğu	14.2-19.3	Petkowicz vd. 2017
Kavun kabuğu	2.87-28.98	Raji vd. 2017
Ağaç kavunu	21.85	Pasandide vd. 2017
Havuç posası	5-15.2	Jafari vd. 2017
Şeker pancarı	15-30	Adetunji vd. 2017
Patates pulpu	4.08-14.34	Yang vd. 2018a
Muşmula	21.58	Al-Amoud vd. 2019
Nar kabuğu	4.23-24.18	Moorthy vd. 2015
Nar kabuğu	6.4-11.0	Abid vd., 2016
Nar kabuğu	4.29- 11.18	Pereira vd. 2016

2.5 Pektin Üretimi

Farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen pektin miktarı ve bileşimi bitkinin çeşidine, türüne, olgunluğuna, ekstraksiyonda kullanılan kısma, ekstraksiyon koşullarına göre değişmektedir (Koç ve Elmas, 2019).

Pektin üretiminde farklı bitkisel kaynakların seyreltik asit çözeltilisiyle sıcaklık uygulayarak ekstrakte edilmesi ve daha sonra ekstraktta bulunan pektinin etanol ile çöktürülmesi yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Maran vd. 2013; Moorthy, 2015; Hosseini vd. 2019). Asidik ekstraksiyondan kaynaklanan atık sular çevresel kaygılardan dolayı pektin ekstraksiyonunda alternatif yöntemlerin araştırılmasına yol açmıştır. Bu yöntemlere örnek olarak ultrason ve mikrodalga destekli ekstraksiyon, süperkritik

akışkan ekstraksiyonu ve hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu ve enzimatik ekstraksiyon verilebilir (Naqash vd., 2017).

Ultrasonik destekli ekstraksiyon, ekstraksiyon süresini kısaltması, organik solventlerden kaynaklanan atıkları azaltması, ekstraksiyon verimi ve kalitesini artırması nedeniyle son yıllarda dikkat çekmektedir. Ultrason polimerleri parçaladığından, jelleşme özelliklerini olumsuz yönde etkileyen pektinin yapısal ve fizikokimyasal özelliklerini değiştirebilir. Ultrason yoğunluğu ve süre arttıkça pektinin jelleşme hızı azalmaktadır (Naqash vd., 2017). Ayrıca pahalı bir sistem olması, verimin materyale bağlı olarak değişiklik göstermesi endüstriyel kullanımını sınırlandırmaktadır (Adetunji vd., 2017).

Mikrodalga destekli ekstraksiyonda numuneyle temas eden çözücüleri ısıtmak için mikrodalga enerjisi uygular (Naqash vd., 2017). Mikrodalganın neden olduğu ısı materyalin hücre duvarlarını tahrip etmekte ve böylece ekstrakte edilmek istenen biyoaktif bileşiklerin çözücüye geçmesine neden olmaktadır (Chemat vd., 2017). Mikrodalga destekli ekstraksiyon örnek solvent karışımını hızlı ısıtması, ekstraksiyon süresinin kısaltması, daha az çözücüye ihtiyaç duyulması ve verimi artırması gibi avantajları vardır (Maran vd., 2013; Naqash vd., 2017).

Sub-kritik su ekstraksiyonu basınçlı su ekstraksiyonu olarak da bilinir. Bu yöntemde çözücünün kritik noktasının altında olmasını sağlayacak yüksek basınç (4-20 MPa) ve sıcaklıkta (50-200 °C) kullanılmasıyla katı ve yarı katı matrikslerden hedef bileşenlerin ekstrakte edilmesi amaçlanır. Yüksek basınç ve sıcaklıkta çözücünün kritik noktasının altında sıvı bölgede yer almakta ve dielektrik sabiti düşmektedir (Nakilcioğlu vd Ötleş, 2014). Düşük elektrik sabiti ve yüksek sıcaklık pektinin suda çözünürlüğünü artırarak pektin verimini artırmaktadır (Naqash vd., 2017). Sub-kritik su ekstraksiyonunda farklı çözücülerin kullanılması ile birlikte genellikle su kullanılır. Ekstraksiyonda suyun kullanılması maliyeti düşürmekte ve ayrıca çevre dostu olması yöntemin avantajı olmasına rağmen yüksek sıcaklıkta, sıcaklığa duyarlı maddelerin degradasyonu, cihaz maliyetinin yüksek olması, ekstraksiyon sonrası ekstrakta temizleme ve konsantrasyon işlemine gerek duyulması yöntemin dezavantajlarıdır (Nakilcioğlu vd Ötleş, 2014).

Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinde kullanılan çözücülerin oldukça az miktarda bile son ürünlerde kalıntı yapması kimyasal proseslerde enzim kullanımının önünü açmıştır (Adetunji vd., 2017). Pektin ekstraksiyonu için kullanılan enzimler selülazlar,

hemiselülazlar, proteazlar ve hidrolitik enzimlerdir (Ptichkina vd., 2008; Puri vd., 2012). Geleneksel yöntemle yapılan ekstraksiyonla karşılaştırıldığında enzimatik ekstraksiyon pektin verimini artırmakta, ekstraksiyon süresini azaltmakta ve işlem sıcaklığının düşük olması enerji tüketimini azaltmaktadır. Ancak yüksek miktarlarda hammadde için pahalı olan enzimlerin maliyeti yöntemin dezavantajıdır (Atalay vd., 2018).

2.6 Pektinin Kullanım Alanları

Pektin tüm dünyada gıdalarda kullanılmasına izin verilen doğal bir bileşendir. FAO/WHO ortak komitesi tarafından günlük alım sınırlaması olmaksızın katkı maddesi olarak güvenli kabul edilen (Thakur vd., 1997) pektin, gıda katkı maddesi olarak E-440 kodu ile isimlendirilen ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir maddedir (Abid vd., 2016).

Pektin fonksiyonel bir besin maddesi olarak oldukça değerli olduğundan gıda, kozmetik ve farmasötik uygulamalarda kullanılmaktadır (Mohnen, 2008; Naqash vd., 2017). Meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan doğal pektin, meyve ve sebzelerin bir bileşenini oluşturur ve çözünür diyet lifi olarak işlev görür (Zhang vd., 2015). Ayrıca meyve ve sebzelerde yapılan ürünlerin dokusal kalitesine katkıda bulunmaktadır (Wicker vd., 2014). Pektin, gıda ürünlerinde jelleştirici, kıvam artırıcı, tekstüre edici, emülgatör ve dengeleyici olarak kullanılır (Thakur vd., 1997). Pektin çoğunlukla reçel vb ürünlerde jelleştirici madde olarak kullanılmakla beraber, meyve suları, süt ürünleri, yüksek proteinli meyve içeceklerinde ve antioksidan takviyeli yiyecekleri stabilize etmede, salata soslarında, dondurmada yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır (Srivastava vd., 2011; Wicker vd., 2014; Azad vd., 2014; Xu vd., 2014). Ayrıca pektinin yenilebilir ve biyobozunur filmlerde, yapıştırıcılarda, kağıt yerine geçen maddelerde, köpüklerde, ilaç formülasyonlarında bağlayıcı olarak kullanım alanları da mevcuttur (Mohnen, 2008; Jindal vd., 2013).

2.7 Pektin ve Sağlık İlişkisi

Bitkisel ürünler taze, işlenmiş veya ekstrakte edilmiş olarak insan diyetinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bitkisel ürünlerde doğal olarak bulunan ve bir lif olan pektik maddeler beslenme fonksiyonlarını yerine getirir. Pektinin sağlık üzerine etkisi yapılan bazı çalışmalarla ortaya konulmuştur (Voragen vd., 2009).

Pektinin kanda kolesterol seviyesini ve glikoz miktarını düşürücü, kanser önleyici, bağışıklığı artırıcı (Thakur vd., 1997; Abid vd., 2017), ateroskleroz, felç ve koroner kalp hastalıklarını ve obeziteyi önleyici (Lattimer ve Haub, 2010), toksik maddelerin atımını kolaylaştırıcı (Eliaz vd., 2006) etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Örneğin, modifiye edilmiş turunçgil pektini ile beslenen sıçanlarda tümör oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir.(Nangia-Makker vd., 2002). Özellikle bebek ve çocuklarda pektin takviyesinin *Shigella*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Enterobakter*, *Protues* ve *Citrobacter* gibi patojen mikroorganizmaların sayılarını azaltarak akut bağırsak enfeksiyonlarını azalttığı ve ishali önemli derecede yavaşlattığı belirtilmektedir (Rabbani vd., 2001; Triplehorn ve Millard, 2002).

2.8 Nar

Laince ismi *Punica granatum* olan nar Punicacea familyasına ait anavatanı olan Kapadokya ve Ortadoğu'da binlerce yıldır üretimi ve tüketimi yapılan bir meyvedir (Sarıca, 2011). Tropik ve subtropik iklim meyvesi olarak bilinmesine rağmen sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde de sınırlı olarak yetişen narın dünyada ve Türkiye'de üretimi ve tüketimi her geçen gün artmaktadır (Sarıca, 2011). 2018 verilerine göre ülkemizde 13.574 meyve veren nar ağacı bulunmakta ve 537.847 ton nar üretimi yapılmaktadır (TUİK, 2019).

