

ELMA POSASINDAN PEKTİN ELDE EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZERRİN TAŞKIN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİMYA
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
AĞUSTOS-2019**

ELMA POSASINDAN PEKTİN ELDE EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZERRİN TAŞKIN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

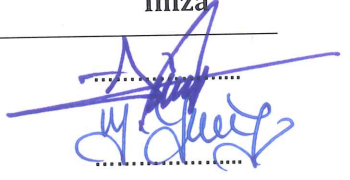
**KİMYA BÖLÜMÜ
ANA BİLİM DALI**

**Danışman
Prof. Dr. Recep ÖZEN**

**MERSİN
AĞUSTOS-2019**

ONAY

Zerrin TAŞKIN tarafından Prof. Dr. Recep ÖZEN danışmanlığında hazırlanan “Elma Posasından Pektin Elde Edilmesi” başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 02/08/2019 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Prof. Dr. A. Murat GİZİR	
Üye	Prof. Dr. M. Kemal SANGÜN	
Üye	Prof. DR. Recep ÖZEN	

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20/9/2019 tarih ve 2019.36/1415 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi

beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

02/08/2019

İmza / Signature

Zerrin TAŞKIN

ÖZET

ELMA POSASINDAN PEKTİN ELDE EDİLMESİ

Pektik maddeler bitkilerin hücre zarında, hücre aralarında veya orta lamel bölgesinde kolloidal olarak bulunan kompleks asidik heteropolisakkaritlerdir. Pektin gıda, ilaç, kağıt ve tekstil endüstrilerinde jel yapıcı, stabilizan ve emülsifiyan olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Pektin jelleşme özelliğinden dolayı geniş ölçüde yiyeceklerde kullanılan bir asidik hidrokolloiddir. Tarımsal endüstri artıklarının değerlendirilmesi özellikle bu endüstri kolları gelişen ülkelerde güncel bir konudur. Meyveler işlenirken, hammaddenin %50 si kadar katı atık üretir. Genel olarak atıklar kabuk, çekirdek, meyve ezmesi, olgunlaşmamış meyveler, çekirdekli meyveler ve mekanik hasarlı meyveler vb. Bu artıklar bazı hallerde çok kıymetli ürünleri içermektedir. Pektin eldesinde başlıca hammadde kaynağı elma posası, portakal kabukları, ayçiçeği tablası ve şeker pancarı küspesidir. Ülkemizde pektin ihtiyacının tamamı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Son yıllarda tüketime hazır gıdalar sektöründeki gelişmeler nedeniyle, Türkiye’de pektin kullanımı yaygınlaştığından ihtiyaç giderek artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Heteropolisakkarit, Jel yapıcı, Stabilizan ve Emülsifiyan, Kolloidal, Türkiye.

Danışman: Prof. Dr. Recep ÖZEN, Mersin Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

GETTING PECTIN FROM APPLE PULP

Pectic substance are complex acidic heteropolysaccharides found colloiddally between cells in the cell membrane or in the mid-central region of plants. Pectin is widely used in food, pharmaceutical, textile and paper industries as a gelling, stabilizing, emulsifying and thickening agent. Pectin is an acidic hydrocolloid that is also widely used as a food ingredient for its gelling property. Primary sources of pectin are citrus fruits, apple, sunflower head and sugar-beet pulps. Fruits processing generates solid waste as high as 50% of raw material. Generally the wastes consist of peel, core, pomace, unripe fruits, cull fruit, mechanically damaged fruits etc. The pectin requirement in Turkey is met through imports, mostly from European countries. Pectin requirement has increased because of wide pectin uses due to developments in food sector recently in Turkey.

Keywords: Heteropolysaccharides, Gelling, Stabilizing, Emulsifying, Colloiddally, Turkey

Advisor: Assoc. Prof. Recep ÖZEN, Department of Chemistry, University of Mersin, Mersin.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımda emeği geçen, bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Recep ÖZEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezinde (MEİTAM) çalışmalarına katkı sağlayan değerli çalışanlarına, 2019-1-TP2-3399 kodlu BAP projesi çalışmamı onaylayan BAP kurumuna teşekkür ederim. Üniversitemizde bu tez çalışmasını diğer akademik tez çalışmaları arasına ekleyerek bilime ışık tutmasını ve hayata dair farkındalık oluşturmalarını dilerim.

Çalışmalarımda kullandığım elma ve limonları temin etmemde yardımlarını esirgemeyen süreklilik sağlayan Akdeniz Bölgesi Mersin İline bağlı Gözne Yaylası değerli halkına teşekkürü borç bilirim.

Bu süreçte maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen annem Meral Bekiroğlu'na, ablam Neslihan Dayan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Desteği ve bugünlerime gelmemi sağlayan en değerli varlığım BABAM' a....



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLO-ÇİZELGE DİZİNİ	ix
KISALTMA VE SİMGELER	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	7
2.1. Monosakkaritler ve D-L Gösterimi	7
2.2. Polisakkaritler ve D-Galakturonik Asit	8
2.3. Pektik Maddeler	9
2.4. Pektinin Yapısı ve Sınıflandırılması	10
2.5. Pektinin Fizikokimyasal Özellikleri	11
2.5.1. Pektinin Fiziksel Özellikleri	11
2.5.2. Pektinin Jelleşmesi	13
2.5.2.1. Düşük Metoksilli Pektin Jelleşmesi	14
2.5.2.2. Yüksek Metoksilli Pektin Jelleşmesi	16
2.5.3. Pektinin Kimyasal Özellikleri	17
2.6. Pektin Üretimi	18
2.7. Pektinin Gıdalarda Kullanımı	19
2.8. Pektin Ekstraksiyonu	21
3. MATERYAL ve YÖNTEMLER	23
3.1. Kimyasal Maddeler	23
3.2. DeneySEL Yöntemler	23
3.2.1. Elmanın Hazırlanması	23
3.2.2. Asit Çözeltisinin Hazırlanması	23
3.2.3. Pektin Ekstraksiyon Yöntemi	23
3.3. Analiz Yöntemleri	24
3.3.1. Esterleşme Derecesi Tayini	24
3.3.2. Nem Tayini	24
3.3.3. Kül Tayini	25
3.3.4. FT-IR	25
4. BULGULAR	27
4.1. Pektin Ekstraksiyonu	27
4.2. Pektin Analizleri	28
4.2.1. Esterleşme Derecesi Analizi	28
4.2.2. Nem Analizi	28
4.2.3. Kül Analizi	29
4.2.4. FT- IR	29
4.2.5. Jelleşme Derecesi	30
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	31
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Pektinin Bitki Hücresindeki Yeri	1
Şekil 1.2. Galakturonik Asit İskeleti	2
Şekil 1.3. Galakturonik Asit Monomeri	3
Şekil 1.4. Progesteron, Testesteron, İndometasin Hormonlarının Kimyasal Formülleri	6
Şekil 2.1. D ve L gliseraldehit, dihidroksiaseton	7
Şekil 2.2. D-aldopentoz	8
Şekil 2.4.1. Yüksek metoksilli pektin (HM) esterleşme derecesi % 50 üzerinde	11
Şekil 2.4.2. Düşük Metoksilli Pektin (LM) Esterleşme Derecesi % 50 ve Altında	11
Şekil 2.5.2.1.1. Esterleşme Derecesi ve Jel Yapma Özelliğine Göre Pektik Maddelerin Tanımları	15
Şekil 2.5.2.1.2. Düşük Metoksilli Pektin Jelleşme Mekanizması	15
Şekil 2.5.2.2.1. Pektin Jelinin X-Ray'deki Birleşme Yapısı	16
Şekil 3.3.5.1. Elmadan Elde Edilen Pektinin Jel Görünümü	26
Şekil 3.3.5.2. Limondan Elde Edilen Pektinin Jel Görünümü	26
Şekil 4.1. Ekstraksiyon Sonucu Elmadan Elde Edilen Pektin	27
Şekil 4.2.4.1. Elmadan Elde Edilen Pektinin FT-IR Spektrumu	30

TABLO-ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.5.1. Analizi Yapılan Sebze ve Meyvelerdeki Pektinin Özellikleri	12
Çizelge 2.6.1. Bazı Sebze ve Meyvelerin Yaklaşık Pektin İçerikleri	18
Tablo 4.1. Pektinin Ekstraksiyonu	27



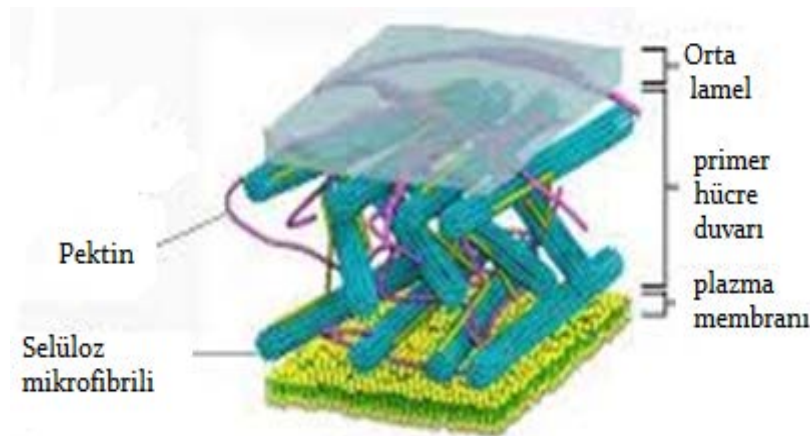
KISALTMA VE SİMGELER

Kısaltma / Simge	Tanım
atm:	Atmosfer basıncı
$^{\circ}\text{C}$:	Celcius
C:	Konsantrasyon
cm:	Santimetre
g:	Gram
k:	Sabit
m:	Kütle
mL:	Mililitre
mm:	Milimetre
M:	Molarite
M_A :	Molekül ağırlığı
N:	Normalite
n:	Mol sayısı
nm:	Nanometre
rpm:	Devir (returns per minut)
t_A :	Başlangıç süre
t :	Son süre
V:	Hacim
w/v:	ağırlık hacim oranı
V1:	İlk NaOH titrasyon hacmi (mL)
V2:	Son NaOH titrasyon hacmi (mL)

1. GİRİŞ

Pektin bitkilerde hücre duvarlarında bulunan lif yapılı doğal heteropolisakkaritlerdir. Genellikle gıda ve ilaç endüstrilerinde kıvam arttırıcı, stabilizatör ve emülsifiyer olarak kullanılan bir katkı maddesidir. Bu çalışmada meyve suyu veya reçel fabrikalarında kullanılan meyvenin atık meyve posalarından özellikle elmadan yararlanarak katma değeri yüksek olan pektin elde edilmesi amaçlanmıştır.[1]

Bitki hücreleri birbirine son derece yakın ikili hücre duvarına sahiptir. Pektik maddelerde bu duvarlar arasında ince bir yapı oluşturan ve orta lamel olarak adlandırılan bölgenin temel bileşenini meydana getirmektedir. Bu pektik bileşikler hücre duvarında çok önemlidir. Kompleks asit hücreleri (birimleri) olarak da tanımlanabilecek anhidroglakturonik asit, homojen görümlü heterojen yapılı maddeler, karbonhidrat çeşitlerinden meydana geldiği için, suyu tutabilme kapasitesi son derece yüksektir. Pektik maddeler ise pektinin asitleri, bu asitlerin oluşturduğu pektin tuzları olarak tanımlanır. Bu maddeler, özellikle meyve sularının ve meyve marmelatlarının görünümünü ve bulanıklığını etkileyen kıvam verici maddelerdir. American Chemical Society tarafından yapılan araştırmalara göre bu pektik maddeleri dört esas grupta incelemek mümkündür. Bunlar pektinler, pektik asitler, pektinik asitler, protopektinlerdir. Protopektinler hariç geri kalanının suda kısmen ya da tamamen çözünmediği yine bu dernek tarafından bildirilmiştir [2]. Pektik maddeler genel olarak taze meyvelerin (bu araştırmada kullanılan elmaların) yaklaşık ağırlığının %1 ila %4 arasında değişebilmektedir.



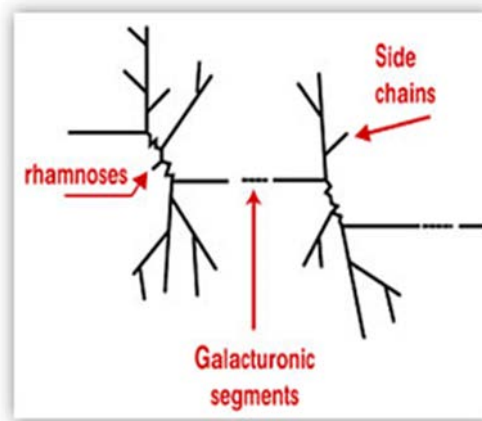
Şekil 1.1. Pektinin Bitki Hücresindeki Yeri

Pektin polimeri genel olarak galakturonik asit zincirlerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Galakturonik asit zincirinin polimerleşmesi düzensiz değildir. Polimerleşme düzenli olarak gerçekleşirken metil pentoz ve ramnoz yapıya katılmasıyla pektin dirseğini oluşturur. Pektik

maddelerinin esas bileşeni D-galakturonik asit monomerleridir. Galakturonik asit birimleri basit bir şeker olduğu için 1. ve 4. karbonlarda (α karbonları) glikozid bağı oluşturur ve metanol ile kısmen esterleşirler.

Bitkilerde bulunan pektik maddeler büyük oranda, hücre aralarında, hücre zarında ya da hücre duvarları arasında kalan orta lamel bölgesinde kendisi için çözücü olmayan bir ortamda kolloidal bulunan kompleks asidik polisakkaritlerdir. Herhangi bir bitkiden ya da aynı bitkinin farklı cinslerinden elde edilen pektinin bileşimi ve miktarı farklılık gösterir. Organik olduğu için kolay bozulabilen yapıya sahiptir. Pektin bu özelliğinden dolayı bitkinin cinsine, yetiştiği ortamın iklim değişikliğine, bitkinin toplandıktan sonraki bekleme süresine ve bekletilme sıcaklığına, olgunluk derecesine (genellikle bitki olgunlaştıkça pektin yapısı bozulur) ekstraksiyon yöntemine, bağlı olarak farklı miktarlarda pektin elde edilir[3]. Pektin yapısı genel olarak;

- Birbirinden farklı metoksil grupları ile esterleşen, metil ester içeren,
- Birbirinden farklı nötralleşme derecesinde suda dağılan
- Asidik ortamda jelimsi yapısını şekerlerle oluşturan bileşiklerdir.



