



**ELMA KABUĞUNDAN PEKTİN
EKSTRAKSİYONUNUN OPTİMİZASYONU VE MODEL
EMÜLSİYON SİSTEMİNDE KULLANIMI**

Hazal ALDEMİR

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU
2023
(Her Hakkı Saklıdır)**

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ELMA KABUĞUNDAN PEKTİN EKSTRAKSİYONUNUN OPTİMİZASYONU VE
MODEL EMÜLSİYON SİSTEMİNDE KULLANIMI**

(Optimization of Pectin Extraction from Apple Peel and Use in Model Emulsion System)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazal ALDEMİR

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU
İkinci Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özlem ÇAKIR

Bayburt
Mart, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU danışmanlığında, 182003017 numaralı Hazal ALDEMİR tarafından hazırlanan “Elma Kabuğundan Pektin Ekstraksiyonunun Optimizasyonu ve Model Emülsiyon Sisteminde Kullanımı” adlı bu çalışma 19.01.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Özlem ÇAKIR İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Kübra ÇINAR TOPÇU İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Naciye KUTLU KANTAR İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Kübra FETTAHOĞLU İmza:

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

...../...../.....

Doç. Dr. Murat KUL
Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ELMA KABUĞUNDAN PEKTİN EKSTRAKSİYONUNUN OPTİMİZASYONU VE MODEL EMÜLSİYON SİSTEMİNDE KULLANIMI” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelerine uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

19/01/2023

Hazal ALDEMİR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimde hazırlık derslerimden tezimin sonuçlanmasına kadar geçen 3 senede bilgilerini benden esirgemeyen sabırla ilgilenen ve önerilerde bulunan sonsuz anlayışları sayesinde her türlü zorluğun üstesinden kolaylıkla gelebildiğim çok değerli danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU' na ve Doç. Dr. Özlem ÇAKIR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Bayburt Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü'ndeki değerli müdürlerime yüksek lisans programına başvuruma izin verdiklerinden ve kıymetli iş arkadaşlarıma eğitim sürecimde her konuda destek olduklarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sürecinde zorlandığımda bana moral veren her anlamda beni destekleyen, sabır gösteren sevgili eşim Ahmet ALDEMİR'e ve hayatıma yüksek lisans sürecimde giren canım oğlum Aliyar ALDEMİR'e sonsuz teşekkür ederim

Son olarak hayatımın her aşamasında bana maddi ve manevi destek olan beni bugünlere getiren canım ailem; annem Fatma ORUÇ ve babam Nusret ORUÇ'a teşekkür ederim.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELMA KABUĞUNDAN PEKTİN EKSTRAKSİYONUNUN OPTİMİZASYONU VE MODEL EMÜLSİYON SİSTEMİNDE KULLANIMI

Hazal ALDEMİR

Mart 2023, 49 sayfa

Yapılan bu çalışmada, yabani elma kabuğundan mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonu, Box-Behnken deney tasarımı kullanılarak yanıt yüzey yöntemiyle optimize edilmiş ve optimize edilen koşullarda elde edilen pektin kullanılarak model sosis ortamında yağ ikame edici olarak kullanım imkanları araştırılmıştır. Ekstrakte edilen pektinin, FTIR analizi ile pektin yapısında olduğu ve DSC analizi ile ticari elma pektini ile benzer termal özellikler sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen pektin örneğinin, 79.14 esterleşme derecesine sahip olduğu, sırasıyla 8.5 ± 0.7 g yağ/ g pektin ve 8.1 ± 1.5 g su/g pektin yağ ve su bağlama kapasitelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Emülsiyon özellikleri incelenen pektin emülsiyonlarının %1 pektin düzeyinde daha yüksek stabilite gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen pektin 2 farklı konsantrasyonda model sosis sisteminde değerlendirilmiştir. Pektin ilavesinin pişirme kaybı üzerine olumsuz etkisi olduğu, bunun yanı sıra ambalaja sızıntı miktarında pektin varlığının olumlu etki sağladığı söylenebilir. Değişmeyen renk özellikleri ve su aktivitesi parametreleri yabani elma kabuğundan elde edilen pektinin yağ ikamesi olarak kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Pektin, Yüzey Yanıt Yöntemi, mikrodalga ekstraksiyon, model sosis sistemi, yağ ikame.

ABSTRACT

MASTER THESIS

OPTIMIZATION OF PECTIN EXTRACTION FROM APPLE PEEL AND USE IN MODEL EMULSION SYSTEM

Hazal ALDEMİR

March 2023, 49 pages

In this study, microwave-assisted pectin extraction from wild apple peel was optimized by response surface method using Box-Behnken experimental design, and the possibilities of using pectin obtained under optimized conditions as a fat replacer in model sausage were investigated. It was determined that the extracted pectin was in pectin structure by FTIR analysis and exhibited similar thermal properties with commercial apple pectin by DSC analysis. In addition, it was determined that the obtained pectin sample had an esterification degree of 79.14, and oil and water binding capacities of 8.5 ± 0.7 g oil/g pectin and 8.1 ± 1.5 g water/g pectin, respectively. It was determined that pectin emulsions, whose emulsion properties were examined, showed higher stability at 1% pectin level. The pectin obtained was evaluated in the model sausage system with 2 different concentrations. It can be said that the addition of pectin has a negative effect on the cooking loss however the presence of pectin has a positive effect on the amount of leakage into the packaging. Unchanged color properties and water activity parameters show that pectin obtained from wild apple peel has the potential to be used as a fat substitute.

Keywords: Pectin, RSM, microwave extraction, model sausage system, fat substitute.

İÇİNDEKİLER

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	ix

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş.....	1
Araştırmanın Konusu ve Problemi.....	1
Araştırmanın Amacı.....	3

İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve	5
Yabani Ekşi Elma	5
Pektin ve Pektinin Özellikleri.....	6
Pektinin Gıdalarda Kullanım Amacı.....	9
Pektinin Doğal Kaynakları.....	10
Pektin Ekstraksiyon Yöntemleri	11
Geleneksel /Asit çözeltisi.....	11
Enzimatik destekli ekstraksiyon.....	12
Süperkritik su ekstraksiyonu.....	12
Mikrodalga destekli ekstraksiyon.	13
Ultrason destekli ekstraksiyon.	14
Elektrik alan destekli ekstraksiyon.....	14
Alan Yazı Derleme.....	15

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Materyal ve Yöntem	20
Materyal	20

Yöntem.....	20
Asit çözeltisinin hazırlanması.....	20
Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemiyle pektin eldesi.....	20
Esterleşme derecesi (DE).....	22
Et emülsiyonunun hazırlanması.....	23
Emülsifiye edici özellikler.....	23
Model sosis sistemi.....	24
Model sosis sistemi ürün analizleri.....	25
Renk analizi.....	25
Ambalaja sızıntı miktarı.....	25
Pişirme kaybı.....	26
pH analizi.....	26
Su aktivite ölçümü.....	26
DSC analizi.....	26
FTIR analizi.....	27
İstatistiki analizler.....	27

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Araştırma Bulguları ve Tartışma.....	28
Optimum Noktanın Belirlenmesi ve Geçerliliği.....	31
Modelin Doğrulanması.....	32
Pektin Karakterizasyonu.....	32
Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR).....	32
Termal özellikler.....	34
Fizikokimyasal özellikler.....	35
Pektin İçeren Model Sosis Sistemine Ait Analizler.....	37

BEŞİNCİ BÖLÜM

Sonuçlar.....	40
Kaynakça.....	41
Özgeçmiş.....	49

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Bağımsız Değişkenlerin Alt ve Üst Sınır Değerleri</i>	30
Tablo 2. <i>Box-Behnken Deney Tasarımı</i>	31
Tablo 3. <i>Sosis Üretiminde Kullanılacak Bileşenlerin Miktarları</i>	33
Tablo 4. <i>Pektin Üretim Miktarına Ait RSM Model İstatistikleri ve ANOVA Analizi</i>	37
Tablo 5. <i>Pektine Ait Bazı Fizikokimyasal Özellikler</i>	44
Tablo 6. <i>Yabani Elma Kabuğu Pektinine Ait Emülsiyon Özellikleri</i>	45
Tablo 7. <i>Model Emülsiyon Sistemlerine Ait Bazı Fizikokimyasal Analiz Sonuçları</i>	47
Tablo 8. <i>Model Emülsiyon Örneklerinde Hamur ve Pişirme Sonrası Aşamalarına Ait Renk Özellikleri (L^*, a ve b^* Değerleri)</i>	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Pektin yapısı (Syeitkhajy, 2017).....	7
Şekil 2. Pektinin şematik yapısı (Henrik, 2023, March 12).....	8
Şekil 3. Farklı konsantrasyonlarda pektin içeren emülsiyon görüntüleri.....	24
Şekil 4. Renk ölçüm aşamasına ait bir görüntü.....	25
Şekil 5. Ekstraksiyon süresi ve sıvı/katı oranının pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontür grafiği (pH=2).....	30
Şekil 6. pH ve ekstraksiyon süresinin pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontür grafiği (sıvı/katı oranı=100).	30
Şekil 7. pH ve sıvı/ katı oranının pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontür grafiği (Ekstraksiyon süresi=6).	31
Şekil 8. Yabani elma kabuklarından mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonunun optimizasyon çalışması ile elde edilen modelin deneysel veriler ile uyumluluğu.	32
Şekil 9. Yabani elma kabuğu pektini (a) ve ticari pektin'e (b) ait FTIR spektrumlar (450-4000cm ⁻¹).	34
Şekil 10. Yabani elma kabuğu pektini (a) ve ticari pektin'e (b) ait DSC diyagramları.....	35

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
Cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
mL	: Mililitre
M	: Molarite
w/v	: Weight/Volume (Ağırlık/Hacim)
v/w	: Volume/ Weight (Hacim/Ağırlık)
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü)
rpm	: Revolution per minute (Dakikada devir)
dk	: Dakika
s	: Saniye
W	: Watt
Ca⁺²	: Kalsiyum
Mg⁺²	: Magnezyum
Kv	: Kilovolt
HCl	: Hidroklorik asit
KHz	: Kilohertz
Mhz	: Megahertz
Pa.s	: Paskal-Saniye
MPa	: Megapaskal
p	: Anlamlılık derecesi
R	: Korelasyon katsayısı
RSM	: Response Surface Method (Yanıt Yüzey Yöntemi)
DM	: Düşük metoksil
YM	: Yüksek metoksil
ED	: Esterleşme derecesi
FTIR	: Fourier transform infrared spectroscopy
DSC	: Difransiyel taramalı kalorimetre

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Araştırmanın Konusu ve Problemi

Dünya ve ülke nüfusunun hızla artması beslenme konusuna ilginin de artmasına sebep olmaktadır. Sanayi devrimiyle beraber gıda sektörü farklı bir boyut alarak üretimin devasa boyut kazanmasını sağlamaktadır. Toplumsal yapının değişmesi, aile bireylerinin özellikle kadının ev dışında çalışmasının artması, beslenme alışkanlıklarının değişmesi, hızlı hayat akışından dolayı besin hazırlama için az zaman kalması veya besin hazırlama için az vakit harcama isteği nedeniyle tüketime hazır gıdalar insan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Eroğlu, & Ayaz, 2018).

Hazır gıdaların içeriklerine sağlığa zararlı katkı maddeleri ilave edilmesi, yüksek yağ ve şeker oranı bulunması ve kompleks karbonhidratlarca yetersiz olması beraberinde kötü beslenme neticesinde insanların aşırı kilo alımına, yüksek kolesterol, şeker, tansiyon gibi kronik hastalıklara yakalanma riskinin artmasına neden olmaktadır (Sarıçoban, Çoksever, Karakaya, & Yılmaz, 2008).

Fakat hazır gıdaların raf ömrünü ve lezzetini arttırmak için koruyucu ve renklendirici amacıyla eklenen gıda katkı maddeleri olumsuz etkilerine rağmen kullanımını kaçınılmaz hale getirmektedir. Üretici ve tüketicilerin bilinçli olmamasından dolayı bu kullanım insan sağlığı için ciddi problemler oluşturmaktadır. Birçok çalışmaya bakıldığında gıda katkı maddelerinin insan vücuduna yan etkileri olduğu görülmektedir (Karatepe, & Ekerbiçer, 2017).

Son zamanlarda bu sağlık problemlerinin artmasıyla yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla bilinçli tüketicilerin tercihi kalorisi az, kolesterol değeri düşük, yağ-şeker oranı azaltılmış sağlıklı gıdalar olmaktadır (Candoğan, & Kolsarıcı, 2003).

Tüketicilerin bu tercihleri gıda endüstrisinin de dikkatini çekmekte fonksiyonel içeriği geliştirilmiş, besleyici değeri yüksek genel olarak sağlıklı gıda diyebileceğimiz ürünlerle ilgili çalışmalar hız kazanarak devam etmektedir (Serdaroğlu, & Gamze, 2019).

Besin grubunda yer alan en yüksek protein kaynaklarından olan et ve et ürünlerinin besleyici değerinin yüksek olması, önemli ve gerekli mikrobeyinleri içermesi (Biesalski, 2006) insan beslenmesinden çıkarılamayacağını göstermektedir. Et tüketiminin fazla olması et ürünlerinin tercih edilmesi ete dayalı diyet ürünlerinin ön planına çıkmasını sağlamıştır. Endüstriyel et ürünleriyle ilgili yapılan çalışmalarda yağın en önemli belirleyicilerden olduğu görülmüş yağ azaltılmış yeni ürün formülasyonların geliştirilmesinin önemi artmıştır.

Salam-sosis gibi emülsifiye et ürünlerinin yağ oranının yüksek olmasının daha çok risk oluşturduğu fakat tüketicilerin diğer türevlere göre fiyatlarının uygun olmasından dolayı daha fazla tercih ettiği görülmüştür. Bu nedenle emülsifiye et ürünlerinin sağlığa zarar veren olumsuzlukları gidermek için doymuş yağ oranını düşürmek veya yağ yerine geçebilecek bir madde kullanmanın avantajlı olduğu öngörülmektedir (Bostan, Uğur, & Çetin, 2001).

Yağ oranının düşürülmesi sonucu elde edilen üründe görülen kusurların giderilmesi için yağ yerine kullanılabilecek çeşitli katkı maddelerden hidrokolloidlerin tercih edilmesinde birçok neden vardır. Hidrokolloidler tekstür oluşturma, stabilite ve emülsifikasyondaki özelliklerinden dolayı tercih edilmesi ile gündeme gelmiştir (Andrès, Zaritzky, & Califano, 2006; Beriain, Gómez, Petri, Insausti, & Sarriés, 2011).

Yağ ikame maddeleri içinde yer alan hidrokolloidler genel olarak 4 gruba ayrılır: Nişasta ve türevleri, selüloz ve türevleri, gamlar (karagenan, alginat, pektin, ksantan gam, guar gam ve keçiyoynuzu gamı) ve diğer hidrokolloidler (Yadegari, 2015).

Jelleşme yeteneği, su bağlama yeteneği, emülgatör görevi görmesi, iyi bir jel oluşturmak ve/veya bir koyulaştırıcı olarak fonksiyonel özelliklere sahip olması pektinin, et ürünleri formülasyonunun doğal bileşenlerinden biri olarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır (Sharefiabadi, & Serdaroğlu, 2020). Mendez-Zamora vd. tarafından yapılan bir çalışmada farklı pektin ve inülin formülasyonları ile hayvansal yağ ikamesinin, emülsiyon tipi sosislerin kimyasal bileşimi, dokusal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini incelemişler %15 pektin ve %15 inülinin hayvansal yağ ikame maddesi olarak kullanılabileceğini kaydetmişlerdir (Méndez-Zamora vd., 2015).

Pektin gıda atıklarından çeşitli yöntemlerle geri dönüştürülerek elde edilen, ticari olarak E440 koduyla bilinen bir gıda katkı maddesidir. Pektin elma, ayva gibi meyvelerde bulunmaktadır. Ticari pektin üretimin de turuncğil kabukları ve elma posası tercih edilmekle

beraber farklı kaynaklarla ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Turunçgil kabukları %20-30 oranında pektin içerirken, elma posası %10-15 içermektedir (Srivastava, & Malviya, 2011).

Pektinin gıdadaki diğeri bileşenlerle etkileşimi, nihai ürünün görünümünü, dokusunu ve emülsiyon stabilitesini etkilediğı için çok önemlidir. Pektinin sağladığı bu yapısal düzenlemeler, değışen sertlikteki şekerlemelerin, yağ alımı azaltılmış ürünlerin, asitli sütli içeceklerin vb. üretimine olanak sağlamaktadır (Koç, & Elmas, 2019).

Pektin iyi su ve yağ bağlama özelliğı gösterir. Bu nedenle jelleştirici, film / kaplama, emülgatör olarak ve düşük kalorili et ürünlerinde yağ ve/veya şeker ikamesi (diyet lifi) olarak kullanılabilir (Sharefiabadi, & Serdaroğlu, 2020).

Pektini bitki kaynaklarından geri kazanmada yüksek kaliteli ekstraksiyonu için, mikrodalga destekli ekstraksiyonun geleneksel ısıtma tekniklerine kıyasla daha etkili avantajlarına bakıldığında ise kısa ekstraksiyon süresi ve kullanılan çözücü miktarının az olduğı tespit edilmiştir (Cellat, 2011; Wongkaew, Sommano, Tangpao, Rachtanapun, & Jantanasakulwong, 2020). Watt (W) cinsinden ölçülen mikrodalga gücü, pektin ekstraksiyonu için önemli bir belirleyicidir. Mikrodalga gücündeki artışın, ekstraksiyon verimliliğı ile pozitif olarak ilişkili olduğı bildirilmiştir (Picot-Allain, Ramasawmy, & Emmambux, 2022).

