

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melike OĞUZ

**LİMON POSASINDAN KİMYASAL VE ENZİMATİK YÖNTEMLE PEKTİN
ELDESİNİN OPTİMİZASYONU**

KİMYA ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİMON POSASINDAN KİMYASAL VE ENZİMATİK YÖNTEMLE PEKTİN
ELDESİNİN OPTİMİZASYONU**

Melike OĞUZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA ANABİLİM DALI

Bu Tez //2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. S. Seyhan TÜKEL
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. M. Kemal SANGÜN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Deniz YILDIRIM
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Kimya Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL20142970**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LİMON POSASINDAN KİMYASAL VE ENZİMATİK YÖNTEMLE PEKTİN ELDESİNİN OPTİMİZASYONU

Melike OĞUZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. S. Seyhan TÜKEL

Yıl: 2015, Sayfa:41

Jüri : Prof. Dr. S. Seyhan TÜKEL

: Doç. Dr. M. Kemal SANGÜN

: Doç. Dr. Deniz YILDIRIM

Bu çalışmada kimyasal ve enzimatik yöntemle Kütdiken limonu posasından pektin ekstrakte edilmiştir. Kimyasal ekstraksiyon farklı sıcaklıklarda (75, 80 ve 85°C) ve farklı ekstraksiyon sürelerinde (90, 120 ve 150 dk) HCl (2mL/1L, pH: 2,45) çözeltisi ile yapılmıştır. Enzimatik ekstraksiyonda ise öncelikle limon posaları H₂SO₄ (4,657 mL/1 L, pH: 1,8) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş, sonrasında farklı sıcaklıklarda (25, 35, 45 ve 55°C) ve farklı pH değerlerinde (1,5, 2,0, 2,5, 3,0 ve 3,5) *Aspergillus niger* pektinaz ile muamele edilmiştir. Kimyasal ekstraksiyonda optimum sıcaklık, optimum ekstraksiyon süresi ve maksimum pektin verimi sırasıyla 75°C, 150 dk ve %23,2 olarak belirlenmiştir. Enzimatik ekstraksiyonda optimum sıcaklık, optimum pH ve maksimum pektin verimi ise sırasıyla 45 °C; 2,0 ve %21,8 olarak belirlenmiştir. Kimyasal ekstraksiyon ile elde edilen pektinin galakturonik asit miktarı, esterleşme derecesi, nem miktarı ve kül miktarı sırasıyla %95,7, %78,8, %7,6 ve %3,4 olarak, enzimatik ekstraksiyon ile elde edilen pektinin galakturonik asit miktarı, esterleşme derecesi, nem miktarı ve kül miktarı sırasıyla %94,5; %71,8; %10,0 ve %7,68 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pektin, Pektinaz, Kütdiken limonu, Enzimatik ekstraksiyon.

ABSTRACT

MSc THESIS

OPTIMIZATION OF CHEMICAL AND ENZYMATIC PECTIN EXTRACTION FROM LEMON PULP

Melike OĞUZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

Supervisor : Prof. Dr. S. Seyhan TÜKEL

Year: 2015, Pages: 41

Jury : Prof. Dr. S. Seyhan TÜKEL

: Assoc. Prof. Dr. M. Kemal SANGÜN

: Assoc. Prof. Dr. Deniz YILDIRIM

In this study, pectin was extracted by chemically and enzymatically from Kütdiken lemon. The chemical extraction was carried out with HCl (2mL/1L, pH: 2.45) at different temperature (75, 80 and 85°C), and time (90, 120 and 150 min). In enzymatic extraction, firstly lemon peels were extracted with H₂SO₄ (pH: 1.8), and the extraction was continued at different temperature (25, 35, 45 and 55°C) and pH (1.5, 2.0, 2.5, 3.0 and 3.5) with *Aspergillus niger* pectinase. In chemical extraction, optimum temperature, optimum extraction time and maximum pectin yield were determined as 75°C, 150 min, and 23.2%, respectively. In enzymatic extraction, optimum temperature, optimum pH and maximum pectin yield were determined as 45 °C, 2.0 and 21.75%, respectively. Galacturonic acid content, degree of esterification, moisture content and ash content of the chemically extracted pectin were found as 95.7%, 78.8%, 7.6% and 3.4%, respectively. The corresponding values were 94.5%, 71.8%, 10.0% and 7.68%, respectively for enzymatically extracted pectin.

Key Words: Pectin, Pectinase, Kütdiken lemon, Enzymatic extraction,

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimi ile yanımda olan, yardım ve önerilerini hiçbir zaman esirgemeyen, deneysel çalışmaların takibi ve sonuçlarının değerlendirilmesinde önsezili ve geliştirici açıklamaları ile önüme ışık tutan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. S. Seyhan TÜKEL' e,

Laboratuvar çalışmalarımda yanımda olan, bilgi birikimi ve tecrübeleriyle yol gösteren ve çalışmalarımı yön veren değerli hocam Doç. Dr. Deniz YILDIRIM' a, Öğr. Gör. Dilek ALAGÖZ'e ve Arş. Gör. Ali TOPRAK'a,

Yüksek lisans çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FYL20142970),

Sabrı, sevgisi, maddi ve manevi destekleriyle beni yüreklendiren, motive eden sevgili eşim İbrahim OĞUZ'a,

Son olarak, hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, anlayış ve sevgisini benden esirgemeyen, başta annem-babam Şenel ve Cengiz KÜLAHOĞLU olmak üzere bütün aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Pektin	1
1.2. Pektinin Endüstriyel Önemi	4
1.3. Pektinazlar	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Limon Temini	11
3.1.2. Kimyasallar	11
3.1.3. Araç ve Gereçler	11
3.2. Metod	11
3.2.1. Limon Posasının Hazırlanması	11
3.2.2. Pektinin Limon Posasından İzolasyonu	12
3.2.3. FTIR Spektroskopisi	13
3.2.4. Galakturonik Asit ve Esterleşme Derecesi Tayini	13
3.2.5. Nem Tayini	14
3.2.6. Kül Tayini	14
3.2.7. Jel Denemesi	14
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	15
4.1. Limon Posasının Hazırlanması	15
4.2. Pektinin Limon Posasından İzolasyonu	16
4.2.1. Kimyasal Yöntemle Pektin Eldesi	16

4.2.2. Enzimatik Yöntemle Pektin Eldesi	18
4.3. FTIR Spektroskopisi.....	21
4.4. Galakturonik Asit ve Esterleşme Derecesi Tayini	22
4.5. Nem Tayini.....	23
4.6. Kül Tayini.....	24
4.7. Jel Denemesi.....	25
4.8. Tartışma.....	26
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	33
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Meyve pektin içeriği	4
Çizelge 4.1. Kimyasal yöntemle pektin eldesinin optimizasyonu	17
Çizelge 4.2. Enzimatik yöntemle pektin eldesinin optimizasyonu	19
Çizelge 4.3. Kimyasal yöntemle elde edilen pektinin FTIR spektroskopisi	21
Çizelge 4.4. Enzimatik yöntemle elde edilen pektinin FTIR spektroskopisi	21
Çizelge 4.5. Yıkayıp kurutulmuş pektin miktarları	22
Çizelge 4.6. Kimyasal ve enzimatik methodla elde edilen pektinin esterleşme derecesi ve galakturonik asit miktarı	23
Çizelge 4.7. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin nem tayini ...	24
Çizelge 4.8. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin kül Tayini	24
Çizelge 4.9. Kimyasal ve enzimatik yöntemle pektin eldesinin karşılaştırılması	29
Çizelge.4.10. Kimyasal ve enzimatik yöntemin pektin eldesi bakımından karşılaştırması	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Pektin molekülü.....	1
Şekil 1.2. Düşük ve yüksek esterleşme dereceli pektin.....	2
Şekil 4.1. Deneylede ana materyal olarak kullanılan limon (Kütdiken)	15
Şekil 4.2. Kurutulmuş limon posası.....	16
Şekil 4.3. Kimyasal yöntemle elde edilen pektin.....	17
Şekil 4.4. Kimyasal yöntemle elde edilen, öğütölmüş pektin.....	18
Şekil 4.5. Enzimatik yöntemle elde edilen pektin	20
Şekil 4.6. Enzimatik yöntemle elde edilen, öğütölmüş pektin	20
Şekil 4.7. Kimyasal yöntemle elde edilen pektinin jeli	25
Şekil 4.8. Enzimatik yöntemle elde edilen pektinin jeli	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

GUA : Galakturonik asit

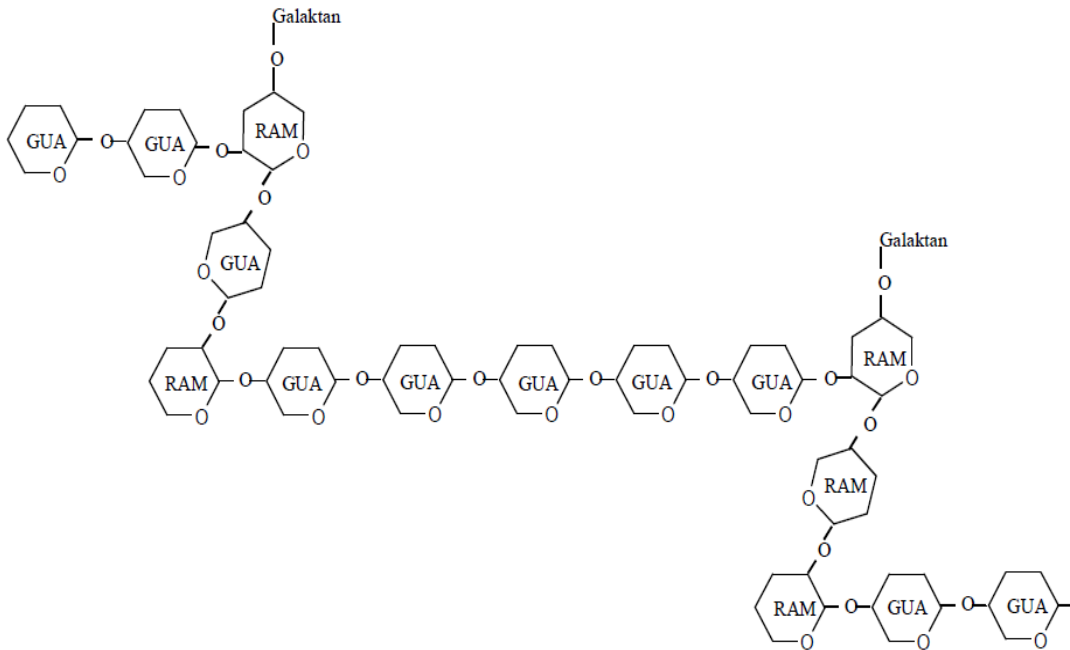
RAM : Ramnoz

1. GİRİŞ

1.1. Pektin

Pektin selüloz ve hemiselüloz gibi yüksek bitkilerin hücre duvarında bulunan bir polisakkarittir. Pektinin yapısında poligalakturonik asit, ramnogalakturonik asit, galaktanlar ve arabinogalaktanlar vardır (Celestino ve ark., 2006). Pektinler diğer hücre duvarı elemanlarıyla olan etkileşimi sayesinde bitkiye esneklik ve mekanik güç kazandırmaktadırlar (Rosenbohm ve ark., 2003). Pektinler, bitki hücresinin büyümesindeki birçok fizyolojik süreçte hücre duvarı özelliklerinin kontrol edilmesinde veya fitopatojenlere (hastalık yapıcı organizmalar) karşı bitki savunmasında görev alırlar (Videcoq ve ark., 2011).

