



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**KİVİ VE MANDALİNA KABUKLARINDAN ENZİMATİK
OLARAK PEKTİN EKSTRAKSİYONU VE
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlknur EZEREL

Danışman: Prof. Dr. Özlem AKPINAR

TOKAT-2023

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Özlem AKPINAR danışmanlığında hazırlamış olduğum **“Kivi ve Mandalina Kabuklarından Enzimatik Olarak Pektin Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu”** adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

23/08/2023

İlknur EZEREL



JÜRİ KABUL VE ONAY



ÖNSÖZ

Tezimin aşamalarında yardımını esirgemeyen, titiz ve disiplinli çalışmasını ve meslek aşkını kendime örnek aldığım sevgili danışman hocam Prof. Dr. Özlem Akpınar'a,

Tez değerlendirmesinde katkılarını sunan sayın tez jürilerim Prof. Dr. Ümran ÇİÇEK ve Doç. Dr. Tuğba DEMİR'e,

Ayaklarımın yere sağlam basmasını ve ne durumda olursa olsun doğruluğu seçmemi öğütleyen, sevgisini hiç esirgemeyen, güçlü bir kadın olarak her zaman kendime örnek aldığım canım annem Hülya EZEREL'e,

Çalışmanın ve emeğin kıymetli bir değer olduğunu ve dürüstlüğü öğreten, her zaman ve her koşulda yanımda olduğunu hissettiren, varlığıyla güç bulduğum canım babam Cemalettin EZEREL'e,

Bana her zaman destek olan, her anımda yanımda olan canım kardeşlerim Muhammed Alperen EZEREL'e ve Şerife EZEREL'e,

Bu stresli yüksek lisans sürecinde desteklerini esirgemeyen, tanıştığım için kendimi şanslı hissettiğim canım arkadaşlarım Büşra ALTINTAŞ'a ve Merve GÜNDÜZ'e, sonsuz teşekkür ederim

İLKNUR EZEREL

23/08/2023

ÖZET

KİVİ VE MANDALİNA KABUKLARINDAN ENZİMATİK OLARAK PEKTİN EKSTRAKSİYONU VE KARAKTERİZASYONU

Ezerel, İlknur
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özlem Akpınar
Ağustos 2023, iiv+79 Sayfa

Bu tez çalışmasında kivi ve mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon ile pektin elde edilmiştir. Ekstrakte edilen pektinin fiziksel ve kimyasal özellikleri klasik ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilen pektinin özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Enzim destekli pektin ekstraksiyon yönteminde selüloz enzimi (*Aspergillus niger*) kullanılmıştır. Ekstraksiyon işleminde ön denemeler ile uygun şartlar belirlenmiştir. Uygun koşullar pH 5.5 ve 40°C de 4 g kivi kabuğu için 0.06 U/mL enzim konsantrasyonu, ve 240 dk ekstraksiyon süresi; 4 g mandalina kabuğu için ise 0.08 U/mL enzim konsantrasyonu ve 300 dk ekstraksiyon süresi olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda kivi kabuğundan %6.72 verimle, mandalina kabuğundan %10.10 verimle pektin elde edilmiştir. Enzim destekli ekstraksiyon ile üretilen pektinlerin klasik yöntemle üretilen pektinlere göre daha yüksek esterleşme derecesine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca eşdeğer ağırlığı ve galakturonik asit içerikleri daha yüksek ve çözünürlüğü daha iyi olduğu belirlenmiştir. İncelenen pektinlerin FTIR analizleri sonucunda yapılarının ticari ve standart pektinlere benzer olduğu tespit edilmiştir. Eş zamanlı olarak pektin ekstraksiyonunda kivi ve mandalina kabuğundan sırasıyla 0.21 mg GAE/mL ve 27 mg GAE/mL fenolik madde ekstrakte edilmiş ve bu ekstraktların antioksidan kapasite sahip olduğu bulunmuştur. Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ekstraktın antioksidan kapasitesinin ve fenolik madde miktarının klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilene kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Sonuçlar, kivi ve mandalina kabuklarının enzimatik ekstraksiyon yöntemiyle pektin ve fenolik madde üretiminde kullanılabileceğini ve böylece meyve atıklarının çevre dostu bir şekilde değerlendirilerek katma değerini artırabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Pektin, Ekstraksiyon, Kivi Kabuğu, Mandalina Kabuğu, Atık Değerlendirme

ABSTRACT
ENZYMATIC EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF PECTIN FROM
KIWI AND MANDARIN PEELS

Ezerel, İlknur
Master's Thesis, Department Of Food Engineering
Advisor: Prof. Dr. Özlem Akpınar
August 2023, iiv+79 pages

In this study, pectin was extracted from the kiwifruit and mandarin peel by enzyme assisted extraction method. The physical and chemical properties of the obtained pectins were compared with the pectins extracted by the classical extraction method. Cellulase enzyme (*Aspergillus niger*) was used for the enzyme assisted pectin extraction method. Appropriate conditions were determined by the preliminary experiments for extraction process. The suitable conditions under pH 5.5 and 40°C were determined as 0.06 U/mL enzyme concentration and 240 min extraction time for 4 g of kiwi peel; 0.08 U/mL enzyme concentration and 300 min extraction time for 4 g of mandarin peel. Under these conditions, 6.72% pectin yield was obtained from the kiwifruit peel and 10.10% pectin yield was obtained from the mandarine peel. It was observed that pectins obtained by the enzyme assisted extraction had higher degree of esterification than pectins obtained by the classical method. In addition the pectin obtained by enzyme assisted extraction had higher equivalent weight and galacturonic acid content and higher solubility than the pectins obtained with classical extraction. FTIR spectra of examined pectins were found to be similar to the spectra of commercial and standart pectins. During pectin extraction simultaneously, 0.21 mg GAE/mL and 27 mg GAE/mL phenolic substances were extracted from kiwi and mandarin peels, and these extracts were found to have antioxidant capacities. The antioxidant capacities and total phenolic contents of pectins obtained by the enzyme assisted extraction method were higher than those obtained with the classical extraction method. The results showed that kiwifruit and mandarin peels could be used for pectin and phenolic material production by enzymatic extraction method and thus increase the value addition of fruit waste by utilizing them in an environmentally friendly way.

Keywords: Pectin, Extraction, Kiwi Peel, Mandarin Peel, Waste Utilization

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	5
2.1. Pektin ve Özellikleri	5
2.2. Pektinin Kullanım Alanları	8
2.3. Pektin Ekstraksiyon Yöntemleri	9
2.3.Enzim Destekli Ekstraksiyon	15
2.4. Selulazlar	20
2.5. Pektin Üretimi İçin Kullanılan Kaynaklar	21
2.6. Fenolik Bileşikler.....	22
2.7. Kivi Kabuğu.....	25
2.8. Mandalina Kabuğu.....	28
4. MATERYAL ve YÖNTEM	31
4.1. Materyal	31
4.2. Yöntem.....	31
4.2.1. Pektinin enzim destekli ekstraksiyonu.....	31
4.2.2. Pektinin klasik yöntem ile ekstraksiyonu	32
4.2.3. Pektinin soğuk ve sıcak suda/alkalide (NaOH) çözünürlüğü	32
4.2.4. Pektinde eküvalent (eşdeğer) ağırlık.....	32
4.2.5. Pektinde metoksil içeriği	33
4.2.6. Pektinde anhidronik asit analizi	33
4.2.7. Pektinde esterleşme derecesi	33
4.2.8. Pektinde üronik asit tayini	34
4.2.9. Nem içeriği	34
4.2.10. Kül içeriği	34
4.2.11. Toplam şeker, indirgen şeker ve protein tayini.....	35
4.2.12. Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopisi	35
4.2.13. Toplam fenolik madde	35

4.2.14. Antioksidan kapasite	36
4.2.15. İstatistiksel analiz.....	36
5. BULGULAR ve TARTIŞMA	37
5.1. Kivi ve Mandalina Kabuklarından Pektin Üretimi ve Pektinlerin Özellikleri.....	37
5.2. Pektinlerin Kül, Kuru Madde, Protein, Toplam Şeker ve İndirgen Şeker Miktarları	41
5.3. Pektinlerin Çözünürlüğü	44
5.4. Pektinlerin Metoksil İçeriği, Esterleşme Derecesi, Anhidronik Asit İçeriği, Eşdeğer Ağırlığı ve Galakturonik Asit	45
5.5. FTIR Analizi	49
5.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Kapasitesi.....	54
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	57
7.KAYNAKLAR	59
8.EKLER.....	72
EK I. Toplam Şeker Analizinde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması.....	73
EK II. DNS Çözeltilisinin Hazırlanması.....	74
EK III. Bradford Yönteminden Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması.....	75
EK IV. Üronik Asit Yönteminden Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması.....	76
EK V. Toplam Fenolik Madde Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması	77
EK VII. Antioksidan Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması: Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC)	79
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Pektinin temel yapısı	6
Şekil 2.2. Pektinin yapısının şematik gösterimi	6
Şekil 2.3. Flavonid grubu fenolik maddelerin yapıları	24
Şekil 2.4. Fenolik asitlerin genel yapıları	24
Şekil 5.1. Kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektin verimleri.....	39
Şekil 5.2. Standart pektinin FTIR spektrumu.....	49
Şekil 5.3. Ticari pektinin FTIR spektrumu.....	49
Şekil 5.4. Kivi kabuğundan enzim destekli ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu.....	50
Şekil 5.5. Kivi kabuğundan klasik ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu.....	50
Şekil 5.6. Mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu.....	51
Şekil 5.7. Mandalina kabuğundan klasik ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu.....	51

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Geleneksel ekstraksiyon yönteminde farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri.....	11
Çizelge 2.2. Mikrodalga ekstraksiyon yönteminde farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri.....	13
Çizelge 2.3. Ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri.....	14
Çizelge 2.4. Sub-kritik su ekstraksiyon farklı kaynaklardan elde edilen pektin verimleri.....	15
Çizelge 2.5. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri.....	19
Çizelge 5.1. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin ağırlık denemesi.....	38
Çizelge 5.2. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin enzim konsantrasyonu denemesi.....	38
Çizelge 5.3. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin ekstraksiyon süresi denemesi.....	39
Çizelge 5.4. Kivi ve mandalina kabuğundan klasik ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin verimleri.....	40
Çizelge 5.5. Pektin örneklerinde kül, nem, protein, toplam şeker ve indirgen şeker miktarları.....	43
Çizelge 5.6. Pektin çözünürlükleri.....	45
Çizelge 5.7. Pektin örneklerinde metoksil, esterleşme derecesi, anhidronik asit, eşdeğer ağırlık ve galakturonik asit miktarları.....	48
Çizelge 5.8. Pektin örneklerinde TFM miktarı ve antioksidan kapasitesi.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ABTS

DE

DNS

DPPH

FAO

FRAP

FTIR

GAE

HMP

LMP

TEAC

TÜİK

Açıklama

2,2'-Azino-bis (3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit)

Esterifikasyon Derecesi

Dinitrosalisilik Asit

2,2 Difenil-1- pikrohidrozil

Gıda ve Tarım Teşkilatı

Ferric Reducing Antioxidant Power

Fourier Transformed Infrared

Gallik Asit Eşdeğeri

Yüksek Metoksilli Pektin

Düşük Metoksilli Pektin

Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi

Türkiye İstatistik Kurumu

1.GİRİŞ

Pektin; “tüm yüksek yapılı bitkilerin orta lamelinde birincil hücre duvarı ve hücreler arası bölgeler içinde yer alan kompleks yapılı bir heteropolisakkarit” olarak tanımlanmakta olup gıda ve biyomedikal alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Galakturonik asit ünitelerinin α -1,4 bağıyla bağlanarak oluşmuş lineer zincir ve bu zincire bağlı küçük yan zincirlerden oluşmaktadır. Pektini ilk kez Fransız kimyager Louis Nicolas Vauquelin, 1790 yılında elma suyu üzerinede çalışırken saptamış ve 1825 yılında Fransız kimyager Henri Braconnot tarafından ayrıştırılmıştır. Pektin, kelime anlamı Yunanca’da sertleştirici ve katılaştırıcı manasına gelen pektikos kelimesinden türetilmiştir (Atalay ve ark., 2018).

Pektinin kimyasal yapısı; kökeni, konumu ve elde edilme yöntemi gibi faktörlerle değişmektedir (Müller-Maatsch ve ark., 2016). Pektinin üretimi genel olarak; pektinin asit ve sıcaklıkla birlikte ekstraksiyonu ve üretilen pektinin alkol etkisiyle çöktürülerek izole edilmesi aşamalarından oluşur. Pektin kalitesi ve verimini etkileyen en önemli unsur, ekstraksiyon aşamasıdır. Pektin hücre duvarları ve orta lamelde bulunan asitte çözünebilen bir polisakkaritt olduğundan hammaddeden genellikle seyreltik asitler ile yüksek sıcaklıklarda ekstrakte edilir. Pektin kalitesi ve verimi üzerine pH, süre, sıcaklık, çözücü oranı, çözücünün türü, partikül büyüklüğü ve hammadde önemli etkiye sahiptir (Adetunji ve ark., 2017). Özellikle ekstraksiyonda uygulanan asit, yüksek sıcaklıklarda pektin zincirinin ve diğer hücre duvarı polimerlerinin kısmi depolimerizasyonuna neden olabilmektedir (Atalay ve ark., 2018). Ayrıca ekstraksiyon için gereken uzun zaman ve fazla miktarda solvent kullanımı, buna bağlı olarak yarattığı çevresel bir problemler klasik ekstraksiyonunda sorunlara neden olmaktadır (de Castro ve Capote, 2010).

Son yıllarda mikrodalga, ultrasonik, sub-kritik su ve enzim destekli ekstraksiyonu gibi yeni ekstraksiyon teknikleri üzerine yapılan çalışmalar ile çözücü kullanımını azaltarak veya tamamen kaldırarak (Marić ve ark., 2018) çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemeyen, daha kaliteli ve yüksek verimli pektin eldesi sağlayan, klasik yöntemlerden daha kısa sürede gerçekleştiği için enerji tasarrufu sağlayan pektin elde

etme yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır (Atalay ve ark., 2018). Geliştirilen yeni yöntemler arasında olan enzimatik yöntemler, pektin ekstraksiyonu için yüksek bir endüstriyel potansiyele sahiptir, şöyle ki benzer özelliklere sahip pektinler elde edilebilmesi yanı sıra kimyasal yöntemlere kıyasla daha da iyi kalitede pektin elde edilmektedir. Ek olarak, ekstraksiyon koşulları düşük işlem sıcaklıklarında daha ılımlı koşullarda gerçekleştiğinden (Hennessey-Ramos ve ark., 2021) enerji tüketimi de azalmaktadır (Atalay ve ark., 2018). Enzimler, ekstraksiyonda kullanılan çözücü dozunu azaltmakta ve yüksek bir seçicilik ile pektinin ekstraksiyonunu sağlamaktadır (Puri ve ark., 2012). Çevre dostu yöntem olması nedeniyle ilgi gören ekstraksiyon tekniklerinden biri haline gelmiştir (Dai ve Mumber, 2010; Malik ve Mandal, 2022). Bununla beraber, enzimlerin maliyetinden dolayı nispeten pahalı bir yöntemdir (Atalay ve ark., 2018); bu nedenle ekstraksiyon koşullarının çalışılması önem taşımaktadır.

Pektin bitkilerde yaygın olarak bulunmasına rağmen; çoğu bitkiden ekonomik olarak üretimi yapılamamaktadır. Bazı bitkisel dokularda yeterli miktarda bulunmamakta, bazılarında ise fazla oranda bulunmasına karşın, elde edilen pektin nitelikleri açısından kullanıma uygun değildir. Bu nedenle pektinin ticari üretimi ayçiçeği tablası, elma posası, şeker pancarı ve turunçgil kabuklarından yapılmaktadır. Turunçgil meyveleri içerisinde de en fazla greyfurt, portakal ve limon kullanılmaktadır. Son yıllarda pektin ekstraksiyonu için alternatif kaynaklar araştırılmaktadır (Güzel, 2017).

Kivi, *Actinidia deliciosa* ve diğer *Actinidia* türleri arası melezlerden elde edilmiş meyvelerin genel adıdır ve anavatanı Çin'dir. Dünyada üretimi yaklaşık 600.000 ton olup başlıca İtalya, Yeni Zelanda ve Şili'de üretilmektedir. Kivi; Türkiye'de 1994 yılında üretilmeye başlamış olup, TÜİK verilerine göre 1994 yılında 7 ton, 2000 yılında 1400 ton ve 2010 yılında 26554 ton üretim sağlanmıştır. Dünya kivi üretimi 2020 yılında bir önceki yıla göre %2.3 artarak 4.4 milyon tona artmıştır (Anonim, 2022a). Soquetta ve ark. (2016), kivi kabuğunun yüksek diyet lifi ve biyoaktif bileşiklere sahip olduğunu bildirmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda kividenden yaklaşık %25 pektin elde edildiği, kabuğundan ise yaklaşık %6 verim elde edildiği bildirilmiştir (Güzel ve Akpınar, 2019; Wang ve ark., 2020). Dolayısıyla kivi kabukları pektin üretimi için alternatif bir kaynak olarak hizmet edebilir.

Dünya genelinde mandalina üretimi 33.4 ton olup üretimin %53.9'u Çin, % 5.9'u İspanya ve % 4.6'sı Türkiye'de yapılmaktadır. Mandalina ihracatında Türkiye İspanya ve Çin ile beraber öncü ülkeler arasında bulunmaktadır (Ertek ve ark., 2020). Mandalina, portakalla kıyaslandığında daha yumuşak ve kabuğu soyulduktan sonra veya sıkılarak da tüketilen bir meyvedir (Acar, 2013).

Fenolik bileşikler sağlık üzerine olumlu etkileri sebebiyle ve gıdaların raf ömrünün kılmasına sebep olan oksidasyonun kontrolü için yapay antioksidanlar yerine doğal antioksidanların kullanımı son yılların çalışma konusu olmuştur. Bu bileşikler serbest radikalleri temizlemekte, oksidatif stresi azaltmakta ve birçok hastalığın oluşumunu engellemektedir. Antioksidan aktivitelerinin yanında antitümör, antibakteriyel, antiviral, antitümör, özelliklere sahiptir. Fenolik bileşiklerin yeterli miktarda tüketiminin kanser, kardiyovasküler gibi hastalıkların oluşumunu azalttığı çok sayıda epidemiyolojik çalışma ile saptanmıştır (Cavuldak ve ark., 2016).

Fenolik bileşiklerin izolasyonu, tanımlanması ve kullanımında ekstraksiyon önemli bir aşamadır. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi, sitoplazmik içeriğin ekstraksiyon sıvısına hareketini sağlayan güncel ve çevre dostu bir tekniktir. Ekstraksiyon sırasında kullanılan enzimler, hücre duvarlarını kırmakta ve zayıflatmaktadır ve böylece polifenollerin ekstraksiyonunu sağlamaktadır. Aslında, çoğu bitki fitokimyasalı, hidrojen veya hidrofobik bağlar yoluyla bitki hücre duvarı bileşeni olan lignine bağlanmakta ve bu da onları geleneksel olarak erişilemez hale getirmektedir. Bu nedenle, bu tür bağlı fitokimyasalların etkin salınımını kolaylaştırmak için enzimatik bir ön işlem gerekmektedir. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemleri, kolayca manipüle edilebilen proses parametreleri aracılığıyla neredeyse tüm bitki matrisinden polifenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu mümkün kılmaktadır (Gligor ve ark., 2019). Bu karmaşık matrisi parçalamak için selüloz, pektinaz, tanaz vb. gibi enzimler kullanılmaktadır (Meini ve ark., 2019).

Pektinin enzim destekli ekstraksiyonu nispeten yeni bir yöntemdir, dolayısıyla çalışmalar sınırlıdır ve hala hammaddeye, verime, saflığa, kaliteye odaklı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli pektin

ekstraksiyonu için uygun ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen kivi kabuğu pektinlerin özellikleri, yaygın pektin kaynağı olarak kullanılan turunçgillerden biri olan mandalina kabuklarından elde edilen pektin ile ve her iki kabuktan klasik yöntemle ekstrakte edilen pektinlerle kıyaslanmıştır. Aynı zamanda pektin ekstraksiyonunda eş zamanlı yan ürün olarak fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu da araştırılmış, açığa çıkan fenolik bileşik miktarları incelenmiş ve antioksidan aktiviteleri belirlenerek kıyaslanmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

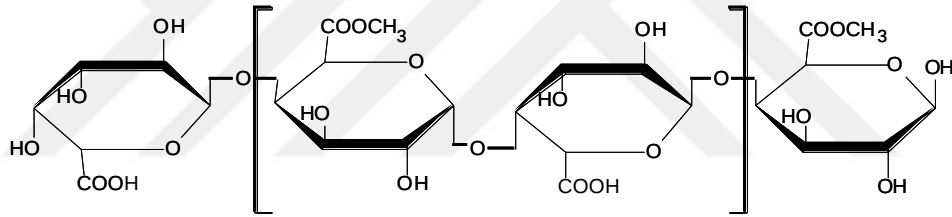
2.1. Pektin ve Özellikleri

Pektin; bitki membranında bulunan bir heteropolisakkarit olarak tanımlanmaktadır. Hücre duvarı polisakkaritleri arasında bulunan pektin, gıda ve ilaç sektöründe tercih edilmektedir. Yunanca'da sertleştirici ve katılaştırıcı manasına gelen pektikos kelimesinden türetilmiş olan “pektin” pek çok alanda kullanıma sahiptir. Bitkilerde pektinler, bitkileri solma ve kuraklığa karşı koruyan, hücre büyümesini ve gelişmesini sağlayan ve önemli biyolojik işlevleri yerine getiren temel yapısal bileşenlerdir (Yapo, 2011; Atalay ve ark., 2018).

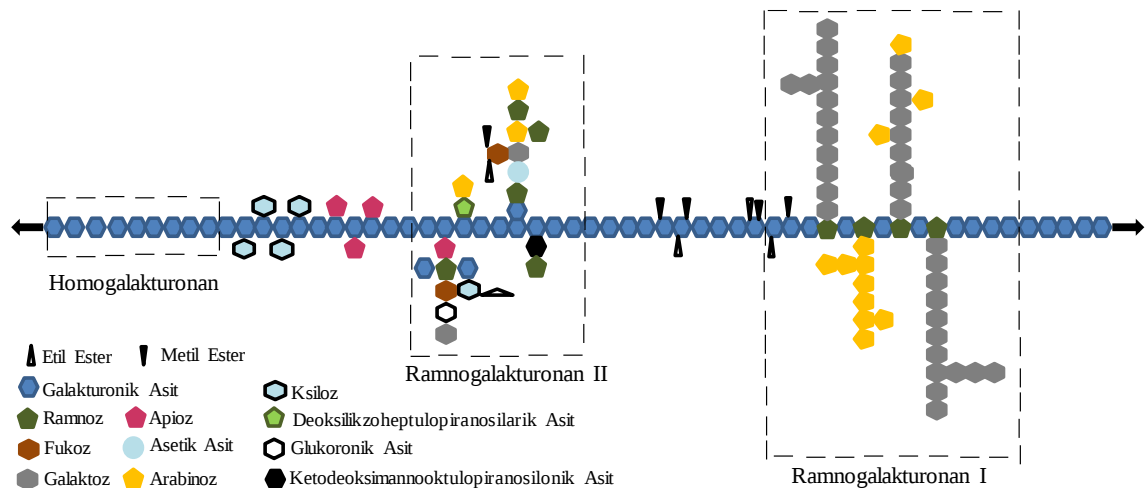
Pektinin ticari üretimi 1900'lerin başlarında başlamıştır. Turunçgil kabuğundan 1926'da Kaliforniya'da üretilmiş ve Almanya'da ise 1934'te kurutulmuş elma posasından üretime başlanmıştır. 1990'ların başında dünya çapında pektin tüketimi 18.000-19.000 ton iken 2009'da hızla 30.000 tona çıkmış; 2020'de ise 1.25 milyar doları aşan satışla ve 70.000 tonluk küresel üretimle, jelatin ve nişastadan sonra üçüncü gıda hidrokolloidi haline gelmiştir (Zhao ve ark., 2016; Seisun ve Zalesny, 2021). Son yıllarda düşük kalorili ve lezzetli, bitkisel kaynaklı güvenli gıda ürünleri tercih edildiği için pektin talebi hızla artmaktadır (Cirimminna ve ark., 2022). Bununla birlikte, benzersiz fizyolojik aktivitesi ve istisnai çok yönlülüğü nedeniyle, nutrasötik endüstrisi dahil olmak üzere diğer birçok sektörde de kullanımı hızla artmaktadır. Ticari pektin, gıda endüstrisinde kullanılan çok yönlü ve güvenli bir hidrokolloid olduğu için ‘evrensel bir ilaç’ olarak adlandırılmaktadır (Cirimmina ve ark., 2016; Ciriminna ve ark., 2020; Zeeb ve ark., 2021). Pektinin düşük satış fiyatları sebebiyle diğer hidrokolloidler yerine kullanılacağı düşünülmektedir (Cirimminna ve ark., 2016).

Pektinin kimyasal yapısı; kaynağı, bitkideki konumu ve ekstraksiyon yöntemi gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir (Müller-Maatsch ve ark., 2016). Pektin molekülü, lineer bir ana zincir ve yan zincirlerden oluşmaktadır (Atalay ve ark., 2018). Galakturonik asit birimlerinin α -1,4 bağı ile bağlanarak oluşturduğu bir polimerdir (Şekil 2.1) ve dört temel yapıdan oluşmaktadır; ramnogalakturonan I, ramnogalakturonan II, temel bileşen olan homogalakturonan ve ksilogalakturonandır

(Şekil 2.2). Homogalakturnon α -(1-4)-D-galakturnonik asit birimlerinin bağlanması ile uzun lineer poligalakturnonik zinciridir. Bu yapı pektin molekülünün temelini oluşturmaktadır olup bazı bitkilerde bu yapıda asetilenmiş, metil esterlenmiş ($-\text{COOCH}_3$) ya da karboksil ($-\text{COOH}$) grupları bulunmaktadır (Yang ve ark., 2013; Güzel., 2017). RG-I, dallanmış bir polisakkarittir. Ramnoz galakturonik asit (GalA) moleküllerine bağlanmıştır. RG-II, lineer homogalakturnon zincirine bağlı fukoz, ramnoz, apioz gibi moleküllerden oluşmaktadır. Ksilogalakturnon ise yan zincirler olarak ksiloz içeren homogalakturnon zincirinden oluşmaktadır. Homogalakturnonlar bir pektinin %65'ini oluşturmaktadır, RG-I yaklaşık %20-35'dir, geri kalanını ise diğerlerinden oluşmaktadır (Mohnen, 2008; Güzel, 2017). Pektinlerin yapısında en az 17 çeşit monosakkarit olduğu düşünülmektedir ve baskın olanları D-galaktoz ve L-arabinozdur (Yapo, 2011).