Nar taze olarak tüketilmesinin yanı sıra meyve suyuna, konsantresine, reçele, şaraba ve nar ekşisi gibi birçok ürüne işlenerek de tüketilmektedir (Zai vd., 2018). Son yıllarda yapılan araştırmalarda narın kanser (Lansky ve Newman, 2007), tip 2 diyabet (Banihani vd., 2014), kardiovasküler hastalıklar (Al-Jarallah vd., 2013; Aviram vd., 2008), antioksidan, antibakteriyel (Zai vd., 2018) gibi sağlık üzerine etkileri olduğu belirlenmiştir. Sağlık üzerine olan bu etkiler narın üretimini ve çeşitli gıdalara işlenmesini artırmış buna bağlı olarak ta her yıl çok fazla miktarda nar kabuğu atık olarak ortaya çıkmaktadır (Sarıca, 2011; Abid vd., 2016). Nar kabuğu tüm meyvenin yaklaşık % 40'ını oluşturmaktadır (Abid vd., 2016). Bu atıklar çevresel problemlere yol açtığından nar atıklarından ilaç, yağ, hayvan yemi, sirke, sitrik asit, pektin, boya ve mürekkep gibi ürünlerin elde edilmesinde kullanılması söz konusudur. Son yıllarda ekonomik değeri düşük olan nar kabuklarından pektin üretimi üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur (Moorthy vd. 2015; Abid vd., 2016, 2017; Pereira vd. 2016).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Materyal olarak kullanılan narlar Sivas'ta yerel bir marketten satın alınmıştır. Narlar kullanılıncaya kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. Pektinin ekstraksiyonunda kullanılan etil alkol teknik saflıkta (%99'lük) Emboy firmasından temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

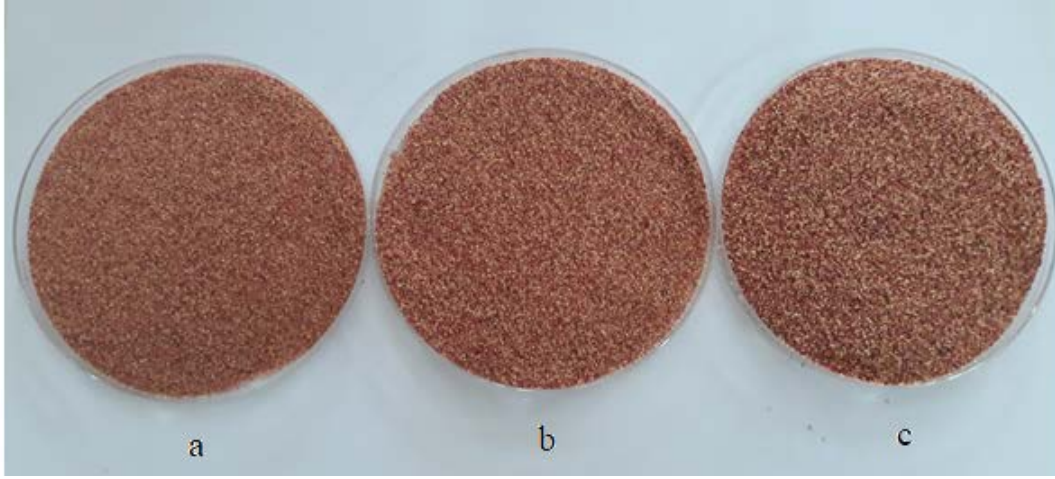
3.2.1 Nar kabuklarının hazırlanması

Narlar yıkandıktan sonra tanelerinden ayrılmış ve kabuk kısmı bir bıçak yardımıyla küçük parçalara bölünmüştür. Kabuklar enzimleri inaktive etmek için kaynar suda 5 dakika bekletilmiş ve sonra soğuk suyla yıkanarak soğutulmuştur. Soğutulan nar kabukları tepsili kurutucuda (EKSİS MAKİNE) 50 °C'de kurutulmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kurutulmuş nar kabukları

Kurutulan nar kabukları çekiçli değirmende (PERTEN) öğütüldükten sonra elek aralığı 300-400, 400-500, 500-600 µm olan eleklerden (RETSH) geçirilmiş ve pektin ekstraksiyonunda bu aralıktaki örnekler kullanılmıştır (Şekil 3.2). Örnekler kilitli plastik poşetlerde +4 °C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2 Elenmiş nar kabukları a) 300-400 µm b) 400-500 µm c) 500-600 µm

3.2.2 Nar kabuklarından pektin ekstraksiyonu ve pektin veriminin optimize edilmesi

Pektin ekstraksiyonu Wang vd. (2015)'in uyguladıkları yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Pektin ekstraksiyon akım şeması Şekil 3.3'de verilmiştir. Akım şemasından da izlenebileceği gibi kurutulmuş ve farklı partikül boyutlarına getirilmiş nar kabukları hidroklorik asit ile pH'sı 1.2'ye ayarlanmış distile sulu çözeltiliye 1:20 (w/v) oranında eklenerek farklı sıcaklıklara (70, 80 ve 90 °C) ayarlanmış çalkalamalı su banyosunda (Stuart, SBS40) farklı sürelerde (30, 45 ve 60 dakika) tutularak ekstraksiyonları gerçekleştirilmiştir. Ekstraktlar + 4 °C'ye soğutulduktan sonra 5000 rpm de 20 dakika santrifüjlenmiştir. Süpernatant kısmı (V_f) alınmış ve eşit hacimde % 96'lık etil alkol ilave edilerek 4°C'de 2 saat bekletilmiştir. Çöken pektin cendere bezinden süzülerek ayrılmış ve % 96'lık etil alkol ile birkaç kez yıkanmıştır (Şekil 3.4 a). Daha sonra 50 °C'de bir gece bekletilerek kurutulmuştur (Şekil 3.4 b). Pektin verimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Wang vd. 2015).

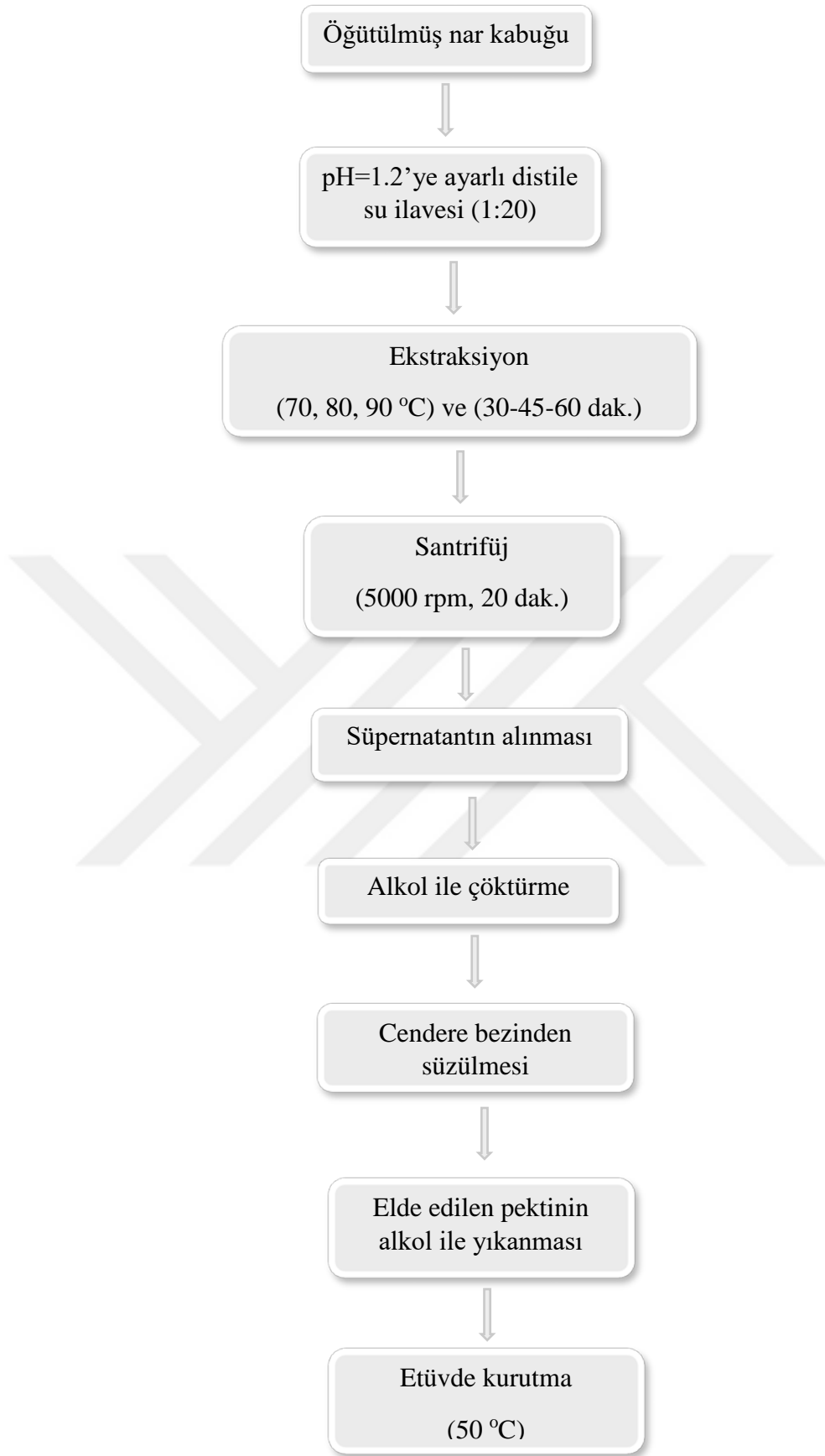
$$\% Verim = \frac{M}{m} \times \frac{V}{V_f} \times 100 \quad (3.1)$$

m: Ekstraksiyona alınan örnek miktarı (g)

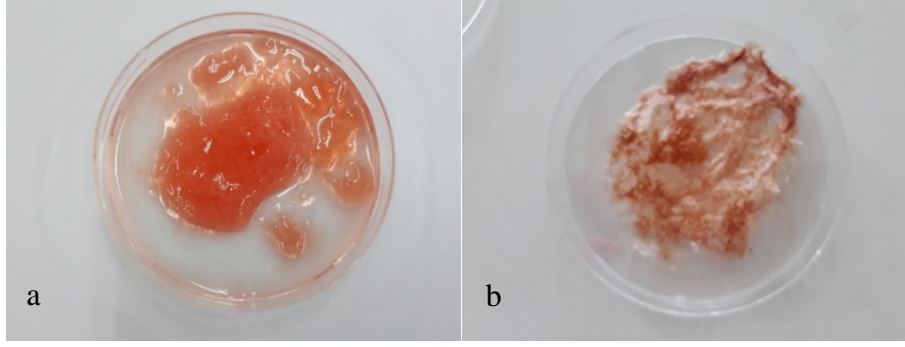
M: Kurutulmuş pektin miktarı (g)

V: Asitli su miktarı (ml) (pH=1.2)

V_f = Süpernatant miktarı (ml)



Şekil 3.3 Nar kabuklarından pektin ekstraksiyonu



Şekil 3.4 Ekstrakte edilmiş pektin (a) ve kurutulmuş pektin (b)

Nar kabuklarında pektin ekstraksiyonuna partikül boyutu, sıcaklık ve sürenin etkisinin incelenmesi için optimizasyon çalışması yapılmıştır. Ekstraksiyon koşullarının optimizasyonunda MINITAB 18 (State College, PA) programında Yanıt-Yüzey analizi uygulanmıştır. Yanıt-Yüzey yöntemi kullanılırken, ikinci dereceden modellemeye izin veren Box-Behnken deneme deseni üç faktör, üç düzey ve iki tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan faktörlerin düzeyleri Çizelge 3.1’de, Box-Behnken deneme deseni ise Çizelge 3.2.’de verilmiştir. Çizelge 3.1’de yer alan “-1” en az (minimum), “0” orta (merkez) ve “1” ise, en yüksek (maksimum) düzeyi ifade etmektedir.

