



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**VIŞNE ÇEKİRDEĞİNDEN ELDE EDİLEN PEKTİNİN BİTKİSEL
KAYNAKLI DOĞAL HİDROJEL ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

BARAN AY

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

**Şanlıurfa
2024**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**VIŞNE ÇEKİRDEĞİNDEN ELDE EDİLEN PEKTİNİN BİTKİSEL
KAYNAKLI DOĞAL HİDROJEL ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

BARAN AY

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı: Doç. Dr. BÜLENT BAŞYİĞİT**

**Şanlıurfa
2024**

TEŞEKKÜR

Lisans eğitiminden yüksek lisans eğitimine kadar olan süreçte her konuda desteğini hissettiğim, her sorun yaşadığımda güler yüzünü ve samimiyetini eksik etmeyen, tez konumun seçiminde, araştırmalarım ve laboratuvar çalışmalarım her daim yol gösteren öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Doç. Dr. Bülent BAŞYİĞİT a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimi okuyarak değerli katkılar sunan ve tez savunmama katılan değerli hocalarım Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Sabri ÜNSAL ve Dr. Öğretim Üyesi Aslı ÇELİKEL GÜNGÖR'e

Tez çalışmamın dizayn edilmesinde ve laboratuvar çalışmalarının yürütülmesinde yol gösteren değerli hocam Prof.Dr. Mehmet KARAASLAN'a

Laboratuvar çalışmalarıda, üretim/analizlerde yardımcı olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Dr. Merve AKALAN'a, Öğr. Gör. Dr. Şükrü KARAKUŞ'a, Melike YÜCETEPE'ye ve Kamile Bayrak AKAY'a

Tez yazım sürecimde tezime odaklamam için bana yardımcı olan anneme ve iş arkadaşlarıma,

Hayatımdaki her kararında ne olursa olsun yanımda olan, sevgisini ve ilgisini her zaman hissettiren, tüm gücüyle beni destekleyen kıymetli eşim Meral AY'a; babaları olmaktan büyük mutluluk duyduğum canım evlatlarım Eyüp AY'a ve Asya AY'a

Sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
SİMGELER	v
KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Vişne (Prunus cerasus L.)	3
2.1.1. Vişne sapı	4
2.1.2. Vişne yaprağı	4
2.1.3. Vişne Posası	5
2.1.4. Vişne çekirdeği	6
2.2. Pektin	7
2.3. Jeller	14
2.4. Hidrojeller	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM	20
3.1. Gereç	20
3.2. Yöntem	20
3.3. Fiziksel ve kimyasal analizler	22
3.3.1. Pektin analizleri	23
3.3.1.1. FTIR spektroskopisi	23
3.3.1.2. Özütleme verimi	23
3.3.1.3. Nem tayini	23
3.3.1.4. Kül Tayini	24
3.3.1.5. Su aktivitesi	24
3.3.1.6. Renk	25
3.3.1.7. Hausner oranı ve Carr indeksi	25
3.3.1.8. Yağ bağlama kapasitesi	25
3.3.1.9. Emülsiyon aktivite indeksi	26
3.3.2. Hidrojel analizleri	26
3.3.2.1. Taramalı elektron mikroskobu	26
3.3.2.2. Su tutma kapasitesi	27
3.3.2.3. Şişme oranı	27
3.3.2.4. Protein sızıntı miktarı	27
3.3.2.5. Tekstür özellikleri	27
3.3.2.6. Fenolik maddelerin salınım özellikleri	27
3.4. İstatistiksel analizler	28
4. BULGULAR	29
4.1. VÇP ve TEP için yürütülen analiz sonuçları	29
4.1.1. FTIR Spektroskopisi	29
4.1.2. Pektin tozlarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	29
4.2. Hidrojel materyallerinin analiz sonuçları	30
4.2.1. Hidrojellerin SEM görüntüsü	30
4.2.2. Hidrojellerin su tutma kapasitesi, şişme oranı ve protein sızma miktarı	31
4.2.3. Hidrojellerin tekstürel analiz sonuçları	32
4.2.4. Hidrojellerin fenolik madde salınım sonuçları	32
5. TARTIŞMA	34
5.1. Yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeği posasından pektin özütleme işlemlerinin doğrulanması	34
5.2. Pektin tozlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri	34
5.3. Hidrojellerin morfolojik yapıları	35

5.4. Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri	36
5.5. Hidrojellerin tekstürel özellikleri	38
5.6. Fenolik madde salınımı	38
6. SONUÇLAR	40
7. ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	54



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VİŞNE ÇEKİRDEĞİNDEN ELDE EDİLEN PEKTİNİN BİTKİSEL KAYNAKLI DOĞAL HİDROJEL ÜRETİMİNDE KULLANIMI

BARAN AY

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışman: Doç. Dr. BÜLENT BAŞYİĞİT
Yıl: 2024, Sayfa : 54

Ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmakta olan vişne, sofralık olarak tüketimi sınırlı olup büyük oranda endüstriyel uygulamalarda farklı ürünlere işlenmektedir. Meyvenin bu ürünlere işlenmesi esnasında tonlarca çekirdek prosesten ayrılmakta ve herhangi bir işleme tabi tutulmadan bertaraf edilmektedir. Dolayısıyla vişne çekirdek (VÇ)'lerinin katma değerli ürünlerin eldesinde hammadde olarak değerlendirilmesi atık yönetimi ve ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Mevcut çalışmada VÇ'ler pektin üretiminde başlangıç materyali olarak kullanılmıştır. Vişne çekirdeği pektini (VÇP)'nin karakteristik yapısı Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi aracılığıyla tespit edilmiştir. Ayrıca, bu tozların karakteristik özellikleri ticari muadili ticari elma pektini (TEP) ile karşılaştırılmıştır. VÇP'nin nem oranı %4.53 bulunurken TEP için bu oran %6.80 olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Kül miktarı ise VÇP ve TEP için sırasıyla %3.96 ve %5.12 olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). Pektin tozların su aktivitesi, renk, Hausner oranı ve Carr indeks değerleri arasında da farklılık tespit edilmiştir. VÇP (%203.52) ve TEP'in (%288.94) yağ bağlama yetenekleri de karşılaştırılmıştır. Emülsiyon aktivite indeksi ise VÇP için 23.77 m²/g ve TEP için 34.90 m²/g olarak belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). Çalışma kapsamında VÇP'ler soya proteini bazlı doğal hidrojellerin üretiminde destek materyali olarak kullanılmıştır. Bu amaçla yapıları birbirinden farklı olan doğal hidrojeller (SH: tek başına soya proteini kullanılarak üretilen hidrojeller, SVPH: soya proteini ve VÇP varlığında üretilen hidrojeller, STPH: soya proteini ve TEP varlığında üretilen hidrojeller) inşa edilmiştir. Hidrojel sistemlerinin morfolojik yapılarındaki muhtemel farklılıklar taramalı elektron mikroskopundan alınan görüntülerle incelenmiştir. Su tutma kapasitesi, şişme oranı, ve protein sızma oranı VÇP destekli hidrojeller için sırasıyla %91.65, %5.78 ve %12.51 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler TEP destekli muadilleri için ise %83.99 (su tutma kapasitesi), %5.37 (şişme oranı) ve %15.81 (protein sızma oranı) olduğu belirlenmiştir. Tekstürel analiz sonuçları VÇP destekli sistemlerin üç boyutlu yapısının diğerlerine göre daha sağlam olduğunu göstermiştir. VÇP destekli sistemler ayrıca biyoaktif madde taşınımında farkındalığını ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Pektin, Doğal hidrojel, Fonksiyonel yapılar için taşıma araçları, Vişne çekirdeği, Soya fasulyesi proteini

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE USAGE OF PECTIN OBTAINED FROM SOUR CHERRY SEED IN THE PRODUCTION OF PLANT-BASED NATURAL HYDROGEL

BARAN AY

HARRAN UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
FOOD ENGINEERING

Thesis Supervisor: Doç. Dr. BÜLENT BAŞYİĞİT

Year: 2024, Page : 54

Sour cherry, which is widely cultivated in our country, has limited table consumption and is largely processed into different products in industrial applications. During the processing of the fruit into these products, tons of seeds are separated from the process and disposed of without any treatment. Therefore, the evaluation of sour cherry stones (VC) as raw materials in the production of value-added products is important in terms of waste management and economy. In the present study, VC's were used as starting material for pectin production. The characteristic structure of sour cherry stone pectin (VCP) was determined by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. In addition, the characteristic properties of these powders were compared with its commercial counterpart (commercial apple pectin) TEP. While the moisture content of VCP was found to be 4.53%, it was determined that this rate was 6.80% for TEP ($p \leq 0.05$). The ash content was determined to be 3.96% and 5.12% for VCP and TEP, respectively ($p \leq 0.05$). Differences were also detected between the water activity, color, Hausner ratio and Carr index values of pectin powders. The oil binding abilities of VCP (203.52%) and TEP (288.94%) were also compared. The emulsion activity index was determined as 23.77 m²/g for VCP and 34.90 m²/g for TEP ($p \leq 0.05$). Within the scope of the study, VCP's were used as support materials in the production of soy protein-based natural hydrogels. For this purpose, natural hydrogels with different structures (SH: hydrogels produced using soy protein alone, SVPH: hydrogels produced in the presence of soy protein and VCP, STPH: hydrogels produced in the presence of soy protein and TEP) were constructed. Possible differences in the morphological structures of the hydrogel systems were examined by images taken from the scanning electron microscope. Water retention capacity, swelling ratio, and protein leaching rate for VCP-supported hydrogels were determined as 91.65%, 5.78%, and 12.51%, respectively. These values were determined as 83.99% (water retention capacity), 5.37% (swelling ratio) and 15.81% (protein leaching ratio) for TEP-supported equivalents. Textural analysis results showed that the three-dimensional structure of VCP-supported systems was more robust than others. VCP-supported systems also demonstrated their awareness in bioactive substance transport.

KEYWORDS: Pectin, Natural hydrogel, Delivery systems for functional structures, Sour cherry kernel, Soybean protein

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Hücre duvarı şematik görüntüsü (Buggenhout ve ark., 2009)	8
Şekil 2.2. Petkinin yapısı (Atalay ve ark. 2018)	9
Şekil 2.3. Jel oluşumu için gereken optimum koşullar (Groult ve ark., 2021)	14
Şekil 2.4. Polisakkarit jellerde idealleştirilmiş bağlantı bölgeleri. (a) Noktasal çapraz bağlantı (b) Uzatılmış blok benzeri bağlantı bölgesi (c) Aljinat ve pektin jellerindeki bağlantı bölgeleri için yumurta kutusu modeli [kalsiyum iyonları (yumurtalar) polisakkarit zincirlerinin (yumurta kutuları) bloklarını birbirine bağlar (d) Çift sarmal bağlantı bölgesi (e) Polisakkarit zincirlerinin sarmal bölümlerinin toplanmasıyla oluşan bağlantı bölgesi (Morris, 2007).	15
Şekil 2.5. Hibrit hidrojellerin sentezi (Singhal ve Gupta, 2015; Çetinkaya, 2023)	17
Şekil 2.6. Jelatin ve pektin arasındaki yük etkileşimlerinden oluşan fiziksel hidrojelin gösterimi (Farris ve ark., 2009)	19
Şekil 3.1. Yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeğinden pektin özütleme adımları	20
Şekil 3.2. Hidrojel üretim adımları	21
Şekil 3.3. Özütleme işlemi sonucunda çöken pektin bileşiklerinin görüntüsü	22
Şekil 4.1. VÇP ile TEP'in FTIR spektrumları	29
Şekil 4.2. Hidrojellerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri SH: Sadece soya proteini varlığında üretilmiş hidrojel SVPH: Soya proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel ve STPH: Soya proteini ve TEP varlığında üretilmiş hidrojel	31
Şekil 4.3. Hidrojel sistemlerine hapsedilmiş biyoaktif maddelerin salınım davranışı	33
Şekil 5.1. Çalışma kapsamında üretilen hidrojel örnekleri: 1. Ticari pektin destekli hidrojel, 2. soya protein orjinli hidrojel, 3. Vişne çekirdeği pektini destekli hidrojel.	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	FAO 2018 verilerine göre dünyada vişne üretimi yapan ülkeler (ton)	4
Çizelge 2.2.	Pektin ekstraksiyon yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları (Adentunji ve ark., 2017)	13
Çizelge 2.3.	Hidrojellerin avantaj ve dezavantaj durumları (Singh ve ark., 2011)	18
Çizelge 3.1.	Pektin ve hidrojellerle ilgili yürütülen analizler	23
Çizelge 4.1.	Pektin materyallerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri	30
Çizelge 4.2.	Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri	31
Çizelge 4.3.	Hidrojellerin tekstürel özellikleri	32



SİMGELER

%: Yüzde

g : Gram

M: Molarite

s : saat



KISALTMALAR

dk : Dakika

FTIR : Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi

HCl : Hidroklorik asit

M : Molarite

mL : Mililitre

nm : Nanometre

pH : Hidrojen İyon Konsantrasyonu

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

STPH : Soya proteini ve ticari pektin varlığında üretilmiş hidrojel

SVPH : Soya proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel

TEP : ticari elma pektini

VÇ : vişne çekirdeği

VÇP : vişne çekirdeği pektini

°C : Santigrat derece

µg : mikrogram

1. GİRİŞ

Endüstriyel gıda işleme atıklarının doğru bir şekilde yönetilmemesi, toprağı, su kaynaklarını, havayı ve ekosistemleri olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca bu durumun ciddi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı atıkların etkili bir şekilde kontrol altına alınması, uygun şekilde bertaraf edilmesi veya geri dönüştürülmesi (katma değerli ürün) küresel bağlamda önemli konular arasındadır. Mevcut koşullar göz önünde bulundurulduğunda endüstriyel gıda işleme atıklarının kontrol altına alınması mümkün görülmemektedir. Atıkların bertaraf edilmesi de iş gücünün ve/veya farklı proseslerin getirmiş olduğu ek bütçelerden dolayı makul bir yol olarak gözükmektedir. Dolayısıyla endüstriyel gıda işleme atıklarının uygun işlemlere tabi tutulduktan sonra katma değerli ürünlere dönüştürülmesi en makul yol olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tarımsal ürünlerin tamamı endüstriyel olmayıp bir kısmı sofralık olarak tüketilmektedir. Sofralık olarak tüketilen meyve atıkların toplanması zaman ve ekonomik kayıplardan dolayı mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla, katma değerli ürünlere dönüştürülmesi planlanan atıkların ham maddesinin endüstriyel olarak işlenmesi bu noktada en önemli kriterdir). Vişne (*Prunus cerasus L.*) belirtilen kriterleri sağlayan ve ülkemizde kendisine yetiştirme alanı bulan meyveler arasındadır. Vişne, gıda endüstrisinde farklı ürünlerin (meyve suyu, reçel, marmelat vs.) üretiminde ham madde olarak kullanılmaktadır. Üretim esnasında yüksek miktarda atık (sap, posa ve çekirdek) açığa çıkmaktadır (Yılmaz ve ark., 2019). Bu atıkların değerlendirilip ekonomiye kazandırılması gerek ulusal gerekse küresel bağlamda önem arz etmektedir. Bilimsel literatürde ilgili atık materyaller için farklı çalışmalar yürütülmüştür. Saplardan biyoktif yapıların (Türkmen ve ark., 2020) ve posadan antosiyanin özütlenmesi (Demirdöven ve ark., 2021) bunlara örnek olarak verilebilir. Ayrıca bu atıkların hayvan yemi olarak değerlendirildiği ile ilgili bilgiler literatür verilerinde mevcuttur (Yılmaz ve ark., 2019). Atıklar arasında en büyük paya sahip olan çekirdeklerin de katma değerli ürünlerin eldesi için ham madde olarak kullanılabileceğini rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Yılmaz ve Gökmen, 2013). Çekirdeklerden yağ (Başyigit ve ark., 2021a) ve protein (Demirkıran, 2022) özütlenmesi bu çalışmalara örnek olarak verilebilir. Vişne çekirdeklerinden yağ ve protein elde edildikten sonra geriye kalan atığın da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bir nevi atığın atığı olan bu materyaller teorik olarak ciddi miktarda karbonhidrat içermektedir. Dolayısıyla ilgili yapıların özütlenip katma değerli ürünlere dönüştürülmesi atık yönetimi açısından literatüre ve endüstriye farklı bir bakış açısı kazandıracaktır.

Hidrojeller, yüksek miktarlarda suyu emme kabiliyeti olan ve yapılarında suyu tutabilen polimerik malzemedir. Hidrojeller, genellikle su bazlı çözelti veya hidrat halinde bulunan bir polimer ağından oluşur. Bu polimer ağları, suyu emerek şişerler ve suyu bünyesinde hapsederek jel kıvamını alırlar. Bu polimerik yapılardan gıdadan medikal alanına kadar farklı sektörlerde yararlanılmaktadır (Cascone ve Lamberti, 2020; Manzoor ve ark., 2022). Hidrojellerin inşa edilmelerinde daha çok sentetik materyaller kullanılmaktadır; ancak sentetik materyallerin toksik ve çeşitli yan etkilerinin olması nedeniyle son yıllarda doğal muadillerinin sektöre dâhil edilmesine yönelik bir çaba söz konusudur. Doğal hidrojellerin yapı malzemesi olarak karbonhidratlar, proteinler ve/veya bu polimerlerin karışımları kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda doğal hidrojellerin sentetik hidrojeller kadar yapısal dayanımının olmadığı rapor edilmiştir. Ayrıca jellerin tek başına proteinler kullanılarak inşa edilmesi bu dayanımın daha da düşmesine neden olduğunu rapor eden çalışmalar mevcuttur. Dolayısıyla literatür bulgularında proteinlerle birlikte farklı yapıya sahip doğal polimerik yapıların bir arada kullanımının faydaları vurgulanmıştır (Başyigit ve ark., 2023). Belirtilen hususlar ışığında çalışmanın alınarak mevcut çalışmada yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeklerinden pektin materyali özütlenmiştir. Elde edilen pektin tozları soya proteini bazlı doğal hidrojellerin yapımında destek materyali olarak kullanılmıştır. Çalışmanın ana amacı soya proteini-vişne çekirdeği pektini bazlı doğal hidrojellerin üretimi olup çalışmada:

- Yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeği atığından (bir nevi atığından atığından) pektin (VÇP) materyalinin eldesi,
- VÇP'nin karakteristik özelliklerinin ticari elma pektini (TEP) ile karşılaştırmalı olarak sunulması,
- VÇP'nin soya proteini bazlı doğal hidrojellerde destek materyali olarak kullanılması,
- Doğal hidrojellerin morfolojik, fonksiyonel ve spektroskopik özelliklerinin belirlenmesi,
- Hidrojellerin fenolik yapıların salınımındaki kabiliyetlerinin ortaya konması hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Vişne (*Prunus cerasus* L.)