Şekil 2.1. Pektinin temel yapısı (Güzel, 2017; Yuliarti, 2011)



Şekil 2.2. Pektinin yapısının şematik gösterimi (Güzel, 2017; Maxwell ve ark., 2011)

Pektinin yapısını, fizikokimyasal özelliklerini ve uygulama alanlarını önemli oranda belirlemektedir. Pektin esterleşme derecesi, bitki hücre duvarındaki fonksiyonel özellikler için önemlidir ve beraberinde jelleştirici ve koyulaştırıcı madde olarak kullanımını da etkilemektedir (Maric, 2018). Pektin suda çözünen bir polisakkarittir; ancak erime noktası yoktur, ısınma olduğunda bozunma ve kömürleşme görülür. Pektin radyasyonla bozulabilmektedir (Kar, 1998). Ortalama molekül ağırlığı; pektin türü, hazırlama yöntemi, ölçme yöntemine göre 30000-300000 dalton arasında değişmektedir. Molekül ağırlığı ve nötralizasyon derecesi arttığında pektin viskozitesi artmaktadır (Căpriță ve Căpriță, 2011; Taşan, 2018). Yüksek mekanik güce ve viskoziteye sahip pektin jeli oluşması için pektinin moleküler ağırlığının 300 kDa'nın üzerinde olması gerekmektedir (Roy ve ark., 2023) Ayrıca, moleküler ağırlığı 10 kDa'nın altında olan pektin, daha az sayıda reaktif grupları olması sebebiyle jel oluşturmamaktadır (Qiang ve ark., 2021).

Pektinin sıcak asit ile tepkimeye girmesi sonucu metil ester grupları ve glikozidik bağlar hidrolize olur ve tepkime sonunda galakturonik asit oluşmaktadır. Kullanılan asitin konsantrasyonu ve sıcaklık hidrolizasyon üzerine etki etmektedir. Sıcaklık artışı glikozik bağ hidrolizini hızlandırmakta molekül ağırlığı düşmektedir. Düşük sıcaklıkta, metil ester grupları hidroliz olmakta ve pektin molekülünde deesterifikasyon gerçekleştirmektedir. Pektin deesterifikasyonu ile birlikte düşük metoksilli pektinler hazırlanabilmektedir. Oda sıcaklığında pektinin seyreltik alkali ile reaksiyonu sonucunda metil ester grupları sabunlaşır ve poligalakturonik asit zincirleri parçalanır. Sıcaklık arttığında parçalanma hızı da artmaktadır (Işık, 2022). Metil esterleşme derecesi üzerine yapılan araştırmalarda, organik asitlerle ekstrakte edilen pektinin fazla oranda metoksil gruplarını içerdiği gözlemlenmiştir (Roy ve ark., 2023).

Pektin, yüksek metoksilli pektin (esterleşme derecesi %50'den yüksek) ve düşük metoksilli pektin (esterleşme derecesi %50'den düşük) olmak üzere esterleşme derecesine bağlı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Yüksek metoksilli pektin, düşük pH'lı (2–3.5) asit çözeltilerinde ve %55-75 yüksek şeker konsantrasyon varlığında ısıtıldığı zaman jeller oluşturmaktadır. Düşük metoksilli pektin ise, Ca iyonları varlığında pH 2-6 gibi geniş bir aralıkta jel oluşturmaktadır. Yüksek ve düşük metoksilli pektinler farklı

fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir ve çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek metoksilli pektin, gıda endüstrisinde reçel ve jöle üretimi için jelleştirici, stabilizatör, koyulaştırıcı ve emülgatör olarak tercih edilirken, düşük metoksilli pektin sürülebilir ürünlerde, dondurmada, yoğurtta, emülsiyon haline getirilmiş et ürünlerinde, düşük kalorili ve diyabetik ürünlerde kullanım alanlarına sahiptir (Maric ve ark., 2018).

İyi bir jel oluşması için pektinin suda çözündürülmesi gerekir. Jel oluşurken su miktarı azalır ve %1 oranında pektin ilavesi iyi bir jel oluşması için yeterlidir. Jelleşme özelliği, serbest karboksil grup sayısı ve dağılımı, pektin tipi, şeker konsantrasyonu, iyonik konsantrasyon, pH, sıcaklık gibi iç ve dış şartlardan etkilenmektedir. Buna ek olarak, pektin konsantrasyonunun artması, jel kuvvetini artırır. Jelin viskoelastisitesi, esterleşme derecesinden etkilenmektedir, jel kuvveti; esterleşme derecesi arttıkça artar. Şöyle ki, düşük esterleşme dereceli pektinler, hidrojen bağı için fazla miktarda aktif bölgeye ve yeterli hidrofobik etkileşimlere sahiptir, bu sebeple düşük esterleşme derecesine sahip olan pektinlerin jelleşmesi kararlı moleküler ağlarla sonuçlanır. Ek olarak düşük metoksil içerikli bir pektin, şeker olmaksızın bazı metal iyonları varlığında kolay bir şekilde jel oluşturabilmektedir. En az %55 yüksek çözünür katı içeriğine yüksek metoksilli pektin (HMP), şeker varlığında ve asidik koşullarda bir jel ağı oluşturmaktadır. HMP'nin jelleşmesi sıcaklığa bağlıdır ve HMP- şeker jeli ısıtıldığında yapısı tersinmezdir. Düşük metoksilli pektinin (LMP) jelleşmesi ise şeker olmaksızın, pH değeri 2-6 aralığında olan ortamlarda meydana gelmektedir. Ticari pektinlerden; elma pektinlerinden elastik-viskoz bir jel elde edilirken, turuncgil pektinlerinden daha elastik-kırılgan bir jel elde edilmektedir. Bunun aksine, şeker pancarı pektininin jelleşme özelliği daha düşüktür (Sakai, 1993; Yuliarti, 2011; Işık, 2022; Roy ve ark., 2023).

2.2. Pektinin Kullanım Alanları

Pektin; reçel gibi gıdalarda jelleştirici ajan; salata soslarında, dondurmada ve emülsifiye et ürünlerinde yağ ikame maddesi; bazı şekerlemelerde, içeceklerde ve süt ürünlerinde stabilizatör olarak kullanılabilmektedir. Ekmek hacmini artırmak ve depolama esnasında nemli ve yumuşak tutmasını sağlamak amacıyla çeşitli hamur ürünlerinde de tercih edilmektedir. Az yağlı ürünlere yağ ikamesi olarak kullanılabilmektedir. Bu

ürünlerde pektin su bağlamakta ve emülsiyon stabilitesini artırmaktadır. Ayrıca literatürde; kanser hücrelerinin apoptozunu sağlayarak kanser önleyici, bağışıklık sistemini geliştirici, ilaç ve tıp alanlarında kan kolesterol seviyesini ve glikoz miktarını düşürücü, ilaç formülasyonlarında bağlayıcı olarak kullanıldığı ve kilo kaybına yararlı olduğu belirtilmektedir. Bu kullanım alanlarına ek olarak pektin, gıda bileşenlerinin enkapsülasyonunda taşıyıcı polimer ve nanoemülsiyonlar gibi gıda hidrokolloidlerinde stabilizatör olarak kullanılabilir. Pektin dünyada geniş kullanım alanlarından dolayı gün geçtikçe talep görmektedir. Bir araştırmada turuncgil kabuğu ve elma posasından ekstrakte edilen pektinlerin jelleştirici ajan ve koyulaştırıcı maddeler olarak kullanılırken, şeker pancarı posasından elde edilenlerin, farklı gıda formülasyonlarında su-yağ emülsifikasyonu için kullanılabileceği önerilmiştir (Yapo ve ark., 2007; Müller-Maatsch ve ark., 2016; Güzel, 2017; Atalay ve ark., 2018).

Pektin direkt gıdaya uygulanabilir film gibi yenilebilir bir kaplama olarak da kullanılabilir. Antioksidan aktivitesi ile bu yönüyle pektin bazlı filmlere fonksiyonel biyoaktif dolgu maddeleri eklemekle, Ayrıca, pektinlerin, polifenolikler ve proteinlerle beraber ekstrakte edildiğinde antioksidan aktivitesi artabilmektedir. Bu gibi özelliklerle pektin bazlı filmleri ve kaplamaları; sürdürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir olduğu için çevre dostu olarak kabul edilmektedir. Pektin bazlı ambalaj filmleri son yıllarda araştırma konusu olmuştur. Araştırmalar aktif ve akıllı paketlenme uygulamaları için bitki özleri ilave edilmiş pektin bazlı filmleri ve kaplamalar üzerine yoğunlaşmaktadır (Suhag ve ark., 2020; Roy ve ark., 2023). Guo ve ark. (2021), karpuz kabuğundan ultrason tekniğiyle ekstrakte edilmiş pektin bazlı filmlerin oksijen ve su buharı bariyeri özelliğinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Priyadarshi ve ark. (2022) üzüm çekirdeği ekstresi içeren pektin-pullulan içeren biyoaktif filmin, yer fıstığı kaplamasında kullanıldığında lipid peroksidasyonunu sınırlayıp yer fıstığının raf ömrünü uzattığını kaydetmişlerdir.

2.3. Pektin Ekstraksiyon Yöntemleri

Pektin üretimi; materyalin asit ve sıcaklık etkisiyle çözünür hale getirilerek pektinin ekstrakte edilmesi ve ekstrakte edilen pektinin alkol ile çöktürülmesi, daha sonra

filtrasyonu, saflaştırılması, kurutulması ve öğütülmesi aşamalarıyla gerçekleştirilir. Pektin hücre duvarları ve orta lamelde bulunan asitte çözünebilen bir polisakkarittir. Kurutulmuş meyve posalarından veya kabuklarından genellikle yüksek sıcaklık ve seyreltik mineral asitler yardımıyla ekstrakte edilmektedir (Adetunji ve ark., 2017). Pektin verimini ve kalitesini etkileyen en önemli faktör, ekstraksiyon aşamasıdır. Hammadde, pH, sıcaklık, süre, çözücü türü, çözücü oranı, partikül büyüklüğü ekstraksiyonu etkileyen faktörlerdir. Bu değişkenler sadece pektin verimini değil, bununla birlikte esterleşme derecesi, moleküler ağırlık, bileşim, safsızlık ve pektin rengi özelliklerini de etkilemektedir. Ayrıca bazı durumlarda ekstraksiyon öncesi kurutma ve maserasyon gibi ön aşamalar gerekebilmektedir (Roman-Benn, 2023).

Geleneksel ya da klasik ekstraksiyon yönteminde pektin; mineral asit çözeltileri (sülfürik, nitrik, fosforik, asetik veya hidroklorik asit) kullanılarak pH 1–3, 80–100 °C sıcaklıkta, 3–6 saat sürekli karıştırılarak ekstrakte edilir (Maric ve ark., 2018; Cui ve ark., 2021). Ekstrakte edilen pektinin kalitesini pH, sıcaklık, katı-sıvı oranı, ekstraksiyon süresi ve partikül boyutu etkilemektedir (Picot-Allain ve ark., 2022). Ekstraksiyonda kullanılan asit, hücre duvarında bulunan karmaşık ağları hidrolize ederek çözmekte ve pektini dışarıya salmaktadır. Yüksek sıcaklık ise, hücre duvarını daha çok yıkarak asit difüzyonunu ve matrinden pektinin salınımını kolaylaştırmaktadır (Cui ve ark., 2021). Fakat belirli bir sıcaklığın üzerinde asitle beraber yüksek derecede depolimerizasyon oluşmakta ve verim düşmektedir. Çoğu çalışmada, optimum 80–90 °C sıcaklık aralığındaki ekstraksiyonlarda yüksek verim elde edildiği sonucuna varılmıştır (Roy ve ark., 2023).

Pektin ekstraksiyonu için geleneksel ekstraksiyonun; uçucu bileşik kaybı, maliyet fazlalığı ve bitki materyalinde var olan değerli bileşiklerin bozunumu, çevresel sorunlar gibi dezavantajları vardır. Bu dezavantajlar, başka çözücülerin ve yöntemlerin geliştirilmesinin önünü açmıştır. Bu düşünceyle sitrik ve asetik asit gibi zayıf organik asitler bu soruna çözüm amacıyla araştırılmıştır (Yang ve ark., 2018). Güçlü mineral asitler, pektin ekstraksiyonu için organik asitlerden daha ucuz ve daha etkin olmasına rağmen, organik asitler çevresel açıdan daha temiz bir kullanıma sahiptir. Ayrıca daha az depolimerizasyona neden olmaktadır ve "temiz etiketli" ürünler için kullanıma

uygundur (Roy ve ark., 2023; Maric ve ark., 2018). Bununla beraber kullanılan ekstraksiyon için kullanılan yüksek sıcaklık ve uzun süre dezavantajları arasındadır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen farklı kaynaklardan elde edilen pektin verimleri Çizelge 2.1’ de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Geleneksel ekstraksiyon yönteminde farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri

Hammadde	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	% Verim	Solvent	Kaynak
Elma Püresi	20-40	100	% 3.4-8.4	Hidroklorik Asit	Morales-Contreras ark., 2020 ve
Greyfurt Kabuğu	60-90	80	%16.2-21.3	Hidroklorik Asit	Cui, Ren ark., 2020 ve
Elma Püresi	148	90	%23.3	Sitrik Asit	Dranca ark., 2020 ve
Greyfurt Kabuğu	60	80	%17.9-24.5	Sodyum hidroksit	Cui, Ren ark., 2020 ve
Portakal Kabuğu	60	80	%23	Sodyum hidroksit	Cui, Zhao ark., 2020 ve
Havuç Posası	30-150	50-90	%5-15.2	Sitrik Asit	Caferi ark., 2017 ve
Domates Atığı	15-25	100	9.6-19.8	Hidroklorik Asit	Morales-Contreras ark., 2017 ve
Patates Posası	60	90	4.08	Asetik Asit	Yang ark., 2018 ve
Kivi Posası	60	50	3.83	Sitrik asit	Yuliarti ark., 2015 ve
Sarı Çarkıfelek Meyve Kabuğu	30-120	35-85	3.68-7.71	Sitrik asit	Liew ve ark., 2016

Son yıllarda geleneksel yöntemle alternatif olarak enzimatik, mikrodalga, ultrasonik veya sub-kritik su ekstraksiyonu gibi yeni ekstraksiyon teknikleri çözücü kullanımını azaltmak veya ortadan kaldırmak için geleneksel yöntemi geliştirilmeye çalışılmaktadır (Marić ve ark., 2018). Böylece hem insan sağlığına hem de çevreye zararı olmayan, daha yüksek verim ve kalitede pektin eldesi sağlayan, ek olarak geleneksel yöntemlerden daha düşük sıcaklıkta, daha kısa sürede tamamlanarak enerji israfını önleyen pektin ekstraksiyonu gerçekleştirilebilecektir (Atalay ve ark., 2018).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, iyonik iletim ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon içermektedir. İki mekanizmayla birlikte hızlı bir şekilde ısınma sağlanmaktadır. Isı, kütle transferini hızlandırmakta ve karmaşık pektin/selüloz/hemiselüloz ağını çökerterek pektinin salınmasını gerçekleştirmektedir (Wang ve ark., 2016; Cui ve ark., 2021). Mikrodalga gücü ve ısınlama süresi ekstraksiyonu etkileyen önemli parametrelerdir. Geleneksel ekstraksiyona göre mikrodalga destekli ekstraksiyon, daha kısa süre, daha düşük enerji tüketimi ve daha az solvent kullanım gerektirdiği için avantajlı bir teknolojidir (Dai ve Mumber, 2010; Chemat ve ark., 2017; Alara ve ark., 2021). Bununla beraber, gıda endüstrisinde büyük ölçekli pektin ekstrakte edebilmek için mikrodalga tektonolojisinin kullanımı sistem sıcaklıkları kontrol edebilecek hızlı ve etkili bir araç gerektirmektedir (Cui ve ark., 2021). Çeşitli meyvelerden ve atıklardan pektin ekstraksiyonundan mikrodalga destekli teknikten yararlanılmıştır. Mikrodalga destekli ekstraksiyonu ile farklı kaynaklardan elde edilen pektin verimleri ile ilgili çalışmalar Çizelge 2.2’de özetlenmiştir.

Çizilge 2.2. Mikrodalga ekstraksiyon yönteminde farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri

Hammadde	Işınlama Süresi (dk)	Solvent	Mikrodalga Gücü (W)	Verim (%)	Referans
Elma Püresi	120	Sitrik Asit pH: 2.2	560	23.3	Dranca ve ark., 2020
Greyfurt Kabuğu	2-15	NaOH	550-1100	24.2-29.8	Wandee ve ark., 2019
Limon Kabuğu	1-3	Sitrik Asit pH: 1.5-3	300-700	5.8-25.3	Rahmani ve ark., 2020
Greyfurt Kabuğu	1.5	pH: 1	360	20.93	Taşhan, 2018
Muz Kabuğu	1.5-5	HCl pH: 1-3	300-900	7.53-12.67	Swamy ve ark., 2017

Ultrason destekli ekstraksiyon, solvent kavitasyonu ile hedef malzemelerin salınımını ve difüzyon oranını artırmak için akustik enerji sağlayan termal olmayan bir metottur.

Ultrasonla indüklenen kavitasyon kabarcıkları hücre bozulmasına neden olmaktadır. Böylece hücrelere güçlü solvent girişi ile kütle transferi sağlanmaktadır. Bu şekilde hücre içi materyalinin dışarıya difüzyonu desteklenmekte ve kütle transferi artmaktadır. Enerji tüketiminde azalma, işlem süresinde kısalma, verimde artma ve çevreci olması gibi faydalarıyla son yıllarda popüler olan bir teknolojidir. Bunun yanında yüksek miktarda solvent kullanılması ve filtrasyona ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu teknik, ekstraksiyon, kurutma, emülsifikasyon ve homojenizasyon gibi çeşitli işlemlerde ve ayrıca mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu için pek çok alanda kullanılmakta olup pektin ekstraksiyonunda da son yıllarda araştırılan yöntemlerden birisidir. Ultrason gücü, pektin verimini belirlemede önemli bir parametredir. Gücü düşük ultrasonik cihazlar, yüksek güçlülere göre düşük verim sağlamaktadır. Bu yöntemde iki farklı yaklaşım bulunmaktadır; birisi ultrasonik prob, diğeri ultrasonik banyodur. Ultrasonik su banyosunda ultrases dalgalarıyla örneğin hücre duvarında hasarlar oluşturulmaktadır. Hasara uğrayan hücreye solvent girişi olmakta ve hücre bozulmakta ve ekstraksiyon gerçekleşmektedir. Avantajı,

ultrasonik proplardan daha ucuzdur ve birden fazla numunenin aynı anda ekstraksiyonuna kolayca izin vermesidir. Bununla birlikte, ultrasonik su banyosuyla ekstraksiyon işlemi genellikle ultrasonik prob ekstraksiyonundan daha uzun sürede gerçekleşmekte, ses dalgalarının örneğe etkisinin direkt olmaması, banyo içerisinde sıvıdan dolayı gücünün azalması ve ekstraksiyon veriminde düşme temel dezavantajlarıdır (Işık, 2022; Perez ve Alberro, 2023). Ultrasonik prob ile ultrases gücünden daha etkin faydalanılmaktadır (Mason ve Lorimer, 2002); ancak prob uçları pahalı ve kısa ömürlüdür (Büyüktuncel, 2012). Çizelge 2.3'te ultrason destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen pektin ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Çizelge 2.3. Ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri

Hammadde	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Solvent	Frekans (kHz/w)	Verim (%)	Referans
Elma Püresi	30	-	Sitrik Asit pH: 9.2	70	9.2	Dranca ve ark., 2020
Greyfurt Kabuğu	20-40	60-80	Hidroklorik Asit pH: 1.5	24.2-29.8	%23.1-27.3	Wang ve ark., 2015
Portakal Kabuğu	10	-	Sitrik Asit pH: 1.5	150	28.1	Hosseini ve ark., 2019
Sisal Bitkisi	26	50	Asitli Su	61	29.32	Maran ve Priya, 2015
Üzüm Posası	20-60	35-75	Sitrik Asit pH: 1-2	37	3.19-29.38	Minjares ve ark., 2014

Sub-kritik su ile ekstraksiyonda fazı değişmemiş yüksek basınçlı su kullanılmaktadır (Zakaria ve ark., 2015). Bu şekilde yüksek sıcaklıktaki su düşük vizkozite ve yüzey gerilimine sahip olup, difüzyon hızı ve buhar basıncı ise yüksektir; bitki materyalinde pektinin çözünürlüğünü artırmakta ve pektin ekstrakte edebilmektedir (Adetunji ve ark., 2017). Sub-kritik su ile ekstraksiyonda sıcaklık, pektin verimini belirleyen esas faktördür (Liew ve ark., 2018). Suda bulunan hidrojen bağlarının kuvveti sıcaklıkla azalmaktadır ve zayıflayan hidrojen bağları suyun polaritesinde azalmaya neden

olmaktadır. Bu, bağlar arasındaki etkileşimin azalması pektin verimini artırmaktadır (Teoh ve ark., 2013). Ekstraksiyon sıcaklığının ve süresinin uzun olması da pektin yapısının bozulmasına neden olabilen önemli etkenlerdir (Adetunji ve ark., 2017). Ekstraksiyonda kullanılan çözücü hacmi, numune miktarı, basınç ekstraksiyon pektin verimine etki eden diğer faktörlerdir (Kronholm ve ark., 2007; Chen ve ark., 2015). Solvent olarak da yalnızca su kullanılmasına (Ueno ve ark., 2008; Zakaria ve ark., 2015) rağmen yöntemin maliyeti oldukça yüksektir (Adetunji ve ark., 2017). Çizelge 2.4’de sub-kritik su ekstraksiyonu farklı kaynaklardan pektin ekstraksiyonu ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları özetlenmiştir.

Çizelge 2.4. Sub-kritik su ekstraksiyon farklı kaynaklarda elde edilen pektin verimleri

Hammadde	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Verim (%)	Kaynak
Turunçgil kabuğu	1440	120	21.95	Wang ve ark., 2014
Elma posası	1440	150	16.68	Wang ve ark., 2014
Şeker pancarı küspesi	240	120.72	24.64	Chen ve ark., 2015
Defne ağacı atıkları	20	140	26.2	Rincon ve ark., 2021
Muz kabuğu	5	150	4.88	Rasidek ve ark., 2021
Jackfruit kabuğu atıkları	9.15	138	14.9	Li ve ark., 2019
Greyfurt Kabuğu	120	120	19.6	Liew ve ark., 2018

2.3.Enzim Destekli Ekstraksiyon

Enzim destekli ekstraksiyon, enzimlerin hücre duvarını parçalamasından yararlanılan güncel bir tekniktir. Bitki hücre duvarı; hemiselüloz (ksiloglukanlar), selüloz, nişasta ve pektin gibi birbirleriyle bağlanmış olan polisakkaritlerden meydana gelmektedir. Enzimler bitki hücre duvarını hidrolize etmekte ve hücre geçirgenliğini artırmaktadır, bu nedenle enzimlerin kullanımı ekstraksiyon işlemlerinde son yıllarda yaygınlaşmıştır. Pektin elde edilmesi için proteazlar, hemiselülazlar, selülazlar ve minimal pektinolitik aktiviteye sahip hidrolitik enzimler tercih edilen başlıca enzimlerdir (Ptichkina ve ark., 2008; Puri ve ark., 2012). Geleneksel ekstraksiyon metotlarında kullanılan çözücülerin

iz miktarda dahi olsa son üründe kalıntı yapması, ekstraksiyonda enzim kullanımını avantajlı hale getirmiştir. Enzimler, bitki hücre duvarının matrisini hidrolize ederken ekstraksiyon sürecini iyileştirmektedir. Enzim destekli ekstraksiyon reaksiyon süresi, enzim türü, enzim konsantrasyonu, sıcaklık, pH değeri ve bitki materyalinin partikül boyutu gibi faktörlerden etkilenmektedir (Roselló-Soto ve ark., 2016; Poojary ve ark., 2017; Atalay ve ark., 2018).

Enzimatik yöntemler, pektin ekstraksiyonu için yüksek bir endüstriyel potansiyele sahiptir, çünkü benzer özelliklere sahip pektinler elde edilebilmekte ve geleneksel metotlara nazaran daha yüksek verim sağlanmaktadır. Ayrıca kimyasal solvent ekstraksiyonu ile beraberde kullanılabilmekte ve böylece daha düşük miktarda solvent kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra bu yöntemde ekstraksiyon süresi kullanılan enzim miktarına bağlı olarak kısalmaktadır. Bu yöntemde geleneksel pektin ekstraksiyonuna göre daha düşük sıcaklıklar kullanılmakta, dolayısıyla enerji tüketimi azalmaktadır. Ek olarak, ekstraksiyon sırasında kullanılan ılıman sıcaklıklar, diğer yöntemlerde kullanılan yüksek sıcaklıklarla kıyaslandığında ekipman korozyonu gibi zararları ortadan kaldırmaktadır. Enzimler ekstraksiyon sırasında solvent kullanımını azaltmakta ve yüksek bir seçicilik ile pektin ekstraksiyonu sağlamaktadır. Enzim destekli ekstraksiyonun diğer önemli bir avantajı nötralizasyona ihtiyaç duymamasıdır ve saflaştırma basamaklarının azalmasıdır. Ekstrakte pektin, enzimlerin yüksek etkinliği ve özgülüğü sayesinde daha yüksek kalitede olmaktadır. Ekstraksiyon daha düşük sıcaklıklarda olduğundan pektin yanında aroma maddeleri, fenolikler, pigmentler, yağ gibi sıcaklığa hassas bileşiklerin ekstraksiyonu için de avantaja sahiptir. Bununla birlikte, bu yöntemin etkinliği, enzim konsantrasyonuna sıcaklık ve pH koşullarına büyük ölçüde bağlıdır. Ayrıca ekstraksiyon işleminde kullanılacak enzim tipi, substrat kaynağı ve hücresel bileşenler de önemlidir (Maric ve ark., 2018).

Enzim destekli ekstraksiyonun ana dezavantajlarından biri ise, enzimlerin maliyetidir. Ayrıca mevcut enzimler bitki hücre duvarlarını, tamamen hidrolize edememektedir, bu sebeple pektin ekstraksiyonu güçleşmektedir. Sıcaklık, hammaddenin kompozisyonu gibi faktörler de enzimlerin tepkisini etkileyebilmektedir, ayrıca bitki materyallerindeki alkaloidler olup bu bileşikler enzim aktivitesini

azaltabilmektedir. Pektinin laboratuvar ölçekli çalışmalarında enzimatik ekstraksiyon düşük enzim konsantrasyonlarında gerçekleşebilir; fakat endüstriyel ölçekte maliyetler artmaktadır (Dai ve Mumber, 2010; Dehghan-Shoar ve ark., 2011; Ximenes ve ark., 2011; Puri ve ark., 2012; Khodaei ve ark., 2016; Roselló-Soto ve ark., 2016; Saha ve ark., 2017; Hennessey-Ramos ve ark., 2021; Malik ve Mandal, 2022).