Pektin, kısmen metil alkolle esterleşmiş galakturonik asit birimlerinin α -D-1,4 bağlarıyla bağlanmasıyla oluşmuştur ve bu lineer zincirde yer yer α -L-1,2 bağlı ramnoz birimleri bulunabilmektedir (Seggiani ve ark., 2009).

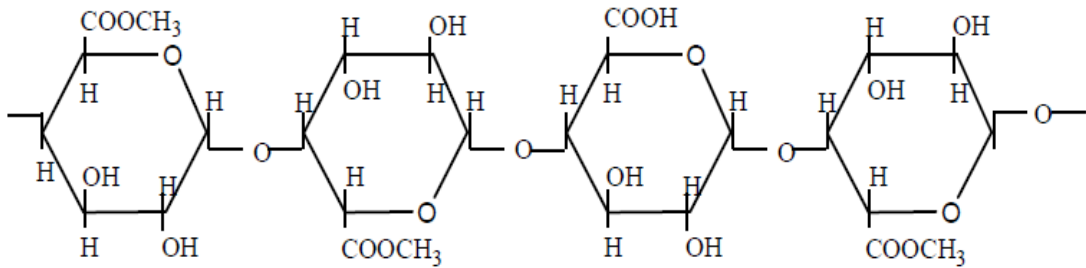


Şekil 1.1. Pektin molekülü (Acar ve Gökmen, 2004)

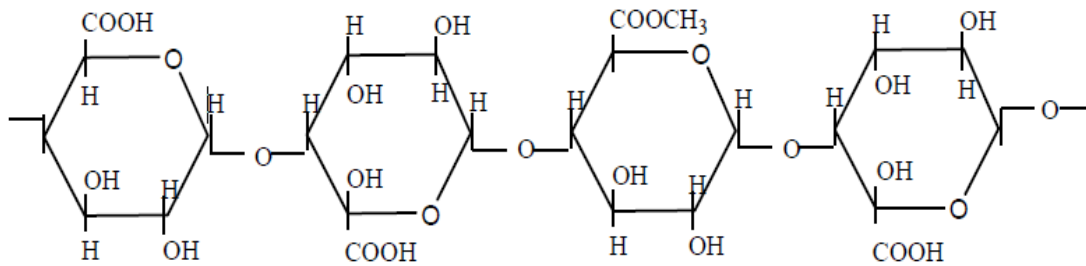
Narenciye kabuğunun beyaz kısmı olan albedo, meyvenin gelişimi sırasında meyve ve yaprakları arasında su alışverişi yapmaktadır. Olgunlaşmamış limon meyvesinin hücre duvarı yüksek miktarda pektik bileşenler içermektedir. Pektinlerin su bağlama kapasitelerinin ne kadar yüksek olduğu da bilinmektedir (Schröder ve ark., 2004).

Pektinler; pektin molekülünün karboksil gruplarının esterleşme derecesine göre, yüksek metoksilli veya düşük metoksilli olarak sınıflandırılır (Kim ve ark., 2010). Toplam galakturonik asit birimlerindeki esterleşmiş karboksil gruplarının toplam karboksil gruplarına oranı, esterleşme derecesi olarak ifade edilir (Arslan, 1994).

Yüksek esterleşme dereceli pektin (%75)



Düşük esterleşme dereceli pektin (%25)



Şekil 1.2. Düşük ve yüksek esterleşme dereceli pektin (Acar ve Gökmen, 2004)

Esterleşme derecesi %50' den fazla olan pektinler yüksek metoksilli pektinler (HMP) olarak adlandırılmaktadırlar. Yüksek metoksilli pektinler, pH 3,5' un altındaki koşullarda, konsantrasyonu %55' in üzerindeki sükröz çözeltisi ile ısıtıldığında, kolayca jelleşebilmektedirler. Diğer taraftan düşük metoksilli pektinlerin esterleşme derecesi %50' den düşüktür ve düşük metoksilli pektinler jel

oluşturmak için Ca^{2+} iyonlarının varlığına gereksinim duymaktadırlar. Düşük metoksilli pektinler reçel ve jöle gibi az şekerli ürünlerde jelleştirme ajanı olarak kullanılabilirler (Seggiani ve ark., 2009). Esterleşme derecesi %85 ve üzerinde olan pektinler ise asit ilave edilmeksizin sükrozla jel oluşturmaktadırlar (El-Nawawi ve Heikel, 1997).

Esterleşme derecesi, jel oluşumu için gerekli sıcaklık ve süre ilişkisini de etkiler. Pektin ile hazırlanan jelin jelleşme süresine göre, yüksek metoksilli pektinler hızlı jelleşen (esterleşme derecesi %70 veya daha fazla) veya yavaş jelleşen (esterleşme derecesi % 50-70) olarak iki sınıfa ayrılır. Düşük metoksilli pektinler yavaş jelleşir (Arslan, 1994).

Ticari pektinler belli miktardaki sükrozla, 'jel gücü' oluşturması için standardize edilmektedir. Jel gücünün değerlendirilmesinde birçok metot bulunmaktadır. Bu metotlardan en yaygın kullanılanı ise çökmeyi ölçmeye dayalı SAG metodudur. SAG metodunda titizlikle hazırlanmış pektin jeli özel bardaklarına aktarılmakta, jeller bardaklarından çıkarıldığında yerçekimi sonucu jelin yüksekliğindeki azalma ölçülmektedir. Jellerdeki çökmenin yüzdesi ridgelimetre (ridgelimeter) cihazı yardımıyla ölçülmektedir (Seggiani ve ark., 2009).

Pektin, bitkisel kaynaklı bir stabilizatör olup, her meyve ve sebze de farklı nitelik ve miktarlarda bulunur. Elma posası, portakal kabuğu, ayçiçeği tablası ve şeker pancarı küspesi gibi tarımsal endüstri artıkları önemli miktarda pektin içermektedirler (Arslan, 1994). Ham maddedeki protopektin asit ekstraksiyonu ile çözünür hale getirilir ve daha sonra izopropil alkol ile çözünür pektin sulu çözeltiden ayrılır. Pektin ticarete sıvı veya kurutulmuş toz halde bulunur (Acar ve Gökmen, 2004).

Çizelge 1.1. Meyve pektin içeriği (Aehle, 2004)

Meyve	Pektin, %	Metilasyon,%
Elma	0,5-1,6	80-92
Kuşüzümü	1,0-1,2	50-80
Üzüm	0,1-0,4	50-65
Portakal kabuğu	3,5-5,5	65
Armut	0,7-0,9	50-70
Ananas	0,04-0,1	22-40
Çilek	0,5-0,7	20-60

1.2. Pektinin Endüstriyel Önemi

Pektin E 440 kodlu çok değerli bir gıda katkı maddesidir ve sayısız gıda ürünü içeriğinde yer almaktadır. Dünya genelindeki yıllık tüketimi 45000 ton olarak tahmin edilmektedir (Willats ve ark., 2006). 1 kg pektinin Sigma-Aldrich firmasındaki fiyatı 387 Euro olarak verilmiştir.

Pektinin kalitesi ve kullanım alanları, galakturonik asit miktarına, esterleşme derecesine, metoksil miktarına ve molekül ağırlığına göre değişir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Kim ve ark., 2013; Yoo ve ark., 2009). Üretim koşullarına bağlı olarak istenilen kalitede pektin elde etmek olasıdır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Pektin, bitkisel dokularda yaygın olarak bulunmasına rağmen, her bitkide ekonomik üretime elverecek düzeyde bulunmamaktadır. Bazı materyallerde ise yeterli düzeyde bulunmasına karşın üretilen pektinin nitelikleri bu alanda kullanılmaya elverişli olmaktan uzaktır. Hangi meyveden elde edilirse edilsin, reçel, marmelat ve jöle üretiminde çoğunlukla az veya çok, ama mutlaka pektin kullanılmalıdır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Dünyada pektin üretiminde hammadde olarak çoğunlukla turunçgil kabukları ve daha az miktarda da elma posaları kullanılmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Ham maddedeki protopektin asit ekstraksiyonu ile çözünür hale getirilir ve daha sonra izopropil alkol ile çözünür pektin sulu çözeltiliden ayrılır. Pektin ticarete sıvı veya kurutulmuş toz halde bulunur (Acar ve Gökmen, 2004).

Pektin; gıdada, kozmetikte, ilaç endüstrisinde geniş bir alanda kıvam verici olarak kullanılmaktadır (Koseki ve ark, 1986).