Yapılan araştırmalarda elmanın pektin açısından zengin olduğı görülmüştür. Elma posası, çok çeşitli gıda uygulamalarına sahip umut verici bir karbonhidrat, protein, amino asit, yağ asitleri, fenolik bileşikler, vitaminler ve diğeri bileşiklerin kaynağıdır (Perussello, Zhang, Marzocchella, & Tiwari, 2017) Maliyetinin de düşük olması pektin üretiminde tercih edilme olasılığını arttırmıştır. Dünya genelinde en çok tüketilen ve en çok ticareti yapılan yumuşak çekirdekli meyvelerden biri olan elma, taze olarak tüketilebildiğı gibi çok çeşitli ürünlere de işlenmektedir. Tarımsal atık olarak bilinen, aslında besin içeriğı bakımından zengin olan elmanın kabukları, posa ve çekirdeklerinin katma değeri yüksek ürünlere dönüştürölmesi ile çevre sorunlarını azalttığını ekonomik faydaları arttırdığı bildirilmektedir (Tangüler, Mert, İlman, Yücel, & Gençtürk, 2021).

Araştırmanın Amacı

Yapılan bu çalışma ile

1. Yabani elma kabuğundan mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonunun optimizasyonu

2. Optimum koşullarda elde edilen pektinin karakterize edilmesi

3. Optimum koşullarda elde edilen pektinin, model sosis emũlsiyonunda yağ ikame edici olarak kullanım imkanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.



İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve

Yabani Ekşi Elma

Günümüzde elma çevre şartlarına kolay uyumlu olması nedeniyle en fazla Kuzey Anadolu'da yetiştirmekle birlikte, Karadeniz kıyı bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları arasındaki geçit bölgeleri elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır. Dünyada ise 7400 adet çeşitle geniş bir yetiştirme alanına sahiptir. Farklı cinslerine göre beyaz, sarı, yeşil, kırmızı veya bu renklerin karışımı olarak yetiştirilmektedirler. Elmalar karbonhidrat, karoten, C vitamini, selüloz ve pektinden oluşmaktadırlar. Depo koşullarının uygun olmasıyla uzun süre saklanmaları mutfakta birçok alanda kullanılmaları elmanın özelliklerini arttırmaktadır (Küçükkömürler, & Karakuş, 2009).

Bayburt ilinde doğal olarak yetişen meyvelerden biri yabani ekşi elmadır. Genel olarak yabani meyvelere baktığımızda kendiliğinden yetiştiklerini bu yüzden de yapılarında sağlığa zararlı olacak herhangi bir bileşen bulunmadığını, içeriklerindeki vitamin ve minerallerin insan beslenmesi için oldukça yararlı olduğu en önemli özelliklerinin ise oksidasyon reaksiyonlarını azaltan ya da engelleyen bileşikler olan antioksidanları fazla miktarda bulundurmaları gözlenmiştir (Mahapatra, & Panda, 2009). *Malus sylvestris* MILLER ismiyle bilinen yabani ekşi elma bölge ikliminin zor şartlarına uygun kırsal alanlarda ve dağ yamaçlarında doğal olarak yetişen sarı renkli, beyaz etli, kokusu ve aroması farklı olan bir meyvedir. Düşük dozda hidrojen siyanür içerdiğinden dolayı solunum ve sindirim sistemi üzerinde faydalıdır. Meyve kabızlığa iyi gelirken posası da ezilip sürüldüğünde yara ve iltihapları iyileştirmek için kullanılır (Arslaner, & Salık, 2020; Güldemir, Çakır, & Çakıroğlu, 2020; İlhan, Çakır, Dertli, & Şahin). Meyve kurutma veya salamura için kullanılmaktadır. Evde işlenerek reçel ve marmelat yapılmaktadır. Halk hekimliği bu meyvenin kan şekerini dengelediğini ve idrar söktürücü özelliği olduğunu söylemektedir. Literatür taraması, bu türün üzerinde çalışmaların yetersiz olduğunu ve gıda ürünü haline getirilmediğini göstermiştir (Güldemir, 2016).

Pektin ve Pektinin Özellikleri

Pektin, poligalakturonik asidin metillenmiş esteridir ve meyve bazlı ürünlerde jelleştirici ajan, meyve ve sütli içeceklerde stabilizatör ve fırın ve şekerleme ürünleri için meyve dolgusu gibi gıda endüstrisinde olduğu kadar farmasötik ve kozmetik ürünlerinde de geniş bir uygulama yelpazesi sunar. Bu nedenle pektin geri kazanımı büyük önem taşımaktadır (Marić vd., 2018).

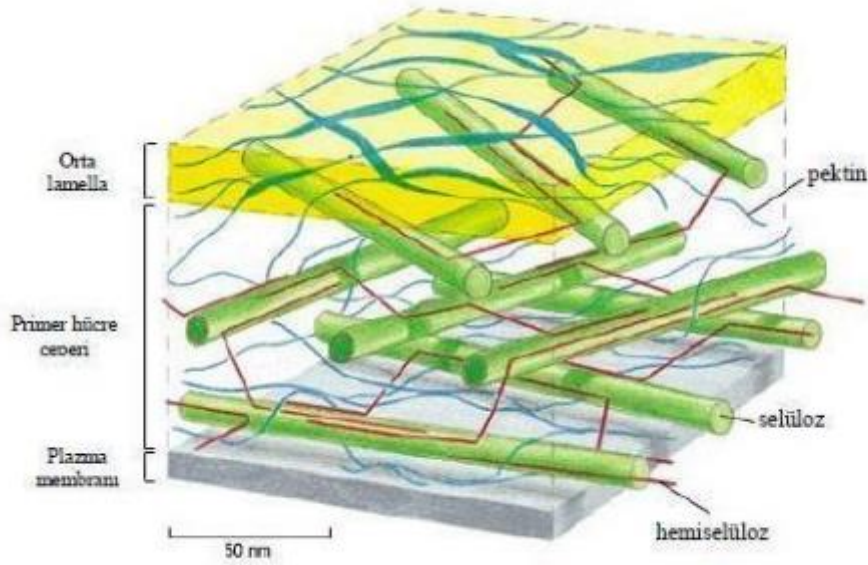
Fransız kimyager Louis Nicolas Vauquelin 1790 yılında pektini elma suyundan tespit eden kişidir. 1825 yılında ise yine Fransız kimyager olan Henri Braconnot pektini izole etmiş ve Yunanca olan pektikos kelimesi türetilerek katılaştırıcı ve sertleştirici anlamına gelen “pektin” olarak isimlendirilmiştir. İlerleyen zamanlarda da pektin farklı alanlarda birçok bilim adamı tarafından ilgi görmüş ve araştırmalara konu edilmiştir (Atalay, Türken, & Erge, 2018; Chan, Choo, Young, & Loh, 2017; Şimşek, 2013).

18.yy başlarında keşfedilen pektin bu zamandan itibaren reçel yapımında kullanılmaktadır. Yerel olarak reçel üretenler gereksinim duydukları pektinin hammaddesini meyve suyu üreticilerinden temin etmeye başlamışlardır. Yerel ticari reçel üreticilerinin bu talebini meyve suyu üreticileri elmaların atıkları olan posalarını kurutup satmaya başlamışlardır. Pektin gereksinimin giderek arttığını gören üreticiler sanayi devriminin etkisiyle de ticari pektin üretimine başlamıştır ("International Pectin Producers Association", 2023, March 12).

İlk ticari pektin 1908 yılında Almanya’da sıvı şekilde satılmaya başlanmış olup 1913 yılında Amerika’da patenti alınarak üretilmiştir (Arslan, 1994; "International Pectin Producers Association," 2023, March 12). Türkiye’de pektin üretimi olmayıp, yıllık pektin ihtiyacı yurt dışından karşılanmaktadır. 2019 yılında Türkiye tüm zamanların en yüksek pektin ithalat miktarına ulaşmış ve 676.267 kg pektin ithal etmiştir (MKA,2021).

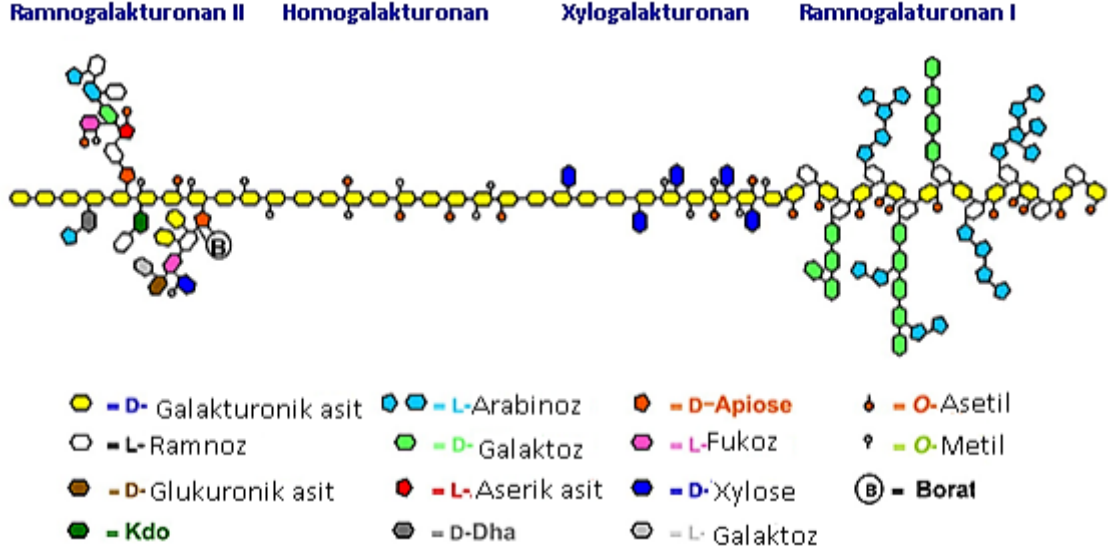
Pektin, bitkisel dokuların hücreler arası bölgelerinde ve hücre duvarlarında doğal olarak bulunur. Bitkilere dayanıklılık sağlarken büyümesi ve gelişmesinde de rol oynar (Bagherian, Ashtiani, Fouladitajar, & Mohtashamy, 2011; Gunning, Pin, & Morris, 2013; Guo vd., 2014; Liang vd., 2012; Torralbo, Batista, Di-Medeiros, & Fernandes, 2012; L. Zhang vd., 2013). Bitkilerdeki komşu hücrelerin çeperleri birbirlerine pektin ile bağlanır pektinin oluşturduğu bu tabakaya da orta lamella ismi verilir. Pektinin en çok bu tabakada bulunması hücre duvarında plazma membranına göre daha fazla olduğu sonucunu verir. Yüksek miktarda pektin içeren

bitki dokularının hızlı büyüyen ve yüksek nem içeren yumuşak bitki dokuları olduğu söylenebilir (Glicksman, 1969). Pektin, 3 boyutlu bitki hücre duvarı yapısında gösterilmiştir.



Şekil 1. Pektin yapısı (Syeitkhajy, 2017).

Pektinin kimyasal yapısını, elde edilen kaynak, bitkide bulunduğu yer ve ekstraksiyon metodu belirlemekte olup bu oluşum heterojen özellik göstermektedir (Müller-Maatsch vd., 2016). Pektinin yapısında temel taşları galakturonik asit zinciri oluşturmaktadır. Galakturonik asit zinciri ise 4 ana pektik polisakkaritten oluşmaktadır. Homogalakturonan (HG), Ramnogalakturonan I (RGI), Ramnogalakturonan II (RGII) ve Xylogalakturonan (XGA). (Willats, McCartney, Mackie, & Knox, 2001)



Şekil 2. Pektinin şematik yapısı (Henrik, 2023, March 12).

Pektinler heteropolisakkarittir ve çoğunlukla α -galakturonik asit polimerlerinin α -1,4-glikozidik bağlarla birbirlerine bağlanmasıyla oluşmaktadır (Grassino *vd.*, 2018). Molekülün ana zincirinde α -1,2-glikozidik bağlarla bağlanmış fakat dağınık bir şekilde duran ramnoz molekülleri varken doğrusal poligalakturnonik asit yer almaktadır. Bu durumdan dolayı düz (smooth) ve saçaklı (hairy) bölgeler pektin molekülünde bulunmaktadır (Fidalgo *vd.*, 2016). Düz bölgeleri homogalakturnonlar oluştururken, dallı bölgeleri de ramnogalakturnonlar oluşturmaktadır (Marić *vd.*, 2018; Naqash, Masoodi, Rather, Wani, & Gani, 2017).

Pektinin keşfi 200 yıl öncesine dayanmasına rağmen, yapısının değişiklik göstermesi nedeniyle bileşimi ve yapısı hakkında net bir tanımlama yapılamamaktadır (Naqash *vd.*, 2017). Galakturonik asitin karboksil gruplarının %100 değil bir kısmı metanolle esterleşebilmektedir (Marić *vd.*, 2018; Shpigelman, Kyomugasho, Christiaens, Van Loey, & Hendrickx, 2015; Taşkın, 2019). Esterleşme derecesi, esterleşmiş karboksil gruplarının toplam karboksil gruplarına oranıdır (Abid *vd.*, 2017). Pektinler esterifikasyon derecesi yani jelleşme özelliklerine göre ikiye ayrılırlar. Esterleşme derecesi %50' den fazla olan pektinler ($ED \geq \%50$) yüksek metoksilli (YM) pektinler olarak adlandırılırken, esterleşme derecesi %50'den az olan pektinler ($ED < \%50$) ise düşük metoksilli (DM) pektinler olarak adlandırılır (El-Nawawi & Heikel, 1997; May, 1990; Oakenfull & Scott, 1984). Pektine ilave asit ve şeker belirli oranlarda eklenerek elde edilen sulu çözeltiye ısı işlem uygulanıp soğutulduğunda, karışım kıvamlı bir yapıya dönüşür. Buna pektin jeli denir (Açıkgöz, & Poyraz, 2006).

Pektinin jel oluşturma durumu iki sınıfta da farklı etkenlere bağlıdır. Yüksek metoksilli pektinin jel oluşturması için yüksek miktarda şeker (%50' den daha fazla) ve asit bulunması gerekirken düşük metoksilli pektinler için düşük şeker konsantrasyonlarına, çok değerlikli katyonlara (Ca^{+2} , Mg^{+2} gibi) ihtiyaç vardır (Arslan, 1994; Taşan, 2018).

Yüksek metoksilli pektinler 88 °C'de jel oluşturmaya başlayarak hızlı jelleşirler. Bu tip pektinler, yüksek sıcaklıklarda dolum yapılan, ambalajlanan, meyve parçalarının bulunduğu ürünlerde (reellerde) kullanılır. Düşük metoksilli pektinler ise 55-65 °C de jel oluşturmaya başlayarak yavaş jelleşirler. Bu tip pektinler pişirilmiş ürününün soğutularak ambalajlanması işleminde ve vakumda pişirilen ürünlerde kullanılır. Ayrıca hem yavaş jelleştiğinden hem de jelleşirken şekere ihtiyaç duymadığından diyabet hastaları için hazırlanacak ürünlerde kullanılmaktadır (Cemeroğlu, & Meyve, 1986).

Yüksek molekül ağırlıklı pektinler daha iyi jel oluştururken, düşük molekül ağırlıklı pektinler yüksek oranda asetil grupları içerdikleri için, jel oluşumunda bir engel meydana geldiği ve dolayısıyla jel yapma yeteneğinin az olduğu bilinmektedir (Arslan, 1994).

Gerçek pektin açık sarı renklidir ve suda iyi znr. Pektinin iyi bir şekilde jel oluşturabilmesi için tamamen çözünmesi gerekir. Çözünürlüğü, molekül ağırlığı ve esterleşme derecesi etkilemektedir ve ters orantılıdır Pektin, formamit, dimetil sülfoksit, dimetil formamid ve sıcak gliserol haricinde organik çözücülerde znemezler.

Pektinin zeltisinin viskozitesi de birçok parametreden etkilenmekte; molekül ağırlığının, nötralizasyon derecesinin ve konsantrasyonun artışı ile artarken, sıcaklık artışı ile azalır (Kar, & Arslan, 1999).

Pektinin Gıdalarda Kullanım Amacı

Pektin, E440 kodu ile gıda katkı maddesi olarak kullanımı tüm ülkelerde izin verilmiş ve günlük tüketim miktarında sınırlama olmayan gıda bileşenidir (Arslan, & Türker,1993; Oakenfull, 1991). Pektinin kullanıldığı gıda, kozmetik, tekstil, ilaç endüstrisi gibi birçok alan sıralanabilir.

Pektin gıda sektöründe; jelleştirme, kıvamlaştırma, parlaklık verme ve emülgatör özelliği ile reçel, marmelat, süt ürünleri, içecekler, şekerleme, tatlı, yoğurt, balık konservesi, mayonez ve çeşitli soslar gibi diğer pek çok gıda ürününde kullanılmaktadır (Kar, 1998; Kusrini, Wicaksono, Gunawan, Daud, & Usman, 2018; Sila vd., 2009).

Pektinin şekerleme endüstrisinde kullanılmasının nedenleri şekerlemeye elastik yapı katması, meyvenin kendine ait tadını daha da baskın hale getirmesi ve düzgün, parlak bir yapı sağlamasıdır. Fırıncılık ürünlerinde de bayatlamayı geciktirmesinden dolayı kullanılmaktadır (Kar, & Arslan, 1999; Willats, Knox, & Mikkelsen, 2006). Pektinin tekstil ve kağıt endüstrisinde kullanılmasının nedenleri iyi bir emülgatör olması ve ince tabaka oluşturabilme özelliğinden dolayıdır (Arslan, 1994).