Çizelge 3.1 Box-Behnken Bağımsız Değişkenlerin (Faktörlerin) Düzeyleri

Bağımsız Değişkenler	Düzeyler			
	Kodlar	-1	0	1
Partikül boyutu(μm)	A	300-400	400-500	500-600
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	B	70	80	90
Süre (dak.)	C	30	45	60

Çizelge 3.2 Pektin üretiminde kullanılan üç faktörlü Box-Behnken deneme deseni

Deney sıra no	Bağımsız Değişkenler (Faktörler)		
	Partikül boyutu (A)	Sıcaklık (B)	Süre (C)
1	0	-1	-1
2	-1	0	-1
3	0	1	1
4	-1	-1	0
5	0	1	1
6	0	-1	-1
7	0	-1	1
8	-1	1	0
9	0	0	0
10	1	1	0
11	1	0	-1
12	0	0	0
13	-1	-1	0
14	0	-1	1
15	1	1	0
16	0	1	-1
17	-1	1	0
18	-1	0	-1
19	-1	0	1
20	0	1	-1
21	0	0	0
22	1	-1	0
23	0	0	0
24	-1	0	1
25	1	0	-1
26	0	0	0
27	1	0	1
28	0	0	0
29	1	-1	0
30	1	0	1

3.2.3 Nar kabuklarından elde edilen pektinde yapılan analizler

Aşağıda belirtilen analizler en yüksek verimin elde edildiği optimum koşullarda elde edilen pektin örneğinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1 Eşdeğer (ekivalent) ağırlığın belirlenmesi

Pektin örneklerinin eşdeğer ağırlığının belirlenmesi için 250 ml'lik erlenmayer içerisine 0.5 g pektin örneği tartılmış üzerine 5 ml etanol eklenmiştir. Daha sonra 1 g sodyum klorür ve 100 ml distile su ilave edilip çalkalanarak pektinin çözünmesi sağlanmıştır.

Pektin çözüldükten sonra 6 damla fenol kırmızısı ilave edilerek 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Ekvivalent ağırlığın hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (3.2) kullanılmıştır (Azad vd. 2014).

$$\text{Eküivalent ağırlık} = \frac{W \times 1000}{\text{Harcanan NaOH (ml)} \times \text{Normalite}_{\text{NaOH}}} \quad (3.2)$$

W: örnek ağırlığı (g)

3.2.3.2 Metoksil içeriğinin belirlenmesi

Ekivalent ağırlığının belirlenmesi için toplanan nötral solüsyon üzerine 25 ml 0.25 N NaOH eklenip oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda 25 ml 0.25 N HCl ve 6 damla fenol kırmızısı eklenip 0.1 N NaOH ile titre edilmiş ve harcanan NaOH hacmi (V_2) kullanılarak aşağıdaki eşitlik (3.3) kullanılarak metoksil içeriği hesaplanmıştır (Azad vd. 2014).

$$\% \text{ Metoksil içeriği} = \frac{\text{Harcanan NaOH (ml)} \times \text{Normalite}_{\text{NaOH}} \times 31 \times 100}{W \times 1000} \quad (3.3)$$

W: örnek ağırlığı (g)

31: Metoksil grubunun (CH_3O) moleküler ağırlığı

3.2.3.3 Anhidrogalakturonik asit içeriğinin belirlenmesi

Eküivalent ağırlık ve metoksil içeriği değerleri kullanılarak pektinin anhidrogalakturonik asit miktarı aşağıdaki eşitlik (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır (Azad vd. 2014).

$$\% \text{ AUA} = \left[\frac{(176 \times 0.1Z \times 100)}{(W \times 1000)} \right] + \left[\frac{(176 \times 0.1Y \times 100)}{(W \times 1000)} \right] \quad (3.4)$$

Z: Ekvivalent ağırlıkta kullanılan NaOH sarfiyatı (ml)

Y: Metoksil içeriği belirlemede kullanılan NaOH sarfiyatı (ml)

W: Örnek ağırlığı (g)

176: Anhidrogalakturonik asidin moleküler birimi (1 birim)

3.2.3.4 Esterleşme derecesi

Eküvalent ağırlık ve metoksil içeriği değerleri kullanılarak pektinin esterleşme derecesi aşağıdaki eşitlik (3.5) kullanılarak hesaplanmıştır (Azad vd. 2014).

$$\% ED = \left[\frac{(176x\% MeO)}{(31x\% AUA)} \right] X100 \quad (3.5)$$

3.2.3.5 Jel denemesi

Jel denemesi Masmoudi vd., (2010) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Buna göre saf suyla % 1'lik pektin çözeltisi hazırlanmış ve manyetik karıştırıcıda çözünmesi sağlanmıştır. Pektin çözüldükten sonra ortama %30 oranında sakkaroz eklenip karışımın pH'sı 0.1 N NaOH ile 3.5'a ayarlanmıştır. Bu karışım 80 °C'ye ısıtılıp % 2'lik CaCl₂·2H₂O çözeltisinden % 0.1, % 0.07 ve % 0.04 olacak şekilde ilave edilmiş ve karışımın son kütlesi 100 g olana kadar 80 °C'de ısıtılmıştır. Daha sonra 24 saat 4 °C'de bekletilerek jelin stabil hale gelmesi sağlanmıştır. Süre sonunda jelin görsel özelliklerine bakılarak yorum yapılmıştır.

3.2.3.6 İstatistik analiz ve şekil çizimi

Tüm denemeler iki tekkerrülü olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının ortalama ± standart sapmalarının belirlenmesinde ve modelin istatistik analizinde MINITAB 18 (State College, PA) paket programı kullanılmıştır. Şekillerin MINITAB 18 (State College, PA) paket programı kullanılarak çiziminde, bir değişken optimum düzeyde sabit tutulup diğer iki değişken deneme aralığı içerisinde değiştirilerek iz düşüm grafikleri çizilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Pektinin ekstraksiyonu ve ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu

Pektin üretiminde farklı bitkisel kaynakların seyreltik asit çözeltilisiyle sıcaklık uygulayarak ekstrakte edilmesi ve daha sonra ekstraktta bulunan pektinin etanol ile çöktürülmesi yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Maran vd. 2013; Moorthy, 2015; Hosseini vd. 2019).

Nar kabuklarından pektin ekstraksiyonunda en uygun ekstraksiyon koşullarını belirlemek için “Yanıt-Yüzey Yöntemi” kullanılmıştır. Değişik kaynaklardan pektin ekstraksiyonunun optimizasyonu üzerine daha önce yapılan araştırmalarda pektin verimi üzerine ekstraksiyon sıcaklığı, süresi, pH ve solvent ürün oranı gibi faktörler çalışılmıştır (Maran vd. 2013; Moorthy, 2015; Hosseini vd. 2019; Ceylan vd. 2017). Bu çalışmalarda düşük pH’ların pektin veriminde daha etkili olduğu ortaya konulmuştur. Yapmış olduğumuz ön deneme çalışmalarında sabit sıcaklık (80 °C) ve sürede (45 dakika) ortam pH’sı 1.2-2.45 arasında değiştirildiğinde pH 1.2’de daha yüksek pektin verimi elde edilmiştir. Moorthy vd. (2015), nar kabuklarında farklı ekstraksiyon koşullarında pektin verimi üzerine yaptıkları çalışmada düşük pH’ların ekstraksiyon verimini artırdığı belirtmişlerdir. Araştırmacılar bunun nedeninin çözünmeyen pektin bileşenlerinin asidik ekstraksiyon çözücüsüyle temas ettiğinde çözünür pektinlere dönüşmesi dolayısıyla pektin geri kazanımının asidik pH’da maksimum olmasına ayrıca pH değerinin artmasının ise pektinin kümeleşerek pektin salınımını geciktirmesine ve verimi azaltmasına bağlamışlardır. Bu nedenle yapmış olduğumuz çalışmada ortam pH’sı tüm ekstraksiyonlar için pH 1.2 olarak seçilmiştir.

Çalışmada partikül boyutu, sıcaklık ve sürelerin seçimi ise ön denemelerle belirlenmiştir. Belirlenen düzeylerde en yüksek pektin verimini elde etmek için çizelge 3.1’de belirtilen deneme desenine göre nar kabuklarında 300-400, 400-500 ve 500-600 µm partikül boyutlarında, 70, 80 ve 90 °C’de, 30, 45, 60 dakikada toplam 30 farklı kombinasyonda ekstraksiyonlar gerçekleştirilmiştir. Deneysel ve kullanılan modele göre tahmin edilen pektin verimi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Box-Behnken deney tasarımına göre elde edilen pektin verimleri

Deney sıra no	Kodlu değerler			Gerçek değerler			Verim (%)	
	A	B	C	A	B	C	DeneySEL	Tahmini
1	0	-1	-1	400-500	70	30	10.98	9.68
2	-1	0	-1	300-400	80	30	20.12	19.81
3	0	1	1	400-500	90	60	18.11	18.96
4	-1	-1	0	300-400	70	45	16.16	17.29
5	0	1	1	400-500	90	60	18.85	18.96
6	0	-1	-1	400-500	70	30	9.34	9.68
7	0	-1	1	400-500	70	60	16.22	16.32
8	-1	1	0	300-400	90	45	23.56	24.57
9	0	0	0	400-500	80	45	26.60	26.22
10	1	1	0	500-600	90	45	23.54	23.74
11	1	0	-1	500-600	80	30	18.72	18.29
12	0	0	0	400-500	80	45	26.58	26.22
13	-1	-1	0	300-400	70	45	17.70	17.29
14	0	-1	1	400-500	70	60	15.40	16.32
15	1	1	0	500-600	90	45	24.66	23.74
16	0	1	-1	400-500	90	30	19.14	19.04
17	-1	1	0	300-400	90	45	24.83	24.57
18	-1	0	-1	300-400	80	30	19.25	19.81
19	-1	0	1	300-400	80	60	21.90	21.11
20	0	1	-1	400-500	90	30	19.94	19.04
21	0	0	0	400-500	80	45	26.91	26.22
22	1	-1	0	500-600	70	45	19.53	19.03
23	0	0	0	400-500	80	45	26.20	26.22
24	-1	0	1	300-400	80	60	22.05	21.11
25	1	0	-1	500-600	80	30	16.14	18.29
26	0	0	0	400-500	80	45	25.36	26.22
27	1	0	1	500-600	80	60	23.07	23.54
28	0	0	0	400-500	80	45	25.66	26.22
29	1	-1	0	500-600	70	45	19.30	19.03
30	1	0	1	500-600	80	60	24.27	23.54