Gıda alanında pektinin kullanılması şekerler ve asitler ile jel oluşturma özelliğine dayanır. Pektinler jel yapıcı, kıvam verici, emilgator ve stabilizatör özelliğinden dolayı meyve ve sebze sularında, reçel, jöle, marmelat, meyveli şekerlemeler ve süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Yüksek metoksilli pektinler, jöle ve marmelatların hazırlandığı koşullarda (yüksek şeker konsantrasyonu ve pH: 2,0-3,5) diğer polisakkaritlerden daha iyi jel yaparlar. Düşük metoksilli pektinler düşük şeker konsantrasyonunda ve daha geniş pH aralığında (pH: 2,5-6,5) düşük kalorili jöle, reçel, marmelat hazırlanmasında kullanılırlar (Arslan, 1994). Pektinlerin süt ürünlerinde, meyveli uygulamalarda, fırıncılıkta, şekerli krema ve dondurmalarda; salata süslemelerinde ve emülsifiye edilmiş et ürünlerinde de yaygın kullanım alanları olduğu rapor edilmiştir (Hawthorne ve ark, 2000). Meyve ve sebzelerin bir bileşeni olarak pektinin, çözünebilen liflere katkıda bulunmasıyla, insan diyetinin doğal bileşeni olduğu bildirilmiş, üst gastrointestinal sistem tarafından parçalanamamasına rağmen, çözünebilir lifin sağlığa faydalı olduğunu gösteren kanıtlar bulunmuştur.

Gıda endüstrisi açısından önemli olduğu kadar pektin diğer birçok endüstride de önemlidir. Modifiye pektin, pro-metastatik protein galektin 3'e bağlanarak, onun birçok aktivitesini inhibe etmiş, böylece anti kanser ajanı özelliği gösterdiği bildirilmiştir (Maxwell ve ark, 2012). Farmakoloji endüstrisinde pektinlerin birçok kullanımı vardır ve son zamanlarda kanser acısının iyileşmesi uygulamasında transmukozal salım sistemi olarak kullanılmıştır (Videcoq ve ark., 2011).

Pektinin yapısı yüksek miktarda iyonik grup içermektedir. Bu özelliği onu süper emici hidrojellerin sentezinde çok iyi bir polimer matriksi yapmaktadır. Dolayısıyla pektin, ağır metal giderimi de yapmaktadır (Guilherme ve ark, 2010).

1.3. Pektinazlar

Ticari pektinazlar genellikle poligalakturonaz (PG), pektin liyaz (PL) ve pektin esteraz (PE) enzimlerinden oluşan bir karışımdır. Bu üç enzimin aktivitesi de

pektik maddelerin yıkılımını ve modifikasyonunu gerçekleştirmektedir. Pektik maddelerin enzimatik yıkımıyla galakturonik asit ve oligomerler oluşur.

Ticari pektin genellikle hammaddenin pH 2'deki asitlendirilmiş sıcak su ile ekstraksiyonu ile elde edilir. Ekstraksiyon için büyük miktarlarda kullanılan asit çözeltileri, ekstraksiyonda kullanılan cihazların onarımını gerektirir. Bitkileri kötü etkilemeleri nedeniyle bu asit çözeltileri pektin endüstrisinde göz önüne çıkan önemli bir faktördür. Tüketici talepleri doğrultusunda “yeşil” ürünler için ekstraksiyon alternatifleri araştırılmış ve yüksek fiyatlarına rağmen “yeşil etiketli” pektinlerin çevre dostu ekstraksiyonu için enzimler alternatif olarak gösterilmiştir. Hidrolazların hücre duvarı polisakkaritlerinden selüloz, hemiselüloz ve pektini degrade etme kapasiteleri gıda endüstrisinde oldukça dikkat çekmektedir (Fissore ve ark., 2009). Spagnuolo ve ark. (1999) şeker pancarı posasının ticari hemiselülazlar ile arabinoz, pektin ve selüloza ayrılması geleneksel kimyasal yöntemlere göre kalitatif ve kantitatif olarak benzer sonuçlar gösterdiğini, bu sonuca göre enzimlerin asitlerin kullanımından sakınma avantajı sunduğunu önermişlerdir.

Spagnuolo ve ark. (1997) şeker pancarı posasının hidrolizinde pektinolitik ve selülozik enzimlerin sinerjik etkileri çalışmalarında selülaz, hemiselülaz ve pektinaz karışımının asit hidrolizi ile karşılaştırıldığında daha etkili olduğunu, özellikle pektinazın diğer enzimleri selüloz ve hemiselülazın degradasyonunu kolaylaştırması nedeniyle, en önemli enzim olduğunu önermişlerdir.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Rouse A. H. ve Crandall P. G., 1976, nitrik asit (pH: 1,6) ile portakal, greyfurt ve limon kabuklarından farklı ekstraksiyon sıcaklığı ve sürelerinde pektin ekstrakte etmişler ve portakal, greyfurt ve limon kabuklarından elde edilen 150 jel dereceli pektinlerin maksimum verimlerinin sırasıyla % 8,15, % 6,35 ve %11,0 olduğunu bulmuşlardır.

Inoue ve ark., 1985, çeşitli narenciye kabuk ve pulplarından pektin elde etmişler, pektinin esas itibariyle galakturonik asitten ibaret olduğunu ve az miktarlarda arabinoz, galaktoz, ramnoz, ksiloz, glukoz gibi nötral şekerleri de içerdiğini ve pektinin fizikokimyasal özelliklerinin ekstraksiyon ve saflaştırma şartlarına bağlı olduğunu ifade etmişleridir.

Kirtchev ve ark., 1989, alkollerin varlığında elmadan pektin ekstraksiyonunu incelemişler ve %1-3 konsantrasyonlarında alkol ilavesinin pektin veriminde %55-90 oranında artışa yol açtığı, etilen glikol, gliserol ve dietilen glikolün monohidroksi alkollerden daha iyi etkiye sahip olduğu ve ilave edilen bu alkollerin pektinin jel gücünü artırdığı sonucuna varmışlardır.

Kratchanova ve ark., 1991, mango meyvesinin iki türünün kabuk ve pulplarının pektin içeriğini araştırmışlar, poliüronid asit içeriğinin hammaddenin türüne bağlı olarak %14,6-21,3 arasında değiştiğini ve elde edilen pektinlerin molekül ağırlığının 72000-83000 dalton arasında, jel gücünün ise 162-232 arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Norsker ve ark. 2000, şeker pancarı posasının, ferulik asitlerin çapraz bağlanması sonucu, oksidatif jel yapma özelliğinden yararlanarak iki lakkaz bir peroksidaz ile farklı gıdalarda jel oluşumu incelenmiştir. Jellerin dokusal özellikleri doku analizatörü ile ölçülmüştür. Siyah kuşüzümü suyu, süt ve doğranmış ısıtılmış et emülsiyonu üzerinde şeker pancarı pektini ile enzimatik jelleşmeye şeker, tuz ve protein eklenmesinin etkisi incelenmiştir. Tuz eklenmesi yumuşak, daha az sert ve yapışkan jel yaparken, şeker eklenmesi jelin sertliğini artırmış, fakat yüksek şeker konsantrasyonlarında jeli daha kırılğan yapmıştır. Protein eklenmesinin jelin sertliğini ve kıvamını azalttığını belirtmişlerdir.

Liu ve ark. 2002, Texas, USA'dan alınan 'Rio Red' greyfurtunun (Citrus paradisi Macf) anatomik üç katmanındaki pektin içeriği ve kimyasal bileşenlerinin mevsimsel değişimi incelenmiştir. Ağustos 1988 ve Mayıs 1999 tarihleri arasında meyveler hasat edilmiştir. Sezon ortasında (Kasım ve Ocak) albedo ve parçalara ayrılmış membrandaki pektin içeriği en az iken, flavedodaki pektin içeriği sezon boyunca azalmıştır. Üç katmanda da sezon ortasında pektindeki anhidrogalakturonik asit içeriği en yüksektir. Sezon boyunca üç katmanda da metoksil miktarı artmış, toplam nötral şeker içeriği azalmıştır. Greyfurt pektininin fibroblast büyüme faktörü-fibroblast büyüme faktörü reseptörü bağlantısı üzerindeki etkisi in vitro olarak araştırılmıştır. Sonuçlar greyfurt pektininin fibroblast büyüme faktörünün reseptörüne bağlanmasını %0,1µg/ml heparin varlığında inhibe ettiğini göstermiştir. En iyi inhibitörün Ocak ayında hasat edilen greyfurttaki albedo pektini olduğu bildirilmiştir.

Mesbahi ve ark. 2005, şeker pancarı posasını pH 1,0-1,5 arasında, 80-90°C sıcaklıklarda ve 1-4 saat arasında değişen ekstraksiyon süresinde ekstrakte etmişlerdir. En yüksek verim 90°C, 4 saat ve pH 1' de %22,4 olarak belirlenmiştir. Şeker pancarı pektini ile ticari narenciye pektini kimyasal bileşenler açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca şeker pancarı pektini ile narenciye pektini bazı gıdalarda kullanılmış ve fonksiyonel özellikleri karşılaştırılmıştır. Amonyum persülfat ve yüksek pH seviyelerinin viskozite ve jelleşme özelliklerine olan etkisi incelenmiş ve sonuçta pancar pektini ve ticari narenciye pektininin bazı gıdaların tatları üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre ekstrakte edilen şeker pancarı pektininin ketçap domates sosu gibi bazı gıdalarda kıvamlaştırıcı veya viskoziteyi artırma ajanı olarak kullanılabilceği, bununla birlikte şeker pancarı pektini ticari narenciye pektini ile karşılaştırıldığında gıdalarda jel yapma yeteneğinin olmadığı bildirilmiştir.

Liu ve ark. 2006, portakal kabuklarından pektin ekstraksiyonunu farklı örnek(albedo)-çözücü(su) oranlarında, farklı pH' larda ve suyla uygulanan farklı ekstraksiyon teknikleri ile çalışmışlardır. Örnek(albedo)-çözücü(su) oranı 1:12,5 olduğunda maksimum toplam azot ve pektin verimi elde etmişlerdir. Uygulanan ekstraksiyon tekniklerinden el basınçlı ve mikrodalga tekniklerinin kombinasyonu

portakalın flavedo kısmından elde ettikleri pektin verimini %12 bulmuşlardır. Bu yöntemler tek başlarına uygulandıklarında ise elde ettikleri pektin veriminin %12' den daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.