Pektinin tıptaki uygulama alanları incelendiğinde hidrasyon özelliği sayesinde lif oluşturabilmeye yatkınlığından dolayı diyet tedavilerinde kilo kaybına yardımcı ve kolesterol düşürücü etkisi olduğu belirlenmiştir (Thibault, & Rinaudo, 1986). Kanın pıhtılaşma süresini kısalttığından dolayı kanamaların kontrol edilmesine yardımcıdır (Turquois, Rinaudo, Taravel, & Heyraud, 1999) Aynı zamanda kanser hücrelerinin oluşumunu önlemekte özellikle de kolon kanserinin tedavisinde kullanılmaktadır (W. Zhang, Xu, & Zhang, 2015).

Ayrıca, ülser önleyici ve kolesterol düşürücü aktivite, yara iyileştirici, kanser önleyici, antioksidan ve lipaz aktivitesini azaltıcı gibi insan sağlığına sayısız faydaları vardır. Çeşitli teknolojik uygulamaları ve sağlık yararları göz önüne alındığında, dünya pazarlarında yıllık pektine olan talebin %4–5 oranında artması, ek ve ucuz kaynaklar bulma ihtiyacını ima etmektedir (W. Wang vd., 2016; Yeoh, Shi, & Langrish, 2008).

Yüksek yağlı bir diyetle beslenen fareler üzerinde yapılan bir araştırma, pektinle beslenen farelerin serum kolesterol ve trigliserit düzeylerinin önemli ölçüde düşük olduğunu bulmuştur. Pektin molekülleri, safra tuzlarının ince bağırsakta yeniden emilmesini engelleyerek kan tarafından emilen ve taşınan kolesterol miktarını azaltmıştır (Koç, & Elmas, 2019).

Pektinin Doğal Kaynakları

Son yıllarda tarımsal gıda artıklarından hayvan yemi, gübre gibi ürünlerden daha değerli olan bileşenler elde edilmeye başlanmıştır. Pektin de yeni dönüştürülmeye başlanan bileşiklerden biridir (Müller-Maatsch vd., 2016).

Pektinin kaynaklarına bakılacak olursa meyve ve sebzelerde yüksek, tahıllarda ise düşük miktarda bulunduğu görülmüştür. Ticari pektin üretimi genellikle turuncgil meyve kabuklarından (limon, misket limonu, portakal) veya elma posasından alternatif olarak ise şeker pancarı, mango atıkları, ayçiçeği tablalarından ayrıca üzüm, çilek gibi meyvelerde de de az miktarda pektin içerdiği görülmüştür. Turuncgil kabuğu tozunda %20-30 oranında bulunan

pektin açık krem ya da açık karamel rengine olup kuru elma posasında %10-15 oranında bulunan pektin ise genellikle koyu renklidir (Srivastava, & Malviya, 2011).

Pektin Ekstraksiyon Yöntemleri

Pektin ekstraksiyonu, pektin makromoleküllerinin bitki dokusundan hidrolizi ve ekstraksiyonu ve çözündürülmesinin farklı faktörlerin etkisi altında gerçekleştiği çok aşamalı bir işlemdir (Sharefiabadi, & Serdaroğlu, 2020). Pektinler, asidik ve sıcak bir solüsyonda kolayca ekstrakte edilebilir. Ancak bu süreç, çevre kirliliği endişelerine neden olarak büyük miktarda atık üretebilir. Ultrason destekli ekstraksiyon (UAE), mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE) ve ultrason mikrodalga destekli (UMAE) yüksek verimli ve çevre dostu pektin ekstraksiyon teknolojileri bu endişelerin giderilmesini sağlayabilir (Gharibzahedi, Smith, & Guo, 2019). Asit ekstraksiyonu, pektin elde etmek için en eski yöntemdir. Asit ekstraksiyon prosesinde hem solventlerin aşırı kullanımı hem de çevreye verilen zarar yeni bir prosesi gerektirmiştir (Atalay vd., 2018). Yeni pektin ekstraksiyon yöntemlerinde yüksek verimli ve yüksek kaliteli olması aynı zamanda daha kısa sürede tamamlandığı için enerji tasarrufu sağlaması öncelikli dikkat edilmesi gereken noktalardır (Grassino vd., 2018; Maran & Prakash, 2015). Son yıllarda mikrobiyal enzimler veya enzim kompleksleri ve ultrases destekli, mikrodalga destekli vb. ekstraksiyonlar gibi daha az dezavantaja sahip alternatif yöntemlerin araştırılmasına devam edilmektedir (Gavahian vd., 2019). Mikrodalga ısıtma, ultrason, kritik altı su ve enzim destekli ekstraksiyon gibi yeni teknolojiler, yüksek üretim ve iyi ürünler sağlamada güçlü araçlar olarak kullanılmaktadır. Bu tekniklerin kombinasyonları da test edilmektedir.

Geleneksel /Asit çözeltisi.

Geleneksel olarak pektin, 0,05-2 M sülfürik asit, nitrik asit, fosforik asit, asetik asit veya hidroklorik asit ile ilave edilerek 80-100 °C' de sürekli karıştırma ile 1 saat boyunca ekstraksiyona tabi tutulur (Marić vd., 2018).

Altta yatan mekanizmalar ve çalışma koşullarının ekstraksiyon verimini ve pektinin zamanını ve kalitesini nasıl etkilediği hakkında geniş bilgi olan yöntemde proses koşullarının optimizasyonu üzerine makul ekstraksiyon oranları ve verimleri sağlar. Yeni ekstraksiyon teknikleri ile karşılaştırıldığında ekstraksiyon süresinin uzun olduğu ve aşırı ekstraksiyon süresi nedeniyle pektin bozulmasına neden olduğu bilinmektedir. 80 °C' ye kadar olan sıcaklıklar, ekstraksiyon verimini belirli bir noktaya kadar artırır, bunun ötesinde pektinin termal

bozunması nedeniyle verim azalmaya başlar. Ekipman korozyonuna ve atık su arıtma ihtiyacına yol açan yüksek solvent gereksinimi toksisite, yanıcılık sorunları ve zayıf seçicilik ile sınırlı olması dezavantajlarından (Büyüktuncel, 2012; de Oliveira, Giordani, Gurak, Cladera-Olivera, & Marczak, 2015).

Enzimatik destekli ekstraksiyon.

Enzimatik ekstraksiyon için kullanılan iki prensipten ilki kullanılan enzimler doğrudan ekstrakt bileşenlerine etki ederek çözücü ortamından geçirirken, ikinci yöntemde kullanılan enzimler bitki materyalinin hücre duvarlarına etki ederek ekstrakt bileşenlerini doğrudan etkilemeden ayrıştırmaktadır. İkinci yöntem yaygın olarak kullanılsada, ilk yöntem hakkında da bazı araştırmalar bulunmaktadır (Atalay vd., 2018).

Enzimlerin yüksek düzeyde seçiciliği, çözücü miktarını azaltır ve ekstraksiyon süresi ve verimi artırır. Düşük solvent gereksinimi nedeniyle çevre dostu olması ve uyarlanmış ekstraksiyon, moleküler ağırlık ve esterleşme derecesi ile ilgili olarak daha yüksek kalitede pektine yol açar. Ekstrakte edilen polisakkaritlerin fonksiyonel ve yapısal özellikleri daha iyi korunur. Ekipman korozyonunu ve atık su arıtma maliyetlerini azaltır. Enzimler tarafından pektine erişimi artırmak için daha küçük parçacıklar gerektirir (Adetunji, Adekunle, Orsat, & Raghavan, 2017).

Süperkritik su ekstraksiyonu.

Subkritik su ekstraksiyon mekanizmasının kurulumu, suyun sisteme girişi için yüksek basınç pompasına sahip bir solvent deposundan, ekstraksiyonun gerçekleştiği fırın içindeki bir hücre veya kolondan ve sistem içindeki basıncı korumak için bir valften oluşur. Ekstraksiyon kolonu bir gaz kromatograf fırınında ısıtılır ve suyu kolona pompalamak için bir pompa kullanılır. Basıncı numune kolonu muhtemelen suyu yüksek ekstraksiyon sıcaklıklarında sıvı fazda tutmuştur. Statik tahliye, sistemin vanaları tamamen kapalıyken gerçekleşir. Ekstraksiyon prosesi, geçiş bileşenlerinden yüzeye çözünenlerin difüzyonu ile başlayan üç ardışık adımı içermektedir. Daha sonra, çözünen bileşik çözücüye aktarılacak ve ardından çözünen bileşiğin özütleme kolonundan elüsyonu yapılacaktır (Zakaria, & Kamal, 2016).

Pektinin süperkritik suda daha yüksek çözünürlüğü, geliştirilmiş ekstraksiyon oranları ve dolayısıyla daha kısa ekstraksiyon süresi pektin verimini artırır. Sürekli veya yarı sürekli ekstraksiyon potansiyeli 160 °C'ye varan sıcaklıklar pektinin çözünürlüğünü artırır. Ekstrakte edilen pektinin daha yüksek kaliteli olduğu ve daha düşük solvent gereksinimi ve buna bağlı olarak solvent ve atık su arıtımı ile daha düşük maliyetle işlemin gerçekleştiği saptanmıştır. Su

dışında solvent kullanımını tamamen ortadan kaldırdığı için en çevreci ekstraksiyon yöntemidir. Toksisite ve yanıcılık ile ilgili artan güvenlik; ekstrakte edilen pektinin yapısını tamamen korur (Yeoh *vd.*, 2008).

Süperkritik su ekstrakte yöntemi kullanılarak bitkilerden ekstrakte edilen çeşitli bileşikler üzerine yapılan çalışmada pektinin eldesinde hammadde olarak elma posası ve narenciye kabuğu 100–170 °C’ de antioksidatif ve antitümör ajan olarak kullanılırken şeker pancarı posasından eldesinde ise 110–130°C, 8–12 MPa çalışma koşulunda gıda endüstrisinde stabilize edici ajan olarak kullanılmıştır (Chen *vd.*, 2016; X. Wang, Chen, & Lü, 2014).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon.

Mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) cihazındaki işlem, çözücünün mikrodalga radyasyonu ile hızlı ve verimli bir şekilde ısıtılmasından oluşur. Enerji taşıyan dalgalar doğrudan maddeye etki eder ve madde elektromanyetiktir. Enerjinin bir kısmını emer ve ısıya dönüştürür (Syeitkhajy, 2017).

Diğer tüm ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla en yüksek verimi en kısa sürede oluşturduğu örneğin geleneksel ekstraksiyondan 10 kat daha düşük olduğu görülmektedir. Düşük solvent gereksinimine ihtiyaç duyduğu için geleneksel ekstraksiyondan daha çevre dostudur. Geleneksel ısıtmadan kaynaklanan konsantrasyon gradyanlarından ziyade homojen bir ısıtma sağlar. Optimal bir noktaya kadar daha yüksek mikrodalga gücü ve ışınlama süresi, polimerizasyon verim derecesini ve galakturonik asit içeriğini artırır. Küçük ekipmanların kullanımına izin verir. Süre, pH ve katı-sıvı oranı arttıkça pektin miktarının azaldığı da gözlenmiştir.

Solvent gereksinimi azaltılır ancak ortadan kaldırmaz. Yine de ekipman korozyonu ve atık su arıtımı sorunları yaratır. Moleküler ağırlık azalması uzun mikrodalgaya maruz kalma sürelerinden ve özellikle pektin ağlarının ayrışmasından kaynaklanan yüksek güçten kaynaklanır (Bagherian *vd.*, 2011; Maran, Sivakumar, Thirugnanasambandham, & Sridhar, 2013).

Portakal kabuğundan pektin eldesinde asitle ekstraksiyon yöntemiyle mikrodalga yöntemi karşılaştırıldığında; asitle ekstraksiyon yönteminde 82°C de 50 dk çalışma koşullarında 1.7 pH HCl çözücüsünde verim %2.95 bulunurken mikrodalga yöntemi kullanılarak 1-3 dk 160-480 W mikrodalga gücü pH 1.0-2.0 sülfürik asit çözücüsü uygulandığında verim %23.10-

27.51 olarak bulunmuştur (Georgiev, Ognyanov, Yanakieva, Kussovski, & Kratchanova, 2012; Maran vd., 2013).

Ultrason destekli ekstraksiyon.

Bir sıvıda, genleşme döngüsü negatif basınç üretir. Ultrason yeterince güçlüyse, genişleme döngüsü sıvıda kabarcıklar veya boşluklar oluşturabilir. Bu, uygulanan negatif basınç, sıvının doğasına ve saflığına bağlı olarak değişen yerel çekme mukavemetini aştığında böyledir. Buhar kabarcıklarının oluştuğu, büyüdüğü ve patlamalı bir çöküşe uğradığı süreç, “kavitasyon” olarak bilinir. Katıların (bitki kısımlarının) yüzeyindeki kavitasyon, hücreleri parçalayarak partikül dağılımını sağlar ve katının yüzeyini artırarak numunenin çözücüye kütle transferini artırır (Luque-Garcia & De Castro, 2003; Paniwnyk, Cai, Albu, Mason, & Cole, 2009).

Ultrason, daha düşük işlem süresi ve solvent tüketimi ile daha yüksek ürün verimine yol açan mikro boşlukların oluşması nedeniyle kütle aktarım hızlarını ve hücre duvarının olası yırtılmasını artırarak ekstraksiyon oranını iyileştirmek için etkili bir şekilde kullanılabilir (Shirsath, Sonawane, & Gogate, 2012).

Kimyasal yapıyı değiştirmeden daha iyi renkte ekstraktlar üretilir. Geleneksel yöntemle kıyasla daha düşük enerji talebi ve ekstraksiyon süresine ihtiyaç duyar bu da daha yüksek proses verimliliğine ve daha az zararlı çevresel etkilere yol açar. Malzeme bileşimini koruyarak daha düşük çalışma sıcaklıkları gerektirir. Sürekli sonikasyon yerine aralıklı sonikasyonun kullanılması daha yüksek verime yol açabilir. Proses koşullarına, galakturonik asit içeriğine, esterleşme derecesine ve geleneksel olarak ekstrakte edilen pektine kıyasla moleküler ağırlık değişimine bağlı olarak farklı teknolojik uygulamalara izin verir. Genel olarak viskozite, stabilite, aktivasyon enerjisi ve jelleşme kapasitesi diğer ekstraksiyon tekniklerini kullanmaktan çok daha yüksektir. Artan verim ve ekstraksiyon oranları matrikse bağlıdır ve bazı bitki dokuları için gözlemlenmeyebilir. Ultrason yoğunluğunu azaltan yüksek katı partikül içeriğinden kaçınmak için solvent/matris oranı optimize edilmelidir artan sonikasyon gücü ve süresi ile daha zayıf jeller oluşur. Belirli bir sonikasyon süresinden sonra, pektin bozulmasının bir sonucu olarak verim azalmaya başlar (Guo vd., 2012).

Elektrik alan destekli ekstraksiyon.

Elektrik alanı, hücre bozulması nedeniyle bitki materyallerinin geçirgenliğini artırır bu da daha yüksek verim ve ekstraksiyon verimliliği ile sonuçlanır. Orta düzeyde elektrik alanı (<1 kV/cm) ekstraksiyonu daha yüksek galakturonik asit içeriğine, suda daha yüksek

çözünürlüğe ve korunmuş lif yapısına sahip pektin ile sonuçlanır. Verim ve galakturonik asit içeriği farklı voltajlar ve ekstraksiyon süreleri kullanılarak modüle edilebilir. 300 V' a kadar olan voltajlar, işlenmemiş numunelere göre verimi %300' den fazla artırır; frekans ne kadar düşükse, matrisin artan geçirgenliği ve moleküler hareketliliği nedeniyle verim (en azından 20 ila 120 kHz aralığında) o kadar yüksek olur. Geleneksel ekstraksiyona kıyasla 80 °C' ye kadar herhangi bir sıcaklık için arttırılmış verim gözlemlenir; sürekli elektrik alanı yerine darbeleri, bitki dokusundaki ısıtma etkilerini daha da azaltır. Çözücü gereksiniminin azalması nedeniyle çevre dostudur. Gereken kimyasal miktarları daha düşük olmasına rağmen solvent kullanımını ortadan kaldırmadan verimi ve ekstraksiyon verimliliğini artırır. Membran geçirgenliğine ve dolayısıyla artan ekstraksiyon hızlarına neden olmak için gerekli olan elektrik alan kuvveti, özellikle hücre geometrisi ve boyutu ile ilgili olarak malzemeye bağlıdır (Knorr, & Angersbach, 1998; Yang, Jin, Tian, Jin, & Xu, 2016).

Alan Yazın Derleme

Farklı gıdalardan çeşitli yöntemlerle pektin eldesi ve pektinin ilave katkı maddesi olarak kullanıldığı çalışmalara rastlanmaktadır. Syeithkajy (2017) yaptığı çalışmada tüketilmeyen turunçgil kabuğunu değerlendirmek amacıyla geleneksel yöntemi mikrodalga destekli ekstraksiyon ve ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi karşılaştırılarak pektin eldesinde yeni yöntemlerin sürelerinin daha az olduğunu ve mikrodalga yönteminin enerji maliyeti açısından daha avantajlı olduğunu bulmuştur. Yanıt yüzey metoduyla incelenen veriler sonucunda üretilen pektinlerin nem değerleri %1.37-2.52 arasında, kül değerleri ise %0.8-2.5 arasında bulunmuştur.