Vişne (*Prunus cerasus* L.) Rosaceae (Gülgiller) familyasına ait bir bitki türüdür. Bitki boyu 5-7 m'ye kadar uzayabilmekte ve bitki gerekli bakımları yapıldığı takdirde 40-50 yıl verim verebilmektedir. Vişnenin tatlı ve ekşi çeşitleri bulunmaktadır. Vişne genellikle ılıman bölgelerde bahçelerde/tarım alanlarında yetiştirilmektedir. Farklı (ekstrem) iklim koşullarına adaptasyon sağladığı için bu meyve Asya'dan Kuzey Amerika'ya kadar geniş bir bölgede yayılım göstermektedir (Kaftanoğlu, 2013). Asya ve Avrupa kıtalarında günümüze kadar 30'dan fazla *Prunus* türünün keşfedildiği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Blando ve Oomah, 2019). Literatür çalışmalarında vişnenin besin değerinin yüksek olduğu not edilmiştir. Meyvenin besinsel değeri antioksidanlar, antosiyaninler, C vitamini, A vitamini, potasyum, demir ve lif gibi çeşitli besin maddelerinden ileri gelmektedir. Vişnenin içermiş olduğu bu besin maddeleri sayesinde sağlık üzerinde bir dizi olumlu etkisi olduğu bilinmektedir (Blando ve ark., 2019).

Ülkemiz vişne üretiminde dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almaktadır. Türkiye, 2009 yılı verilerine göre 41.7694 ton üretimle dünyada ilk sırada yer almaktadır; ancak zaman içerisinde bu liderliğini kaybetmiş ve yıllık üretimde Rusya lider konuma geçmiştir. Bu alanda Rusya'yı sırasıyla, Polonya, Türkiye, Ukrayna ABD ve İran takip etmektedir (Çizelge 2.1) (FAO, 2018). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de vişne farklı bölgelerde yetiştirilmektedir. Afyon, Amasya, Kütahya ve Tokat önemli vişne üretici illerimiz arasındadır (TÜİK, 2018). Ülkemizde üretilen vişnenin yaklaşık %16'lık kısmı ihraç edilmektedir. Geriye kalan kısım farklı endüstrilerde (özellikle meyve suyu üretiminde: yaklaşık %37) ham madde olarak değerlendirilmektedir (TÜİK, 2018). Vişnenin işlenmesi esnasında daha önce bahsedildiği gibi yüksek miktarlarda atık (sap, yaprak, posa ve çekirdek) açığa çıkmaktadır. Önceki bulgular bu atıklarda katma değerli ürünlere dönüşme potansiyeli olan özel yapıların varlığına işaret etmektedir (Górnaś ve ark., 2016).

Çizelge 2.1. FAO 2018 verilerine göre dünyada vişne üretimi yapan ülkeler (ton)

Ülkeler	2013	2014	2015	2016	İndex (2009=100)	Pay (%)
Rusya	200000	198000	192200	230443	121	16.72
Polonya	188224	176545	179360	194817	103	14.14
Türkiye	179752	182577	183500	192500	100	13.97
Ukrayna	200800	182880	192880	156450	135	11.35
ABD	133447	137983	114577	140210	86	10.17
İran	91558	87682	91000	94606	145	6.86
Sırbistan	140747	93905	91744	80596	77	5.85
Macaristan	70410	91840	96792	67794	86	4.92
Dünya	1386996	13318884	1329443	1378216	103	100

2.1.1. Vişne sapı

Vişne sapı içermiş olduğu sekonder metabolitler açısından dikkat çekmektedir. Örneğin farklı solventler (aseton, etanol, etil asetat 2- propanolun yüzde 70'lik çözeltileri ve su) kullanılarak vişne sapından biyoaktif maddelerin özütlenmesini konu alan bir çalışmada sapın fenolik-antioksidanların (özellikle kateşin) eldesi için makul bir ham madde olduğu rapor edilmiştir (Demiray ve ark., 2011). Ayrıca, yazarlar fenolik-antioksidanların (toplam fenolik madde miktarı: 1113 µg/g) eldesi için en uygun solventin etil asetat (%70, v/v) olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada vişne sapının sulu özütlerinde fenolik fraksiyonları araştırılmıştır. Sapta en fazla bulunan fenolik bileşiğin kateşin (517.3 µg/g) olduğu bu bileşiği ise sırasıyla ferulik asitin (129.2 µg/g), parakumarik asitin (63.5 µg/g) ve protokateşik asitin (37.9µg/g) takip ettiği belirlenmiştir (Ertan, 2016). Vişne sapından elde edilen özütlerin içermiş olduğu bu özel yapılar nedeniyle insan sağlığı üzerine bir dizi pozitif etkiye (ödem attırıcı, kabızlık giderme, vb.) sahip olduğu ile ilgili bilimsel literatürde veri setleri mevcuttur (Uzun ve ark., 2004; Güneş ve ark., 2011).

2.1.2. Vişne yaprağı

Son yıllarda bitkilerde doğal olarak bulunan antikanserojen maddelerin araştırılmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu maddelerden flavonoidler ve fenolik

asitler en umut verici olan gruplar olarak kabul görmektedir (Nakamura ve ark .2003; Tapiero ve ark 2002). Vişne meyvesinde bulunan fenolik bileşikler sadece bitkinin meyvesinde değil aynı zamanda bitkinin yapraklarında da bulunmaktadır. Bu fenolik bileşikler farmasötik etkilerinin yanı sıra ve doğal biyopestisitler için potansiyel bir kaynak olabileceği yürütülen çalışmayla kayıt altına alınmıştır (Chrzanowski ve ark., 2007). Bu kapsamda 2004 yılında yürütülen bir çalışmada vişne yapraklarındaki fenolik bileşikler metanol kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonucunda vişne yapraklarının kuru madde g başına 30.702 mg toplam fenolik madde içerdiği tespit edilmiştir. Vişne yapraklarındaki bireysel fenolikler arasında salisilik asitin (17.72 g/mg), klorojenik asitin (3.792 g/mg), gallik asitin (0.68 g/mg), kafeik asitin (0.14 g/mg), trans-sinmatik asitin (0.071 g/mg), ferulik asitin (0.05 g/mg) ve p-kumarik asitin (0.04 g/mg) yer aldığı rapor edilmiştir (Chrzanowski ve ark., 2007). Vişne yaprağında bulunan fenolik asitlerin gram negatif bakterilerine karşı antimikrobiyal etki gösterdiği ve bu bakterilerin gelişimlerini engellediği belirtilmiştir (Szewczyk ve ark., 2004; Puupponen ve ark., 2001).

2.1.3. Vişne Posası

Vişne meyvesinin işlenmesi esnasında ortaya çıkan bir diğer yan ürün posadır. Kuru ağırlık üzerinden meyvenin yaklaşık %90'lık kısmını posa oluşturmaktadır. Taze meyvenin işlenmesi esnasında toplam ağırlığının %15-28 arasında posa açığa çıkmaktadır (Bajerska ve ark., 2015; Greiby ve ark., 2017). Diğer yan ürünlerde olduğu gibi posa da yapısında özel yapılar barındırmaktadır. Bu özel yapılar arasında fenolik bileşikler, karbonhidratlar (diyet lifi, selüloz, pektin ve lignin), C vitamini ve potasyum gibi fitokimyasallar yer almaktadır (Wang ve ark., 2017). Vişne posasının flavonoidler açısından dikkate değer bir atık materyal olduğu önceki çalışmalarda vurgulanmıştır. Bir başka ifade ile posa flavonların, izoflavonların, flavanonların, kateşinin ve izokateşinin önemli bir kaynağıdır (Çilek ve ark., 2012); ancak vişne posasında en dikkat çeken yapı diyet lifleridir. Posanın büyük bir kısmını (yaklaşık %77.4) diyet lifleri oluşturmaktadır. Bu oranın %69.40'nı lignin, %18.40'nı selüloz, %10.70'ini hemiselüloz ve %1.50'sini pektin oluşturmaktadır (Wang ve ark., 2017). Bahsedilen yapıları içermesinden dolayı vişne posası sağlık uygulamalarında da ele alınmıştır. Posanın kronik hastalıklar, kanser, LDL oksidasyonu ve gastrointestinal sistem üzerine olumlu etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Martin ve ark., 2013). Tüm bu noktalar dikkate alındığından medikal uygulamalara ek olarak vişne posası gıda formülasyonlarında kullanılmak üzere önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Greiby ve ark., 2013).

2.1.4. Vişne çekirdeği

Vişne meyvesinde çekirdek oranı %7-15 arasında değişmektedir. FAO 2018 verilerine göre Türkiye’de yıllık vişne üretimi 192.500 ton iken Dünya genelinde toplam vişne üretimi yaklaşık 1.378.216 tondur. Üretimi yapılan vişnelerin yaklaşık yüzde 85’i (Türkiye 163.625 ton ; Dünya 1.171.483 ton) meyve suyu, marmelat şurup ve kuru meyve olarak değerlendirilmektedir (Capanoğlu ve ark ., 2011). Bu oranlar dikkate alındığında meyvenin işlenmesi esnasında ciddi miktarda çekirdek açığa çıkmaktadır. Teorik olarak bir hesaplama yapılırsa vişne meyvesinin işlenmesi esnasında yıllık Türkiye’de yaklaşık 24.500 ton; dünyada ise yaklaşık 175.000 ton vişne çekirdeği atığı ortaya çıkmaktadır. Açığa çıkan çekirdekler genel olarak herhangi bir prosese dahil edilmeden bertaraf edilmektedir; yapılan çalışmalarda vişne çekirdiği (VÇ)’nin özel yapıları içerdiği rapor edilmiştir. Bu yapılar arasında en dikkat çekici olanları makro besin bileşenleridir. VÇ göz ardı edilmeyecek seviyelerde karbonhidrat (%46.6), protein (%29.3) ve yağ (%17) içermektedir (Yılmaz ve Gökmen, 2013). Dolayısıyla, bu özel yapıların elde edilip katma değerli ürünlere dönüştürülmesi makul bir yaklaşımdır. Son yıllarda yürütülen çalışmalarda ve sektörel uygulamalarda bu yaklaşımı destekler niteliktedir. Bu bağlamda VÇ yağının karakterizasyonunu konu alan çalışmalar mevcuttur. Yağın büyük bir kısmını doymamış yağ asitleri (oleik, linoleik) oluşturmaktadır (Bak ve ark., 2010). Bu ve benzeri besinsel değerinden dolayı gıda ve kozmetik başta olmak üzere VÇ yağının farklı sistemlere dahil edilmesine yönelik çabalar devam etmektedir.

Yağ ile benzer şekilde VÇ’den protein izolasyonu üzerine çalışmalar da literatürde mevcuttur. Bulgular VÇ’nin piyasadaki protein eldesinde kullanılan ham maddelere iyi bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, VÇ proteinlerinin prolin, glisin, aspartik asit, lisin, serin ve alanin gibi esansiyel amino asitlere sahip olduğu bildirilmiştir (Eryılmaz, 2016). Bu proteinlerin tam anlamıyla bir gıda prosesine dahil edildiğini söylemek mümkün değildir. İlgili konu üzerine de farklı sektörlerde (gıdadan medikal uygulamalara kadar) bir odaklanma söz konusudur.

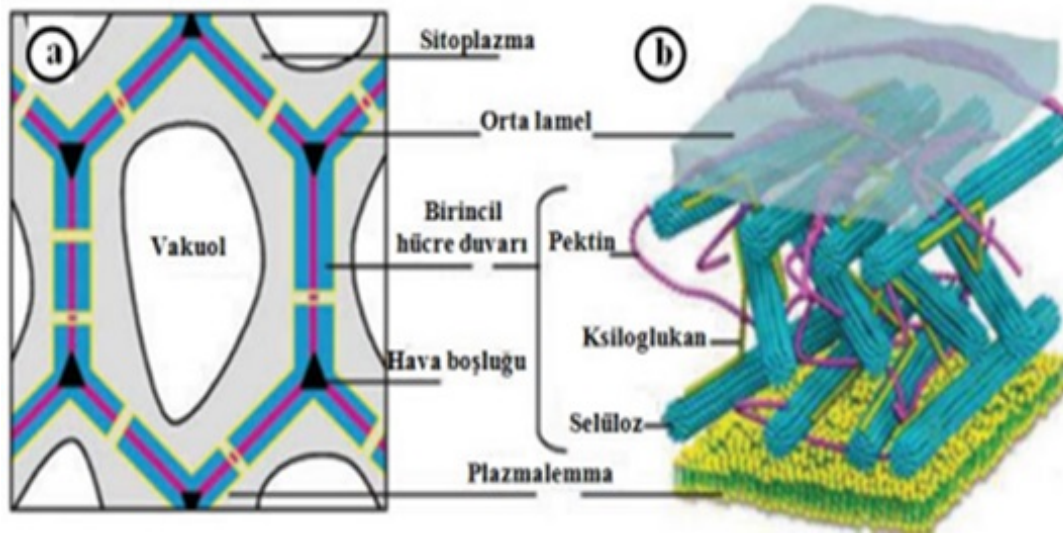
Yağ ve proteinlerin aksine VÇ’de en fazla orana sahip olan karbonhidratlarla ilgili bilimsel literatürde çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Literatüre ve sektörel uygulamalara yön vermek için bu konuda daha fazla çalışmaya ve bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut çalışma da belirtilen ihtiyaçlar doğrultusunda planlanmıştır. Çalışma kapsamında VÇ’den pektin özütlemesi gerçekleştirilmiş ve ilgili

karbonhidratın karakteristik özellikleri detaylandırılmıştır. Ayrıca ileri de yürütülecek çalışmalara yön vermek için elde edilen pektin doğal hidrojel üretiminde destek materyali olarak kullanılmıştır.

Tüm bunlara ilaveten VÇ'nin besin içeriğinden dolayı bazı kaynaklarda insan beslenmesinde kullanılabileceğine dair bilgiler mevcuttur (Bak ve ark., 2010). Daha önce yürütülmüş bir çalışmada VÇ tozu ekmek hamuru ve makarna hamuru formülasyonlarına dahil edilmiştir. Bulgular VÇ'nin fırıncılık ürünlerinde protein kaynağı olarak kullanılabilme potansiyeli olduğunu göstermiştir (Lazos, 1991). Benzer şekilde VÇ ile ilgili atılımlar özel kuruluşlar tarafından da gerçekleştirilmiştir. ABD'de faaliyetleri olan Beatrice Foods yemek şirketi VÇ'nin un haline getirildikten sonra gıda ürünlerine dahil edilebileceğini belirtmiş ve konu ile ilgili patent almıştır. Ayrıca yemek şirketi bir ARGE çalışması yürütmüş ve bu çalışmada ekmek hamuruna %30 oranında VÇ tozu ilave etmenin nihai ürünün duyusal özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Buğday unundan yapılan ekmeklere kıyasla VÇ içeren müadillerinin tat ve aroma açısından ön planda olduğu çalışmada rapor edilmiştir (Baudhuin, 1974)

2.2. Pektin

Pektin golgi cisimciği tarafından sentezlenip bitkilerin hücreler arası kısımları ve orta lamel kısımlarında yer alan bir heteropolisakkarittir. (Babbar ve ark., 2016; Atalay ve ark., 2018). Pektin ile ilgili ilk çalışmalar 1790 yılına dayanmaktadır. Fransız kimyager Louis Nicolas Vauquelin tarafından yürütülen çalışmada pektinin elma suyunda varlığı rapor edilmiştir. 1825 yılında ise Fransız kimyager Henri Braconnot pektin izolasyonu ile ilgili çalışmalar yürütmüş ve elde ettiği nihai yapıları Yunanca sertleştirici anlamına gelen pektikos ismini verilmiştir (Chan ve ark., 2017; Atalay ve ark., 2018).

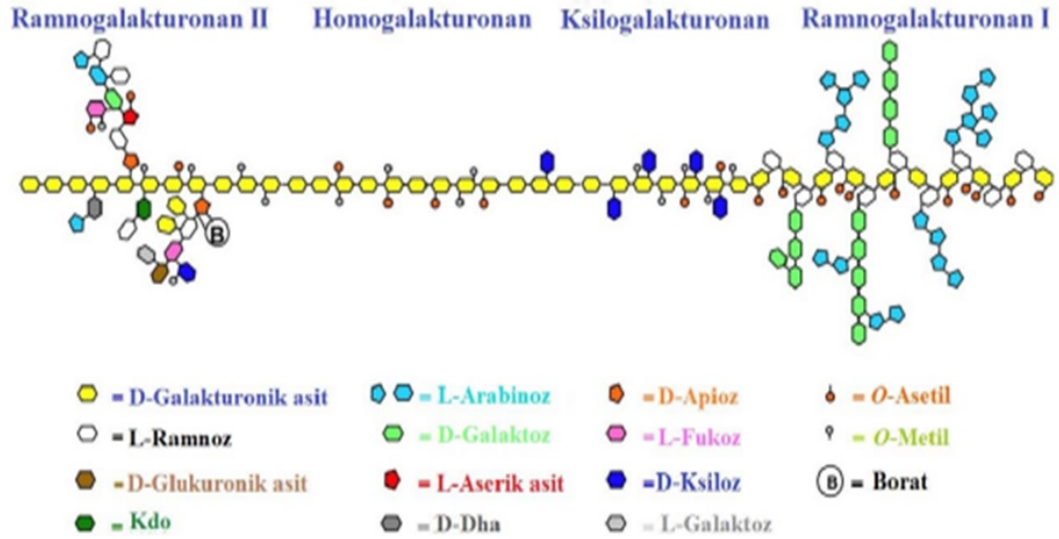


Şekil 2.1. Hücre duvarı şematik görüntüsü (Buggenhout ve ark., 2009)

Pektinin kimyasal yapısı elde edildiği kaynağa, bitkideki konumuna ve elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon metoduna göre değişiklik göstermektedir (Müller-Maatsch, ve ark.,2016; Atalay ve ark., 2018); ancak belirtilen parametrelerden bağımsız olarak bu özel materyalin kimyasal yapısı incelendiğinde pektinin yapı taşını 4 farklı grup oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Bu gruplar homogalakturnan, ramnogalakturnan I, ramnogalakturnan II ve ksilogalakturnandır (Pasandide ve ark., 2017). Pektin molekülüleri düz(lineer) ve yan zincirli bir yapıdan oluşmaktadır. Düz zincirleri homogalakturnanlar oluştururken ramnogalakturnanlar ise yan zincirli yapıyı oluşturmaktadır (Naqash ve ark., 2017). Ana yapıyı oluşturan polisakkaritlerden homogalakturnan pektinin yaklaşık %60'lık kısmını oluşturmaktadır. Homogalakturnan polimeri, α -1,4 bağlarından oluşan düz galaktronik asit zincirinden meydana gelmektedir. İkinci ana yapı ise Ramnogalakturnan I, α -1,4-L-ramnoz zinciri ve α -1,2-D-galakturnik asit zincirinin tekrarlama sonucu oluşan polissakkarittir. Üçüncü yapı dallanmış yapıda Aserik asit, L-Fukoz, Apioz 3-Deoksi-likso-2-heptulosarikasit ve 3-deoksi-manno-2-oktulosonik asit monomerin bir araya gelmesiyle sentezlenen Ramnogalakturnan II polissakkarittir. Dördüncü yapı olan Ksilogalakturnan polimeri, homogalakturnan zincirine β -1,3- D-ksiloz monomerlerinin bağlanması sonucu meydana gelen yapıdır (Voragen ve ark., 2009).