Açıkgöz Ç. ve Poyraz Z. 2006, ayvadan maksimum pektin eldesi için 0,01M HCl çözeltisi (pH 2) içindeki pektin ekstraksiyonunda optimum sıcaklık ve süre denemeleri yapmışlardır. Pektinin verimi, galakturonik asit ve esterleşme derecesi içeriği ve jelleşme özelliklerini incelemişlerdir. Maksimum pektin verimine %2,86 (yaş ağırlık üzerinden) olarak 90°C ekstraksiyon sıcaklığında ve 90 dakika ekstraksiyon süresinde ulaşılmıştır. Pektin numunelerinin esterleşme derecesini %85,27, galaturonik asit miktarını %97,80 olarak bulmuşlardır. Bu değerlere göre ayva pektininin yüksek metoksilli ve hızlı jelleşebilen türde pektin olduğunu ve reçel ile jöle üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilineceğini rapor etmişlerdir.

Ptichkina ve ark. 2008, *Aspergillus awamori*'den elde edilmiş enzim preparatı kullanarak, balkabağı posasından pektin ekstraksiyonu üzerinde çalışmışlardır. *Aspergillus awamori*'den elde edilen enzim preparatı, selüloz ve bitki dokusundaki diğer çözünmez bileşenleri parçalamanın yanında biraz da pektinaz aktivitesi göstermiştir. 3 saatlik deney süresinde esterleşme derecesini %53 olarak bulmuşlardır. Deney süresini uzatmaları sonucunda esterleşme derecesi azalarak esterleşmemiş galaturonik asit birimleri açığa çıkmıştır. Esterleşmemiş galakturonik asit birimlerinin kurşun ve diğer bazı ağır metalleri bağlayabildiğini rapor etmişler, çalışma sonunda bazı medikal ve gıda uygulamaları önermişlerdir.

Lee ve ark. 2012, Yuza (*Citrus junos*) narenciye posasını, birleştirilmiş fiziksel-enzimatik ve kimyasal ekstraksiyona tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri pektinleri verim, esterleşme derecesi ve galakturonik asit değerlerince kıyaslamışlardır. Fiziksel-enzimatik yöntemde Yuza posasını destile suda bekletmiş ve oda sıcaklığında 5 dakika çöktürmüşlerdir. Çöktürülen posayı filtrelemiş ve ardından tekrar destile su ekleyip 121°C' de 5 dakika otoklavlamışlardır. Hemen sonrasında enzimatik ekstraksiyonu yapmışlardır. Bu yöntemle elde ettikleri pektinin galaturonik asit miktarını %55, verimini %7,3, esterleşme derecesini %46 olarak bulmuşlardır. Kimyasal ekstraksiyonda Yuza posasını dört kez 70°C' de 20 dakika %85 etanolle muamele etmişlerdir. Ardından posayı filtre etmiş, okzalik asit/

amonyum okzalata 85°C 'de 1 saat karıştırmış ve filtre etmişlerdir. Bu yöntemle elde ettikleri pektinin galaturonik asit miktarını %72,3, verimini değişen ekstraksiyon koşullarına göre % 4-19 arasında, esterleşme derecesini %41 olarak bulmuşlardır. Bu iki yöntemde elde ettikleri pektinlerden kimyasal ekstraksiyonla elde ettikleri pektinin sulu çözeltisinin viskozitesinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Combo ve ark. 2012, altı ticari pektinazın (Endopolygalacturonase M2, Pectinase, Viscozyme L, Pectinex Ultra SP-L, Pectinase 62L and Macer8 FJ) galakturonik asitten oluşan pektik oligosakkaritler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Enzim hidrolizatlarının analizini HPAEC-PAD (high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection) ile yapmışlar ve aldıkları sonuçlara göre; Endopoligalakturonaz M2 dışındaki enzimlerin narenciye pektinini ekzo uçlarından ve rastgele parçalayarak pektik oligosakkaritler oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Altı enzimin her birini, narenciye posası pektinine gösterdiği spesifiklik ve enzimatik reaksiyonun süresi bakımından ayrı ayrı kıyaslamışlar, sonuçta her bir enzimin farklı oranlarda oligogalakturonik asit açığa çıkardığını tespit etmişlerdir. Sonuçta Endopoligalakturonaz M2'nin oligogalakturonik asit, Pektinaz 62L'nin ise galakturonik asit birimlerini açığa çıkaran en iyi enzim preparatları olduklarını rapor etmişlerdir.

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında;

- 1) Şimdiye kadar pektin eldesinde kullanılmamış olan Kütdiken limonu posasının pektin kaynağı olarak kullanılması,
- 2) Kimyasal ve enzimatik yöntemle Kütdiken limonu posasından pektin eldesinin optimizasyonunun yapılması
- 3) Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin karakteristik özellikleri (galakturonik asit miktarı, esterleşme derecesi, jel oluşturma gücü ile nem ve kül içeriği) belirlenerek karşılaştırılması amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Materyal

3.1.1. Limon Temini

Kütdiken limonu (Limonun türü Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü tarafından belirlenmiştir) Mersin’ deki bir turunçgil bahçesinden alınmış, limon posası hazırlanıncaya kadar +4°C’ de muhafaza edilmiştir.

3.1.2. Kimyasallar

Araştırmada kullanılan tüm reaktifler analitik saflıkta olup Merck veya Sigma firmalarından sağlanmıştır.

Pektinaz (*Aspergillus niger*, ≥ 5 units/mg), hidroklorik asit (%37, v/v), sülfürik asit (H₂SO₄), sodyum hidroksit (NaOH), etil alkol, 2-propanol, fenolftalein, metil kırmızısı, magnezyum sülfat heptahidrat, sükroz, tartarik asit.

3.1.3. Araç ve Gereçler

Magnetik ısıtıcı-karıştırıcı (Are), inkübatör (Memmert), analitik terazi (Denver), otomatik pipet (Brand), pH metre (Hanna), girdap karıştırıcı, desikatör, su buharı destilasyon sistemi, büret, kül fırını (Protherm), etüv (Elektro-mag), infrared spektrofotometre cihazı (Perkin Elmer, FT-IR 2000).

3.2. Metot

3.2.1. Limon Posasının Hazırlanması

Denemede kullanılan Kütdiken limonu Mersin’ de bulunan bir turunçgil bahçesinden temin edilmiştir. Pektin içeriğinin fazla olması dolayısıyla, limon

kabuğunun albedo kısmının kalın olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Limonlar yıkanmış, kurulanmış, tartılıp not edilmiştir. Albedo kısmı limonun üzerinde kalacak şekilde limonun flavedo (renkli kabuk) kısmı ince ince soyulduktan sonra kalan kısım tekrar tartılmıştır. Limon ikiye bölünüp suyu iyice sıkılmış, kalan posa tekrar tartılmıştır. Limon posası blenderdan geçirilmiş, posa tekrar tartılmıştır. Blenderdan geçen posa saf su ile iyice yıkanıp kurutulularak tekrar tartılmıştır. Elde edilen limon posası pektin eldesinde kullanılmıştır.

3.2.2. Pektinin Limon Posasından İzolasyonu

Kimyasal yöntemle pektin eldesi için; 10 g limon posası 1:17 oranında (170 mL) sulandırılmış HCl (2 mL/1 L, pH: 2,45) ile 75, 80 ve 85°C' lerde; 90, 120 ve 150 dk sürelerde sık sık karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Karışım sıcakken ipek bez süzgeçten süzülmüştür. Süzüntü yoğunlaştırılmış, sonra oda sıcaklığına gelmesi beklenmiş, süzüntü hacmi kadar 2-propanol eklenerek pektin çöktürülmüştür. Çöken pektin +4°C' de 1 saat bekletilmiş ve daha sonra ipek bez süzgeçten süzülmüştür. HCl ile asitlendirilmiş su kullanılarak yapılan ekstraksiyonda elde edilen pektinler, Cl⁻ iyonlarının uzaklaştırılması amacı ile, %96' lık etil alkol ile yıkanmıştır. Darası alınmış saat camı üzerine alınan pektin 60°C' de kurutulmuştur. Öğütüldükten sonra tartımı alınmıştır.

Enzimatik pektin eldesi USP (2003)' te önerilen yöntemde bir takım modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. Bu yöntemde göre; 10 g limon posası 1:17,5 oranında (175 mL) sulandırılmış H₂SO₄ (4,657 mL/1 L, pH: 1,8) ile 2 saat sık sık karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Ardından 25, 35, 45 ve 55°C sıcaklıklarda ve pH 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 ve 3,5 değerlerinde, 10 g limon posasına 25 µL *Aspergillus niger* pektinazı ilave edilip hızlıca karıştırılarak ekstraksiyona enzimatik olarak devam edilmiştir. 10 dk reaksiyon süresinin sonrasında ekstraktın sıcaklığı 70°C' ye getirilerek enzim inaktive edilmiştir. Karışım sıcakken ipek bez süzgeçten süzülmüştür. Süzüntü yoğunlaştırılmış, sonra oda sıcaklığına gelmesi beklenmiş, süzüntü hacmi kadar 2-propanol eklenerek pektin çöktürülmüştür. Çöken pektin +4°C' de 1 saat bekletilmiş ve daha sonra ipek bez süzgeçten süzülmüştür. Darası

alınmış saat camı üzerine alınan pektin 60°C' de kurutulmuştur. Öğütüldükten sonra tartımı alınmıştır.

3.2.3. FTIR Spektroskopisi

Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin yapıları FTIR spektroskopisi ile aydınlatılmıştır.

3.2.4. Galakturonik Asit ve Esterleşme Derecesi Tayini

Pektinlerin galakturonik asit ve esterleşme derecesinin belirlenmesinde FAO (2009)' ta önerilen yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemle göre; 5 g pektin, 100 mL %60' lık etil alkol ve 5 mL 2,7 M HCl karışımı ile 10 dk karıştırılmıştır. Karışım filtre kağıdından geçirilerek süzölmüştür. 2,7 M' lık HCl' den 5 mL ve %60' lık etil alkolden 100 mL eklenilerek oluşturulan karışımdan 15'er mL ile filtre kağıdında kalan süzöntü 6 kez yıkanmıştır. Sonra %60' lık etil alkol ile Cl⁻ iyonları yok oluncaya kadar yıkanmıştır. Süzöntü son kez %96' lık 20 mL etil alkol ile yıkanmıştır. Filtre kağıdında kalan katı madde darası alınmış saat camında, 105°C deki etüvde 2,5 saat kurutulmuştur.