Keleş (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, nar kabuğundan geleneksel ve enzimatik ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen pektinin karşılaştırılmasında, FTIR analizleri sonucunda yapıları benzer bulunurken, enzimatik ekstraksiyon yönteminde verim ve esterleşme derecesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sarı ve Birlik (2020) tarafından, nar kabuğunun kullanıldığı başka bir çalışmada ise optimum ekstraksiyon koşulları belirlenerek, pektinin düşük metoksilli olduğu ve düşük kalorili jel üretiminde kullanılabileceği bulunmuştur.

Serdaroğlu ve Gamze (2019) göre diyet liflerinin son yıllarda sağlık ve beslenme üzerine olumlu etkileri bilinmekle beraber fonksiyonel ve teknolojik açıdan da etkili olduğundan gıdalarda katkı maddesi olarak kullanıldığını bildirmişlerdir.

Taşan (2018) tarafından yapılan çalışmada kurutulmuş greyfurt kabuğundan mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ve geleneksel ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen pektinin karşılaştırması yapılmış olup yapıları benzer bulunurken, elde edilen pektinle yapılan kayısı marmelatının mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde duysal açıdan daha üstün olduğu görülmüştür. Elde edilen pektinin ekstraksiyon koşulları optimize etmek için yanıt yüzey yöntemi kullanılmış ve optimum koşullar 30 ml/g solvent katı oranı, 90 s süre ve pH 1 olarak belirlenmiş ve sonucunda verim %20.93 olarak bulunmuştur.

Taşkin (2019) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye de pektin kullanımının artmasıyla, pektinin az maliyetle üretilmesine ilgi artmıştır. Elma posasından pektin üretiminde nem ve kül değerlerinin düşük olarak gıda kodeksine uygun olduğu esterleşme derecesine bakıldığında düşük metoksilli olduğu son olarak jel gücüne limonla karşılaştırılarak bakıldığında limona göre elmadan elde edilen pektinin bal kıvamında jel gücünün düşük olduğu görülmüştür.

Sarıçoban, Çoksever, Karakaya ve Yılmaz (2008) et ürünlerinde turunçgil yan ürünlerinin kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada, turunçgillerden elde edilen limon albedosunun et ürünlerinin işlenmesinde olumlu sonuçlar verdiğini aynı zamanda diyet lif kaynağı olarak da kullanılabileceği ve benzer çalışmaların geniş çerçevede arttırılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Serdaroğlu ve Gamze (2019) tarafından yapılan derlemede, fermente sosis üretiminde uygulanan yeni formüller araştırılmıştır. Tüketicilerin sağlıklı alternatif arayışından yola çıkılarak fermente ürünlerden sosisin içeriğinin daha sağlıklı hale getirilmesi için yağ oranının azaltılması amaçlanmış, sosislerde ortaya çıkan duysal problemlerin önlenmesi için de yüksek su ve yağ tutma, mineral ve organik molekülleri bağlama özelliği sayesinde diyet liflerinden yararlanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde diyet lif kullanımının ürüne enerji ve kolesterol oranının düşük olması, duysal kalitenin iyileşmesi vb. olumlu anlamda değer kattığı görülmüştür.

Ekici ve Ercoşkun (2007) tarafından et ürünlerinde diyet lif kullanımıyla ilgili yapılan bir derlemede, bilinçli tüketici kitlesinin sağlıklı beslenme seçimi sonucunda yağ içeriklerinin fazla olmasından dolayı fermente ürünlerin tüketimin azaltmaları gıda endüstrisinin et ürünleriyle ilgili farklı bir üretim arayışına sokmuştur. Yağ oranını düşürürken oluşacak olumsuzlukları diyet lifi ilavesiyle önleme girişimleri sonucunda diyet lifinin su tutma kapasitesini arttırma, formülasyon giderlerini azaltma, tekstürü uyarlama, depolamayı

sağlamlaştırma, pişirme kayıplarını düşürme ve nötr bir tada sahip olması özellikleri olumlu sonuç vermiştir.

Silva-Vazquez, Flores-Giron, Quintero-Ramos, Hume, & Mendez-Zamora (2018) tarafından inülin ve pektinin et hamurlarının fizikokimyasal özellikleri ve emülsiyon stabilitesi üzerindeki etkisine bakıldığı çalışma sonuçları, %15 inülin ile %15 pektin kombinasyonunun domuz sırt yağının yerine kullanılabileceğini ve et hamurunun emülsiyon stabilitesinin korunmasına yardımcı olabileceğini düşündürmektedir. Sonuç olarak, stabil, daha sağlıklı et hamuru üretmek için bir strateji olarak hayvansal yağlar işlevsel bileşenlerle değiştirilebilir. Ayrıca, inülin ve pektin, fizikokimyasal stabiliteyi geliştirmek için elde eden düşük yağlı et ürünlerinin hazırlanmasında kullanılabilir (Silva-Vazquez, Flores-Giron, Quintero-Ramos, Hume, & Mendez-Zamora, 2018).

Sharefiabadı ve Serdaroğlu (2021) et ürünlerinde pektin kullanımıyla ilgili yaptıkları bir çalışmada, pektinin, az yağlı et ürünleri için gelecek vaat eden doğal katkı maddelerinden biri olduğu ve jelleşme, su bağlama özelliğinden dolayı fosfatsız olarak formülasyonlarda ve emülsiyon tipi ürünlerde kullanılabilir olduğu ve doğal antimikrobiyallerle birleştirilmiş pektin yenilebilir filmler, et ürünleri için aktif ambalaj malzemeleri olarak korumada potansiyel uygulamaya sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Et ve et ürünlerinde yağ oranının düşürülmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada gelişmiş ülkeler olan Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa devletlerinde tüketicilerin kronik hastalıkların artmasına neden olan yağdan dolayı et ürünlerine talebin azaldığı; çözüm olarak yağı azaltılmış yeni formülasyonların gelişmesine neden olduğunu bu durumun ülkemizde de bekleneceğine değinmişlerdir (Budak, & Kayaardı, 2006).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yoluyla mango kabuğundan elde edilen pektinin kurutulmuş çin sosisinde yağ değiştirme olarak kullanımıyla ilgili yapılan çalışmada, mikrodalga destekli ekstraksiyon tekniğinin, mango pektinin ekstraksiyonu için tamamlayıcı bir yöntem olduğu başarıyla kanıtlanmıştır. Mango kabuğu pektini eşdeğer ağırlığı, metoksil içeriği ve esterleşme derecesi geleneksel yöntemle göre daha yüksek bulunmuştur. Çin sosisinde %5 pektinin yağ içeriğine ikame edilmesi, rengi arttırdığı ve fiziksel niteliklerin yanı sıra duyuusal özelliği de koruduğu, Mango kabuğu pektini düşük yağlı Çin sosisi formülünde yeni bir yağ ikame maddesi olarak kullanılabileceğine ulaşılmıştır (Wongkaew, Sommano, Tangpao, Rachtanapun, & Jantanasakulwong, 2020).

İnülin ve pektin kullanılarak frankfurter sosislerinin formülasyonunda yağın azaltılmasıyla ilgili yapılan çalışmada, yağ ikameleri olarak farklı konsantrasyonlarda inülin ve pektinin sosislerin kimyasal bileşimi, dokusu ve duyuşal kabulü üzerindeki etkisine bakılmış; verimi arttırdığı, tüketici kabulü ile ilişkili renk parametrelerini iyileştirdiği, et ürünlerinin liflerle yeniden formüle edilebileceği, protein içeriğini ve su tutma kapasitesini koruduğu ve sonuçta sosislerde yağ ikame maddeleri olarak ve ayrıca bir prebiyotik içerik kaynağı olarak kullanılabileceğini gösterilmiştir (Méndez-Zamora vd., 2015).

Pomelo kabuklarından uçucu yağ ve pektinin iki aşamalı mikrodalga ekstraksiyonunun incelenmesi ile ilgili çalışma da ilk aşama, taze kabuklardan uçucu yağın çıkarılması için çözücüsüz mikrodalga ekstraksiyonu kullanılmış verimlilik ve ürün verimi açısından uçucu yağların ekstraksiyonu için geleneksel hidrodistilasyon işleminden daha uygun olduğu ve yağ bileşimini etkilemeyeceğini göstermiştir. Çözücüsüz mikrodalga ekstraksiyon yöntemi için önerilen çalışma koşulları, 150 W mikrodalga gücünde ve 90 dakikalık ekstraksiyon süresidir. Yağsız pomelo kabukları daha sonra ikinci aşama proses olarak çözücülü mikrodalga ekstraksiyon yöntemi pektin ekstraksiyonu için kullanılmış 90 dakikalık geleneksel asidik çözelti ekstraksiyonu ile karşılaştırıldığında 520 W mikrodalga gücünde, pH değeri 2.0 ve 5.6 dakikalık ekstraksiyon süresinde %3.29' luk daha yüksek bir ekstraksiyon verimi elde edilmiştir. Uçucu yağ için çözücüsüz, pektin için çözücülü mikrodalga ekstraksiyonu, gıda endüstrisi için biyomalzemelerin daha iyi işlem verimi ve daha iyi kullanımı için uygun bir işleme yöntemi olarak kabul edilmiştir (Chen, Hu, Yao, & Liang, 2016).

Atalay, Türken ve Erge (2018)'nın pektin elde etme yönteminden geleneksel asitle ekstraksiyon yönteminin çözücü kullanımından dolayı hem çevreye hem insana verdiği zararı engellemek için yeni yöntem (enzimatik, mikrodalga, ultrasonik veya sub-kritik su ekstraksiyon) arayışlarına neden olması farklı pektin kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri üzerine yoğunlaştırmıştır. Yeni yöntemlerden mikrodalga ekstraksiyon yönteminin işlem süresinin kısa, mikrodalga enerjisinin oluşturduğu ısının eşit dağılması, düşük enerji harcaması ve elde edilen ürünün kalitesinin yüksek olması tercih edilmesini sağlamaktadır.

Amacı mikrodalga gücü, pH, zaman ve katı-sıvı oranı gibi proses değişkenlerinin atık *Carcia papaya L.* kabuğundan pektin ekstraksiyonu üzerindeki etkisini değerlendirmek ve optimize etmek olan çalışma da deneyler dört faktörlü, üç seviyeli Box-Behnken yanıt yüzeyi tasarımına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Pektin verimini tahmin etmek için deneysel verilerden kuadratik model geliştirilmiştir. Optimal koşulun: 512 W'lik mikrodalga gücü, 1.8'lik

pH, 140 s'lik süre ve maksimum pektin verimi (%25.41) ile 1:15 g/ml katı-sıvı oranı olduğu bulunmuş ve sonuç olarak tüm proses değişkenlerinin pektin ekstraksiyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Maran, & Prakash, 2015).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon ve yapısal optimizasyon tatlı limon kabuğundan pektinin karakterizasyonu üzerine yapılan çalışmada; tatlı limon kabuğundan pektinin mikrodalga destekli ekstraksiyonu, Box Behnken tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. En yüksek pektin verimi (%25.31), optimal koşullarda (mikrodalga 700 W güç, 3 dakikalık ışınlama süresi ve 1.5 pH) olarak belirlendi. Tatlı limon kabuğundan pektini iyi emülsifiye edici ve antioksidan özellikler göstermiştir. Daha yüksek konsantrasyonlarda (%1 w/v <) Tatlı limon kabuğundan pektin çözeltisi için bir psödoplastik akış davranışı gözlenmiştir. Bu sonuçlar, yüksek pektin verimi ve iyi özellikleri ile pektin ekstraksiyonu için ucuz bir kaynağı temsil etmektedir (Rahmani, Khodaiyan, Kazemi, & Sharifan, 2020).

Pektin ile kapsüllenmiş hayvansal yağ ile formüle edilmiş emülsifiye et ürününün in vitro sindirilebilirliği ve kalitesi üzerine yapılan çalışmasının amacı, kabul edilebilirliğinden ödün vermeden lipid sindirilebilirliğini azaltmak için pektin kapsüllü yağ içeren bir et sosisi geliştirmektir. %4 pektin solüsyonu ile emülsifikasyon yoluyla domuz yağı partiküllerinin kapsüllenmesi karşılaştırıldığında pektin kapsüllü yağın bir et sosisine dahil edilmesi, duyuusal kabul edilebilirliğini etkilemeden doğrudan pektin ilavesinden ziyade lipazların triaglisaritler üzerindeki hidrolitik etkisine karşı daha iyi bir koruma sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte, hayvansal yağı sindirilmeyen pektin ile kapsülleyerek lipid sindirilebilirliğini azaltmak, duyuusal kabul edilebilirliğini etkilemeden, tam hayvansal yağlı et ürünlerinden yağ alımını azaltmak için yeni bir yaklaşım sunmaktadır (Santiaguín-Padilla vd., 2019).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Materyal ve Yöntem

Materyal

Pektin eldesinde kullanılacak olan yabani ekşi elmalar, Bayburt Örence köyünden toplanılıp pazarda satışa sunulan ürünlerden alınmıştır. Paketlenerek -18 °C’ de derin dondurucu da muhafaza edilmiştir. Dondurulmuş olan elmalar çıkartılıp yıkandıktan sonra kabukları kesilerek saf suyla temizlenip etüvde kurutulan petri kaplarına elma kabukları üst üste gelmeyecek şekilde dizilmiştir. Kurutma işlemi etüvde 45 °C de 2-3 günde gerçekleştirilmiştir. Tam olarak kurutulmuş kabuklar porselen havanda toz haline getirilmiştir.

Yöntem

Asit çözeltisinin hazırlanması.

Ekstraksiyondaki asit çözeltisi 3 farklı pH değerinde (1.5, 2, 2.5) yapılmıştır. İstenen pH ayarına sahip bir asit çözeltisi hazırlamak için pH metre kontrolünde saf suya HCl asit damlatılarak ayarlanmıştır.

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemiyle pektin eldesi.

Ekstraksiyon prosedürü için bir Box-Behnken deney tasarımı kullanılarak ekstraksiyon farklı sürelerde, sıvı/katı oranlarında ve pH aralıklarında gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon için mikrodalga kaynağı olarak 2450 mhz frekansa sahip ev tipi bir mikrodalga fırın kullanılmıştır. Havanda öğütülerek toz haline getirilen elma kabukları 1 g olacak şekilde ayarlanarak erlenmayerlere farklı hacimlerde (75-100-125 ml) ve farklı pH’larda (1.5-2-2.5) olan asidik su ile karıştırılmış ve 20 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Mikrodalga fırında 833Watt da farklı sürelerde (3-6-9 dk) ara ara durdurularak örnekler çalkalanıp ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga işleminden sonra oda sıcaklığında beklemeye alınan erlenmayerlerin içinde kalan sıvı santrifüj tüplerine aktararak 5000 rpm 4 °C de 20 dk santrifüj işlemine tutulmuşlardır. Santrifüj işleminden sonra tüplerin üzerinde kalan sıvı kısım mezürlere dökülmüş üzerlerine sıvı miktarının 2 katı olacak şekilde %95’ lik etanol eklenerek çöktürme işlemi yapılmıştır. Çöken pektinler, huni ve filtre kağıdı yardımıyla kurulan basit düzenden sıvı kısmın süzdürülmesiyle kağıdın üzerine toplanmıştır. Toplanan pektinler cam petri kabına

biriktirilerek 50 °C ‘nin altında kurutulmuştur. Kurutulan pektinler cam kaptan kazınarak porselen havanda toz haline getirilmiş 4 °C’ de, tüplerde bekletilmiştir.

Yapılan çalışmada Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) ‘nin kullanılarak kurutulmuş elma örneklerinden mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonunun optimize edilmesinde, parametrelerin belirlenmesi sürecinde deney süresini kısaltmak ve test sayısını azaltmak amaçlanmıştır. Bu amaçla mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonunda, deney koşullarının ilişkisini veren istatistiksel formülün tespiti sağlanmıştır. Deney tasarımı ve istatistiksel analizler Design Expert 12 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında; bağımsız değişkenler olarak işlem süresi (dakika), Sıvı/katı oranı (mL/g) ve pH’ nın, yanıt olarak pektin verimi (g/g) üzerine olan etkilerinin belirlenmesinde Box-Behnken yöntemi kullanılmıştır. Çoklu Regresyon analizlerinde aşağıda yer alan eşitlik 1’ de verilen polinomal kuadratik model ve regresyon katsayıları kullanılmıştır. Bu eşitlikte “Y”, yanıt olarak pektin miktarını, “X” değerleri bağımsız değişkenleri (X_1 (işlem süresi), X_2 (sıvı/katı oranı) ve X_3 (pH) ifade ederken, β_0 , β_i , β_{ii} , β_{ij} değerleri ise regresyon katsayılarını belirtmektedir.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ij} X_i X_j + \sum \beta_{ii} X_i^2 \quad (1)$$

Mikrodalga destekli pektin ekstraksiyon sürecinin optimizasyonunda kullanılan bağımsız değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri Tablo 1.’ de verilmiştir.

Tablo 1. *Bağımsız Değişkenlerin Alt ve Üst Sınır Değerleri*

Bağımsız Değişkenler		İşlem süresi	Sıvı/katı	pH
Birim		Dakika	mL/g	
Sembol		X_1	X_2	X_3
	Kodlanmış		Gerçek	
Faktör Seviyesi	-1	3	75	1.5
	0	6	100	2.0
	+1	9	125	2.5

Yapılan çalışmada kullanılan deney tasarımı Tablo 2.’ de verilmiştir.