Pektinin kimyasal yapısı elde edildiği kaynağa, bitkideki konumuna ve elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon metoduna göre değişiklik göstermektedir (Müller-Maatsch, ve ark.,2016; Atalay ve ark., 2018); ancak belirtilen parametrelerden bağımsız olarak bu özel materyalin kimyasal yapısı incelendiğinde pektinin yapı taşını 4 farklı grup oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Bu gruplar

homogalakturnan, ramnogalakturnan I, ramnogalakturnan II ve ksilogalakturnandır (Pasandide ve ark., 2017). Pektin molekülüleri düz(lineer) ve yan zincirli bir yapıdan oluşmaktadır. Düz zincirleri homogalakturnanlar oluştururken ramnogalakturnanlar ise yan zincirli yapıyı oluşturmaktadır (Naqash ve ark., 2017). Ana yapıyı oluşturan polisakkaritlerden homogalakturnan pektinin yaklaşık %60'lık kısmını oluşturmaktadır. Homogalakturnan polimeri, α -1,4 bağlarından oluşan düz galaktronik asit zincirinden meydana gelmektedir. İkinci ana yapı ise Ramnogalakturnan I, α -1,4-L-ramnoz zinciri ve α -1,2-D-galakturnik asit zincirinin tekrarlanması sonucu oluşan polissakkaritir. Üçüncü yapı dallanmış yapıda Aserik asit, L-Fukoz, Apioz 3-Deoksi-likso-2-heptulosarikasit ve 3-deoksi-manno-2-oktulosonik asit monomerin bir araya gelmesiyle sentezlenen Ramnogalakturnan II polissakkaritidir. Dördüncü yapı olan Ksilogalakturnan polimeri, homogalakturnan zincirine β -1,3- D-ksiloz monomerlerinin bağlanması sonucu meydana gelen yapıdır (Voragen ve ark., 2009).



Şekil 2.2. Pektinin yapısı (Atalay ve ark. 2018)

Ticari pektin üretiminde turunçgil kabuğu ve elma posası kullanımı yaygın olarak kullanılmaktadır (Atalay ve ark., 2018). Yürütülen bir çalışmada 26 farklı bitkisel atıktan pektin eldesi gerçekleştirilmiştir. Pektin miktarı açısından 247 g/mg ile portakal kabuğu ön plana çıkmıştır (Müller-Maatsch ve ark., 2016). Başka bir çalışmada limon, greyluft ve potakal kabukları için pektin oranlarının sırasıyla %22-28, %21-31 ve %11-25 olduğu kayıtlara geçmiştir. Pektin üretiminde diğer dikkat çekici bir ham madde olarak elma ile ilgili yürütülen çalışmalardan elde edilen veri setleri incelendiğinde klasik asit ekstraksiyon yöntemi ile elma türevi bir materyalden pektin elde edilmiş ve optimum koşullarda veriminin %18-20 olduğu

bulunmuştur (Canteri-Schemin ve ark., 2005). Bu önceki çalışmalar günümüz literatürüne ve sektörel uygulamalara yön vermiş ve daha öncede belirtildiği üzere günümüzde ticari olarak kullanılan pektinin birçoğunun kaynağının turuncgil kabuğu ve elma/ elma türevi yapılar olduğu literatürde belirtilmiştir (Atalay ve ark., 2018). Bir diğer pektin kaynağı olarak endüstriyel şeker pancarı işleme atığı önemli potansiyellerdendir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda pektin kaynağı olabilecek farklı seçenekler üzerine çalışmalar artmıştır. Bu çalışmalarda daha çok endüstriyel alanda kullanılan bitkisel kaynakların atık kısmına yoğunlaşmıştır. Şeker pancarının yaygın olarak rafine endüstrisinde kullanılması nedeniyle yan ürün olarak yüksek miktarda şeker pancarı posası ortaya çıkmaktadır. Şeker pancarı posası yaklaşık %25 oranında pektin içermesinden dolayı potansiyel kaynak olarak değerlendirilebileceği ifade edilmiştir; ancak şeker pancarı posasından elde edilen pektin karakteristik özelliklerinden dolayı bir dizi dezavantaja sahiptir. Bu kaynaklardan elde edilem pektinlerin kısa homogalaktrunan zincirine sahip olması ve daha fazla yan zincir içermesinden dolayı jelleşme özelliğinin istenen düzeyde olmadığı belirtilmektedir (Babbar ve ark., 2016).

Muz meyvesinin yaklaşık %30'luk kısmını oluşturan kabuklarında da pektin kaynağı olarak kullanılabileceğini rapor eden çalışmalar bilimsel literatürde mevcuttur (Oliveira ve ark., 2016). Farklı özütleme koşullarına maruz bırakılan muz kabukları için pektin özütleme veriminin %1.09 ile %5.20 arasında olduğu tespit edilmiştir (Marić ve ark., 2018).

Pektin kaynakları ne kadar önemli ise ilgili kaynaklardan bu özel yapıların uygun şekilde (yüksek verimde ve yapısına zarar vermeden) elde edilmesi de bir o kadar önemlidir. Bilimsel literatürde pektin eldesi için farklı teknikler kullanılmaktadır. Asit ekstraksiyon yöntemi pektin eldesinde en çok kullanılan geleneksel bir uygulamadır. Bu ekstraksiyon yöntemindeki temel ilke düşük pH seviyesinde (1.5-2.5) hücre duvarında deformasyonlar oluşturmak ve bu sayede hücre duvarında yer alan pektinin ekstraksiyon ortamına difüzyon oranını/hızı artırmaktır. Bu metotda toz haline getirilmiş ham maddeler 80-100 °C'lik bir ortamda 0.5-2 M HCl maruz bırakılarak pektin özütleme işlemi gerçekleştirilir (Adetunji ve ark., 2017).

Son yıllarda geleneksel özütleme yöntemine alternatif teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında yer alan ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi

insan kulağının (1-16 kHz) duyamayacağı 20 kHz den yüksek titreşimler ile sıvı içerisinde ani basınç, ani sıcaklık değişimi ve patlayan hava kabarcıklarının oluşması prensibine dayanır. Bu olaya kavitasyon denir ve ultrasonik ekstraksiyon yönteminin temel prensibini oluşturmaktadır. Diğer tekniklerde olduğu gibi ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde de temel amaç hücre duvarını rahatsız etmektedir. Kavitasyon ilgili ham maddenin hücre duvarındaki bağların kırılmasına neden olmakta ve sonuç olarak özütlemeye kullanılan solvent hücre içerisine daha kolay nüfuzu ederek kütle transferini artırmaktadır (Marić ve ark., 2018). Yürütülen bir çalışmada greyfurt kabuklarından pektin eldesi için ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılmış ve ekstraksiyon koşullarının (60 °C-20 dk, 80 °C-40 dk, 30 °C-10 dk, 80 °C-60 dk) işlem verimine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında maksimum verim (%27.51) için ekstraksiyonun 80 °C’de 40 dk’lık süre zarfında gerçekleşmesi gerektiği rapor edilmiştir (Xu ve ark., 2014).

Mikrodalga destekli özütleme işleminin pektin ekstraksiyonunda kullanım amacı ultrasonik destekli yöntem ile aynıdır. Bu yöntemde de ekstraksiyon boyunca mikrodalga enerjisi ile hücre içindeki suyun ısınıp buharlaşması sağlanır. Isınma ve buharlaşma sonucu oluşan su buharı hücre duvarında yüksek basınca neden olur bu basınç sonucu istenen bileşikler çözücü ortamına rahatlıkla geçer (Liew ve ark., 2016).

İran fıstıklarının kabuk kısımlarından pektin özütlemesi ile ilgili bir çalışmada mikrodalga destekli özütleme tekniği kullanılmıştır. Ekstraksiyonda; mikrodalga gücü, 300-500-700 W; mikrodalga zamanı, 60-120-180 sn; pH, 1.50-2.25-3.00 olacak şekilde ayarlanmıştır. Pektin üretimi için optimum koşullar mikrodalga gücü 700 W, mikrodalga süresi 165 sn ve pH değeri 1.50 olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda verim %18.13 ve esterleşme derecesi %12.10 olarak tespit edilmiştir (Hosseini ve ark., 2019). Yürütülen başka bir çalışmada şeker pancarından pektin eldesinde mikrodalga destekli özütleme yöntemi kullanılmış ve işlem veriminin % 5-32 arasında olduğu rapor edilmiştir (Marić ve ark., 2018).

Pektin eldesinde kullanılan bir diğer yöntem de enzimatik ekstraksiyon uygulamalarıdır. Pektin ekstraksiyonunda en çok kullanılan enzimler ksilaz, α -amilaz, proteaz, pektinaz, β -glukozidaz ve selülozlardır. Enzimatik ekstraksiyon yöntemi iki temel prensip dayanmaktadır. Bunlardan ilki uygulamada kullanılacak olan enzim ekstrakte edilmek istenen bileşene direkt etki ederek bileşenin çözücü ortama geçmesini sağlamaktır. İkinci yöntemde ise enzim, ekstrakte edilmek istenen bileşene değil de hücre duvarına etki ederek bileşenin ekstrakte edilmesine olanak

sağlanır (Marić ve ark., 2018). Geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığında sürenin kısa olması, sıcaklığın (40-50) düşük olması gibi avantajları vardır. Ancak enzimlerin pahalı olması ve gıda bileşeninde bulunan bazı yapıların enzimleri inhibe etmesinden dolayı çalışmalar laboratuvar ortamında sınırlı kalmıştır (Adetunji ve ark., 2017; Marić ve ark., 2018).

Büyük oranda laboratuvar sınırlarında kalan yöntemlerden bir tanesi de subritik su ekstraksiyon tekniğidir. Bu yöntemin temel prensibi suyun yüksek basınç altında faz değişimi olmadan kaynama noktasının üzerine çıkması prensibine dayanır. Bu yöntemde çözücü olarak aşırı ısıtılmış su (subritik) kullanılır. Yüksek sıcaklıktan dolayı suyun buhar basıncı ve difüzyon hızı artarken yüzey gerilimi ve dielektik sabiti azalır. Yüksek sıcaklıklarda dielektik sabiti pektinin suda çözünürlüğünü arttırarak işlem veriminin artmasına neden olur (Adetunji ve ark., 2017). Yürütülen bir çalışmada subritik ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elma posası ve turunçgil kabuklarından pektin elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elma posası ve turunçgil kabukları için optimum koşullarda verim sırasıyla %16.68 ve %21.95 olarak bulunmuştur (Wang ve ark., 2014). Pektin ekstraksiyonunda tercih edilen yöntemlerin avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.2’de sunulmuştur.

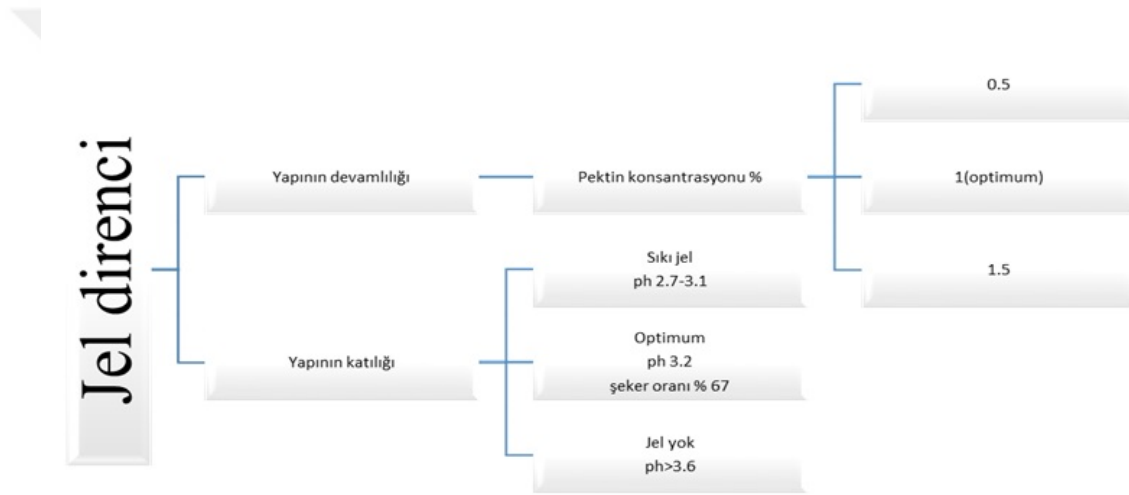
Çizelge 2.2. Pektin ekstraksiyon yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları (Adentunji ve ark., 2017)

Pektin ekstraksiyon yöntemleri	Avantajları	Dezavantajları
Asit ekstraksiyon yöntemi	- Verim yüksektir. - Ekstraksiyonun gerçekleşme oranı yüksektir.	- Ekstraksiyon süresi uzundur. - Solvent sarfiyatı fazladır - Yüksek sıcaklıklarda çalışıldığından dolayı enerji sarfiyatı fazladır. - Atıklar çevresel problemlere neden olabilir.
Enzimatik ekstraksiyon	- Ekstraksiyon süresi kısadır. - Yüksek sıcaklıklara gerek yoktur. - Düşük ph gerekmez ve kimyasal kullanıma gerek yoktur.	- Enzimlerin pahalı olması - Endüstriyel olarak üretiminin yapılmasının zor olması ve süreç kontrolünün zorluğu
Subritik su ekstraksiyonu	- Atıklar çevresel problemlere yol açmaz. - Kaliteli ürün elde edilir. - Ekstraksiyon süresi diğer yöntemlere göre kısadır. - Ekstraksiyon yönteminde asit kullanımına gerek yoktur.	Bu yöntemin uygulanması ve kurulumu pahalıdır.
Mikrodalga ekstraksiyon	- Ekstraksiyon süresinin kısa olması - Yüksek kalitede ürün elde edilmesi - Solvent kullanımının az olması - Kullanılacak ekipmanların boyutunun küçük olması - Eşit ısı dağılımı sağlaması	Büyük ölçekte çalışmak zordur.
Ultrasonik ekstraksiyon yöntemi	- Ekstraksiyon süresinin kısa olması - Solvent kullanımının az olması ve enerji sarfiyatının az olması	- Homojenizasyon sonrası çökelti elde etmenin zor olması - Verimin kullanılacak hammaddeye göre değişiklik göstermesi

Pektinin jel oluşturma yeteneğinin araştırıldığı bir çalışmada bu polisakkaritin jel oluşturma kabiliyeti yapısındaki metoksil gruplarına bağlı olduğu belirlenmiştir. Pektin molekülünde bulunan galakturonik asit zincirinde ki 6. karbon elementinin metil alkol ile esterleşmesine metoksillenme olarak adlandırılmaktadır. Bu terimden yola çıkarak pektinin yapısındaki esterleşme davranışı gösteren karboksil gruplarının yapıdaki toplam karboksil grubuna oranı esterleşme derecesi olarak ifade edilmektedir. Esterleşme davranışı gösteren karboksil gruplarının oranı %50'den yüksek ise bu yapıya sahip pektinlere yüksek metoksilli pektin ve bu oran %50 den düşük ise metoksilli pektin denilmektedir (Baldino ve ark., 2018; Marić ve ark., 2018). Pektindeki bu karboksil seviyesi bu polissakkaritin jel oluşturma davranışıyla doğrudan ilişkilidir. Düşük metoksil grubu içeren pektinler şekere ihtiyaç duymadan

jelleşme gösterirken yüksek metoksil grubu içeren pektinlerin jelleşme gösterebilmeleri için ortamın pH değerinin en az 3.50 ve şeker derişim oranının en az %55 olması gerektiği rapor edilmiştir (Thakur ve ark., 1997). Pektinin jel oluşturma kabiliyetinin optimum olduğu koşullar Şekil 2.3'te özetlenmiştir.

Pektin gıda, medikal, kozmetik sağlık gibi birçok sektörde kıvam artırıcı, jelleştirici ve düzenleyici olarak kullanılan E440 kodlu bir katkı maddesidir (Contreras ve ark., 2018). Reçel marmelat ve şekerleme ürünlerinde jelleştirici, süt ürünlerinde düzenleyici, et ve dondurma ürünlerinde emülsüfliye edici ajan olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Baldino ve ark., 2018). Belirtilen özelliklerinden dolayı pektinin klasik şelat ajanlarına alternatif olabileceği ifade edilmiştir.



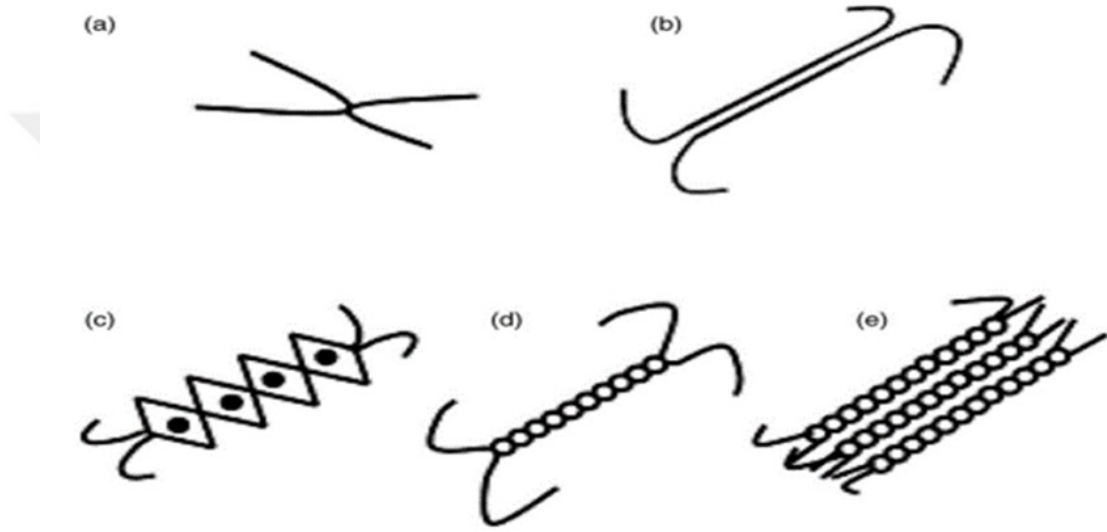
Şekil 2.3. Jel oluşumu için gereken optimum koşullar (Groult ve ark., 2021)

2.3. Jeller

"Jel" terimi kolloidal bilimin konusuna girer ve Polimer Sözlüğü'nde "hiçbir çözücüde çözünmeyen üç boyutlu ağ yapılarına sahip polimerler ve bunların şişmiş maddeleri" olarak tanımlanmıştır. Ancak bu terimin henüz genel kabul görmüş bir tanım değildir. Daha basitleştirilmiş bir tanım ise: "Jel, hem elastik (katı) hem de viskoz (sıvı) özelliklere sahip, katı ve sıvı arasında bir ara maddedir". Jeller esnek davranış gösterir basınç altında şekli bozulur ancak gerilim kaldırıldığında eski haline geri dönmektedir. (Banerjee ve Bhattacharya, 2012). Jeller hidrojen bağı, hidrofobik etkileşimler, iyonik bağlar, kimyasal ve kovalent bağlar gibi farklı türde etkileşimlerde bulunabilmektedir. Biyopolimer ağının fiziksel yapısına bağlı olarak polimer jeller kuvvetli, zayıf veya sahte jeller olarak gruplandırılabilir (Ross-Murphy, 1995). Kuvvetli jellerde bulunan çapraz bağlar bozulduğunda yeniden

oluşturulamaz. Ancak zayıf jellerde bulunan çapraz bağlar ise kırılabilir ve yeniden şekillendirilebilir yapıdadır (Richter, 2007).