Pektin ekstraksiyonu için her biri kendine özgü etkiye sahip enzimler kullanılmaktadır. Ekstraksiyon için hemiselülaz, proteaz, selülaz, protopektinaz, poligalakturonaz, alkalaz, ksilaz, endopoligalakturonaz, alfa-amilaz, nötraz, beta-glukosidaz ve pektinesteraz araştırılan enzimlerdir (Sakamoto ve ark., 1995; Ptichkina ve ark., 2008; Jeong ve ark., 2014; Yuliarti ve ark., 2015; Wikiera ve ark., 2015; Lui ve Kokare, 2023; Roy ve ark., 2023). Bu enzimlerin özellikleri aşağıda özetlenmiştir

- **Selülaz;** selülozu glikoza hidrolize eden enzim grubudur (Eren-Kıran ve ark., 2006).
- **Proteaz;** proteinlerin polipeptit yapıları içerisindeki amit bağlarını hidrolizleyen enzimlerdir (Bugg, 1996).
- **Protopektinaz;** Çözünmeyen protopektini parçalayarak yüksek derecede polimerize olmuş çözünür pektini verir (Alev, 2011).
- **Hemiselülaz;** hemiselülozu hidrolize eden bir enzim grubudur (Güner ve Dağlıoğlu, 2008).
- **Alkalaz;** proteinlerin hidrolize edilmesinde görev alan bir enzimdir (Akbal ve Öner, 2021).
- **Ksilaz;** ksilan molekülünün hidrolizini gerçekleştiren enzimlerdir (Grio ve ark., 2010).
- **Poligalakturonaz;** oksijen köprüsü üzerinden su katılımıyla poligalakturonik asit zincirinin hidrolitik olarak kırılmasını katalizler (Alev, 2011).
- **Alfa-amilaz;** nişasta molekülündeki α -1,4 bağlarını parçalayarak maltoz, α -limit dekstrinlerin, glikoz ve maltotrioz oluşumunu sağlar (Eren-Kıran ve ark., 2006).

- **Nötraz;** proteini hidrolize eden enzimlerden bir tanesidir (Korkmaz ve Tokur, 2021).
- **Beta-glukosidaz;** glukoz bileşiklerindeki β -glukozid bağlarını hidroliz edebilen enzimlerdir (Esen., 2010).
- **Endopoligalakturonaz;** pektin üzerinde hareket ederek iç ve dış glikosidik bağlarını hidrolize ederler (Soares ve ark., 1999).
- **Pektinesteraz;** pektinin 6. karbonundaki metil ester grubunun ayrılmasını katalizler (Versteeg, 1979).

Pektinin enzim destekli ekstraksiyonu ile elde edilmesinde iki temel yaklaşım söz konusudur. Pektini hidrolize eden enzimlerin kullanılması (Panouille ve ark., 2006), diğeri de bitki hücre duvarındaki pektin olmayan polisakkaritlerin parçalanarak pektinin hücre dışına çıkmasını sağlayan enzimlerin kullanımıdır. Pektin ekstraksiyonunda ikinci yaklaşım daha yaygındır. Bu amaçla en sık tercih edilen enzimlerden birisi selüloz enzimidir. Selüloz, bitki hücre membranında bulunan en önemli polisakkaritlerden selülozu hidroliz etmekte, böylece pektinin ekstraksiyonunu sağlamaktadır. Birinci yaklaşım ise; çoğunlukla yüksek metoksilli pektin kaynağından düşük metoksilli pektin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır (Ptichkina ve ark., 2008; Puri ve ark., 2012). Ekstraksiyon verimi, sistemin sıcaklığı ve pH'ı, ekstraksiyon süresi, enzim tipi ve konsantrasyonu ve substratın partikül boyutu gibi çeşitli koşullara bağlıdır. Enzim destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen pektinle ilgili diğer literatür çalışmalarının sonuçları Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin verimleri

Hammadde	Süre (saat)	Sıcaklık (°C)	Enzim	Verim (%)	Referans
Elma Püresi	12-24	40-60	Celluclast 1.5L	3.4-8.1	Dranca ve Oroyan, 2019
Portakal Kabuğu	4	50	Selülaaz	11.7	Cui ve ark., 2020
	0.5	25	Celluclast 1.5L	4.48	
Kivi Posası	4	50	LaminexC2K (Cellulase (endoglukanaz), hemicellulase xylanase, arabinoxylanase)	82.2	Yuliarti ve ark., 2015
	4	50	ValidaseTRL (Cellulase, hemicellulase, xylanase, mannanase, b-glucanase)	79.1	
Hindiba ve Karnabahar	4	50	Celluclast 1.5L	36.4	Panouille ve ark., 2006
Kolza Tohumu	5	50	Celluclast 1.5L	6.85	Jeong ve ark., 2014
	5	50	Alcalase 2.5 L (protease)		
Misket Limonu Kabuğu	4	50	Multifect B (Cellulase, hemicellulase, bglucanase)	79.3	Dominiak ve ark., 2014a
	4	50	GC880(Cellulase (endoglukanaz))	78.1	
	18	50	Celluclast 1.5L	14.5	
	3	40	Celluclast 1.5L	4.01-6.53	Wikie ra ve ark., 2015 a, b
Elma Posası	3	40	Viscoferm L. (Arabanaz, selülaaz, βglukanaz, hemiselülaaz ve ksilanazı)	4.67-7	
	20	30	Cellulase (endoglukanaz)	4.70	Fissore ve ark, 2009
Balkabağı	20	30	Hemicellulase (xylanase, arabinoxylanase)	6.12	
Enginar	36-48	50	Celluclast 1.5L	22.14	Sabater ve ark., 2018
Nar Kabuğu	2.58	40	Selülaaz	7.19	Keleş, 2019
Şeker Pancarı Posası	4	50	Selülaaz	8.4	Abou-Elseoud ve ark., 2021
	4	50	Ksilanaz	6.8	
	4	50	Selülaaz + Ksilanaz	28.8	
	1	40	Fungal β- glucanase	7.3	
Yuzu Posası	1	40	Aspergillus awamori (ksinaz, selülaaz, β-glukozidaz, endopolygalacturonase, pectinesterase)	14	Lim ve ark., 2012
			Viscozyme® L (arabanaz, selülaaz, βglukanaz, hemiselülaaz ve ksilanaz)		
Yeşil Çay Yaprağı	3	30		8.5	Zhang ve ark., 2020
	3	30	FoodPro® CBL	5.1	
Patates Posası	30.4	35	Endo-PG	9.4	Khodaei ve Karboune, 2014
Balkabağı Posası	20	30	Selülaaz + a-amilaz	10.3	Cui ve Chang, 2014

2.4. Selulazlar

Pektin ekstraksiyonu için en fazla kullanılan enzim selülazlar olup selülozu glikoz monomerlerine parçalamak için ekzo-selulazlar (EC 3.2.1.91), endo-selulazlar (EC 3.2.1.4) ve β -glukozidazlar (EC 3.2.1.21) olmak üzere en az üç enzim gerekmektedir. Endo-selulazlar selüloz zincirlerinde iç bağları rastgele parçalayarak oligosakkaritleri üretmektedirler. Ekzo-selulazlar (selobiyohidrolazlar), selülozu indirgenmeyen ucuyla sellobiyoz ünitelerine ayırmaktadır. β -glukozidazlar (sellobiyaz) ise, sellobiyozu glikoza parçalamaktadır (Eveleigh, 1987). Ticari olarak selülaz enzimleri çoğunlukla optimum pH değerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Nötral selülazlar pH 6-8 ve 50-60°C de, asidik selülazlar pH 4-6 ve 44-55°C'de, alkali selülazlar, alkali ortamda ve genellikle pH 8'in üzerinde optimum selüloz hidroliz aktivitesine sahip enzimlerdir. Selülaz enzimi birçok mikroorganizma tarafından üretilerek de elde edilebilmekte ve kimya, gıda, kozmetik, kâğıt, deterjan ve ilaç endüstrilerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Keleş, 2019). Selülaz gıda endüstrisinde glikoz şurubu üretiminde ve meyve sularının berraklaştırılmasında tercih edilmektedir. Kullanım alanlarından en önemlisi biyokütlenin biyoyakıtlara fermantasyonu sırasında şekerlerin üretimidir. Diğer endüstri alanlarında ise kotların taşlanması, kumaşlarda yumuşaklık ve parlaklık elde edilebilmesi amacıyla deterjan üretiminde, yem kalite artışında ve endüstriyel atıkların ön işleminde kullanılmaktadır (Körlü ve ark., 2008). Son yıllarda pektin ekstraksiyonunda da kullanılmaya başlanmıştır (Keleş, 2019).

Daha önceki çalışmalarda Celluclast® 1.5L (Celluclast) enzimi kullanılarak enginardan (*Cynara scolymus L*) yüksek verimle (21.4 mg g⁻¹) ve galaktronik asit içeriğine (720,0 mg g⁻¹) sahip pektin elde edilmiştir (Sabater ve ark., 2018). Dranca, ve ark., (2020) yaptıkları çalışmada selülaz enzimi ile elma posasından %7.2 verim ile pektin elde etmişlerdir. Bir başka çalışmada pektin, elma posasından Celluclast 1.5L ile yüksek pektin verimi %8.08 olarak 50°C sıcaklıkta ve 24 saat ekstraksiyon süresinde elde edilmiştir (Dranca ve Oroian, 2019). Havuçtan enzimatik olarak elde edilen pektinin verimi %23.52 olarak bulunmuştur (Toma ve ark., 2019). Şeker pancarı küspesinden enzimatik ekstraksiyon yapılan çalışmada ksilanaz:selülaz enzim oranı 1:1.5 kullanıldığında maksimum verim %28.8 olarak elde edilmiştir (Abou-Elseoud ve ark., 2021). Çilek, böğürtlen, ahududu, frenk üzümü meyvelerinden selülaz enzimi ile %8.8-

12.4 arasında pektin verimine ulaşılmıştır (Almagro ve ark., 2021). Bir diğerk çalışmada portakal kabuğu pektini geleneksel yöntemle ekstrakte edildiğinde %20.3 verimle, enzim destekli ekstarksiyonda ise %11.7 verimle elde edilmiştir (Cui ve ark., 2020). Wikiera ve ark. (2015a), enzim destekli ekstraksiyon ve geleneksel ekstraksiyonu karşılaştırdığı bir çalışmada, elma posası verimini enzim destekli ekstraksiyonda %18.95, geleneksel ekstraksiyonda ise %14.52 olarak bulmuştur.

2.5. Pektin Üretimi İçin Kullanılan Kaynaklar

Pektin bitkilerde yaygın olarak bulunmasına karşı; çoğu bitkiden ekonomik olarak üretimi zordur. Bazı bitkisel dokularda yeterli miktarda bulunmamakta, bazılarında ise fazla oranda içerebilmektedir. Kolay erişilebilirlikleri ve yüksek miktarda pektin içermeleri nedeniyle, turunçgil kabuğu (limon, portakal, misket limonu), elma posası, ayçiçeği tablası ve şeker pancarı posası başlıca endüstriyel pektin kaynaklarıdır. Elma posası, şeker pancarı küspesi gibi diğerk atıklar da pektinin diğerk ticari kaynaklarıdır. Pektinin özellikleri ham maddeye bağlıdır ve farklı bitki türlerinden ekstrakte edilen pektin farklı fizikokimyasal özelliklere sahiptir. Örneğin; şeker pancarı küspesinden elde edilen pektinin, turunçgil pektininden daha iyi emülsifiye edici özellikler gösterdiği bulunmuştur (Leroux ve ark., 2003; Huang ve ark., 2021).

Son dönemlerde pektin ekstraksiyonu için farklı kaynaklar araştırılmaktadır. Düşük maliyetleri nedeniyle çeşitli tarımsal, meyve sebze atıklarının pektin üretimi amacıyla kullanımı, sürdürülebilir kalkınmaya ve çevrenin korunmasına katkıda bulunma potansiyeli bulunmakta ve gelecekte de pektin üretiminde önemli bir potansiyel kaynak olarak kabul edilmektedirler. Yapılan çalışmalarda domates, havuç, bakla, bezelye ve soya fasulyesinden pektin ekstraksiyon veriminin yüksek olduğu bulunmuştur. Kaju, mango kabuğu, çarkıfelek kabuğu ve domates atığı yüksek galakturonik asit içeriğine sahip pektinlerin üretimi için en umut verici kaynaklar arasında yer almaktadır (Müller-Maatsch ve ark, 2016; Reichembach ve ark., 202; Einhorn-Stoll ve ark., 2021; El-Fihry ve ark., 2022;). Bunun yanında muz, kivi, üzüm, mango, nar, zeytin, kaju, havuç, domates, karpuz kabukları, sisal atıkları, kakao, soya, bezelye, antep fıstığı kabukları, brokoli ve karnabahar sapları, kahve ve patates posaları, karpuz kabuğu araştırılan

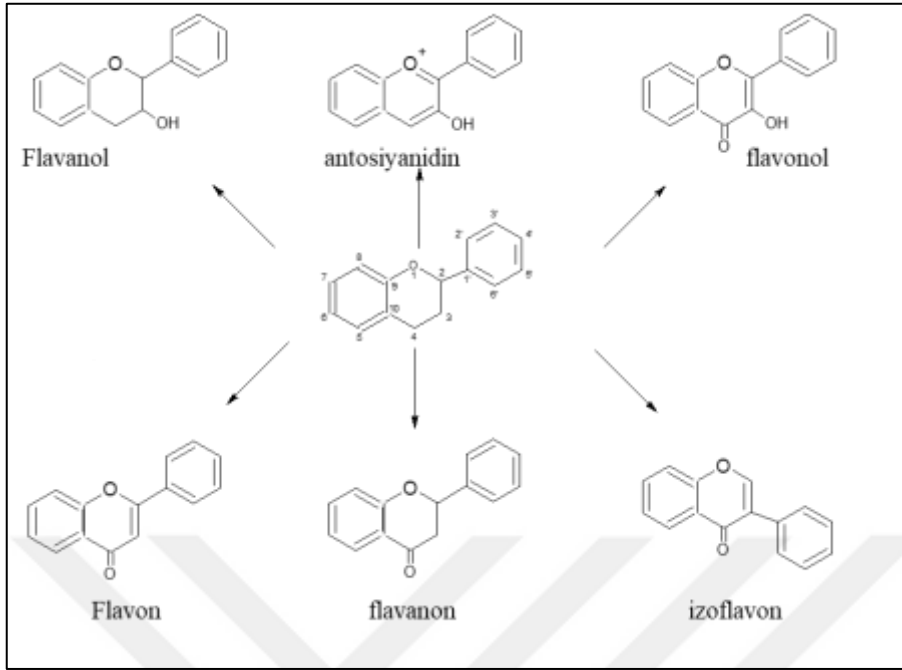
pektin kaynakları arasında yer almaktadır (Chan ve ark., 2013; Prakash ve ark., 2014; Santos ve ark., 2015; Ptichkina ve ark., 2018; Güzel ve Akpınar, 2019). Bu maddeler, ticari pektinin ana kaynakları olmamasına rağmen, pektinin çeşitli fonksiyonel özelliklerinden yararlanmaya yönelik artan talep ve ilgi nedeniyle pektin ekstraksiyonu için araştırılmaktadır (Güzel, 2017; Rehman ve ark., 2019; Cui ve ark., 2021; Mendez ve ark., 2023; Roy ve ark., 2023;).

2.6. Fenolik Bileşikler

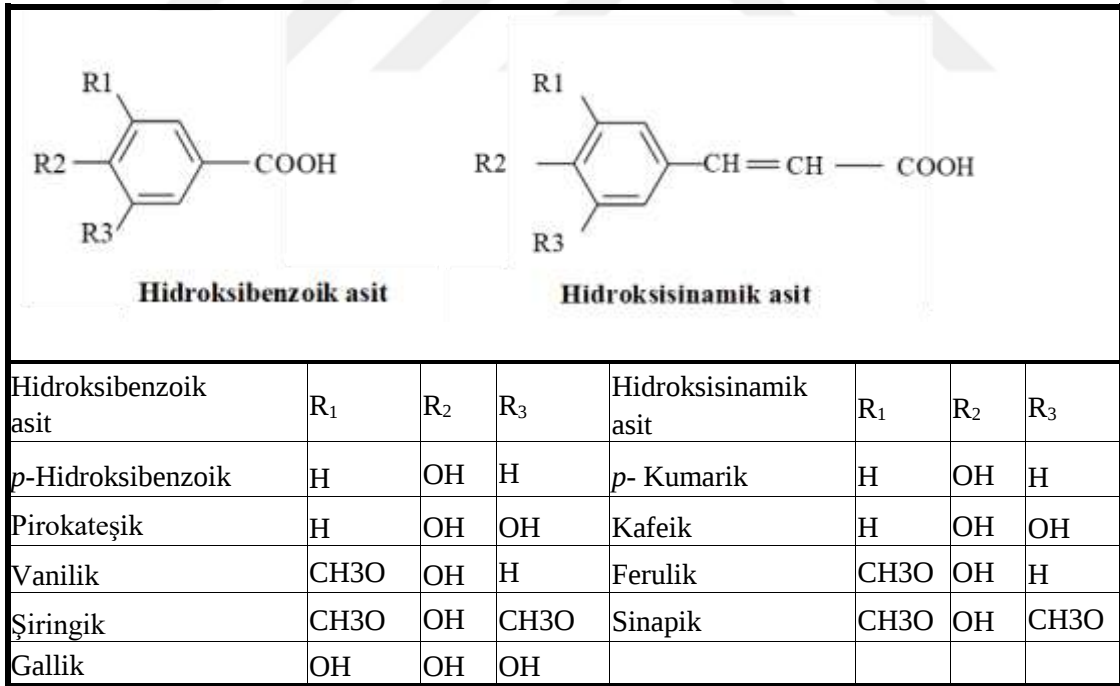
Fenolik bileşikler bitkilerde en çok rastlanan sekonder bir metabolittir. Bitkinin kendisini dış etkenlere karşı savunma mekanizmasında görev alan biyoaktif bileşiklerdir. Fenolik bileşiklerin, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antikanserojen, antidiyabetik ve antitrombotik gibi birçok biyoaktif etki gösterdiği yapılan çalışmalar sonucunda kesinleşmiştir (Jaiswal ve Kumar, 2022; Zago ve ark., 2022). Sahip olduğu biyoaktif özelliklerden dolayı tıp alanında geliştirilen tedavi metotlarına entegre edilmeye başlanmıştır. Özellikle antioksidan, antimikrobiyal ve antienflamatuvar etkileri nedeniyle farklı hastalıklarının tedavisi amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca kalp damar sağlığı, diyabet ve yaşlanma gibi cilt kusurları üzerindeki olumlu etkilerinin doğrulanması nedeniyle fenolik bileşiklere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015). Doğal gıda katkı maddesi olarak kullanılma potansiyelinin yüksek olması bitkilerin fenolik bileşik miktarlarının araştırılmasına neden olmuştur (Dai ve ark., 2010).

Fenolik bileşiklerinin sınıflandırılması içerdikleri fenol halkası sayısına göre yapılır. Başlıca grupları ise; flavonoidler, fenolik asitler, tanenler (hidrolize ve kondanse tanenler) ve daha az bulunan lignanlardır. Beslenmemizde yer alan fenolik bileşikler; fenolik asitler (benzoik ve sinamik asitler) ve flavonoidlerdir. Flavonoidler flavonoller, flavonlar, flavanonlar, flavanoller, izoflavonlar ve antosiyaninler şeklinde altı alt gruba ayrılmaktadır (Şekil 2.3). Fenolik asitler ise hidroksibenzoik ve hidroksisinnamik asitler olarak incelenmektedir (Şekil 2.4). Ana iskelet aynı olsa da aromatik halka üzerindeki hidroksil grup sayısı ve yeri farklı olabilmektedir (Robbins, 2003; Dai ve Mumber, 2010; Tsao, 2010).

Fenolik bileşiklerin izolasyonu, tanımlanması ve kullanımında ekstraksiyon önemli bir aşamadır. Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılan klasik yöntem genellikle çözücü ekstraksiyonudur. Ancak pahalı ve sağlığa zararlı organik çözücülerin fazla miktarda kullanılması, atık sorunun ortaya çıkması, ekstrakt içinde çözücü kalması, ekstraksiyon süresinin uzun olması ve buna bağlı olarak polifenollerin kaybı gibi dezavantajları söz konusudur. Son yıllarda seçici, daha az solvent kullanan ve daha yüksek verime sahip teknikler geliştirilmektedir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon, kritik altı su ekstraksiyonu, süperkritik akışkan ekstraksiyonu, basınçlı akışkan ekstraksiyonu, ultrasonik ekstraksiyon ve enzim destekli ekstraksiyon fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda araştırılan tekniklerdir (Cavuldak ve ark., 2016; Alara ve ark., 2019). Bunlar arasında enzim destekli ekstraksiyon yöntemi, sitoplazmik içeriğin ekstraksiyon sıvısına hareketini sağlamak için enzimlerin hücre duvarı parçalama kabiliyetinden yararlanan güncel ve çevre dostu bir tekniktir. Aslında, çoğu bitki fitokimyasalı, hidrojen veya hidrofobik bağlar yoluyla bitki hücre duvarı bileşeni olan lignine bağlanmakta ve bu da onları geleneksel olarak erişilemez hale getirmektedir. Bu nedenle, bu tür bağlı fitokimyasalların etkin salınımını kolaylaştırmak için enzimatik ön işlemler gerekmektedir. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemleri, kolayca manipüle edilebilen proses parametreleri aracılığıyla neredeyse tüm bitki matrisinden polifenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu mümkün kılmaktadır (Gligor ve ark., 2019). Bu karmaşık matrisi parçalamak için selüloz, pektinaz, tanaz vb. enzimler kullanılmaktadır (Meini ve ark., 2019).



Şekil 2.3. Flavonoid grubu fenolik maddelerin yapıları (Ignat ve ark., 2011; Demir, 2018)



Şekil 2.4. Fenolik asitlerin genel yapıları (Saldamlı, 1998; Shahidi ve Naczk, 2006; Demir, 2018)

Şimdiye kadar fıstık kabuğundan (pektinaz, selüloz ve tannaz enzimleri ile) (Ghandahari ve ark., 2018), üzüm posasından (pektinaz, selüloz ve tannaz enzimleri ile) (Meini ve ark., 2019), üzüm kabuklarından ve tohumlarından (pektinaz, selüloz ve tannaz) (Fernández ve ark., 2015), limon, greyfurt, mandalina ve portakal kabuğundan (Li ve ark., 2006), ahududu atıklarından (Laroze ve ark., 2010), keten tohumu küspesinden (Ribeiro ve ark., 2012) ve arpadan (Zhu ve ark., 2016) enzimatik yöntemle fenolik bileşikler ekstrakte edilmiştir.

Yapılan çalışmalara göre; kivi'nin zengin biyokimyasal içeriğinden dolayı bağışıklık sistemini güçlendirici, bağırsak florasını düzenleyici, antioksidan, antimikrobiyal gibi pek çok etkiye sahip olduğu görülmüştür (Kanbur ve Gündoğdu, 2020; Dias ve ark 2020; Wang ve ark., 2021). Turunçgillerin kabuk ve çekirdeklerinden oluşan atıklardan halk arasında diyabet ve yüksek tansiyon gibi hastalık tedavilerinde faydalanılmaktadır. Özellikle mandalina kabuğunda yüksek miktarda fenolik ve β -karoten saptanmıştır (Güzel ve Akpınar, 2017). Daha önce yapılan çalışmalarda kivi meyvesinin kabuğu, eti ve tohumlarının klorojenik asit, kafeik asit, p-hidroksibenzoik asit gibi fenolik bileşikler bakımından zengin olduğu ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ortaya konmuştur (Wang ve ark., 2018). Güzel ve Akpınar (2017), yaptıkları çalışmalarında mandalina kabuklarında 113.01 mg GAE/g, kivi kabuklarında ise 79 mg GAE/g fenolik bileşik olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite açısından farklı olgunlaşma aşamalarında kivi kabukları incelenmiş ve yüksek seviyelerde fenolik bileşikler (1.3 g GAE/100 g un) içerdiği ve yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu bulunmuştur (Chamorro ve ark., 2022).

2.7. Kivi Kabuğu

Kivi, *Actinidiaceae* familyasına ait, dünya çapında bilinen çok yıllık bir meyvedir. Anavatanı Çin olmakla birlikte tropikal iklime sahip bölgelerden ılıman iklime sahip bölgelere kadar geniş bir alanda yetişmektedir (Pinto ve ark., 2020). Kivi meyvesinin en çok üretilen türleri *Actinidia eriantha*, *Actinidia chinensis* ve *Actinidia deliciosa*'dır. Düşük hava sıcaklıklarına dayanıklı olmaları nedeniyle *Actinidia kolomikta* ve *Actinidia*

purpurea türlerinin yetiştirilmesi de tercih edilmeye başlanmıştır (Chesoniene ve ark., 2004).

Kivi bitkisi, 100 yıla kadar yaşayabilen, odunsu sarmaşıkları 5-7 m arası yüksekliklere ulaşabilen bir bitkidir. Meyveleri, ağırlık, şekil, kabuk ve meyve eti rengi, olgunlaşma süresi, tüylülük varlığı veya yokluğu ve lezzet gibi birçok farklı özellik açısından değişiklik göstermektedir (Wojdyło ve ark., 2017). Meyve ağırlıkları 50 ile 70 g arasında olmakla birlikte bazı türlerinde 200 g'ı geçebildiği bilinmektedir. Şekil olarak oval, dikdörtgen veya silindirikdir. Meyve kabukları yeşil, kahverengi, turuncu, kırmızı veya mor arasında değişebilirken, meyve eti yeşil, sarı veya kırmızıdır renktedir (Henare, 2015). Meyvenin olgunlaşması, çiçeğin dökülmesinden meyve istenen olgunluğa ulaşana kadar, türe bağlı olarak 100 ila 210 gün arasında sürebilmektedir. Hasat süresi, meyvenin optimum kimyasal bileşimine ve buna karşılık gelen lezzete ulaşması için en önemli faktörlerden birisidir (Richardson ve ark., 2018).

Kivi üretimi son dönemlerde tüketicilerin talepleri doğrultusunda artmıştır Dünyada üretimi yaklaşık 600.000 ton olup başlıca İtalya, Yeni Zelanda ve Şili'de üretilmektedir. Kivi; Türkiye'de 1994 yılında üretilmeye başlamış olup, TÜİK verilerine göre 1994 yılında 7 ton, 2000 yılında 1400 ton ve 2010 yılında 26554 ton üretim sağlanmıştır. Dünya kivi üretimi 2020 yılında bir önceki yıla göre %2.3 artmış ve 4.4 milyon tona ulaşmıştır. TÜİK Bitkisel Üretim İstatistiklerine göre Türkiye'de 2022 yılında 100.772 ton üretilmiştir ve 2021 yılına göre üretimi %16.7 artış göstermiştir (Anonim, 2022a). Kivi meyvesi Doğu Karadeniz'de fındık ve çay üretiminden sonra önemli bir yer edinmiştir (Ekşi ve Özen, 2012).

Kivi meyvesinin kimyasal bileşik kompozisyonu türler arasında bazı farklılıklar göstermektedir. Genel olarak yapısında yüksek miktarda E vitamini, lif, potasyum ve folik asit seviyesine sahip olmakla birlikte zengin C vitamini (askorbik asit) içeriği ile dikkat çekmektedir (Pérez-Burillo ve ark., 2018; Richardson ve ark., 2018). Yapısında ayrıca karbonhidrat, protein, fenolik bileşik ve karotenoid (lutein) bulunduğu bilinmektedir (Henare, 2015; He ve ark., 2019). Sahip olduğu biyoaktif bileşikler kaynaklı antioksidan, anti-inflamatuar ve aktimikrobiyal etkiye sahip olmakla birlikte

yapılan son çalışmalar ile probiyotik etkiye sahip oldukları da anlaşılmıştır (P rez-Burillo ve ark., 2018; Richardson ve ark., 2018; Pinto ve ark., 2020). Kivi meyvesinin sahip olduğu C vitamini ve fenolik bileşik miktarı göz önüne alındığında yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Park ve ark., 2014; Leontowicz ve ark., 2016).