Tablo 2. Box-Behnken Deney Tasarımı

Bağımsız değişkenler				YANIT
Deney No	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁
1	3	100	1.5	0.0417
2	3	75	2.0	0.0689
3	3	125	2.0	0.0242
4	6	75	2.5	0.0979
5	9	100	2.5	0.1046
6	9	75	2.0	0.1181
7	6	75	1.5	0.1011
8	6	125	2.5	0.0562
9	9	125	2.0	0.0586
10	6	125	1.5	0.0547
11	6	100	2.0	0.0953
12	3	100	2.5	0.0222
13	6	100	2.0	0.1307
14	9	100	1.5	0.0919
15	6	100	2.0	0.1307

*X₁, İşlem süresi (dak); X₂, sıvı/katı oranı (mL/g); X₃, pH; Y₁, Pektin verimi (g/g)

Bu çalışmada, yanıt (pektin ekstraksiyonu) için backward analizi ($\alpha=0.1$) uygulanarak, önemsiz parametreler ($p<0.1$) çıkarılarak, modelde iyileştirme yapılmıştır.

Esterleşme derecesi (DE).

Çoğunlukla titrasyonla belirlenen analiz yöntemlerinden biri olan esterleşme derecesi elde edilen pektinin en önemli parametrelerindendir. Kurutulmuş pektin (0.1 g) titrasyon için bir tartı şişesine alınarak 40 °C'de 20 mL saf suda çözündürülmüştür ve 2 mL %96' lık etanol ile ıslatılmıştır.

Numune tamamen çözündükten sonra, 0.1 M sodyum hidroksit (ilk titre ile harcanan V₁) ile titrasyon sürecini başlatmak için 3 damla fenolftalein ilave edilmiştir. Daha sonra 10 mL 0.1 M sodyum hidroksit ilave edildi ve numune hidroliz için 20 dakika karıştırılmıştır.

Bir sonraki adımda 10 ml 0.1 M hidroklorik asit ilave edildi ve numune, çözeltinin pembe rengi tamamen kaybolana kadar karıştırılmıştır. Fazla hidroklorik asit, çözelti pembeye dönene kadar 0.1 M sodyum hidroksit ile titre edilmiştir (ikinci titre ile harcanan V₂). İki gün üst üste yapılan işlem sonuçları aşağıda gösterilmiştir (Hosseini, Khodaiyan, & Yarmand, 2016a).

$$DE (\%) = \frac{V_1}{V_2 + V_1} \times 100 \quad \text{Eşitlik (2)}$$

Ekstrakte edilen pektinin su alma kapasitesinin belirlenmesi amacıyla elde edilen örnekten 0.1 g alınarak deney tüpüne aktarılmış ve üzerine 1 ml saf su ilave edilip karıştırılmıştır. İşlem sonrasında çalkalayıcıda 30 dakika orta düzeyde karışması sağlanmış ve sonrasında 3200 rpm’de 20 dakika oda sıcaklığında santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrasında süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra çökelti tartılmıştır. Yağ alma kapasitesinin belirlenmesinde su yerine yağ kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Fuentes-Alventosa vd., 2009). Su bağlama kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi sırasıyla g numune başına tutulan g su ve g numune başına tutulan g yağ olarak ifade edilmiştir.

Et emülsiyonunun hazırlanması.

0.4 M NaCl çözeltisinin pH’ı 6.6 0.1 M NaOH ile ayarlanır. 25 g kıyma 100 mL soğuk NaCl çözeltisi behere alınır. 2 dk 13000 rpm’de ultraturrax ile homojenize edilmiştir. Emülsiyon yapılırken hazırlanmış olan süspansiyondan 12.5 g tartılıp üzerine 37.5 Ml 0.4 M NaCl eklenmiş, 10s ultraturrax da karıştırılmıştır. 50 mL ayçiçek yağı ilave edilerek karıştırılmış sonrasında yavaş yavaş düşükhızda yağ ilave edilmiştir. Emülsiyon yağı emene kadar işleme devam edilerek harcanan yağ not edilmiştir. Tüm yağ eklendikten sonra 5 s daha karıştırılmıştır. Sıcaklık 15 °C ‘yi geçmemelidir. Kontrol örneği için sadece kıyma ile hazırlanan emülsiyondan alınmıştır. Uygulama örnekleri için son süspansiyon üzerinden hesaplama yapılarak %0.5, %1 ve %2 olacak şekilde emülsiyona pektin ilave edilmiştir.

Emülsifiye edici özellikler.

Emülsiyon stabilitesi (ES), Hosseini vd. (2016b)’ ya göre gerçekleştirilmiştir. 5 ml pektin solüsyonuna (%0.5, 1 ve 2 w/w) 5 ml ayçiçek yağı eklenerek su içinde yağ (O/W) emülsiyonları hazırlandı. Emülsiyonlar, santrifüj tüplerine alınarak 3000 x g’de 5 dakika santrifüjlendi. Kalan hacim, ilk hacme oran olarak % olarak ifade edilmiştir.

Emülsiyon viskozitesi (EV), Gökalp vd. (2001)’ e göre stabilite tayini için hazırlanmış emülsiyon örneklerinden yararlanılmıştır. Bu emülsiyonlardan 25 g kadar örnek cam beher içine alınarak viskozimetrenin 7 nolu iğnesi (spindle) kullanılarak Pa.s cinsinden verilmiştir.



Şekil 3. Farklı konsantrasyonlarda pektin içeren emülsiyon görüntüleri.

Model sosis sistemi.

Model sosis ortamının sağlanmasında kullanılan bileşenlerin miktarları Tablo 3.' te verilmiştir.

Tablo 3. Sosis Üretiminde Kullanılacak Bileşenlerin Miktarları

Bileşenler (g)	Kontrol	A	B
Et	60	60	60
Et yağı	10	5	5
Su	35	35	35
Yabani elma kabuğu pektini	-	0.2	0.4
Sodyum Kazeinat	3	3	3
Nişasta	4	4	4
Nitrit	0.015	0.015	0.015
Tuz	1.5	1.5	1.5
Karabiber	0.75	0.75	0.75
Kırmızıbiber	0.75	0.75	0.75

* Kontrol: Pektin içermeyen A:0.2 g pektin içeren, B: 0.4 g pektin içeren model emülsiyon örnekleri

Sosis üretimi için kıyma ve hayvansal yağlar kullanılıncaya kadar +4 °C de saklanmıştır. Bekletilen kıyma karıştırıcıda düşük devirde 2-3 sn kadar tekrardan kıyılmıştır. Süre sonunda sodyum nitrit ve tuz karışımı ilave edildi ve karıştırmaya 20-30 saniye kadar yüksek hızda devam edilmiştir. Baharat karışımı daha sonra buğday nişastası, sodyum kazeinat, pektin ve kalan buza ilave edilerek sıcaklık +8°C' ye ulaşana kadar karıştırmaya devam edilmiştir. Son

olarak kullanılan yağ ilave edilerek karıştırma sıcaklığı 12°C olana denk emülsifikasyon işlemine devam edilmiştir.

Sosis hamuru santrifüj tüplerine doldurulmuş $90\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dakika su banyosunda ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur. Pişirme işleminden sonra sosis sıcaklığı soğuk su ile $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ' ye soğutulmuştur. $+4^{\circ}\text{C}$ ' de gece boyunca saklanan sosisler tüplerden çıkarılarak buzdolabında saklanmıştır.

Model sosis sistemi ürün analizleri.

Renk analizi.

Numunelerin renk değerleri (TES 135 A, Çin) renk ölçer ile ölçülmüştür (Şekil.3) L^* , a^* ve b^* değerleri, üç boyutlu renk ölçümlerine dayalı olarak Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (International Commission on Illumination, CIE) standartlarına göre belirlenmiştir. Burada 0'dan 100'e kadar değişen L^* değerleri karanlıktan aydınlığa, negatif a^* değerleri yeşil, pozitif a^* değerleri kırmızı, negatif b^* değerleri mavi ve pozitif b^* değerleri sarı rengi göstermektedir.



Şekil 4. Renk ölçüm aşamasına ait bir görüntü.

Ambalaja sızıntı miktarı.

Santrifüj tüplerindeki sosis numunelerinin sızıntı ölçümleri, Bloukas vd (1997) yönteminin bazı modifikasyonları ile gerçekleştirilmiştir. Kurutmadan önce ve sonra sosisin ağırlığı, ıslatmadan önce ve sonra kağıt havlunun ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir (Bloukas, Paneras, & Fournitzis, 1997). Ambalajdaki sızıntı miktarı, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Ambalaja sızıntı miktarı (\%)} = \left(\frac{x}{M_1} \right) \times 100 \quad \text{Eşitlik (4)}$$

$$x = \frac{(k_2 - k_1) + (m_1 - m_2)}{2} \quad \text{Eşitlik (5)}$$

k_1 :Kağıt havlunun başlangıç ağırlığı, g

k_2 : Kağıt havlunun nemlendikten sonraki ağırlığı, g

m_1 :Sosis örneğinin kurulanmadan önceki ağırlığı, g

m_2 :Sosis örneğinin kurulandıktan sonraki ağırlığı, g

Pişirme kaybı.

1 cm olacak şekilde kesilen sosis dilim örneklerinin ağırlıkları kaydedilmiştir. Sosis dilimleri 150 °C ‘deki etüvde her iki yüzü de 5’er dakika pişirilmiştir. Sosisler pişirildikten sonra numuneler oda sıcaklığına soğutulmuş ve tartılarak pişme kaybı değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Pişirme Pişirme kaybı (\%)} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad \text{Eşitlik (6)}$$

m_1 : Sosis örneğinin pişirilmeden önceki ağırlığı, g

m_2 : Sosis örneğinin pişirildikten sonraki ağırlığı, g

pH analizi.

10 gr sosis hamuru tartılarak 100 ml saf su ile karıştırılmıştır. Ultraturrax (IKA T25-ALMANYA) ile 1 dakika homojenize edilerek pH metre (Mettler Toledo S210K-İSVİÇRE) uygun tampon ile kalibre edildikten sonra hazırlanan numune okunarak pH değeri belirlenmiştir.

Su aktivite ölçümü.

Hamurun su aktivitesi, oda sıcaklığında bir su aktivite ölçer (Novasina, LabMaster) kullanılarak ölçülmüştür. Cihaz ölçüm için hazır olduğunda uygun miktarda numune numune kabına konulmuş ve cihaz ekranından analitik sonuç okunulmuştur.

DSC analizi.

Yabani elma kabuğundan elde edilen pektinin termal özellikleri Diferansiyel taramalı kalorimetre (Perkin–Elmer DSC 4000, Boston, ABD) ile belirlenmiştir. Yaklaşık 3 mg örnek alüminyum kaplara tartılmıştır ve kaplar hermetik olarak kapatılmıştır. Nitrojen gazı altında 10 * dk⁻¹ sıcaklık taraması ile 0 ile 500 °C arasında yapılmıştır.

FTIR analizi.

Yabani elma kabuğundan elde edilen pektinin yapısal karakterizasyonunda absorpsiyon spektrumu FTIR (Perkin Elmer Spectrum) cihazı ile belirlenmiştir. Bu bileşenlerin belirlenmesinde orta boylu kızılötesi aralığı olan $4000 - 450 \text{ cm}^{-1}$ dalga boyundaki spektrumlar kullanılmıştır (Sandt vd. 2003, Santos vd. 2010).

İstatistiki analizler.

Analiz verileri SPSS 16.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve varyans analizi sonucunda önemli düzeyde etkili olan değişkenlere ait veriler Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Tablo 3.'te verilen Box-behnken deney matrisi ile sağlanan yanıtlar kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Modelleme aşamasında yanıt yüzey metodu istatistik ve anova sonuçları Tablo 4.' te yer almaktadır.

Tablo 4. *Pektin üretim miktarına ait RSM model istatistikleri ve ANOVA analizi*

Kaynak	Katsayı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	F değeri	P değeri	
Model (backwards)	0.1059	0.0139	6	17.78	0.0003	Önemli
X ₁	0.0270	0.0058	1	44.80	0.0002	
X ₂	-0.024	0.0046	1	35.44	0.0003	
X ₃	-	0.000009	1	0.0692	0.7991	
X ₁ ²	-	0.0024	1	18.28	0.0027	
X ₂ ²	-	0.0006	1	4.81	0.0596	
X ₃ ²	-	0.0009	1	6.70	0.0322	
Lack of fit		0.0007	6	0.5627	0.7523	Önemsiz
Pure error		0.0004	2			
Cor total		0.0150	14			
R ²			0.9302			
Ayarlı R ²			0.8779			
Tahmini R ²			0.7663			

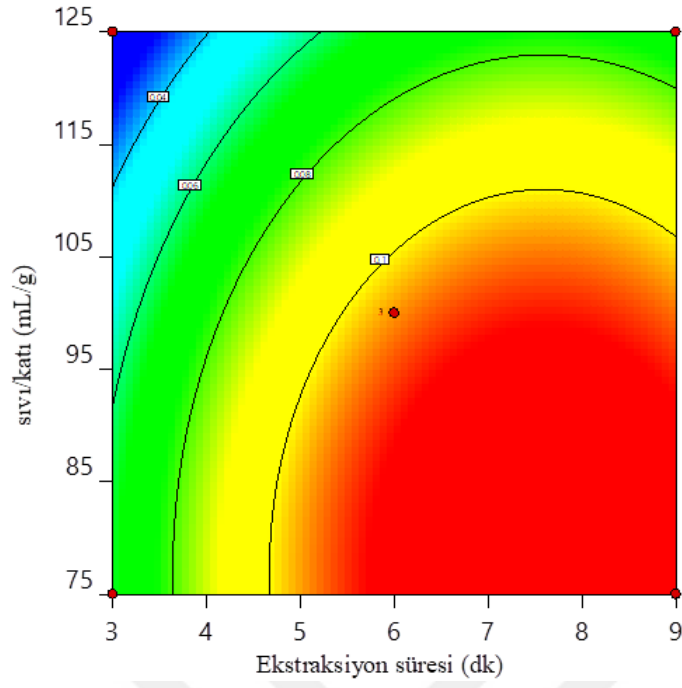
X₁, İşlem süresi (dak); X₂, sıvı/katı oranı (mL/g); X₃, pH; Y₁, Pektin verimi (g/g)

Tablo 3.' te pektin veriminin belirlendiği test koşulları için belirlenen deneysel tasarım düzeni yer almaktadır. 6 dk mikrodalga uygulaması ile, sıvı/katı oranının 100 ve pH'ın 2 olduğu koşullarda en yüksek pektin verimi sağlanırken, 3 dk mikrodalga uygulaması ile sıvı/katı oranının 100 ve pH'ın 2.5 olduğu koşullarda en düşük pektin verimi elde edilmiştir. Tablo 4.' te deney tasarımına ait ANOVA ve RSM model istatistikleri yer almaktadır. İstatistiki veriler değerlendirilmesi ile kuadratik model ile yüksek regresyon katsayısı sağlanmıştır (R²=0.9302). Bu aşamada modelde yer alan parametrelerin “backward analizi” ile p>0.1, p>0.01 ve p>0.05 düzeyinde önemsiz olanlarının ayrıştırması sağlanmıştır. Elde edilen indirgenmiş kuadratik model kullanılarak pektin verimi için elde edilen kodlanmış faktörleri içeren denklem Eşitlik 7' de verilmiştir.