Polisakkarit jellerin kritik konsantrasyonu (tekstürel durum), protein orjinli jellere kıyasla nispeten düşüktür. Polisakkarit jeller hidrasyon sırasında polimer bağlar birbirleriyle etkileşim noktaları oluşturarak çapraz bağlanmaya başlamaktadır. Şekil 2.4'te gösterildiği gibi jellerin bağlantı bölgeleri polisakkaritin tipine ve jelin oluşum koşullarına göre değişkenlik arz etmektedir (Nishinari ve Zhang, 2004).



Şekil 2.4. Polisakkarit jellerde idealleştirilmiş bağlantı bölgeleri. (a) Noktasal çapraz bağlantı (b) Uzatılmış blok benzeri bağlantı bölgesi (c) Aljinat ve pektin jellerindeki bağlantı bölgeleri için yumurta kutusu modeli [kalsiyum iyonları (yumurtalar) polisakkarit zincirlerinin (yumurta kutuları) bloklarını birbirine bağlar (d) Çift sarmal bağlantı bölgesi (e) Polisakkarit zincirlerinin sarmal bölümlerinin toplanmasıyla oluşan bağlantı bölgesi (Morris, 2007).

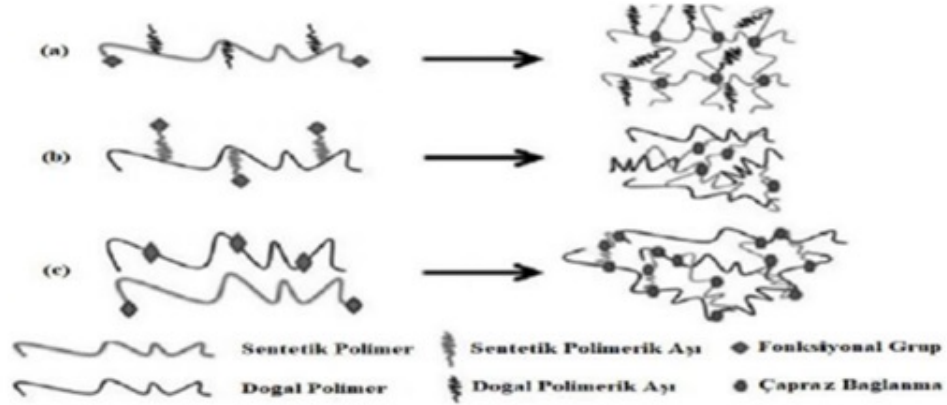
2.4. Hidrojeller

Hidrojeller suda çözünmeyen yüksek su tutma kapasitesine sahip çapraz bağlı 3 boyutlu polimerik yapılardır . Su içerisinde şişebilen ve yapısında hidrofilik grupları barındıran jeller hidrojel olarak adlandırılmaktadır (Schwall ve ark., 2009). Hidrojellerin mukavemeti yapısında barındırdığı çapraz bağların yoğunluğuna bağlıdır. Çapraz bağların yoğunluğu arttıkça hidrojellerin mukavemeti artarken elastikiyetlerinde ciddi anlamda azalmalar meydana gelmektedir (Pal ve ark., 2009). Hidrojellerde bulunan hidrofilik gruplar yüksek miktarda suyu bağlarken yapıdaki çapraz bağlar ise hidrojelin su içerisinden çözünmesini engellemektedir (Ahmed, 2015).

Hidrojeller üretildikleri hammaddeye göre üçe ayrılmaktadır. Bunlar doğal, sentetik ve hibrit hidrojellerden oluşmaktadır.

- Doğal hidrojeller nişasta, kitosan, karboksimetil selüloz, jelatin ve heparin gibi polisakkaritlerden elde edilmektedir (Sever ve Pulat., 2023). Doğal hidrojellerin doğada kolay parçalanabilmesi, biyoyumlu olması, toksisitesinin az olması gibi avantajları varken mekanik dayanımının az olması gibi dezavantajı da vardır (Lin ve ark., 2019).
- Yapay hidrojellerin üretimi 1950'li yıllara dayanmaktadır. Wicherle ve Lim, görme yolları hastalıkları ve cerrahisi için yumuşak doku benzeri biyomalzemeler üretilmesi için bir hipotez kurmuşlardır. Bu hipoteze dayanarak Drahoslav Lim 2-Hidroksietil metakrilat'ın etilen dimetrilak kopomeriaton yöntemiyle ilk kez sentetik hidrojeller sentezlenmiştir (Kopeček ve ark., 2007).
- Hibrit hidrojeller Şekil 2.5'te gösterildiği gibi doğal ve sentetik hidrojellerin birlikte sentezlenmesi ile elde edilen hidrojellerdir. Sodyum karboksimetil selüloz ve selüloz monokristalleri örnek verilebilir (Kumar ve ark., 2018).

Hazırlanma biçimine göre hidrojeller homopolimer, kopolimer, IPN (interpenetrating network) ve yarı-IPN olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Yapısında yalnızca hidrofilik monomer barındıran hidrojellere homopolimer hidrojeller denir. Yapısında iki adet monomerin karşıt bağlanması ile oluşan ve monomerlerinden en az bir adedi hidrofilik yapıda olan hidrojellere de kopolimer hidrojeller denir (Park ve ark., 1993). Bir polimerin çapraz bağlayıcı olmadan kovalent bağ ile bağlanması ile sentezlenen hidrojeller IPN hidrojeller olarak adlandırılmaktadır. Bu tip hidrojellerde polimer sistemlerin kombinasyonu ile yeni polimerik sistemler elde edilmektedir. (Dragan, 2014). Aralarında kimyasal bağ olmayan doğrusal polimerlerin çapraz bağlara nüfuz etmesi sonucu oluşan yapı ise Yarı-IPN hidrojel sistemi olarak bilinmektedir (Ullah ve ark., 2015).



Şekil 2.5. Hibrit hidrojellerin sentezi (Singhal ve Gupta, 2015; Çetinkaya, 2023)

Hidrojeller çapraz bağlanma durumlarına göre fiziksel ve kimyasal olmak üzere ikiye ayrılır. Bunlardan fiziksel çapraz bağlı hidrojeller elde etmek için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler; kristallendirme ile çapraz bağlama, iyonik etkileşimlerle çapraz bağlama, protein etkileşimi ile çapraz bağlama ve hidrojen bağı ile çapraz bağlanma yöntemleridir (Hennink ve Nostrum, 2012). Hidrojellerin kimyasal çapraz bağları ise kovalent bağlarla gerçekleşmektedir. Şişme kapasitesi bakımından kimyasal çapraz bağlı hidrojeller fiziksel çapraz bağlı hidrojellere göre bünyesinde daha fazla suyu absorbe etmektedir (Salleh ve ark., 2018).

İyonik yüklerine göre ise katyonik, nötr, anyonik, amfoterik hidrojeller olmak üzere dört grupta incelenmektedir. İyonik hidrojellerin şişmesini sulu ortamdaki pH değeri doğrudan etkilemektedir (Akram and Hussain, 2017).

Hidrojeller konfigürasyonlarına göre amorf hidrojeller, yarı kristalin hidrojeller ve hidrojen bağlı hidrojeller olmak üzere üçe ayrılır (Akram and Hussain, 2017). Amorf hidrojellerde makromolekül zincirleri dağınık bir biçimde yerleşmiştir. Yarı kristalin hidrojeller yapılarında makromolekül zincirlerinin düzenli olarak yerleştiği kısımların mevcudiyeti fazladır. Bir başka ifade ile amorf ve kristalin formlarının hibritleşmesi ile oluşmaktadır.

Sağlık, gıda, tarım, medikal ve diğer birçok alanda hidrojeller kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada ilaç salım sistemleri, yara iyileştirme ürünleri, kontakt lensler, tarımsal uygulamalar ve diğer birçok alanda da hidrojellerin özelleştirilmiş yapılarının kullanılabileceği belirtilmiştir (Demirci ve ark., 2022). Konuya yönelik yürütülen bir çalışmada polivinil alkol ve kitosan hidrojel yara

pansumanlarında kullanılmıştır. Gamma radyasyonu yöntemiyle kitosan jelatini polivinil alkol matrisine bağlanmıştır. Yara yüzeyine yapıştırılan bu jellerin hasarlı damarları bloke ettiği ve pıhtılaşmayı hızlandırdığı rapor edilmiştir (Fan ve ark., 2016). Hidrojellerin belirtilen bu alanlarda kullanımını neticesinde oluşabilecek muhtemel avantajlar ve dezavantajlar durumlar Çizelge 2.3'te sunulmuştur.

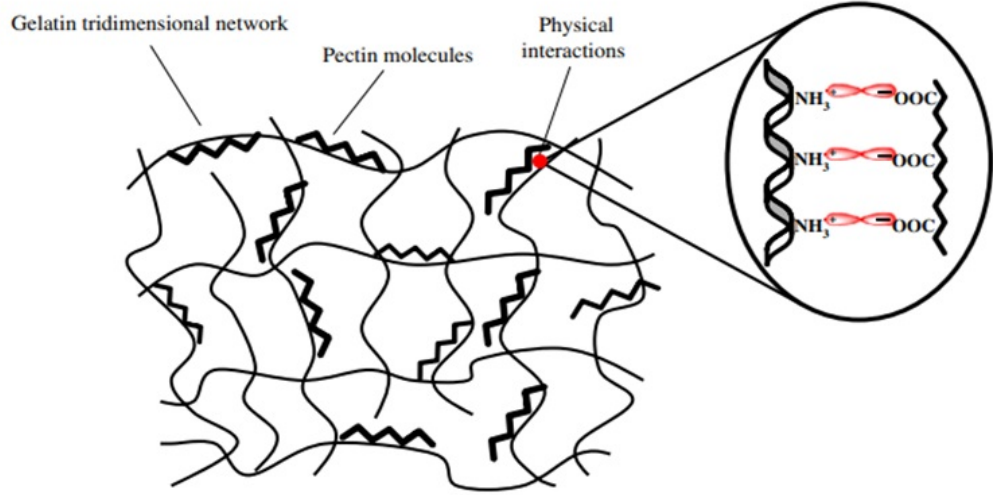
Çizelge 2.3. Hidrojellerin avantaj ve dezavantaj durumları (Singh ve ark., 2011)

Hidrojellerin avantajları	Hidrojellerin dezavantajları
Su alma kapasitesinden dolayı Dokuya benzer yapısı ve esnekliğe sahip olması	Maliyetinin yüksek olması
Kontrollü salınım yapabilme yeteneği	Yapısı bozulduğunda tekrardan yapışmasının zorluğu
Biyouyumluluğu	Besin ve ilaçlara yüklemde karşılaşılan zorluklar
Farklı sıcaklık, pH ve konsantrasyon ortamlarda farklılıkları algılamama ona göre yüklerini bırakma yeteneğine sahip olması	Mekanik dayanımının düşük olabilmesi
Modifikasyonları kolay olması	Kullanımının zor olması

Hidrojellerin tarımsal alanda kullanılabilirliğini araştıran bir çalışmada yıllık yağış miktarının düşük olduğu bir bölgede toprakta suyu bağlayıcı madde olarak hidrojellerin kullanılması daha az su ile daha yüksek verim elde edilmesi açısından olumlu sonuç verdiği ifade edilmiştir (Kazanskii ve ark., 2005). Hidrojellerin toprakta suyu bağlamasının yanı sıra tarım ilaçlarını da bağlayarak bitki gelişimine olumlu etkilerinin olduğu önceki çalışmalarda not edilmiştir. Bu önceki çalışmalarda bitki gelişimini hızlandıran ilaçların hidrojel ile enkapsüle edilerek toprağa verilmesiyle ilacın etkinliğinin arttığı ifade edilmiştir (Abobatta, 2018).

Ambalaj yapımında kullanılan hammaddelerinin çoğunlukla doğada uzun yıllar çözünmeyen fosil kaynaklardan elde edildiği düşünüldüğünde doğal hidrojellerin kullanılabilirliğinin olması çevresel kirliliğin önlenmesi açısından umut vaat etmektedir. Bu hususta gıda sistemlerine yönetik yürütülen bir çalışmada pektin destekli jelatin bazlı hidrojellerin ambalaj malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır (Şekil 2.6.). Ambalaj yapımında kullanılacak olan pektin destekli hidrojeller ile pektin içermeyen muadillerinin dayanım ve sıcaklık toleransı

arasındaki farklılıklar incelenmiştir. İçerisinde pektin bulunan hidrojellerin ambalaj yapımına daha uygun olduğu ve yapısının daha kararlı olduğu belirtilmiştir (Farris ve ark., 2009). Çevresel kirliliğin önlenmesine yönelik yürütülen farklı bir çalışmada hidrojellerin kirliliğe neden olan ağır metallerin ortamdaki uzaklaştırılması ve iz miktardaki değerli iyonların geri dönüşümü için kullanılabileceği ifade edilmiştir (Melekaslan ve ark., 2004).



Şekil 2.6. Jelatin ve pektin arasındaki yük etkileşimlerinden oluşan fiziksel hidrojinin gösterimi (Farris ve ark., 2009)

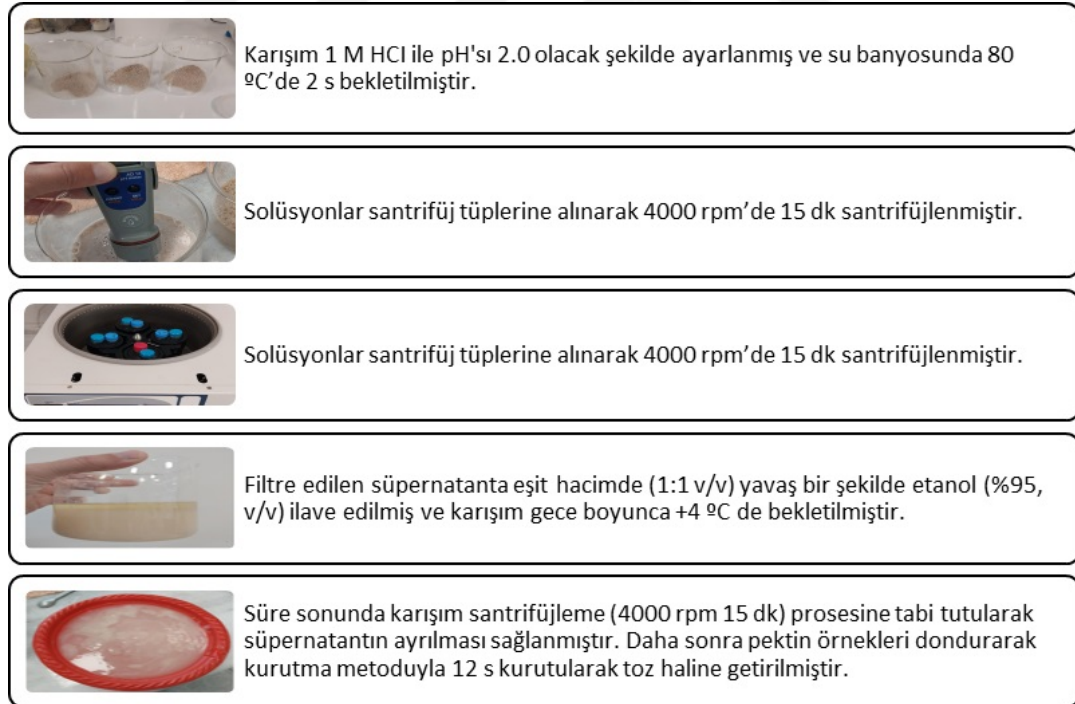
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Pektin eldesinde ham madde olarak kullanılan vişne çekirdekleri Isparta'da bulunan yerel bir firmadan tedarik edilmiştir. TEP Öz Yıldız Kimyevi Maddeler (İstanbul, Türkiye) işletmesinden temin edilmiştir. Diğer kimyasallar Sigma (St. Louis, MO, USA) ve Merc (Darmstadt, Almanya) firmalarından satın alınmıştır. Çalışmada analitik saflığa sahip kimyasallar kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Pektin özütleme adımları ile hidrojel üretim adımları sırasıyla Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Çalışma iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci aşamada vişne çekirdeklerinden pektin bileşiği özütlenmiştir. Özütlenen VÇP, TEP ile fiziksel ve kimyasal yönden karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada VÇP destekli soya hidrojel, TEP destekli soya hidrojel ve sade soya hidrojel tekstürel, fonksiyonel morfolojik ve fenolik madde salınım özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır.



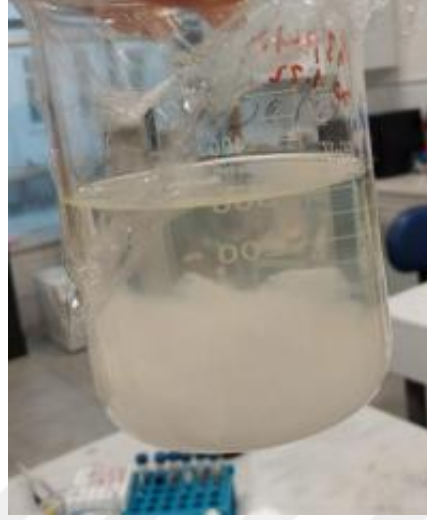
Şekil 3.1. Yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeğinden pektin özütleme adımları



Şekil 3.2. Hidrojel üretim adımları

Pektin izolasyonu yağı ve proteini alınmış VÇ'lerden elde edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak VÇ'lerden yağ ayırma işlemi laboratuvar tipi bir soğuk pres makinesi (12 kg thum/s, tek kafa, 750 W güç) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra proteinler, tarafımızca optimize edilen şartlar kullanılarak yağı alınmış VÇ posasından özütlenmiştir (Başyigit, 2022). Pektin özütlemesi için önceden yapılmış bir çalışma bazı değişiklikler ile referans alınmıştır (Kamal ve ark., 2023). Yağı ve proteini alınmış VÇ'ler öğütme işlemine tabi tutularak toz forma dönüştürülmüştür. Nihai tozlar (5 g) saf su (100 mL) ile 250 rpm'de 2 s süresince karıştırılmıştır. Elde edilen karışımın pH değeri 1 M HCl ile 1.0, 2.0 ve 3.0'e ayarlandıktan sonra örnekler sıcaklığı 80 °C'de olan su banyosunun yerleştirilmiştir. Özütleme işlemi 150 rpm'de 2 s boyunca gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda solüsyonlar tüplere alınarak 4000 rpm de 15 dk santrifüj işlemine maruz bırakılmıştır. Süpernatanta yavaş bir şekilde etil alkol (1:1, v/v) ilave edilmiş ve nihai karışım 12 s boyunca +4 °C'de bekletilmiştir. Süre sonunda çöken pektin bileşikleri Şekil 3.3' te gösterilmiştir. Solüsyon tekrar 4000 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant uzaklaştırılmıştır. Dipte kalan

kalıntılar (pektin) dondurarak kurutma (ColoorMed, Türkiye) yöntemi ile toz forma dönüştürülmüştür. Pektin tozları analizlere ve hidrojel üretimlerinde kullanılabileceği kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.3. Özütleme işlemi sonucunda çöken pektin bileşiklerinin görüntüsü

Hidrojel üretimi önceden yürütülen bir çalışmada bazı değişiklikler yapılarak referans alınmıştır (He ve ark., 2021a). Soya proteini (3 g) ve pektin (2 g) materyalleri ayrı ayrı 100 mL saf su ile 200 rpm’de oda sıcaklığında 5 s boyunca karıştırılmıştır. Süre sonunda tam bir hidrasyon için solüsyonlar 24 s süresince +4 °C’de bekletilmiştir. Protein ve pektin solüsyonları eşit hacimde karıştırıldıktan sonra nihai karışımların pH’sı 6.0’a ayarlanmıştır. Homojen bir karışım için solüsyonlar oda sıcaklığında 1 s karıştırma (200 rpm) işlemine tabi tutulmuştur. Homojenizasyon işleminden sonra protein/pektin karışımları sıcaklığı 90 °C’ye ayarlanmış su banyosuna ilgili kısmına yerleştirilmiştir. Belirli bir süre (45 dk) bu sıcaklığa maruz bırakılan örnekler süre sonunda buzdolabına (+4 °C) transfer edilmiştir. Analizlerden önce örnekler buzdolabından çıkarılmış ve oda sıcaklığında ilgili işlemler gerçekleştirilmiştir.