Çizelge 4.1 incelendiğinde nar kabuklarında deneysel olarak belirlenen pektin veriminin % 9.34 ile % 26.91 arasında değiştiği görülmektedir. Yapılan çalışmada en düşük verim, 400-500 µm partikül boyutunda, 70 °C sıcaklıkta ve 30 dakikada yapılan ekstraksiyonda (% 9.34) elde edilirken, en yüksek verim ise 400-500 µm partikül boyutunda, 80 °C sıcaklıkta ve 45 dakikada yapılan ekstraksiyonda elde edilmiştir. Nar kabuklarında pektin verimi üzerine yapılan çalışmalarda farklı ekstraksiyon koşullarında pektin verimini

Moorthy vd. (2015), % 4.23-24.18, Abid vd. (2016, 2017), % 6.4-11.0, % 6.81-% 10.12, Pereira vd. 2016, % 4.29- 11.18, Yang vd. (2018b) % 8.5, Zhai vd. (2018) % 27.3 olarak bulmuşlardır. Görüldüğü üzere çalışmamızda kullanılan nar kabuklarının pektin verimi genel olarak diğer çalışmalardan daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda ekstraksiyon veriminin daha yüksek olması yukarıda da belirtildiği gibi kullanılan ekstraksiyon çözültisinin pH'sının bahsedilen çalışmalardan daha düşük olması nedeniyle olduğu söylenebilir. Ayrıca daha önce yapılan çalışmalarda aynı kaynaktan elde edilen pektin verimi üzerine, ekstraksiyon yöntemi, ürün:solvent oranı, partikül büyüklüğü, pH, sıcaklık ve süre gibi faktörlerin etkili olduğu tespit edilmiştir (Moorthy vd. 2015; Abid vd. 2016; Pereira vd. 2016; Naqash vd., 2017; Maric' vd. 2018). Diğer taraftan bitkisel kaynaklardaki pektin verimi üzerine çeşit ve olgunluğun da etki ettiği belirtilmektedir (Kar ve Arslan, 1999; Azad vd. 2014; Khamsucharit vd. 2018).

Farklı pektin kaynaklarından pektin verimi üzerine yapılan çalışmalarda elma posasında % 18-20 (Canteri-Schemin vd. 2005), portakal kabuğunda (navel) %15.47-20.44 (Guo vd. 2012), Limon, portakal ve greyfurt kabuğunda % 16.71, 15.92 ve 15.70 (Aina vd. 2012), limon posasında % 10.83-13.13 (Azad vd. 2014), duryan meyvesinde % 8.7-9.3 (Maran, 2015), muz kabuğunda % 11.87-16.54 (Castillo-Israel vd. 2015), pomelo meyvesinde % 23.83 (Quoc vd. 2015), ekşi portakal kabuğunda % 6.2-26.2 (Hosseini vd. 2019), muz kabuklarında % 5.2-12.2 (Oliveira vd. 2016), bal kabağı atıklarında % 5.7-7.3 (Košťálová vd. 2016), enginar atıklarında % 4.55-5.31 (Ceylan vd. 2017), portakal, greyfurt, limon ve misket limonunda %11-25, % 22-28, % 21-31 ve % 9-34 (Chan vd. 2017), karpuz kabuğunda % 14.2-19.3 (Petkowicz vd. 2017), kavun kabuğunda % 2.87-28.98 (Raji vd. 2017), ağaç kavununda (*Citrus medica*) % 21.85 (Pasandide vd. 2017), havuç posasında % 5-15.2 (Jafari vd. 2017), şeker pancarında % 15-30 (Adetunji vd. 2017), patates pulpunda % 4.08-14.34 (Yang vd. 2018a) ve muşmulada % 21.58 (Al-Amoud vd. 2019) olarak bulunmuştur. Çalışmamızda kullanılan nar kabuklarının pektin verimleri dikkate alındığında pektin üretimi için oldukça iyi bir kaynak olduğu görülmektedir.

Deney sonuçları için yapılan varyans analizi sonuçları, Çizelge 4.2'de verilmiştir. Liu vd. (2008) modelin uygunluğunun belirlenmesinde model uygunsuzluğunun (lack of fit) kontrol edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Çizelge 4.2 incelendiğinde, elde edilen modelin uygunluğunu ölçen, model uygunsuzluğu (lack of fit) önemsiz ($p>0.05$)

bulunmuştur. Model uygunsuzluğu testinin önemsiz olması, modelin bağımsız değişkenlerin incelenen aralıklarındaki herhangi bir kombinasyonunda nar kabuklarında pektin ekstraksiyonunda pektin verimini tahmin etmek için yeterince doğru olduğunu göstermektedir. Determinasyon katsayısı $R^2=97.12$, düzeltilmiş $R^2(Adj) =95.83$ ve tahmini determinasyon katsayısı $R^2=92.98$ olarak tespit edilmiştir. Regresyon katsayılarının yüksek bulunması modelin uygunluğunu ve bağımsız değişkenler ve yanıt arasındaki ilişkiyi ifade etmede kesin olduğunu göstermektedir (Moorty vd. 2015).

Çizelge 4.2 Varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD ^b	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Model ^a	9	582,463	64,718	75,05***
Linear	3	187,713	62,571	72,56***
A	1	0,840	0,840	0,97
B	1	143,882	143,882	166,86***
C	1	42,991	42,991	49,86***
Square	3	361,126	120,375	139,60***
A*A	1	2,223	0,251	0,29
B*B	1	148,002	175,474	203,50***
C*C	1	210,902	210,902	244,59***
2 yönlü interaksiyon	3	33,624	11,208	13,00***
A*B	1	3,334	3,334	3,87
A*C	1	7,781	7,781	9,02**
B*C	1	22,508	22,508	26,10***
Error	20	17,246	0,862	
Lack-of-Fit	3	6,074	2,025	3,08
Pure error	17	11,172	0,657	
Total	29	599,709		

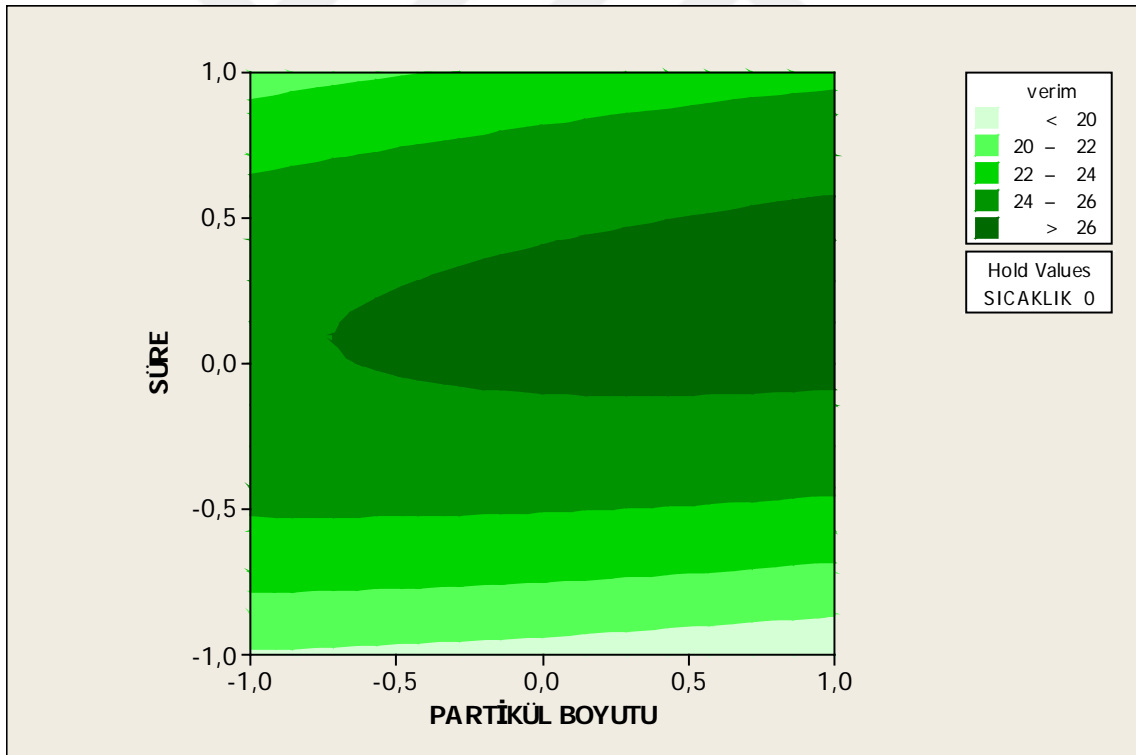
^a: $R^2= 97.12$ R^2 (tahmini)= 92.98 R^2 (adj)= 95.83 ^b:Serbestlik Derecesi; **: $p<0.01$
***: $p<0.001$

Varyans analiz çizelgesi incelendiğinde pektin verimi üzerine, tek başına partikül boyutunun ve partikül boyutu x sıcaklık etkileşiminin etkisi önemsizken, sıcaklık, sürenin

linear ve ikinci derece etkilerinin ve de partikül boyutu x süre ve sıcaklık x süre etkileşimlerinin etkilerinin önemli ($p < 0.001$) olduğu gözlenmiştir. Kullanılan faktör düzeyleri ile pektin verimi arasındaki ilişkiyi gösteren ve regresyon analizi sonucu elde edilen model eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} Verim = & 26.2176 + 0.229077A + 2.99877B + 1.63918C - 0.184325A^2 \\ & - 4.87464B^2 - 5.34413C^2 - 0.645584A * B + 0.986247A * C \\ & - 1.67736B * C \end{aligned}$$