Kurutulan katı madde miktarının 1/10 u kadar tartılıp 250 mL' lik erlene alınmıştır. 2 mL %96' lık etil alkol ile ısıtılmıştır. 100 mL (kaynatılıp soğutulmuş, CO₂ gazı içermeyen) saf su ilave edilerek katı madde çözünmesiye kadar karıştırılmıştır. Oluşan çözelti üzerine 5 damla fenolftalein indikatörü damlatılıp 0,1 M NaOH ile titre edilmiştir. Sarf edilen NaOH, V₁ mL olarak kaydedilmiştir. Titre edilen karışıma 0,5 M 20 mL NaOH ilave edilip tıkaç takılarak hızla çalkalanmıştır. 15dk bekledikten sonra 0,5 M 20 mL HCl ilave edilip pembe renk kayboluncaya kadar çalkalanmıştır. 3 damla fenolftalein eklenmiştir. Çözelti 0,1 M NaOH ile titre edilmiştir. Hızla çalkalayınca sürekli sönük bir pembe renk oluşunca titrasyon durdurulmuştur. Sarf edilen NaOH, V₂ mL olarak kaydedilmiştir.

Esterleşme Derecesi Hesaplanması

$$\%DE = V_2 / (V_1 + V_2) \times 100$$

Galakturonik Asit Miktarı Hesaplanması

$$\% GA = (V_1 + V_2) \times 19,41 \times 1000 / X$$

X = yıkanmış ve kurutulmuş örnek miktarı

3.2.5. Nem Tayini

Pektinlerin nem tayini MEGEP (2007)' de belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre; sabit tartıma getirilmiş saat camlarına kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilmiş pektinlerden 2 g tartılmış, 70°C' de sabit tartıma gelene dek kurutulmuş ve nem miktarı hesaplanmıştır.

3.2.6. Kül Tayini

Pektinlerin kül tayinleri MEB (2010)'da belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre; sabit tartıma getirilmiş krozelere 2 g pektin tartılmış, 4 saat 600°C' de yakıldıktan sonra tartılarak kül miktarı hesaplanmıştır.

3.2.7. Jel Denemesi

Pektinlerden jel oluştururken Açıkgöz ve Poyraz (2006) tarafından kullanılan yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle göre; 4,33 g pektinle 40 g sükröz iyice karıştırılmıştır. Karışıma 405 mL saf su ilave edilmiştir. Karışım ısıtıcı üzerinde karıştırılmış, pektin ve sükröz çözündürülerek kaynatılmıştır. 606 g sükröz parça parça eklenerek çözünmesi sağlanmıştır. Karışım 1015 g olunca ısıtıcıdan alınmış, sıcaklığı 95°C oluncaya kadar termometre ile karıştırılmıştır. Cam bardaklara 2 mL %48,8' lik tartarik asit çözeltisi eklenmiş, hazırlanan karışım tek seferde bekleme yapılmadan dökülmüş, karışım ile asidin karışması için iyice karıştırılmıştır. Bardaklar 25°C' lik inkübatörde 24 saat bekletilmiştir. Bekleme süresi bitiminde jellerin görsel ve duyuşal özelliklerine bakılmış ve gıda sanayisinin hangi alanlarında kullanılabileceği ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Limon Posasının Hazırlanması

Mersin’ deki bir turunçgil bahçesinden, alınan 27,5 kg Kütdiken limonu (şekil 4.1.) laboratuvarında yıkanıp kurutulmuş, 27,5 kg olarak kaydedilmiştir. Limon kabuğunun flavedo kısmı ince ince soyulmuş, tartılmış ve 22 kg olarak kaydedilmiştir. Limonların suyu iyice sıkılmış, susuz kalan limon posası tartılmış ve 10,3 kg olarak tartılmıştır. Limon posası blender yardımıyla küçük parçalara ayrılarak tartılıp 10 kg olarak kaydedilmiştir. Limon posası limon suyundan kalabilecek olan asitliğinden arındırılmak amacı ile saf suyla yıkanmış tekrar tartılmış, 11,5 kg olarak kaydedilmiştir. Limon posası 55°C’ deki etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan posa toplamda 2,04 kg olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.2.’ de gösterilen 55°C’ deki etüvde kurutulmuş limon posası kimyasal ve enzimatik yöntemle pektin eldesinde hammadde olarak kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Deneylerde ana materyal olarak kullanılan Kütiken limonu



Şekil 4.2. Kurutulmuş limon posası

4.2. Pektinin Limon Posasından İzolasyonu

4.2.1. Kimyasal Yöntemle Pektin Eldesi

Kimyasal yöntemle pektin eldesi için ekstraksiyon koşulları sıcaklık ve süre açısından optimize edilmiş, bulgular çizelge 4.1.'de verilmiştir. 100 g limon posasından elde edilen en yüksek pektin verimi olan %23,2; 75°C' de, 150 dk sürede elde edilmiştir. Pektin kurutup öğütülerek +4°C'de saklanmıştır. FTIR, galakturonik asit ve esterleşme derecesi, nem ve kül tayini ile jel denemeleri öğütülmüş olan pektinle yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Kimyasal yöntemle pektin eldesinin optimizasyonu

Limon Posası (g)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Kuru pektin (g)
10	75	90	1,84
		120	2,07
		150	2,32*
		180	1,96
		240	1,48
		270	1,21
10	80	90	1,42
		120	1,48
		150	1,78
10	85	90	1,11
		120	1,48
		150	2,17



Şekil 4.3. Kimyasal yöntemle elde edilen pektin



Şekil 4.4. Kimyasal yöntemle elde edilen, öğütülmüş pektin

4.2.2. Enzimatik Yöntemle Pektin Eldesi

Enzimatik yöntemle pektin eldesi için ekstraksiyon koşulları sıcaklık ve pH açısından optimize edilmiş, bulgular çizelge 4.2.' de verilmiştir. 100 g limon posasından elde edilen en yüksek pektin verimi olan %21,8; 45°C'de, pH 2,0' de elde edilmiştir. Pektin kurutup öğütülerek +4°C'de saklanmıştır. FTIR, galakturonik asit ve esterleşme derecesi, nem ve kül tayini ile jel denemeleri öğütülmüş olan pektinle yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Enzimatik yöntemle pektin eldesinin optimizasyonu

Limon Posası (g)	Enzim miktarı (µL)	Sıcaklık (°C)	pH	Kuru pektin (g)
10	25	25	1,5	1,31
			2	1,33
			2,5	1,47
			3	1,44
			3,5	0,92
10	25	35	1,5	1,44
			2	1,62
			2,5	1,82
			3	1,57
			3,5	1,14
10	25	45	1,5	1,36
			2	2,18*
			2,5	1,73
			3	1,76
			3,5	0,51
10	25	55	1,5	0,43
			2	2,19
			2,5	1,37
			3	1,22
			3,5	0,53



Şekil 4.5. Enzimatik yöntemle elde edilen pektin

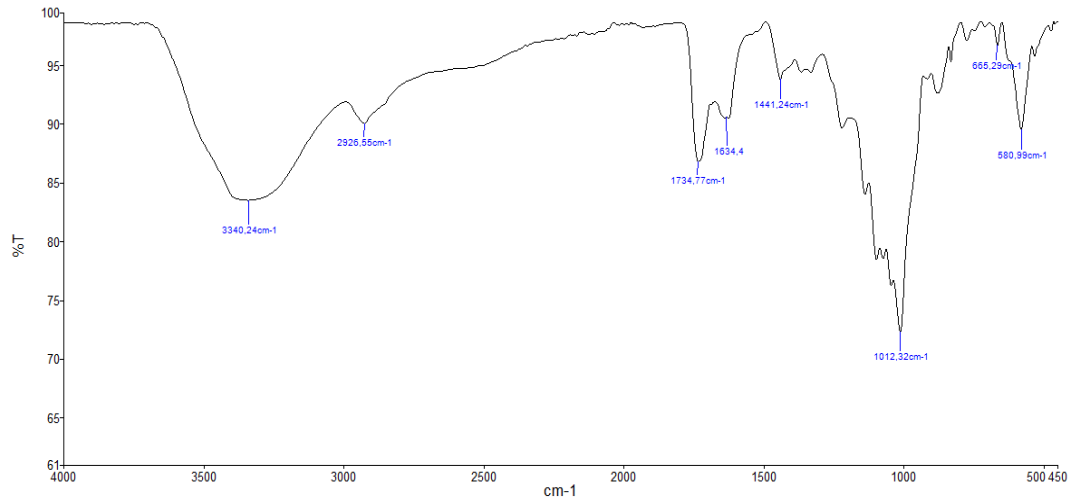


Şekil 4.6. Enzimatik yöntemle elde edilen, öğütülmüş pektin

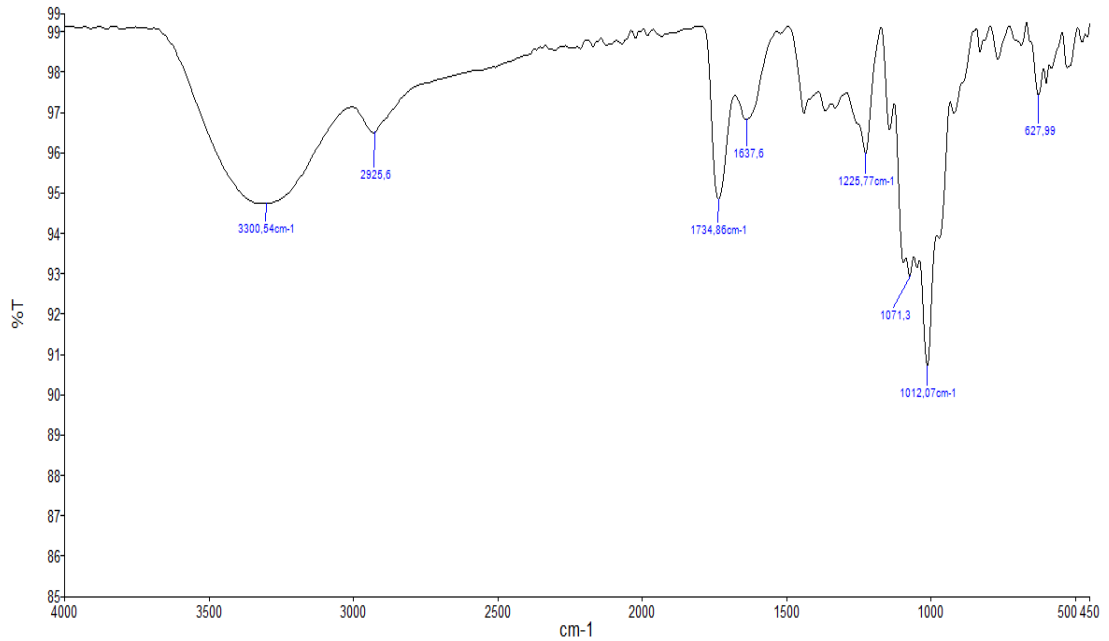
4.3. FTIR Spektroskopisi

Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektin numunelerinin IR spektrumu Perkin Elmer, FT-IR 2000 marka infrared spektrofotometre cihazı ile alınmış ve fonksiyonel gruplar belirlenmiştir. Elde edilen numunelerin IR spektrumu Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kimyasal yöntemle elde edilen pektinin FTIR spektroskopisi