3.3. Fiziksel ve kimyasal analizler

VÇ’lerden elde edilen pektin, TEP ve pektin destekli soya proteini bazlı hidrojellerle ilgili yürütülen analiz yöntemleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Pektin ve hidrojellerle ilgili yürütülen analizler

Materyaller	Analizler
Pektin analizleri	• FTIR Spektroskopisi • Özütleme verimi • Nem tayini • Kül Tayini • Renk ölçümü • Hausner oranı ve Carr indeksi • Yağ bağlama • Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi • Su aktivitesi
Hidrojeller	• SEM • Şişme miktarı • Su tutma kapasitesi • Protein sızıntı miktarı • Tekstür • Fenolik madde salınım analizi

3.3.1. Pektin analizleri

3.3.1.1. FTIR spektroskopisi

Pektin örneklerinin karakteristik yapılarını belirlemek amacıyla FTIR (Shidmadzu, Japonya) spektroskopisi kullanılmıştır. Spektrum taraması 1 cm⁻¹ çözünürlükte ve 600-4000 cm⁻¹ dalga boyları arasında yapılmıştır (Andrade ve ark., 2019).

3.3.1.2. Özütleme verimi

Başlangıçta kullanılan VÇ posası ile elde edilen pektin tozlarının miktarı kullanılarak özütleme verimi aşağıdaki eşitlik 3.1'e göre hesaplanır.

$$\text{Özütleme verimi} = \frac{\text{Özütlenen pektin tozunun ağırlığı}}{\text{Başlangıçtaki posa ağırlığı}} * 100 \quad (3.1)$$

3.3.1.3. Nem tayini

Nem miktarı gravimetrik metot ile hesaplanmıştır. Pektin tozları (1 g) 105

°C'de 24 s sabit tartıma gelinceye kadar fanlı etüvde bekletilmiştir. İlk tartım ve son tartım oranlanarak eşitlik 3.2'ye göre nem oranı hesaplanmıştır (Samuelsson ve ark., 2006).

$$Nem(\%) = \frac{N2 - N3}{N1} * 100 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

N1 : Örneğin ilk ağırlığı (g)

N2 : Kap ve örneğin ilk ağırlığı (g)

N3 : Kap ve örneğin son ağırlığı (g)

3.3.1.4. Kül Tayini

Pektin tozlarının kül miktarını belirlemek amacıyla 1-4 gr pektin tozları tartılmıştır. Daha sonra örnekler sabit tartıma gelinceye kadar 600 °C'de 16 s boyunca yakılmıştır. İlk tartım ve son tartım oranları toplam kül miktarı (Eşitlik 3.3.) tespit edilmiştir (Liu, 2019).

$$\text{Toplam kül miktarı} = \frac{X - Y}{M} * 100 \quad (3.3)$$

X : Son tartım (Kroza+kalan örneğin ağırlığı) (g)

Y : Krozenin ağırlığı (g)

M : Örneğin ilk ağırlığı (g)

3.3.1.5. Su aktivitesi

Örnekler su aktivitesi ölçüm cihazının (Aqualab, model 4TE, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, ABD) ilgili bölümüne yerleştirilmiş ve okumalar gerçekleştirilmiştir (Turchiuli ve ark., 2005).

3.3.1.6. Renk

Pektin numunelerinin renk değerleri hunter lab. (Color Quest, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, ABD) cihazı ile ölçülmüştür. Standardize edilmiş küvetlere yerleştirilen numunelerin L, a*ve b* değerleri not edilmiştir (Duangmal ve ark., 2008).

3.3.1.7. Hausner oranı ve Carr indeksi

Hausner oranı ve Carr indeksi hesaplamasında yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri kullanılmıştır. (Turchiuli ve ark., 2005). Pektin tozları (5 g) 25 mL mezüre aktarılmış ve örnekleri içeren mezüür düz bir zemin üzerinde 200 defa belirli bir hızda sabit hacim elde edilene kadar yere vurulmuştur. İlk hacim ve son hacim not edilmiştir. Sıkıştırılmış yoğunluğu hesaplanmasında sıkıştırılmış tozun ağırlığı ve sıkıştırılma neticesinde elde edilen hacim kullanılmıştır (not: ağırlık ve hacim oranlanmıştır). Pektin tozlarının Hausner oranı (Eşitlik 3.4) ve Carr indeksi (Eşitlik 3.5) değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Housner oran} = \frac{\text{Sikistirilmis yigin yogunlugu}}{\text{Yigin yogunlugu}} * 100 \quad (3.4)$$

$$\text{Carr indeksi} = \frac{\text{Sikistirilmis yigin yogunlugu} - \text{Yigin yogunlugu}}{\text{Yigin yogunlugu}} * 100 \quad (3.5)$$

3.3.1.8. Yağ bağlama kapasitesi

Pektin tozlarını (1 g) içeren falkonların içerisine 10 mL mısır yağı ilave edilmiş ve karışımlar 15'er dk'lık periyotlarla vorteksleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem 4 defa yapıldıktan sonra pektin/yağ karışımları 4500 rpm 10 dk santrifüj edilmiştir. Falkon tüpler 45 derecelik açıyla 30 dk boyunca tutulmuş ve supernatantların ayrımı gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda son tartım ile başlangıçtaki tartım birbirlerine oran olarak yağ bağlama kapasitesi eşitlik 3.6'ya göre hesaplanmıştır (Cho ve ark., 2014).

$$\text{Yag baglama kapasitesi} = \frac{(N3 - N2) - N1}{N1} * 100 \quad (3.6)$$

N1 : Örneğin ağırlığı (g)

N2 : falkon dara (g)

N3 : Son tartım (g)

3.3.1.9. Emülsiyon aktivite indeksi

Emülsiyon aktivite indeksi için, 0.5 g pektin ile 100 mL potasyum fosfat tamponu (10 mM) karıştırılmıştır. Su içinde yağ emülsiyonu oluşturmak için 75 mL hazırlanan solüsyondan alınmış ve 25 mL mısır yağı ile 12.000 rpm’de 1 dk boyunca Ultra-Turrax (IKA-T18 Basic, Japonya) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen emülsiyon (50 µL) 5 mL sodyum dodesil sülfat (%0.1 w/v) ile karıştırılmıştır. Karışımın absorbansı 500 nm’de UV–Vis spektrofotometre (Model UV-1280, Shimadzu, Japonya) ile okunmuş ve emülsiyon aktivite indeksi Eşitlik 3.7’ye göre belirlenmiştir (Lee ve ark., 2021).

$$\text{Emülsiyon aktivite indeksi} = \frac{2 * 2.303 * A_i * SF}{C * P * Q * 1000} \quad (3.7)$$

A_i: Homojenizasyon sonrası okunan absorbans değeri

SF: Seyreltme faktörünü,

C: Pektin konsantrasyonunu

P: Optik yol

Q: Yağ hacim fraksiyonu

3.3.2. Hidrojel analizleri

3.3.2.1. Taramalı elektron mikroskobu

Dondurarak kurutulmuş hidrojellerin morfolojik yapıları yapıları ZEİSS marka elektron mikrosbu (ZEISS Sigma 300 Field Emission SEM, Oberkochen, Almanya) ile incelenmiştir. Net görüntüler elde etmek için numuneler altın-paladyum ile kaplanmıştır (Başyigit ve ark., 2021b).

3.3.2.2. Su tutma kapasitesi

Hidrojeller (2 g) santrifüjleme (4000 rpm, 20 dk) işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüjlenen örneklerin yapısından ayrılan su fazı filtre kağıtları yardımıyla alınmıştır. Su tutma kapasitesi 3.8'deki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Wang ve ark., 2019).

$$\text{Su tutma kapasitesi}(\%) = \frac{\text{Santrifuj islemi sonundaki jelin ağırlığı}}{\text{Jelin ilk ağırlığı}} * 100 \quad (3.8)$$

3.3.2.3. Şişme oranı

Jellerin merkezinden alınan kübik parça (10 mm) sıcaklığı 50 °C saf su içerisine daldırılmıştır. Örnekler 30 dk su içerisinde bekletildikten sonra filtre kağıdı yardımıyla jel etradındaki sular alınmış ve son tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Şişme oranı 3.9'daki Eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (He ve ark., 2021b).

$$\text{Sisme oranı}(\%) = \frac{\text{sismis jelin ağırlığı-Jelin ilk ağırlığı}}{\text{Jelin ilk ağırlığı}} * 100 \quad (3.9)$$

3.3.2.4. Protein sızıntı miktarı

Hidrojeller (2 g) 8 mL sodyum fosfat tamponu (0.05 M pH 7) içeren behere daldırılmıştır. Beher 2 s boyunca 30 dk'da 1 defa olmak koşuluyla manuel olarak karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra solüsyon santrifüj (4000 rpm 10 dk) edilmiştir. Süpernatantaki protein miktarı Bradford yöntemiyle ölçülmüştür. (He ve ark., 2021b).

3.3.2.5. Tekstür özellikleri

Hidrojellerin tekstürel davranışları olan sertlik, sakızımsılık ve çiğneme özelliklerinin belirlenmesinde TAXT plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK) kullanılmıştır. Analiz silindirik bir prob (P/0.5) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Wang ve ark., 2019).

3.3.2.6. Fenolik maddelerin salınım özellikleri

VÇP destekli soya proteini bazlı hidrojellerin fonksiyonel grupların

taşınmasındaki potansiyelini değerlendirmek için model özütler hibiskus (*Hibiscus sabdariffa* L.) bitkisinden elde edilmiştir. Özütlerin eldesinde daha önce yürütülmüş bir çalışma referans olarak alınmıştır (Naji ve ark., 2023). Sıcaklığı 120 °C olan 100 mL saf su ile 5 g hibiskus karıştırılmıştır. Biyoaktif maddelerin özütlenmesi 54 dk boyunca devam etmiştir. Özütleme işleminin ardından nihai solüsyon 4000 rpm’de 5 dk boyunca santrüfjlenmiş ve elde edilen süpernatant (2 mL) hidrojellere enjekte edilmiştir. Hidrojeller 0.2 M sodyum fosfat tamponu (pH 7) olan içeren beher içerisine transfer edilmiştir. Fenolik maddelerin solüsyona geçiş miktarı 360 dk boyunca takip edilmiştir (Liu ve ark., 2018). Her bir saatin sonunda solüsyondan 2 mL alınmış ve toplam fenolik madde analizine tabi tutulmuştur (not: alınan solüsyonun yerine aynı miktarda tampon ilave edilmiştir). Alınan solüsyonun 0.4 mL’si bir cam tüpe pipetlenmiştir. Tüp içerisine sırasıyla 2 mL Folin-Ciocalteu fenol reaktifi (1:9 v/v) ve 1.6 mL sodyum karbonat (%7.5, w/v) ilave edilmiştir. Nihai karışım 1 s karanlıkta inkübasyona bırakıldıktan sonra absorbans değeri 765 nm UV-Vis spektrofotometre kullanılarak okunmuştur. Solüsyonlardaki toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri olarak belirlenmiştir (Tülek ve ark., 2021).

3.4. İstatistiksel analizler

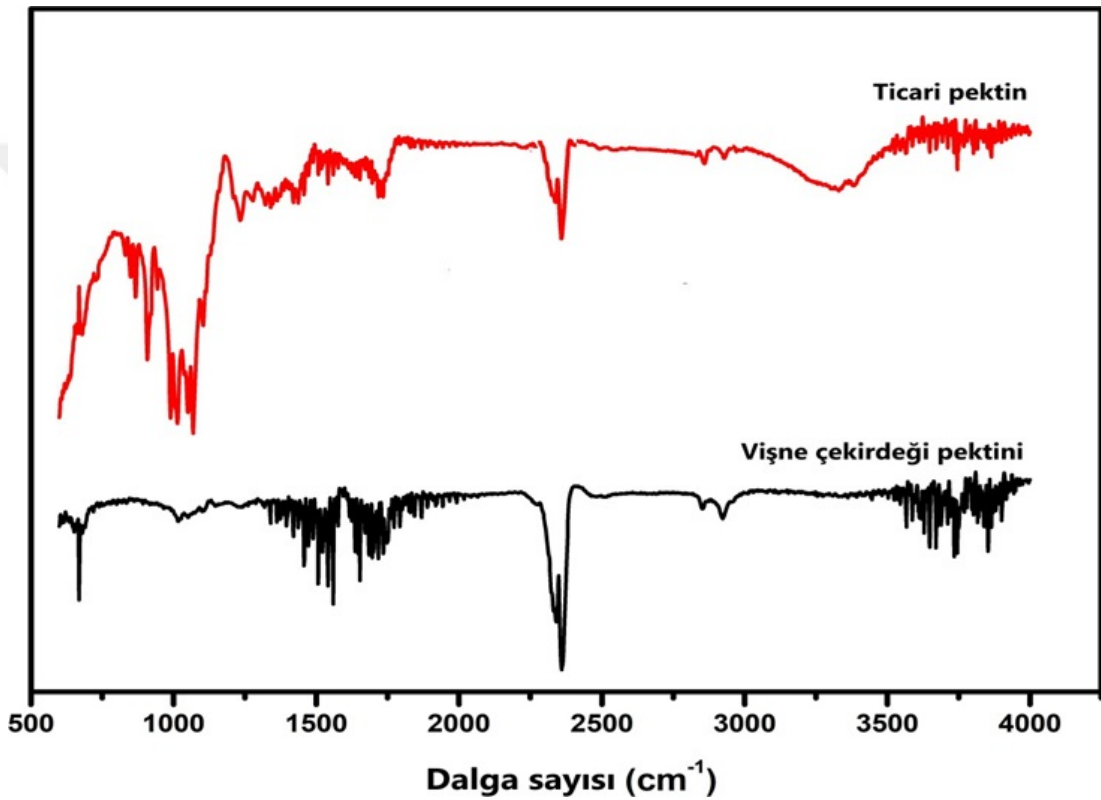
Üretimler ve analizler 3 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekiller OriginPro 2021b (Origin Lab Inc.) programı ile dizayn edilmiştir. Bulguların istatistiksel değerlendirmesinde SPSS sürüm 22.0 istatistik paket (SPSS Inc., Chicago, ABD) programı kullanılmıştır. Veri setleri tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkların tespit edilmesinde Turkey HSD testi ($p \leq 0.05$) kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. VÇP ve TEP için yürütülen analiz sonuçları

4.1.1. FTIR Spektroskopisi

Yağı ve proteini alınmış VÇ'lerden pektin elde etmek amacıyla izlenen metotların doğru olup olmadığı ve gerçekleşen ekstraksiyon işlemlerinin başarısını değerlendirmek amacıyla nihai tozların kimyasal yapıları FTIR spektrumları ile yorumlanmıştır. VÇP ve TEP'e ait spektrumlar Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. VÇP ile TEP'in FTIR spektrumları

4.1.2. Pektin tozlarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Çalışmanın bu aşamasında VÇP ve TEP'nin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Nihai sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Pektin materyallerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri

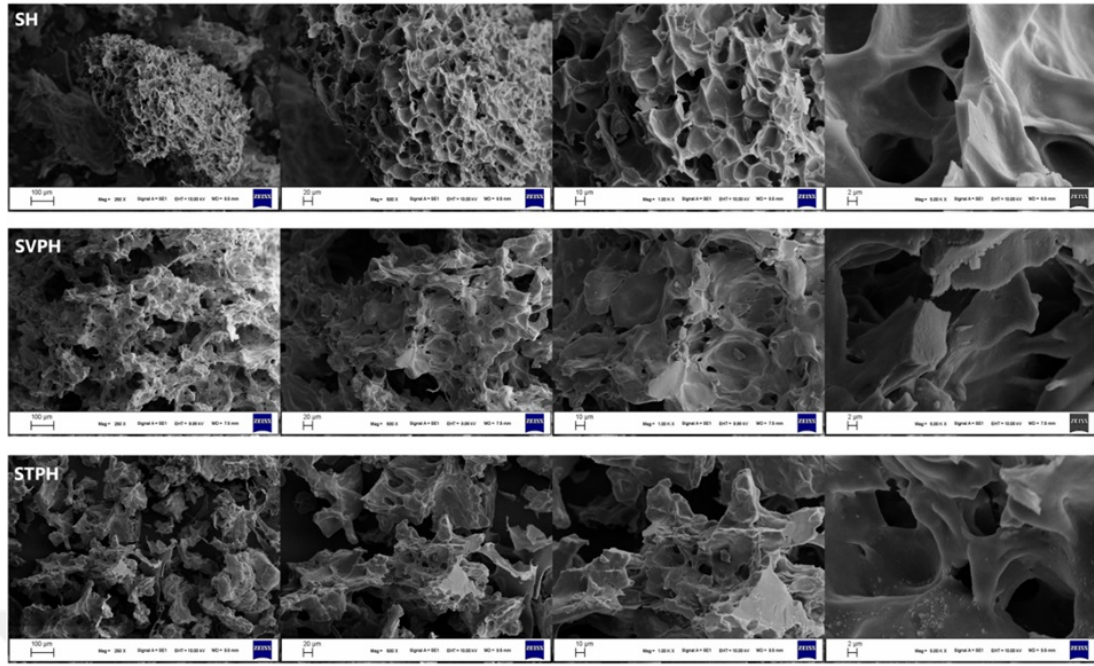
Parametreler	Vişne çekirdeği pektini	Ticari elma pektini
Verim (%)	16.25 ± 1.14	-
Nem miktarı (%)	4.53 ± 0.54 ^b	6.80 ± 0.48 ^a
Kül miktarı(%)	3.96 ± 0.42 ^b	5.12 ± 0.36 ^a
Su aktivitesi	0.42 ± 0.03 ^a	0.33 ± 0.01 ^b
Renk tayini L	82.75 ± 0.13 ^a	52.43 ± 0.47 ^b
Renk tayini a*	5.97 ± 0.06 ^a	5.11 ± 0.08 ^b
Renk tayini b*	12.38 ± 0.06 ^a	52.43 ± 0.47 ^b
Hausner oranı	1.17 ± 0.00 ^b	1.31 ± 0.00 ^a
Carr indeks	16.72 ± 0.12 ^b	30.94 ± 0.10 ^a
Yağ bağlama kapasitesi (%)	203.52 ± 1.78 ^b	288.94 ± 1.66 ^a
Emülsiyon aktivite indeksi(m ² /g)	23.77 ± 0.16 ^b	34.90 ± 0.01 ^a

Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a-c) örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklara karşılık gelir (p≤0.05)

4.2. Hidrojel materyallerinin analiz sonuçları

4.2.1. Hidrojellerin SEM görüntüsü

Pektin destekli soya proteini bazlı hidrojellerin yüzey morfolojileri elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Elektron mikroskobundan alınan görüntüler Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Hidrojellerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri SH: Sadece soya proteini varlığında üretilmiş hidrojel SVPH: Soya proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel ve STPH: Soya proteini ve TEP varlığında üretilmiş hidrojel

4.2.2. Hidrojellerin su tutma kapasitesi, şişme oranı ve protein sızma miktarı

Çalışmanın bu bölümünde hidrojellerin fonksiyonel özellikleri olan su tutma kapasitesi, şişme oranı ve protein sızma miktarı araştırılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri

Parametreler	SH	SVPH	STPH
Su tutma kapasitesi (%)	65.74 ± 0.66^c	91.65 ± 0.67^a	83.99 ± 0.93^b
Şişme oranı (%)	3.56 ± 0.31^b	5.78 ± 0.06^a	5.37 ± 0.43^a
Protein sızma oranı (%)	23.11 ± 0.34^a	12.51 ± 0.19^c	15.81 ± 0.11^b

Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a-c) örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklara karşılık gelir ($p \leq 0.05$) SH: Sadece soya proteini varlığında üretilmiş hidrojel SVPH: Soya proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel ve STPH: Soya proteini ve TEP varlığında üretilmiş hidrojel

4.2.3. Hidrojellerin tekstürel analiz sonuçları

Pektin destekli protein bazlı hidrojellerin tekstürel özellikleri sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Tekstürel davranışlara ilişkin bulgular Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

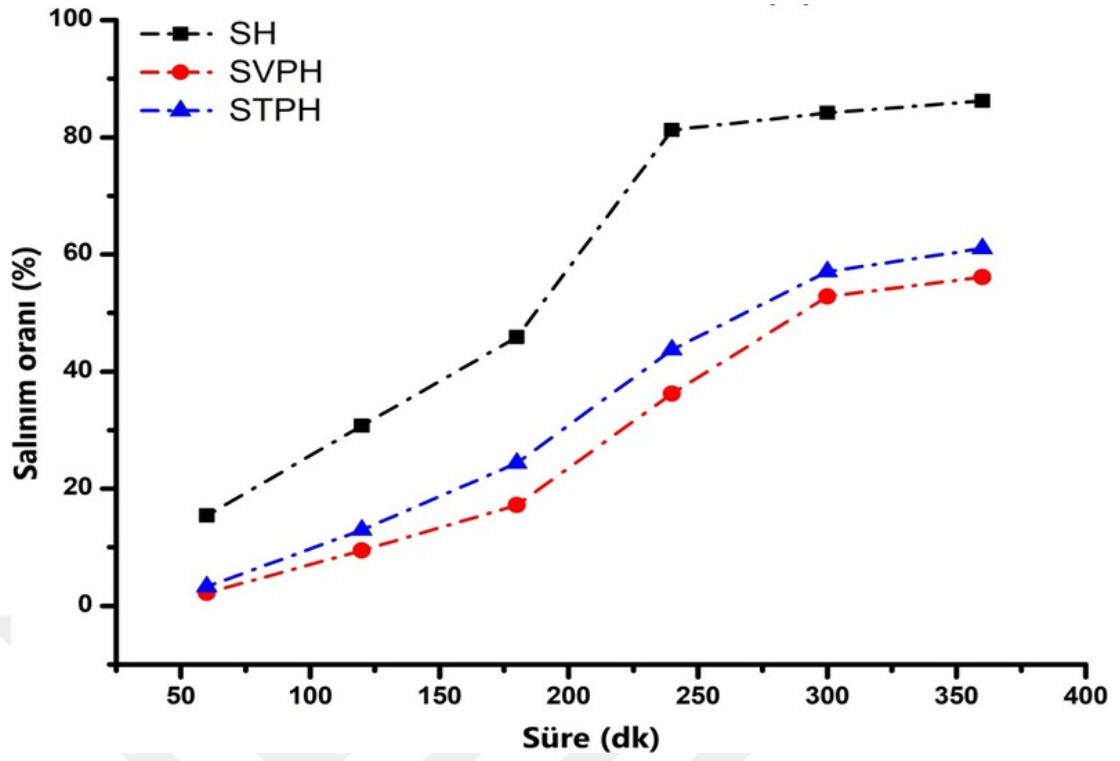
Çizelge 4.3. Hidrojellerin tekstürel özellikleri

Parametreler	SH	SVPH	STPH
Sertlik	373.18 ± 1.07 ^c	1278.57 ± 2.17 ^a	653.53 ± 2.43 ^b
Sakızimsılık	93.80 ± 0.90 ^c	507.08 ± 2.21 ^a	217.08 ± 3.29 ^b
Çiğneme	42.03 ± 0.21 ^c	397.30 ± 3.09 ^a	136.45 ± 1.25 ^b

Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a-c) örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklara karşılık gelir ($p \leq 0.05$) SH: Sadece soya proteini varlığında üretilmiş hidrojel SVPH: Soya proteini ve vişne çekirdeği pektini varlığında üretilmiş hidrojel ve STPH: Soya proteini ve TEP varlığında üretilmiş hidrojel

4.2.4. Hidrojellerin fenolik madde salınım sonuçları

Pektin destekli soya proteini bazlı hidrojellerin fonksiyonel yapıları taşımadaki muhtemel kabiliyetlerini değerlendirmek için model biyolojik madde olarak hibiskus bitkisinden özütlenen polifenoller kullanılmıştır. İlgili bitkiden fonksiyonel gruplar özütlendikten sonra jel sistemlerine yüklenmiştir. Polifenol yüklü jeller tampon çözeltini içeren beherlere transfer edildikten sonra 360 dk boyunca saatte bir defa çözeltiye sızan fenolik madde miktarı tespit edilmiştir. Analiz sürecince fenoliklerin salınım oranında meydana gelen değişimler Şekil 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.3. Hidrojel sistemlerine hapsedilmiş biyoaktif maddelerin salınım davranışı

5. TARTIŞMA

5.1. Yağı ve proteini alınmış vişne çekirdeği posasından pektin özütleme işlemlerinin doğrulanması

Özütleme işleminin başarısını değerlendirmek için VÇP'nin ve TEP tozlarının FTIR spektrumlarına bakılmıştır. Her iki örnek için de benzer spektrumlar elde edilmiştir. Başka bir deyişle VÇP ve TEP için ortaya çıkan absorpsiyon bandlarının dalga sayıları birbirine yakın bulunmuştur. Pektin örneklerindeki O-H bağlarının gerilme titreşimlerine karşılık gelen geniş ve aynı zamanda yayvan pikler 3300 cm^{-1} civarında ortaya çıkmıştır. $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ 'de gözlemlenen zirveler aromatik ve alifatik C-H bağlarından ileri gelmektedir (Güzel ve ark., 2019). Bir diğer absorpsiyon bandları $1740\text{-}1760\text{ cm}^{-1}$ ve 1600 cm^{-1} dalga sayılarında tespit edilmiş ve bu bandlar sırasıyla pektin tozlarının karbonil gruplarının (C=O) esneme titreşimleri ve karboksilat grupları (O-C=O esneme) ile ilişkilendirilmiştir (Sivam ve ark., 2012; Liu ve ark., 2021). Pektinlerdeki metoksi gruplarını (-OCH₃) temsil eden C-O bağının esneme titreşimleri zirveler 1250 cm^{-1} 'de ortaya çıkmıştır (Herrera-Rodríguez ve ark., 2022). Galakturonik asit ünitelerini bir arada tutan glikozidik bağları ile ilgili bandlar $800\text{-}1050\text{ cm}^{-1}$ 'de tespit edilmiştir (Szymanska-Chargot ve ark., 2015). VÇ'den elde edilen tozların TEP ile benzer absorpsiyon bandlarına sahip olması gıda işleme atığı olan VÇ'lerden pektinin başarılı bir şekilde elde edildiğini ispatlamıştır.

5.2. Pektin tozlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri

VÇ'lerden pektin eldesi pH 1, pH 2 ve pH 3 olmak üzere 3 farklı pH değerinde gerçekleştirilmiştir. Uygun koşulların tespit edilmesinde maksimum özütleme verimi dikkate alınmıştır. pH 1.0 (%35.99), pH 2.0 (%16.25) ve pH 3.0 (%2.58) için özütleme verimleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek verim pH 1.0'de elde edilmesine rağmen bu koşullarda elde edilen tozlar yanmalar ve kararmalar meydana gelmiştir. Ürün kalitesindeki problemlerden dolayı VÇ'lerin pektinler pH 2.0'da elde edilmiş ve çalışma ile ilgili yürütülen diğer adımlarda ilgili şartlarda elde edilen pektin tozları kullanılmıştır.

VÇP ve TEP nem oranı sırasıyla %4.53 ve %6.80 olarak bulunmuştur. ($p<0.05$) (Çizelge 4.1). Örneklerin toplam kül oranlarında (VÇP: %3.96 ve TEP: %5.12) da istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiş ($p\leq 0.05$). Su aktivitesi sonuçları (VÇP: 0.42 ve TEP: 0.33) her iki örneğin mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara karşı dayanımlarının yüksek olduğunu göstermektedir.

Pektin tozlarının renk değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılıkların olduğu bu farklılıkların özellikle L ve b* değerlerinde daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. L değerleri incelendiğinde VÇP'nin (L: 82.75) TEP'e (L: 52.43) kıyasla daha parlak bir görünüme sahip olduğu belirlenmiştir. a* değerinde (VÇP: 5.97 ve TEP: 5.11) ise örnekler arasında ciddi farklılıkların olmadığı görülmüştür. Sarılıkla ilişki olan b* değeri VÇP'de 12.38, TEP'de 41.54 olduğu belirlenmiştir.

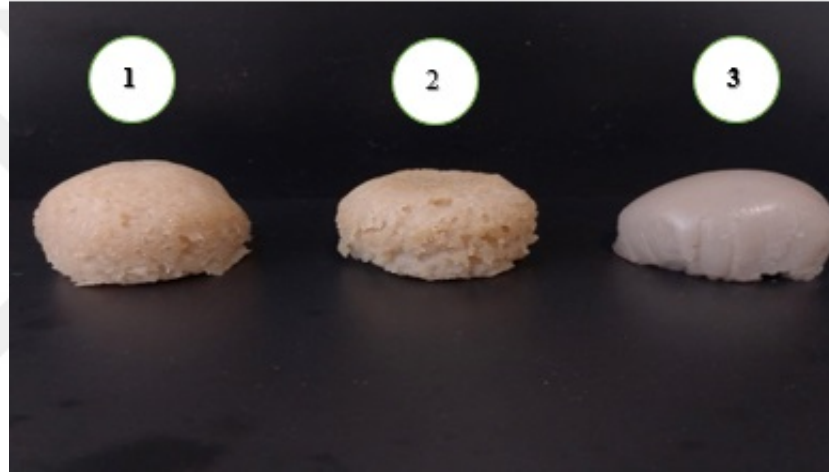
Toz örneklerin kalitesi açısından önem arz eden yapışkanlık ve sıkılaştırılabilirlik özellikleri Hausner oranı(yapışkanlık) ve Carr indeksi(sıkılaştırılabilirlik) değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Santomaso ve ark., 2003). Çalışma kapsamında meyve işleme atıklarından elde edilen pektinin Hausner oranı 1.17 olarak bulunmuştur. Bu değerin TEP için 1.31 olduğu tespit edilmiştir. Carr indeks sonuçları VÇP için 16.72 ve TEP için 30.94 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular akış özellikleri açısından VÇP'nin ticari muadiline göre sektörde ön planda olduğunu göstermiştir (Shah ve ark., 2008).

Fonksiyonel özellikler olan yağ bağlama ve emülsiyon aktivite indeksi ile ilgili bulgulara gelince TEP (%288.94) VÇP'den (%203.52) daha yüksek yağ bağlama kabiliyetine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Bu sonuçlara paralel olarak TEP emülsifiyer olarak da öne çıkmış ve emülsiyon aktivitesi değeri VÇP için $23.77 \text{ m}^2/\text{g}$ olarak bulunurken TEP için bu değer $34.90 \text{ m}^2/\text{g}$ olduğu belirlenmiştir ($p \leq 0.05$).

5.3. Hidrojellerin morfolojik yapıları

Jel sistemlerinin morfolojik yapıları pektin varlığına ve tipine göre farklılık göstermiştir. Pektin ilavesi olmadan hazırlanan jel sistemlerinde gözenekli yapıların hakim olduğu tespit edilmiştir. Bu yapıların por çaplarının ve dağılımlarının homojen olmadığı belirlenmiştir. Daha önceki yürütülmüş çalışmalarda poröz yapıların hidrojeller sistemleri için karakteristik özellik olduğu bildirilmiştir (Junlapong ve ark., 2020). VÇP ve TEP hidrojel sistemlerine dahil edildiklerinde gözenekli yapıların sayısında azalmalar meydana gelmiştir. Pektin içeren bu jellerde iç içe geçmiş ağ yapıların hakim olduğu belirlenmiştir. Bu kompakt yapıların nispeten düzenli ve pürüzsüz oldukları görülmüştür. Bitkisel proteinlerin yapı taşı olarak kullanıldığı hidrojeller sistemlerini konu alan daha önceki bir çalışmada elde edilen morfolojik görüntüler mevcut bulgular ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Önceki

çalışmada yazarlar jellerin dizaynında karbonhidrat varlığının yoğun bileşik ağların oluşmasına neden olduğunu bildirmişlerdir (Başyigit ve ark.,2023). Kompakt yapıların görünmesi protein ile pektin arasında meydana gelen hidrojen bağları ve/veya elektrostatik etkileşimlere bağlanabilir. Bu bağlar ve etkileşimler daha sıkı ve sert bir üç boyutlu yapıya sahip hidrojellerin üretimine neden olmuştur (Slavutsky ve ark., 2019). Morfolojik yapı ile ilgili elde edilen sonuçlar hidrojellerin gerçek fotoğrafları ile de uyumlu bulunmuştur. Hidrojellerin pektin ile desteklenmemesi yapılarının daha az pütürlü ve daha düzgün yapıda olmasını sağlamıştır (Şekil 5.1.). Ayrıca mevcut çalışmada, pektin varlığının hidrojeller de daha sert ve sıkı bir yapıya neden olduğu tekstürel analiz sonuçları ile de doğrulanmıştır.



Şekil 5.1. Çalışma kapsamında üretilen hidrojel örnekleri: 1. Ticari pektin destekli hidrojel, 2. soya protein orjinli hidrojel, 3. Vişne çekirdeği pektini destekli hidrojel.

5.4. Hidrojellerin fonksiyonel özellikleri

Yürütülen çalışmada tek başına soya protein kullanılarak hazırlanan jellerin su tutma kapasitesi %65.74, bu değer pektin destekli muadillerinde artış göstermiştir. VÇP ve TEP hidrojellerde su tutma kapasitesi sırasıyla %91.65 ve %83.99 bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Hidrojel sistemine ilave edilen pektin, jel sisteminde bulunan protein yapılarıyla etkileşime girmesi nedeniyle daha kararlı bir yapıya sahip sistemlerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum santrifujleme sırasında hidrojellerin jel yapısının bozulmasını güçleştirmektedir. Böylelikle hidrojel bünyesinde bulunan mevcut su molekkülleri pektin ilavesi ile meydana gelen güçlü ağ yapıları arasında tutunarak sistemden uzaklaşması engellenmektedir. Bir başka ifade ile düşük sertliğe sahip jel sistemlerinin, su tutma kapasitelerinin de düşük olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Yang ve ark., 2021). Mevcut çalışmada ilgili kısımda sunulan taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ile tekstür sonuçları uyumlu çıkmıştır. İlgili kısımda

sunduğumuz pektin destekli hidrojellerin sade soya orjinli hidrojellere göre daha yüksek jel kuvvetine sahip olduğu görülmüştür.

Hidrojeller bünyelerinde barındırdığı suyun yanında daha fazla suyu absorbe etme yeteneğine sahiptirler. Bu onların şişme kapasitesi yeteneğini ifade eder (Dinerman ve ark., 2002). Soya proteini bazlı hidrojellerin şişme oranları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Şişme oranları karşılaştırıldığında en yüksek değer VÇP destekli hidrojelde (%5.78) tespit edilmiş olup bu jel sistemini sırasıyla TEP destekli hidrojel (%5.37) ve pektin içermeyen hidrojel (%3.56) takip etmiştir. Elde ettiğimiz bulgular bazı literatür çalışmalarıyla örtüşürken bazıları ile uyumlu çıkmamıştır. Daha önce yürütülmüş bir çalışmada sadece protein kullanılarak üretilen hidrojellerin şişme oranı pektin ile desteklenen muadiline göre daha düşük çıktığı tespit edilmiştir (Başyigit ve ark., 2023). Bu sonuçların tam aksine taramalı elektron mikroskop görüntülerinde sadece soya bazlı hidrojellerin daha fazla gözenekli yapıya sahip oldukları bu nedenle daha iyi absorblama yeteniğe sahip olduğu çalışmalarda mevcuttur (Ghanbari ve ark., 2022). Bu çelişki sade soya bazlı hidrojellerin su içerisinde kısmen çözünemilmeleri ile açıklanabilir. Pektin destekli hidrojellerde ise polimerler arasındaki elektrostatik itme kuvveti, daha güçlü üç boyutlu yapıların oluşmasına neden olmuş olabilir. Muhtemelen, ilave edilen pektinin solüsyon içerisinde hidrojellerin daha kararlı kalmasını sağlayarak daha üstün şişme becerisi geliştirmesini sağlamıştır.

Protein sızma oranı belli bir yerde bulunan hidrojellerin yapısında bulunan proteinlerin ayrılma oranını ifade etmektedir (He ve ark., 2021b). Soya bazlı doğal hidrojellerin bunyesinde bulunan proteinlerin sodyum fosfat tamponuna sızma oranları Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Yürütülen çalışmada sadece soya orjinli hidrojelde protein sızma oranı %23.11, TEP destekli hidrojelde protein sızıntı oranı %15.81 ve vişne pektini destekli hidrojelde %12.51 olarak tespit edilmiştir. Nihai bulgular değerlendirildiğinde pektin ile desteklenen soya proteini hidrojellerinde protein sızıntısı daha az gerçekleşmiştir. Pektin ile proteinin arasındaki etkileşimler proteinin yapıdan kolay bir şekilde ayrılmasını engellemektedir (Demirkıran ve ark., 2022). Bu yaklaşım pektin destekli soya proteini bazlı hidrojellerin tekstürel davranışları ile de uyumludur. Tek başına soya proteini kullanılarak elde edilen hidrojellerin daha gevşek ve kolay deforme olacağı tekstürel özellikler ile ilgili kısımda detaylandırılmıştır.