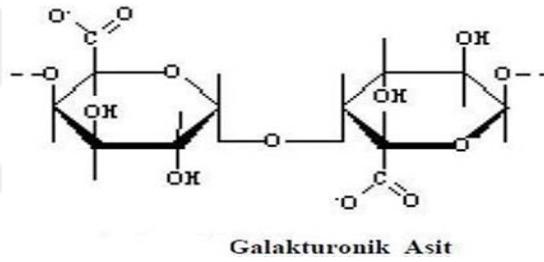
Şekil 1.2. Galakturonik Asit İskeleti

Pektin molekülündeki galakturonik asit hücrelerinde karboksil grupları en aktif kısmı oluşturmakla birlikte pektinin katma değerini belirler. Galakturonik asit birimlerinde bulunan her bir karboksil grupları farklı yapısal şekillere sahip olabilir. Örneğin bu karboksil grupları alkil gruplarıyla (metillerle) kısmi esterleşme yapabilirken, bazıları serbest halde, bazıları ise kanyonlarla nötral yapı oluşturabilirler. Özellikle karboksil gruplarının metil esterleşmeleri önemlidir ve bu durum galakturonik asitlerin esterleşme derecesini (DE) diğer adıyla metoksillenme derecesini (DM) belirler.

Pektik asit olarak tanımlanan polimerin en önemli özeliği galakturonik asit hücrelerinde bulunan karboksil grubunda esterleşme görülmemesidir. Bu pektik asitlerin tuzlarına pektat adı

verilir. Pektik asitler ve pektatlar suda çözünmezler. Polimerleşmiş galakturonik asitlerin karboksil gruplarının bazıları metil grupları ile ester oluşturmuşsa buna pektinik asit, tuzuna ise pektinat adı verilir. Esterleşme derecesi % 50 ve % 50'nin altı olan pektinler düşük metoksilli pektin (LM), %50'nin üzerinde olan pektinler ise yüksek metoksilli (HM) pektin olarak tanımlanır. Metoksillenme derecesi farklı pektinler amidlerle tepkime verir. Düşük metoksilli pektin amidlendirilirse LMA (düşük metoksilli pektin amid), yüksek metoksilli pektinler amidlendirilirse HMA (yüksek metoksilli pektin amid) elde edilir.

Pektin fiziksel yapısı itibariyle açık sarı renklidir, en iyi çözücüsü sudur. Pektin, formamid, $(CH_3)_2SO$ (dimetil sülfoksit), $(CH_3)_2NCOH$ (dimetil formamid) ve gliserol hariç organik çözücülerde çözünmezler. Pektinin molekül ağırlığı değişkenlik gösterir. Bundan dolayı ortalama molekül ağırlığı hesaplanır. Bu ortalama molekül ağırlığı pektinin cinsine, ekstraksiyon yöntemine, pektini hazırlama ve ölçme yöntemine göre farklılıklar gösterir. Pektin zincirinin uzun zincir ile kısa zincir olması molekül ağırlığını etkilerken viskozite değerini etkiler. Pektin de viskozite ölçümleri genellikle molekül ağırlığını tayin etmede kullanılır.



Şekil 1.3. Galakturonik asit monomeri

Pektin; meyve ve sebzelerde, ayçiçeği, şeker kamışı küspelerinden ekstre edilir. Ekstraksiyon her bir gıda enstrümanının belirli sıcaklık, pH değerleri ile bu enstrümanın dolapta bekletilmesi de dahil olmak üzere elde edilecek olan pektinin yüksek metoksilli pektin (HMP) veya düşük metoksilli pektin (LMP) olarak elde edilmesini etkilemektedir. Elma özellikle posası uygun sıcaklıkta kurutulur ve öğütülür. Elmadaki bazı suda çözünen maddeler için ön ve basit ekstraksiyon yapılır. Daha sonra uygun asidik ortamda ekstre edilir ve pektin çözelti ortamına alınır. Yüksek metoksilli pektin zincir yapısı bozulmadan saflaştırma yapılır. Limon posası, narenciye kabukları, şeker pancarı küspesi veya şeker kamışı gibi bitkilerden elde edilen pektin yüksek metoksilli oldukları için esterleşme dereceleri %50'nin çok üstündedir. Elma posası, ayçiçeği tablalarından elde edilen pektin düşük metoksilli oldukları için esterleşme derecesi % 50 ve altındadır. Düşük metoksilli pektinler yüksek metoksilli pektinlerin hidrolizi ile oluşur. Bitkisel ortamda gerçekleşen hidroliz bitkinin olgunlaşmasıyla artar.

Katma değeri yüksek pektinin tamamı Türkiye'de ithalatla elde edilmektedir. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde gerçekleşen hazır gıda endüstrisindeki hızlı gelişmeler

sayesinde, pektin kullanımı yaygınlaşmakta ve ülkemizde pektin ithalatı giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde farklı türlerde meyveler yetismekte ve bu meyvelerden reçeller, marmelatlar, meyve suları ve jöleler üretilmektedir. Pektinin meyve posalarında bol miktarda bulunması hammadde teminini kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda suda çözünmeyen bir heteropolisakkarit olması nedeniyle söz konusu fabrikalarda yan üretim yapılarak pektini ithal etmek yerine üretimi ülkemizde sağlanabilir. Narenciye, şeftali, ayva, elma, ayçiçeği gibi çeşitli meyveler üzerinde pektin elde edilmiş ve izolasyonu yapılmıştır. Bu çalışmada ise elma posasından pektin elde edilmiştir.

Ülkemiz uygun iklim koşullarının da etkisiyle dünyada elma üretiminin önemli bir yerine sahiptir. Ülkemiz tarım alanının %14' lük kısmında meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır. Elma, meyve alanlarının yaklaşık %5'ini, toplam tarım alanlarının yaklaşık %0,7'sini oluşturmaktadır. Elma yumuşak çekirdekli meyve grubunda bulunmaktadır. Elma verimi yüksek bir meyve olduğu için yaklaşık 1,5 milyon dönümden fazla alanda yaklaşık olarak 3.500.000 tondan fazla elma üretilmektedir. Bu üretimin %3,1'lik kısmı Mersinde yer almaktadır (TÜİK 2018 verilerine göre bu değerler %0,8 oranında artmıştır). Özellikle red ve golden delicious cinsi elmaların meyve suyu ve kuru elma olarak ihracatı yapılmaktadır. Ülkemizde özellikle meyve suyu konsantreleri ihracatı üretimin %90'ından oluşturulmaktadır. Meyvelerin posaları ise pektin içermesine rağmen üretime dahil edilmemekte ve çöp olarak atılmakta veya hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Posalardan faydalanan elde edilecek katma değeri yüksek olan pektin kıvam artırıcı organik katkı maddesi olarak kullanılabilir. Pektin E440 olarak tanımlanan gıda katkı maddesidir. Gıda teknolojisinde pektin özellikle meyve sularının rengini berraklaştırmak, hazır yoğurtlarda pH değerini etkilemeden kıvamını düzenlemede kullanılmaktadır. Pektin aynı zamanda reçel, marmelat, jöle gibi hazır gıda yapımında jelleşmeyi istenilen kıvamda tutabilmek amacıyla da kullanılmaktadır.

Düşük Metoksilli Pektin (LM) ve Düşük Metoksilli Pektin Amidler (LMA): Özel uygulamalarda kullanılmak üzere yine özel yöntemler kullanılarak elde edilen amonyakla işlem gören pektinlerdir. Galakturonik asit hücrelerinin sahip olduğu karboksil gruplarından kısmen esterleşenlerinin (düşük metoksillenme) aynı anda amonyanın işlenmesiyle amid pektine dönüştürülmesiyle elde edilir. LM ve LMA pektinler, reçeller, yoğurtlarda kullanılan hazır meyve parçacıklarında (düşük şekerli olanlar için), krema içermeyen pasta üzerinde renkli süs oluşturan jöle türü uygulamaları, pasta ve pizza gibi hazır ürünlerin üzerine konulan malzemeler, sos ve marmelat tipi ürünler için önerilirler. Muz, incir, karpuz, kavun gibi düşük asit içeren meyvelerden elde edilen hazır gıda ürünlerde, yüksek şeker gerektiren gıdalarda kullanılması gerekir. Ayrıca muz, incir gibi meyvelerde reçel ve şekerleme yapmada da kullanılır. Pektinin kullanım yerlerine değinmek gerekirse;

-Jelleştirmeyi sağlayan; düşük veya yüksek metoksilli pektinler reçellerde, çok yumuşak

jölelerde, pastacılıkta kullanılır.

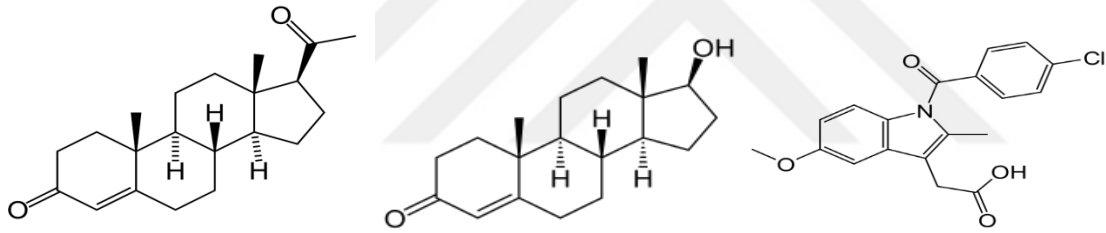
-Yüksek metoksilli pektinler sütlü içeceklerde stabilizör olarak; düşük metoksilli pektinler pastalarda kullanılan hazır meyve parçacıklarında stabilizör olarak kullanılır.

-Yüksek metoksilli pektinler sütlü içeceklerde kıvam sağlayıcı olarak; düşük metoksilli pektinler pastalarda kullanılan hazır meyve parçacıklarında kıvam sağlayıcı olarak kullanılır.

Pektin üzerinde uzun yıllar yapılan araştırmalar ve pektini geliştirme çalışmaları ile pektinden elde edilen ürün çeşitliliği artmış ve organik gıdalar başta olmak üzere birçok gıda ürünleri için temel stabilizörlerden biri olmuştur. Sütlü ve asitli içecekler, süt ürünlerinden yoğurtlar ve meyveli yoğurtlar, pastacılık ve fırın ürünlerinde kullanılan dolgu maddeleri ve pasta dekoru olarak kullanılan renkli şekerlemeler (topping) meyve içerikli yumuşak dokulu jöle benzeri şekerlemeler, marshmellolar, proteinli içecekler, bebek mamaları gibi besleyici ve sağlıklı ürünlerde de kullanılır. Gıda sektöründe olduğu kadar başka sektörlerde de kullanım alanı geliştirilmiştir.

Geliştirilmiş düzeydeki pektin; gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde jel yapısı sağlamak için stabilizör ve kıvamlaştırma vasıtası olarak tıbbi işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Süt ve süt ürünleri endüstrisinde pektin stabilizör olarak kullanılarak bu ürünlerin kıvam ve lezzetini destekler. Pektin, süt ürünlerinde bulunan kazein maddesi ile kompleks oluşturarak koruyucu görev üstlenir. Bu koruyucu kompleks düşük pH'lı süt ürünlerde çalışır ve su tutucu kolloid görev üstlenir. Pektinin üstlendiği bu fonksiyonlu görevlerin tamamı pektinin yüksek veya düşük metoksillenme derecesine yani yapısına, bileşik özelliklerine ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Ayrıca pektin ilaç endüstrisinde antitoksiktir ve ishale karşı kullanılan bazı ilaçların içeriğinde yer alır. Pektin ilaçlarda yatıştırıcı özellik gösterirler. Pektinin emülsiyon tutucu özelliği de vardır. Su ve yağın oluşturduğu emülsiyonlarda emülsiyonu ince bir tabaka haline getirebildiği için yani emülgatör olması nedeniyle kağıt yapımında ve tekstil sanayisinde kullanılır. Şekerlerle ve asitlerle jel yapısı oluşturabilmesi yenilebilir jöleli gıdalarda kullanımını kolaylaştırmıştır. Aynı zamanda bu endüstri kolunda durgunlaştırıcı özelliğinden faydalanarak katı şekilde jel elde edilmektedir. Yoğurdun yapısını düzeltmek ve raf ömrünü arttırmak için koruyucu özelliğinden faydalanılır. Gıda endüstrisinde kullanılan pektin miktarı da çok fazla değildir. Oranlar son derece düşüktür. Örneğin marmelat, jöle ve meyve suyu endüstrisinde, dondurma, hazır gıda konserveleleri (balık konservesi gibi), mayonez ve sosların üretiminde 1-5 mg/kg arasında düşük metoksilli pektin tercih edilirken, peynir çeşitlerinin bazılarının üretiminde ise 8 mg/kg dolaylarında yüksek metoksilli pektin kullanılmaktadır. Pektin bu geniş kullanım alanına sahip olması jel yapıcı, kıvam verici, toksik madde oluşumu önleyici, emülgatör ve stabilizör özelliğinden dolayıdır. Meşrubatlarda, pasta toppinglerinde, marmelatlarda, hazır et sularında, içecek olarak kullanılan mineralli sularda, süt ve süt ürünlerinde, şekerlemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır[4].

Pektin için daha öncede belirtildiği gibi galakturonik asit türevleri ve bunun yüksek veya düşük metoksilli çeşitlerinden oluşması, organik katkı maddesi olarak dikkat çekmesinin ana nedeni diğer sentetik katkı maddelerinin endokrin sistemine olumsuz etkisi veya uyumsuzluğu olabilir. Endokrin sistemde bulunan hormonal yapıların kimyasal formülleri siklohegzanal yapıya sahiptir. Hormon olarak adlandırılan vücudun çalışma mekanizmasına büyük katkı sağlayan kimyasal maddeler endokrin bezlerde salgılanır. Bu endokrin bezler doku ve organlardan oluşturduğu endokrin sistemlerdir. Bu hormonlardan bazıları; **testesteron**, **östrojen** (östrojen ve testosteron eşey hormonu olarakta bilinen steroid hormondur. Omurgalı memeli hayvanlarda erkeklerde yaygın olarak testesteron, dişilerde ise östrojen üretilir. Böbrek üstü bezlerinde az miktarda üretilir), **progesteron** (dişi memelilerde adet döngüsü, gebelik ve embriyonun oluşumu ve gelişiminde rol oynayan 21 karbonlu bir steroid hormondur. Progesteron, progestagen adlı bir hormonlar grubuna aittir.), **indometazin**, (indometazin non-steroid bir hormondur, indol türevlidir, antienflamatuar ilaç olan paraklorobenzoil-metoksi-metilindol-asetik asidin genellikle kullanılan adıdır.) **noradrenalin** vb' dir. Bu hormonların kimyasal yapıları Şekil 1.4' te gösterildiği gibidir.