Kivi taze olarak tüketildiği gibi kurutularak, dondurularak, gıda sanayinde meyve suyuna işlenerek, reçel, marmelat, pasta, dondurma ve ilaç sanayinde kullanım alanı edinmiştir (Kanbur ve Gündoğdu, 2020). Yan ürünü olan kivi kabuğu ve meyve suyu üretiminden elde edilen kivi posası içerdikleri biyoaktif bileşikler sayesinde gün geçtikçe ilgi görmekte ve ticari değere sahip olmaktadır. Kivi kabukları, fenolik bileşikler, polisakkaritler ve selüloz dahil olmak üzere birçok değerli biyoaktif bileşik içermektedir (Soquetta ve ark., 2016; Sun ve ark., 2021).

Son birkaç yılda, kivi kabuğu özütü, maliyet etkin ve evre dostu bir yeşil sentez yöntemi kullanılarak nanoparçacıkların üretilmesinde başarıyla kullanılmıştır. Çinko oksit (ZnO), titanyum dioksit (TiO₂) ve kalay oksit (SnO₂) nanoparçacıkları kivi kabuklarının polifenolik bileşeninden yararlanılarak hazırlanmıştır (Cairone ve ark., 2022). Gomathi ve ark. (2021), kivi kabuğu ekstraktını kullanarak kalay oksit (SnO₂) nanoparçacıklarının  retilimi gerçekleştirmişler ve kivi kabuğu ekstraktının SnO₂ nanoparçacıklarının üretiminde verimli, evre dostu ve düşük maliyetli bir hammadde olduğunu belirlemişlerdir. Kivi kabuğu ekstraktı kullanılarak sentezlenmiş çinko oksit (ZnO) nanoparçacıklarının antimikrobiyal ve anti-kanserojenik ajan olarak kullanılabileceği ve halojenli fenolik bileşiklerin toksisitesini kolayca daha düşük seviyelere indirebileceği anlaşılmıştır. Bunların yanı sıra atık suların değerlendirilmesi ve tarımsal sulamalarda kullanımına olanak sağlayabileceği  n görülmektedir (Li ve ark., 2021). Gubitosa ve ark. (2021), çalışmalarında kivi kabuklarının i ve dış yüzeylerinin sudaki kirlilik unsurlarını uzaklaştırmada, uzun ömürlü ve geri dönüştürülebilir adsorban malzeme olduğunu bildirmiştir.

Kivi kabukları, sahip olduğu fenolik bileşiklerin güçlü antioksidan aktivite ve biyo-indirgeme yeteneğinden dolayı doğal antioksidan katkı maddelerinin  retilimi için bir

kaynaktır ve bu özellikleri gıda ambalaj filmlerinin biyolojik fonksiyonlarını geliştirmek için büyük bir potansiyel ortaya çıkarmaktadır. Yapılan bir çalışmada, sodyum aljinat (SA) bazlı filmlere, kivi kabuğu ekstraktı biyolojik olarak indirgenmiş gümüş nanopartiküller ile modifiye edilmiş ve elde edilen çok amaçlı SA filmlerinin antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinde artış olduğu, kivi kabuğu ekstraktının gıda paketlenme filmleri hazırlanması için ucuz ve kolay bir kaynak olduğu anlaşılmıştır (Sun ve ark., 2021).

Kivi kabukları pektin, selüloz gibi önemli polisakkaritleri de içermektedir. Daha önceki çalışmalarda kividenden ultrason destekli ekstraksiyon ile %25.7 pektin elde edilmiştir (Wang ve ark., 2020). Yapılan bir çalışmada sitrik asitle kivi kabuğundan pektin elde edilmiş ve verimi %6.54 olarak bulunmuştur (Güzel ve Akpınar, 2019). Ekstraksiyon tekniklerinin kivi pektinleri üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılan bir çalışmada mikrodalga ve ultrasonik destekli ekstraksiyon kullanılmış ve pektin verimleri; mikrodalga destekli ekstraksiyonda %2.94, ultrasonik destekli ekstraksiyonda ise %2.82 olarak bulunmuştur (Han ve ark., 2019). Yuliarti ve ark. (2011), altın kivi pektininden Celluclast 1.5L ile %6.58-%8.08 verimde pektin ekstrakte etmişlerdir. Yuliarti ve ark. (2015), altın kiviinin erken hasat edilen meyve ve zamanında hasat edilen meyve olmak üzere iki farklı olgunluk aşamasından izole edilen pektinin üç yöntemle (asit, su, enzimatik) elde etmişlerdir ve bu çalışmada en yüksek verim enzimatik ekstraksiyonla elde edilmiştir.

2.8. Mandalina Kabuğu

Mandalina, *Rutaceae* familyasının *Aurantioideae* alt familyasının *Citrus* cinsi içerisinde yer almakta olan bir meyvedir. Anavatanı olan Güneydoğu Asya'da mandalina yetiştiriciliğinin M.Ö. 12. yüzyıla dayandığı bildirilmektedir. Turunçgiller familyasının diğer üyelerine kıyasla çöl iklimi, semi tropik ve subtropik iklimin görüldüğü geniş bir bölgede üretimi yapılmaktadır (Turgutoğlu, 2020).

Dünya genelinde 2018 yılı verileri incelendiğinde 3.639.084 hektar alanda 34.393.430 ton mandalina üretimi meydana gerçekleştirilmiştir (FAO, 2020). Mandalina ihracatında

Türkiye, İspanya ve Çin ile beraber öncü ülkeler arasında bulunmaktadır (Ertek ve ark., 2020). Ülkemizde 2021 yılında ise 1.819.000 ton mandalina üretimi gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022). Toplam mandalina üretimi; önceki sezona göre %15 oranında artmıştır (Anonim, 2022b). Ülkemiz mandalina ihracatında son 5 yılda %84 artış göstermiştir ve 2022 yılında 841.763 ton mandalina ihraç edilmiştir (TÜİK, 2022; Anonim, 2022b).

Mandalina, ekşi-tatlı tatları ve yüksek besin değerine sahip olan, portakalla kıyaslandığında daha yumuşak ve kabuğu soyulduktan sonra veya sıkılarak da tüketilen bir meyvedir (Acar, 2013). Mandalina kabuğu, polisakkaritler, alkaloidler, flavonoidler, uçucu yağ, vitaminler gibi zengin biyoaktif bileşik içerdiğinden, sağlıklı gıda için potansiyel bir malzeme olarak kabul edilmektedir (Ademosun ve ark., 2018). Sahip olduğu biyoaktif bileşiklerden flavonoidler, birincil aktif bileşenler olarak kabul edilmektedir. Farmakolojik araştırmalar, mandalina kabuğundaki flavonoidlerin antikanser, antitrombotik, antianafilaksi, antioksidan ve antiviral aktivite gibi bir dizi fonksiyona sahip olduğunu kanıtlamıştır (Shi ve ark., 2018; Yu ve ark., 2018; Wang ve ark., 2018).

Meyve suyu fabrikalarında kullanılan meyvelerin, ağırlığının yaklaşık %48'ü posa olarak atılan atıklar; çoğunlukla hayvan yemi, gübre ve katı yakıt olarak kullanılmaktadır (FAO 2012). Mandalina kabukları genellikle içecek, şekerleme ya da yemeklerde baharat olarak tercih edilmektedir (Anonim, 2017a). Mandalina kabuğunun, temel bileşimi lignin, hemiselülozlar, selüloz ve pektindir (Doğan ve ark., 2020). Yapılan çalışmalarda mandalina kabuğunun pektin ekstraksiyonu için kullanılabileceği gösterilmiştir (Şen ve ark., 2021). Mandalina kabuklarından geleneksel yöntemle %15.23 pektin elde edilmiştir (Twinomuhwezi ve ark., 2020). Wang ve ark. (2014), elma posası ve turunçgil (*Citrus reticulata*) kabuğundan pektini, asit veya alkali ilave etmeden kritik altı su ile ekstrakte etmişler ve %68.88 verim olarak bulmuşlar. Ayrıca araştırmacılar mandalina kabuğu pektininin, elma posası pektininin antioksidan aktivitesinde daha güçlü olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada nitrik asit ekstraksiyonu (pH 1.6, 100 dak, 36 mL/g sıvı:katı oranı) kullanılarak mandalina kabuğundan %25.6 verimle pektin elde edilmiştir (Colodel ve ark., 2018). Chen ve ark.

(2016), mikrodalga destekli ekstraksiyon kullanmışlar ve %19.9 verimle pektin elde etmişlerdir.



4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal

Pektin ekstraksiyonu için kullanılan mandalina (*Citrus reticulata*), kivi (*Actinidia deliciosa*) meyveleri yerel marketlerden temin edilmiştir. Kabukları doğrayıcı vasıtasıyla parçalanmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kuruyan kabuklar öğütülerek toz haline getirilmiş ve oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Aspergillus niger'den elde edilmiş selülaz enzimi Sigma-Aldrich (St. Lois, MO, ABD) firmasından temin edilmiştir. Turunçgil kabuklarından elde edilen pektin standardı Sigma (Sigma Chemical Company, MO, USA), ticari pektin Tito (Yantai Andre Pectin Co. Ltd., Çin) firmalarından alınmıştır. Gerekli olan diğer tüm kimyasal maddeler Sigma (Sigma Chemical Company, MO, USA), Merck (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) ile Alfa Aesar (Alfa Aesar GmbH & Co KG, Germany) firmalarından alınmıştır.

4.2. Yöntem

4.2.1. Pektinin enzim destekli ekstraksiyonu

Pektin ekstraksiyonu 50 mM sitrat tampon çözeltisi (pH 5.5) içinde 40°C ve çalkalamalı inkübatörde yapılmıştır. Pektin ekstraksiyonu için selülaz enzimi kullanılmıştır. Öğütülen kivi ve mandalina kabuklarından farklı ağırlıklarda (2, 4, 8 g) alınan örnekler 30 mL tampon çözelti ile karıştırılmış ve farklı enzim aktivitelerinde (0.02, 0.04, 0.06, 0.08 U/mL), farklı sürelerde (60, 120, 150, 180, 240, 300 dk) pektin ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda pektin %96'lık etil alkol ilavesiyle çöktürülmüştür ve +4 °C 24 saat bekletilmiş ve %70'lik etil alkol ile 2 kez yıkanmış ve kurutulmuştur (Martínez-Ávila ve ark., 2008). Kuruyan pektin öğütülmüş ve pektin verimi aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Verim} = m_0/m \times 100$$

m_0 = kurutulmuş pektinin ağırlığı (g)

m = kurutulmuş kivi ve mandalina kabuklarının ağırlığı (g)

4.2.2. Pektinin klasik yöntem ile ekstraksiyonu

Öğütülmüş kivi ve mandalina kabukları (1 g), 30 mL sülfürik asitle pH 1'e ayarlı asidik su ile karıştırılmış ve 80°C'de karıştırılmalı su banyosunda 3 saat ekstrakte edilmiştir (Taşan, 2018). Ekstrakte edilmiş olan pektini çöktürmek için %96'lık etil alkol eklenmiştir ve +4°C'de buzdolabında 24 saat bekletilmiştir ve %70'lik etanol 2 kez yıkanmıştır. Daha sonra etüvde 45°C'de kurutulmuş pektinler öğütülerek toz haline getirilmiştir (Kliemann ve ark., 2009).

$$\text{Verim} = m_0/m \times 100$$

m_0 = kurutulmuş pektinin ağırlığı (g)

m = kurutulmuş kivi ve mandalina kabuklarının ağırlığı (g)

4.2.3. Pektinin soğuk ve sıcak suda/alkalide (NaOH) çözünürlüğü

Ekstrakte edilen pektinden 0.1 g tartılmış, üzerine 4 mL %95'lik etil alkol eklenmiştir. Üzerine 20 mL su ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Burada pektinin soğuk suda çözünüp çözünmediğine bakılmıştır. Bu karışımdan 2 mL alınmış ve alınan karışım su banyosunda 85°C'de 15 dakika ısıtılmıştır (Fishman ve ark., 1984). Süre sonunda pektinin sıcak suda çözünüp çözünmediği kontrol edilmiştir. Suda çözündürülen pektinden 2 mL alınmış üzerine 0.4 mL 0.1 N NaOH ilave edilmiştir. Bu karışımda pektinin soğuk alkalide çözünüp çözülmediği kontrol edilmiştir ve daha sonra su banyosunda 85°C'de 15 dakika karıştırılarak ısıtılmış ve sıcak alkalide çözünüp çözünmediği kaydedilmiştir (Joslyn, 1980).

4.2.4. Pektinde eküvalent (eşdeğer) ağırlık

0.1 g tartılan pektin üzerine 1 mL etil alkol ilave edilmiştir. Üzerine 0.2 g NaCl eklenmiştir. 20 mL destile su ve birkaç damla fenol kırmızısı ilave edilmiştir. Elde edilen çözelti 0.1 N sodyum hidroksit ile titre edilmiştir (Aina ve ark., 2012). Eküvalent ağırlık aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$EA = \frac{\text{Örnek ağırlığı (g)} \times 1000}{\text{NaOH sarfiyat (mL)} \times \text{Normalite NaOH}}$$

4.2.5. Pektinde metoksil içeriği

0.1 g tartılan pektin üzerine 1 mL etil alkol ilave edilmiştir. Üzerine 0.2 g NaCl ve 20 mL destile su eklenmiştir. Birkaç damla fenol kırmızısı damlatılmış, 5 mL 0.25 N NaOH çözeltisinden eklenmiş, çalkalanmış ve oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Sonra 5 mL 0.25 N HCl çözeltisi ilave edilmiş ve 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir (Aina ve ark., 2012). Metoksil içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Metoksil içeriği} = \frac{\text{NaOH sarfiyat (mL)} \times \text{Normalite NaOH} \times 31 \times 100}{\text{Örnek ağırlığı (mg)}}$$

4.2.6. Pektinde anhidronik asit analizi

Eküvalent ağırlık ve metoksil içeriği değerleri kullanılarak pektinin anhidronik asit değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Azad ve ark., 2014).

$$\% \text{ AUA} = \frac{(176 \times 0.1Z \times 100) / (W \times 1000)}{(176 \times 0.1Y \times 100) / (W \times 1000)}$$

Z= Eküvalent ağırlıkta kullanılan NaOH sarfiyat (mL)

Y= Metoksil içeriği belirlemede kullanılan NaOH sarfiyat (mL)

W=Örnek ağırlığı (g)

4.2.7. Pektinde esterleşme derecesi

Eküvalent ağırlık ve metoksil içeriği değerleri ile pektinin esterleşme derecesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Azad ve ark., 2014).

$$\% \text{ DE} = \frac{(176 \times \% \text{ MeO})}{(31 \times \% \text{ AUA})} \times 100$$

4.2.8. Pektinde üronik asit tayini

Pektinlerin üronik asit içeriği m-hidroksidifenil metodu ile D-galakturonik asit standardı kullanarak belirlenmiştir (Melton ve Smith, 2001). 5 mg pektin üzerine 1 mL konsantre sülfürik asit eklenerek buz içerisinde 5 dakika karıştırılmış, 1 mL konsantre sülfürik asit ilave edilerek buz içerisinde 5 dakika daha karıştırılmıştır. Sonra örnekler üzerine 0.5 mL su ilave edilmiş, 5 dakika karıştırılmıştır. Tekrar 0.5 mL su ilave eklenerek karıştırılmıştır. Örnek hacimleri su ile 10 mL'ye tamamlanmış ve 10 dakika 2000xg'de santrifüj edilmiştir. Santifüj edilen örneklerden 400 µL alınmış ve 40 µL 4 M sulfamik asit/potasyum sulfamat çözeltisi (pH 1.6) ile karıştırılmıştır. 2.4 mL 75 mM sodyum tetraborat çözeltisi (sülfürik asit içinde hazırlanmış) eklenmiş ve 20 dakika su banyosunda kaynatılmıştır. Çözeltiler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve 80 µL m-hidroksidifenol çözeltisi eklenmiştir. 10 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiş ve oluşan renk spektrofotometrede 525 nm'de okunmuştur.

4.2.9. Nem içeriği

Sabit tartıma getirilen petrilere 0.25 g pektin tartılmış ve etüv içerisinde 105°C'de sabit ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir. Sabit ağırlığa gelen örnekler aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} = \frac{\text{Örnek Ağırlığı} - \text{Kuru Örnek}}{\text{Örnek Ağırlığı}} \times 100$$

4.2.10. Kül içeriği

Pektinlerin kül içeriğini belirlemek için krozeler sabit ağırlığa getirilmiş ve pektin örneklerinden 0.25 g tartılmıştır. Kül fırınında 550°C'de 6-8 saat açık gri olana kadar yakılmış ve aşağıdaki formül ile hesap edilmiştir.

$$\% \text{ Kül} = \frac{\text{Kül} + \text{Kroze Ağırlığı} - \text{Kroze darası}}{\text{Örnek Miktarı}} \times 100$$

4.2.11. Toplam şeker, indirgen şeker ve protein tayini

Ekstrakte edilmiş pektinlerde toplam şeker miktarı, fenol sülfürik asit metodu ile (Dubois ve ark., 1956), indirgen şeker miktarı Dinitrosalisilikasit (DNS) metodu ile glikoz standardı kullanılarak belirlenmiştir (Miller, 1959) ve protein miktarı ise Bradford yöntemi ile Bovin Serum Albumin (BSA) standardı kullanılarak belirlenmiştir (Bradford, 1976).

Bu amaç ile; 50 mg pektin, 20 mL distile su ve 1 mL 0.1 N NaOH karıştırılarak 2 dakika kaynatılmış ve hacmi 25 mL tamamlanarak stok çözelti hazırlanmıştır. Bu hazırlanan çözeltiden 100 µL alınmış ve 50 µL %80'lik fenol çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra 2 mL konsantre sülfirik asit eklenmiş, oda sıcaklığında 10 dk bekletilmiştir. Bekletilen çözelti 490 nm'de spektrofotometrede absorbansı okunmuştur.

İndirgen şeker için pektin çözeltisinden 500 µL alınmış ve su ile 1 mL'ye tamamlanmıştır. Üzerine 1.5 mL DNS çözeltisi ilave edilmiş ve vortekslenmiştir. Çözelti su banyosunda 100 °C'de 5 dakika kaynatılmış buzlu suda 10 dakika bekletilmiş ve absorbansı 560 nm'de spektrofotometrede okunmuştur.

Protein tayini için hazırlanan pektin çözeltisinden 0.5 mL alınmış üzerine 5 mL Bradford çözeltisi ilave edilmiş ve vortekslenmiştir. Oda sıcaklığında 10 dk bekletilen çözelti absorbansı 560 nm'de okunmuştur.

4.2.12. Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopisi

Ekstrakte edilen pektinlerin yapıları Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopisi yardımıyla karakterize edilmiştir. Pektinlerin 4000-400 cm⁻¹ aralığında spektrumları ölçülmüştür.

4.2.13. Toplam fenolik madde

Meyve kabuklarından pektin ekstraktı sonrası filtre edilen sıvının toplam fenolik içerikleri 2 N Folin-Ciocalteu kullanılarak belirlenmiştir (Singleton ve ark., 1965). 0.1 mL numune, 0.1 mL Folin-Ciocalteu reaktifi 2.3 mL su karıştırılarak oda sıcaklığında 8 dk bekletilmiştir. Daha sonra bu çözeltiye 1 mL %7'lik sodyum karbonat çözeltisi ve 2

mL su karıştırılarak 2 saat bekletildikten sonra oluşan mavi renk 750 nm’de okunmuştur. Sonuç “g/L gallik asit eşdeğeri” olarak kaydedilmiştir.

4.2.14. Antioksidan kapasite

Meyve kabuklarından pektin ekstraktı sonrası filtre edilen sıvı kısımların antioksidan kapasiteleri iki yöntemle belirlenmiştir.

Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi – TEAC

Ekstraktların antioksidan kapasite tayini TEAC metodu ile yapılmıştır (Re ve ark., 1999). 7 mM ABTS çözeltisi ve 2.45 mM potasyum persülfat çözeltisi 1:1 oranında karıştırılmıştır ve oluşan çözelti oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 16 saat bekletilmiş, bu şekilde ABTS radikal katyonu (ABTS'+) stok çözeltisi elde edilmiştir. Analize başlamadan önce ABTS'+ stok çözeltisi 20 mM sodyum asetat (pH 4.5) ile seyreltilerek absorbansı 734 nm dalga boyunda 0.7'ye ayarlanmış ve ABTS'+ çalışma çözeltisi elde edilmiştir. 2.9 mL ABTS'+ çalışma çözeltisi ve 0.1 mL ekstrakt veya troloks standart çözeltisi karıştırılarak 30 dak bekletildikten sonra ve 734 nm’de absorbansı okunmuş ve sonuçlar troloks eşdeğeri’ olarak hesaplanmıştır.

Radikal Süpürme Aktivitesi – DPPH

Ekstraktlarda DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) metodu ile antioksidan kapasite tayini yapılmıştır (Brand-Williams ve ark. 1995). 50 µL ekstrakt veya troloks standart çözeltisi üzerine 1.95 mL DPPH çalışma çözeltisi eklenerek karıştırılmıştır ve oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 517 nm dalga boyundaki absorbansları ölçülmüştür. Ekstraktların DPPH değerleri “mM troloks eşdeğeri” olarak hesaplanmıştır.

4.2.15. İstatistiksel analiz

Sonuçlar, ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. SPSS istatistiksel bilgisayar programı bulunan verileri analiz etmek için kullanılmıştır (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Analizlerde elde edilen veriler, %95 güven aralığında, Duncan testi ile değerlendirilmiştir.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Kivi ve Mandalina Kabuklarından Pektin Üretimi ve Pektinlerin Özellikleri

Tez çalışmasında kivi ve mandalina kabuklarından pektinin enzim ekstraksiyonu için, 40 °C sıcaklıkta, pH 5.5 da farklı sürelerde (60, 120, 180, 240, 300), farklı ağırlıklarda (2, 4, 8 g) ve farklı enzim konsantrasyonlarında (0.02, 0.04, 0.06, 0.08 U/mL) ön denemeler gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3 de sunulmuştur. Yapılan ön çalışmalarda (180 dk ve 0.06 U/mL) pektin verimleri 2 g kivi kabuğu için 6.07 ± 0.09 , 4 g kivi kabuğu için 7.56 ± 1.05 ve 8 g kivi kabuğu için 3.71 ± 0.91 olarak bulunmuştur. Kabuk miktarındaki artış ekstraksiyon verimini 4 g'dan sonra olumsuz etkilemiştir (Çizelge 5.1). Pektin verimi mandalina kabukları için ise 2 g için (180 dk ve 0.08 U/mL) 8.32 ± 0.58 ve 8 g için 3.55 ± 0.28 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde kabuk miktarındaki artış ekstraksiyon verimini 4 g'dan sonra olumsuz etkilemiştir (Çizelge 5.1).

Ekstraksiyon süresi ve kivi kabuk miktarı 180 dk'da ve 4 g'da sabit tutulduğunda; 0.02 U/mL enzim kullanıldığında 6.44 ± 0.68 verimle pektin elde edilmiştir. Enzim miktarı 0.06 U/mL'ye artırıldığında verim 6.83 ± 0.37 çıkmış bu noktadan sonra enzim miktarında artış verimi olumsuz etkilemiştir (Çizelge 5.2). Ekstraksiyon süresi ve mandalina kabuk miktarı 180 dk ve 4 g'da sabit tutulduğunda enzim aktivitesine bağımlı olarak verim artmıştır (Çizelge 5.2).

Enzim aktivitesi ve kivi kabuğu miktarı sabit tutulduğunda pektin verimi 60 dk'da 3.94 ± 1.14 iken bu değer 240 dk'da 6.72 ± 0.55 ye çıkmıştır, ekstraksiyon süresinin 240 dk dan fazla olması pektin verimini olumsuz etkilemiştir (Çizelge 5.3). Enzim aktivitesi ve mandalina kabuğu miktarı sabit tutulduğunda, pektin verimi 60 dk'da 6.63 ± 0.50 , 300 dk'da ise 10.10 ± 0.32 ile en yüksek verime ulaşılmıştır.

Enzim destekli ekstraksiyonda pektin ekstraksiyonu için ideal koşullar 4 g kivi kabuğu, 0.06 U/mL enzim konsantrasyonu ve 240 dakika ekstraksiyon süresi, 4 g mandalina kabuğu, 0.08 U/mL enzim konsantrasyonu ve 300 dakika ekstraksiyon süresi olarak

belirlenmiş ve bu koşullar altında kivi kabuğundan 6.72 ± 0.55 , mandalina kabuğundan 10.10 ± 0.32 verimle pektin elde edilmiştir.