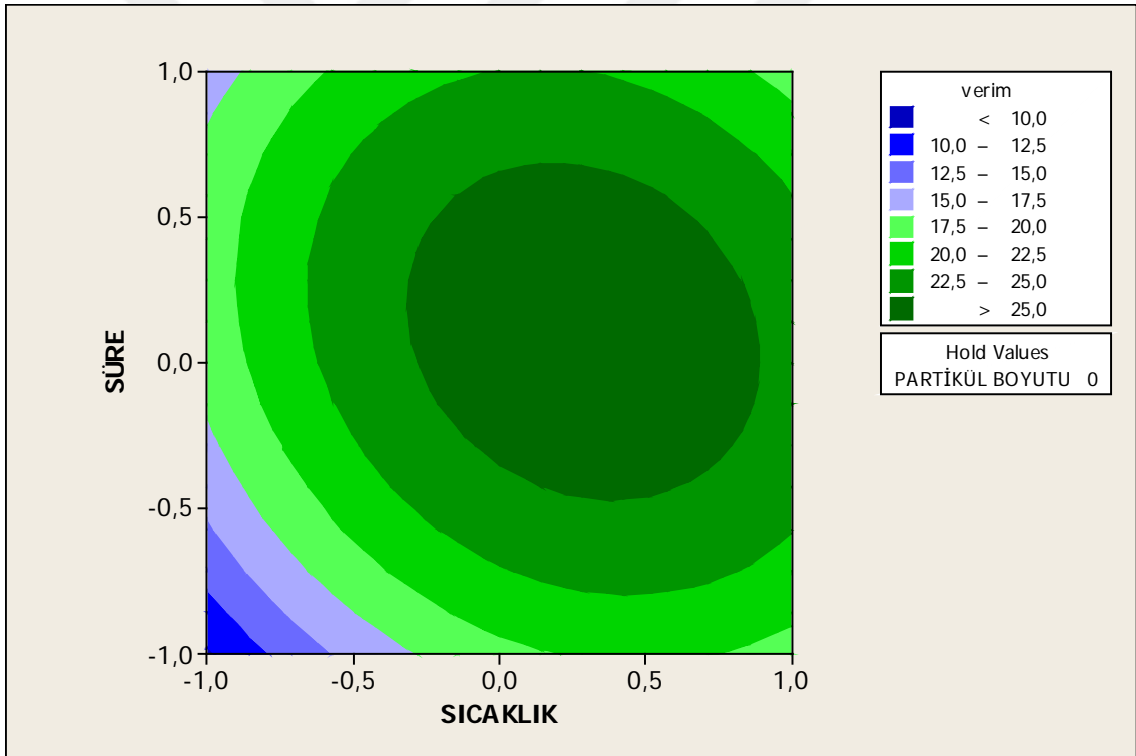
Varyans analizi sonucu partikül boyutu x süre ve sıcaklık x süre etkileşimlerinin etkisi önemli ($p < 0.001$) bulunduğundan partikül boyutu, süre ve sıcaklıktaki değişimlerin pektin verimini nasıl etkilediğini belirlemek için önemli olarak bulunan bu interaksiyonlara ilişkin iz düşüm grafikleri çizilmiştir. Partikül boyutu x süre iz düşüm grafikleri çizilirken sıcaklık, sıcaklık x süre iz düşüm grafiği çizilirken ise partikül boyutu merkez seviyede sabit tutulup diğer iki değişken deneme aralığı içerisinde değiştirilmiştir.



Şekil 4.1 Pektin veriminin süre ve partikül boyutuna bağlı olarak değişimi

Partikül boyutu ve süre arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 4.1'den de görüldüğü gibi sıcaklık merkez düzeyde sabit tutulduğunda süre merkez olarak seçilen 45 dakika olduğunda partikül boyutundaki artış pektin verimi artırmıştır. Ancak süre +1 veya -1 yönünde değiştirildiğinde tüm partikül boyutlarında yapılan ekstraksiyonlarda pektin veriminin düştüğü gözlenmiştir.

Şeker pancarı posasında pektin verimi üzerine yapılan bir araştırmada 90 C'de 2 saat olarak uygulanan sabit ekstraksiyon koşulunda partikül boyutu azaldıkça pektin ekstraksiyon veriminin arttığı belirtilmiştir (Huang vd. 2018). Yapmış olduğumuz çalışmada ise partikül boyutunun tek başına etkisinin önemli olmadığı ancak partikül boyutu X süre etkileşiminin pektin verimi üzerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür.

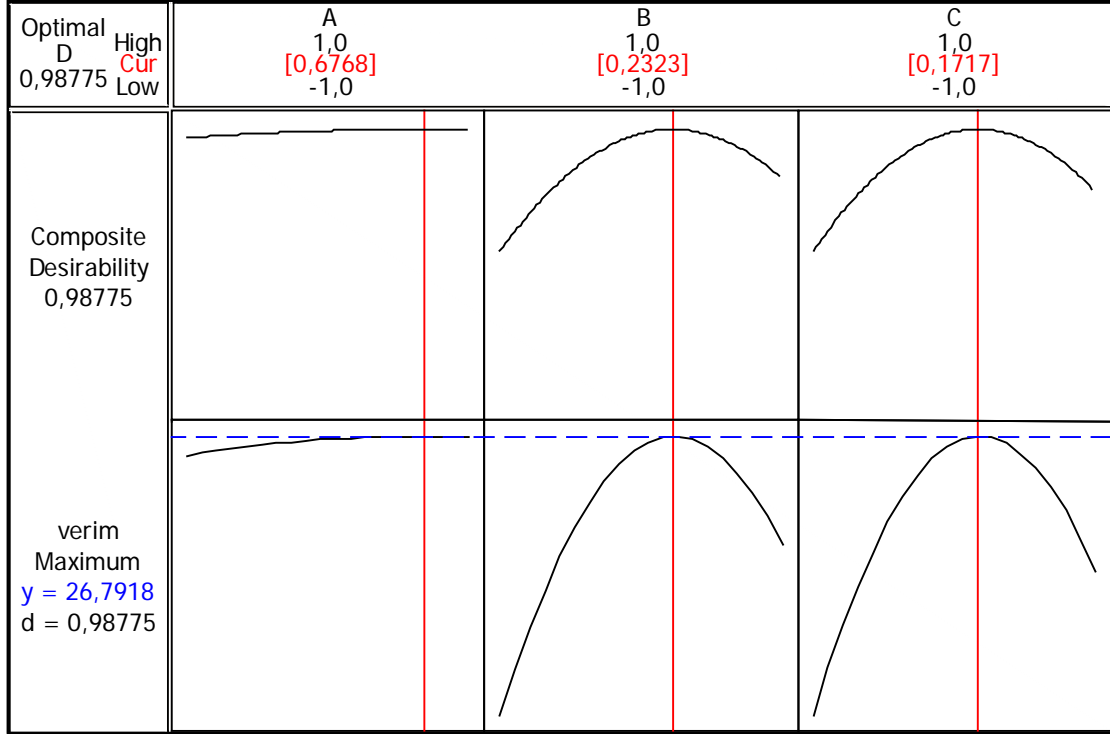


Şekil 4.2 Pektin veriminin süre ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi

Partikül boyutu merkez düzeyde sabit tutulup (400-500 μm), pektin verimi üzerine süre ve sıcaklığın etkisinin gösterildiği Şekil 4.2 incelendiğinde, sıcaklık merkez noktadan maksimum noktaya yaklaştığında, sürenin -0.4 ile + 0.5 aralığında değişmesinin pektin

verimi artırdığı gözlenmiştir. Süre ve sıcaklık düzeyleri minimum veya maksimum olduğunda ise pektin verimi düşmüştür. Abid vd. (2016) nar kabuklarından pektin ekstraksiyonunu optimize ettikleri çalışmalarında yapmış olduğumuz çalışmayla uyumlu olarak ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin belirli bir aralıkta artmasıyla daha yüksek pektin verimi elde ettiklerini ancak sıcaklık ve sürenin azalması veya belli bir düzeyin üzerinde artmasının düşük pektin verimine neden olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu düşük sıcaklık ve kısa sürede gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda bitki hücre duvarındaki pektinin daha az çözünmesine, çok yüksek sıcaklık ve uzun sürede yapılan ekstraksiyonlarda ise pektin moleküllerinin parçalanmasına bağlamışlardır. Benzer bulgular Maran, 2015 tarafından da tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada da süre ve sıcaklığın -1 düzeylerinde olduğunda en düşük pektin verimi elde edilmiştir.

Çalışma bulguları, nar kabuklarından elde edilen pektin veriminin yüksek olması için faktör düzeyleri arasında belli bir dengenin olması gerektiğini göstermiştir. Bu nedenle Box-Behnken tasarımı ile optimizasyon yapılarak, pektin veriminin maksimum olabilmesi için en uygun faktör düzeyleri belirlenmiştir (Şekil 4.3). Şekilde görülen kırmızı düşey çizgiler her bir faktörün optimum düzeyini, mavi yatay çizgiler faktörlerin optimum düzeyde olması durumunda verimin alacağı maksimum değerleri, siyah çizgiler ise, optimum faktör düzeyleri \pm yönde değiştirildiğinde pektin veriminin nasıl değiştiğini ifade etmektedir.



Şekil 4.3 Optimizasyon grafiği

Optimizasyon sonucu, en yüksek pektin veriminin elde edilebilmesi için partikül boyutunun 0.6768, sıcaklığın 0.2323 ve sürenin ise 0.1717 düzeyinde olması gerektiği ve bu durumda pektin veriminin % 26.7918 olacağı görülmüştür (Şekil 4.3). Bu değerler dikkate alınarak yapılan interpolasyon sonucunda gerçek faktör düzeylerinin partikül boyutunda 468-568 μm , sıcaklıkta 82 $^{\circ}\text{C}$ ve sürede ise 47.5 dakika olması gerektiği hesaplanmıştır. Bu sonucun sağlanıp sağlanmadığının kontrolü amacıyla optimum olarak belirlenen koşullarda yapılan 3 tekrarlı ekstraksiyonda da pektin verimi % 25.96 \pm 0.65 olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere deneysel pektin veriminin optimizasyon sonucunda olması gereken tahmini pektin verimine oldukça yakın bulunmuştur.

4.2 Pektinin Eşdeğer Ağırlık, Metoksil İçeriği, Anhidrogalakturonik Asit İçeriği ve Esterleşme Derecesi

Nar kabuklarından elde edilen pektinin eşdeğer ağırlığı, metoksil içeriği, anhidrogalakturonik asit içeriği, esterleşme derecesi ve galaktronik asit miktarları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Pektinin eşdeğer ağırlık, metoksil içeriği, anhidrogalakturonik asit içeriği ve esterleşme derecesi

Eşdeğer ağırlık (mg)	488.01 ± 11.90
Metoksil içeriği (%)	5.74 ± 0.16
Esterleşme derecesi (%)	47.43 ± 0.07
Anhidrogalakturonik asit (%)	68.64 ± 1.76

Eşdeğer ağırlık;