Şekil 1.4. Progesteron, testesteron, indometasin hormonlarının kimyasal formülleri

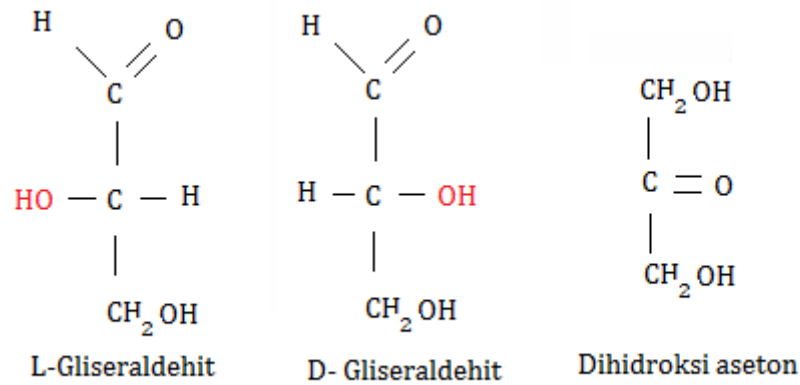
Hormonlar sentetik katkı maddeleri ile uyumlu yapıya sahip olmadıkları için zararlı etkilerine maruz kalmaktadır. Oysa pektin, hormonlar gibi altı karbonlu halkalı yapıya sahiptir. Pektinin organik yapısı hormonların yapısına uyumlu olduğu için özellikle günümüzde tercih edilmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Monosakkaritler ve D-L Gösterimi

Karbonhidratlar genellikle sulu karbon anlamını taşısa da esasen yapısı polihidroksi aldehitler ve ketonlar veya hidroliz edildiğinde polihidroksi aldehitleri veya ketonları veren bileşikler olarak adlandırılır. Bu tanıma ek olarak karbonil ve hidroksil grupları içerdiklerinden yarı-asetaller veya asetaller olarak bulunurlar. Hidrolizlenemeyen daha basit karbonhidratlara **monosakkarit** denir. İki monosakkariten oluşan veya hidrolizlendiğinde iki monosakkarit yapı oluşturan sakkaritlere disakkarit, üç molekül monosakkarit oluşturan sakkaritlere ise trisakkarit denir. Aslında 2-10 monosakkaritin bir araya gelmesiyle oluşan yapılara **oligosakkarit**, 10 monosakkariten daha fazla sayıda monosakkaritin bir araya gelmesiyle oluşan yapılara ise **polisakkarit** denir [5].

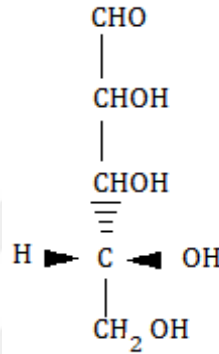
Basit monosakkaritler gliseraldehit ve dihidroksiaseton bileşikleridir. Bu iki bileşikten sadece gliseraldehitin bir stereomerkezi vardır [6]. Gliseraldehitte bulunan hidroksil grubunun yönüne göre D ve L takısı eklenir. Kağıt düzleminde sağ tarafta bulunan hidroksil grubu D-gliseraldehittir ve onunla aynı yönde hidroksil grubu olan basit şekerlere D-, L-gliseraldehit ile aynı yönde olanlara da L- takısı eklenir. Gliseraldehit bu durumda tüm stereoizomerik basit şekerlerde D- ve L-formlarının belirlenmesinde referans olarak kabul edilen bileşiktir. Gliseraldehit ve dihidroksiaseton üç karbonlu basit yapıları monosakkaridlerdir [7].



Şekil 2.1. D ve L Gliseraldehit, Dihidroksiaseton

20. yüzyılın başında organik bileşiklerin mutlak konfügurasyonlarının bilinmesinden önce, stereo kimyasal gösterimler için bir başka sistem önerilmiştir. Bu sisteme göre (1996 yılında New York Üniversitesi'nde W.A. Rosanoff'un önerisi) saat yönünde olan gliseraldehit, D-(+)-gliseraldehit ve saat yönünün tersinde olan gliseraldehit ise L-(-)- gliseraldehit olarak

belirtilir. Bundan dolayı bu iki bileşik tüm monosakkaritler için stereokimyasal konfigürasyon standartları olarak bilinir. En büyük numaralı karbonun stereomerkezi (karbon zincirinde en sonundakinden bir önceki karbon) D-(+)-gliseraldehit ile aynı konfigürasyonda olan basit şeker D şeker; en büyük numaralı stereomerkezi L-(-)- gliseraldehitinkile aynı konfigürasyonda olan basit şeker L şeker olarak belirtilir. Bu düzenlemede, monosakkaritlerin halkalı olmayan yapıları, dikey olarak aldo veya keto grubu birinci karbona veya ikinci karbona yazılır. Bu şekilde yazıldığında, D şekerlerin sondan bir önceki karbonundaki -OH sağda, L şekerlerin sondan bir önceki karbonunda -OH soldadır.[8]



Şekil 2.2. D-aldopentoz

D ve L gösterimleri, (R) ve (S) gösterimleri gibi uygulandıkları şekerin optik stereoizomerleri ile aynı doğrultuda değildirler. Bundan dolayı D-(+)- veya D-(-)- şekerlerle L-(+)- veya L-(-)- şekerlerle karşılaşılabılır. Stereo kimyasal gösterimlerdeki D-L gösterim sistemi, karbonhidratlarda tamamen yerleşmiştir ve sadece bir stereomerkezin (en büyük numaralı sondan bir önceki karbonun) konfigürasyonunu belirtmesi olumsuzluğuna rağmen D-L sistemini karbonhidratların stereokimyasında uygulanmaktadır[9].

2.2. Polisakkaritler ve D-Galaktronik Asit

Polisakkaritler, glikanlar olarakta bilinirler ve birbirlerine glikozidik bağlarla bağlı en basit şeker olan monosakkaritlerden oluşurlar. Yalnızca bir çeşit monosakkaritle polimerleşmiş olanlara homopolisakkarit; birden fazla çeşit monosakkaritin zincir yapısı oluşturduğu polimerlere ise heteropolisakkarit denir[10].

Pektin de bir heteropolisakkarit özellik gösterir ve D-galaktronik asitin polimeridir. Heterojen zincir düzenli sıralanır her birine ünite denir. Üniteler α -1,4 glikozidik bağlarla bağlanmıştır [1]. Pektinin yapısının temelinde D-galaktronik asit vardır ve monosakkarit

bileşiği yapısı göstermektedir. Pektin'de nötr şekerler de bulunmaktadır. D-galakturonik asit üniteleri birbirlerine, α -1, 4 glukosidik bağları ile bağlanırlar. Pektin çeşitlerindeki farklılık esterleşmelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Pektin içeriğindeki galakturonik asitlerin metil ile esterleşmesi %50'den fazla olanlara yüksek metoksilli veya HM-Pektin, %50 ve %50'den az galakturonik asit esterleşmiş ise, düşük metoksilli veya LM-Pektin olarak tanımlanır. Pektin su tutma özelliği gösteren lifli yapısıyla sindirilemeyen bir polisakkarittir. Pektine uygulanacak modifikasyonla veya hidrolizle parçalanabilme ve emilebilme özelliği oluşturulur. Bu özellikler kazandırılmış olan pektin gıda sektöründe katkı maddesi olarak kullanılır.

2.3. Pektik Maddeler

Pektik maddeler olgunlaşmamış meyvelerin hücrelerinde bol miktarda bulunmaktadır. Bitki hücreleri çift tabakalı hücre duvarlarına sahip olup bu bitişik duvarların arasında orta lamel olarak adlandırılan yapışkan, hücre dışı ince bir tabakanın temel bileşenini oluşturmaktadır. Lifli yapısı sayesinde su tutma özelliği çok yüksek bir maddedir. Molekül ağırlığı farklılık gösteren karbonhidrat yapılı, ağırlıklı oranı anhidrogalakturonik asit birimlerinden meydana gelen karmaşık yapıdır. Pektik madde ise pektinik asit, pektik asit ve bunların tuzların ile pektin, içeren bir grup madde olarak tanımlanır. Bu maddeler genel olarak taze bitkilerin ağırlığının yaklaşık %0,5 ila %4'ü kadardır. Pektik maddeler ve bu maddelerin miktarı, meyve sularının kıvamını ve bulanıklığını etkiler. Pektik maddelerin sudaki çözünürlükleri birbirinden farklılık gösterir. Tüm organik materyallerde olduğu gibi pektik maddelerinde molekül ağırlığı arttıkça polarlıkları azalır ve sudaki çözünürlükleri de azalır. Ayrıca protopektinler suda hiç çözünmezken; pektik asitler, pektinik asitler ve pektinlerin tamamı veya bir kısmı sudaki çözünür[2].

Pektik maddelerin ana yapısı D-galakturonik asit birimleridir. Bu birimler birbirlerine glikozid bağları denilen kovalent bağlar ile bağlıdırlar. Glikozid bağları galakturonik asit gövdesindeki α karbonlarıyla ya da diğer bir deyişle 1- 4. karbonlarla birbirlerine bağlanır. Stereoizomeri ise D yönelmeleridir. Yani pektik maddelerin ana bileşeni D-(1-4)-galakturonik asit ya da D- α - galakturonik asitlerdir. Ayrıca zincir içindeki karbonil grupları tamamen veya kısmen metanol ile esterleşebilir. Pektinlerin yapısına başka şekerler katılırken, katıldığı noktada yeni pektin dirsekleri oluşturur. Bu katılan şekerler galaktoz, arabinoz, ramnoz en önemlileridir [11].

Pektinin bitki hücre duvarında, hücre içi faaliyetlerinde ve hücre dışı savunmalarında farklı görevleri bulunur. Örneğin bitkinin büyümesi, gelişmesi, döllemesi gibi işlevleri birbirinden farklı pektinlerin rol aldığı bildirilmiştir. Bitkinin hücre gelişimi ve hücrel

faaliyetlerinin kontrolü olarak bilinen morfogenezi ve enzimleri ile bu pektinlerin yapısı bozulabildiği gibi gelişip farklılaşabilir. Tüm bu olaylara ek olarak polen tüpünün gelişimi, meyve gelişimi gibi olaylar esnasında da pektik maddeler faaliyet gösterir. Bu faaliyetleri sırasında kendi zincir yapıları da etkilenir [12].

Pektin molekülündeki galakturonik asitlerin karboksil grupları esterleşmeleri birbirinden farklı olduğunda pektinin bitkideki görevi değişir. Yapıya katılan metanol grupları kısmen veya tamamen esterleşebilir, serbest halde bulunabilir ya da katyonlarla tepkime vererek nötr özellik kazanabilirler. Şeker pancarı pektini gibi bazı pektinlerde hidroksil grubu kısmen asetilleşmiştir ve oda sıcaklığında pektindeki ester grupları ile alkali hidroksilaminin reaksiyonuna dayanan hidroksamik asit reaksiyonu yöntemiyle, pektindeki asetil gruplarının tayinini araştırmışlar ve bu reaksiyonun pektindeki asetilin kantitatif tayini için spesifik hızlı bir kolorimetrik yöntem olduğunu ifade etmişlerdir. Şeker pancarı pektininin asetil miktarını %2,5 olarak bulmuşlardır [13].

Pektin; kök, gövde, yaprak, meyveye sahip olan bitkilerin hücre duvarlarının temel bileşenidir. Çift hücre duvarına sahip bitki hücresinde iç hücre duvarında ve orta lamel bölgesinde bulunur [14]. Yüksek bitkilerin hücre duvarında bulunan pektinik asitler pektin olarak adlandırılır. Çünkü hücre duvarındaki rolü pektinden farklı değildir ve bitkinin hücresinde doğal şekilde bulunur. Pektin bitkide bulunan diğer polisakkaritlerde ve proteinlerde çözünmez. Protopektini oluşturmak için uygun şartlar altında parçalanabilir. Olgunluğa ulaşmamış meyvelerin hücrelerinin orta lamelinde selüloz mikrofibrillere bağlıdır. Buda olgunlaşmamış meyvenin daha sert olmasını sağlar. Çünkü bu şekilde bulunan pektinler henüz çözünmemiştir meyve içindeki enzimler tarafından değişikliğe uğramamıştır. Doğal olarak çıkan sonuç olgunlaşma sırasında pektinin çözünmesi, pektin zincirinin parçalanması, serbest meyve asitlerinin ve şekerlerin oluşmasıyla meyvede bitkide yumuşar [15].

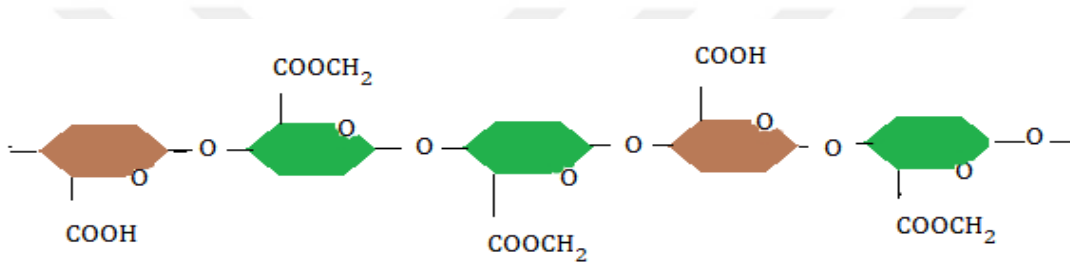
Pektik maddeler genel bir tablo ile incelenecek olursa temel bileşeni, 1-4 glikozidik bağlara bağlı α -D-Galakturonik asit molekülleridir. Galakturonik asitin polimerleşmesi düz bir zincir halinde gerçekleşirken α -1-2 karbonlarına kovalent bağlarla bağlanan ramnoz molekülleri lineer yapıda yan zincirler oluşturur. Bu durumda ana zincir üzerinde saçaklanmalar oluşur. Çünkü ramnoz bağlanırken beraberinde nötral şeker dediğimiz arabinozu, früktozu, galaktozu, glikozu, mannozu, ksilozu bağlar. Pektin zinciri düz bölge ve saçaklı bölge olmak üzere iki bölge oluşturur.