Çizelge 5.1. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin ağırlık denemesi

Materyal	Sıcaklık (°C)	Miktar (g)	Süre (dk)	Enzim Konsantrasyonu (U/mL)	Verim (%)
Kivi	40	2	180	0.06	6.07 ± 0.09
Kivi	40	4	180	0.06	7.56 ± 1.05
Kivi	40	8	180	0.06	3.71 ± 0.91
Mandalina	40	2	180	0.08	8.32 ± 0.58
Mandalina	40	4	180	0.08	9.02 ± 0.24
Mandalina	40	8	180	0.08	3.55 ± 0.28

Çizelge 5.2. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin enzim konsantrasyonu denemesi

Materyal	Sıcaklık (°C)	Miktar (g)	Süre (dk)	Enzim Konsantrasyonu (U/mL)	Verim (%)
Kivi	40	4	180	0.02	6.44 ± 0.68
Kivi	40	4	180	0.04	6.69 ± 0.20
Kivi	40	4	180	0.06	6.83 ± 0.37
Kivi	40	4	180	0.08	6.69 ± 0.54
Mandalina	40	4	180	0.02	8.91 ± 0.37
Mandalina	40	4	180	0.04	9.54 ± 0.14
Mandalina	40	4	180	0.06	9.54 ± 0.01
Mandalina	40	4	180	0.08	9.97 ± 0.67

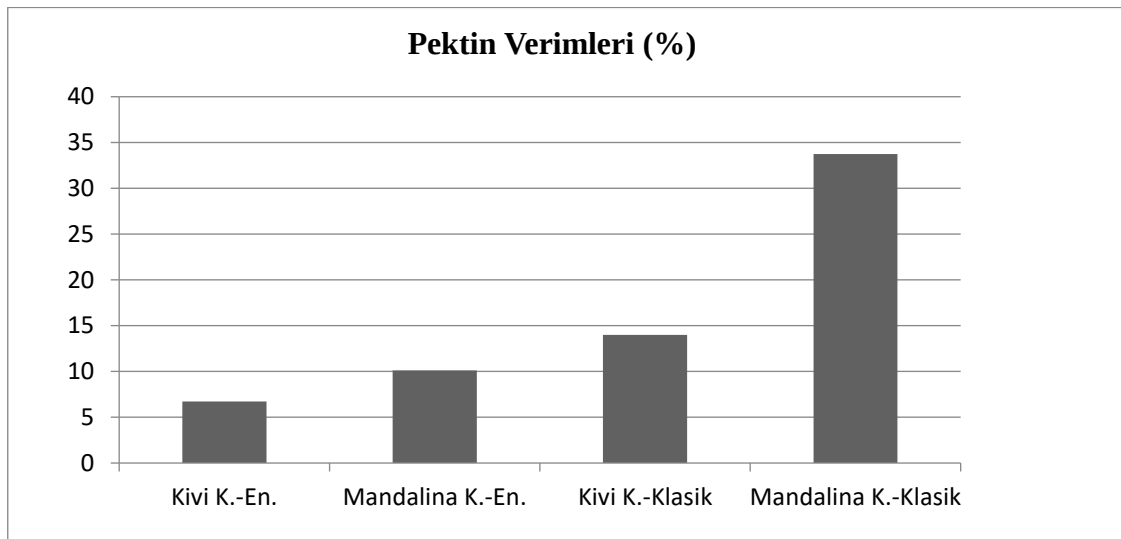
Çizelge 5.3. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin ekstraksiyon süresi denemesi

Materyal	Sıcaklık (°C)	Miktar (g)	Süre (dk)	Enzim Konsantrasyonu (U/mL)	Verim (%)
Kivi	40	4	60	0.06	3.94±1.14
Kivi	40	4	120	0.06	5.75±0.33
Kivi	40	4	180	0.06	6.37±0.10
Kivi	40	4	240	0.06	6.72±0.55
Kivi	40	4	300	0.06	5.87±0.52
Mandalina	40	4	60	0.08	6.63±0.50
Mandalina	40	4	120	0.08	7.02±0.05
Mandalina	40	4	180	0.08	9.02±0.24
Mandalina	40	4	240	0.08	8.87±0.31
Mandalina	40	4	300	0.08	10.10±0.32

Klasik ekstraksiyonla kivi ve mandalina kabuklarından pektin ekstraksiyonu için 5 g hammaddeden 80°C, 180 dakika ve 150 mL asitlendirilmiş su ile ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Bu koşullar altında kivi ve mandalina kabuklarından sırasıyla %13.98 ve %33.73 verimle pektin ekstrakte edilmiş (Çizelge 5.4). Kivi klasik ekstraksiyon, mandalina klasik ekstraksiyon, kivi ve mandalina enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektin verimleri sırasıyla %13.98, %33.73, %6.72 ve %10.10 olarak tespit edilmiş (Şekil 5.1) olup; kivi kabuklarının turuncgil ve elma kabuklarına alternatif pektin kaynağı olabileceği belirlenmiştir. Klasik yöntem ile elde edilen pektin veriminin, enzimatik ekstraksiyon yönteminden daha yüksek çıkmış olmasına rağmen, daha düşük sıcaklık ve daha ılımlı pH'larda gerçekleşmesi, enerji tüketimi ve sonrasında yapılacak işlemler düşünüldüğünde bu hususlar enzim destekli ekstraksiyon pektin verimi için daha avantajlı olabilir.

Çizelge 5.4. Kivi ve mandalina kabuğundan klasik ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin verimleri

Materyal	Sıcaklık (°C)	Miktar (g)	Süre (dk)	Asit miktarı (mL)	Verim (%)
Kivi	80	5	180	150	13.98
Mandalina	80	5	180	150	33.73



Şekil 5.1. Kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektin verimleri

Literatürde farklı kaynaklarından elde edilen pektin verimleri incelendiğinde; kivi posasından 25°C ve 0.5 saatte %4.48 verimle (Yuliarti ve ark., 2015), çarkıfelek meyvesinden 30°C ve 5 saatte %16-27 verimle (VascoCorrea ve Zapata, 2017), hindiba ve karnabahardan 50°C ve 4 saatte %36.4 verimle (Panouille ve ark., 2006), balkabağından %4.70 verimle (Fissore ve ark., 2009), kolza tohumundan 50°C ve 5 saatte %6.85 verimle (Jeong ve ark., 2014), enginar kabuğundan 50°C, 36-48 saatte, %22.14 verimle (Sabater ve ark., 2018), pektin elde edildiği görülmektedir. Çalışmalarda pektinin elde edildiği kaynaktaki farklılıkların verim üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kivi kabuklarından enzim destekli yöntemle elde edilen pektin veriminin çalışmada incelenen mandalina kabuğundan ve

literatürde çalışılan enginar kabuğundan, çarkıfelek meyvesinden, hindiba ve karnabahardan, kolza tohumundan düşük, balkabağı, kivi posasından yüksek olduğu görülmüştür.

5.2. Pektinlerin Kül, Kuru Madde, Protein, Toplam Şeker ve İndirgen Şeker Miktarları

Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin kül miktarı sırasıyla %11.79 ve %12.31 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Klasik ekstraksiyon yöntemi uygulanarak kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektinlerin kül miktarları ise %8.93 ve %9.48 olarak bulunmuştur ($p<0.05$). Ticari ve standart pektinin kül miktarı %13.37 ve %5.35 olarak belirlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 5.5). Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde mandalina kabuğundan sitrik asit kullanılarak ekstrakte edilen pektinin kül miktarı %1.18 olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Akpınar, 2017). Klasik ekstraksiyon ile elde edilen; karpuz kabuğu pektinin %5.13 (Mamiru ve Gonfa 2023), limon kabuğu pektinin %5.45 ve mango kabuğu pektinin %4.56 (Karim ve ark., 2022) oranında kül içeriğine sahip olduğu anlaşılmıştır. Enzimatik ekstraksiyon yöntemi ile yapılan çalışmalarda; altın kivi (*Actinidia chinensi*) meyvesi pektinin %7.09 (Yuliarti ve ark., 2015b) ve kurutulmuş elma posası pektinin %2.3-2.7 (Wikiera ve ark., 2015) oranında kül içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında mandalina ve kivi kabuğundan enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin kül içeriği literatürdeki çalışmalardan fazla bulunmuştur.

Kivi kabuğundan enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemleri ile edilen pektinlerin nem miktarı sırasıyla %9.41 ve %31.32 olarak saptanmıştır ($p<0.05$). Mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinin nem miktarı %10.32, klasik ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen pektinin nem miktarı %20.49 olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ticari ve standart pektinin nem miktarı sırasıyla %5.29 ve %3.23 olarak bulunmuştur ($p>0.05$) (Çizelge 5.5). Klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin nem miktarının, enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlere kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektinlerin protein miktarları 0.02 ve 0.03 mg/mg olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$). Klasik ekstraksiyon yöntemi kullanılarak kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektinin protein miktarları ise sırasıyla 0.01 ve 0.01 mg/mg olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Çalışma kapsamında incelenen ticari ve standart pektinin protein miktarı 0.003 ve 0.027 mg/mL olarak saptanmıştır ($p<0.05$) (Çizelge 5.5). Enzim destekli ekstraksiyonda kullanılan enzimlerin protein yapısı nedeniyle enzimatik olarak elde edilen pektinlerin protein içeriğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Kurutulmuş elma posasından pektin üretimi üzerine yapılan çalışmada enzimatik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin protein miktarı %1.8-23 aralığında bulunurken, klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin protein miktarı %1.5 olarak tespit edilmiştir (Wikiera ve ark., 2015). Başka bir çalışmada patates posasından klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin protein miktarının %1.95-6.97 aralığında olduğu saptanmıştır (Yang ve ark., 2018a). Altın kivi posası ve altın kivi meyvesinden pektin üzerine olan bir diğer araştırmada klasik ekstraksiyon tekniği ile elde edilen pektinin protein miktarları sırasıyla %10.09 ve %17.98 olarak bildirilmiştir (Yuliarti ve ark., 2015b). Çalışmamız kapsamında enzim destekli ekstraksiyon ve klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin protein miktarının literatürdeki çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir.

Kivi kabuğundan enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemleri ile edilen pektinin toplam şeker miktarı sırasıyla 0.386 ve 0.313 mg/mg olarak bulunmuştur ($p>0.05$). Mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinin toplam şeker miktarının 0.270 mg/mg, klasik ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen pektinin toplam şeker miktarı 0.215 mg/mg olduğu gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Ticari ve standart pektinin toplam şeker miktarı sırasıyla 0.421 ve 0.091 mg/mg olarak belirlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 5.5). Enzim destekli ekstrakte edilen pektinlerin toplam şeker miktarı klasik yöntemle ekstrakte edilen pektinlerden daha yüksektir. Literatürde bulunan çalışmalar incelendiğinde sisal (*Agave sisalana*) atığından klasik ekstraksiyon yöntemi ile üretilen pektinin toplam şeker miktarı 28.31 g/100 g, enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile üretilen pektinin toplam şeker değeri 26.27 g/100 g olarak

bildirilmiştir (Yang ve ark., 2018b). Çarkıfelek meyvesinden enzim destekli ve kimyasal ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin toplam şeker miktarı sırasıyla 95.8 ve 93.7 g/100 g olarak rapor edilmiştir (Vasco-Correa ve ark., 2017). Çalışma kapsamında kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektinin toplam şeker miktarı, sisal atığından elde edilen pektinin toplam şeker miktarı ile uyum göstermektedir; çarkıfelek meyvesinden elde edilen pektinin toplam şeker miktarından ise düşüktür.

Çizelge 5.5. Pektin örneklerinde kül, nem, protein, toplam şeker ve indirgen şeker miktarları

Pektin	Kül (%)	Nem (%)	Protein (mg/mg)	Toplam Şeker (mg/mg)	İndirgen Şeker (mg/mg)
Ticari	13.37±0.33 ^a	5.29±1.88 ^d	0.00±0.00 ^e	0.42±0.04 ^a	0.08±0.00 ^f
Standart	5.35±0.16 ^f	3.23±1.99 ^d	0.03±0.00 ^a	0.09±0.01 ^e	0.10±0.00 ^e
Kivi Kabuğu-Enzimatik	11.79±0.22 ^c	9.41±0.80 ^c	0.02±0.00 ^b	0.39±0.05 ^{ab}	0.41±0.00 ^a
Mandalina Kabuğu-Enzimatik	12.31±0.10 ^b	10.32±0.09 ^c	0.03±0.00 ^{ab}	0.27±0.04 ^{cd}	0.33±0.00 ^b
Kivi Kabuğu-Klasik	8.93±0.26 ^e	31.32±2.72 ^a	0.01±0.00 ^c	0.31±0.06 ^{bc}	0.28±0.00 ^c
Mandalina Kabuğu-Klasik	9.48±0.08 ^d	20.49±0.72 ^b	0.01±0.00 ^d	0.22±0.01 ^d	0.19±0.01 ^d

*Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harflerle (a. b. c. d. e) işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin indirgen şeker miktarı sırasıyla 0.41 ve 0.33 mg/mg olarak saptanmıştır (p<0.05). Klasik ekstraksiyon yöntemi ile kivi ve mandalina kabuğundan edilen pektinin indirgen şeker miktarı sırasıyla 0.28 ve 0.19 mg/mg olarak tespit edilmiştir (p<0.05). Ticari ve standart pektinin indirgen şeker miktarı sırasıyla 0.08 ve 0.10 mg/mg olduğu belirlenmiştir (p<0.05) (Çizelge 5.5). Kivi ve mandalina kabuğundan

enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin toplam şeker ve indirgen şeker miktarının, klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlere kıyasla yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Daha önceki çalışmalarda nar kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin indirgen şeker miktarı 0.10 mg/mg olarak bildirilmiştir (Keleş, 2019). Bal kabağı kabuklarından klasik ekstraksiyon tekniği ile elde edilen pektinin indirgen şeker miktarı 0.04 mg/mg olarak rapor edilmiştir (Işık, 2022). Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen pektinin indirgen şeker miktarının, literatürdeki çalışmalardan yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

5.3. Pektinlerin Çözünürlüğü

Pektinlerin çözünürlüğü polimerizasyon derecesi, metoksil grup sayısı ve dağılımından etkilenmektedir. Pektinin molekül ağırlığı azaldıkça çözünürlük artmaktadır ve esterleşme derecesinin azalması ise çözünürlüğü azalmaktadır. Ortam sıcaklığındaki yükseliş ise pektin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Thakur ve ark., 1997). Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ve asitle elde edilen pektinlerin sıcak/soğuk su ve alkalide çözünürlükleri gözlemlenmiş ve sonuçlar ticari ve standart pektin ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.6). Ticari ve standart pektin; sıcak su, soğuk su, soğuk alkali, sıcak alkalide tamamen çözünürken, enzim destekli ekstraksiyonla elde edilen kivi kabuğu pektini sıcak ve soğuk alkalide iyi çözünmüş, sıcak ve soğuk suda çözünmemiştir. Enzim destekli ekstraksiyonla elde edilen mandalina kabuğu pektini ise; sıcak ve soğuk alkalide kısmen çözünmüş, sıcak su ve soğuk suda çözünmemiştir. Klasik ekstraksiyonla elde edilen kivi ve mandalina kabuğu pektinleri ise sıcak ve soğuk alkalide kısmen çözünmüş, sıcak ve soğuk suda çözünmemiştir.

Çizelge 5.6. Pektin çözünürlükleri

Pektin	Soğuk Su	Soğuk Alkali	Sıcak Su	Sıcak Alkali
Ticari Pektin	+5	+5	+5	+5
Standart Pektin	+5	+5	+5	+5
Kivi Kabuğu-Enzimatik	+1	+4	+1	+4
Mandalina Kabuğu-Enzimatik	+1	+2	+1	+2
Kivi Kabuğu-Klasik	+1	+2	+1	+2
Mandalina Kabuğu-Klasik	+1	+2	+1	+2

*5:Tamamen çözündü, 4: İyi çözündü, 3: Çözündü, 2: Kısmen Çözündü, 1: Çözünmedi

5.4. Pektinlerin Metoksil İçeriği, Esterleşme Derecesi, Anhidronik Asit İçeriği, Eşdeğer Ağırlığı ve Galakturonik Asit Miktarı

Kivi kabuğundan enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemleri ile edilen pektinlerin metoksil içeriği sırasıyla %5.42 ve %9.14 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinin metoksil içeriği %3.59, klasik ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen pektinin metoksil içeriğinin %11.78 olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Enzim destekli elde edilen pektinlerin metoksil içeriğinin klasik yöntemle elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Ticari ve standart pektinlerin metoksil içeriği sırasıyla %5.58 ve %6.82 olarak bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 5.7). Mandalina ve kivi kabuklarından klasik yöntemler ile elde edilen pektinlerin metoksil içeriği, enzim destekli yöntemlerle elde edilen pektinlerin metoksil içeriğinden yüksektir. Daha önceki çalışmalarda ejder meyvesi (*Hylocereus polyrhizus*), kakao (*Theobroma Cacao*) kabuğu ve karpuz (*Citrullus lanatus*)

kabuğundan klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin metoksil içeriğinin sırasıyla %3.43, % 4.62-6.01 ve %7.3 olduğu rapor edilmiştir (Ramli ve Asmawati, 2011; İsmail ve ark., 2012; Mamiru ve Gonfa, 2023). Enginar (*Cynara scolymus L.*) yan ürünlerinden ve nar (*Punica granatum*) kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen pektinlerin metoksil içeriği sırasıyla %19.5 ve %11.05 olarak bildirilmiştir (Sabater ve ark., 2018; Keleş, 2019). Çalışma kapsamında kivi kabuklarından enzimatik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin metoksil içeriği, literatürdeki çalışmaları, ticari ve standart pektinin metoksil içeriği ile uyum içerisinde dir.

Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektinlerin esterleşme dereceleri sırasıyla %67.33 ve %65.69 olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$). Klasik ekstraksiyon yöntem ile elde edilen pektinlerin esterleşme dereceleri sırasıyla kivi kabuğu pektini için %60.82, mandalina kabuğu pektini için ise %53.48 olarak belirlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 5.7). Ekstrakte edilen pektinlerin hepsinin yüksek esterleşme dereceli pektinler olduğu tespit edilmiştir. Ticari ve standart pektinlerin esterleşme dereceleri sırasıyla %58.04 ve %73.33 olarak saptanmıştır ($p<0.05$). Enzim destekli ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen çalışmalarda; çarkıfelek meyvesi (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) kabuğu pektininde %68 (Vasco-Correa ve Zapata, 2017), şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) küspesi pektininde % 64.5-67.7 (Abou-Elseoud ve ark., 2021), kolza (*Brassica napus L.*) küspesi pektininde % 45.77 (Jeong ve ark., 2014) ve yuza (*Citrus junos*) posası pektininde %46.3 (Lim ve ark., 2012) olarak bulunmuştur. Klasik ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen çalışmalarda; şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) küspesi pektininde %60.6 (Abou-Elseoud ve ark., 2021), bal kabağı (*Cucurbita moschata Pour.*) kabukları pektininde %54.87 (Işık, 2022), kaju elması (*Anacardium occidentale*) pektininde %76 (Tamiello-Rosa ve ark., 2019) ve yuza (*Citrus junos*) posası pektininde %41.0 (Lim ve ark., 2012) oranında esterleşme dereceleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen pektinlerinin esterleşme dereceleri literatür çalışmalarıyla uyum içerisinde dir. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin esterleşme dereceleri klasik ekstraksiyon ile elde edilen ve ticari pektinlere kıyasla daha yüksektir, standart pektinin esterleşme derecesinden ise düşüktür.

Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin anhidronik asit miktarı sırasıyla %45.76 ve %30.80 olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Klasik ekstraksiyon yöntemi uygulanarak kivi ve mandalina kabuklarından elde edilen pektinlerin anhidronik asit miktarları ise sırasıyla %85.36 ve %124.96 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ticari ve standart pektinin anhidronik asit miktarı sırasıyla %54.56 ve %52.80 olarak saptanmıştır ($p>0.05$) (Çizelge 5.7). Karpuz (*Citrullus lanatus*) kabuğu, elma püresinden ve çeşitli muz kabuklarından klasik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen pektinlerin anhidronik asit miktarı sırasıyla %72.36, %76.80 ve % 34.56-66.67 olarak bildirilmiştir (Khamsucharit ve ark., 2018; Mamiru ve Gonfa 2023). Nar (*Punica granatum*) kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen pektinlerin anhidronik asit miktarı %106.98 olarak belirlenmiştir (Keleş, 2019). Kivi ve mandalina kabuklarından enzimatik olarak elde edilen pektinlerin anhidronik asit içeriği literatür çalışmalarından daha düşük bulunmuştur.

Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin eşdeğer ağırlığı sırasıyla 1250.0 ve 1180.55 mg olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Klasik ekstraksiyon yöntemi ile kivi ve mandalina kabuğundan elde edilen pektinlerin eşdeğer ağırlığı 526.32 ve 303.03 mg olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 5.7). Ticari ve standart pektinin eşdeğer ağırlığı sırasıyla 772.28 ve 1250.0 mg olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Enzimatik olarak elde edilen pektinlerin eşdeğer ağırlığının klasik yöntemle elde edilen pektinlerin eşdeğer ağırlığından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile kivi kabuğundan elde edilen pektinin eşdeğer ağırlığı ise çalışma bünyesinde aynı yöntemle elde edilen mandalina kabuğu pektininin eşdeğer ağırlığından daha yüksektir. Pektin üretiminde düşük eşdeğer ağırlığın nedeninin ekstraksiyon yöntemi olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda mandalina kabuğundan klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin eşdeğer ağırlığı 577.72 mg olarak tespit edilmiştir (Khamsucharit ve ark., 2018). Bu değer çalışma kapsamında mandalina kabuklarından enzim destekli yöntemler ile elde edilen pektinin eşdeğer ağırlığından oldukça düşük olmakla birlikte mandalina kabuklarından klasik ekstraksiyon ile elde edilen pektinin eşdeğer ağırlığından yüksektir. Karpuz (*Citrullus lanatus*) kabuğundan klasik ekstraksiyon

yöntemi ile elde edilen pektinin eşdeğer ağırlığı 983.90 mg olarak belirlenmiştir (Mamiru ve Gonfa 2023).

Çizelge 5.7. Pektin örneklerinde metoksil, esterleşme derecesi, anhidronik asit, eşdeğer ağırlık ve galakturonik asit miktarları

Pektin	Metoksil (%)	Esterleşme Derecesi (%)	Anhidronik Asit (%)	Eşdeğer Ağırlık (mg)	Galakturonik Asit (%)
Ticari	5.58±0.54 ^d	58.04±1.19 ^d	54.56±4.66 ^c	772.28±59.58 ^c	56.56±0.06 ^a
Standart	6.82±0.00 ^c	73.33±0.00 ^a	52.80±0.00 ^c	1250.00±0.00 ^b	57.04±1.17 ^a
Kivi Kabuğu-Enzimatik	5.42±0.22 ^d	67.33±0.94 ^b	45.76±2.49 ^d	1180.55±98.20 ^b	43.92±1.99 ^d
Mandalina Kabuğu-enzimatik	3.56±0.22 ^e	65.69±1.39 ^b	30.80±1.24 ^e	1666.67±0.00 ^a	49.46±4.23 ^c
Kivi Kabuğu-Klasik	9.14±0.22 ^b	60.82±0.57 ^c	85.36±1.24 ^b	526.32±0.00 ^d	28.32±2.21 ^e
Mandalina Kabuğu-Klasik	11.78±0.88 ^a	53.48±1.85 ^e	124.96±4.97 ^a	303.03±0.00 ^e	30.95±5.19 ^e

*Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harflerle (a, b, c, d, e) işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Kivi kabuğundan enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemleri ile edilen pektinlerin galakturonik asit içeriği sırasıyla %43.92 ve %28.32 olarak saptanmıştır (p<0.05). Mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinin galakturonik asit içeriğinin %49.46, klasik ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen pektinin galakturonik asit içeriğinin %30.95 olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Ticari ve standart pektinlerin galakturonik asit içeriği sırasıyla %56.56 ve %57.04 olarak bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 5.7). Enzimatik olarak elde edilen pektinlerin galakturonik asit içeriği klasik yöntemle elde edilenlerden daha yüksek bulunmuştur. Literatürde verilen çalışmalar incelendiğinde enzim destekli ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen çalışmalarda; soğan (*Allium cepa* L.) kabuğu pektinin %19.3 (Babbar ve ark.

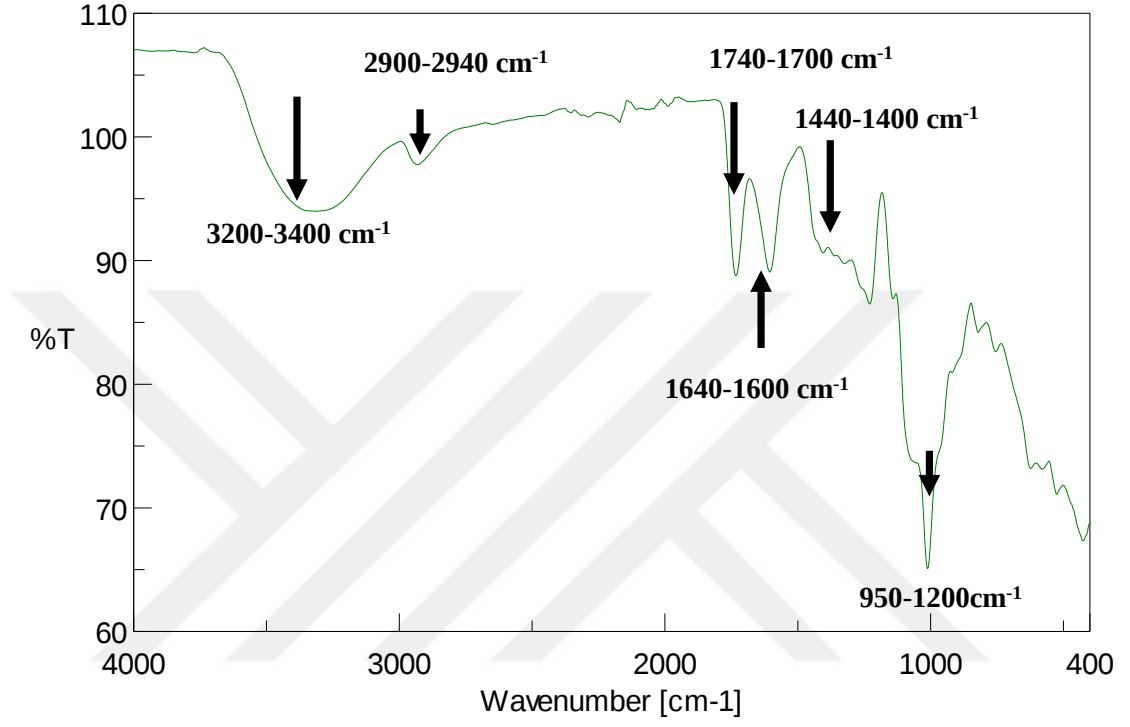
2016), portakal (*Citrus sinensis*) kabuğu pektinin %28.08, limon (*Citrus limonum*) kabuğu pektinin % 24.33, lime (*Citrus aurantifolia* lime) kabuğu pektinin %29.74, greyfurt (*Citrus paradisi*) kabuğu pektinin %25.91 (Yuliarti ve ark. 2015) oranında galakturonik asit içerdiği bildirilmiştir. Çalışma kapsamında kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinin galakturonik asit içeriği literatürde verilen çalışmalardan daha yüksektir. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen çalışmalarda; mandalina kabuğu pektinin %72.50 (Karbuz ve Tuğrul, 2021), kabak (*Sechium edulis* SW) kabuğu pektinin %37.77 (Puspitasari ve ark., 2021), altın kivi (*Actinidia chinensis*) posası pektinin %58–84 (Yuliarti ve ark., 2015) oranında galakturonik asit içerdiği rapor edilmiştir. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektinlerin galakturonik asit içeriği literatür çalışmalarına kıyasla daha düşük değerlerde bulunmuştur.