Çizelge 4.4. Enzimatik yöntemle elde edilen pektinin FTIR spektroskopisi



IR spekturumları bazı fonksiyonlu grupların belirgin piklerini verir. 3200–3600 cm^{-1} arasındaki geniş pik pektinde çok fazla hidroksil (-OH) gruplarının olduğunu göstermektedir (Arslan ve Kar, 1999). 1734 cm^{-1} pik esterlerde görülen karbonil (C=O) gerilmesidir ve pektinde asetil (-COCH₃) gruplarının varlığını gösterir. 1634ve 1637 cm^{-1} pikleri hidroksil (-OH) gerilme titreşim bandını belirtir. 1384- 1445 cm^{-1} deki bantlar metil (-CH₃) grubunun varlığını gösterir. 1015-1104 cm^{-1} bantları C-O eğilme veya gerilme titreşimlerinden oluşur. Esterlerin spekturumunda bu bölgede bir veya iki kuvvetli band bulunur. Bu bantların varlığı pektindeki metil esterlerinin varlığını destekler (Açıkgöz ve Poyraz, 2006). 1734 cm^{-1} pikindeki yüksek yoğunluk pektinin metilasyon derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Souza ve ark., 2012).

4.4. Galakturonik Asit ve Esterleşme Derecesi Tayini

Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinler 5 g tartılarak ön işleme tabi tutulmuş sonrasında yıkanıp 105°C' deki etüvde 2,5 saat kurutulmuştur.

Çizelge 4.5. Yıkanıp kurutulmuş pektin miktarları

Elde edilmiş yöntemine göre pektin çeşidi	Yıkanıp kurutulmuş pektin ağırlığı (g)
Kimyasal	3,12
Enzimatik	3,45

Yıkanıp kurutulmuş pektinden 1/10 oranında tartılıp galakturonik asit ve esterleşme derecesi deneyleri yapılmıştır. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinler için üçer deney seti çalışılmıştır. V₁ ve V₂ değerleri bulunduktan sonra aşağıda verilen eşitliklerle pektinlere ait esterleşme derecesi ve galakturonik asit miktarı hesaplanmıştır.

Esterleşme Derecesi Hesaplanması

$$\%DE = V_2 / (V_1 + V_2) \times 100$$

Galakturonik Asit Miktarı Hesaplanması

$$\% GA = (V_1 + V_2) \times 19,41 \times 1000 / X$$

X = yıkanmış ve kurutulmuş örnek miktarı

Bulgulara göre; kimyasal yöntem pektininin esterleşme derecesi %78,8, galakturonik asit miktarı %95,7, enzimatik yöntem pektininin esterleşme derecesi %71,8, galakturonik asit miktarı % 94,5 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinin esterleşme derecesi ve galakturonik asit miktarı

	Kimyasal yöntemle elde edilen pektin	Enzimatik yöntemle elde edilen pektin
V ₁	2,8	4,5
	3,2	4,7
	3,7	5,0
V ₂	13	12,3
	12,1	11,8
	11,4	12,1
%DE	82,2	73,2
	79,0	71,5
	75,4	70,7
Ortalama %DE	78,8	71,8
% GA	98,2	94,5
	95,1	92,8
	93,9	96,2
Ortalama % GA	95,7	94,5

4.5. Nem Tayini

Sabit tartıma getirilmiş saat camlarına kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilmiş pektinlerden 2 g tartılmış, 4 saat 70°C' de sabit tartıma gelene dek

kurutulmuş ve nem miktarı hesaplanmıştır. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinler için üçer deney seti çalışılmış, sırasıyla ortalama nem miktarları %7,6 (w/w) ve %10,0 (w/w) bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin nem tayini

	Nem (%w/w)	Ortalama Nem (%w/w)
Kimyasal Yöntemle Elde Edilen Pektin	7,8	7,6
	7,7	
	7,3	
Enzimatik Yöntemle Elde Edilen Pektin	9,85	10,0
	10,75	
	9,6	

4.6. Kül Tayini

Sabit tartıma getirilmiş krozelere 2 g pektin tartılmış, 4 saat 600°C' de yakıldıktan sonra tartılarak kül miktarı hesaplanmıştır. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinler için üçer deney seti çalışılmış, sırasıyla ortalama kül miktarları %3,4 (w/w) ve %7,68 (w/w) bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin kül tayini

	Kül (%w/w)	Ortalama Kül (%w/w)
Kimyasal Yöntemle Elde Edilen Pektin	3,25	3,4
	3,55	
	3,4	
Enzimatik Yöntemle Elde Edilen Pektin	7,8	7,68
	7,95	
	7,3	

4.7. Jel Denemesi

Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin jelleri yapılmış, görsel ve duyuşsal özelliklerine bakılmıştır. Kimyasal yöntem pektininin jel özellikleri;

- Kokusuz,
- Sarı renkli,
- Yoğun kıvamlı,
- İçinde askıda kalmış partiküller bulunan,
- Enzimatik yöntem pektininin jeline oranla daha sert nitelikli ve
- pH değeri 1,8 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Kimyasal yöntemle elde edilen pektinin jeli

Enzimatik yöntem pektininin jel özellikleri;

- Kokusuz,
- Kahverengi renkli,

- Az yoğun kıvamlı,
- İçinde askıda kalmış partiküller bulunan,
- Kimyasal metod pektininin jeline oranla daha akışkan nitelikli ve
- pH değeri 1,8 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Enzimatik yöntemle elde edilen pektinin jeli

4.8. Tartışma

Literatürde pektin eldesinde portakal, limon, greyfurt, elma, ayva, şeftali, mango, şeker pancarı, balkabağı, sarı çarkıfelek meyvesi gibi çeşitli kaynaklar kullanılmıştır. Fakat özellikle Kütdiken limonundan pektin eldesine rastlanmamıştır.

Literatürde farklı kaynaklar kullanılarak çeşitli ekstraksiyon yöntemleri, asitler, alkoller ve enzimlerle pektin elde edilmiş, bu çalışmalar sonucunda da farklı tür ve verimdeki pektinler rapor edilmiştir. Mesbahi ve ark. (2005) şeker pancarı posasını HCl ile (pH 1,0) ekstrakte etmişler, pektini çöktürmek için izopropil alkol kullanmışlardır. En yüksek verim %22,4, esterleşme derecesi %58,92 olarak belirlenmiş, pektin türünün narenciye pektini kadar iyi sertlikte jeller oluşturmadığını

belirtmişlerdir. Liu ve ark. (2006) portakal kabuklarından pektin ekstraksiyonu için el basınçlı ve mikrodalga tekniklerini kombine etmişler, portakalın flavedo kısmından elde ettikleri pektin verimini %12 bulmuşlardır. Bu yöntemlerin ayrı ayrı uygulandıklarında ise elde ettikleri pektin veriminin %12' den daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Ptichkina ve ark. (2008) *Aspergillus awamori*'den elde edilmiş enzim preparatı kullanarak, balkabağı posasından pektin ekstraksiyonu üzerinde çalışmışlardır. *Aspergillus awamori*' den elde edilen enzim preparatı, selüloz ve bitki dokusundaki diğer çözünmez bileşenleri parçalamanın yanında biraz da pektinaz aktivitesi göstermiştir. Esterleşme derecesini (DM) %53 olarak bulmuşlardır. Diyet besinlerinde bu pektinin vücuttaki ağır ve radyoaktif elementleri bağlayıp uzaklaştırabileceğini, ayrıca şekerlemecilikte, jöle kaplı keklerde, meyve jölesi hazırlamada ve yumuşak içeceklerde kullanılabilceğini önermişlerdir. Bu tür pektinin yüksek katyon bağlama özelliği nedeniyle iyileştirici ve önleyici olarak sınıflandırılabilceği belirtilmiştir. Yapı, B.M. (2009) Sarı çarkıfelek meyvesi kabuklarından pektin ekstraktesi için sitrik, nitrik ve sülfirik asit kullanmıştır. Sitrik asitte pektin verimi en düşük (%2,8), esterleşme derecesi(%73) ve jelleşme özelliğini (°sag 179) en yüksek bulmuştur. Sitrik asitle ekstrakte olan pektinin esterleşme derecesi ve jelleşme özellikleri bakımından limon pektinine benzer olduğunu bulmuştur. Lee ve ark. 2012, Yuza (*Citrus junos*) narenciye posasını, birleştirilmiş fiziksel-enzimatik ve kimyasal ekstraksiyona tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri pektinleri verim, esterleşme derecesi ve galakturonik asit değerlerince kıyaslamışlardır. Fiziksel-enzimatik yöntemde elde ettikleri pektinin galaturonik asit miktarını %55, verimini %7,3, esterleşme derecesini %46 olarak bulmuşlardır. Kimyasal ekstraksiyonda elde ettikleri pektinin galaturonik asit miktarını %72,3, verimini değişen ekstraksiyon koşullarına göre % 4-19 arasında, esterleşme derecesini %41 olarak bulmuşlardır. Lira-Ortiz ve ark., (2014) kompleks yapıcı ajanların varlığında su ile ard arda yapılan ekstraksiyonla hint inciri meyvesinden düşük metoksilli pektin ekstrakte etmişler ve pektinin esterleşme derecesini %30,7 olarak belirlemişlerdir.

Ayçiçeği tablasından %14 verimle Turmuçin ve ark., (1981); portakal, greylift ve limon kabuklarından sırasıyla % 8,15, % 6,35, %11,0 verimle Rouse ve

Crandall (1976); şeker pancarı küspesinden % 21,75 verimle Arslan ve Aşan (1993) pektin elde ettiklerini rapor etmişlerdir.