2.4. Pektinin Yapısı ve Sınıflandırılması

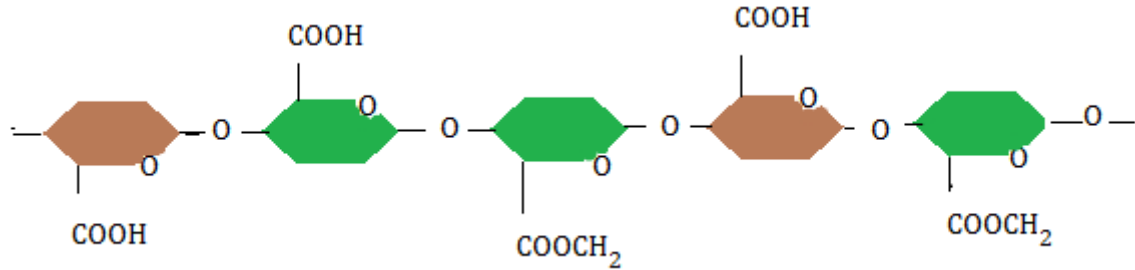
Daha öncede belirtildiği gibi pektinler polisakkarittir ve D-galakturonik asit ünitelerinden oluşur. Galakturonik asitin karbonil gruplarının metanolla esterleşmesi %100

gerçekleşmez. Galakturonik asitin metanol ile esterleşmesi %50 ve altında olduğunda düşük metoksillenme derecesini, %50'nin üstünde olduğunda yüksek metoksillenme derecesini göstermektedir. Bu derecelendirme pektinin jel özelliğini doğrudan etkilemektedir. Örneğin elmadan elde edilen pektin düşük metoksillenme derecesine sahip olduğu için jelleşme için gerekli şeker miktarı az, optimum pH değeri düşük ve jelleşme süresi uzundur. Limondan elde edilen pektin yüksek metoksillenme derecesine sahip bu yüzden jelleşme için gerekli şeker miktarı fazla, jelleşme için gerekli optimum pH değeri yüksek ve jelleşme süresi kısadır.

Pektinin birincil yapısal özelliği, değişen derecelerde metil esterifikasyonuna sahip galakturonik asidin doğrusal bir zinciri olmasıdır. Pektin jelasyonu metil esterifikasyonuna ve moleküler boyutuna bağlıdır. Metil esterifikasyonuna dayanan pektin sınıfları yüksek metoksi pektinleri ve düşük metoksi pektinleridir.



Şekil 2.4.1. Yüksek metoksilli pektin (HM) esterleşme derecesi % 50 üzerinde



Şekil 2.4.2. Düşük Metoksilli Pektin (LM) Esterleşme Derecesi % 50 ve Altında

2.5. Pektinin Fizikokimyasal Özellikleri

2.5.1. Pektinin Fiziksel Özellikleri

Pektinlerin büyük bir bölümü suda çözünmez veya çok az çözünür. Bu durum pektin moleküllerinin lineer yapısından kaynaklanmaktadır. Bu lineer yapı pektini viskoz yapar ve en fazla %4'lük çözeltisi hazırlanabilir. Pektin; formamid, $(CH_3)_2SO$, $(CH_3)_2CNO$, ve sıcak gliserol hariç organik çözücülerde çözünmez. Bu özelliğinden yararlanarak pektini elde ederken sulu

çözeltilerinden metanol, etanol, propanol veya aseton gibi suyla karışabilen çözücüler kullanarak çöktürmek daha kolaylaşır. Aynı işlemi Cu^{2+} ve Al^{3+} içeren çözeltileride de uygulamak mümkündür[16].

Pektinin fiziksel özellikleri içinde en hassas olduğu erime noktasıdır. Çünkü pektinin diğer polisakkaritler gibi sabit bir erime noktası yoktur, kontrolsüz ısıtma ile bozunur ve kömürleşir. Pektinin ekstraksiyonu işlemlerinde en çok sıcaklık değerlerine önem verilir. Şeker pancarından elde edilen pektin diğer pektin türlerine kıyasla sıcaklığa daha dayanıklıdır [17].

Pektinin ortalama molekül ağırlığı; pektin molekül türüne, pektin hazırlama yöntemine bağlı olarak uzun ve kısa zincir yapısı arasında değişir. Pektinde viskozite ölçümleri genellikle molekül ağırlığını tayin etmek için kullanılır. Viskozite; molekül ağırlığı, esterleşme derecesi, elektrolitlerin varlığı, pH, sıcaklık ve konsantrasyon gibi faktörlere bağlıdır. Molekül ağırlığının ve nötralizasyon derecesinin ile intrinsik viskozite artar. Elektrolit ilavesi pektini çöktürmemesi şartıyla viskoziteyi azaltır. Şeker pancarı pektininin nispeten yüksek nötral şeker içeriğine ve düşük molekül ağırlığına sahip olduğu bildirilmektedir [18]. CHEN ve JOSLYN (1967), pektin çözeltilerinin viskozite üzerine destroz, maltoz ve dekstrin gibi şekerlerin etkisini incelemişler, dekstrozu ve maltozun pektin çözeltisinin viskozitesini artırdığını, dekstrinin ise azalttığını bulmuşlardır [19]. HERP ve ark. (1967), L-askorbik asidin bazı polisakkaritlerin depolimerizasyonunu sağladığını göstermişlerdir. 0,2 M fosfat tamponunda pH= 7,3' de 30°C' de 3,3 mM askorbik asit kullanıldığında, %73 metilasyon derecesine sahip pektinin intrinsik viskozitesinde % 56 azalma olduğunu ifade etmişlerdir [20].

Pektin suda ve organik çözücülerde zor çözünmesine rağmen çözeltileri molekül ağırlığına bağlı olarak yüksek optik çevirme açısına sahiptir. D-galakturonik asidin spesifik rotasyonu $[\alpha]_D^{20}=+51,9^0$, pektinin spesifik rotasyonu ise yaklaşık olarak $[\alpha]_D^{20}=+230^0$ dir [21].

Çizelge 1' de analizi yapılan bazı sebze ve meyvelerin içerdikleri pektinin özellikleri gösterilmiştir [22].

Çizelge 2.5.1. Analizi Yapılan Sebze ve Meyvelerdeki Pektinin Özellikleri

Ürün Adı	Galakturonik Asit	Esterleşme Derecesi (%)	$[\alpha]^0$	$[\mu]^{00}$
Ayçiçeği	71,7	38,7	+227 ⁰	340
Elma	87,1	62,5	+253 ⁰	600
Narenciye	72,9	67,0	+215 ⁰	500
Şeker pancarı	68,5	54,8	+215 ⁰	174

* $[\alpha]$ spesifik rotasyon

** $[\mu]$ intrinsik viskozite (ml/g)

2.5.2. Pektinin Jelleşmesi

Değişik kaynaklardan elde edilen pektinlerin asitlerle ve şekerlerle farklı özellikte jel oluşturabilmeleri galakturonik asit zincirinin boylarına ve dallanmalarına, metoksil grupları ile esterleşme derecelerine, uygulanan ekstraksiyon yöntem ve sıcaklık değerlerine bağlıdır. Jel, kolloid parçacıkların çekmiş oldukları suyu azaltmakla gerçekleşebilir. Galakturonik asit zincirinin lineer veya saçaklı yapısı yani galakturonanların şekli jel meydana getirme özelliğini etkiler. Jel oluşumu ve fiziksel özelliklerini etkileyen temel sebepler pektinin bileşik yapısı ve türü, pH ve elektrolitlerin varlığı, metoksillenme derecesi, molekül ağırlığı ve viskozitesidir. Molekül ağırlığındaki artış viskoziteyi etkilediği için daha iyi jel oluştururlar. Düşük molekül ağırlıklı pektinlerin jel oluşturma yeteneği yüksek oranda asetil grupları olduğundan moleküllerin birbirine bağlanma reaktivitesinde bir engel oluşturur. Örneğin pancardan elde edilmiş bir pektinin jel oluşturma kabiliyeti çok düşüktür. Bu asetil grupları ekstraksiyon sırasında asetilasyona neden olmaması için kuvvetli asidik koşullarda gerçekleştirilmelidir. Kuvvetli asitler asetil gruplarının kısmen asit hidrolizi ile pektindeki jelleşme gücünü iyileştirir. Metoksillenme derecesi düşük olan pektinlerde şeker konsantrasyonlarında ya da şekersiz ortamlarda Ca ve Mg gibi metallerin katyonları ile geniş pH aralığında jel oluşturabilirler. Bu katyonların aktiflikleri sayesinde pektinattaki esterleşmemiş bir karboksil grubu ile bileşik oluştururlar. Kovalent bağlar yoluyla iyonik çapraz bağlanma, çok değerlikli katyonların bir jel yapısı oluşturmalarını sağlar. Düşük metoksilli pektinlerin jel oluşturmaları için şeker gerekli olmamasına rağmen %10-20 oranında şeker jele ilave edilebilir ve fiziksel özellikler ve değişebilir. Sıcaklık düşük metoksilli pektin jellerinin oluşumunda jelatin jellerinde olduğu gibi önemli faktördür [17, 22].

Yüksek metoksilli pektinin jel oluşturma yeteneği ancak çok miktarda şeker ve asidin (%50' den daha fazla) bulunmasına bağlıdır. Ayrıca pH değeri yaklaşık 3,6' nın altında olmalıdır. Şeker dehidratasyon etkisi yapar. Asit ise pozitif yüklü hidrojen iyonları ile pektin molekülünün negatif yükünü azaltır. Bu çift etki, kolloidal çözünmüş pektinin çökmesine neden olur ve üç boyutlu bir şeker-pektin jeli oluşur. Hidrojen köprüleri yardımıyla kitle halinde durur. Yüksek metoksilli pektinler tamamen farklı bir türde ve farklı bir mekanizma ile jel oluştururlar. Bu tip jel oluşumu, dehidratasyona ve kolloid bir şekilde disperse olmuş, aşırı hidrate olmuş pektin aglomeratlarının veya moleküler agregatların elektriksel nötralizasyonuna bağlıdır. Bu pektin moleküler agregatları sulu çözeltilerde negatif bir yük taşır. Bu nedenle jel oluşumu için gerekli elektriksel nötralizasyon pH= 3,5'un altına düşünceye kadar pozitif hidrojen iyonlu asit ilave ederek sağlanır [23]. Yüksek metoksilli pektinlerin jelleşmesinde metil ester grupları arasındaki hidrofobik etkileşimin rolünü araştırmışlar ve hem kırılma kuvveti hem de jel başlangıcının, CH₃ grupları arasındaki hidrofobik etkileşim serbest enerji ile kısmen orantılı olduğunu bulmuşlar.

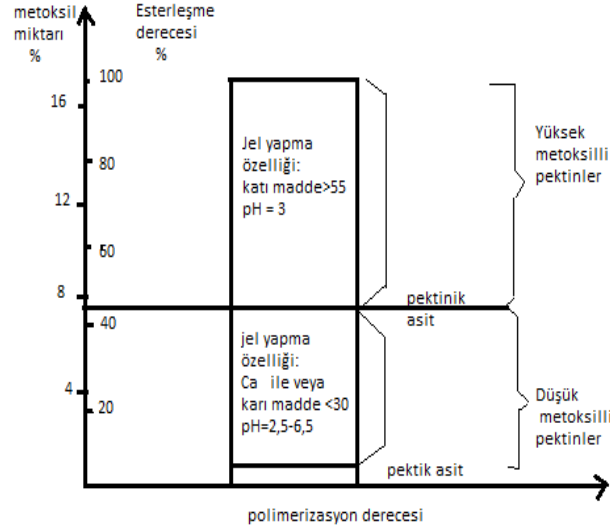
Ticari pektinlerin kalitesi jel derecesi ile belirlenir. Jel derecesi pektinin şeker alma kapasitesini gösterir. Örneğin 100 derecelik 1 gram pektinin standart kıvamda jöle yapabilmesi için 100 gram şeker gerekir [24].

Pektinler; pektin molekülünün karboksil gruplarının esterleşme derecesine göre, yüksek metoksilli veya düşük metoksilli olarak adlandırılırlar. Toplam galakturonik asit birimlerindeki esterleşmiş karboksil gruplarının toplam karboksil gruplarına oranı **esterleşme derecesi** olarak ifade edilir. Tüm karboksil grupları esterleşmiş pektin molekülünün metoksil miktarı %16,32, esterleşme derecesi %100'dür. Metoksil miktarı %3-7 arasındaki pektin düşük metoksilli, %7-16,32 arasındaki pektin yüksek metoksilli olarak adlandırılır. Yüksek metoksilli pektinin (elma posası, narenciye kabukları ve şeker pancarı küspesinden elde edilen pektin) esterleşme derecesi %50'den daha azdır. Düşük metoksilli pektinler, yüksek metoksilli pektinlerin kısmi hidrolizi ile elde edilmektedirler. Pektik maddelerin esterleşme derecesi ve jel yapma özelliğine göre tanımları şematik olarak ifade edilmiştir [25].

Esterleşme derecesinin farklılıkları, jel oluşumu için gerekli sıcaklık ve süre ilişkisini de etkiler. Pektin ile hazırlanan jölenin sertleşme süresine göre, yüksek metoksilli pektinler hızlı sertleşen (esterleşme derecesi %70 veya daha fazla) veya sertleşen (esterleşme derecesi % 50-70) olarak iki sınıfa ayrılırlar. Düşük metoksilli pektinler yavaş sertleşirler [25].

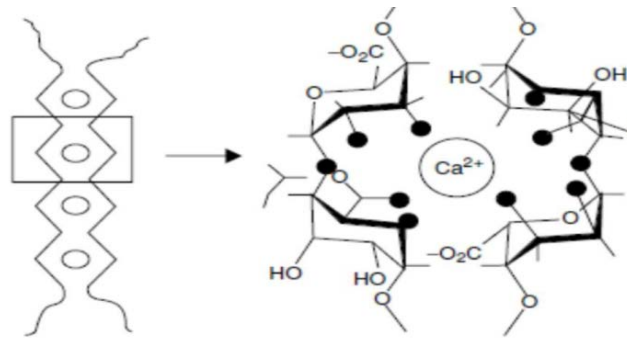
2.5.2.1. Düşük Metoksilli Pektin Jelleşmesi

Düşük metoksilli (DM) pektinlerin jelleşmesi iki farklı galakturonik asit zincirindeki karboksil gruplarının katyonlarla (genellikle kalsiyum) iyonik bağ oluşturmasıyla gerçekleşir. Birbirine iyonik bağla bağlanan galakturonik asit zinciri üç boyutlu ağ oluşturarak jelleşme meydana getirir [26]. İyi bir jel oluşumu özellikle de kalsiyum katyonu varlığında, geniş pH aralığında, yüksek sıcaklıkta ve bir miktar şeker konsantrasyonu varlığında gerçekleşmektedir [27].