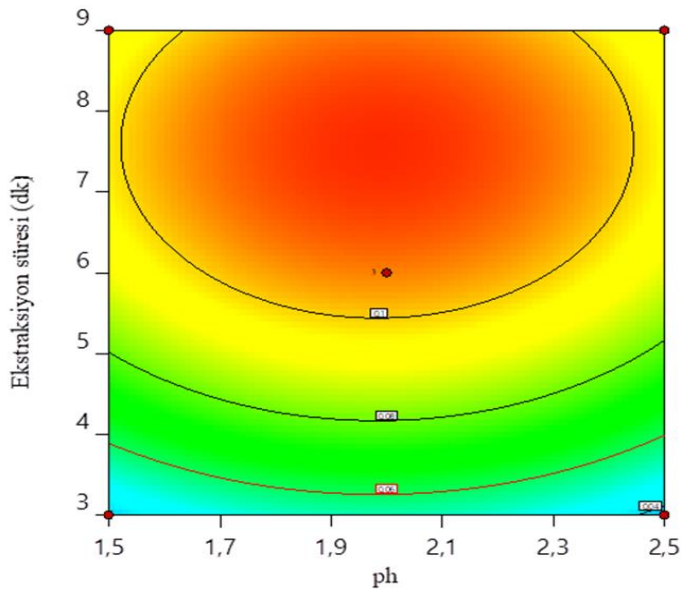
$$Y=0.1059+0.0270 X_1 -0.0240X_2-0.0011X_3-0.0254X_1^2-0.0130X_2^2-0.0154X_3^2 \quad \text{Eşitlik (7)}$$

Benzer şekilde Wang *vd.* (2007) yaptıkları optimizasyon çalışmasında elma posasından pektin eldesini kuadratik bir eşitlik ile açıklamışlardır. Model değerlendirildiğinde Tablo 4.' te verilen anova değerleri modelin ($p<0.01$) önemli olduğunu gösterirken, uyum eksikliği (lack of fit) ($p=0.942$) önemsiz olarak belirlenmiştir. Lineer parametrelerden X_1 , X_2 ve kuadratik terimlerden X_1^2 ve X_3^2 önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

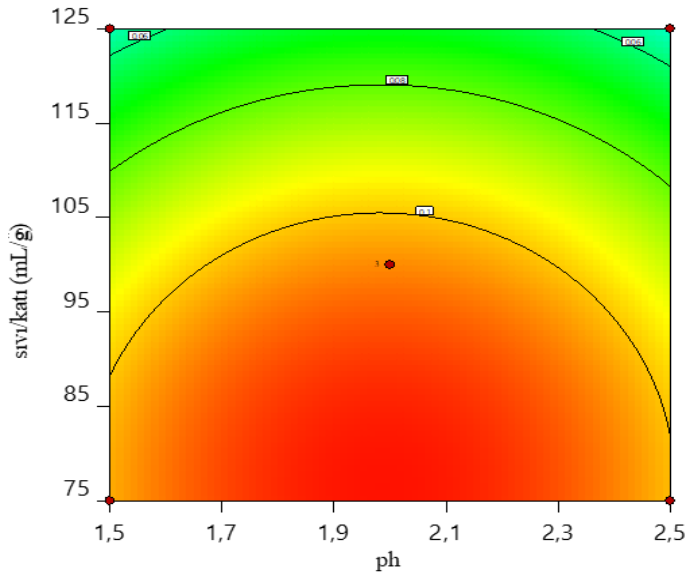
Şekil 5-7' de verilen kontur grafikleri bağımsız değişkenlerin pektin verimi üzerine etkilerini göstermektedir. Şekil 5' te görüldüğü üzere ekstraksiyon süresinin yaklaşık 6-8 dk arasında, sıvı/katı oranının ise yaklaşık 80-100 arasında olduğu koşullarda pektin veriminin maksimum olduğu söylenebilir. Sıvı/katı oranının etkisi irdelendiğinde, sıvı/katı oranının 75 üzerinde olduğu koşullarda pektin verimi artma eğiliminde iken 100'ün üzerinde azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Sıvı/ katı oranının artması ile birlikte kurutulmuş yabani elma örneklerinde hücrelerin çözücü ile temas yüzeyinin artması pektin ekstraksiyonunu desteklemektedir. Ayrıca artan sıvı konsantrasyonu neticesinde hücre deformasyonların oluşması da ekstraksiyonu desteklemektedir (Colodel *vd.*, 2018). Ekstraksiyon süresinin 8 dk üzerine çıkması ile pektin verimini azaldığı görülmektedir. Benzer şekilde Maran *vd.* (2013) portakal kabuğundan mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonu gerçekleştirdikleri çalışmalarında pektin eldesinin belirli bir işlem süresinin üzerinde azaldığını bildirmişlerdir. Ekstraksiyon sırasında sağlanan mikrodalga enerjisinin, çözelti içerisinde termal birikimi etkilemesi sonucunda, artan ısı ile pektin yapısının bozulmuş olabileceği söylenebilir.



Şekil 5. Ekstraksiyon süresi ve sıvı/katı oranının pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontür grafiği ($ph=2$).



Şekil 6. ph ve ekstraksiyon süresinin pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontür grafiği (sıvı/katı oranı=100).



Şekil 7. pH ve sıvı/ katı oranının pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontür grafiği (Ekstraksiyon süresi=6).

pH ve ekstraksiyon süresi (Şekil 6) ile pH ve sıvı/katı oranı (Şekil 7) etkileşiminin pektin verimi üzerine etkisini gösteren kontur grafikleri değerlendirildiğinde, pH'nın 2, ekstraksiyon süresinin yaklaşık olarak 6-7 dk arasında olduğu koşullarda maksimum pektin verimi elde edildiği görülmektedir. Ayrıca pH'nın 2, sıvı/katı oranının 90-100 arasında olduğu koşullarda maksimum pektin verimi elde edildiği görülmektedir. Pektin verimi üzerine, lineer pH değişkeninin üzerinde etkisi olmazken ($p>0.5$), pH*pH interaksiyonun önemli düzeyde etkilidir ($p<0.01$). Çalışmada pH 1.5 ve 2.5 arasında ekstraksiyon işlemleri uygulanmıştır. Pektin zayıf asidik koşullarda genellikle çözünebilirken, yapıda bulunma şekline göre bu etki değişkenlik gösterebilmektedir. Pektin molekülünün başta hemiselüloz gibi başka yapılara bağlı olmasından kaynaklı olabilmektedir. Bu nedenle asidik ortamlara ihtiyaç duyulabilmektedir (Faravash, & Ashtiani, 2007). Fakat asitliğin yüksek olduğu durumlarda pektin molekülünün molekül ağırlığının indirgenebilmesi sonucunda, yüzey özelliklerinin etkilenebilmektedir (Schmidth vd., 2015). Bu nedenle pH değerinin 2'nin altına inmesinin pektinin çökelme eğiliminin azalmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.

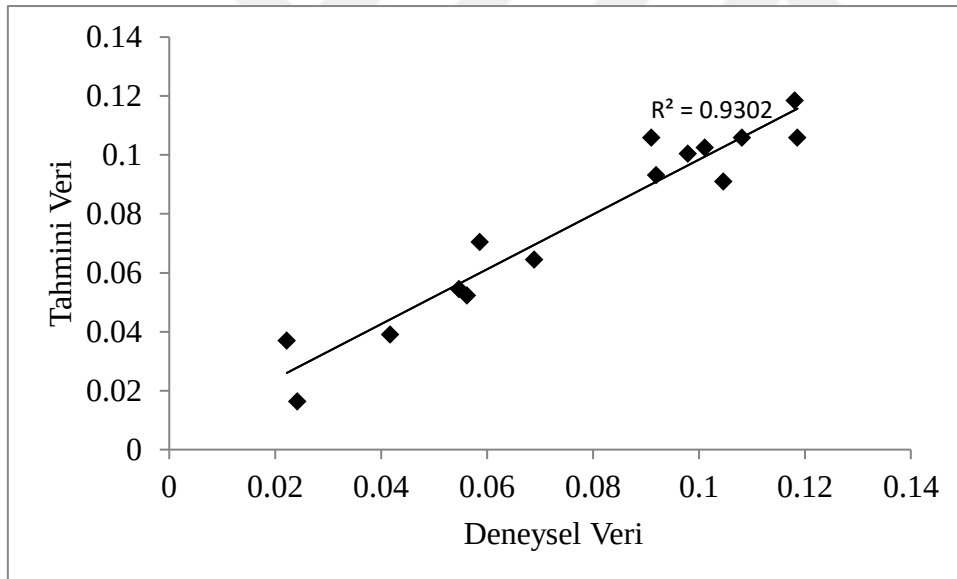
Optimum Noktanın Belirlenmesi ve Geçerliliği

Optimizasyon çalışması sonucunda istenilirlik derecesi 1 olan ekstraksiyon süresinin 7.77 dk, sıvı/katı oranının 77.53 mL ve pH'nın 1.79 olduğu koşullarda pektin ekstraksiyonu 4

tekrarla gerçekleştirilmiştir. Bu koşullar altında gerçekleştirilen üretim sonucunda model 0.1218 ± 0.0114 g pektin/g yabani elma kabuğu üretimi tahminlerken, elde edilen ortalama pektin verimi 0.1128 ± 0.0137 g pektin/g yabani elma kabuğu olarak tespit edilmiştir. Deneysel ve tahmini değerler uyum göstermiştir. Literatür ile kıyaslandığında elma kabuğundan yaklaşık %6 oranında pektin verimi sağlanırken (Cho vd., 2019), yapılan bu çalışmada kullanılan hammaddeye ve ultrasonik ekstraksiyon yönteminin de etkisi ile daha yüksek pektin verimi sağlandığı söylenebilir.

Modelin Doğrulanması

Ekstraksiyon süresi, sıvı/katı oranı ve pH'ın yabani elma kabuklarından mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonunda, pektin verimi üzerine etkisinin irdelendiği, ekstraksiyon koşullarının optimizasyonundan elde edilen model kullanılarak sağlanan tahmini veriler ile deney tasarım ile sağlanan deneysel verilerin yer aldığı grafik Şekil 6'da verilmiştir. Deneysel veriler ve tahmini verilerin oluşturduğu eğrinin R^2 değeri (0.9169) 1'e oldukça yakındır.



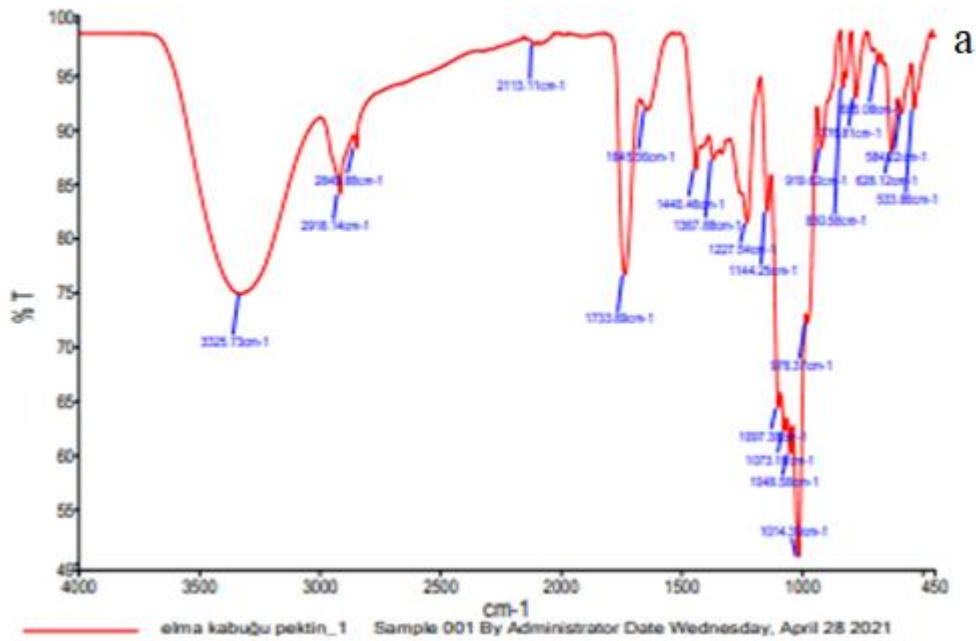
Şekil 8. Yabani elma kabuklarından mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonunun optimizasyon çalışması ile elde edilen modelin deneysel veriler ile uyumluluğu.

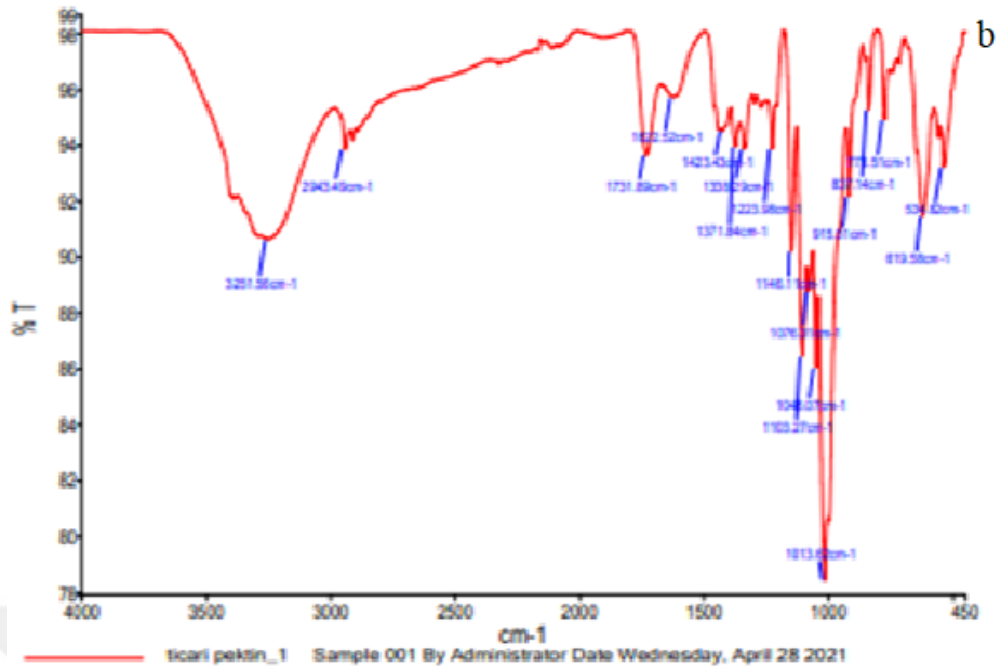
Pektin karakterizasyonu

Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR).

FTIR sonuçları Şekil 7.' de verilmiştir. Ticari pektin ve yabani ekşi elma pektin örneklerinin FTIR spektrumlarında 3000 ve 3780 cm^{-1} arasında bulunan pikler O-H gerilmesini göstermektedir. $2980-2800$ arasındaki pikler galakturonik asit yapısında yer alan alkil grupları

(CH, CH₂ ve CH₃) C-H gerilmesini yansıtmaktadır (Şen vd., 2021). Bu noktada yabani elma kabuğu pektini ticari pektine kıyasla daha fazla pik göstermektedir. 1730 ve 1650cm⁻¹ de tespit edilen soğurma bantları her iki pektin örneğinde de görülmektedir. Bu bantların varlığı serbest ve esterleşmiş karbonil C=O bağlarını gösterdiği gibi, bantların şiddeti ve alanı esterleşme derecesi hakkında bilgi vermektedir (Gnanasambandam, & Proctor, 2000). Ticari pektin örneğine kıyasla çalışmada elde edilen yabani elma kabuğu pektinin daha yüksek esterleşme derecesine sahip olduğu söylenebilir. Polisakkarit moleküllerindeki karboksilik asit -COOH ve hidroksil gruplarının hidrojen bağı yapmasından kaynaklanabilen bu absorpsiyon bandı pektin FTIR spektrumlarında gözlenmektedir. Cerna ve Coimbra (2003), karbonhidrat ayırımında 800-1200cm⁻¹ bölgesinin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yabani elmadan elde edilen pektin ve ticari pektinin bu aralıkta uyumlu pikler verdiği görülmektedir.

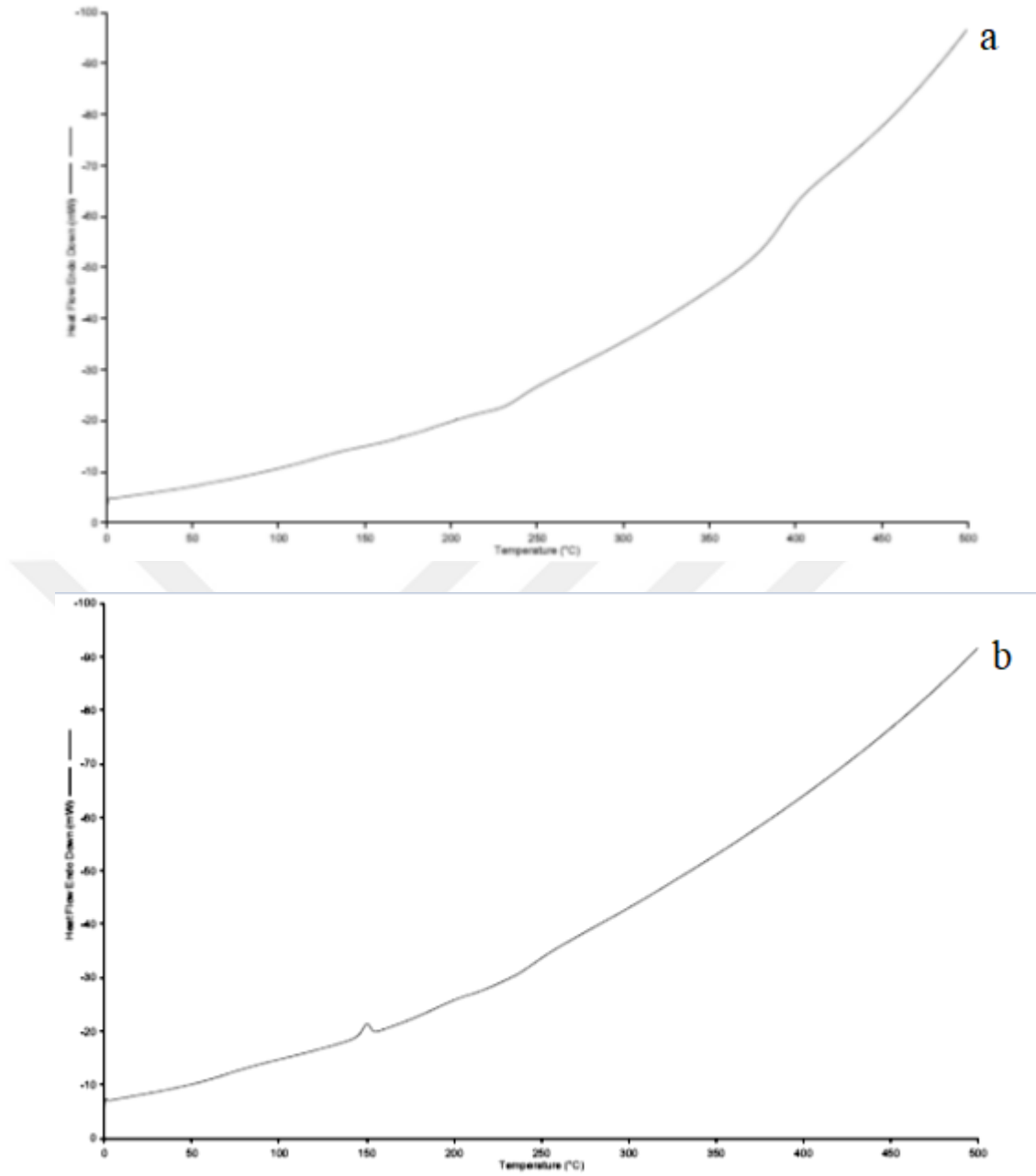




Şekil 9. Yabani elma kabuğu pektini (a) ve ticari pektin'e (b) ait FTIR spektrumlar ($450-4000\text{cm}^{-1}$).