Arslan ve Kar (1999) portakal posası pektininin HCl ile ekstraksiyonunda optimum koşulları 90°C sıcaklık, pH 2,5 ve 90 dk ekstraksiyon süresi olarak belirlemişlerdir. Esterleşme derecesini %74,46, kül miktarını %6,07 olarak belirlemişler, portakal pektininin yüksek metoksilli ve hızlı jelleşen pektin olduğunu rapor etmişlerdir. Açıkgöz ve Poyraz (2006) ayvadan pektin eldesi için ayvayı 0,01 M HCl (pH 2) ile ekstrakte etmişler, optimum sıcaklığı 90°C ve optimum süreyi 90 dk olarak belirlemişler, pektini çöktürmek için etanol kullanmışlardır. Bu yolla elde edilen pektin verimi %2,86 (yaş ağırlık üzerinden), esterleşme derecesi %85,27, galakturonik asit miktarını %97,80, nem miktarını %8,9, kül miktarını %2,7, jel derecesini 165,40 olarak belirlemişlerdir. Bulunan değerlerin Gıda Maddeleri Kodeksi' nde pektin için verilen standartlara uygun olduğunu, yüksek galakturonik asit miktarının ve düşük kül değerinin elde edilen pektinin kalitesini ve saflığını gösteren önemli iki kriter olduğunu belirtmişlerdir. Bu değerlere göre ayva pektininin yüksek metoksilli ve hızlı jelleşebilen türde pektin olduğunu ve reçel ile jöle üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilineceğini rapor etmişlerdir.

USP (2003) tarafından belirtilen yöntemle göre şeker pancarı posası H₂SO₄ ile 75°C' de 2 saat ekstrakte edilmiş, ardından enzimatik ekstraksiyon Viscozyme 120L ile devam ettirilmiştir. Bu yolla elde edilen pektin renksiz, pH' ı 3,5 ve molekül ağırlığı 30000 Da olarak belirlenmiş, bu pektinin emülsifiye edici ve çözünebilir lif bileşeni olarak gıdalarda kullanılabilceği bildirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi standartlarına göre; pektinin yapısında toplam galakturonik asit miktarının %65 üzeri olması, maksimum kül miktarının %12'nin altında, renginin açık sarı ya da açık kahverengi olması gerektiği belirtilmiştir.

Kütdiken limonu posasından kimyasal ve enzimatik yöntemle pektin eldesinde, yöntemlerin karşılıklı kıyaslaması çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kimyasal ve enzimatik yöntemle pektin eldesinin karşılaştırılması

Nitelikler	Kimyasal Yöntem	Enzimatik Yöntem
Ekstraksiyonda kullanılan asit ve derişimi	HCl (2mL/1L)	H ₂ SO ₄ (4,657 mL/1 L)
Ekstraksiyonda 10g limon posasına kullanılan asit miktarı	170 mL	175 mL
Ekstraksiyon süresi	150 dk	130dk
Ekstraksiyon sıcaklığı	75°C	45°C
Ekstraksiyon pH' ı	2,45	1,8
100 g limon posası üzerinden elde edilen pektin verimi	%23,2	%21,8
Elde edilen pektin rengi	Koyu sarı	Koyu kahverengi
Esterleşme derecesi	%78,8	%71,8
Galakturonik asit miktarı	%95,7,	%94,5
Nem miktarı	%7,6	%10,0
Kül miktarı	%3,4	%7,68
Jel rengi	Açık sarı	Açık kahverengi
Jel kıvamı	Yoğun	Kimyasal yöntem pektinine göre az yoğun
Jel pH değeri	1,8	1,8

Çizelge 4.10. Kimyasal ve enzimatik yöntemin pektin eldesi bakımından karşılaştırması

Kimyasal Yöntem	Enzimatik Yöntem
Kimyasal reaksiyonlarda kullanılan asit kullanılan aletlerinin korozyonuna ve su kirliliğine neden olabilmektedir.	Enzimatik uygulama su kirliliğini azaltmakta ve daha az zararlı kirlilik bırakmaktadır.
Kimyasal reaksiyonların yüksek pH ve sıcaklıkta, uzun sürede gerçekleşmesi, daha az tercih edilir kılmaktadır.	Enzimatik uygulama daha kısa sürede, düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi nedeniyle kimyasal uygulamaya göre daha çok tercih edilebilir.
Kimyasal uygulamalarda ekstraksiyon süreci yeterince iyi kontrol edilmezse pektin tamamen degrade olabilmekte ve jelleşme özelliğini kaybedebilmektedir.	Enzimatik uygulamalarda ekstraksiyon süreci yeterince iyi kontrol edilmezse pektin enzimler tarafından degrade olabilmekte ve jelleşme özelliğini kaybedebilmektedir. Ancak enzimin kontrollü inhibisyonu ile bu problem önlenabilir.

Yukarıda verilen bilgilerden yola çıkılarak;

- FTIR spektroskopisi sonucunda her iki yöntemle elde edilen ürünlerin içerdiği fonksiyonel gruplarına bakılarak pektin olduğu ve yüksek oranda metoksil içerdiği anlaşılmıştır.
- Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinlerin 100 g limon posasından elde edilen verimleri, galakturonik asit ve esterleşme derecesi, nem ve kül değerlerinin birbirlerine yakın bulunması bu iki yöntemle elde edilen pektinin aynı türde ve yüksek metoksilli olduğunu, ayrıca bu iki yöntemin pektin eldesinde birbirine alternatif iki yöntem olduğunu da göstermektedir.

- İki yöntemle de elde edilen pektinlerin %50'den yüksek olan esterleşme derecesi, onların yüksek metoksilli ve hızlı jelleşen pektinler olduğunu göstermektedir.
- Kimyasal ve enzimatik yöntemle elde edilen pektinler Türk Gıda Kodeksi standartlarına uygundur ve %65'den yüksek galakturonik asit içeriği ile %12'den düşük kül içeriği, pektinlerin yüksek kalitede olduğunu gösteren iki önemli kriterdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

- 1- Kimyasal yöntemle 100 g limon posasından maksimum %23,2 verimle pektin elde edilmiştir.
- 2- Enzimatik yöntemle 100 g limon posasından maksimum %21,8 verimle pektin elde edilmiştir.
- 3- Kimyasal yöntemle maksimum verimde pektin eldesi için optimum sıcaklık 75°C, süre ise 150 dk olarak belirlenmiştir.
- 4- Enzimatik yöntemle maksimum verimde pektin eldesi için optimum sıcaklık 45°C, pH ise 2,0 olarak belirlenmiştir.
- 5- Kimyasal yöntemle elde edilen pektin koyu sarı renkte elde edilmiştir.
- 6- Enzimatik yöntemle elde edilen pektin koyu kahverengi renkte elde edilmiştir.
- 7- Kimyasal ve enzimatik yöntem pektinlerinin FTIR spektroskopisi ile aydınlatılmış, fonksiyonel grupları belirlenmiştir.
- 8- Kimyasal yöntemle elde edilen pektinin esterleşme derecesi %78,8; galakturonik asit içeriği %95,7 olarak tayin edilmiştir.
- 9- Enzimatik yöntemle elde edilen pektinin esterleşme derecesi %71,8; galakturonik asit içeriği %94,5 olarak tayin edilmiştir.
- 10- Kimyasal ve enzimatik yöntem pektinlerinin nem miktarları sırasıyla %7,6 ve %10,0 olarak belirlenmiştir.
- 11- Kimyasal ve enzimatik yöntem pektinlerinin kül miktarları sırasıyla %3,4 ve %7,68 olarak belirlenmiştir.
- 12- Kimyasal ve enzimatik yöntem pektinleriyle yapılan jellerin pH değeri 1,8 olarak ölçülmüştür.
- 13- Kimyasal yöntem pektininin jeli yoğun kıvamlı ve sarı renkliken; enzimatik yöntem pektininin jeli az yoğun kıvamda ve kahverengi renkte elde edilmiştir.

5.2. Öneriler

- 1- Hammaddenin çeşidine ve ekstraksiyon koşullarına bağlı olarak daha yüksek esterleşme dereceli ve molekül ağırlıklı pektin elde edilebilir.
- 2- Enzimatik pektin eldesinde pektinaz ile birlikte amilaz, selüloz ve hemiselüloz gibi enzimlerin ayarlanmış orandaki kombinasyonlarıyla daha yüksek verim ve kalitede pektin elde edilebilir.
- 3- Enzimatik pektin ekstraksiyonunun optimizasyonunda farklı enzim-substrat oranları farklı ekstraksiyon sürelerinde denenebilir.
- 4- Ticari kriterler için elde edilen pektinlerde renk standardizasyonu yapılabilir.
- 5- Ticari kriterde pektin jeli oluşturmak için pektin standardize edilebilir.
- 6- Meyve suyu firmalarının atıkları olan meyve posalarından yüksek kalitede pektin elde edilebilir.
- 7- Meyve ve sebze bahçelerinde satılmayacak durumda bulunan, satıcı açısından hiçbir ekonomik değeri olmayan ve çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılan ya da çöpe dökülen meyve ve sebzelerden pektin gibi değerli bir gıda katkı maddesi elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- ACAR, J., GÖKMEN, V., 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Cilt 1-Meyve ve Sebze Suları Üretimi, 674 s.
- AÇIKGÖZ, Ç. ve POYRAZ, Z., 2006. Ayva Meyvesinden (*Cydonia Vulgaris Pers.*) Pektin Ekstraksiyonu ve Kimyasal Karakterizasyonu. D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Sayı: 12, 1302-3055.
- AEHLE, W., 2004. Enzyme in Industry. Production and Applications. 484 s.
- ANISA, S.K., ASHWINI, S., GIRISH, K., 2013. Isolation and Screening of *Aspergillus spp.* For Pectinolytic Activity. *Electronic Journal of Biology*, Vol. 9(2):37-41.
- ARSLAN, N., AŞAN, T., 1993. Şeker Pancarı Küspesinden Pektin İzolasyonu. *Gıda* 18(2):117-120.
- ARSLAN, N., 1994. Pektinin Fizikokimyasal Özellikleri, Üretimi ve Gıdalarda Kullanımı. *Gıda*, 19(3): 187-192.
- ARSLAN N., KAR, F., 1999. Characterization of Orange Peel Pectin and Effect of Sugars, L-ascorbic Acid, Ammonium Persulfate, Salts on Viscosity of Orange Peel Pectin Solutions. *Carbohydrate Polymers* 40: 285–291.
- CELESTINO, S.M.C., FREITAS, S.M., MEDRANO, F.J., SOUSA, M.V., FILHO, E.X.F., 2006. Purification and Characterization of a Novel Pectinase from *Acrophialophora nainiana* with Emphasis on Its Physicochemical Properties. *Journal of Biotechnology*, 123:33-42.
- CEMEROĞLU, B., ACAR, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği*, Yayın No: 6 Ankara, 343-347.
- COMBO, A.M.M., AGUEDO, M., GOFFIN, D., WATHELET, B., PAQUOT, M., 2012. Enzymatic Production of Pectic Oligosaccharides from olygalacturonic Acid with Commercial Pectinase Preparations. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 588-596.
- EL-NAWAWİ, S. A., HEIKEL, Y. A., 1997. Factors Affecting Gelation of High-Ester Citrus Pectin. *Process Biochemistry*, Vol. 32, No.5, pp 381-385.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) JECFA (The Joint

- FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) Monographs 7 2009, Pectins, Ins No: 440.
- FISSORE, E.N., N.M., PONCE, WIDER, E.A., STORTZ, C.A., GERSCHENSON, L.N., ROJAS, A.M., 2009. Commercial Cell Wall Hydrolytic Enzymes for Producing Pectin-Enriched Products from Butternut (*Cucurbita Moschata*, *Duchesne ex Poiret*). *Journal of Food Engineering* 93: 293- 301.
- GUILHERME, M.R., REIS, A.V., PAULINO A.T., MORIA T.A., MATTOSO, L.H.C., TAMBOURGI, E.B., 2010. Pectin-Based Polymer Hydrogel as a Carrier for Release of Agricultural Nutrients and Removal of Heavy Metals from Wastewater. *Journal of Applied Polymer Science*, 117: 6, 3146–3154.
- HAWTHORNE, S.B., GRABANSKI, C.B., MARTIN, E., MILLER, D.J., 2000. Comparisons of Soxhlet Extraction, Pressurized Liquid Extraction, Supercritical Fluid Extraction and Subcritical Water Extraction for Environmental Solids: Recovery, Selectivity and Effects on Sample Matrix, *J. Chromatogr*, 15; 892(1- 2):421-33.
- IONUE, A., SAKAMATO, K. ve IYAMA, M., 1985. Properties of Pectin in the Peel and Pulp of Satsuma Mandarin, Natsumikan, Hassaku and Navel Orange, *Bulletin of Hiroshima Prefectural Food*, 17: 7-11.
- KAFA, G., UZUN, A., TURGUTOĞLU E., CANAN İ., ÖZTOP A., CANIHOŞ E., 2010. Turunçgil Yetiştiriciliği (G. KAFA ve E. CANIHOŞ editör). T. C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Televizyon Yoluyla Yaygın Çiftçi Eğitimi Projesi (YAYÇEP), 1. Baskı, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara, s.33-34.
- KIM, Y., KIM, Y.S., YOO, S.H., KIM, K.O., 2010. Molecular Differences of Low Methoxy Pectins Induced by Pectin Methyl Esterase I: Effects on Texture, Release and Perception of Aroma in Gel Systems. *Food Chemistry*, 123: 451–455.
- KIM, Y., WILLIAMS, M.A.K., GALANT, A.L., LUIZO, G. A., SAVARY, B. J., VASU, CAMERON, P., R.G., 2013. Nanostructural Modification of a Model Homogalacturonan With a Novel Pectin Methylesterase: Effects of pH on

- Nanostructure, Enzyme Mode of Action and Substrate Functionality. *Food Hydrocolloids*, 33: 132-141.
- KIRTICHEV, N., PANCHEV, I.N. ve KRATCHANOV, C., 1989. Pectin Extraction in the Presence of Alcohols. *Carbohydrate Polymers*, 11(4), 257-263.
- KOSEKI, M., KITABATAKE, N., DOI, E., et al.1986. Determination of Pectin in the Presence of Food Polysaccharides. *Journal of Food Science*, 51:1329–1332.
- KRATCHANOVA, M., BENEMOU, C., KRATCHANOV, C.,1991. On the Pectic Substances of Mango Fruits. *Carbohydrate Polymers*, 15, 271-282.
- LEE, S., KO, S., YOO, J., LIM, J., 2012. Extraction and Characterization of Pectin from Yuza (*Citrus junos*) Pomace: A Comparison of Conventional- Chemical and Combined Physical Enzymatic Extractions. *Food Hydrocolloids*, 29:160-165.
- LIRA-ORTIZ, A. L., RESENDIZ-VEGA, F., RIOS-LEAL, E., CONTRERAS-ESQUIVEL, J. C., CHAVARRIA-HERNANDEZ, N., VARGAS-TORRES, A., RODRIGUEZ-HERNANDEZ, A. I., 2014. Pectins from Waste of Prickly Pear Fruits (*Opuntia albicarpa* Scheinvar ‘Reyna’): Chemical and Rheological Properties. *Food Hydrocolloids*, 37: 93-99.
- LIU, Y., AHMAD, H., LUO, Y., GARDINER, D. T., GUNASEKERA, R. S., MCKEEHAN, W. L., and PATIL, B. S., 2002. Influence of Harvest Time on Citrus Pectin and Its in vitro Inhibition of Fibroblast Growth Factor Signal Transduction. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 469-477.
- LIU, Y., SHI, J., LANGRISH, T.A.G., 2006. Water-Based Extraction of Pectin from Flavedo and Albedo of Orange Peels. *Chemical Engineering Journal*, 120:203–209.
- MAXWELL, E.G., BELSHAW, N.J., WALDRON, K.W., MORRIS V. J., 2012. Pectin – An Emerging New Bioactive Food Polysaccharide. *Trends in Food Science & Technology*, 24:2, 64–73.
- MESBAHI, G., JAMALIANA, J., FARAHNAKY, A., 2005. A Comparative Study on Functional Properties of Beet and Citrus Pectins in Food Systems. *Food Hydrocolloids*, 19: 731–738.

- NORSKER, M., JENSEN, M., ADLER-NISSEN, J., 2000. Enzymatic Gelation of Sugar Beet Pectin in Food Products. *Food Hydrocolloids* 14: 237–243.
- PTICHKINA, N.M., MARKINA, O.A. and RUMYANTSEVA, G.N., 2008. Pectin Extraction from Pumpkin with the Aid of Microbial Enzymes. *Food Hydrocolloids*, 22:192–195. Citrus Peel. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 89:166–168.
- ROSENBOHM, C., LUNDT, I., CHRISTENSEN, T.M.I.E., YOUNG, N.W.G., 2003. Chemically Methylated and Reduced Pectins: Preparation, Characterisation by ^1H NMR Spectroscopy, Enzymatic Degradation, and Gelling Properties. *Carbohydrate Research*, 338: 637–649.
- SCHRÖDER, R., CLARK, C.J., SHARROCK, K., HALLETT, I.C., MACRAE, E.A., 2004. Pectins From the Albedo of Immature Lemon Fruitlets Have High Water Binding Capacity. *J. Plant Physiol.*, 16: 371–379.
- SEGGIANI, M., PUCCINI, M., PIERINI, M., GIOVANDO, S., FOMERIS, C., 2009. Effect of Different Extraction and Precipitation Methods on Yield and Quality of Pectin. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 574–580.
- SOUZA, J.R.R., FEITOSA, J.P.A., RICARDO, N.M.P.S., BRITO, E.S., 2012. Isolation and Characterization of Pumpkin Pectin for Drug Encapsulation. *COLAOB*, 60455-760.
- SPAGNUOLO, M., CRECCHIO, C., PIZZIGALLO, M. D.R., 1999. Fractionation of Sugar Beet Pulp into Pectin, Cellulose and Arabinose by Arabinases Combined with Ultrafiltration. *Biotechnology and Bioengineering*. 64(6): 685–691.
- SPAGNUOLO, M., CRECCHIO, C., PIZZIGALLO, M., RUGGIERO, P., 1997. Synergistic Effects of Cellulolytic and Pectinolytic Enzymes in Degrading Sugar Beet Pulp. *Bioresource Technology*, 60: 215–222.
- T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, (Tebliğ No: 2012/33). Türk Gıda Kodeksi Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Katkı Maddelerinin Saflık Kriterleri Tebliği.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Gıda Teknolojisi, 2007. MEGEP (Mesleki Eğitim ve

- Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) Gıdalarda Nem ve Toplam Kuru Madde Tayini, Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Gıda Teknolojisi, 2010. Gıdalarda Gravimetrik Analizler 2, Ankara.
- TURMUÇIN, F., UNGAN, S., YILDIZ F., 1981. Ayçiçeği Tablalarından Pektin Eldesi I. Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi. O.D.T.Ü. Gıda Mühendisliği Programı, sayı: 4.
- USP (United States Patent), 2003. Process for the Fractionation of Sugar Beet Pulp. Patent No: US 6,663,717 B2.
- VIDECOQ, P., GARNIER, C., ROBERT, P., BONNIN, E., 2011. Influence of Calcium on Pectin Methylesterase Behaviour in the Presence of Medium Methylated Pectins. Carbohydrate Polymers, 86: 1657–1664.
- WILLATS, W.G.T., KNOX, J.P., MIKKELSEN, J.D., 2006. Pectin: New Insights into an Old Polymer are Starting to Gel. Trends in Food Science & Technology 17: 97–104.
- YAPO, B. M., 2009. Biochemical Characteristics and Gelling Capacity of Pectin from Yellow Passion Fruit Rind as Affected by Acid Extractant Nature. J. Agric. Food Chem., 57; 1572–1578.
- YOO, Y.H., LEE, S., KIM, Y., KIM, K.O., KIM, Y.S., YOO, S.H., 2009. Functional Characterization of the Gels Prepared with Pectin Methylesterase (PME) Treated Pectins. International Journal of Biological Macromolecules, 45: 226–230.

ÖZGEÇMİŞ

09/07/1989 yılında Altındağ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tarsus'ta tamamladı. 2008 yılında başladığı Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Bölümü'nden 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Biyokimya Anabilimdalı'nda yüksek lisansa başladı ve 2015 yılında tamamladı.