Şekil 2.5.2.1.1. Esterleşme Derecesi ve Jel Yapma Özelliğine Göre Pektik Maddelerin Tanımları

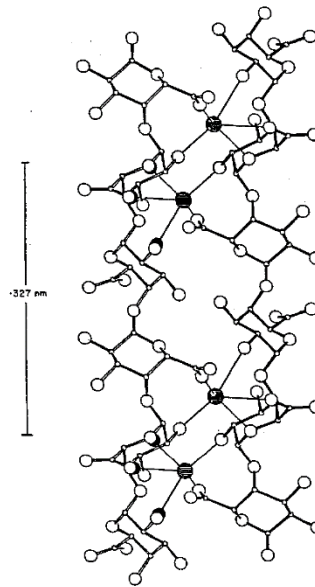
Pektin molekülünü oluşturan galakturonik asit zincirindeki karboksil grupları, Ca^{2+} iyonuna oldukça duyarlıdır ve bu iki değerlikli katyon karboksil gruplarıyla tuz oluşturarak üç boyutlu ağ meydana getirmektedir. Poligalakturonik zincirler divalent iyonları varlığında her bir zincir ikiye bükülmüş simetri şeklinde negatif boşluklardan oluşan bir dizin oluşturur. Bu negatif boşluklara Ca^{2+} katyonu yerleşir ve 'yumurta kutusu' bağlaması olarak bilinen DM pektin jelleşme mekanizması meydana gelir [3]. Jel oluşturma gücü metoksil gruplarının azalmasıyla artmaktadır ve düşük Ca^{2+} seviyelerine bile çok duyarlı serbest karboksil gruplarının dağılımı önlenmektedir. DM pektin jelleşmesinde jelleşme sıcaklığı ve jelin sertliği Ca^{2+} konsantrasyonu ile ilişkilidir ve buna göre uygun seviyede Ca^{2+} konsantrasyonu ortama ilave edilmelidir [28]. Ayrıca ortama ilave edilen Ca^{2+} konsantrasyonu düşük molekül ağırlıklı pektin zincirlerinin bile jel oluşturmaları sağlamaktadır. DM pektin jelleşme mekanizması Şekil 2.5.2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5.2.1.2. Düşük Metoksilli Pektin Jelleşme Mekanizması [23].

2.5.2.2.Yüksek Metoksilli Pektin Jelleşmesi

Genel olarak fiziksel veya kimyasal değişimlerle pektin moleküllerinin çözünürlüğünün azalması sonucu çözünmüş pektinden jel meydana gelmektedir [29]. Yüksek esterleşme derecesine sahip pektinlerin jel oluşturma mekanizması düşük metoksilli pektinlerin jel oluşturma mekanizmasından tamamen farklıdır. Yüksek metoksilli pektinlerin jelleşmesi için ortamdaki şeker konsantrasyonunun en az % 55 olması gerekirken düşük metoksilli pektinler şekerli ortamda jelleşebilme özelliğine sahiptirler. Aynı zamanda ortamın asidik olması ($pH < 3,6$) yüksek metoksilli pektin jelleşmesi için önemli faktörlerden biridir [30]. Düşük pH'lı yani asidik ortamda pektin molekülündeki karboksil iyonları karboksilik asit iyonlarına dönüştürülür, böylece pektin zincirleri arasındaki itme azalır. Bu şartlar hidrojen bağlarının oluşumunu sağlar ve yüksek metoksilli pektinlerin jelleşmesi için neden asidik ortama ihtiyaç duyulduğunu açıklamaktadır. Hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimler jel oluşum aşamasında gerçekleşen ortak etkileşimlerdir. Jel oluşumu için yeterli hidrofobik etkileşimin sağlanması için su aktivitesi düşürülmelidir. Yüksek şeker konsantrasyonu su aktivitesini düşürdüğü için ortama şeker konsantrasyonunu eklenmesi gerekmektedir [31]. 2.1.5.2.Şekil'deki yapıda pektindeki polar hidrojen bağlarıyla metil gruplarının susuz ortamdaki etkileşimleri gösterilmiştir. Hidrojen bağları (kesik noktalı) ve metil grubu hidrofobik etkileşimi (içi dolu yuvarlak). Hidrojen bağı elektronegatif atomun (oksijen) elektron çifti ve başka bir grubun hidrojen atomu (kısmi pozitif yük) arasındaki çekici kuvvetler tarafından oluşur. Hidrojen atomlarının yarıçaplarının küçük olması ve polar olmaya kuvvetli bir eğilim gösterdiği için diğer dipol-dipol etkileşimlere göre hidrojen bağları daha kuvvetlidir [33].



Şekil 2.5.2.2.1. Pektin Jelinin X-Ray'deki Birleşme Yapısı [32].
Hidrojen bağları (kesik noktalı) ve metil grubu hidrofobik etkileşimi (içi dolu yuvarlak).

Hidrofobik etkileşimler polar olmayan gruplar tarafından oluşturulan güçlü çekim kuvvetleridir. Pektin moleküllerinin polar olmayan metoksil grupları ile su molekülleri arasındaki istenmeyen etkileşimle hidrofobik etki artar. Jel oluşumu için hidrojen bağı tek başına yetersiz kaldığı için hidrofobik etkileşimler temel etkileşimler olarak kabul ediliyor. Özetleyecek olursak yüksek metoksilli pektin jelleşmesi şeker konsantrasyonu varlığında, düşük pH'lı ortamda, kavşak bölgelerinde kovalent olmayan çapraz bağı polimer içeren, metil ester grupları arasında hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimi olan bir mekanizmadır. Yukarıda bahsedilen yüksek metoksilli pektin jelleşme mekanizması tüm bu şartların sağlanmasıyla gerçekleşmektedir [34].

2.5.3. Pektinin Kimyasal Özellikleri

Pektinin sulu çözeltileri, yapılarındaki serbest karboksil gruplarından dolayı asidiktir. Karboksil grupları nötrleştirilmemiş pektinin % 0,5- 1'lik çözeltisinin pH değeri 3,2 ila 3,4 arasındadır. Pektin sıcak asitle muamele edildiğinde, asit konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olarak metil ester grupları ve glikozid bağları hidroliz olur ve sonunda galakturonik asit oluşur. Düşük sıcaklıktaki asitler glikozid bağlarının hidrolizinden ziyade metil ester gruplarının hidrolizini iletirler. Halbuki, sıcaklıktaki bir artış glikozid bağlarının hidrolizini hızlandırır ve pektin molekülünün küçülmesine ve molekül ağırlığının düşmesine neden olur. Bu nedenle uygun koşullarda pektin, molekül ağırlığında bir azalma olmaksızın asitler ile deesterifikasyona tabi tutulabilir. Pektinlerin bu özelliğinden düşük metoksilli pektinlerin (özellikle arabanlar) oranını düşürürler. Galakturonik asit daha fazla hidroliz ile dekarboksilasyona uğrar ve karbondioksit, furfural, redüktik asit ve diğer bozunma ürünlerinin oluşumuna yol açan dehidratasyon reaksiyonları oluşur. Galakturonik asit ayrıca çok ılımlı koşullarda, pH= 5' de, 70-100°C' de ağır metaller varlığında piridin kullanarak dekarboksilasyona uğratılır ve yapı bozulur. [18, 24].

Oda sıcaklığında seyreltik alkaliyle muamele metil ester gruplarının sabunlaşmasına ve poligalakturonik asit zincirinin azda olsa parçalanmasına sebep olur. Daha yüksek sıcaklıklarda parçalanma artar [24].

Çözünmeyen pektik maddeler katyon değiştirici olarak rol oynarlar. Pektik maddeler Ca^{2+} iyonu ve Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} gibi ağır metal iyonları için çok seçimlidir [24].

Pektinler $KMnO_4$, Cl_2 , H_2O_2 , Fe^{2+}/H_2O_2 , oksijen veya su varlığında askorbik asit gibi oksidasyon ajanları ile bozunabilir. Bitkideki veya çözeltideki pektin radyasyon ile de bozunabilir[24].

2.6. Pektin Üretimi

Pektin eldesinde amaç, jel yapma özelliği ve hazırlanan jölenin katılaşma süresi bakımından istenen özelliklere sahip pektinin en çok fakat en ekonomik şekilde elde edilmesidir. Pektin, kullanım alanına göre jel yapma özelliği ayarlanmış toz halinde üretilir ve satılır. Pektin ekstraktı konsantre edilerek taşıma maliyetinin az olduğu üretim merkezlerine yakın alanlarda kullanılmak üzere sıvı pektin olarak da pazarlanabilir [18,25]. Çizelge 2’de bazı sebze ve meyvelerin içerdikleri kuru maddede yüzde (K.M’de %) olarak pektin miktarları gösterilmiştir [25].

Pektin üretim yöntemi tüm hammaddeler için aynı temel adımlardan oluşur. Bunlar: hammaddedeki pektinin suda çözünür hale getirilmesi ve zayıf asit çözeltisinde ısıtarak pektinin ekstraksiyonu, ekstraktın süzülerek arıtılması, pektinin çöktürülmesi, süzülmesi, yıkanıp kurutulması, öğütülmesi ve ürünün standardizasyonudur [16].

Çizelge 2.6.1. Bazı Sebze ve Meyvelerin Yaklaşık Pektin İçerikleri

Ürün Adı	Toplam Pektik Maddeler (K.M.’de %)
Patates	2,5
Havuç	10
Siyah turp	15
Domates	3
Elma	4-7
Elma posası	15-20
Ayçiçeği tablaları	25
Narenciye kabukları (albedo)	30-35
Şeker pancarı küspesi	15-20

Pektin; elma, limon ve portakal gibi ticari olarak kullanılan meyvelerin suları alındıktan sonra geriye kalan posadan elde edilmektedir. Bu posa 50–120 dk. 60–100°C’de önce su ile ekstre edildikten sonra yine aynı şartlarda tartarik, limon ve süt asidi gibi seyreltik organik asitlerle veya fosfat, sülfat ve klorür asidi gibi inorganik asitlerle ekstre edilir. Karışım presten geçirilerek iyice sıvı karışım alınır. Süzüntü 20-30°C’ye kadar soğutulur. Soğutulan pektinli karışım, pH değeri yaklaşık olarak 4,5 yapıldıktan sonra ya derişik hale getirilerek sıvı pektin olarak şişelere doldurulur ya da Cu ve Al tuzları ile tepkimeye girerek çöktürülür. Katyon tuzlarıyla çöktürülmüş pektin asitli alkol ve devamında nötr alkolle yıkanarak temizlenir ve kurutulur [35].

Ayçiçeği tablasından pektin eldesini incelemiş ve ayçiçeği tablalarını % 0,5’lik oksalat

(%0,25 oksalik asit % 0,25 amonyum oksalat) çözeltisi ile katı, sıvı oranı 1:20 ve 1:25 olmak üzere 70°C, 80°C, 90°C'lerde 30, 60, 90 ve 120 dk. ekstrakte ederek elde edilen pektinin kalitesini belirlemiştir [25].

Portakal kabuklarından pektinin asit ekstraksiyonunda optimum şartların 90 ve 120 dk. olduğunu ve % 21-30 verimle pektin elde edilebileceğini bildirmişlerdir [36].

Şeker pancarı küspesinden en yüksek verimle pektin elde etmek için ekstraksiyon işlemlerini optimize ederek, ayrılan pektinin fizikokimyasal özelliklerini incelemişler ve pektinin izolasyonunda HCl ekstraksiyonu, disodyum etilendiamin tetraasetik asit ekstraksiyonu ve amonyum oksalat ekstraksiyonu olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntemi uygulamışlar, en fazla pektin veriminin (% 24,89) pH=3,5' da 75°C 1 saat süreyle % 0,25'lik amonyum oksalat ile yapılan ekstraksiyonla sağlandığını bildirmişlerdir [37].

2.7. Pektinin Gıdalarda Kullanımı

Pektin bitkilerde bulunduğu haliyle; bitkinin yenebilen kısımlarının ve dokusunun korunmasını, üründe istenilen kıvamın kazanılmasını sağlar. Bu özelliğiyle kullanımı tüm ülkelerde izin verilmiş ve günlük tüketim miktarında sınırlama olmayan, doğal gıda bileşenidir. FAO/WHO komiteleri tarafından da güvenli gıda katkı maddesi olarak tavsiye edilmiştir [38]. Pektinin gıda sektöründe tercih edilmesinin nedeni şekerlerle ve asitlerle jelleşebilmesidir. Yüksek şeker konsantrasyonu ve düşük pH gerektiren meyve ve sebze sularında jel yapıcı, kıvam verici, emülgatör ve stabilizör özelliğinden dolayı tercih edilir. Aynı durum jöle, reçel, marmelatların hazırlanması içinde geçerlidir. Diğer polisakkaritlerde farklı koşullarda bu özellik görülmemektedir. Düşük metoksilli pektinler 2,5 ila 6,5 gibi geniş bir pH aralığında düşük şeker konsantrasyonunda düşük kalorili jöle, reçel, marmelat hazırlanmasında kullanılırlar. Bu durum özellikle diyabet hastaları için avantajlıdır. Aynı koşullarda jel yapan agar ve karragenana göre, düşük metoksilli pektinle hazırlanan jöleler daha dayanıklıdır. Son yıllarda pektin düşük kalorili gıdalarda yağ veya şeker yerine kullanılmaktadır. Pektin molekülünün işlevselliğini belirlemek için en önemli faktör metilleşme derecesi ve molekülün büyüklüğüdür. Çok yaygın endüstriyel kullanım alanına sahip olduğundan ticari kullanım için işlevselliği pektinin sınıflandırılmasıyla belirlenir [39]. Piyasada 100-500 arası pektin çeşidi mevcuttur. Bunlar genellikle jelleşme özelliklerine göre sınıflandırılmıştır [40].

Hazır gıda endüstrisinde çok sık hazırlanan konserveler (balık konservesi, soslar, salçalar) meyve marmelat ve jöleleri, dondurmalar, toppinglerin üretiminde 1 kg'lık karışım miktarına 1-4 mg; peynir çeşitleri hazırlanırken 1 kg peynir numunesine karşı 8 mg pektin kullanılır [16, 18, 24].

Düşük kalorili besin tüketiciler ve şekersiz ürünlere ihtiyaç duyan şeker hastalarının

tercih ettiği az şekerli veya şekersiz reçel ve marmelat talebi giderek artmaktadır. Bu tür ürünlerde genellikle düşük metoksilli pektinler tercih edilmektedir. Çünkü düşük metoksilli pektin şekersiz ortamda jelleşebilmektedir. Agar ve karagenan gibi doğal sakızlar da jöle yapımında ve düşük şekerli ürünlerde kıvam arttırıcı olarak kullanılıyor olsa da düşük metoksilli pektinin bu doğal sakızlardan avantajı asidik koşullar altında daha fazla stabil olmasıdır. Ancak DM pektin jellerinin sertleşme (donma) süresinin kontrolünün zor olması dezavantajı olabilir [41]. Çünkü sertleşme süresinin hızlı veya yavaş olması ürünün kalitesini etkilemektedir. Örneğin reçellerde yavaş sertleşen bir pektin tercih ettiğinizde reçel sertleşene kadar reçeldeki katı meyve parçacıkları çöker ve meyve parçalarının belli bir oranda dağılımı sağlanamaz. DM pektinlerin şekersiz ortamda jelleşebilme özelliğinden dolayı et ve balık konservesi gibi şeker içermeyen ürünlerde kullanılabilir olması önemli avantajlarından biridir. Aynı zamanda dondurulmuş ürünlerin ısıtma aşamasında erimeden dolayı şekil bozulması ve şurup kaybının önlenmesi için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Pektin yoğurt, peynir gibi süt ürünlerinin uzun süre kıvamını bozmadan dayanması için katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [42].