5.5. FTIR Analizi

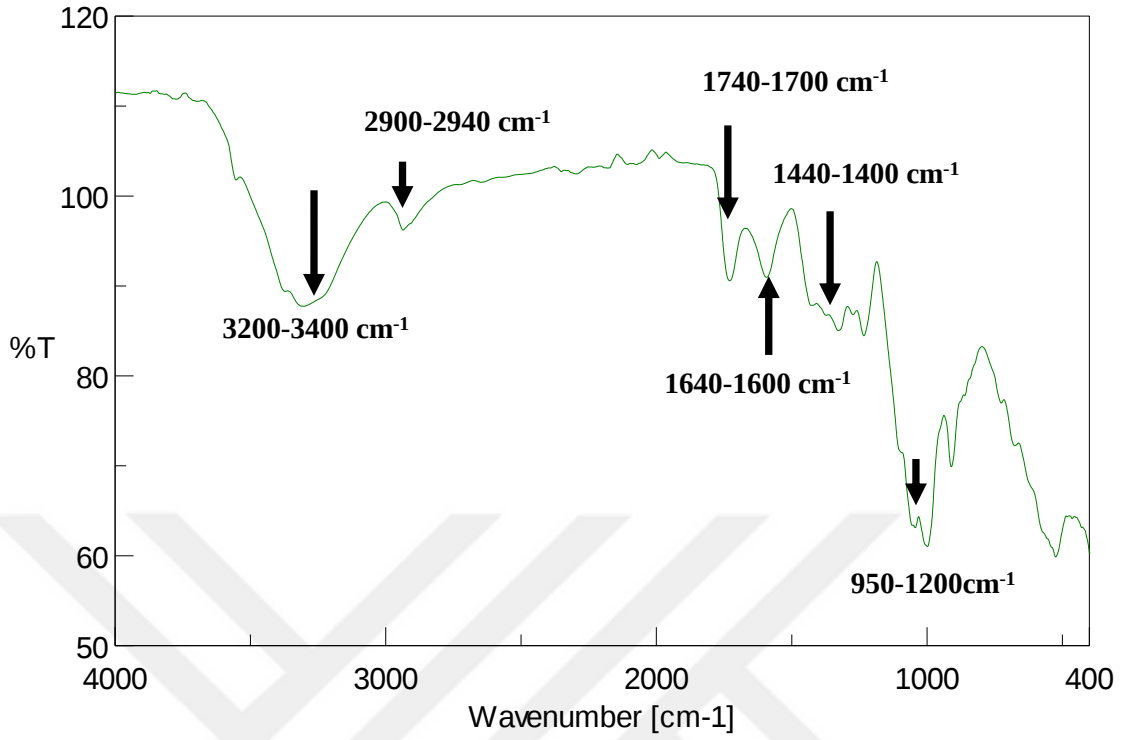
FTIR ile moleküler bağların karakterizasyonu yapılmaktadır ve organik bileşiklerde var olan fonksiyonel gruplar, bağlanma yerleri ve yapıdaki bağların durumu tayin edilmektedir. Yöntem ile moleküler bağ karakterizasyonu yapılmakta; fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmaması, yapıdaki bağ durumu, bağlanma yerleri belirlenmektedir (Güzel, 2017).

Şekil 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 ve 5.7’de sunulan FTIR spektrumları, pektinlerde bulunan karakteristik pikleri içermektedir. 800 ve 1200 cm^{-1} dalga aralığında bulunan pikler karbonhidratlar için parmak izi bölgesidir. 2900 cm^{-1} ’deki absorbands galakturonik asidin metil esterleri olan -CH, -CH₂ ve -CH₃ gerilmelerine aittir. 1630 cm^{-1} de bulunan pik - OH, 1380-1445 cm^{-1} ’ de bulunan pikler ise -CH₃ grubunun göstermektedir. 1015-1100 cm^{-1} bantları ise C-O eğilme veya gerilme titreşimlerinden ileri gelmektedir. Tüm pektin örneklerinin FTIR spektrumlarında 3200-3400 cm^{-1} de pikler polihidroksi bileşiklerdeki karakteristik OH pikleri bulunmaktadır. 1740 cm^{-1} pik esterlerde görülen C=O gerilmesi ise pektinde bulunan asetil (COCH₃) gruplarına ait piklerdir (Güzel ve Akpınar, 2017; Güzel ve Akpınar, 2017; Işık, 2022; Keleş, 2019). Kivi ve mandalina kabuklarından elde edilmiş pektinlerin FTIR spektrumları pektin için karakteristik

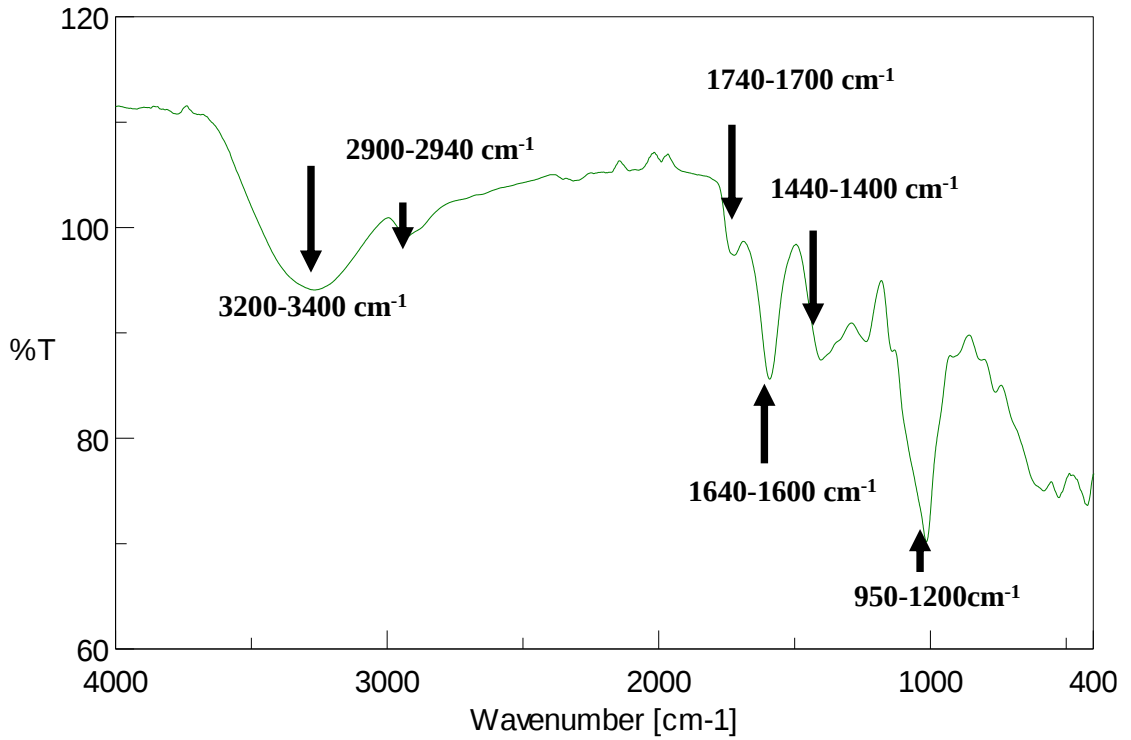
piklere sahiptir ve bu spektrumlar ticari ve standart pektinlerin spektrumlarına benzer olduğundan, ekstrakte edilen polisakkaritlerin pektin olduğunu doğrulamaktadır.



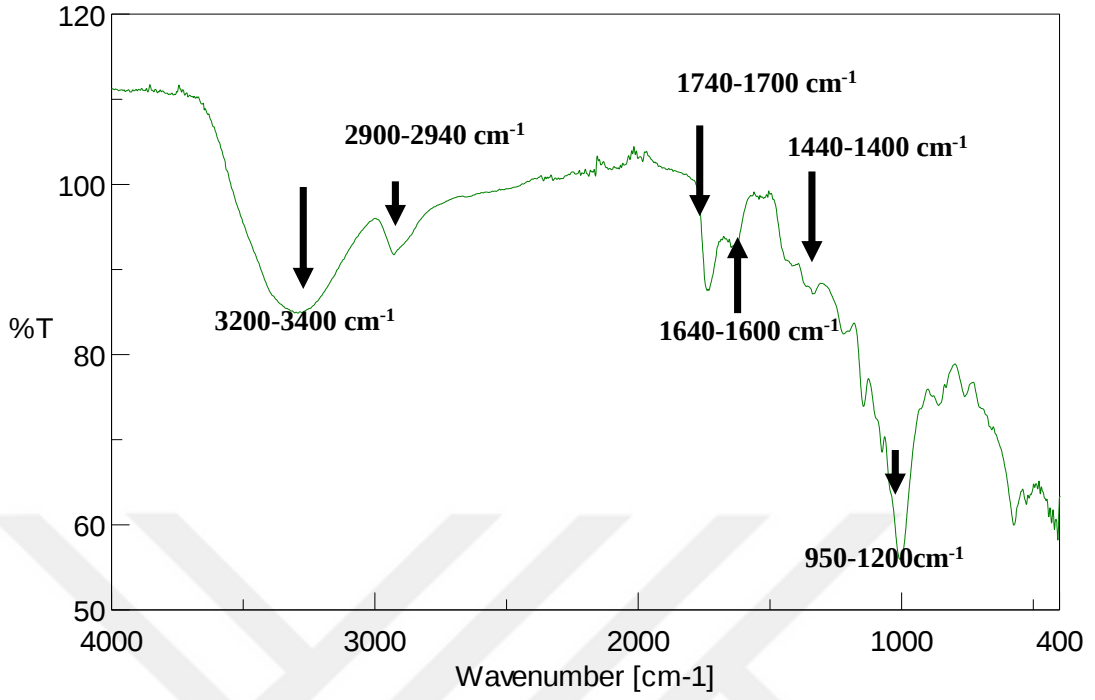
Şekil 5.2. Standart pektinin FTIR spektrumu



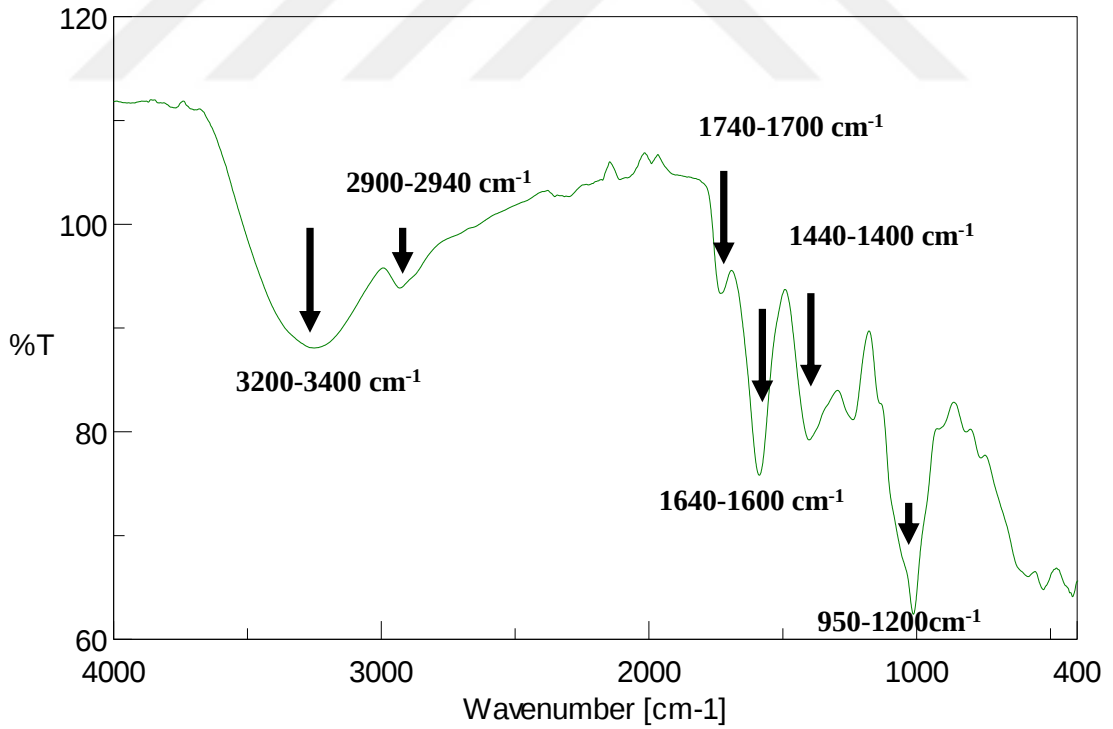
Şekil 5.3. Ticari pektinin FTIR spektrumu



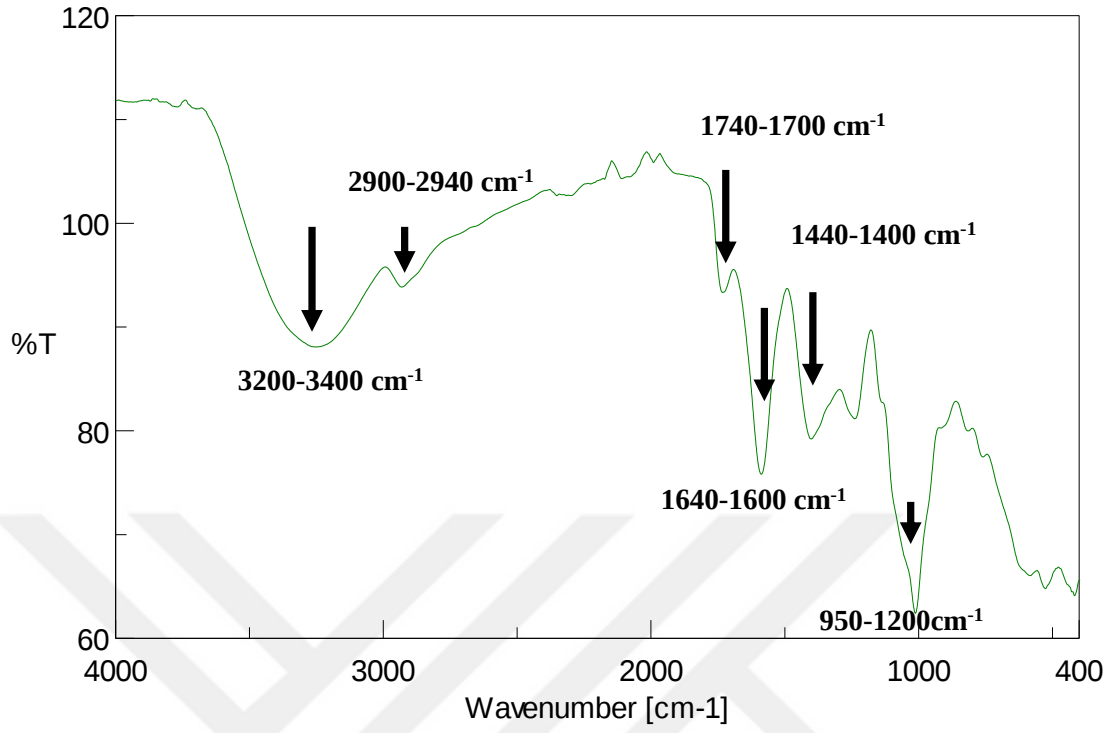
Şekil 5.4. Kivi kabuğundan enzim destekli ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu



Şekil 5.5 Kivi kabuğundan klasik ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu



Şekil 5.6. Mandalina kabuğundan enzim destekli ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu



Şekil 5.7 Mandalina kabuğundan klasik ekstraksiyonla elde edilen pektinin FTIR spektrumu

5.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Kapasitesi

Mandalina ve kivi kabuğundan enzimatik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen toplam fenolik madde (TFM) miktarları Çizelge 5.8’de sunulmuştur. Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi uygulanarak kivi ve mandalina kabuğundan elde edilen TFM miktarı sırasıyla 0.30 ve 0.70 mg GAE/mL olarak belirlenmiştir. Klasik ekstraksiyon yöntemi ile mandalina kabuğundan üretilen pektinin TFM miktarı 0.27 mg GAE/mL, kivi kabuğundan elde edilen TFM miktarı ise 0.21 mg GAE/mL olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.8). Enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ekstraktın daha yüksek TFM miktarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda limon kabuğundan selüloz ve pektinazdan oluşan enzim karışımı ile elde edilen ekstraktın TFM miktarı 16.71 mg GAE/g kuru kabuk olarak bildirilmiştir (Durmus ve Kilic-Akyilmaz, 2023). Mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon yöntemi ile zeytin çekirdeğinden ve zeytin yaprağından elde edilen ekstraktların fenolik içeriği sırasıyla 10.37 mg GAE/g ham madde ve 28.00 mg GAE/g ham madde olarak bildirilmiştir (Chanioti ve ark., 2016). Siyah frenk üzümü pres kekinden farklı enzimlerle elde edilen ekstraktlarının TFM miktarının 376 – 1349 mg GAE/ 100 gr aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Granato ve ark., 2022). Başka bir çalışmada Kerkede (*Hibiscus sabdariffa*) bitkisinin çiçek kısmından enzimatik yöntem ile elde edilen ekstraktın TFM miktarı 1337 mg GAE 100 g⁻¹ kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir (Oanceal ve Perju, 2020). Kullanılan hammaddeye ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak çalışma sonuçlarının literatürle karşılaştırılması kısmen zordur; ancak enzimatik olarak elde edilen ekstraktlardan fenolik madde içeriği daha fazladır.

Klasik ve enzim destekli ekstraksiyon yöntemi uygulanarak kivi ve mandalina kabuğundan elde edilen ekstraktın antioksidan kapasitesi TEAC ve DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri test edilerek belirlenmiştir. Kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen ekstraktın TEAC yöntemi ile ölçülen antioksidan kapasitesi değerleri sırasıyla 51.08 ve 98.46 mM TE olarak belirlenmiştir. Klasik ekstraksiyon yöntem ile kivi ve mandalina kabuğundan elde edilen ekstraktın antioksidan kapasitesi TEAC metodu uygulanarak sırasıyla 50.89 ve 42.92 mM TE olarak tespit edilmiştir. Kivi kabuğundan enzim

destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ekstraktın DPPH serbest radikal giderme aktivitesi sırasıyla 13.60 ve 11.82 mM TE olarak tayin edilmiştir. Enzim destekli ve klasik ekstraksiyon yöntemi ile mandalina kabuğundan elde edilen ekstraktın DPPH serbest radikal giderme aktivitesi sırasıyla 15.43 ve 8.00 mM TE olarak bulunmuştur (Çizelge 5.8). Enzimatik olarak elde edilen ekstraktların antioksidan kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Literatürde bildirilen çalışmalarda farklı enzimler kullanılarak siyah frenk üzümü pres kekinden elde edilen ekstraktları DPPH serbest radikal giderme aktivitesinin 430–100 mg AAE/100 g aralığında değiştiği bildirilmiştir (Granato ve ark., 2022). Mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon yöntemi ile zeytin çekirdeğinden ve zeytin yaprağından elde edilen ekstraktların DPPH serbest radikal giderme aktivitesi 15.93 mg TE/g hammadde ve 26.20 mg TE/g ham madde olarak rapor edilmiştir (Chanioti ve ark., 2016). Başka bir çalışmada kavrulmamış ve kavrulmuş ay çekirdeğinden proteaz enzimi ile elde edilen ekstraktın DPPH serbest radikal giderme aktivitesi sırasıyla 3.72 ve 2.71 µg/mL olarak belirlenirken, hemiselüloz enzimi kullanılarak elde edilen ekstraktın DPPH serbest radikal giderme aktivitesi sırasıyla 6.28 ve 12.29 µg/mL olarak belirlenmiştir (Özcan ve Köse, 2023). Kullanılan enzim, hammaddeye bağımlı olarak çalışma sonuçlarının literatürle karşılaştırılması kısmen zordur; ancak çalışma kapsamından kivi ve mandalina kabuklarından enzim destekli ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilen pektinin antioksidan kapasitesinin klasik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen pektine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çizelge 5.8. Pektin örneklerinde TFM miktarı ve antioksidan kapasitesi

Pektin	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/mL)	TEAC (mM Troloks)	DPPH(mM Troloks)
Kivi Kabuğu-Enzimatik	0.30±0.00 ^b	51.08±0.42 ^b	13.60±1.02 ^b
Mandalina Kabuğu-Enzimatik	0.70±0.03 ^a	98.46±1.77 ^a	15.43±0.34 ^a
Kivi Kabuğu-Klasik	0.21±0.00 ^c	50.89±0.58 ^b	11.82±0.80 ^c
Mandalina Kabuğu-Klasik	0.27±0.06 ^b	42.92±5.31 ^c	8.00±0.51 ^d

*Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harflerle (a, b, c, d) işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada kivi kabuklarından enzim destekli ekstraksiyonla pektin elde edilmiş ve sonuçlar kaynak bakımından mandalina kabuklarından elde edilen pektin, yöntem bakımından da klasik yöntemle elde edilen pektinlerle kıyaslanmıştır. Enzim destekli ekstraksiyon pH 5.5 ve 40°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Uygun ekstraksiyon koşulları: 4 g kivi kabuğunda 0.06 U/mL enzim konsantrasyonu, 240 dk ekstraksiyon süresi; 4 g mandalina kabuğu için 0.08 U/mL enzim konsantrasyonu, 300 dakika ekstraksiyon süresi olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda kivi kabuğundan %6.72, mandalina kabuğundan %10.10 ile pektin verimi elde edilmiştir.

Kivi kabuğundan enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinin yüksek esterleşme derecesine sahip olduğu ve mandalina kabuğundan ve klasik ekstraksiyon ile elde edilen pektinlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen pektinin yüksek esterleşme derecesine sahip olması, ticari olarak gıdalarda kullanım potansiyelinin yüksek olabileceğini göstermiştir. Enzim destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin, klasik ekstraksiyona göre eşdeğer ağırlığı, galakturonik asit, indirgen şeker, toplam şeker ve protein içerikleri daha yüksek ve çözünürlüğü daha iyidir. Pektin ekstraksiyonu sırasında eş zamanlı olarak fenolik madde ve fenolik madde içeriğine bağımlı olarak antioksidan kapasiteye sahip bileşiklerin de enzimatik olarak ekstrakte edilebileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak pektin kivi ve mandalina kabuklarının çevreye dost bir yöntemle ile gıda endüstrisi için önemli bir hidrokolloid olan pektin ve doğal, ucuz ve güvenilir antioksidanlar olan fenolik bileşenlerin elde edilmesi için önemli bir potansiyel kaynak olduğu bulunmuştur.

Meyve kabukları gıda ve tarım sektöründe ciddi bir atık problemidir. Bu tez sonucunda ekonomik değeri düşük olan meyve kabuklarından pektin, fenolik bileşikler ve antioksidan maddeler üretimi amacıyla kullanılabileceği gösterilmiş, bu sayede atıkların olumsuz etkilerinin bertaraf edilebileceği gıda sanayiinde değerlendirilebilir forma dönüştürülebileceği, atıklardan ekonomik fayda sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Pektin ve fenolik bileşik ekstraksiyonunda enzimatik ekstraksiyon yönteminin daha etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir. Enzimatik olarak pektin ekstraksiyonu ile elde edilen veriler literatürde hammadde ve pektin özellikleri bakımından boşlukları

doldurmuştur. Ayrıca bu tez sonuçlarının, pektin ile ilgili farklı araştırmalara altyapı oluşturabileceği ve elde edilen pektinin de gıda endüstrilerinde jelleştirici, emülgatör ve kıvam artırıcı olarak kullanılabilme potansiyelinin olabileceği gösterilmiştir. Turunçgil ve elma kabuklarının yanında kivi kabuklarının Türkiye’deki üretim ve tüketim potansiyeli düşünüldüğünde hammadde temini açısından önemli avantaja sahip olabileceği sonucuna varılmış ve kivi kabuklarının turunçgil ve elma kabuklarına alternatif pektin kaynağı olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir.



7.KAYNAKLAR

- Abou-Elseoud, W.S., Hassan, E.A. ve Hassan M.L., 2021. Extraction of pectin from sugar beet pulp by enzymatic and ultrasound-assisted treatments. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 1-11.
- Acar, M., 2013. Mandalina (*Citrus reticulata*) Meyvesinden Saflaştırılan Beta-Glukosidaz Enziminin Nanopartiküllere İmmobilizasyonu ve Meyve Suyu Aroma Arttırma Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Adetunji, L.R., Adekunle, A., Orsat, V. Raghavan, V., 2017. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocoll*, 62, 239–250.
- Aina, A.O., Mustapha M, Barau OA, Mamman, Amina Z., Hauwa H., MSU ve Yagana BA., 2012. Extracti on and characterization of pectin from peels of lemon, grape fruit and sweet orange., *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 3(6): 259-262.
- Akbal, S. ve Öner, Z. 2021. Süt ve Süt Ürünlerinden Elde Edilen Peptitlerin Patojen Mikroorganizmalar Üzerine Antimikrobiyal Etkisi, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 7(2), 305-322.
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., Ukaegbu, C. I. ve Kabbashi, N. A., 2019. Extraction and characterization of bioactive compounds in Vernonia amygdalina leaf ethanolic extract comparing Soxhlet and microwave-assisted extraction techniques. *Journal of Taibah University for Science*, 13(1), 414-422.
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., Ukaegbu, C. I., 2021. Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200-214.
- Alev, B. 2011. *Trichoderma reesei* 1a Mutant Suşunda Pektinaz İndüksiyonunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. ıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anonim, 2017. Mandalina çeşitleri. http://www.turuncgiller.com/turuncgil_mandalina_cesitleri.htm (01.06.2023).
- Anonim, 2022a. Kivi, Tarım Ürünleri Piyasaları. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>. (01.06.2023).
- Anonim, 2022b. Ürün Raporu Turuncgiller. (01.06.2023).
- Atalay, D., Türken, T. Ve Erge, H.S. 2018. Pektin; kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri. *Gıda*, 43(6), 1002-1018.
- Azad, A.K.M., Ali, M.A., Akter, S., Rahman, J. ve 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., Roy, S. V., Wijnants, M., Dejonghe, W., Caligiani, A., Sforza, S. ve Elst, K. 2016. Effect of extraction conditions on the saccharide (neutral and acidic) composition of the crude pectic extract from various agro-industrial residues. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(1), 268-276.
- Bradford, M. M., 1976. A Rapid and Sensitive Method for The Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing The Principle of Protein-dye Binding. *Anal. Biochem*, (72): 248-254.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. ve Berset, C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25–30.

- Bugg, T., 1996. An Introduction to Enzyme and Coenzyme Chemistry, Blackwell Science, Great Britain.
- Büyüktuncel, E., 2012. Gelişmiş Ekstraksiyon Teknikleri I. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi Cilt, 32 (2), 209-242.
- Cairone, F., Garzoli, S., Menghini, L., Simonetti, G., Casadei, M. A., Di Muzio, L., Cesa, S. 2022. Valorization of kiwi peels: fractionation, bioactives analyses and hypotheses on complete peels recycle. Foods, 11(4), 589.
- Căpriță, R. ve Căpriță, A. 2011. Chemical methods for the determination of soluble and insoluble non-starch polysaccharides-review. Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies, 44(2), 73-80.
- Cavuldak, Ö. A., Vural, N., Anlı, R. E. 2016. Bitki Kaynaklı Fenolik Bileşiklerin Ultrasonik Dalga Destekli Ekstraksiyonu. Gıda, 41(1), 53-61.
- Chamorro, F., Carpena, M., Fraga-Corral, M., Echave, J., Rajoka, M. S. R., Barba, F. J., ve Simal-Gandara, J., 2022. Valorization of kiwi agricultural waste and industry by-products by recovering bioactive compounds and applications as food additives: A circular economy model. Food Chemistry, 370, 131315.
- Chan, S.Y. ve Choo, W.S., 2013. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. Food Chemistry, 141 (4), 3752-3758.
- Chanioti, S., Siamadoura, P. ve Tzia, C., 2016. Evaluation of Extracts Prepared from Olive Oil By-Products Using Microwave-Assisted Enzymatic Extraction: Effect of Encapsulation on the Stability of Final Products. Waste and Biomass Valorization, 7, 831–842.
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A. S. ve Abert-Vian, M. 2017. Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 41, 357-377.
- Chen, H. M., Fu, X. ve Luo, Z. G., 2015. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. Food chemistry, 168, 302-310.
- Chen, Q., Hu, Z., Yao, F. Y. D. ve Liang, H., 2016. Study of two-stage microwave extraction of essential oil and pectin from pomelo peels. LWT-Food Science and Technology, 66, 538-545.
- Chesoniene, L., Daubaras, R. ve Viskelis, P., 2004. Biochemical composition of berries of some kolomicta kiwi (*Actinidia kolomicta*) cultivars and detection of harvest maturity. Acta Horticulturae, 663, 305-308.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Delisi, R., Ilharco, L. M. ve Pagliaro, M., 2016. Pectin production and global market. Agro Food Ind. Hi-Tech, 27(5), 17-20.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Scurria, A., Ilharco, L. M. ve Pagliaro, M., 2022. Pectin: New science and forthcoming applications of the most valued hydrocolloid. Food Hydrocolloids, 107483.
- Colodel, C., Vriesmann, L.C., Oliveira Petkowicz, C.L., 2018. Ponkan mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan) kabuğundan elde edilen hücre duvarı polisakkaritleri. Karbonhidrat polimerleri, 195, 120-127.
- Cui, J., Ren, W., Zhao, C., Gao, W., Tian, G., Bao, Y. ve Zheng, J., 2020. The structure–property relationships of acid-and alkali-extracted grapefruit peel pectins. Carbohydrate polymers, 229, 115524.