5.5. Hidrojellerin tekstürel özellikleri

Sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik açısından üstün değerlere sahip olan jel sistemlerinin dış etmenlere karşı olancmukavemeti daha yüksektir (Muhialdin ve Ubbink, 2023). Sadece soya proteini ile hazırlanan jellerde yapının diğer muadillerine göre daha yumuşak olduğu tespit edilmiştir. Bir başka ifade ile pektin varlığı hidrojellerin yapısının gelişimine katkı sağlamıştır. Bitkisel protein ve karbonhidrat karışımları ile hazırlanan jel sistemleri için benzer bulgular literatürde mevcuttur. Daha önce yürütülmüş bir çalışmada tek başına bitkisel protein kullanılarak hazırlanan hidrojellerin karbonhidrat içeren muadillerine göre daha yumuşak bir yapıya sahip olduğu rapor edilmiştir (Başyigit Ve ark., 2023). Karbonhidratların sisteme dahil edilmesi ile tekstürel davranışlardaki arzu edilen olaylar proteinlerin molekül ağırlığındaki değişim (artış) ile açıklanabilir (Bashash ve ark., 2022). Bu olaylar için pektinin doğal yapısında bulunan karboksil gruplarının jel içi interaksiyonları arttırması bir başka açıklama olabilir (Moslemi, 2021). Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik bulguları da sertlik sonuçları ile paralellik göstermiş olup minimum değerler herhangi bir karbonhidrat içermeyen jel sistemlerinde tespit edilmiştir. Hidrojellerin tekstürel davranışları ve literatür verileri dikkate alındığında, tek başına protein kullanılarak ilgili sistemleri inşa etmenin makul bir yaklaşım olmadığı görülmüştür. Ayrıca, bu yaklaşım pektin destekli soya proteini bazlı hidrojellerin morfolojik yapıları, fonksiyonel özellikleri ve biyoaktif madde salınımindaki davranışları için elde edilen bulgularla da desteklenmektedir.

5.6. Fenolik madde salınımı

Hidrojellerin fonksiyonel grupları taşımadaki kabiliyetleri içerdikleri bileşenlere göre değişkenlik göstermiştir. İlk 60 dk'lık süre zarfında tek başına protein kullanılarak üretilen hidrojellerden solüsyona transfer olan fenolik madde miktarı başlangıçta yüklenen miktarın yaklaşık %15'lik kısmının olduğu tespit edilmiştir. Aynı süre zarfında bu oran TEP varlığında hazırlanan örneklerde %3.26 iken VÇP destekli sistemlerde %2.19 bulunmuştur. 120 dk'nın sonunda solüsyona geçen fenolik madde oranında tüm örneklerde dikkate değer bir artış gözlemlenmiştir. Pektin destekli jellerde 60-120 dk arasında sızıntı oranı %10 iken sadece protein bazlı muadillerinde solüsyona fenoliklerin yaklaşık %30'u geçmiştir. Pektin içermeyen jel sistemlerinde ilk saate göre ciddi bir artışın meydana gelmesi ilgili sistemde meydana gelen patlama salınımına atfedilebilir. Bu örnekte meydana gelen patlama salınımı 120-240 dk arasında da devam etmiş ve sistemden çevreye sızan fenolik madde miktarı %80 seviyelerini geçmiştir. Pektin içeren muaddillerde ise herhangi bir patlama salınımı tespit edilmemiştir. Analiz süresi boyunca

solüsyana geçen polifenollerin miktarı kademeli olarak artmıştır. 360 dk'lık süre sonunca pektin içermeyen hidrojellerde kalan fenolik bileşik oranı % 15'ten az iken TEP destekli jelde bu oran % 40 ve vişne pektini destekli jelde ise % 45 olarak tespit edilmiştir. Pektin varlığında jellerde gözlemlenen düşük salınımın nedeni kompakt yapı, az sayıdaki gözenekler ve pektin-protein arasında ki etkileşimlere atfedilebilir. Üç boyutlu ağ yağının zayıf olduğu ve çok sayıda gözeneğe sahip hidrojellerde biyoaktif madde salınımının hızlı bir şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir (Feki ve ark., 2020; Varghese ve ark., 2014).



6. SONUÇLAR

Günümüzde atık yönetimi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin üzerinde durduğu önemli konular arasındadır. Bu bağlamda özellikle atıkların katma değerleri ürünlere dönüştürülüp ilgili pazarlara sunulması için çalışmalar yapılmaktadır. Katma değerleri ürünlere dönüştürülecek materyallerin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler ürünün kullanılacak ham materyaldeki oranının olabildiğince yüksek olması ve ham maddeye istenildiğinde ulaşılabilinilmesidir. Aksi takdirde zaman ve ekonomik kayıplara yol açacaktır. Bu faktörler dikkate alındığında meyve-sebze işleme atıkları katma değerli ürünlere dönüştürülme açısından günümüzde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışma kapsamında da endüstride yaygın bir şekilde kullanılan vişne meyvesinin atığı olan çekirdeklerle odaklanılmıştır. Son yıllarda yürütülen bilimsel çalışmalar vişne çekirdeği yağı ve vişne çekirdeği proteini ile sınırlı kalmıştır. Ancak çalışmalarda vişne çekirdeklerinden yağ ve protein alındıktan sonra geriye kalan posada önemli düzeyde karbonhidratların mevcudiyetine işaret edilmektedir. Bu materyallerin alınıp katma değerli ürünlere dönüştürülmesi atık yönetimi açısından önemli bir husustur. Bu çalışmada vişne çekirdekleri başlangıç materyali olarak kullanılmış olup çeşitli aşamalardan geçirilerek pektin üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen VÇP ticari muadili olan TEP ile fiziksel ve kimyasal yönden karşılaştırılmıştır. Sonraki aşamada soya proteini orjinli doğal hidrojellerin yapımında destek materyali olarak VÇP ve TEP'in kullanılması hedeflenmiş olup üretilen hidrojeller fonksiyonel ve tekstürel yönden birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir :

- VÇ'lerden pektin özütlenmesi pH 1, pH 2 ve pH 3 olmak üzere 3 farklı pH değerinde gerçekleştirilmiştir. Özütleme verimi sırasıyla pH 1.0 (%35.99), pH 2.0 (%16.25) ve pH 3.0 (%2.58) olarak gerçekleşmiştir. pH 1'de en yüksek oranda pektin elde edilmesine rağmen özütlenen pektinlerde yanmalar meydana geldiğinden dolayı pektinler özelliğini yitirmiştir. Bu nedenle pektin özütlenmesi için en uygun pH 2 olarak belirlenmiştir.
- Özütleme işlemlerinin başarısını değerlendirmek amacıyla nihai tozların kimyasal yapıları FTIR spektrumları ile yorumlanmıştır. VÇP ve TEP için benzer spektrumlar elde edilmiştir.
- VÇP ve TEP'in nem oranı sırasıyla %4.53 ve %6.80 olarak bulunmuştur. Örneklerin toplam kül oranlarında (VÇP: %3.96 ve TEP:

%5.12) da istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiş. Su aktivitesi sonuçları (VÇP: 0.42 ve TEP: 0.33) her iki örneğin mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara karşı dayanımlarının yüksek olduğunu göstermektedir.

- Pektin tozlarının renk değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılıkların olduğu bu farklılıkların özellikle L ve b* değerlerinde daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. L değerleri incelendiğinde VÇP'nin (L: 82.75) TEP'e (L: 52.43) kıyasla daha parlak bir görünüme sahip olduğu belirlenmiştir. a* değerinde (VÇP: 5.97 ve TEP: 5.11) ise örnekler arasında ciddi farklılıkların olmadığı görülmüştür. Sarılıkla ilişki olan b* değeri VÇP'de 12.38, TEP'de 41.54 olduğu belirlenmiştir.
- Toz pektin örneklerin kalitesi açısından önem arz eden yapışkanlık ve sıkılaştırılabilirlik özellikleri Hausner oranı ve Carr indeksi değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında VÇP'nin Hausner oranı 1.17 olarak bulunmuştur. Bu değer TEP için 1.31 olduğu tespit edilmiştir. Carr indeks sonuçları VÇP için 16.72 ve TEP için 30.94 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ile akış özellikleri açısından VÇP'nin ticari muadiline göre üstün özellikte olduğu ortaya konmuştur.
- Fonksiyonel özellikler olan yağ bağlama ve emülsiyon aktivite indeksi ile ilgili sonuçlara gelince TEP'in (%288.94) VÇP'den (%203.52) daha yüksek yağ bağlama kabiliyetine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Bu sonuçlara paralel olarak TEP emülsifiyer olarak da öne çıkmış ve emülsiyon aktivitesi değeri VÇP için 23.77 m²/g olarak bulunurken TEP için bu değer 34.90 m²/g olduğu belirlenmiştir.
- Sade soya proteininden elde ettiğimiz doğal hidrojellerde homojen olmayan gözenekli yapılar yoğun bir biçimde bulunurken TEP ve vişne çekirdeği pektini ile desteklenen doğal hidrojellerde bu gözenekler azaldığı gözlemlenmiştir. Vişne çekirdeği pektini ile TEP ilave ettiğimiz hidrojellerin yapıları daha pürüzsüz yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bitkisel protein orjinli hidrojellere karbonhidrat ilave edilmesi yoğun bileşik ağlarının oluşmasını sağladığı görülmektedir.
- Karbonhidrat ile desteklenen hidrojellerin şişme oranının (VÇP destekli: %5.78, TEP: %5.37 ve sade soya orjinli hidrojel: %3.56) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İlave edilen pektinin solüsyon içerisinde hidrojellerin daha kararlı kalmasını sağlayarak daha üstün şişme becerisi geliştirmesini sağlamıştır.
- Protein sızma oranı karşılaştırıldığında sadece soya orjinli hidrojelde protein sızma oranı %23.11, TEP destekli hidrojelde protein sızıntı oranı %15.81 ve VÇP destekli hidrojelde protein sızıntı oranı %12.51 olarak

belirlenmiştir. Bu bulgular pektin ile desteklenen soya proteini hidrojellerinde protein sızıntısının daha az gerçekleştiğini göstermektedir. Bunun sonucu olarak sade soya protein bazlı hidrojellerin daha gevşek ve daha gözenekli yapıda olduğu görülürken pektin destekli hidrojellerinde daha az deforme olarak daha az protein sızıntısı yaptığı tespit edilmiştir.

- Soya proteini bazlı hidrojellerin sertlik özellikleri karşılaştırıldığında sertlik değeri en düşük yapı (yumuşaklık) karbonhidrat ilave edilmemiş hidrojellerde görülmüştür. Hidrojel bünyesine pektin ilave etmek yüksek sertlik değerine sahip olmalarını sağlamıştır.
- Sertlik ile beraber diğer parametrelerde (sakızimsılık ve çiğnenebilirlik) de en düşük değerler tek başına soya protein kullanılarak hazırlanan hidrojellerde olduğu tespit edilmiştir. Bu hidrojellerin bozulmalara karşı karbonhidrat destekli muadillerine göre zayıf kaldığı görülmektedir.
- Fenolik bileşik salınım davranışları İlk 60 dk'lık sürede sadece soya proteini orjinli hidrojelden solüsyona sızan fenolik bileşenlerin oranı %15, TEP destekli hidrojellerde sızıntı % 3.26 ve VÇP destekli hidrojellerde ise %2.19 olarak bulunmuştur. İkinci 60 dk'de pektin destekli hidrojellerde sızıntı oranı %10 olarak gerçekleşirken sade soya proteini orjinli hidrojelde bu oran %30.76 olduğu tespit edilmiştir. 360 dk sonucunda pektin içermeyen hidrojelde kalan fenolik bileşik oranı % 15'ten az iken TEP destekli jelde % 40 VÇP destekli jelde ise % 45 olarak tespit edilmiştir.

7. ÖNERİLER

VÇP farklı bitkisel protein bazlı doğal hidrojellerin yapısında destek materyali olarak kullanılabilir. Nihai jel formülasyonları gıdadan farmakolojik uygulamalara kadar farklı alanlarda değerlendirilebilir. İlaç salınım sistemleri, kolon dolgu maddesi ve paketlenme uygulamaları bu alanlara örnek olarak verilebilir.



KAYNAKLAR

- Abobatta, W. (2018). Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. *Adv. Agric. Environ. Sci. Open Access*, 1(2), 59-64.
- Adetunji, L. R., Adekunle, A., Orsat, V., & Raghavan, V. (2017). Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocolloids*, 62, 239-250.
- Ahmed, E. M. (2015) 'Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review', *Journal of Advanced Research*, 6(2), pp. 105–121.
- Akdağ, E. (2011). Türkiye meyve suyu vb. ürünler sanayi raporu. Meyve Suyu Endüstrisi Derneği (MEYED), İstanbul.
- Akram, M. and Hussain, R. (2017) 'Nanohydrogels: History, Development, and Applications in Drug Delivery', *Nanocellulose and Nanohydrogel Matrices: Biotechnological and Biomedical Applications*, pp. 297–330.
- Andrade, J. R., Raphael, E., & Pawlicka, A. (2009). Plasticized pectin-based gel electrolytes. *Electrochimica acta*, 54(26), 6479-6483.
- Atalay, D., Türken, T., & Erge, H. S. (2018). Pektin; Kaynakları ve Ekstraksiyon Yöntemleri. *Gıda*, 43(6), 1002-1018.
- Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S., & Elst, K. (2016). Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(4), 594-606.
- Bajerska, J., Mildner-Szkudlarz, S., Górnas, P., & Seglinac, D. (2015). Improved postprandial response and feeling of satiety after consumption of sour cherry pomace enriched muffins. *World Academy of Science, Engineering and Technology, Int. J. Nutr. Food Eng*, 2.
- Bak, I., Lekli, I., Juhasz, B., Varga, E., Varga, B., Gesztelyi, R., ... & Tosaki, A. (2010). Isolation and analysis of bioactive constituents of sour cherry (*Prunus cerasus*) seed kernel: an emerging functional food. *Journal of medicinal food*, 13(4), 905-910.
- Baldino, N., Miletì, O., Lupi, F. R., & Gabriele, D. (2018). Rheological surface properties of commercial citrus pectins at different pH and concentration. *LWT*, 93, 124-130.
- Banerjee, S., & Bhattacharya, S. (2012). Food gels: gelling process and new applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(4), 334-346. Ü
- Bashash, M., Varidi, M., & Varshosaz, J. (2022). Ultrasound-triggered transglutaminase-catalyzed egg white-bovine gelatin composite hydrogel: Physicochemical and rheological studies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102936.
- Başıyigit, B., Altun, G., Yüce-tepe, M., Karaaslan, A., & Karaaslan, M. (2023). Locust bean gum provides excellent mechanical and release attributes to soy protein-based natural hydrogels. *International Journal of Biological*

Macromolecules, 231, 123352.

- Başığit, B. (2022). *VIŞNE ÇEKİRDEĞİNDEN PROTEİN TOZU ÜRETİMİ VE FARKLI GIDA MATRİKSLERİNİN MİKROENKAPSÜLASYONUNDA KULLANIMI* (Doctoral dissertation).
- Başığit, B., Sağlam, H., Hayoğlu, İ., & Karaaslan, M. (2021). Spectroscopic (LC-ESI-MS/MS, FT-IR, NMR) and functional characterization of fruit seed oils extracted with green technology: A comparative study with *Prunus cerasus* and *Punica granatum* oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15451.
- Başığit, B., Yüçetepe, M., Karaaslan, A., & Karaaslan, M. (2021). High efficiency microencapsulation of extra virgin olive oil (EVOO) with novel carrier agents: Fruit proteins. *Materials Today Communications*, 28, 102618.
- Baudhuin, G. (1974). *U.S. Patent No. 3,821,431*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Begum, R., Yusof, Y. A., Aziz, M. G., & Uddin, M. B. (2017). Structural and functional properties of pectin extracted from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) waste: Effects of drying. *International journal of food properties*, 20(sup1), S190-S201.
- Blando, F., & Oomah, B. D. (2019). Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits. *Trends in food science & technology*, 86, 517-529.
- Caló, E. and Khutoryanskiy, V. V. (2015) 'Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products', *European Polymer Journal*, 65, pp. 252–267.
- Canteri-Schemin, M. H., Fertonani, H. C. R., Waszczynskyj, N., & Wosiacki, G. (2005). Extraction of pectin from apple pomace. *Brazilian archives of biology and technology*, 48, 259-266.
- Cao, Y., & Mezzenga, R. (2020). Design principles of food gels. *Nature Food*, 1(2), 106-118.
- Capanoglu, E., Boyacioglu, D., de Vos, R. C., Hall, R. D., & Beekwilder, J. (2011). Procyanidins in fruit from Sour cherry (*Prunus cerasus*) differ strongly in chainlength from those in Laurel cherry (*Prunus lauracerasus*) and Cornelian cherry (*Cornus mas*). *Journal of Berry Research*, 1(3), 137-146.
- Cascone, S., & Lamberti, G. (2020). Hydrogel-based commercial products for biomedical applications: A review. *International journal of pharmaceutics*, 573, 118803.
- Chan, S.Y., Choo, W.S., Young, D.J. Loh, X.J. (2017). Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydr Polym*, 161: 118–139, DOI: 10.1016/J.CARPOL.2016.12.033.
- Chang, C. and Zhang, L. (2011). Cellulose-based hydrogels: Present status and

- application prospects. *Carbohydrate Polymers*, 84 (1), 40–53
- Cho, S. M., Kwak, K. S., Park, D. C., Gu, Y. S., Ji, C. I., Jang, D. H., ... & Kim, S. (2004). Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. *Food hydrocolloids*, 18(4), 573-579.
- Chrzanowski, G., Sempruch, C., & Sprawka, I. (2007). Investigation of phenolic acids in leaves of blackcurrant (*ribes nigrum* L.) and sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 10(4), 42.
- Cilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Sahin, S., and Sumnu, G. (2012). Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: effect of formulation, ultrasonication time and core to coating ratio. *Eur. Food Res. Technol.* 235:587–596.
- Contreras-Esquivel, J. C., Aguilar, C. N., Montanez, J. C., Brandelli, A., Espinoza-Perez, J. D., & Renard, C. M. (2010). Pectin from passion fruit fiber and its modification by pectinmethylesterase. *Journal of Food Science and Nutrition*, 15(1), 57-66.
- Çetinkaya, G. (2023). *Hidrojel üretimi ve karakterizasyonu= Hydrogel production and characterization* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- Demiray, S., Piccirillo, C., Rodrigues, C.L., Pintado, M.E. and Castro, P.M.L. 2011. Extraction of valuable compounds from ginja cherry by-products: effect of the solvent and antioxidant properties. *Waste Biomass*, 2, 365–371.
- Demirci, S., & Ayhan, F. (2022). PEG-DA/Conconavalin A Biyokompozit Hidrojel Sentezi ve Kanser Tedavisi İçin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 406-414.
- Demirdöven, A., Tokatlı, K., & Korkmaz, Y. (2021). GELENEKSEL VE ULTRASONİK YÖNTEMLERLE VİŞNE POSASI ANTOSİYANİNLERİNİN EKSTRAKSİYONU. *Gıda*, 46(1), 168-179.
- Demirkıran, E. (2022). *VİŞNE ÇEKİRDEĞİ PROTEİNİNİN MİKROBİYAL TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ İLE MODİFİKASYONUNUN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ* (Doctoral dissertation).
- Dinerman, A. A., Cappello, J., Ghandehari, H., & Hoag, S. W. (2002). Swelling behavior of a genetically engineered silk-elastinlike protein polymer hydrogel. *Biomaterials*, 23(21), 4203-4210.
- Dragan, E. S., 2014, Design and applications of interpenetrating polymer network hydrogels. A review, *Chemical Engineering Journal*, 243: 572-590.
- Duangmal, K., Saicheua, B., & Sueeprasan, S. (2008). Colour evaluation of freeze-dried roselle extract as a natural food colorant in a model system of a drink. *LWT-Food Science and Technology*, 41(8), 1437-1445.
- Ertan, K. (2016). *Vişne ve çilek nektarlarının renk yoğunluğu ve stabilitesinin doğal kaynaklardan eklenen kopigmentler ile artırılması ve depolama boyunca renkte meydana gelen değişimler* (Doctoral dissertation).