Pektinin eşdeğer ağırlığı pektin zincirindeki serbest (esterleşmemiş) galakturonik asitin toplam içeriğidir. Bu nedenle eşdeğer ağırlık esterifikasyon derecesi ve metoksil içeriği ile ilişkilidir (Ramli ve Asmawati, 2011). Eşdeğer ağırlık pektinde anhidrogalakturonik asit içeriğini ve esterleşme derecesini hesaplamak için kullanılan bir değerdir (Ranganna, 1986; Ismail vd. 2012; Castillo-Israel vd. 2015). Ayrıca eşdeğer ağırlık pektinin jel yapabilme özelliğinin bir göstergesidir (Castillo-Israel vd. 2015). Nar kabuklarından elde edilen pektin örneklerinin eşdeğer ağırlığı 488.01 mg olarak bulunmuştur (Çizelde 4.3). Literatürde nar kabuklarında pektin ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmalarda eşdeğer ağırlığın belirlendiği çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak diğer pektin kaynaklarında eşdeğer ağırlık limon posasında 368-1632 (Azad vd. 2014), elma posasında 833.33-1666.30 (Kumar ve Chauhan, 2010), kakao kabuğunda 510.68-645.19 (Ramli ve Asmawati, 2011), limon, portakal ve greyfurtta sırasıyla 694.44, 534 ve 793.60 (Aina vd. 2012), ejderha meyvesinde 475.64 (Ismail vd. 2012), jackfruit meyvesi kabuğunda 475.74 (Ahmed, 2013), Hint ayvasında 1209.5 (Jindal vd. 2013), Kaffir Lime (*Citrus hystrix*) meyvesinde 234.74 (Shaha vd. 2013) ve muz kabuğunda 953.89-1503.16 (Castillo-Israel vd. 2015), enginar atıklarında 576.60-764.68 (Ceylan vd. 2017) olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere çalışmamızda bulunan eşdeğer ağırlık yukarıda bahsedilen çalışmaların bazılarında düşük bazılarında ise yüksek bulunmuştur. Düşük eşdeğer ağırlığı pektinin kısmi olarak bozulduğunu (Azad vd. 2014) ve pektinin düşük jelleşme eğiliminde olduğunu göstermektedir (Kumar ve Chauhan, 2010). Eşdeğer ağırlığın düşük veya yüksek olması ekstraksiyon ortamının pH'sına bağlıdır. Düşük pH'lı ortamda pektin molekülleri uzun zincirler oluşturup polimerleşir ve serbest asit içeriğinin azalmasına bağlı olarak yüksek eşdeğer ağırlığa sahip pektin oluşturur (Ramli ve Asmawati, 2011). Ayrıca eşdeğer ağırlık pektin ekstraksiyon yöntemine, uygulanan

sıcaklık ve süreye bağlı olarak da değişir (Kumar ve Chauhan, 2010; Shaha vd. 2013; Khan vd. 2014; Roy vd. 2017).

Metoksil içeriği;

Metoksil içeriği, pektin molekülündeki 100 mol galakturonik asitteki metil alkolün mol sayısı olarak tanımlanmaktadır (Ramli ve Asmawati, 2011). Metoksil içeriği pektinin sınıflandırılması için önemli bir moleküler indekstir ve bu indeks pektin molekülündeki tüm esterleşmiş gruplar içerisindeki metil ester olarak bağlanmış karboksilik grupların yüzdesini ifade eder (Khan, vd. 2014). Metoksil içeriği pektinin jel kuvveti, jelleşme süresi ve metal iyonlarına duyarlılığını kontrol etmede önemli bir parametredir. Dolayısıyla pektin solüsyonlarının ve pektin jel ağ yapısının fonksiyonel özelliklerinin belirlemede önemlidir (Ramli ve Asmawati, 2011; Aina vd. 2012; Azad vd. 2014). Meyvelerdeki pektinin özelliği metoksil içeriği ve jel gücüne bağlı olarak değişir. Ticari pektinlerin metoksil içeriği % 8-11 arasında değişmekte ve bu pektinler yüksek şeker konsantrasyonlarında (% 65 veya daha fazla) jel oluşturabilmektedir. Düşük metoksilli pektinler (% 7 veya daha az) ise yüksek şeker içeren ortamlarda jel oluşturamazken çok değerli katyonların varlığında, düşük şeker konsantrasyonlarında veya şekersiz ortamlarda jeller oluşturabilir (Ranganna, 1986).

Nar kabuklarında ekstrakte edilen pektinin metoksil içeriği % 5.74 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla çalışmamızda elde edilen pektinin düşük metoksilli olduğu görülmektedir. Literatürde nar kabuklarında pektin ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmalarda metoksil içeriğinin belirlendiği çalışmaya rastlanılmamıştır. Diğer pektin kaynaklarında yapılan çalışmalarda metoksil içeriği, soya kavuzunda % 3.89-7.53, (Gnanasambandam ve Proctor, 1999), mango, muz, greyfurt ve misket kabuğunda sırasıyla % 7.33, 7.03, 8.57 ve 9.92 (Madhav ve Pushpalatha, 2002), kakao kabuğunda % 4.62-6.01 (Ramli ve Asmawati, 2011), elma posasında % 6.46 (Sato vd.2011), limon, portakal ve greyfurtta sırasıyla 4.46, 5.79 ve 3.90 (Aina vd. 2012), ejderha meyvesinde % 2.98-4.34 (Ismail vd. 2012), greyfurt kabuğunda % 10.86-12.50 (Khan vd. 2014), farklı muz çeşitlerinde %3.86-8.46, citrus kabuğunda % 9.06 ve elma posasında % 7.92 (Khamsucharit vd. 2018) olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmaların sonuçlarından da görüldüğü gibi metoksil içeriği bitki kaynağına, olgunluğa, ekstraksiyon yöntemine, sıcaklığına, süresine, pH'ya ve ekstraksiyonda kullanılan asidin çeşidine bağlı olarak değişmektedir (Kumar vd. 2010; Masmoudi vd. 2010; Aina vd. 2012; Ismail vd. 2012; Masoodi vd. 2017; Khamsucharit

vd. 2018). Yapmış olduğumuz çalışmada uygulanan ekstraksiyon koşullarında elde edilen pektinin düşük metoksilli olduğu ve pektinin bu özelliğinin düşük kalorili jeller hazırlamak için bir avantaj olabileceğini göstermektedir.

Esterleşme derecesi;

Pektin moleküllerindeki galakturonik asitin bir kısmı metil alkolle esterleşmiştir (Canteri-Schemin vd. 2005; Cemeroğlu, 2013b). Pektin moleküllerindeki galakturonik asit ünitesindeki esterleşmiş karboksil gruplarının toplam karboksil gruplarına oranı esterleşme derecesi olarak ifade edilmektedir (Arslan, 1994). Pektin molekülündeki 100 galakturonik asit ünitesinden esterleşmiş olanların sayısı, esterleşme derecesini gösterir. Esterleşme derecesi pektinin fonksiyonel özelliğini belirleyen ana faktörlerden biridir. Pektin esterleşme derecesine göre sınıflandırılmaktadır. Esterleşme derecesi % 50'nin altında olanlar düşük metoksilli ve esterleşme derecesi % 50'nin üzerinde olanlar ise yüksek metoksilli pektin olarak değerlendirilmektedir (Cemeroğlu, 2013b; Azad vd. 2014).

Çalışmada nar kabuklarından elde edilen pektin örneklerinin esterleşme derecesi % 47.43 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Yapmış olduğumuz çalışma sonuçlarına benzer şekilde Pereira vd. (2006) nar kabuğunda esterleşme derecesini farklı ekstraksiyon koşullarında % 47.18-71.45, Abid vd. (2017) % 34.1-46.1 ve Khatip vd. (2017) ise % 53.8 olarak bulmuşlardır. Nar kabuğunda yapmış olduğumuz çalışmada bulunan % 47.43 esterleşme derecesi ekstrakte edilen pektinin düşük metoksilli pektin ($ED < \% 50$) olduğunu göstermiştir. Düşük esterleşme dereceli pektinler iki değerli katyonlar varlığında düşük miktarda şeker ya da şekerlessiz jeller oluşturabilir. Bu özelliklerinden dolayı diyet reçel veya reçel benzeri düşük şekerli gıdalarda kullanılmaya elverişlidir (Ismail vd. 2012). Esterleşme derecesi bitkinin çeşidine, dokusuna ve olgunlaşma süresine bağlı olarak değişmektedir (Sundar Raj vd. 2012). Olgunlaşma ilerledikçe meyvelerin şekerlerinin arttığı ve pektinin protopektine dönüşmesine bağlı olarak esterleşme derecesinin düştüğü belirtilmektedir (Azad vd. 2014). Farklı pektin kaynaklarında yapılan çalışmalarda esterleşme derecesi elma posasında % 68.8, % 72.29 (Canteri-Schemin vd. 2005; Sato vd. 2011), ayvada % 85.27 (Açıkgöz ve Poyraz, 2006), greyfurt kabuğunda % 75.34, % 73.28 (Bagherian vd. 2011; Güzel ve Akpınar, 2017), ejderha meyvesinde % 31.05-46.96 (Ismail vd. 2012), Hint ayvasında % 47.20 (Jindal vd. 2013), limon posasında % 33.59-79.51 (Azad vd. 2014), çarkıfelek meyvesinde % 59.8 (Liew vd. 2014), portakal

kabuğunda % 1.7-37.5 (Hosseini vd. 2019), turunçgil kabuklarında % 77.2 (Pasandide vd. 2017), elma suyu konsantresinde % 49.35 (Masoodi vd. 2017), enginarda % 46.02-56.17 (Ceylan vd., 2017), kavun kabuğunda % 1.33-29.33 (Raji vd. 2017), sisal keneviri atıklarında % 33.12-48.11 (Yang vd., 2018c), muz kabuğunda % 63.15-72.03 (Khamsucharit vd., 2018) ve muşmulada % 62.9 (Al-Amoudi vd. 2019) olarak bulunmuştur.

Ayrıca, esterleşme derecesinin ortam pH'sının düşürülmesiyle önemli ölçüde azaldığı, pektin ekstraksiyonunun sıcak ve asitli ortamda yapılmasının pektin bozulmasına dolayısıyla esterleşme derecesinin düşmesine neden olduğu daha önceki çalışmalarda bildirilmektedir (Pagan ve Ibraç, 2001; Masoodi vd. 2017). Nar kabuklarında Pereira vd. (2006) tarafından pH 2'de yapılan çalışmada esterleşme derecesi, yapmış olduğumuz çalışma sonucuna benzer olarak % 47.18 bulunurken, pH 3.6'da % 71.45 olarak bulunmuştur. Ancak Yang vd. (2018b) nar kabuklarında pH 1.7'de yaptıkları ekstraksiyonda esterleşme derecesini bizim ve Pereira vd. (2006) tarafından yapılan çalışmadakinden daha yüksek % 75.6 olarak bulmuşlardır. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın kullanılan narların çeşit ve olgunluğunun farklı olması, ekstraksiyonda kullanılan asidin çeşidi, ekstraksiyon yöntemi, uygulanan sıcaklık ve sürenin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anhidrogalakturonik asit içeriği;