Pektinin tıptaki uygulama alanları da oldukça geniştir. Kandaki kolesterol seviyesini etkilediği ve aynı zamanda toksik katyonların zehirlenmesine karşı doğal koruyucu madde olarak davrandığı düşünülmektedir [43]. Kanamalarda kanın pıhtılaşma süresin kısaltarak kanamanın kontrol edilmesinde uygulaması mevcuttur [44]. Pektin sülfat da tam tersine kanın pıhtılaşma süresini uzattığı için heparin yerine kullanılabilir [45,46]. Özellikle bebeklerde ishal hastalıklarının tedavisinde yaygın kullanılmaktadır. Çalışmalarda DM pektin, alüminyum hidroksit ve magnezyum oksit karışımı gastrik ve duodenal ülserlerin tedavisinde yararlı olduğu rapor edilmiştir [47]. Biyolojik olarak bozunabilir ve geri dönüştürülebilir doğal ürünlerden yapılmış film yapımı giderek artmaktadır. Pektin tek başına veya jelatin ile birlikte ilaç kapsül maddesi olarak kullanılmaktadır [48,49]. İnsan ve köpeklerde yapılan test sonuçlarında tükürük ve mide suyunda pektini parçalayıcı enzim olmadığı görülmüştür. Yine insan ve hayvanlarda yapılan çalışmalara göre pektin kolondaki bakteriyel enzimler tarafından bozunmaktadır. Pektinden bu bakteriyel fermentasyon sonucu oluşan ana ürünler karbondioksit, formik asit ve asetik asittir [47]. Pektin ilaç sanayisinde de antitoksik özelliği ve kıvam verici olması nedeniyle tercih edilmektedir. Özellikle ishale karşı geliştirilen bazı ilaçların bileşiminde de kullanılmaktadır. Pektin yapısı ilaçlarda yatıştırıcı özellik gösterir. Ayrıca pektin iyi bir emülgatör olduğu için su-yağ emülsiyonlarında emülsiyon tutucu olması ve ince bir tabaka haline getirilebilmesi özelliğinden dolayı da kağıt ve tekstil endüstrisinde kullanılmaktadır.

2.8. Pektin Ekstraksiyonu

Pektin ekstraksiyonu kimyasal, fiziksel ve enzimatik olmak üzere 3 ana yöntem ve bunların türevleri ile yapılmaktadır [50]. Üretim aşaması hammaddenin yıkanması, kurutulması, öğütülmesi, asit çözeltisinde pektinin ekstraksiyonu, ekstraktın süzülmesi, alkol ile çöktürülmesi ve yıkanması, elde edilen pektinin kurutulması ve öğütülmesinden oluşmaktadır. Ekstraksiyon yapılmadan önce kullanılacak hammaddenin standardizasyonu yapılması gerekmektedir. Pektin ısıya karşı duyarlı olduğu için ekstraksiyon öncesi ön işlemlerde yüksek sıcaklık tercih edilmemelidir. İlk olarak hammadde şeker, asit, pigment gibi istenmeyen bileşenlerin uzaklaştırılması için su ile (15 °C altında) yıkanır. Bazı üreticiler çözünme sonucu bir miktar pektin kaybına neden olduğunu düşündüğünden bu adımdan kaçınmaktadırlar [51]. Yıkama işleminden sonra uygun boyutlara getirilmesi için parçalayıcıda kıyılır. Yaş meyve kabuğu doğrudan ekstraksiyona tabi tutulursa daha kaliteli pektin elde edilir. Fakat genellikle meyve suyu fabrikalarının artığı olan hammaddenin depolanması için içerdiği enzimlerin inaktif hale getirilmesi gerekmektedir. Aksi halde mikrobiyal aktivite sonucu hammadde bozunmaktadır. Bu da istenmeyen bir durum olduğundan hammadde genellikle kurutulmaktadır [52]. Kurutma işlemi 60-65 °C'yi aşmamalıdır. Kurutma işleminden sonra hammadde doğrudan pektin ekstraksiyonunda kullanılabilir veya sezon dışında pektin üretiminde de kullanılmak üzere depolanabilir [31]. Pektin verimi sıcaklık, ekstraksiyon süresi, pH, ekstraksiyonda kullanılan çözelti türleri gibi ekstraksiyon şartlarına bağlı olarak değişmektedir [53]. Aynı zamanda pektin ekstraksiyonu için kullanılan yöntemler de pektin yüzdesini etkilemektedir. Ekstraksiyon için kullanılan yöntemlerin başında Geleneksel Ekstraksiyon Yöntem (GEY) gelmektedir. Teknoloji geliştikçe yeni ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmektedir. Bunlardan bazıları Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon (MDE) ve Ultrases Destekli Ekstraksiyon (UDE) yöntemleridir. Bu yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ticari pektin üretimi için genellikle asit ekstraksiyonu tercih edilmektedir ve genellikle maliyeti düşük olan hidroklorik ve sülfürik asitler kullanılmaktadır [54]. Bunun yanı sıra sitrik asit, propiyonik asit ve asetik asit gibi organik asitler de kullanılmaktadır. Pektin ekstraksiyonu için kullanılan tüm yöntemler aynı adımlardan oluşmaktadır. Standardize edilmiş hammadde sıcak asit çözeltisi (pH= 1-3) ile muamele edilir [55]. Genel olarak 50 °C ile 100 °C için 0,5 ile 10 saat arasında değişen sıcaklık ve süre, hammaddenin tipi ve istenilen pektinin çeşidine göre değişmektedir [56,57]. Pektin meyve ve bitki dokusunda suda çözünmeyen protopektin şeklinde bulunur. Yüksek molekül ağırlığına sahip bu protopektinlerin suda çözünmez olmasının sebebi pektik maddeler arasındaki bağlara ve büyük moleküllerin hücre çeperindeki diğer maddelerce sarılmasına bağlıdır [58]. Ekstraksiyon sürecinde, pektin ve diğer bileşikler arasındaki bu bağlar kırılırken pektinin

kimyasal yapısına minimum hasar verilmesine odaklanılmalıdır [59]. Ekstraksiyondaki temel prensip protopektinin asidik hidrolizidir [60,61]. Pektin ekstraksiyonu başlıca üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama protopektinin hidrolizi sonucu asit çözeltisinde katı fazın oluşumunun gerçekleşmesidir. İkinci aşama hidrolizden sonra katı faz gözeneklerindeki çözünmeye başlayan pektinin iç dağılımının gerçekleşmesidir. Son aşamada çözünmüş pektinin sınır tabakadan dışa doğru dağılımı gerçekleşmektedir. Yani kabuktaki protopektin suda çözünen pektine dönüşür ve ekstraksiyon çözeltisine geçer. Burada elde edilen pektinin bir kısmı düşük molekül ağırlıklı bileşenlerine ayrılmaktadır. Bu da ekstraksiyon sürecinde istenmeyen bir durumdur.



3. MATERYAL ve YÖNTEMLER

3.1. Kimyasal Maddeler

Pektin eldesi için hammadde olarak elma posası (çekirdek ve sap kısmı hariç) kullanılmıştır. Deneyler sırasında çöktürme işlemi için teknik izopropil alkol (% 96' lık) kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan hidroklorik asit, tartarik asit, (>% 99) ticari kimyasal maddeler kullanılmıştır. Elma örnekleri Akdeniz Bölgesi Mersin İline bağlı Gözne Yaylasından temin edilmiştir.

3.2. Deneysel Yöntemler

3.2.1. Elmanın Hazırlanması

Yaş elmaların çekirdek ve sap kısmı çıkarılarak öğütücü yardımıyla parçalanmıştır. Geriye kalan kısmı yani meyve asitleri, şeker, uçucu yağlar, meyve suyunu da içinde barındıran etli kısım ilk işleme alınmıştır. Posadaki istenmeyen şeker ve pigmentlerin uzaklaştırılması için yapılan bu işlemde ilk önce elmalar 100: 300 (w/v) oranındaki su ile 3000 devir/dak devirde 80°C dengeye getirilen manyetik ısıtıcıda 3 saat yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Posa bu yıkama işleminden sonra süzülerek kurutulmuştur.

3.2.2. Asit Çözeltilisinin Hazırlanması

Ekstraksiyondaki asit çözeltisi tek pH değeri kullanılarak yapılmıştır. Tüm tez boyunca kullanılan asit çözeltilerin pH değerleri sadece 1,5 olarak belirlenmiştir. İstenilen pH ayarında asit çözeltisinin hazırlanması için destile su ile asit seyreltilerek pH metre yardımıyla pH derecesi ölçülerek ayarlanmıştır. Ayarlanan asit çözeltileri Basit Ekstraksiyon Yöntemi olarak tanımlanan pektin ekstraksiyonunda kullanılmıştır.

3.2.3. Pektin Ekstraksiyon Yöntemi

Ekstraksiyon yöntemi ile pektin ekstraksiyonunda solvent olarak asit çözeltisi ve posa kullanılmıştır. Kuru posa asit çözeltisi ile 1:50 (w/v) oranında hazırlanmıştır. Buna göre balon jojeye konulan kuru posa asit çözeltisi ile karıştırılmıştır. Çözelti ve örnek karışımı 80 ± 2 °C' de 90 dk. ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon sonunda asit çözeltisi ve posa karışımı 125 mm'lik delikli süzgeç kâğıt yardımıyla süzme işlemine tabi tutulmuştur. Kabuklar

uzaklaştırılmıştır ve elde edilen çözeltideki pektinin koagüle edilmesi için çözeltinin bire bir oranında % 96' lık izopropil alkol katılmıştır. Pektinden asit çözeltisini uzaklaştırmak için tekrar izopropil alkolle yıkama işlemi yapılır.

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Esterleşme Derecesi Tayini

Elde edilen pektin için en önemli parametrelerden biri de esterleşme derecesidir. Esterleşme derecesi çeşitli yöntemlerle tayin edilmektedir. Genel olarak titrasyona dayalı analiz yöntemidir. Kurutulmuş ve öğütülmüş pektin örneğinden 1 gram alınarak % 96' lık etil alkol ile ıslatılmıştır. Islatılmış pektin örneğine 1:100 (w/v) oranında destile su eklenmiştir. Bu karışım 40 ° C' de 2 saat karıştırılmıştır. Daha sonra fenolftalein varlığında 0,1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonda bulanık su görüntüsü soluk gülkurusu rengine dönmüştür. Sarfiyat V1 olarak kaydedilmiştir. Analizin devamında örneğe 1:50 (g/ml) oranında 0,1 N NaOH eklenerek 2 saat oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Örneğe 1:50 (w/v) oranında 0,1 N HCl eklenmiştir ve pembe renk kaybolmuştur. Son olarak 0,1 N NaOH ile soluk gülkurusu rengine dönene kadar geri titrasyon yapılmıştır ve sarfiyat V2 olarak kaydedilmiştir. Titrasyon sonunda elde edilen iki sarfiyat değeri kullanılarak esterleşme derecesi yüzdesi hesaplanmıştır [62].

$$ED (\%) = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100 \quad (3.4.1)$$

V1: İlk NaOH titrasyon hacmi (mL)

V2: Son NaOH titrasyon hacmi (mL)

3.3.2. Nem Tayini

İlk önce temizlenmiş kapaklı kroze 100 °C'de 1 saat kurutulmuştur. Tam kurumuş krozenin boş tartımı alınmıştır ve içine 1,0289 gram pektin konulmuştur. Örnek pektin kuru havalı fırında 70° C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra kroze fırından çıkarılarak desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Tam soğuduktan sonra tartım alınmıştır ve tekrar 70 ° C' lik fırında 30 dk. kurutulmuştur. Fırından çıkarılan kroze desikatörde soğutulmuştur ve tekrar tartımı alınmıştır. Bu işlem bir önceki tartımla eşit olana kadar yapılmıştır. Elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak pektinin nem değeri hesaplanmıştır.

$$\text{Nem miktarı (\%)} = \frac{\text{Örnek Pektin} - \text{Kurutulmuş Pektin}}{\text{Örnek Pektin}} \times 100 \quad (3.4.2)$$

3.3.3. Kül Tayini

Kül tayini yapılacak pektin örneği kuru ve tartımı alınmış temiz porselen kroze konulmuştur. İlk olarak pektin örneğinin neminin alınması için kuru havalı fırına bırakılmıştır. Nemi giderilmiş pektin örneği kül analizi için 4 ile 6 saat aralığında ve 600° C'lik fırında gri kül meydana gelene kadar yakılmıştır. İşlem sonunda desikatörde soğutulan kül örneğinin tartımı alınarak kaydedilmiştir. Elde edilen tartım değeriyle pektin kül değeri hesaplanmıştır. Kül tayini için Elektromag marka kül fırını kullanılmıştır [63].

$$\text{Kül miktarı (\%)} = \frac{\text{Kül Tartımı}}{\text{Örnek Tartımı}} \times 100 \quad (3.4.3)$$

Yüksek galakturonik asit ve düşük kül içeriği pektin saflığını gösteren iki önemli kriterdir[64].

3.3.4. FT-IR

İşlemden geçirilmiş pektinlerin varlığını kimyasal analizle teyit etmek için hem endüstriyel hem de elmadan elde edilen pektinler FT-IR ile analiz edildi. Elde edilen elma pektininde metilen esterlenmiş karboksil gruplarının C=O germe titreşimine karşılık gelen 1746 cm'de daha zayıf emilim düşük bir metoksi pektin olarak tayin edildi. Anyon karboksilat (1603 ve 1412 cm) ile ilişkili emilme bantlarında endüstriyel pektin ve elma pektini arasındaki farklar gözlemlendi. Endüstriyel pektinlerde dallanmış karboksil germe bandının 1412 cm'deki yoğunlukları artarken, 1628 cm'deki yoğunluklar 1603 cm'ye kaymıştır. 1680 cm civarında bulunan amid bandına kayması karboksil gruplarının artması amid gruplarının azalmasını temsil eder. Buna ek olarak 2900 cm'de absorbe edilen absorpsiyon ve 1371 cm'de bükme şiddetleri yırtılmış bölgelerde ise pektinin zayıfladığı görüldü.