- Eryilmaz, H. S. (2016). Valorization of functional protein from a plant based food waste: sour cherry kernel, and its physicochemical characteristics (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Fan, L., Yang, H., Yang, J., Peng, M., & Hu, J. (2016). Preparation and characterization of chitosan/gelatin/PVA hydrogel for wound dressings. *Carbohydrate polymers*, 146, 427-434.
- FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü), 2018. FAO istatistikleri. Erişim Tarihi: 09.08.2017. <http://faostat.fao.org>
- Farris, S., Schaich, K. M., Liu, L., Piergiovanni, L., & Yam, K. L. (2009). Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. *Trends in food science & technology*, 20(8), 316-332.
- Feki, A., Hamdi, M., Jaballi, I., Zghal, S., Nasri, M., & Amara, I. B. (2020). Conception and characterization of a multi-sensitive composite chitosan-red marine alga-polysaccharide hydrogels for insulin controlled-release. *Carbohydrate polymers*, 236, 116046.
- Górnaś, P., Rudzińska, M., Raczyk, M., Mišina, I., Soliven, A., & Segliņa, D. (2016). Composition of bioactive compounds in kernel oils recovered from sour cherry (*Prunus cerasus* L.) by-products: Impact of the cultivar on potential applications. *Industrial Crops and Products*, 82, 44-50.
- Ghanbari, M., Sadjadinia, A., Zahmatkesh, N., Mohandes, F., Dolatyar, B., Zeynali, B., & Salavati-Niasari, M. (2022). Synthesis and investigation of physicochemical properties of alginate dialdehyde/gelatin/ZnO nanocomposites as injectable hydrogels. *Polymer Testing*, 110, 107562.
- Greiby, I., Mishra, D. K., Dolan, K. D., & Siddiq, M. (2017). Inverse method to estimate anthocyanin degradation kinetic parameters in cherry pomace during non-isothermal heating. *Journal of Food Engineering*, 198, 54-62.
- Greiby, I., Siddiq, M., Dolan, K. D., & Kelkar, S. (2013). Effect of non-isothermal processing and moisture content on the anthocyanin degradation and colour kinetics of cherry pomace. *International journal of food science & technology*, 48(5), 992-998.
- Groult, S., Buwalda, S., & Budtova, T. (2021). Pectin hydrogels, aerogels, cryogels and xerogels: Influence of drying on structural and release properties. *European Polymer Journal*, 149, 110386.
- Güneş, F., & Özhatay, N. (2011). An ethnobotanical study from kars eastern turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 4(1), 30-41.
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 126-133.
- He, Z., Liu, C., Zhao, J., Li, W., Wang, Y. (2021a). Physicochemical properties of a ginkgo seed protein-pectin composite gel. *Food Hydrocolloids*, 118: 106781,

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106781>

- He, Z., Ma, T., Zhang, W., Su, E., Cao, F., Huang, M., & Wang, Y. (2021b). Heat-induced gel formation by whey protein isolate-Lycium barbarum polysaccharides at varying pHs. *Food Hydrocolloids*, 115, 106607.
- Hennink, W. E., & van Nostrum, C. F. (2012). Novel crosslinking methods to design hydrogels. *Advanced drug delivery reviews*, 64, 223-236.
- Herrera-Rodríguez, S. E., Pacheco, N., Ayora-Talavera, T., Pech-Cohuo, S., & Cuevas-Bernardino, J. C. (2022). Advances in the green extraction methods and pharmaceutical applications of bioactive pectins from unconventional sources: A review. *Studies in Natural Products Chemistry*, 73: 221-264, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91097-2.00015-7>
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., Kazemi, M., & 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.
- Junlapong, K., Maijan, P., Chaibundit, C., & Chantarak, S. (2020). Effective adsorption of methylene blue by biodegradable superabsorbent cassava starch-based hydrogel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 258-264, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.247>
- Kamal, Md. M., Akhtaruzzaman, Md., Sharmin, T., Rahman, M., Mondal, S. C. (2023). Optimization of extraction parameters for pectin from guava pomace using response surface methodology. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11: 100530, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100530>
- Kamel, B. S., & Kakuda, Y. (1992). Characterization of the seed oil and meal from apricot, cherry, nectarine, peach and plum. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69, 492-494.
- Kazanskii, K. S., & Dubrovskii, S. A. (2005). Chemistry and physics of "agricultural" hydrogels. *Polyelectrolytes hydrogels chromatographic materials*, 97-133.
- Kopeček, J. (2007). Hydrogel biomaterials: a smart future?. *Biomaterials*, 28(34), 5185-5192.
- Korlesky, N. M., Stolp, L. J., Kodali, D. R., Goldschmidt, R., & Byrdwell, W. C. (2016). Extraction and characterization of montmorency sour cherry (*Prunus cerasus* L.) pit oil. *Journal of the American oil chemists' society*, 93(7), 995-1005.
- Kumar, A., Rao, K. M. and Han, S. S., 2018, Mechanically viscoelastic nanoreinforced hybrid hydrogels composed of polyacrylamide, sodium carboxymethylcellulose, graphene oxide, and cellulose nanocrystals, *Carbohydr Polym*, 193: 228-238.
- Lara-Espinoza, C., Carvajal-Millán, E., Balandrán-Quintana, R., López-Franco, Y., & Rascón-Chu, A. (2018). Pectin and pectin-based composite materials:

- Beyond food texture. *Molecules*, 23(4), 942.
- Lazos, E. S. (1991). Composición y características de aceite de hueso de albaricoque, melocotón y cereza. *Grasas y aceites*, 42(2), 127-131.
- Leclerc, L., Cutsem, P. V., & Michiels, C. (2013). Anti-cancer activities of pH-or heat-modified pectin. *Frontiers in pharmacology*, 4, 128.
- Lee, H. W., Lu, Y., Zhang, Y., Fu, C., & Huang, D. (2021). Physicochemical and functional properties of red lentil protein isolates from three origins at different pH. *Food Chemistry*, 358, 129749.
- Liew, S.Q., Ngoh, G.C., Yusoff, R. Teoh, W.H. (2016). Sequential ultrasound-microwave assisted acid extraction (UMAE) of pectin from pomelo peels. *Int J Biol Macromol*, 93: 426–435, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.08.065.
- Lin, F., Lu, X., Wang, Z., Lu, Q., Lin, G. and Huang, B. (2019). In situ polymerization approach to cellulose– polyacrylamide interpenetrating network hydrogel with high strength and pH-responsive properties. *Cellulose*, 26(3), 1825–1839.
- Liu, J., Li, Z., Lin, Q., Jiang, X., Yao, J., Yang, Y., ... & Chen, X. (2018). A robust, resilient, and multi-functional soy protein-based hydrogel. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(11), 13730-13738.
- Liu, K. (2019). Effects of sample size, dry ashing temperature and duration on determination of ash content in algae and other biomass. *Algal Research*, 40, 101486.
- Liu, X., Renard, C. M., Bureau, S., & Le Bourvellec, C. (2021). Revisiting the contribution of ATR-FTIR spectroscopy to characterize plant cell wall polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 262, 117935.
- Manzoor, A., Dar, A. H., Pandey, V. K., Shams, R., Khan, S., Panesar, P. S., ... & Khan, S. A. (2022). Recent insights into polysaccharide-based hydrogels and their potential applications in food sector: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 213, 987-1006.
- Marić, M., Grassino, A.N., Zhu, Z., Barba, F.J., Brnčić, M. Rimac Brnčić, S. (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and byproducts: Ultrasound-, microwaves-, and enzymeassisted extraction. *Trends Food Sci Technol*, 76: 28– 37, DOI: 10.1016/j.tifs.2018.03.022.
- Martin, C., Zhang, Y., Tonelli, C., and Petroni, K. (2013). Plants, diet, and health. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 64:19–46
- MELEKASLAN, D., & OKAY, O. (2011). Kuvvetli anyonik hidrojelilerin polimer çözeltileri içindeki şişme davranışı. *İTÜDERGİSİ/c*, 2(1).
- Morris, V. J. (2007). Polysaccharides: their role in food microstructure. *Understanding and controlling the microstructure of complex foods*, 3-39.

- Moslemi, M. (2021). Reviewing the recent advances in application of pectin for technical and health promotion purposes: From laboratory to market. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117324.
- Muhialdin, B. J., & Ubbink, J. (2023). Effects of pH and aging on the texture and physicochemical properties of extruded pea protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 140, 108639.
- Müller-Maatsch, J., Bencivenni, M., Caligiani, A., Tedeschi, T., Bruggeman, G., Bosch, M., ... & Sforza, S. (2016). Pectin content and composition from different food waste streams. *Food Chemistry*, 201, 37-45.
- Naji, A. M., Başığit, B., Alaşalvar, H., Salum, P., Berktaş, S., Erbay, Z., & Çam, M. (2023). Instant soluble roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) powder rich in bioactive compounds: Effect of the production process on volatile compounds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(1), 108-120.
- Naqash, F., Masoodi, F. A., Rather, S. A., Wani, S. M., & Gani, A. (2017). Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. *Carbohydrate polymers*, 168, 227-239.
- Nishinari, K., & Zhang, H. (2004). Recent advances in the understanding of heat set gelling polysaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, 15(6), 305-312.
- Oğuz, Ö. (2019). *Vişne çekirdeği yağı içeren kremlerin deri üzerine etkilerinin incelenmesi* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mersin).
- Oliveira, T. Í. S., Rosa, M. F., Cavalcante, F. L., Pereira, P. H. F., Moates, G. K., Wellner, N., ... & Azeredo, H. M. (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food chemistry*, 198, 113-118.
- Pal, K., Banthia, A. K., & Majumdar, D. K. (2009). Polymeric hydrogels: characterization and biomedical applications. *Designed monomers and polymers*, 12(3), 197-220.
- Park, H., Park, K., & Shalaby, W. S. (1993). *Biodegradable hydrogels for drug delivery*. CRC Press.
- Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z. E., & Hosseini, S. S. (2017). Optimization of aqueous pectin extraction from *Citrus medica* peel. *Carbohydrate polymers*, 178, 27-33.
- Puupponen-Pimiä R., Nohynek L., Meier C., Kähkönen M., Heinonen M., Hopia A., Oksman-Caldentey K.M., 2001. Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *J. Appl. Microbiol.* 90, 494-507.
- Richter, J. H., Karlsson, P. G., Westin, G., Blomquist, J., Uvdal, P., Siegbahn, H., & Sandell, A. (2007). Li Insertion in Sol–Gel Prepared Mn-Doped TiO₂ Studied by Electron Spectroscopy in Ultrahigh Vacuum. *The Journal of*

Physical Chemistry C, 111(8), 3459-3466.

- ROSS-MURPHY, S. B. (1995). Rheological characterisation of gels 1. *Journal of texture studies*, 26(4), 391-400.
- Salleh, K. M., Zakaria, S., Sajab, M. S., Gan, S., Chia, C. H., Jaafar, S. N. S. And Amran, U. A., 2018, Chemically crosslinked hydrogel and its driving force towards superabsorbent behaviour, *Int J Biol Macromol*.
- Samuelsson, R., Burvall, J., & Jirjis, R. (2006). Comparison of different methods for the determination of moisture content in biomass. *Biomass and Bioenergy*, 30(11), 929-934.
- Santomaso, A., Lazzaro, P., & Canu, P. (2003). Powder flowability and density ratios: the impact of granules packing. *Chemical Engineering Science*, 58(13), 2857-2874.
- Schwall, C. T., & Banerjee, I. A. (2009). Micro-and nanoscale hydrogel systems for drug delivery and tissue engineering. *Materials*, 2(2), 577-612.
- Sever, E., & Pulat, M. (2023). MMT Katkılı IPN Tipi Hidrojellerin Sentez ve Karakterizasyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 4(2), 80-92.
- Shah, R. B., Tawakkul, M. A., Khan, M. A. (2008). Comparative evaluation of flow for pharmaceutical powders and granules. *AAPS PharmSciTech*, 9(1): 250–258, <https://doi.org/10.1208/s12249-008-9046-8>
- Singhal, R. and Gupta K., 2015, A Review: Tailor-made Hydrogel Structures (Classifications and Synthesis Parameters), *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 55 (1): 54-70.
- Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Perera, C. O., Waterhouse, G. I. N. (2012). Exploring the interactions between blackcurrant polyphenols, pectin and wheat biopolymers in model breads; a FTIR and HPLC investigation. *Food Chemistry*, 131(3): 802–810, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.047>
- Slavutsky, A. M., & Bertuzzi, M. A. (2019). Formulation and characterization of hydrogel based on pectin and brea gum. *International journal of biological macromolecules*, 123, 784-791.
- Szewczyk K., Krzaczek T., 2004. Phenolic acids in leaves and roots from *Jovibarba sobolifera* (SIMS.) Opiz. *Herba polonica* 50, 37-41
- Szymanska-Chargot, M., Chylinska, M., Kruk, B., Zdunek, A. (2015). Combining FT-IR spectroscopy and multivariate analysis for qualitative and quantitative analysis of the cell wall composition changes during apples development. *Carbohydrate Polymers*, 115: 93–103, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.08.039>
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (1997). Chemistry and uses of pectin—A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1), 47-73.
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (1997). Chemistry and uses

- of pectin—A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1), 47-73.
- TUİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim Tarihi: 09.08.2017. <http://www.tuik.gov.tr>.
- Turchiuli, C., Eloualia, Z., El Mansouri, N., & Dumoulin, E. (2005). Fluidised bed agglomeration: Agglomerates shape and end-use properties. *Powder Technology*, 157(1-3), 168-175.
- Tülek, Z., Alaşalvar, H., Başığit, B., Berktaş, S., Salum, P., Erbay, Z., ... & Çam, M. (2021). Extraction optimization and microencapsulation of phenolic antioxidant compounds from lemon balm (*Melissa officinalis* L.): Instant soluble tea production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e14995.
- Türkmen, F. U., Takcı, H. A. M., & Önalın, F. E. S. (2020). Evaluation of antioxidant activity of sour cherry stalk extracts by in vitro methods. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 290-301.
- Ullah, F., Othman, M. B. H., Javed, F., Ahmad, Z. and Akil, H. M., 2015, Classification, processing and application of hydrogels: A review., *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 57: 414-433.
- Uzun, E., Sariyar, G., Adsersen, A., Karakoc, B., Ötük, G., Oktayoglu, E., & Pirildar, S. (2004). Traditional medicine in Sakarya province (Turkey) and antimicrobial activities of selected species. *Journal of ethnopharmacology*, 95(2-3), 287-296.
- Van Buggenhout, S., Sila, D. N., Duvetter, T., Van Loey, A., & Hendrickx, M. J. C. R. (2009). Pectins in processed fruits and vegetables: Part III—Texture engineering. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 8(2), 105-117.
- Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20, 263-275.
- Wang, J., Tang, F., Wang, Y., Lu, Q., Liu, S. ve Li, L. (2019). Kendi kendine güç sağlayan gerinim sensörü için kendi kendini onaran ve yüksek derecede esnek jelatin hidrojel. *ACS uygulanan malzemeler ve arayüzler*, 12 (1), 1558-1566.
- Wang, L., Zhang, X., Yang, K., Fu, Y. V., Xu, T., Li, S., ... & Lee, C. S. (2020). A novel double-crosslinking-double-network design for injectable hydrogels with enhanced tissue adhesion and antibacterial capability for wound treatment. *Advanced Functional Materials*, 30(1), 1904156.
- Wang, L. S., Du, C., Toh, W. S., Wan, A. C., Gao, S. J., & Kurisawa, M. (2014). Modulation of chondrocyte functions and stiffness-dependent cartilage repair using an injectable enzymatically crosslinked hydrogel with tunable mechanical properties. *Biomaterials*, 35(7), 2207-2217.
- Wang, S., Kowalski, R. J., Kang, Y., Kiszonas, A. M., Zhu, M. J., & Ganjyal, G. M.

- (2017). Impacts of the particle sizes and levels of inclusions of cherry pomace on the physical and structural properties of direct expanded corn starch. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 394-406.
- Wang, Y., Zhao, J., Liu, C., Li, W. (2019). Influence of γ -aminobutyric acid on gelling properties of heat-induced whey protein gels. *Food Hydrocolloids*, 94: 287–293, [https://doi.org/ 10.1016/j.foodhyd.2019.03.031](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.031)
- Wichterle, Otto, and Drahoslav Lim. "Hydrophilic gels for biological use." *Nature* 185.4706 (1960): 117-118.
- Xiong, Z., Yun, X., Tang, B., & Wang, X. (2016). Ultratough cellular films from graphene oxide hydrogel: A way to exploit rigidity and flexibility of two-dimensional honeycomb carbon. *Carbon*, 107, 548-556.
- Xu, Y., Zhang, L., Bailina, Y., Ge, Z., Ding, T., Ye, X., & Liu, D. (2014). Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. *Journal of Food Engineering*, 126, 72-81.
- Yang, J., Shen, M., Luo, Y., Wu, T., Wen, H., & Xie, J. (2021). Construction and characterization of Mesona chinensis polysaccharide-chitosan hydrogels, role of chitosan deacetylation degree. *Carbohydrate Polymers*, 257, 117608.
- Yılmaz, C., & Gökmen, V. (2013). Compositional characteristics of sour cherry kernel and its oil as influenced by different extraction and roasting conditions. *Industrial crops and products*, 49, 130-135.
- Yılmaz, F. M., Görgüç, A., Karaaslan, M., Vardin, H., Ersus Bilek, S., Uygun, Ö., & Bircan, C. (2019). Sour cherry by-products: compositions, functional properties and recovery potentials—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(22), 3549-3563.