Pektin, farklı derecelerde metil gruplarıyla esterleşmiş poligalakturonik asit ve % 10 veya daha fazla arabinoz, galaktoz ve diğer şekerleri içeren kompleks bir polisakkarittir (Ranganna, 1986). Anhidrogalakturonik asit içeriği ekstrakte edilen pektinlerin saflığını, esterleşme derecesini ve fiziksel özelliklerini tahmin etmek için kullanılan önemli bir parametredir (Castillo-Israel vd. 2015; Ceylan vd. 2017). Ekstrakte edilen pektinin anhidrogalakturonik asit içeriği % 65'ten düşük olmamalıdır (Azad vd. 2014; Castillo-Israel vd. 2015). Anhidrogalakturonik asit içeriğinin % 65'ten daha düşük olması ekstrakte edilen pektinde protein, nişasta ve şeker bulunması nedeniyle yeterince saf olmadığını göstermektedir (Ismail vd. 2012; Azad vd. 2014). Çalışmamızda anhidrogalakturonik asit içeriği % 68.64 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Abid vd. (2017) nar kabuklarında anhidrogalakturonik asit içeriğini farklı çeşitlerde % 47.05-68.51 olarak bulmuşlardır. Sonuçlarımız bu değerler arasındadır. Yapılan çalışmalarda anhidrogalakturonik asit içeriği meyve çeşidine, meyvenin olgunluğuna bağlı olarak

değiştii belirtilmektedir (Azad vd. 2014; Khamsucharit vd. 2018). Farklı pektin kaynaklarında yapılan çalışmalarda elma posasında % 50.82, % 59.52 (Sato vd. 2011; Kumar ve Chauhan, 2010), ejderha meyvesinde % 45.25-54.44 (Ismail vd. 2012), limon posasında % 34.12-73.22 (Azad vd. 2014), muz kabuğunda % 74.29 (Castillo-Israel vd. 2015), pomelo meyvesinde % 84.29-85.57 (Roy vd. 2016), enginarıda % 72.47-78.31 (Ceylan vd. 2017), muz çeşitlerinde % 34.56-66.67, citrus kabuklarında % 82.05, elma posasında % 76.80 olarak bulunmuştur (Khamsucharit vd. 2018). Ayrıca, yapılan çalışmalarda ortam pH'sı, ekstraksiyonda kullanılan asidin çeşidi, ekstraksiyon yöntemi, sıcaklığı ve süresinin pektinin anhidroglakturonik asit miktarına etki ettiği belirtilmektedir (Kumar ve Chauhan, 2010; Ismail vd. 2012; Sotanaphun vd. 2012; Shaha vd. 2013; Gazala vd. 2017). Bulduğumuz anhidroglakturonik asit içeriğinin % 65'ten fazla olması ekstrakte edilen pektinin standarda uygun ve oldukça saf olduğunu göstermektedir.

4.3 Jel Denemesi

Çalışmada elde edilen pektinin düşük metoksilli olduğu tespit edilmiştir. Düşük metoksilli pektinler düşük şeker konsantrasyonlarında ve Ca^{++} iyonları varlığında jeller oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmada üretilen pektinin farklı Ca^{++} konsantrasyonlarında oluşturduğu jellerin görsel değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yapılan jel denemelerinde % 0.1'lik $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ çözeltisi içeren pektinin daha kısa sürede jelleştiği ve diğer konsantrasyonlara göre daha iyi bir jel oluşturduğu gözlenmiştir. Sonuçlarımızla uyumlu olarak Masmoudi vd., (2010) artan Ca^{++} konsantrasyonlarında daha güçlü jel oluştuğunu belirtmişlerdir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada nar kabuklarından pektin elde etmek için sıcaklık, süre ve partikül boyutu gibi ekstraksiyon koşullarının pektin verimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla ekstraksiyon koşulları optimize edilmiştir. Nar kabuğundan pektin ekstraksiyonu için optimum koşullar partikül boyutu 468-568 µm, sıcaklık 82 °C ve süre ise 47.5 dakika olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda yapılan ekstraksiyon sonucunda pektin verimi % 25.96 olarak bulunmuştur. Ayrıca üretilen pektinin ekivalent ağırlığı 488.01 mg, metoksil içeriği % 5.74, estereleşme derecesi, % 47.43 ve anhidroglakruronik asit içeriği ise % 68.64 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar elde edilen pektinin düşük metoksilli pektin olduğu ve düşük kalorili jeller hazırlamak için kullanılabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C. M., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H., and Ayadi, M. A.** (2017). Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food chemistry*, 215, 318-325.
- Abid, M., Renard, C. M., Watrelot, A. A., Fendri, I., Attia, H., and Ayadi, M. A.** (2016). Yield and composition of pectin extracted from Tunisian pomegranate Pell. *International journal of biological macromolecules*, 93, 186-194.
- Açıkgöz, Ç., ve Poyraz, Z.** (2006). Extraction and characterization of pectin obtained from quince (*Cydonia vulgaris pers.*). *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (012), 27-34.
- Adetunji, L.R., Adekunle, A., Orsat, V., and Raghavan, V.** (2017). Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocoll*, 62: 239–250.
- Ahmed, R., Inam, A. K. M. S., Alim, M. A., Sobhan, M. M., and Haque, M. A.** (2017). Extraction, Characterization and Utilization of Pectin from Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus L.*) Waste. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 32, 57-66.
- Aina, V. O., Barau, M. M., Mamman, O. A., Zakari, A., Haruna, H., Umar, M. H., and Abba, Y. B.** (2012). Extraction and characterization of pectin from peels of lemon (*Citrus limon*), grape fruit (*Citrus paradisi*) and sweet orange (*Citrus sinensis*). *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 3(6), 259-262.
- Al-Amoudi, R. H., Taylan, O., Kutlu, G., Can, A. M., Sagdic, O., Dertli, E., and Yilmaz, M. T.** (2019). Characterization of chemical, molecular, thermal and rheological properties of medlar pectin extracted at optimum conditions as determined by Box-Behnken and ANFIS models. *Food chemistry*, 271, 650-662.
- Al-Jarallah, A., Igdoura, F., Zhang, Y., Tenedero, C. B., White, E. J., MacDonald, M. E., and Trigatti, B. L.** (2013). The effect of pomegranate extract on coronary artery atherosclerosis in SR-BI/APOE double knockout mice. *Atherosclerosis*, 228(1), 80-89.
- Anonim**, <https://www.silvateam.com/en/products-and-services/food-ingredients/pectin/what-pectin.html> Erişim tarihi: 03.10.2019
- Arslan, N.** (1994). Pektinin Fizikokimyasal Özellikleri, Üretimi ve Gıdalarda Kullanımı *Gıda*, 19(3) 187-192.
- Atalay, D., Türken T. ve Erge H.S.** (2018). Pektin; kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri. *The Journal of Food*, 43 (6), 1002-1018.
- Aviram, M., Volkova, N., Coleman, R., Dreher, M., Reddy, M. K., Ferreira, D., and Rosenblat, M.** (2008). Pomegranate phenolics from the peels, arils, and flowers are antiatherogenic: studies in vivo in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient (E0) mice and in vitro in cultured macrophages and lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 1148-1157.
- Axelos MAV., and Thibault JF.** (1991). Influence of the substituents of the carboxyl groups and of the rhamnose content on the solution properties and flexibility of pectins. *Int J Biol Macromol.*, 13: 77-82.
- Azad, A. K. M., Ali, M. A., Akter, M. S., Rahman, M. J., and Ahmed, M.** (2014). Isolation and characterization of pectin extracted from lemon pomace during ripening. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(2), 30-35.

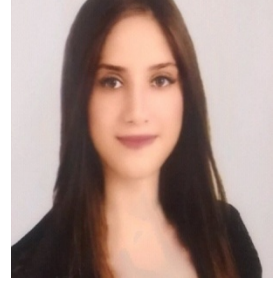
- Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S., and Elst, K.** (2016). Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits. *Crit Rev Biotechnol*, 36: 594–606.
- Bagherian, H., Ashtiani, F.Z., Fouladitajar, A., and Mohtashamy, M.**, 2011. Comparisons Between Conventional, Microwave- and Ultrasound-Assisted Methods for Extraction of Pectin from Grapefruit. *Chemical Engineering and Processing*, 50, 1237-1243.
- Banihani, S.A., Makahleh, S.M., El-Akawi, Z., Al-Fashtaki, R.A., Khabour, O.F., Gharibeh, M.Y., Saadah, N.A., Al-Hashimi, F.H. and Al-Khasieb, N.J.** (2014). Fresh pomegranate juice ameliorates insulin resistance, enhances β -cell function, and decreases fasting serum glucose in type 2 diabetic patients. *Nutrition Research*, 34: 862-867.
- Brejnolt, S.M.** (2010). Pectin. In: Imeson, A. (Ed.), *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. FMC BioPolymer, UK, pp. 249-252.
- Buggenhout, S.V., Sila, D.N., Duvetter, T., Loey, A.V., and Hendrickx, M.**, 2009. Pectins in Processed Fruits and Vegetables: Part III-Texture Engineering *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 105-117.
- Canteri-Schemin, M. H., Fertoni, H. C. R., Waszczynski, N., and Wosiacki, G.** (2005). Extraction of pectin from apple pomace. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(2), 259-266.
- Castillo-Israel, K. A. T., Bagoio, S. F., Diasanta, M. D. B., Lizardo, R. C. M., Dizon, E. I., and Mejico, M. I. F.** (2015). Extraction and characterization of pectin from Saba banana [Musa'saba'(Musa acuminata x Musa balbisiana peel wastes: A preliminary study. *International Food Research Journal*, 22(1).
- Cemeroğlu, B.** (2013a). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Cilt II, Bizim Grup Basimevi*, 636 s, Ankara.
- Cemeroğlu, B.** (2013b). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Cilt I, Bizim Grup Basimevi*, 707 s, Ankara.
- Ceylan, C., Bayraktar, O., Atci, E., and Sarrafi, Ş.** (2017). Extraction And Characterization Of Pectin From Fresh Globe Artichoke And Canned Artichoke Waste. *Gıda/The Journal of FOOD*, 42(5).
- Chan, S.Y., Choo, W.S., Young, D.J., and 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.
- Demirci, M.** (2006). *Gıda Kimyası, Kelebek Matbaacılık*, 253 s, İstanbul.
- Eliaz, I., Hotchkiss, A. T., Fishman, M. L., and Rode, D.** (2006). The effect of modified citrus pectin on urinary excretion of toxic elements. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(10), 859-864.
- Fu, J. T., and Rao, M. A.** (2001). Rheology and structure development during gelation of low-methoxyl pectin gels: the effect of sucrose. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 93-100.
- Gnanasambandam, R., and Proctor, A.** (1999). Preparation of soy hull pectin. *Food Chemistry*, 65(4), 461-467.
- Grassino, A.N., Barba, F.J., Brnčić, M., Lorenzo, J.M., Lucini, L., and 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