- Cui, J., Zhao, C., Feng, L., Han, Y., Du, H., Xiao, H. ve Zheng, J., 2021. Pectins from fruits: Relationships between extraction methods, structural characteristics, and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 39-54.
- Cui, J., Zhao, C., Zhao, S., Tian, G., Wang, F., Li, C. ve Zheng, J., 2020. Alkali+cellulase-extracted citrus pectins exhibit compact conformation and good fermentation properties. *Food Hydrocolloids*, 108, 106079.
- Cui, S.W., Chang Y.H., 2014. Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. *LWT - Food Science and Technology*, 58, 396-403.
- Dai, J. ve Mumper, R. J., 2010. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- de Castro, M. L. ve Capote, F. P., 2010. Extraction of oleuropein and related phenols from olive leaves and branches. In *Olive and olive oil in health and disease prevention* (pp. 259-273). Academic Press.
- Dehghan-Shoar, Z., Hardacre A.K., Meerdink G. ve Brennan C.S., 2011. Lycopene extraction from extruded products containing tomato skin. *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (2), 365-371.
- Demir, Tuğba., 2018. K rmen, kiraz sapı ve nar kabuğunun antioksidan, antimikribyal, sitotoksik, antidiyabetik ve antienflamatuar  zelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Gıda M hendisliğı anabilim Dalı, Tokat.
- Dias, M., Caleja, C., Pereira, C., Calhelha, R. C., Kostic, M., Sokovic, M. ve Ferreira, I. C., 2020. Chemical composition and bioactive properties of byproducts from two different kiwi varieties. *Food Research International*, 127, 108753.
- Doğ n, M., Sabaz, P., Bicil, Z., Ko er-Kızılduman, B. ve Turhan, Y., 2020. Activated carbon synthesis from tangerine peel and its use in hydrogen storage. *Journal of the Energy Institute*, 93, 2176-2185.
- Dominiak, M., Søndergaard, K.M., Wichmann J., Vidal-Melgosa S., Willats W.G., Meyer A.S., ve Mikkelsen J.D., 2014. Application of enzymes for efficient extraction, modification, and development of functional properties of lime pectin. *Food Hydrocolloids*, 40, 273-282.
- Dranca, F. Ve Oroian, M., 2019. Optimization of pectin enzymatic extraction from *malus domestica* ‘f lticeni’ apple pomace with Celluclast 1.5 L. *Molecules*, 24(11), 2158.
- Dranca, F., Vargas, M. ve Oroian, M., 2020. Physicochemical properties of pectin from *Malus domestica* ‘F lticeni’ apple pomace as affected by non-conventional extraction techniques. *Food Hydrocolloids*, 100, 105383.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton J.K., Rebers, P.A. ve Smith, F., 1956., Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, (28): 350-356.
- Durmus, N. ve Kilic-Akyilmaz, M., 2023. Bioactivity of non-extractable phenolics from lemon peel obtained by enzyme and ultrasound assisted extractions. *Food Bioscience*, 53, 102571.
- Einhorn-Stoll, U., Archut, A., Eichhorn, M. ve Kastner, H., 2021. Pectin-Plant protein systems and their application. *Food Hydrocolloids*, 118, 106783.
- Ek i, A. Ve  zen, E., 2012. Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel  zellikleri. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, 2 (2), 54-67.

- Eren-Kıran,Ö., Çömlekçioğlu, U. ve Dostbil, N., 2006. Bazı Mikrobiyal Enzimler ve Endüstrideki Kullanım Alanları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(1).
- Ertek, N., Dağdemir, V. ve Keskin, A., 2020. Türkiye’de mandalina piyasasının ekonomik analizi ve pazarlama marjları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 51(2), 119-125.
- Esen, A., 2010. β -Glucosidases. Cell Mol Life Science, 67: 3389-3405.
- Eveleigh, D.E., 1987. Cellulase: a perspective Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Mathematical and Physical Sciences, 321 (1561), 435-447.
- FAO 2020. www.faostat.org. (13.04.2023).
- Fernández, K., Vega, M. ve Aspé, E., 2015. An enzymatic extraction of proanthocyanidins from País grape seeds and skins. Food Chemistry, 168, 7-13.
- Fishman, M., Pferffer, P., Barford, R. ve Donar, K., 1984. Studies of pectin solution properties by high performance exclusion chromatography. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 32(2): 372-378.
- Joslyn, M.N., 1980. Methods of Food Analysis, Physical Chemical and Instrumentation Method of Analysis. 2nd Ed. Academic Press, New York, 5. pp. 67-70.
- Fissore, E.N., Ponce, N.M., Wider, E.A., Stortz, C.A., Gerschenson L.N. ve Rojas A.M., 2009. Commercial cell wall hydrolytic enzymes for producing pectin-enriched products from butternut (Cucurbita moschata, Duchesne ex Poirer). Journal of Food Engineering, 93 (3), 293-301.
- Ghandahari Y, A. P., Barzegar, M., Sahari, M. A. ve Ahmadi Gavlighi, H., 2019. Optimization of the enzyme-assisted aqueous extraction of phenolic compounds from pistachio green hull. Food Science & Nutrition, 7(1), 356-366.
- Girio, F.M., Fonseca, C., Carvalheiro, L.C., Duarte, S., Marques, R. ve Bogel-Lukasik, R., 2010. Hemicelluloses for fuel ethanol. Bioresource Technology, 101, 4775-4800.
- Gligor, O., Mocan, A., Moldovan, C., Locatelli, M., Crişan, G., & Ferreira, I. C. 2019. Enzyme-assisted extractions of polyphenols—A comprehensive review. Trends in Food Science & Technology, 88, 302-315.
- Gomathi, E., Jayapriya, M. ve Arulmozhi, M., 2021. Environmental benign synthesis of tin oxide (SnO₂) nanoparticles using Actinidia deliciosa (Kiwi) peel extract with enhanced catalytic properties. Inorganic Chemistry Communications. 130, 108670.
- Granato, D., Fidelis, M. Haapakoski, M., Santoz, A., Viil, J., Hellström, J., Ratsep, R., Kaldmae, H., Bleive, U., Azevedo, L., Marjomaki, V., Zharkovsky, A. ve Rap, N., 2022. Enzyme-assisted extraction of anthocyanins and other phenolic compounds from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) press cake: From processing to bioactivities, Food Chemistry, 391, 133240.
- Gubitosa, J., Rizzi, V., Cignolo, D., Fini, P., Fanelli, F. ve Cosma, P., 2022. From agricultural wastes to a resource: Kiwi Peels, as long-lasting, recyclable adsorbent, to remove emerging pollutants from water. The case of Ciprofloxacin removal. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 29, 100749.
- Guo, Z., Ge, X., Li, W., Yang, L., Han, L. ve Yu, Q. L., 2021. Active-intelligent film based on pectin from watermelon peel containing beetroot extract to monitor the freshness of packaged chilled beef. Food Hydrocolloids, 119, 106751.
- Güner, K. G. ve Dağlıoğlu O., 2008. Ksilanaz enziminin ekmek yapımında kullanımı. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, 2008, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Güzel, M. ve Akpınar, Ö., 2017. Turunçgil Kabuklarından Elde Edilen Pektinlerin Karakterizasyonu ve Karşılaştırılması. Akademik Gıda, 15(1), 17-28.
- Güzel, M. ve Akpınar, Ö., 2017. Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. GÜFBED/ GUSTIJ, 7(2), 153-167.
- Güzel, M. ve Akpınar, Ö., 2019. Meyve ve Sebze Kabuklarının Fitokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(4), 768-780.
- Güzel, M., 2017. Meyve ve Sebze Atıklarından Polisakkarit ve Fitokimyasal Maddelerin Üretimi. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Han, Q. H., Liu, W., Li, H. Y., He, J. L., Guo, H., Lin, S. ve Qin, W., 2019. Extraction optimization, physicochemical characteristics, and antioxidant activities of polysaccharides from kiwifruit (*Actinidia chinensis Planch.*). Molecules, 24(3), 461.
- Henare, S.J., 2015. Nutritional Composition of Fruit Cultivars. The Nutritional Composition of Kiwifruit (*Actinidia spp.*), 337-370. New Zealand. Elsevier.
- Hennessey- Ramos, L., Murillo-Arango, W., Vasco-Correa, J. ve Paz Astudillo, I., 2021. Enzymatic extraction and characterization of pectin from cocoa pod husky (*Theobroma cacao L.*) using Celluclast 1,5 L. Molecules, 26(5), 1473.
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F. ve Yarmand, M. S., 2016. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. Carbohydrate polymers, 140, 59-65.
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., Kazemi, M. ve 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.
- Huang, J., Hu, Z., Hu, L., Li, G., Yao, Q. ve Hu, Y., 2021. Pectin-based active packaging: A critical review on preparation, physical properties and novel application in food preservation. Trends in Food Science & Technology, 118, 167-178.
- Ignat, I., Volf, I. ve Popa, V.I., 2011. A Critical Review of Methods for Characterisation of Polyphenolic Compounds in Fruits and Vegetables. Food Chemistry, 126, 1821-1835.
- Ismail, N.S.M., Ramli, N., Hani, N.M. ve Meon, Z., 2012. Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions. Sains Malaysiana. 41 (1). 41-45.
- Işık, S., 2022. Bal Kabağı Kabuklarında Ultrason Destekli Yöntem ile Pektin Ekstraksiyonu Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.
- Jafari, F., Khodaiyan, F., Kiani, H. ve Hosseini S.S., 2017. Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties. Carbohydr Polymers, 157, 1315-1322.
- Jaiswal N. ve Kumar A., 2022. HPLC in the discovery of plant phenolics as antifungal molecules against Candida infection related biofilms, Microchemical Journal, 179, 107572.
- Jeong, H.S., Kim H.Y., Ahn S.H., Oh S.C., Yang I. ve Choi I.G., 2014. Optimization of enzymatic hydrolysis conditions for extraction of pectin from rapeseed cake (*Brassica napus L.*) using commercial enzymes. Food Chemistry, 157, 332-338.

- Joslyn, M.N., 1980. Methods of Food Analysis, Physical Chemical and Instrumentation Method of Analysis. 2nd Edn. Academic Press, New York, 5. pp. 67-70.
- Kanbur, M. Ve Gündoğdu, M., 2020. Kivi meyvelerinin olgunlaşma evrelerine göre fenolik bileşik içeriklerindeki dağılım. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6(2), 194- 201.
- Kar, F., 1998. Portakal Kabuğu Pektinin Fizikokimyasal Özellikleri ve Pektin Ekstraktının Sabit Basınç Filtrasyonu. (Doktora tezi), Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Karbuz. P. ve Tuğrul. N., 2021. Çeşitli meyve kabuklarından mikrodalga ve ultrason destekli pektin ekstraksiyonu. Gıda bilimi ve teknolojisi dergisi. 58 (2). 641-650.
- Karim. R., Nahar. K., Zohora. F. T., Islam. M., Bhuiyan. R. H., Jahan. M. S. ve Shaikh. A. A., 2022. Pectin from lemon and mango peel: Extraction. characterisation and application in biodegradable film. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 4. 100258.
- Keleş, H., 2019. Nar Kabuklarından Enzimatik ve Organik Asit Yöntemleri ile Pektin Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Khamsucharit, P., Laohaphatanalert, K., Gavinlertvatana, P., Sriroth, K. ve Sangseethong, K., 2018. Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties. Food science and biotechnology. 27 (3). 623-629.
- Khodaei, N. ve Karboune S., 2014. Enzymatic extraction of galactan-rich rhamnogalacturonan I from potato cell wall by-product. LebensmittelWissenschaft und Technologie- Food Science and Technology, 57 (1), 207–216.
- Khodaei, N., Karboune, S. ve Orsat, V., 2016. Microwave-assisted alkaline extraction of galactan-rich rhamnogalacturonan I from potato cell wall by-product. Food Chemistry, 190, 495-505.
- Kliemann, E., Simas, K.N., Amante E.R., Prudencio E.S., Teofilo R.F., Ferreira M.C. ve Renata Amboni D.M.C., 2009. Optimisation of pectin acid extractioz from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) using response surface methodology. International Journal of Food Science and Technology, 44, 476-483.
- Korkmaz, K. ve Tokur, B., 2021. Balık atıklarından üretilen protein hidrolizatının besinsel kompozisyonu. Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences, 7(1), 27-39.
- Körlü, A.E., Duran K., Bahtiyari M.İ. ve Perinçek S., 2008. Selüloz Enziminin Selülozik Esaslı Kumaşlar Üzerine Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon, 18 (1), 35-41.
- Kronholm, J., Hartonen, K. ve Riekkola M.L., 2007. Analytical extractions with water at elevated temperatures and pressures. Trends in Analytical Chemistry, 26 (5), 396- 412.
- Laroze, L., Soto, C., Zúñiga, M. E., 2010. Phenolic antioxidants extraction from raspberry wastes assisted by-enzymes. Electronic Journal of Biotechnology, 13(6), 11-12.
- Leontowicz, H., Leontowicz, M., Latocha, P., Jesion, I., Park, Y. S., Katrich, E., Barasch, D., Nemirovski , A. ve Gorinstein, S., 2016. Bioactivity and nutritional properties of hardy kiwi fruit *Actinidia arguta* in comparison with *Actinidia deliciosa* ‘Hayward’and *Actinidia eriantha* ‘Bidan’. Food chemistry, 196, 281-291.

- Leroux, J., Langendorff, V., Schick, G., Vaishnav, V. ve Mazoyer, J., 2003. Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food hydrocolloids*, 17(4), 455-462.
- Li, B. B., Smith, B. Ve Hossain, M. M., 2006. Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48(2), 189-196.
- Li, J., Li, Y., Wu, H., Naraginti, S. ve Wu, Y., 2021. Facile synthesis of ZnO nanoparticles by *Actinidia deliciosa* fruit peel extract: Bactericidal, anticancer and detoxification properties. *Environmental Research*. 200, 111433.
- Li, W. J., Fan, Z. G., Wu, Y. Y., Jiang, Z. G. ve Shi, R. C., 2019. Eco-friendly extraction and physicochemical properties of pectin from jackfruit peel waste with subcritical water. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(12), 5283-5292.
- Li, X., 2018. The antiallergic activity of flavonoids extracted from *Citri Reticulatae* Pericarpium. *Journal of Food processing and preservation*, 42(4), e13588.
- Liew, S. Q., Chin, N. L., Yusof, Y. A. ve Sowndhararajan, K., 2016. Comparison of acidic and enzymatic pectin extraction from passion fruit peels and its gel properties. *Journal of Food Process Engineering*, 39(5), 501-511.
- Liew, S. Q., Teoh, W. H., Tan, C. K., Yusoff, R. ve Ngoh, G. C., 2018. Subcritical water extraction of low methoxyl pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. *International journal of biological macromolecules*, 116, 128-135.
- Liew, S. Q., Teoh, W. H., Tan, C. K., Yusoff, R. ve Ngoh, G. C., 2018. Subcritical water extraction of low methoxyl pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. *International journal of biological macromolecules*, 116, 128-135.
- Lim, J., Yoo, J., Ko, S. ve Lee S., 2012. Extraction and characterization of pectin from Yuza (*citrus junos*) pomace: A comparison of conventional-chemical and combined physical-enzymatic extractions. *Food Hydrocolloids*, 29 (1), 160–165.
- Liu, X. ve Kokare, C., 2023. Microbial enzymes of use in industry. In *Biotechnology of microbial enzymes* (pp. 405-444). Academic Press.
- Malik, J. ve Mandal, S. C., 2022. Extraction of herbal biomolecules. In *Herbal Biomolecules in Healthcare Applications* (21-46). Academic Press.
- Mamiru, D. ve Gonfa, G., 2023. Extraction and characterization of pectin from watermelon rind using acetic acid. *Heliyon*. 9 (2). e13525.
- Maran, J.P. ve Priya B., 2015. Ultrasound-assisted extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate Polymers*, 115 (0), 732-738.
- Marić, M., Grassino, A.N., Zhu, Z., Barba, F.J. ve Brnčić, M. Rimac Brnčić, S., 2018. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme assisted extraction. *Trends Food Sci Technol*, 76, 28– 37.
- Martínez-Ávilaa, C. G., Sousa-Gallagherb, M., Montañez-Saenza, J. C., Rodríguez-Herreraa, R., Contreras-Esquivela, J. C. ve Aguilara, C. N., 2008. Valorization of mandarin peels through enzymatic pectin extraction. *Enzyme*, 1, 0.
- Mason, T.J. ve Lorimer, J.P., 2002. “Applied Sonochemistry”, Wiley-VCH Verlag GmbH, ISBN 3-527-30205-0.
- Meini, M. R., Cabezudo, I., Boschetti, C. E. Ve Romanini, D. 2019. Recovery of phenolic antioxidants from Syrah grape pomace through the optimization of an enzymatic extraction process. *Food Chemistry*, 283, 257-264.

- Melton and Smith, 2001. Determination of neutral sugars by gas chromatography of their alditol acetates. Determination of the uronic acid content of plant cell walls using a colorimetric assay. Isolation of plant cell walls and fractionation of cell wall polysaccharides
- R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, et al. (Eds.), Current protocols in food analytical chemistry, Unit E 3.2.1-3.2.13.
- Miller, G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, (31): 426-428.
- Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Garau, M. C., Meza-Velázquez, J. A., Simal, S. ve Rosselló, C., 2014. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. Carbohydrate polymers, 106, 179-189.
- Mohnen, D., 2008. Pectin structure and biosynthesis. Current opinion in plant biology, 11(3), 266-277.
- Morales-Contreras, B. E., Contreras-Esquivel, J. C., Wicker, L., Ochoa-Martínez, L. A. ve Morales-Castro, J., 2017. Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) waste as a promising source of pectin: Extraction and physicochemical characterization. Journal of food science, 82(7), 1594-1601.
- Morales-Contreras, B. E., Wicker, L., Rosas-Flores, W., Contreras-Esquivel, J. C., Gallegos-Infante, J. A., Reyes-Jaquez, D. ve Morales-Castro, J., 2020. Apple pomace from variety “Blanca de Asturias” as sustainable source of pectin: Composition, rheological, and thermal properties. Lwt, 117, 108641.
- Muñoz-Almagro, N., Ruiz-Torralba, A., Méndez-Albiñana, P., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B., Moreno, R. ve Montilla, A., 2021. Berry fruits as source of pectin: Conventional and non-conventional extraction techniques. International Journal of Biological Macromolecules, 186, 962-974.
- Müller-Maatsch, J., Bencivenni, M., Caligiani, A., Tedeschi, T., Bruggeman, G., Bosch, M. ve Sforza, S., 2016. Pectin content and composition from different food waste streams. Food Chemistry, 201, 37-45.
- Naczki, M. ve Shahidi, F., 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 41(5), 1523-1542.
- Oanceal, S. ve Perju, M., 2020. Influence of enzymatic and ultrasonic extraction on phenolics content and antioxidant activity of *Hibiscus Sabdariffa* L. flowers, Bulgarian Chemical Communications, 52, 25-29.
- Özcan, M. M. ve Köse, N., 2023. Monitoring of changes in physico-chemical properties, fatty acids and phenolic compounds of unroasted and roasted sunflower oils obtained by enzyme and ultrasonic extraction systems. Journal of Food Measurement and Characterization, 17, 849-862
- Panouille, M., Thibault J.F ve Bonnin E., 2006. Cellulase and protease preparations can extract pectins from various plant byproducts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54 (23), 8926-8935.
- Panouillé, M., Thibault, J. F. Ve Bonnin, E., 2006. Cellulase and protease preparations can extract pectins from various plant byproducts. Journal of agricultural and food chemistry, 54(23), 8926-8935.
- Park, Y. S., Namiesnik, J., Vearasilp, K., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Barasch, D., Nemirovski, A., Trakhtenberg, S. ve Gorinstein, S., 2014. Bioactive compounds

- and the antioxidant capacity in new kiwi fruit cultivars. *Food Chemistry*, 165, 354-361.
- Pérez, R. A. ve Albero, B., 2023. Ultrasound-assisted extraction methods for the determination of organic contaminants in solid and liquid samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 117204.
- Pérez-Burillo, S., Oliveras, M. J., Quesada, J., Rufián-Henares, J. A. ve Pastoriza, S., 2018. Relationship between composition and bioactivity of persimmon and kiwifruit. *Food Research International*, 105, 461-472.
- Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B. ve Emmambux, M. N., 2022. Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: a review. *Food Reviews International*, 38(3), 282-312.
- Pinto, D., Delerue-Matos. ve Rodrigues, F., 2020. Bioactivity, phytochemical profile and pro-healthy properties of *Actinidia arguta*: A review. *Food Research International*. 136, 109449.
- Poojary, M. M., Orlie, V., Passamonti, P. ve Olsen, K., 2017. Enzyme-assisted extraction enhancing the umami taste amino acids recovery from several cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 234, 236-244.
- Prakash Maran, J., Sivakumar V., Thirugnanasambandham K. ve Sridhar R., 2014. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydrate Polymers*, 101 (1), 786-791.
- Priyadarshi, R., Riahi, Z. ve Rhim, J. W., 2022. Antioxidant pectin/pullulan edible coating incorporated with *Vitis vinifera* grape seed extract for extending the shelf life of peanuts. *Postharvest Biology and Technology*, 183, 111740.
- Ptichkina, N. M., Markina, O. A., Rumyantseva, G. N. 2008. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food hydrocolloids*, 22(1), 192-195.
- Puri, M., Sharma, D. ve Barrow, C. J., 2012. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in biotechnology*, 30(1), 37-44.
- Puspitasari, D. J., Damayanti, N. S. ve Nuryanti, S., 2021. Extraction pectin from squash (*Sechium edule* sw) peels. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1763, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- Rahmani, Z., Khodaiyan, F., Kazemi, M. ve Sharifan, A., 2020. Optimization of microwave-assisted extraction and structural characterization of pectin from sweet lemon peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147, 1107-1115.
- Ramli, N. ve Asmawati., 2011. Effect of ammonium oxalate and acetic acid at several extraction time and pH on some physicochemical properties of pectin from coca husk (*theobroma cacao*). *African journal of Food Science*. 5 (15). 790-798.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231–1237.
- Rehman, A., Ahmad, T., Aadil, R. M., Spotti, M. J., Bakry, A. M. ve Khan, I. M. Tong, Q. 2019. Pectin polymers as wall materials for the nano-encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science ve Technology*, 90, 35-46.
- Reichembach, L. H. ve de Oliveira Petkowicz, C. L., 2021. Pectins from alternative sources and uses beyond sweets and jellies: An overview. *Food Hydrocolloids*, 118, 106824.

- Ribeiro, B. D., Barreto, D. W. ve Coelho, M. A. Z., 2013. Enzyme-enhanced extraction of phenolic compounds and proteins from flaxseed meal. *International Scholarly Research Notices*, 2013.
- Richardson, D.P., Ansell, J. ve Drummond, L.N., 2018. The nutritional and health attributes of kiwifruit: a review. *European Journal of Nutrition*. 57, 2659–2676.
- Rincón, E., Espinosa, E., García-Domínguez, M. T., Balu, A. M., Vilaplana, F., Serrano, L. ve Jiménez-Quero, A., 2021. Bioactive pectic polysaccharides from bay tree pruning waste: Sequential subcritical water extraction and application in active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 272, 118477.
- Rincón, E., Espinosa, E., García-Domínguez, M. T., Balu, A. M., Vilaplana, F., Serrano, L. ve Jiménez-Quero, A., 2021. Bioactive pectic polysaccharides from bay tree pruning waste: Sequential subcritical water extraction and application in active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 272, 118477.
- Robbins RJ., 2003. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *J Agric Food Chem*, 51, 2866-2887.
- Roman-Benn, A., Contador, C. A., Li, M. W., Lam, H. M., Ah-Hen, K., Ulloa, P. E. ve Ravanal, M. C., 2023. Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products and health. *Food Chemistry Advances*, 100192.
- Roselló-Soto, E., Parniakov, O., Deng, Q., Patras, A., Koubaa, M., Grimi, N. ve Barba, F. J., 2016. Application of non-conventional extraction methods: Toward a sustainable and green production of valuable compounds from mushrooms. *Food Engineering Reviews*, 8, 214-234.
- Roy, S., Priyadarshi, R., Łopusiewicz, Ł., Biswas, D., Chandel, V. ve Rhim, J. W., 2023. Recent progress in pectin extraction, characterization, and pectin-based films for active food packaging applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124248.
- Sabater, C., Blanco-Doval, A., Montilla, A. ve Corzo, N., 2021. Optimisation of an enzymatic method to obtain modified artichoke pectin and pectic oligosaccharides using artificial neural network tools. In silico and in vitro assessment of the antioxidant activity. *Food Hydrocolloids*, 110, 106161.
- Sabater, C., Corzo N., Olano A. ve Montilla A., 2018. extraction of pectin from artichoke (*Cynara scolymus L.*) by-products using Celluclast®1.5L. *Carbohydrate Polymers*, 190, 43-49.
- Saha, S., Singh A.K., Keshari A.K., Raj V., Rai A., ve Maity S., 2018. Modern extraction techniques for drugs and medicinal agents. In *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food* Academic Press, 65-106.
- Sakai, T., Sakamoto, T., Hallaert, J. ve Vandamme, E. J., 1993. Pectin, Pectinase, and Protopectinase: Production, Properties and Applications. *Advances in applied microbiology*, 39, 213-294.
- Sakamoto, T., Hours, R. A. ve Sakai, T., 1995. Enzymic pectin extraction from protopectins using microbial protopectinases. *Process biochemistry*, 30(5), 403-409.
- Saldamlı, İ., 1998. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 560 s, Ankara.
- Santos, J.D.G., Vieira I.J.C., Braz-Filho R. ve Branco A., 2015. Chemicals from Agave sisalana biomass: Isolation and identification. *International Journal of Molecular Sciences*, 16 (4), 8761-8771.
- Seisun, D. ve Zalesny, N., 2021. Strides in food texture and hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 117, 106575.