3.3.5. Jelleşme Derecesi

Elmadan elde edilen 4.33 g pektin numunesi sabit tartıma alındıktan sonra 40 g şeker ilave edilerek karıştırılır ve bir süre bekletilir. Isıtma kabına 405 mL su alınır. Öncelikle su yavaş ısıtılırken şeker-pektin karışımı ilave edilir. Birkaç dakika, numunenin suda iyice dağılmasını sağlamak için karıştırılır. Karıştırma işlemi devam ederken karışım kaynamaya başlar ve bu esnada 606 g şeker daha ilave edilir ve karıştırma işlemi daha hızlı bir şekilde devam eder. 1015

g net ağırlığa ulaşana kadar ısıtılır. Düz kalın bir cam bardağın ağız tarafına 2 cm genişliğinde bant sarılır. Bu şekilde 3 bardak hazırlanır. Bu bardaklara hazırlanan pektin-şeker çözeltisi ilave edilir Her bir bardaktaki çözeltiye 2 mL % 48,8' lik tartarik asit eklenir. Hazırlanan çözelti ile tartarik asit karıştırılır ve 25°C'de 18-24 saat bekletilir. Bu sürenin sonunda bardakların iç tarafındaki bant çıkarılır ve jelin bardaktan kolay ayrılması için kesilir. Bardak düz bir yüzeye ters çevrilerek boşaltılır. 2 dakikalık bekleme süresinin sonunda jel görüntüsü incelenir ve ölçme yapılıyorsa jel yüksekliği alınır [4,7]. 3.3.6.Şekil.1'de görüldüğü gibi elmadan elde edilen pektin ile yapılan deneyde pektinin jel gücü düşük olduğu için akışkan yapıya sahiptir.



Şekil 3.3.5.1. Elmadan Elde Edilen Pektinin Jel Görünümü

Limondan elde edilen pektinde ise jelleşme derecesi yüksekliği jöle kıvamından ve renginden anlaşılmaktadır. Buda limonun esterleşme derecesinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.3.5.2. Limondan Elde Edilen Pektinin Jel Görünümü

4. BULGULAR

4.1. Pektin Ekstraksiyonu

Pektin ekstraksiyonu hidroklorik asitle yapılmıştır. pH değeri yaklaşık olarak 1,5 olan hidroklorik asitle ile yapılmış ekstraksiyonda elde edilen pektin örneği kurutulduğunda koyu renkli numune elde edilmiştir. Tablo 4. 1'de ekstraksiyon şartları ve elde edilen değerler verilmiştir.

Tablo 4.1. Pektinin Ekstraksiyonu

Asit Çözeltilisi	Elma Kabuğu (g)	pH	Sıcaklık(°C)	Süre (dk)
HCl	50	1,5	79±2	180
HCl	100	1,5	80±2	190
HCl	250	1,5	81±2	210
HCl	250	1,5	79±2	210
HCl	500	1,5	80±2	240
HCl	1000	1,5	81±2	270
HCl	2000	1,5	80±2	300

Elma posasından elde edilen pektin kurutulmadan önce jöle kıvamında su tutma özelliği nedeniyle hacimli lifli yapıya sahiptir. Elmada bulunan renk pigmentleri ile daha koyu görünmektedir. Aynı ekstraksiyon yöntemi limona uygulandığında ise yoğurt kıvamında ve renginde pektin yapısı elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Ekstraksiyon Sonucu Elmadan Elde Edilen Pektin

4.2. Pektin Analizleri

4.2.1. Esterleşme Derecesi Analizi

Esterleşme derecesini titrasyona dayalı analiz yöntemidir. Kurutulmuş ve öğütülmüş pektin örneğinden 1 gram alınarak % 96'lık etil alkol ile ıslatılmıştır. Islatılmış pektin örneğine 1: 100 (g/mL) oranında destile su eklenmiştir. Bu karışım 40 °C'de 2 saat karıştırılmıştır. Daha sonra fenolftalein varlığında 0,1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonda bulanık su görüntüsü soluk gülkurusu rengine dönmüştür. Sarfiyat 1,5 mL olarak kaydedilmiştir. Analizin devamında örneğe 1: 50 (g/mL) oranında 0,1 N NaOH eklenerek 2 saat oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Örneğe 1: 50 (g/mL) oranında 0,1 N HCl eklenmiştir ve pembe renk kaybolmuştur. Son olarak 0,1 N NaOH ile soluk gülkurusu rengine dönene kadar geri titrasyon yapılmıştır ve sarfiyat 0,95 mL olarak kaydedilmiştir. Titrasyon sonunda elde edilen iki sarfiyat değeri kullanılarak esterleşme derecesi yüzdesi hesaplanmıştır.

$$ED (\%) = \frac{V2}{V1+V2} \times 100$$

$$ED(\%) = \frac{0,95}{1,5+0,95} \times 100$$

ED(%) = % 38 olarak hesaplanmıştır.

V1: İlk NaOH titrasyon hacmi (mL)

V2: Son NaOH titrasyon hacmi (mL)

4.2.2. Nem Analizi

1,0289 gr sabit tartıma getirilen numune etüvde 65° C'de 24 saat boyunca etüvde kurutulur. Etüvden alınan kuru madde sabit tartıma getirilerek 0,8595 gr olarak ölçülmüştür.

$$\text{Nem Miktarı (\%)} = \frac{\text{Örnek Pektin} - \text{Kurutulmuş Pektin}}{\text{Örnek Pektin}} \times 100$$

$$\text{Nem Miktarı (\%)} = \frac{1,0289 - 0,8595}{1,0289} \times 100$$

Nem Miktarı(%)= % 16,464 olarak hesaplanmıştır.

4.2.3. Kül Analizi

Temiz boş bir croze sabit tartıma getirilerek 19,356 gr ölçüldü. Daha sonra 200° C sıcaklığa getirilmiş fırında iki saat beklettikten sonra soğutulur. Sabit tartıma getirilen kuru croze 19,335 gr olarak ölçülmüştür. Daha sonra içine 1,123 gr pektin konulur. 600° C fırında 3 saat yakılan pektin soğutularak tekrar sabit tartımda getirildiğinde değeri 19,398 gr olarak ölçülmüştür. Bu durumda elimizde 0,063 gr kül olduğu bulunmuştur.

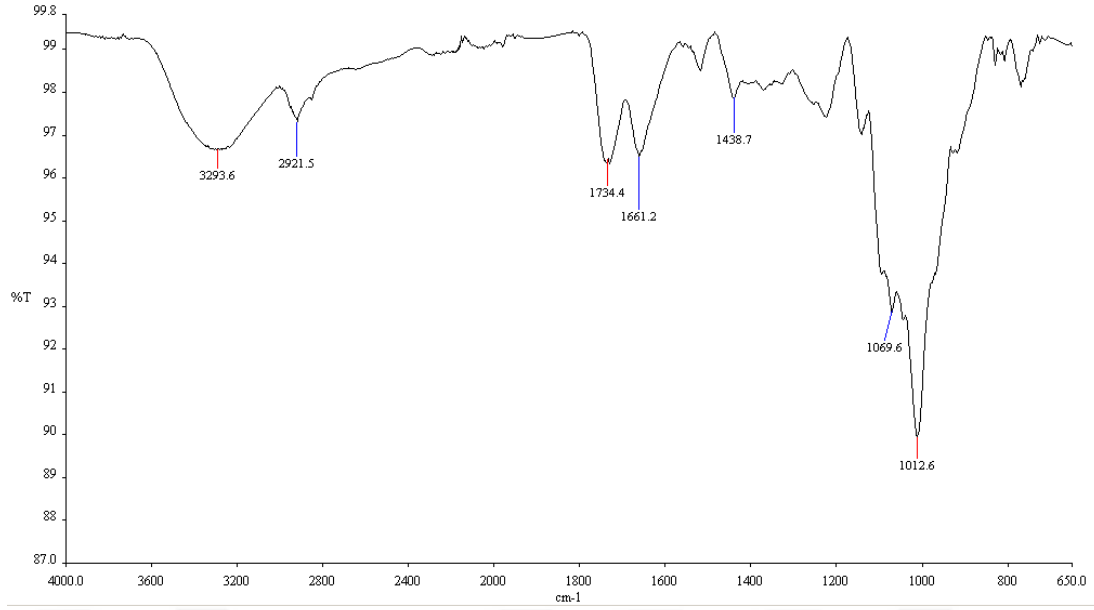
$$\text{Kül miktarı (\%)} = \frac{\text{Kül Tartımı}}{\text{Örnek Tartımı}} \times 100$$

$$\text{Kül miktarı (\%)} = \frac{0,063}{1,123} \times 100$$

Kül miktarı (%) = % 5,6099 olarak hesaplanmıştır.

4.2.4. FT- IR

Elde edilen ürünlerden rastgele seçilen pektin numuneleri IR spektrumları Infrared Spektrofotometresi ile alınmış ve fonksiyonel grupları belirlenmiştir. Aşağıda her bir grafikte saf *Citrus* pektini (Sigma) (SP) ile karşılaştırılan IR grafikleri görülmektedir. 4.2.4.1. Şekil'de deneyler sonucu elde edilen pektin numunelerinin spektrumları saf pektini ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Pektinin FT-IR spektrumu incelendiğinde, ana kimyasal grupları 1000-2000 cm⁻¹ arasında gözlemlenebilir [65,66]. 3500 cm⁻¹ de görülen yayvan pik yapıda bulunan asosiye olmamış (-OH) grubuna aittir ve pektin tarafından adsorblanmış nemden kaynaklanır. 3000 cm⁻¹ civarındaki esneme metil esterinden kaynaklanır. Pektinin FT-IR spektrumunda 1700 ve 1600 cm⁻¹ civarında ortaya çıkan orta şiddetteki pikler sırasıyla esterleşmiş ve serbest bir şekilde bulunan karboksil grubuna aittir. Bu durumda elde edilen pektin numuneleri beklenen değerler ile uyum içindedir.



Şekil 4.2.4.1. Elmadan Elde Edilen Pektinin FT-IR Spektrumu

4.2.5. Jelleşme Derecesi

Elmadan elde edilen pektinin jel gücü tayininde pektinin düşük jel gücüne sahip olduğu görülmüştür. Jel kıvamlı değildir ve son derece akışkandır. Düşük metoksilli pektinlerde esterleşmemiş karbonil gruplarının bulunmasının sebebiyle jel gücü düşüktür ve bu durum elmadan kaynaklanmaktadır. Limonda ise yüksek jel gücüne rastlanmaktadır. Jel son derece kıvamlıdır ve akışkan değildir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Deneyisel çalışmalarımızda ekstraksiyon ile elma posasından pektin elde edilmiştir. Deney süresi 270 dk. olarak seçilmiştir. HCl ile yapılan deneylerde esterleşme derecesi % 50 den küçük bulunmuştur. Elde edilen pektin numunelerine uygulanan kül ve nem tayini analizi sonucunda pektinin düşük nem ve kül oranına sahip olduğu görülmüştür. Bu değerler gıda kodeksi şartlarına uygundur

Ayrıca elma pektinin yüksek pH değerine sahip olduğunu yaklaşık olarak 3,97 olarak ölçülmüştür. Oysaki ticari pektin pH değeri 2,17 olarak tanımlanmıştır. Bu durumda yapılan deneyisel çalışmada değerin yüksek olması asidik değerinin düşük olduğunu göstermektedir.

Nem analizinde ise pektinin yüksek derecede su tutma özelliği olduğu ve nem miktarının %16,464 olarak ölçüldüğü görülmüştür. Bu durum pektinin lifli yapısının nemli olmasından kaynaklanmaktadır.

Elde edilen pektin numunelerinin FT-IR analizleri, farklı araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarla karşılaştırılmış ve daha önce bulunan değerlerle uyum içinde olduğu görülmüştür. FT-IR elde edilen sonuçlardan rastgele seçilen pektin numuneleri IR spektrumları Infrared Spektrofotometresi ile alınmış ve fonksiyonel grupları belirlenmiştir. Bu belirleme ile teorik FT-IR sonuçları karşılaştırıldığında elma pektininden elde edilen piklerin benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca kontrol amaçlı yapılan limon pektinin FT-IR sonuçları karşılaştırıldığında teorik FT-IR sonuçlarıyla daha uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu durum bize elmadaki düşük metoksillin olduğunu ve yapı itibarıyla suya benzemesini açıklamaktadır.

Esterleşme derecesini ölçmede titrasyon analizi yöntemi kullanılırken kurutulmuş ve öğütülmüş pektin örneğinden 1 gram alınarak işlemler yapılmıştır. Bu analiz sonucunda esterleşme derecesi %38 olarak hesaplanmıştır. Pektinin esterleşme derecesinin düşük metoksilli olduğunu göstermektedir. Esterleşme Derecesi %50 üzerinde olan pektinler yüksek metoksilli %50 ve altında olan pektin düşük metoksilli olarak görülmektedir.

Kül analizi yöntemiyle organik kompleks yapılı bir karbonhidrat olan pektinin içinde kirlilik içeren herhangi bir maddenin olmadığı görülmüştür. Yanmadan sonra elde edilen kül değeri % 5,6099 olarak ölçülmüş ve metal veya zararlı madde içermediği görülmüştür.