- Guo, X., Han, M., Xi, H., Rao, L., Liao, X., Hu, X., and Wu, J.** (2012). Extraction of Pectin from Navel Orange Peel Assisted by Ultra-High Pressure, Microwave or Traditional Heating: A Comparison. *Carbohydrate Polymers*, 441-448.
- Harholt, J., Suttangkakul, A., and Scheller, H. V.** (2010). Biosynthesis of pectin. *Plant physiology*, 153(2), 384-395.
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., Kazemi, M., and Najari, Z.** (2019). Optimization and characterization of pectin extracted from sour orange peel by ultrasound assisted method. *International journal of biological macromolecules*, 125, 621-629.
- Ismail, N. S. M., Ramli, N., Hani, N. M., and Meon, Z.** (2012). Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions. *Sains Malaysiana*, 41(1), 41-45.
- Jafari, F., Khodaiyan, F., Kiani, H., and 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.
- Jindal, M., Kumar, V., Rana, V. and Tiwary, A.K.** (2013). Aegle marmelos fruit pectin for food and pharmaceuticals: Physico-chemical, rheological and functional performance. *Carbohydrate Polymers* 93: 386-394.
- Kar, F., and Arslan, N.** (1999). Effect of temperature and concentration on viscosity of orange peel pectin solutions and intrinsic viscosity–molecular weight relationship. *Carbohydrate polymers*, 40(4), 277-284.
- Khamsucharit, P., Laohaphatanalert, K., Gavinlertvatana, P., Sriroth, K., and Sangseethong, K.** (2018). Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties. *Food science and biotechnology*, 27(3), 623-629.
- Koç, M. and Elmas, F.** (2019). Interaction of pectin with food components. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(9), 1360-1366.
- Košťálová, Z., Aguedo, M., and 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
- Kumar, A., and Chauhan, G. S.** (2010). Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. *Carbohydrate Polymers*, 82(2), 454-459.
- Lansky, E. P., and Newman, R. A.** (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of ethnopharmacology*, 109(2), 177-206.
- Lattimer, J. M., and Haub, M. D.** (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266-1289.
- Liew, S. Q., Chin, N. L., and Yusof, Y. A.** (2014). Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 231-236.
- Liu, H., Zheng, Y., & Shen, J.** (2008). Goodness-of-fit measure of R^2 for repeated measures mixed effects models. *Journal of Applied Statistics*, 35 (10), 1081-1092.
- Madhav A., and Pushpalatha, PB.** (2002). Characterization of pectin extracted from different fruit wastes. *Journal of Tropical Agriculture*, 40: 53-55.
- Maran P. J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., and Sridhar, R.** (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydr Polym*, 97: 703– 709.
- Maran, J. P.** (2015). Statistical optimization of aqueous extraction of pectin from waste durian rinds. *International journal of biological macromolecules*, 73, 92-98.

- Marić, M., Grassino, A.N., Zhu, Z., Barba, F.J., Brnčić, M., and Rimac Brnčić, S.** (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and byproducts: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends Food Sci Technol*, 76:28–37, DOI: 10.1016/j.tifs.2018.03.022.
- Masmoudi, M., Besbes, S., Ben Thabet, I., Blecker, C., and Attia, H.** (2010). Pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice: rheological properties and microstructure of pure and mixed pectin gels. *Food science and technology international*, 16(2), 105-114.
- May, C.D.** (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. *Carbohydr Polym*, 12: 79–99.
- Mohnen D.** (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Curr Opin Plant Biol* 11: 266–277.
- Moorthy, I. G., Maran, J. P., Muneeswari, S., Naganyashree, S., and Shivamathi, C.S.** (2015). Response surface optimization of ultrasound assisted extraction of pectin from pomegranate peel. *International journal of biological macromolecules*, 72, 1323-1328.
- Mulinacci, N.** (2017). Polysaccharides from by-products of the Wonderful and Laffan pomegranate varieties: New insight into extraction and characterization. *Food chemistry*, 235, 58-66.
- Müller-Maatsch, J., Bencivenni, M., Caligiani, A., Tedeschi, T., Bruggeman, G., Bosch, M., Petrusan, J., Droogenbroeck, B., Van, Elst, K., and 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.
- Nangia-Makker, P., Hogan, V., Honjo, Y., Baccarini, S., Tait, L., Bresalier, R., and Raz, A.** (2002). Inhibition of human cancer cell growth and metastasis in nude mice by oral intake of modified citrus pectin. *J. Natl. Cancer Inst.* 2002, 94, 1854-1862.
- Naqash, F., Masoodi, F. A., Rather, S. A., Wani, S. M., and Gani, A.** (2017). Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. *Carbohydrate polymers*, 168, 227-239.
- Oliveira, T. Í. S., Rosa, M. F., Cavalcante, F. L., Pereira, P. H. F., Moates, G. K., Wellner, N., and Azeredo, H. M.** (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food Chemistry*, 198, 113-118.
- 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., and 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.
- Rabbani, G.H., Teka, T., Zaman, B., Majid, N., Khatun, M., and Fuchs, G.J.** (2001). Clinical studies in persistent diarrhea: Dietary management with green banana or pectin in Bangladeshi children. *Gastroenterology* 2001, 121, 554-560.
- Raji, Z., Khodaiyan, F., Rezaei, K., Kiani, H., and 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.
- Ramli N, Asmawati** (2011). Effect of ammonium oxalate and acetic acid at several extraction time and pH on some physicochemical properties of pectin from cocoa husk (*Theobroma cacao*). *African journal of Food Science*. 5:790-798.
- Ranganna, S.** (1986). *Handbook of analysis and quality control of fruit and vegetable products*. New Delhi, India: Tata McGraw Hill Publishing Co. Ltd.

- Rascón-Chu, A., Martínez-López, A. L., Carvajal-Millán, E., de León-Renova, N.E.P., Márquez-Escalante, J. A., and Romo-Chacón, A.** (2009). Pectin from low quality ‘Golden Delicious’ apples: Composition and gelling capability. *Food Chemistry*, 116(1), 101-103.
- Ridley, B. L., O’Neill, M. A. and Mohnen, D.** (2001), “Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling”, *Phytochemistry*, 57:929- 967.
- Roy, M. C., Alam, M., Saeid, A., Das, B. C., Mia, M. B., Rahman, M. A., and Ahmed, M.** (2018). Extraction and characterization of pectin from pomelo peel and its impact on nutritional properties of carrot jam during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13411.
- Sarıca, Ş.** (2011). Nar suyu yan ürünlerinin hayvan beslemede kullanım olanakları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011(2).
- Sato, M.F., Rigoni D.C., Canteri M.H.G., Petkowicz C.L.O., Nogueira A., and Wosiacki G.** (2011). Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars. *Maringá*, 33 (3), 383-389.
- Shaha, R. K., Punichelvana, Y. N. A., and Afandi, A.** (2013). Optimized extraction condition and characterization of pectin from kaffir lime (*Citrus hystrix*). *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, 1(2), 1-11.
- Srivastava P., and Malviya R** (2011) Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry—an overview. *Indian J Nat Prod Resour* 2:10–18.
- Sundar Raj AA., Rubila S., Jayabalan R., and Ranganathan, TV.** (2012). A review on pectin: Chemistry due to general properties of pectin and pharmaceutical uses. *Scientific reports*, 1: 2, 1-4.
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., and Rao, M. A.** (1997). Chemistry and uses of pectin—a review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1), 47-73.
- Triplehorn, C., and Millard, P.S.**(2002) A rice-based diet with green banana or pectin reduced diarrhea in infants better than a rice-alone diet. *ACP J. Club* 2002, 136, 67.
- TUİK**, (2019). T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim tarihi: 15.10.2019).
- Van Buggenhout, S., Sila, D. N., Duvetter, T., Van Loey, A., and Hendrickx, M.** (2009). Pectins in processed fruits and vegetables: Part III—Texture engineering. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(2), 105-117.
- Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., and Schols, H. A.** (2009). Pectin, a versatil polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20(2),263.
- Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X., and Liu, D.** (2015). Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *Food Chem*, 178: 106–114
- Willats, W. G., Knox, J. P., and Mikkelsen, J. D.** (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17(3), 97-104.
- Willats, W. G., McCartney, L., Mackie, W., and Knox, J. P.** (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology*, 47(1-2), 9-27.
- Willats, W. G., McCartney, L., Mackie, W., and Knox, J. P.** (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology*, 47(1-2), 9-27.

- Xu, Y., Zhang, L., Bailina, Y., Ge, Z., Ding, T., Ye, X., and Liu, D.** (2014). Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. *Journal of Food Engineering*, 126, 72-81.
- Yang, J. S., Mu, T. H., and Ma, M. M.** (2018a). Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. *Food chemistry*, 244, 197-205.
- Yang, X., Nisar, T., Hou, Y., Gou, X., Sun, L., and Guo, Y.** (2018b). Pomegranate peel pectin can be used as an effective emulsifier. *Food hydrocolloids*, 85, 30-38.
- Yang, Y., Wang, Z., Hu, D., Xiao, K., and Wu, J. Y.** (2018c). Efficient extraction of pectin from sisal waste by combined enzymatic and ultrasonic process. *Food hydrocolloids*, 79, 189-196.
- Yılmaz, M.T., Muslu, A., Dertli, E., ve Toket, Ö.S.** (2016). Şeker Pancarı Posasından Elde Edilen Pektinin Modifiye Edilerek Karakterize Edilmesi, Moleküler ve Reoloji Özelliklerinin Belirlenmesi.
- Yuliarti, O.** (2011). Isolation and Characterisation and Functional Properties of Pectin from Gold Kiwifruit (*Actinidia chinensis* cv. HORT16A). PhD thesis, Massey University, 287p, New Zealand.
- Zhai, X., Zhu, C., Li, Y., Zhang, Y., Duan, Z., and Yang, X.** (2018). Optimization for pectinase-assisted extraction of polysaccharides from pomegranate peel with chemical composition and antioxidant activity. *International journal of biological macromolecules*, 109, 244-253.
- Zhang, W., Xu, P., and Zhang, H.** (2015). Pectin in cancer therapy: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 258-271.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Tuğçe BİRLİK
Doğum Yeri ve Tarihi	Balıkesir, 16.04.1991
Medeni Hali	Bekâr
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
E-posta Adresi	Tugcebb.19@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Esenevler Anadolu Lisesi, 2009
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2014
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2019

İş Tecrübesi

Tuğba Akabe Çiftlik Mamülleri Süt Yoğurt San. Tic. Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi, 2014-2015
Volet Et ve Et Ürünleri Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi, 2017-2017
A. Aksular Gıda Tic. Ve San. A.Ş.	Gıda Mühendisi, 2018-

Kongreler ve Bildiriler

Ulusal	Pektin Kaynakları Ve Pektin Ekstrasyon Yöntemleri 9.Gıda Mühendisliği Kongresi, İzmir
--------	--