- Shahidi, F. ve Ambigaipala, P., 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review, *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897.
- Shi, X., Niu, L., Zhao, L., Wang, B., Jin, Y. ve Singleton, V.L. ve Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Soares, M.M.C.N., Silva, R. ve Gomes, E., 1999. "Screening of Bacterial Strains for Pectinolytic Activity: Characterization of the Polygalacturonase Produced by *Bacillus* sp.", *Revista de Microbiologia*, 30: 299-303.
- Soquetta, M. B., Stefanello, F. S., da Mota Huerta, K., Monteiro, S. S., da Rosa, C. S. ve Terra, N. N., 2016. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Food chemistry*, 199, 471-478.
- Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T. ve Upadhyay, A., 2020. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, 136, 109582.
- Sun, X., Zhang, H., Wang, J., Dong, M., Jia, P., Bu, T. ve Wang, L., 2021. Sodium alginate-based nanocomposite films with strong antioxidant and antibacterial properties enhanced by polyphenol-rich kiwi peel extracts bio-reduced silver nanoparticles. *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100741.
- Swamy, G. J. ve Muthukumarappan, K., 2017. Optimization of continuous and intermittent microwave extraction of pectin from banana peels. *Food Chemistry*, 220, 108-114.
- Şen, E., Özdemir, S. ve Uğuzdoğan, E., 2021. Meyve kabuğu atıklarından pektin ekstraksiyonu ve karakterizasyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(7), 863-872.
- Tamiello-Rosa, C. S., Cantu-Jungles, T. M., Iacomini, M. ve Cordeiro, L. M.C., 2019. Pectins from cashew apple fruit (*Anacardium occidentale*): Extraction and chemical characterization. *Carbohydrate Research*. 483. 107752.
- Taşan, N. T. ve Akpınar, Ö., 2018. Microwave Assisted Extraction of Pectin from Grapefruit Peel and Optimization of Extraction Conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(7), 1528-1535.
- Teoh, W. H., Mammucari, R., Vieira de Melo, S. A. ve Foster, N. R., 2013. Solubility and solubility modeling of polycyclic aromatic hydrocarbons in subcritical water. *Industrial ve Engineering Chemistry Research*, 52(16), 5806-5814.
- Thakur, B.R., Singh R.K., Handa A.K. ve Rao M.A., 1997. Chemistry and uses of pectin A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37 (1), 47.
- Toma, A., Craciunescu, O. ve Tatia, R., 2019. Comparative study on extraction methods of pectin from by-products of juiced carrots. *Scientific Bulletin, Series F. Biotechnologies*, 23, 71-7.
- Tsao R., 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. *Nutrients*, 2, 1231-1246.
- Turgutoğlu, E., 2020. Mandarin Yetiştiriciliği. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Türkiye.
- TÜİK, 2022 <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>. (01.06.2023).
- Twinomuhwezi, H., Godswill, A. C. ve Kahunde, D., 2020. Extraction and characterization of pectin from orange (*Citrus sinensis*), lemon (*Citrus limon*)

- and tangerine (*Citrus tangerina*). American Journal of Physical Sciences, 1(1), 17-30.
- Ueno, H., Tanaka M., Hosino M., Sasaki M. ve Goto M., 2008. Extraction of valuable compounds from the flavedo of Citrus junos using subcritical water. Separation and Purification Technology, 62 (3), 513-516.
- Vasco-Correa, J. ve Zapata A.D.J., 2017. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) at laboratory and bench scale. LWT Food Science and Technology, 80, 280-285.
- Versteeg, C., 1979. Pectinesterase from the orange fruit-their purification, general characteristics and juice cloud destabilizing properties. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands, 1-97.
- Wandee, Y., Uttapap, D. ve Mischnick, P., 2019. Yield and structural composition of pomelo peel pectins extracted under acidic and alkaline conditions. Food Hydrocolloids, 87, 237-244.
- Wang, H., Ding, J. ve Ren, N., 2016. Recent advances in microwave-assisted extraction of trace organic pollutants from food and environmental samples. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 75, 197-208.
- Wang, H., Wang, J., Mujumdar, A. S., Jin, X., Liu, Z. L., Zhang, Y. ve Xiao, H. W., 2021. Effects of postharvest ripening on physicochemical properties, microstructure, cell wall polysaccharides contents (pectin, hemicellulose, cellulose) and nanostructure of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). Food Hydrocolloids, 118, 106808.
- Wang, J., Wang, J., Vanga, S. K. ve Raghavan, V., 2020. High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the microstructure, pectin, carbohydrates and rheological properties. Food Chemistry, 313, 126121.
- Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T. ve Liu, D., 2015. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. Food chemistry, 178, 106-114.
- Wang, X., Chen Q. ve Lü X., 2014. Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. Food Hydrocolloids, 38, 129-137.
- Wang, X., Chen, Q. ve Lü, X., 2014. Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. Food Hydrocolloids, 38, 129-137.
- Wang, Y., Li, L., Liu, H., Zhao, T., Meng, C., Liu, Z. ve Liu, X., 2018. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activities of peel, flesh and seed powder of kiwi fruit. International Journal of Food Science & Technology, 53(9), 2239-2245.
- Wikiera, A., Mika M., Starzyńska-Janiszewska A. ve Stodolak B., 2015a. Development of complete hydrolisis of pectins from apple poma. Food Chemistry, 172, 675-680.
- Wikiera, A., Mika M., Starzyńska-Janiszewska A. ve Stodolak B., 2015b. Application of Celluclast 1.5L in apple pectin extraction. Carbohydrate Polymers, 134, 251- 257.
- Wojdyło, A., Nowicka, P., Oszmiański, J. ve Golis, T., 2017. Phytochemical compounds and biological effects of Actinidia fruits. Journal of Functional Foods. 30, 194202.
- Ximenes, E., Kim, Y., Mosier, N., Dien, B. ve Ladisch, M., 2011. Deactivation of cellulases by phenols. Enzyme and microbial technology, 48(1), 54-60.
- Yang, J. S., Mu, T. H. ve Ma, M. M., 2018a. Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. Food chemistry, 244, 197-205.

- Yang, X.Y., Zeng, Z.H., Yan, J.Y., Fan, W., Bian, H.W., Zhu, M.Y., Yang, J.L. ve Zheng, S.J., 2013. Association of specific pectin methylesterases with All induced root elongation inhibition in rice. *Physiol Plant.*, 148, 502-5.
- Yang, Y., Wang, Z., Hu, D., Xiao, K. ve Wu, J. Y., 2018b. Efficient extraction of pectin from sisal waste by combined enzymatic and ultrasonic process. *Food Hydrocolloids*, 79, 189-196.
- Yapo, B. M., 2011. Pectic substances: From simple pectic polysaccharides to complex pectins-A new hypothetical model. *Carbohydrate Polymers*, 86(2), 373-385.
- Yapo, B. M., Wathelet, B. ve Paquot, M., 2007. Comparison of alcohol precipitation and membrane filtration effects on sugar beet pulp pectin chemical features and surface properties. *Food Hydrocolloids*, 21(2), 245-255.
- Yu, X., Sun, S., Guo, Y., Liu, Y., Yang, D., Li, G. ve Lü, S., 2018. Citri Reticulatae Pericarpium (Chenpi): Botany, ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of a frequently used traditional Chinese medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 220, 265-282.
- Yuliarti, O., 2011. Isolation, characterisation and functional properties of pectin from gold kiwifruit (*Actinidia chinensis* cv. Hort16A): a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Food Technology at Massey University, Palmerston North, New Zealand (Doctoral dissertation, Massey University).
- Yuliarti, O., Goh, K.K.T., Matia-Merino, L. ve Mawson, J. Brennan, C., 2015. Extraction and characterisation of pomace pectin from gold kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Food Chem*, 187, 290–296.
- Yuliarti, O., Matia-Merino, L., Goh, KK, Mawson, JA ve Brennan, CS., 2011. Celluclast 1.5 L'nin altın kivi pektininin fizikokimyasal karakterizasyonu üzerindeki etkisi. *Uluslararası Moleküler Bilimler Dergisi*, 12(10), 6407-6417.
- Zago, E., Tiller, C., De Leneer, G., Nandasiri, R., Delporte, C., Bernaest, K.V. ve Shavandi, A., 2022. Sustainable production of low molecular weight phenolic compounds from Belgian Brewers' spent grain. *Bioresource Technology Reports*, 17, 100964.
- Zakaria, S. M. ve Kamal S.M.M., 2015. Subcritical water extraction of bioactive compounds from plants and Algae: Applications in pharmaceutical and food ingredients. *Food Engineering Reviews*, 3, 1-12.
- Zeeb, B., 2021. Interaction between components of plant-based biopolymer systems. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 56, 101524.
- Zhang, C., Zhu, X., Zhang, F., Yang, X., Ni, L. ve Zhang W., 2020. Improving viscosity and gelling properties of leaf pectin by comparing five pectin extraction methods using green tea leaf as a model material. *Food Hydrocolloids*, 98, 1-8.
- Zhao, L., Li, J., Zhang, L., Wang, Y., Wang, J., Gu, B. ve Wen, N., 2016. Preparation and characterization of calcium phosphate/pectin scaffolds for bone tissue engineering. *RSC advances*, 6(67), 62071-62082.
- Zhu, Y., Li, T., Fu, X., Brennan, M., Abbasi, A. M., Zheng, B. ve Liu, R. H., 2016. The use of an enzymatic extraction procedure for the enhancement of highland barley (*Hordeum vulgare* L.) phenolic and antioxidant compounds. *International Journal of Food Science ve Technology*, 51(8), 1916-1924.

8.EKLER

EK I. Toplam Şeker Analizinde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

EK II. DNS Çözeltilisinin Hazırlanması

EK III. Bradford Yönteminden Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

EK IV. Üronik Asit Yönteminden Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

EK V. Toplam Fenolik Madde Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

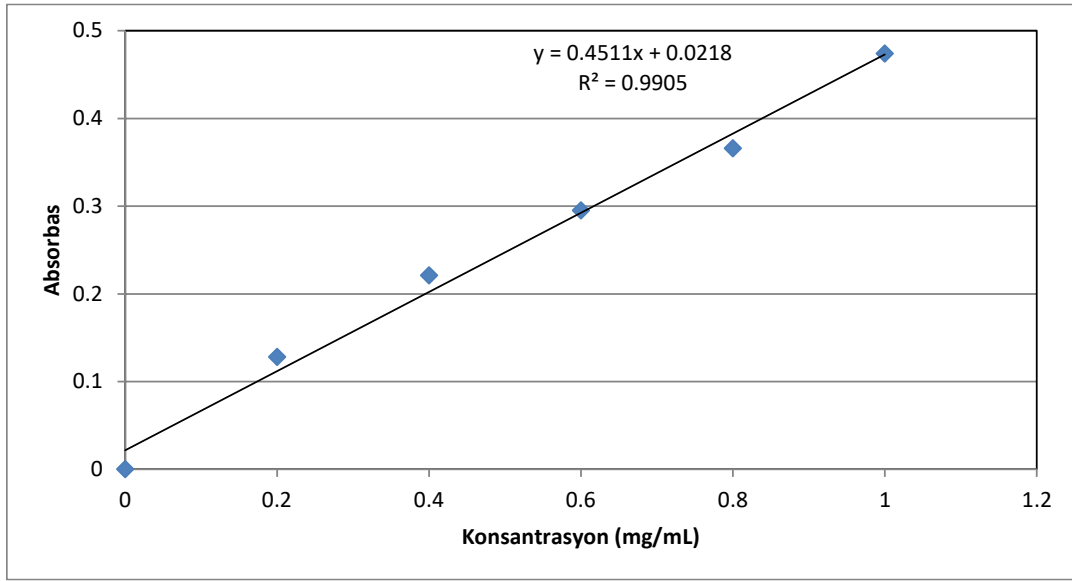
Ek VI. Antioksidan Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH)

EK VII. Antioksidan Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması: Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC)

EK I. Toplam Şeker Analizinde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

%80'lik Fenol Çözeltisinin hazırlanışı: 4 g fenol 50 mL'ye hacmi saf su ile tamamlanmıştır.

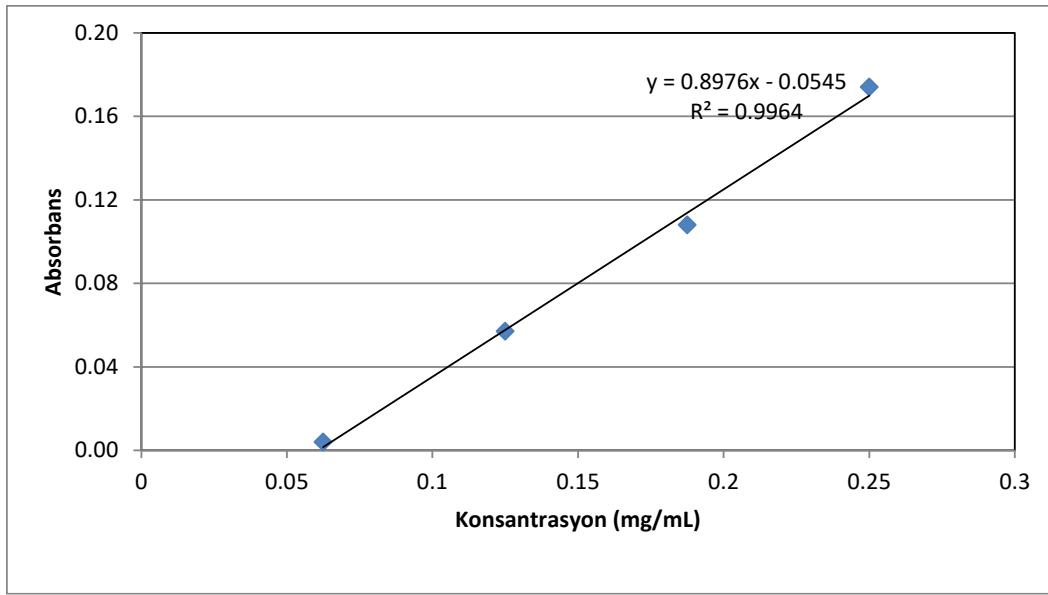
1 mg/mL D-Glikoz Çözeltisi: 10 mg D-Glikoz tartılıp 10 mL saf suda çözündürülmüştür.



EK II. DNS Çözeltisinin Hazırlanması

DNS Çözeltisi: 2.5 g dinitrosalisilik asit, 0.5 g fenol, 0.125 g sodyum sülfid, 2.5 g sodyum hidroksit suda çözündürülmüş ve hacmi 250 mL'ye tamamlanmıştır. Standart olarak 0.25 mg/ml konsantrasyonda glikoz çözeltisi kullanılmıştır.

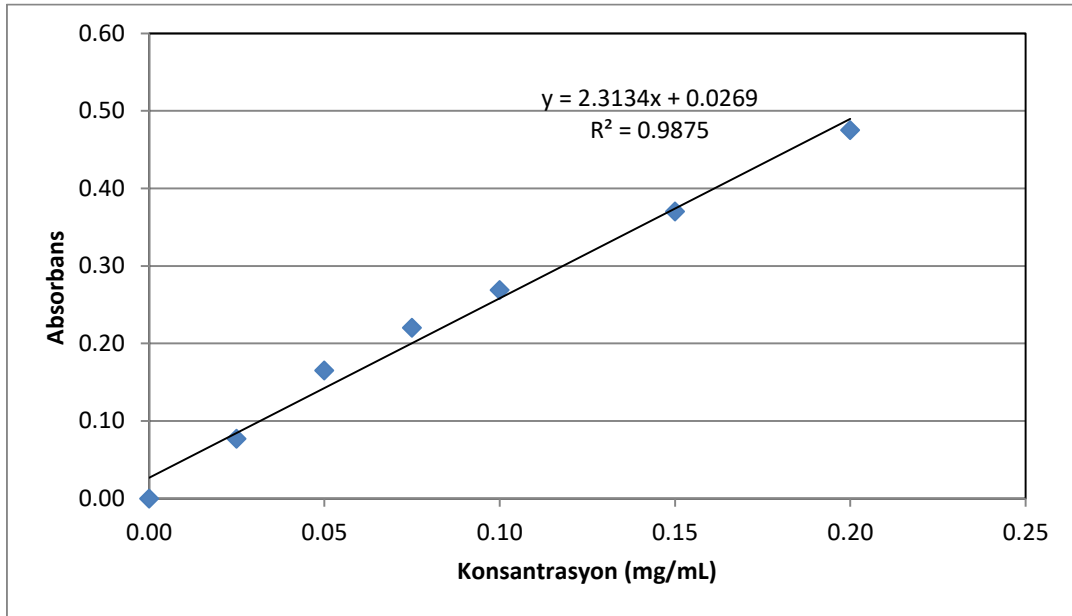
Glikoz Kurve Grafiği



EK III. Bradford Yönteminden Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

100 mg Brilliant blue, 100 mL ortofosforik asit, 50 mL %95 etil alkol ile hazırlanmış ve çözelti hacmi su ile 200 mL'ye tamamlanmıştır. Çözelti beş kat su ile seyreltilerek Bradford çalışma çözeltisi hazırlanmıştır. Standart olarak 1.0 mg/mL konsantrasyonda BSA çözeltisi kullanılmıştır.

BSA Kurve Grafiği:



EK IV. Üronik Asit Yönteminden Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

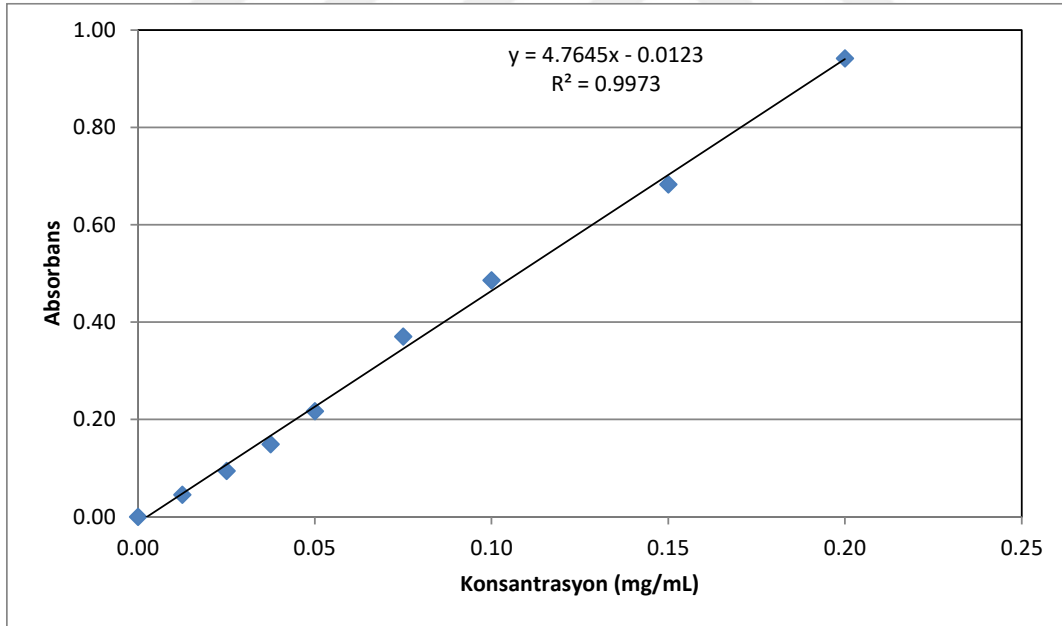
%0.5 NaOH Çözeltisi: 0.5 g NaOH su içinde çözülürülerek hacmi 100 ml'ye tamamlanmıştır.

m-hidroksidifenil Çözeltisi: 0.15 g 3-fenilfenole 80 mL %0.5 NaOH çözeltisi eklenmiş ve %0.5 NaOH çözeltisi ile hacmi 100 ml'ye tamamlanmıştır.

75 mM Sodyumtetraborat Çözeltisi: 1.501 g sodyumtetraborat 90 ml konsantre sülfürik içinde çözülürülerek hacmi 100 ml'ye tamamlanmıştır.

4 M Sülfamik asit/Potasyum Sülfamat Çözeltisi: 38.84 g kadar sülfamik aside 50 ml saf su eklenmiş, doygun KOH ile pH 1.6'ya ayarlanmış ve hacmi 100ml'ye doygun KOH ile tamamlanmıştır.

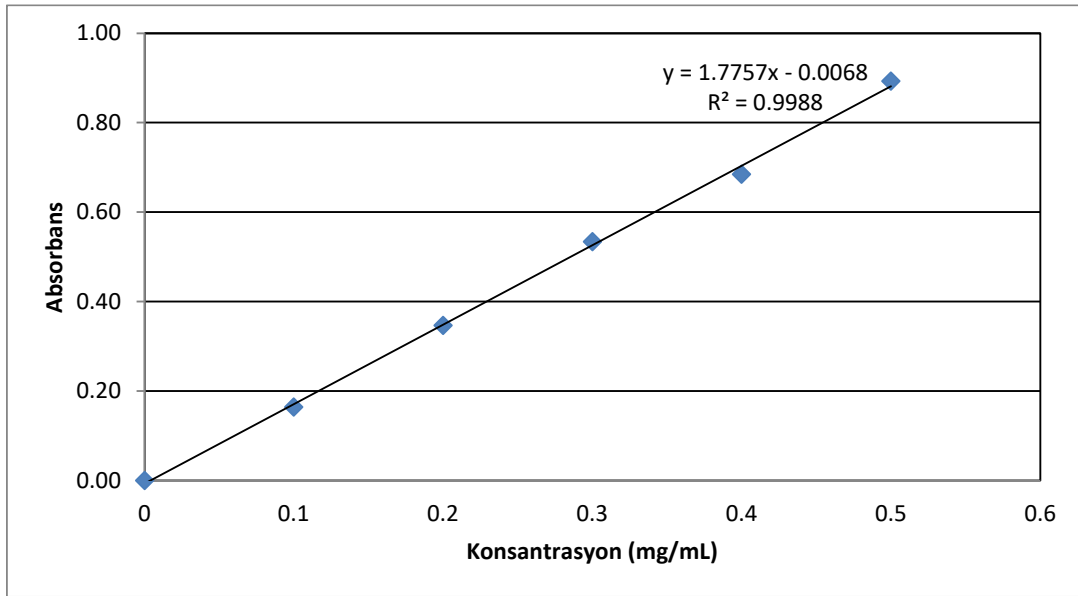
Galaktronik Asit Kurve Grafiği



EK V. Toplam Fenolik Madde Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

%7 Na₂CO₃ Çözeltisi: 17.5 g Na₂CO₃ su içinde çözdürülerek, hacmi 250 mL'ye tamamlanmıştır.

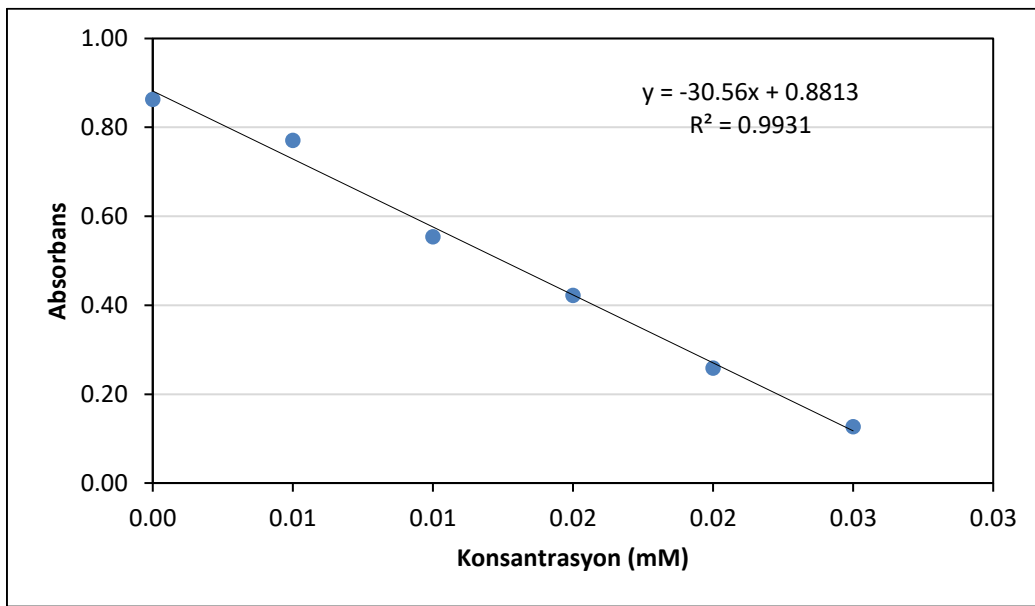
Gallik Asit Standart Çözeltisinin Hazırlanması: 0.1 g gallik asit tartılıp 10 mL saf su içinde hazırlanmıştır.



Ek VI. Antioksidan Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH)

100 µM DPPH (2,2 difenil-1-pikrilhidrazil) Çözeltisi: 4 mg DPPH tartılarak 100 mL metanolde çözdürülmüştür.

DPPH Kurve Grafiği



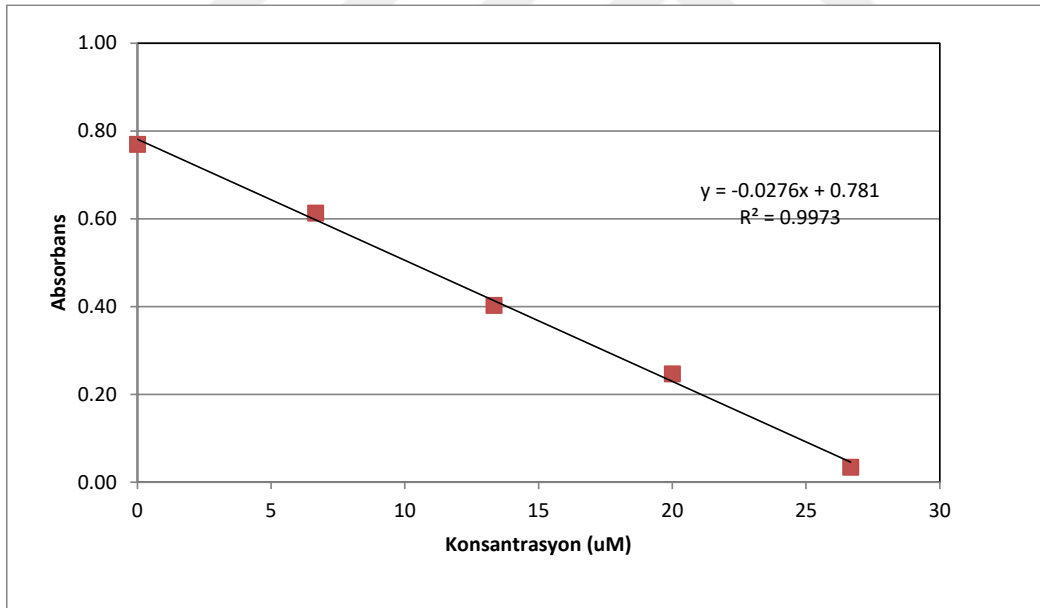
EK VII. Antioksidan Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması: Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC)

20 mM Sodyum Asetat Tamponu: 0.82 g sodyum asetat, 400 mL saf suda çözündürülüp asetik asitle pH 4.5'e ayarlandıktan sonra, hacmi 500 mL'ye tamamlanmıştır.

7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) Çözeltisi: 192 mg ABTS çözündürülerek hacmi saf suyla 50 mL'ye tamamlanmıştır.

2.45 mM Potasyum Peroksidisülfat Çözeltisi: 33.1 mg potasyum peroksidisülfat çözündürülerek hacmi saf suyla 50 mL'ye tamamlanmıştır.

ABTS ve potasyum peroksidisülfat çözeltisi analiz yapılmadan önce 1:1 oranında karıştırılmış ve bir gece karanlık ortamda bekletilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