Termal özellikler.

Elde edilen pektinin $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasındaki termodinamik özellikleri DSC ile incelenmiştir. Şekil 8. a' da gösterildiği gibi, yabani elma kabuğundan elde edilen pektin ve ticari pektine ait DSC diyagramlarında endotermik bir tepe noktası ve ekzotermik bir pik gözlemlendi. Endotermik pikler suyun varlığını gösterebilirken, galakturonik asit birimleri arasındaki hidrojen bağlarına ve aynı zamanda galakturonan halkasındaki konformasyonel değişiklere işaret edebilmektedir (Dranca, & Oraian, 2019). Yabani elma kabuğuna ait pektin örneğinde yaklaşık $148\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenen erime sıcaklığı ticari pektin örneğinde $156\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Erime sıcaklığı ve erime entalpi değerlerinin yüksek olması genellikle esterleşme derecesi ile doğru orantılı olmaktadır. Esterleşme derecesinin artması, kristalitenin de arttığını göstermektedir (Iijama vd. 2000). Erime noktasında pektin molekülü içerisinde bulunan bağlı ve serbest suyun uzaklaştığı söylenebilirken, var olan ikinci pik ise pektinin parçalanma piki olarak kabul edilmektedir (Chen vd., 2021). Ticari pektin ve yabani elma kabuğundan elde edilen pektinin parçalanma sıcaklığı $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 10. Yabani elma kabuğu pektini (a) ve ticari pektin'e (b) ait DSC diyagramları.

Fizikokimyasal özellikler.

Tablo 5. Pektine ait bazı fizikokimyasal özellikler

	Esterifikasyon Derecesi (DE)	Yağ tutma kapasitesi (g yağ/g pektin)	Su tutma kapasitesi (g su/ g pektin)
Yabani elma pektini	79.14±0.11	8.5±0.7	8.1±1.5

Metilesterifikasyon derecesi, pektinlerin yüksek miktarda çözünür katı içeriğine sahip jel oluşturabilme yetenekleri üzerine bilgi verirken, pektinin tekstür üzerinde etkisini sağlamaktadır. Bu özellik doğrultusunda süt ürünleri, meyve suları, soslar et ürünleri gibi çeşitli gıdaların yapısında kullanılabilecek içeriği yönetir (Mendez vd., 2022). Bu nedenle elde edilen yabani elma kabuğu kaynaklı pektinin esterleşme derecesi Tablo 5.' te verildiği gibi %79.14 tespit edilmiştir. Yapısal olarak, pektin esas olarak homogalacturonan (HG), rhamnogalacturonan I (RG-I), rhamnogalacturonan II (RG-II), xylogalacturonan'ın (XGA) ve apiogalacturonan (AP) parçalarından oluşmaktadır. Bilindiği üzere pektin molekülü yapındaki esterleşme derecesine göre DE değeri %50' nin altında ise düşük metoksilli pektin, üzerinde ise yüksek metoksilli pektin olarak tanımlanmaktadır. Her iki grup pektin de jelleşme özellikleri göstermektedir. Fakat jelleşme mekanizmaları değişkenlik göstermektedir. Düşük metoksilli pektin yapıda iki değerli iyonlara ihtiyaç duyarken, yüksek metoksilli pektin şeker gibi yardımcı katkılar varlığında düşük pH varlığına ihtiyaç duymaktadır (Zhao vd., 2022). Elde edilen yabani elma kabuğunun yüksek metoksilli pektin olduğu söylenebilir. Galindo ve Piagetini, (2022) 'Grannt Smith' elma kabuklarında % 60' a varan esterleşme derecesi bildirirken, Cho vd. (2019) farklı organik asit kullanarak gerçekleştirdikleri ekstraksiyon sonucunda elma kabuğunda %67 esterleşme derecesine varan pektin elde etmişlerdir.

Su bağlama kapasitesi, pektin için önemli bir özelliktir. Gıdanın hacmini arttırmada etkili olabileceği gibi, viskozitesini dokusunu değiştirmede de etkilidir. Bunun yanısıra düşük kalorili ürün eldesinde de pektinin bu özelliğinden faydalanılabilmektedir (Rubio-Senent vd., 2015). Elde edilen yabani elma kabuğu pektininin 8.1 g su/g pektin düzeyinde suyu bağlayabildiği tespit edilmiştir. Daha öncesinde belirtildiği üzere elde edilen pektinin yüksek esterleşme derecesine sahip olması, beraberinde iyi bir su tutma kapasitesi sağlayabilmektedir. Elde edilen yüksek su tutma kapasitesi de bunu göstermektedir. Yüksek metoksilli pektinler yapılarındaki kristalitenin az olması sebebiyle, su alıp yapının şişmesine daha az direnç gösterebilmektedirler (Ping vd., 2001). Benzer şekilde yağ bağlama özelliği irdelendiğinde, yabani elma kabuğu pektinin, 8.5 g yağ/g pektin düzeyinde yağ bağlama yeteneğinde olduğu tespit edilmiştir. Yüksek su tutma kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesinin bir arada bulunması iyi bir emülsifiye edici olma potansiyeline sahip olduğunu gösterir (Nidhina vd., 2022).

Tablo 6. *Yabani elma kabuğu pektinine ait emülsiyon özellikleri*

Emülsiyon	Kontrol	%0.5 pektin	%1 pektin	% 2 pektin
Emülsiyon stabilitesi (%)	50±14.14	80±0	100±0	90±14.14
Emülsiyon viskozitesi (Pa.s)	1.22	2.10	2.34	2.94

Farklı konsantrasyonlarda yabani elma kabuğu pektini içeren emülsiyonlara ait emülsiyon özellikleri Tablo 6.' da verilmiştir. Pektin ilavesinin emülsiyon stabilitesini arttırdığı görülmektedir. Fakat pektin içeriğinin %2 olduğu koşullarda emülsiyon stabilitesinde azalma tespit edilmiştir. Yang vd. (2018) tarafından çalışan bir çalışmada nar kabuğu pektininin emülsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Nar kabuğu pektininin emülsiyonda %0 dan %2 ye artan konsantrasyonlarda ilavesi ile emülsiyon stabilitesinde de artış gözlemişlerdir. Yabani elma kabuğu pektininde yüksek emülsiyon stabilitesi %1 pektin konsantrasyonunda sağlanmıştır. Emülsiyon stabilitesinin sağlanmasındaki etkili faktör başlangıçta emülsiyonu oluşturan damlacık boyutlarının küçük olmasıdır. Yapılan çalışmalarda yağ/su emülsiyonlarında damlacık boyutunun küçük olması %1 pektin konsantrasyonu ile sağlanabilmektedir (Schmidt vd., 2015; Verrijssen vd., 2014; Yang vd., 2018).

Emülsifikasyonda, pektin yapısında bulunan yüklü polisakkarit birimleri sulu çözeltiye dağılırken, kompleks yapı yağ/su arayüzünde sıkıca adsorbe edilir, böylece (anında) damlacık birleşmesine, topaklaşmaya ve depolama sırasında daha fazla kararsızlığa karşı sterik bir bariyer sağlar (Ngouémazong vd., 2015). Bununla birlikte, pektinin emülsifiye edici aktivitesi asetil içeriği, protein fraksiyonu, moleküler ağırlık, metilasyon derecesi ve iç yük dağılımı gibi birçok faktör kaynaklı olabilmektedir (Baldino vd. 2018).

Tablo 6.' da verilen emülsiyon viskoziteleri değerlendirildiğinde artan pektin konsantrasyonu viskoziteyi de arttırmıştır. Yang vd. (2018) nar kabuğu pektini kullanılan emülsiyonlarda da benzer artıştan bahsetmişlerdir.

Pektin İçeren Model Sosis Sistemine Ait Analizler

Model sistemde hazırlanan emülsiyon örneklerine ait verilere Tablo 7. ve Tablo 8.' de yer verilmiştir. Et emülsiyon ortamında, optimum üretim koşullarında elde edilen yabani elma pektinin etkisini belirlemek amacıyla et emülsiyon ortamına yağ ikamesi olarak farklı konsantrasyonlarda pektin ilave edilmiştir. Düşük yağ içeriğine sahip 0.2 g ve 0.4 g pektin

içeren örneklerin su aktivitesi değerleri, değerleri birbirinden farksız ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir. Pektin içeriğinin artması ile kontrol grubuna kıyasla pH daha düşük seyretmiştir. Gıdalarda bulunan polisakkaritlerin proteinlerle interaksyonu sonucunda polar ve apolar gruplar arasındaki elektrostatik etkileşim sonucunda pH değişimleri görülebilmektedir (Mendez-Zamora vd., 2015). Ayrıca pektin içeriğinin artması ile pişirme kayıplarının arttığı görülmektedir. Benzer şekilde Yadegari, (2015) içerisinde pektin bulunan hidrokoloidlerin yağ ikamesi olarak sosis hamurundaki etkilerini incelediği çalışmada, pektin kullanılan örneklerde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek pişirme kayıpları bildirmiştir. Proteinlerin jelleşme özelliklerini etkileyen, protein işlevselliğini sağlayan parametrelerden biri pH' tır. Isı uygulaması sırasında proteinlerin toplanmasını ve açılmasını sağlamaktadır (Chattopadhyay vd., 2023). Pektin varlığının artması ile pH daki değişim göz önünde bulundurulduğunda, pişirme kaybındaki artışın pH ile orantılı olduğu görülmektedir. Benzer şekilde yağ oranının azalması ile pişirme kaybının artabildiği Hughes vd. (1997) tarafından yapılan çalışmada bildirilmiştir. Pişirme kaybının aksine, pektin varlığı ambalaja sızıntı miktarını azaltmıştır. Ambalaja sızıntı depolama sırasında üründe hoş olmayan görüntüye sebep olduğu gibi, mikroorganizma gelişimine de sebep olması da önemli bir sorundur (Wirth, 1988). Ambalaja sızıntı miktarının 0.4 g pektin bulunan örneklerde daha az olması pektin jelinin düşük sıcaklıkta daha stabil olması sebebi ile olabildiği söylenebilir.

Tablo 7. Model emülsiyon sistemlerine ait bazı fizikokimyasal analiz sonuçları

	pH	Piştirme Kaybı	Su aktivitesi	Ambalaja sızıntı
Kontrol	6.23±0.02 ^a	14.24±0.37 ^c	0.926±0.004	0.31±0.08 ^{ab}
A	6.16±0.01 ^b	16.69±0.47 ^b	0.927±0.001	0.35±0.12 ^a
B	6.14±0.01 ^c	18.28±1.28 ^a	0.927±0.002	0.18±0.09 ^b

*a-c: Aynı sütunda aynı harflere sahip herhangi iki ortalama arasında anlamlı fark yoktur ($p<0.05$). Kontrol 1: Pektin içermeyen, A:0.2g pektin içeren, B: 0.4 g pektin içeren

Model emülsiyon örneklerinin renk özelliklerinin verildiği Tablo.8 incelendiğinde, pektin ilave edilen gruplar kontrol grubu ile benzer özellikler göstermiştir. Pişme öncesi tespit edilen renk özelliklerinde L değerinin daha yüksek oranda pektin ilave edilen grupta yüksek çıktığı görülürken, pişmiş üründe bu fark ortadan kalkmıştır. Benzer şekilde Yadegari, (2015) sosise hidrokoloid ilavesinin renk özelliklerini değiştirmedeğini bildirmiştir. Yağ oranı azaltmış gruplar ile kontrol grupları değerlendirildiğinde, L* değerlerinde istatistiki bir farklılık

tespit edilmemesi, rengin kontrol grubuna benzer kalacak şekilde yağ oranında indirgeme imkanı sağlayacağı söylenebilir.

Tablo 8. *Model emülsiyon örneklerinde hamur ve pişirme sonrası aşamalarına ait renk özellikleri (L^* , a ve b^* değerleri)*

	Hamur			Ürün		
	L	a	b	L	A	B
Kontrol	38±7.84 ^b	17.98±4.91	10.52±3.88	58.45±16.75	29.57±6.6	12.83±4.67
A	40.05±4.52 ^{ab}	19.84±7.60	13.73±2.08	40.3±9.3	21.53±7	12.2±4.08
B	47.3±3.19 ^a	19.65±7.20	17.17±5.53	50.23±13.98	26.42±3.55	15.82±4.33

*a-c: Aynı sütunda aynı harflere sahip herhangi iki ortalama arasında anlamlı fark yoktur ($p<0.05$). Kontrol: Pektin içermeyen A:0.2 g pektin içeren, B: 0.4 g pektin içeren

Model emülsiyon örneklerinin analiz sonuçları derlendiğinde yağ ikamesi olarak pektin ilavesinin pişirme kaybını arttırdığı gözlemlenmiştir. Uygulanan pişirme işleminin 150°C’ de gerçekleştirilmiştir. Yabani elma kabuğu pektinine ait termal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık olarak pektinin erime sıcaklığında gerçekleşen bu işlem nedeni ile pişirme kaybının artmış olduğu söylenebilir. Pişirme sıcaklığının daha düşük olması durumunda bu etkinin azalabileceği düşünülmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında, yapılan analizler neticesinde yabani elma kabuğundan pektin eldesi için ekstraksiyon koşulları (ekstraksiyon süresi, sıvı/katı oranı ve pH) optimize edilerek yüksek verimde pektin eldesi gerçekleştirilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlardan hareketle aşağıdaki sonuç ve önerilere varılmıştır.

- Ekstraksiyon süresinin 7.77 dk, sıvı/katı oranının 77.53 ve pH'nın 1.79 olduğu koşullarda ortalama 0.1128 g pektin/ g, yabani elma kabuğu pektini eldesi sağlanmıştır.
- Elde edilen pektinin karakterize edilmesi amacıyla alınan FTIR diagramının ticari elma pektini ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra elde edilen pektinin yaklaşık erime sıcaklığı 148 °C ve parçalanma sıcaklığı 250 °C olarak tespit edilmiştir.
- Yabani elma kabuğundan elde edilen pektin molekülünün 79.14 esterleşme dercesine sahip olan bir yüksek metoksilli pektin olduğu belirlenmiştir.
- Ayrıca elde ettiğimiz pektinin yüksek yağ (8.5g yağ/g pektin) ve su tutma (8.1 su/g pektin) kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Pektin kullanılarak model sosis ortamı hazırlanmıştır. Üretimi yapılan sosis örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri ve renk özellikleri tespit edildiğinde pektin ilavesinin tüketici açısından pişirme kaybı üzerinde olumsuz etkili olduğu, bunun yanı sıra ambalaja sızıntı miktarında pektin varlığının olumlu etki sağladığı söylenebilir. Değişmeyen renk özellikleri ve su aktivitesi parametreleri nedeniyle yabani elma kabuğundan elde edilen pektinin yağ ikamesi olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.
- Sonuç olarak yapılan bu çalışma da yabani elma kabuğundan mikrodalga destekli pektin eldesi sağlanmış ve bazı özellikleri belirlenmiştir. Pektin üretim optimizasyonu uygun koşullarda yapılmış ve bu koşullarda yüksek verimde üretim gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçların literatüre ve endüstriyel ölçekteki diğer çalışmalara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C. M., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H., & Ayadi, M. (2017). Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*, 215, 318-325.
- Açıkgöz, Ç., & Poyraz, Z. (2006). Ayva Meyvesinden (*Cydonia vulgaris Pers.*) Pektin Ekstraksiyonu ve Kimyasal Karakterizasyonu. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12, 27-34.
- 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.
- Andrès, S., Zaritzky, N., & Califano, A. (2006). The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. *International journal of food science & technology*, 41(8), 954-961.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., . . . Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496-1547.
- Arslan, N. (1994). Pektinin fizikokimyasal özellikleri, üretimi ve gıdalarda kullanımı. *Gıda*, 19(3), 187-192.
- Arslan, N., & Türker, A. (1993) Şeker Pancarı Küspesinden Pektin İzolasyonu. *Gıda*, 18(2), 117-120.
- Arslaner, A., & Salık, M. A. (2020). Some quality properties, mineral and heavy metal composition of wild fruit traditional marmalades. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(3), 678-687.
- Atalay, D., Türken, T., & Erge, H. S. (2018). Pektin; Kaynakları ve Ekstraksiyon Yöntemleri. *Gıda*, 43(6), 1002-1018.
- Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A., & Mohtashamy, M. (2011). Comparisons between conventional, microwave-and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical engineering and processing: Process Intensification*, 50(11-12), 1237-1243.
- Baldino, N., Mileti, O., Lupi, F. R., & Gabriele, D. (2018). Rheological surface properties of commercial citrus pectins at different pH and concentration. *LWT*, 93, 124-130.
- Beriain, M., Gómez, I., Petri, E., Insausti, K., & Sarriés, M. (2011). The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. *Meat Science*, 88(1), 189-197.
- Biesalski, H. (2006). Meat as a component of a healthy diet-are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Recent Advances in Animal Nutrition*, 70(3), 509-524.
- Bloukas, J., Paneras, E., & Fournitzis, G. (1997). Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat science*, 45(2), 133-144.