Jel Gücü Tayininde ise yapılan iki farklı çalışmada elmadan elde edilen pektinin jel gücünün çok düşük olduğu oysaki limondan elde edilen pektinin ise çok güçlü olduğu gözlemlenmiştir. Limon pektini jöle kıvamında iken elmadan elde edilen jel bal kıvamında bir akışkan olmasına neden olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1]. Gee. M., et.al. (1958) A Method for the Characterization of Pectic Substances in Some Fruit and Sugar Beet Marcs, Food Research, 23,341-349
- [2]. Uçan, F., Akyıldız, A. (2012). Meyve Suyu Sanayinde Enzimatik Uygulamalar. Gıda, 37 (6):363-370.
- [3]. Gee. M., et.al. (1958). A Method for the Characterization of Pectic Substances in Some Fruit and Sugar- Beet Marc, Food Research, 23, 341-349
- [4]. Pektin Nedir?. 16 Ocak 2019 tarihinde, <http://www.food-info.net/tr/qa/qa-wi6.htm>, adresinden alınmıştır.
- [5]. Gıda Sektöründeki Uygulama Amaçları, AROMİKS. Gıda Kimyevi Madd. Amb. Malz. San. Ve Dış Tic. Ltd. Şti. (2012). 20 Ocak 2019 tarihinde <http://www.aromiks.com.tr/portfolio/pektin>, adresinden alınmıştır.
- [6]. Kar, F. (1998). Portakal Kabuğu Pektininin Fizikokimyasal Özellikleri ve Pektin Ekstraktının Sabit Basınç Filtrasyonu. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayın No: 77622.
- [7]. Solomons T.W.,Fryhle C.B. (2000). Monosakkaritlerin Yapısı D-L Gösterimi. University of South Florida, 22(2), p 1093-1094
- [8]. Solomons T.W.,Fryhle C.B. (2000). Monosakkaritlerin Sınıflandırılması. University of South Florida.22(2), 1092-1093
- [9]. Ders Notu 17 Mart 2009 tarihinde http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders_Notlari/Ders_Notlari/Karbonhidratlar.html, adresinden alınmıştır.
- [10]. Solomons T.W.,Fryhle C.B. (2000). Monosakkaritlerin Yapı Formülleri. University of South Florida.22(2), 1094-1095
- [11]. Solomons T.W.,Fryhle C.B. (2000). Monosakkaritlerin Yapısı D-L Gösterimi. University of South Florida.22(2), 1093-1094
- [12]. Solomons T.W.,Fryhle C.B. (2000). Polisakkaritlerin Yapısı, Polimer Özellikleri University of South Florida.22(2), 1094-1095
- [13]. Goodban, A.E., and Owens, H.S. (1956). Isolation and Properties of Sugar Beet Arabin , Journal of the American Society Sugar Beet Technology,9(2), 129-132
- [14]. Zitko, V., and Bishop, C.T. (1965). Fractionation of Pectins from Sunflowers, Sugar Beets, Apples and Citrus Fruits. Canadian Journal Chemistry, 43, 3206-3214
- [15]. Whitaker, J.R. (1984). Pectic Substances, Pectic Enzymes Haze Formation in Fruit Juices, Enzyme and Microb. Technol, 6(8), 341-349
- [16]. Rombouts, F.M., and Thibault, J.F. (1986). Enzymic and Chemical Degradation and the Fine Structure of Pectins from Sugar Beet Pulp, Carbohydrate Research. 154, 189-203
- [17]. Glinsky, V. V. ve Raz, A. (2009). Modified Citrus Pectin Anti-Metastatic Properties:
- [18]. One Bullet Multiple Targets. Carbohydrate Research, 344, 1788-1791.
- [19]. McComb, E. A., and McCREADY, R.M. (1957). Determination of Acetyl in Acetylated Carbohydrate Polymers, Analytical Chemistry, 29(5), 819-821
- [20]. Anonim. (2010). Meyve Suyu Endüstri Derneği. Web Sitesi: (<http://myed.org.tr>), Erişim Tarihi: 15.12.2019.

- [21]. Vauquelin, M. L.-N. (1970). Analyse due Tamarin, Ann. Chim., Paris, 92-106.
- [22]. KIRK- OTHMER. (1967). Pectic Substances, Encylopedia of Chemical Technology, 14, 636-651
- [23]. Evranuz, Ö. (1985). Ayçiçeği Tablalarından Pektin Eldesinde Pektin Kalitesini Etkileyen Faktörler ve Konu ile İlgili Teknolojik Öneriler, TÜBİTAK MBEAE Beslenme ve Gıda Tek. Bölümü, Yayın No:92
- [24]. Kirk- Othmer. (1967). Pectic Substances, Encylopedia of Chemical Technology, 14, 636-651
- [25]. Bozok, O. (1971). Şekerin Teknolojisi Cilt1, Türkiye Şeker Fab, A.Ş. Yayınları, Sayı:168
- [26]. Chen, T.S., and Joslyn, M.A. (1967). The Effect of Sugars on Viscosity of Pectin Solutions 11. Comporison of Dextrin, Journal Colloid İnterface Science, 25, 346-352
- [27]. Kirk- Othmer. (1967). Pectic Substances, Encylopedia of Chemical Technology, 14, 636-651
- [28]. Rombouts, F.M., and Thibault, J.F. (1986). Enzymic and Chemical Degration and the Fine Structure of Pectins from Sugar Beet Pulp, Carbohydrate Research. 154, 189-203
- [29]. Chen, T.S., and Joslyn, M.A. (1967). The Effect of Sugars on Viscosity of Pectin Solutions 11. Comporison of Dextrin, Journal Colloid İnterface Science, 25, 346-352
- [30]. Herp, A., et.al. (1967). Depolymerization of Some Polysaccharides and Synthetic Polymers by L-Ascorbic Acid, Carbonhydrate Research, 4, 63-71
- [31]. Mcready, R.M. (1966). Polysaccharides of Sugar Beet Pulp, A Rewiew of Their Chemistry, Journal American Sugar Beet Technology, 23, 975-977
- [32]. Mcready.R.M., et.al. (1951). Determination of Citrus Pectic Substances by Optical Rotation ,Analytical Chemistry, 23, 975-977
- [33]. Zitko, V., and Bishop, C.T. (1965). Fractionation of Pectins from Sunflowers, Sugar Beets, Apples and Citrus Fruits. Canadian Journal Chemistry, 43, 3206-3214
- [34]. Oakenful, D. and Scott, A. (1984). Hydrophobic Interaction in the Gelation of High Methoxyl Pectins, Journal of Food Science 49(4), 1093-1098
- [35]. Phippen, E.L., et.al. (1950). Gelatation Properties of Partially Acetylated Pectins. American Chemical Society, 72, 813-816
- [36]. Mcready, R. M., et.al. (1951). Determination of Citrus Pectic Substances by Optical Rotation, Analytical Chemistry, 14
- [37]. Kirk- Othmer. (1967). Pectic Substances, Encylopedia of Chemical Technology, 14, 636-651
- [38]. Oakenful, D. and SCOTT, A. (1984). Hydrophobic Interaction in the Gelation of High Methoxyl Pectins, Journal of Food Science 49(4), 1093-1098
- [39]. Yiğit V. (1975). Türkiye’de Çeşitli Hammadelerde Bulunan Pektin Miktarları ve Pektin Üretimi Olanakları, TÜBİTAK MBEAE Beslenme ve Gıda Tek. Bölümü, Yayın No:7
- [40]. Evranuz Ö. (1985). Ayçiçeği Tablalarından Pektin Eldesinde Pektin Kalitesini Etkileyen Faktörler ve Konu ile İlgili Teknolojik Öneriler, TÜBİTAK MBEAE Beslenme ve Gıda Tek. Bölümü, Yayın No: 92
- [41]. Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable Films and Composite Coatings: Past, Present and Future, Trends in Food Science & Technology, 14(3), 71-78.
- [42]. Anyas-Weisz, L. Deuel, H. (1950). Helv. Chem. Acta, Über das Verhalten löslicher Polyelektrolyte gegenüber Ionenaustauschern, 33, 559-562.

- [43]. Thibault, J. F. ve Rinaudo, M. (1986). Chain association of pectic molecules during calcium-induced gelation, *Biopolymers*, 25, 456-468.
- [44]. Turquois, T., Rinaudo, M., Taravel, F. R. ve Heyraud, A. (1999). Food Hydrocolloids, Extraction of highly gelling pectic substances from sugar beet pulp and potato pulp: influence of extrinsic parameters on their gelling properties, 13(3),255-262.
- [45]. Wang, Q., Pagan, J., Shi, J. (2002). Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects, Pectin From Fruits, Shi, J., Mazza, G., Le Maguer, M., Eds.CRC Press LLC, Washington, Vol 2.
- [46]. Rascon-Chu, A., Martinez-Lopez, A., L., Carvajal-Millan, E. ve diğerleri. (2009). Pectin from Low Quality 'Golden Delicious' Apples: Composition and Gelling Capability, *Food Chemistry*, 116(1), 101-103.
- [47]. Oakenfull, D. G. (1991). The chemistry of High Methoxyl Pectins, *The Chemistry and*
- [48]. *Technology of Pectin*, Walter, R. H. (ed.), Academic Press, New York, 87.
- [49]. McClements, D. J. (2005). *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques*, Second Ed, CRC Press, Florida.
- [50]. Oakenfull, D. and SCOTT, A. (1984). Hydrophobic Interaction in the Gelation of High Methoxyl Pectins, *Journal of Food Science* 49(4), 1093-1098
- [51]. Gürbüz, Ü. ve Tekinşen, O.C. (1993). Besin Endüstrisinde Kullanılan Stabilizörler ve Emülgatörler, *Türk Vet.Hek. Dergisi*,5(2), 39-43
- [52]. El-Nawawi,S.A., and Shehata, F.R. (1987). Extraction of Pectin from Egypt Orange Peel. Factors Affecting the Extraction, *Biological Wastes*, 20(4), 281-290
- [53]. Phatak L.,et.al. (1988). Isolation Characterization of Pectin in Sugar-Beet Pulp, *Journal Food Science*, 53(3), 830-833
- [54]. Hoefler, A. C. (1991). Other pectin food products, *The Chemistry and Technology of Pectin*, Walter, R. H. (ed.), Academic Press, San Diego, 51.
- [55]. Pilnik, W.,Voragen, A. G. J., Neukon, H. ve Nittner, E. (1980). *Ullmann's Encyclopedie der Technischen Chemie*, Vol. 19, Chemie Verlag, GmbH, FRG, 233.
- [56]. Voragen, A. G. J., Schols, H. A. ve Plinik, W. (1986). Determination of the Degree of Methylation and Acetylation of Pectins by HPLC, *Food Hydrocolloids*, 1, 65.
- [57]. Peschardt, W. J. S. (1956). Canadian Patent, 520, 983.
- [58]. Thakur, B. R., Singh, R. K. ve Handa, A. K. (1997). Chemistry And Uses Of Pectina Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37: 1, 47-73.
- [59]. Kohn, R. (1982). Binding of Toxic Cations to Pectin, Its Oligometric Fragments and Plant Tissues, *Carbohydr. Polym.*, 2, 273.
- [60]. Joseph, G. H. (1956). *Pectin Bibliography og Pharmaceutical Literature*, Sunkist Growers, Ontario, CA.
- [61]. Brake, N. C. ve Fennema, O. R. (1993). Edible Coating to Inhibit Lipid Migration in a Confectionery Product, *J. Food Sci.*, 58, 1422.
- [62]. Gelgy, R. J. (1957). Swiss Patent, 305, 888, *Chem. Abstr.*, 51, 6097.
- [63]. Sigma-Tau Industrie Farmaceutiche Riunite, S. P. A., British Patent. (1970). 1, 206, 870, *Chem. Abstr.*, 73, 133985d.
- [64]. Ciba, Ltd., French Patent. (1967). 1, 462,506, *Chem. Abstr.*, 67, 67587.
- [65]. Ashford, M., FELL, J., Attwood, D., Sharma, H. ve Woodhead, P. (1994). Studies on pectin formulations for colonic drug delivery, *J. Controlled Release*, 3, 225.

- [66]. Panouille, M., Thibaul, J. F. ve Bonnin, E. (2006). Cellulase and Protease Preparations can Extract Pectins from Various Plant by-Products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (23), 8926-8935.
- [67]. Turakhozhayev, M. ve Khozdzhayev, M. (1993). Plant Pectin Substances, Methods of Isolating Pectin Substances, *Chemistry of Natural Compounds*, 29, 558-565.
- [68]. Rolin, C. (2002). Commercial Pectin Preparation, Pectin and Their Manipulation, In: Seymour, G. B. ve Knox, J. P. (ed.), Blackwell Publishing, Oxford, 222-241.
- [69]. Keegstra, K., Talmadge, K. W., Bauer, W. D. Ve Albersheim, P. (1973). The Structure of Plant Cell Walls iii.a Model of the Walls Suspension-Cultured Sycomre Cells Based on the Interconnection of The Macromolecular Components, *Plant Physiology*, 51(1), 188-196.
- [70]. Sandhu, K. S. ve Minhas, K. S. (2006). Oranges and Citrus Juices, In: Hanbook of Fruits and Fruit Processing, H. Y. H. (ed.), Blackwell Publishing, Ames, Iowa, 309- 358.
- [71]. Wang, Q., Pagan, J. ve Shi, J. (2002). Pectin from Fruits, Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects, In: Shi, J., Mazza, G. ve LeMaguer, M. (ed.), CRC Press Taylor, Florida, 263-309.
- [72]. Canteri-Schemin, M. H., Fertonani, H. C. R., Waszczynskyj, N. ve WOSIACKI, G. (2005). Extraction of Pectin from Apple Pomace, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(2), 259-266.
- [73]. Çopur, Ö. U. (1988). Bir Jelleşme Maddesi Olarak Pektin, *GIDA*, 13(4), 253-257.
- [74]. Andres, h., Kornfeil, f. ve Prey, v. (1978). Aspects of Pectic Substances in Sugar Beet, *Zuckerindustrie*, 84.
- [75]. Minkov, S., Minchev, A. ve Paev, K. (1996). Modeling of the Hydrolysis and Extraction of Apple Pectin, *Journal of Food Engineering*, 29(1), 107-113.
- [76]. Ptitchkina, N. M., Markina, O. A. ve Runlyantseva, G. N. (2008). Pectin Extraction from Pumpkin with the Aid of Microbial Enzymes, *Food Hydrocolloids*, 22(1), 192- 195.
- [77]. Panchev, I., Kirchev, N. ve Kratchanov, C. (1988). Improving pectin Technology, 2.Extraction Using Ultrasonic Treatment, *International Journal of Food Science and Technology*, 23(4), 337-341.
- [78]. Pinheiro, E. R., Silva, I. M. D. A., Gonzaga, L. V. ve diğerleri. (2008). Optimization of Extraction of High Ester Pectin from Passion Fruit Peel with Citric Acid by Using Response Surface Methodolgy, *Bioresour. Technol.*, 99, 5561-5566.
- [79]. Açıkgöz, Ç., Poyraz, Z. (2006). Ayva Meyvesinden (*Cydonia Vulgaris Pers.*) Pektin Ekstraksiyonu ve Kimyasal Karakterizasyonu, *D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 12,27-34.
- [80]. Hwang, J., Roshdy, T. H., Kontominas, M., Kokini, J. L. (1992). Comparison of Dialysis and Metal Precipitation Effects on Apple Pectin, *Journal Food Sci*, 57 1180-1184.
- [81]. Monsoor, M. A., Kalapathy, U., Proctor, A. (2001). Improved Method for Determination of Pectin Degree of Esterification by Diffuse Reflectance Fourier, Transform Infrared Spectroscopy, *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2756-2760.
- [82]. Kalapathy, U. ve Proctor, A. (2001). Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin, *Food Chemistry*, 73, 393-396.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Zerrin TAŞKIN

Doğum Tarihi : 08.11.1981

E-mail : zerrinbkggl@gmail.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Kimya Bölümü	Niğde Üniversitesi	1999-2003
Yüksek Lisans	Kimya Anabilim Dalı	Mersin Üniversitesi	2013-2019
Doktora			

Görevler :

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Kimya Öğretmeni	Cemile Hamdi Ogun MTAL/ MERSİN	2014-