- Bostan, K., Uğur, M., & Çetin, Ö. (2001). Bitkisel yağ ve lif kullanılarak kanatlı eti salamı üretimi üzerine deneysel çalışmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27(2), 645-657.
- Budak, A., & Kayaardi, S. (2006). Et ve et ürünlerinde yağ oranının düşürülmesi. *Akademik Gıda*, 4(6), 6-10.
- Büyüktuncel, E. (2012). Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri I. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy* (2), 209-242.
- Candoğan, K., & Kolsarıcı, N. (2003) The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. *Meat Science*, 64, 199–206.
- Cellat, K. (2011). *Bazı endemik bitkilerin uçucu yağ bileşenlerinin ekstrakte edilmesi ve içeriklerinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.283263)
- Cemeroğlu, B., & Meyve, A. J. (1986). Meyve ve sebze işleme teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği*, 6, 29- 30.
- Cerna & Coimbra, M. A. (2003). Use of FT-IR spectroscopy as a tool for the analysis of polysaccharide food additives. *Carbohydrate Polymers*, 51(4), 383-389.
- Chan, S. Y., Choo, W. S., Young, D. J., & Loh, X. J. (2017). Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydrate polymers*, 161, 118-139.
- Chattopadhyay, K., Xavier, K. M., Balange, A. K., Bhowmick, A., & Nayak, B. B. (2023). Interaction of chitosan gel at different pH conditions prepared with acetic acid as food acidulant in fish protein emulsion sausages. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 29, 100346.
- Chen, Q., Hu, Z., Yao, F. Y.-D., & Liang, H. (2016). Study of two-stage microwave extraction of essential oil and pectin from pomelo peels. *LWT-Food science and Technology*, 66, 538-545.
- Chen, T. T., Zhang, Z. H., Wang, Z. W., Chen, Z. L., Ma, H., & Yan, J. K. (2021). Effects of ultrasound modification at different frequency modes on physicochemical, structural, functional, and biological properties of citrus pectin. *Food Hydrocolloids*, 113, 106484.
- Cho, E. H., Jung, H. T., Lee, B. H., Kim, H. S., Rhee, J. K., & Yoo, S. H. (2019). Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydrate polymers*, 204, 97-103.
- de Oliveira, C. F., Giordani, D., Gurak, P. D., Cladera-Olivera, F., & Marczak, L. D. F. (2015). Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 201-208.
- Dranca, F., & Oroian, M. (2019). Optimization of pectin enzymatic extraction from malus domestica 'fálticeni' apple pomace with Celluclast 1.5 L. *Molecules*, 24(11), 2158.
- Eroğlu, E. İ., & Ayaz, A. (2018). Gıda Katkı Maddelerinin Sağlık Üzerine Etkileri: Risk Değerlendirme. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 46(3), 311-319.

- El-Nawawi, S., & Heikel, Y. (1997). Factors affecting gelation of high-ester citrus pectin. *Process Biochemistry*, 32(5), 381-385.
- Fidalgo, A., Ciriminna, R., Carnaroglio, D., Tamburino, A., Cravotto, G., Grillo, G., Ilharco M. L., Pagliaro, M. (2016). Eco-friendly extraction of pectin and essential oils from orange and lemon peels. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(4), 2243-2251.
- Fuentes-Alventosa, J. M., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jaramillo-Carmona, S., Espejo-Calvo, J. A., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., ... & Jiménez-Araujo, A. (2009). Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food chemistry*, 113(2), 665-671.
- Gavahian, M., Munekata, P. E., Eş, I., Lorenzo, J. M., Khaneghah, A. M., & Barba, F. J. (2019). Emerging techniques in bioethanol production: from distillation to waste valorization. *Green Chemistry*, 21(6), 1171-1185.
- Georgiev, Y., Ognyanov, M., Yanakieva, I., Kussovski, V., & Kratchanova, M. (2012). Isolation, characterization and modification of citrus pectins. *Journal of BioScience & Biotechnology*, 1(3), 223-233.
- Gharibzahedi, S. M. T., Smith, B., & Guo, Y. (2019). Pectin extraction from common fig skin by different methods: The physicochemical, rheological, functional, and structural evaluations. *International journal of biological macromolecules*, 136, 275-283.
- Glicksman, M. (1969). *Gum technology in the food industry*, Location: Academic Press.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y., & Zorba, Ö. (2001). *Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu* (4. Baskı). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Grassino, A. N., Barba, F. J., Brnčić, M., Lorenzo, J. M., Lucini, L., & Brnčić, S. R. (2018). Analytical tools used for the identification and quantification of pectin extracted from plant food matrices, wastes and by-products: A review. *Food chemistry*, 266, 47-55.
- Gunning, A., Pin, C., & Morris, V. (2013). Galectin 3- β -galactobiose interactions. *Carbohydrate polymers*, 92(1), 529-533.
- Guo, X., Han, D., Xi, H., Rao, L., Liao, X., Hu, X., & Wu, J. (2012). Extraction of pectin from navel orange peel assisted by ultra-high pressure, microwave or traditional heating: A comparison. *Carbohydrate polymers*, 88(2), 441-448.
- Guo, X., Zhao, W., Pang, X., Liao, X., Hu, X., & Wu, J. (2014). Emulsion stabilizing properties of pectins extracted by high hydrostatic pressure, high-speed shearing homogenization and traditional thermal methods: A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 35, 217-225.
- Güldemir K. (2016). *Bayburt İlinde Doğal Olarak Bulunan Yabani Ekşi Elma (Malus Sylvestris Miller) 'nın Farklı Yöntemlerle Kurutularak Antioksidan ve Fenolik Madde İçeriklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.444949)
- Güldemir, K., Çakir, Ö., & Çakiroğlu, K. (2020). Yabani-Ekşi Elmanın (Malus sylvestris Miller) Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde İçeriği Üzerine Farklı Kurutma Yöntemlerinin Etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(1), 279-285.
- Henrik, V. S. (2023, March 12). Renewable Energy, Plant Cell Walls. [Online] Retrieved from <https://plantandmicrobiology.berkeley.edu/users/henrik-vibe-scheller>.

- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016a). Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. *International journal of biological macromolecules*, 82, 920-926.
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016b). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate polymers*, 140, 59-65.
- Hughes, E., Cofrades, S., & Troy, D. J. (1997). Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat science*, 45(3), 273-281
- International Pectin Producers Association (IPPA). (2023, March 12)). Types of Pectin. [Online] Retrieved from <http://www.ippa.info/basics/hmpectin.gif>
- İlhan, E. P., Çakir, Ö., Dertli, E., & Şahin, E. (2019) Yabani Meyvelerin Antioksidan Potansiyeli. *Mas International Conference On Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V*, 918-920. <https://www.researchgate.net> adresinden edinilmiştir.
- Kar, F. (1998). *Portakal kabuğu pektininin fizikokimyasal özellikleri ve pektin ekstraktının sabit basınç filtrasyonu*. (Doktora tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.77622)
- Kar, F., & Arslan, N. (1999). Characterization of orange peel pectin and effect of sugars, L-ascorbic acid, ammonium persulfate, salts on viscosity of orange peel pectin solutions. *Carbohydrate Polymers*, 40(4), 285-291.
- Karatepe, T. U., & Ekerbiçer, H. Ç. (2017). Gıda katkı maddeleri. *Sakarya Tıp Dergisi*, 7(4), 164-167.
- Knorr, D., & Angersbach, A. (1998). Impact of high-intensity electric field pulses on plant membrane permeabilization. *Trends in Food Science & Technology*, 9(5), 185-191.
- Koç, M., & Elmas, F. (2019). Interaction of Pectin with Food Components. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1360-1366.
- Kusrini, E., Wicaksono, W., Gunawan, C., Daud, N. Z. A., & Usman, A. (2018). Kinetics, mechanism, and thermodynamics of lanthanum adsorption on pectin extracted from durian rind. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(5), 6580-6588.
- Küçükkömürler, S., & Karakuş, S. Ş. (2009). Elma, sağlık ve kültür. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2(1), 183-186.
- Liang, R.-h., Chen, J., Liu, W., Liu, C.-m., Yu, W., Yuan, M., & Zhou, X.-q. (2012). Extraction, characterization and spontaneous gel-forming property of pectin from creeping fig (*Ficus pumila* Linn.) seeds. *Carbohydrate polymers*, 87(1), 76-83.
- Luque-García, J., & De Castro, M. L. (2003). Ultrasound: a powerful tool for leaching. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(1), 41-47.
- Mahapatra, A. K., & Panda, P. C. (2009). *Wild edible fruit plants of eastern India*. Location: Regional Plant Resource Centre.
- Maran, J. P., & Prakash, K. A. (2015). Process variables influence on microwave assisted extraction of pectin from waste Carica papaya L. peel. *International journal of biological macromolecules*, 73, 202-206.

- Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., & Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate polymers*, 97(2), 703-709.
- Marić, M., Grassino, A. N., Zhu, Z., Barba, F. J., Brnčić, M., & Brnčić, S. R. (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science & Technology*, 76, 28-37.
- May, C. D. (1990). Industrial pectins: sources, production and applications. *Carbohydrate polymers*, 12(1), 79-99.
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L. A., Silva-Vázquez, R., & Quintero-Ramos, A. (2015). Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology*, 35, 25-31.
- MKA, M. K. A. (2021). Karaman İli Meyve Posalarından Pektin Üretim Tesisi-Ön Fizibilite Raporu. <https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibilite/karaman-ili-pektinuretim-tesisi-on-fizibilite-calismasi-2021.pdf>
- Morin, L. A., Temelli, F., & McMullen, L. (2004). Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum* spp.) β -glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. *Meat science*, 68(3), 419-430.
- 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.
- Naqash, F., Masoodi, F., Rather, S. A., Wani, S., & Gani, A. (2017). Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. *Carbohydrate polymers*, 168, 227-239.
- Ngouémazong, E. D., Christiaens, S., Shpigelman, A., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2015). The emulsifying and emulsion-stabilizing properties of pectin: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 705-718.
- Nidhina, K., Abraham, B., Fontes-Candia, C., Martínez-Abad, A., Martínez-Sanz, M., Nisha, P., & López-Rubio, A. (2022). Physicochemical and functional properties of pectin extracted from the edible portions of jackfruit at different stages of maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(6), 3194-3204.
- Oakenfull, D. (1991). The chemistry and technology of pectin. The chemistry and technology of pectin, 87-108.
- Oakenfull, D., & Scott, A. (1984). Hydrophobic interaction in the gelation of high methoxyl pectins. *Journal of Food Science*, 49(4), 1093-1098.
- Paniwnyk, L., Cai, H., Albu, S., Mason, T. J., & Cole, R. (2009). The enhancement and scale up of the extraction of anti-oxidants from *Rosmarinus officinalis* using ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(2), 287-292.
- Perussello, C. A., Zhang, Z., Marzocchella, A., & Tiwari, B. K. (2017). Valorization of apple pomace by extraction of valuable compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 776-796.

- Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B., & Emmambux, M. N. (2022). Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: a review. *Food Reviews International*, 38(3), 282-312.
- Rahmani, Z., Khodaiyan, F., Kazemi, M., & Sharifan, A. (2020). Optimization of microwave-assisted extraction and structural characterization of pectin from sweet lemon peel. *International journal of biological macromolecules*, 147, 1107-1115.
- Rubio-Senent, F., Rodríguez-Gutiérrez, G., Lama-Muñoz, A., & Fernández-Bolaños, J. (2015). Pectin extracted from thermally treated olive oil by-products: Characterization, physico-chemical properties, in vitro bile acid and glucose binding. *Food Hydrocolloids*, 43, 311-321.
- Sarıçoban, C., Çoksever, E., Karakaya, M., & Yılmaz, M. T. (2008). Et ürünlerinde turuncgil yan ürünlerinin kullanımı. Türkiye 10.Gıda Kongresi, 10, 21-23.
- Schmidt, U. S., Koch, L., Rentschler, C., Kurz, T., Endreß, H. U., & Schuchmann, H. P. (2015). Effect of molecular weight reduction, acetylation and esterification on the emulsification properties of citrus pectin. *Food biophysics*, 10(2), 217-227.
- Serdaroğlu, M., & Gamze, İ. (2019). Fermente Sosis Formülasyonlarında Uygulanan Yenilikçi Yaklaşımlar. *Akademik Gıda*, 17(2), 281-290.
- Sharefiabadi, E., & Serdaroğlu, M. (2020). Pectin: Properties and utilization in meat products. *Food and Health*, 7(1), 64-74.
- Shirsath, S., Sonawane, S., & Gogate, P. (2012). Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations—A review of current status. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 53, 10-23.
- Shpigelman, A., Kyomugasho, C., Christiaens, S., Van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. (2015). The effect of high pressure homogenization on pectin: Importance of pectin source and pH. *Food Hydrocolloids*, 43, 189-198.
- Sila, D., Van Buggenhout, S., Duvetter, T., Fraeye, I., De Roeck, A., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2009). Pectins in processed fruits and vegetables: Part II—Structure–function relationships. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(2), 86-104.
- Silva-Vazquez, R., Flores-Giron, E., Quintero-Ramos, A., Hume, M. E., & Mendez-Zamora, G. (2018). Effect of inulin and pectin on physicochemical characteristics and emulsion stability of meat batters. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 306-310.
- Srivastava, P., & Malviya, R. (2011). Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry—An overview. <https://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/11534> adresinden edinilmiştir.
- Syeitkhajy, A. (2017). *Turuncgil Kabuklarından Modifiye Pektin ve Pektin Ekstraksiyonu*. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.446719)
- Şen, E., Özdemir, S., & Uğuzdoğan, E. (2021). Meyve kabuğu atıklarından pektin ekstraksiyonu ve karakterizasyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(7), 863-872.

- Şimşek, S. (2013). *Havuç mayşesi ve posasından elde edilen pektin ve modifiye pektinlerin özellikleri ve çevresel etkileri*. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.341610)
- Tangüler, H., Mert H., İlman, F., Yücel B., & Gençtürk, S. (2021). Elma atıklarından elma sirkesi üretimi üzerine bir araştırma. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1): 132- 139.
- Taşan, N. T. (2018). *Greyfurt Kabuğundan Mikrodalga Destekli Pektin Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu*. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.514731)
- Taşkın, Z. (2019). *Elma Posasından Pektin Elde Edilmesi*. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.595483)
- Thibault, J., & Rinaudo, M. (1986). Chain association of pectic molecules during calcium-induced gelation. *Biopolymers: Original Research on Biomolecules*, 25(3), 455-468.
- Torralbo, D., Batista, K., Di-Medeiros, M., & Fernandes, K. (2012). Extraction and partial characterization of Solanum lycocarpum pectin. *Food Hydrocolloids*, 27(2), 378-383.
- Turquois, T., Rinaudo, M., Taravel, F., & Heyraud, A. (1999). Extraction of highly gelling pectic substances from sugar beet pulp and potato pulp: influence of extrinsic parameters on their gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 13(3), 255-262.
- Verrijssen, T. A., Balduyck, L. G., Christiaens, S., Van Loey, A. M., Van Buggenhout, S., & Hendrickx, M. E. (2014). The effect of pectin concentration and degree of methyl-esterification on the in vitro bioaccessibility of β -carotene-enriched emulsions. *Food Research International*, 57, 71-78.
- Wang, W., Ma, X., Jiang, P., Hu, L., Zhi, Z., Chen, J., Liu, D. (2016). Characterization of pectin from grapefruit peel: A comparison of ultrasound-assisted and conventional heating extractions. *Food Hydrocolloids*, 61, 730-739.
- Wang, X., Chen, Q., & Lü, X. (2014). Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. *Food Hydrocolloids*, 38, 129-137.
- Willats, W. G., Knox, J. P., & Mikkelsen, J. D. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17(3), 97-104.
- Willats, W. G., McCartney, L., Mackie, W., & Knox, J. P. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology*, 47(1), 9-27.
- Wongkaew, M., Sommano, S. R., Tangpao, T., Rachtanapun, P., & Jantanasakulwong, K. (2020). Mango peel pectin by microwave-assisted extraction and its use as fat replacement in dried Chinese sausage. *Foods*, 9(4), 450.
- Yadegari, R. J. (2015). *Sosis Üretiminde Kullanılan Farklı Yağ İkame Maddelerin Termal Özellikleri ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkisi*. (Yüksek lisans tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No.387371)
- Yang, N., Jin, Y., Tian, Y., Jin, Z., & Xu, X. (2016). An experimental system for extraction of pectin from orange peel waste based on the o-core transformer structure. *Biosystems Engineering*, 148, 48-54.
- Yeoh, S., Shi, J., & Langrish, T. (2008). Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*, 218(1-3), 229-237.

- Zakaria, S. M., & Kamal, S. M. M. (2016). Subcritical water extraction of bioactive compounds from plants and algae: applications in pharmaceutical and food ingredients. *Food Engineering Reviews*, 8(1), 23-34.
- Zhang, L., Ye, X., Ding, T., Sun, X., Xu, Y., & Liu, D. (2013). Ultrasound effects on the degradation kinetics, structure and rheological properties of apple pectin. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1), 222-231.
- Zhang, W., Xu, P., & Zhang, H. (2015). Pectin in cancer therapy: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 258-271.
- Zhao, X., Zhou, Y., Wu, Z., Chen, J., Zhou, F., & Zhao, G. (2022). Thickening effects of Ca^{2+} on apple high-methoxyl pectin: Dependences on Ca^{2+} concentration and the degree of esterification. *Food Hydrocolloids*, 139, 108441.



Özgeçmiş

Hazal ALDEMİR yılında’nın ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Fatsa Merkez Okulunda tamamladı. 2008 Trabzon Beşikdüzü Anadolu Öğretmen Lisesini kazandı. 2013 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümüne yerleşti. 2018 yılında Bayburt Gençlik ve Spor İl Müdürlüğüne Diyetisyen olarak atandı. 2019 yılında Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. 2021 yılında Ordu Gençlik ve Spor İl Müdürlüğüne tayini çıktı. Evli ve 1 çocuk annesidir.

