

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**PORTAKAL KABUKLARINDAN PEKTİN ELDE
EDİLMESİ VE PEKTİNİN DOĞAL ÇİLEK
AROMASININ EMÜLSİYON YAPISI
FORMÜLASYONUNDA KULLANILMASI VE MODEL
GIDA MATRİKSİNDE AROMA STABİLİTESİ VE
SALINIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ganime Selen KARAÇUHALILAR

İstanbul
Ocak-2025

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

PORTAKAL KABUKLARINDAN PEKTİN ELDE EDİLMESİ VE
PEKTİNİN DOĞAL ÇİLEK AROMASININ EMÜLSİYON YAPISI
FORMÜLASYONUNDA KULLANILMASI VE MODEL GIDA
MATRİKSİNDE AROMA STABİLİTESİ VE SALINIMI
ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ganime Selen KARAÇUHALILAR

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Ertan ERMİŞ

İstanbul
Ocak-2025

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Ertan ERMIŞ

Üye Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILDIZ

Üye Doç. Dr. Merve TOMAŞ

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof Dr. Erhan İÇENER
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Portakal Kabuklarından Pektin Eldesi, Emülsiyon Yapısında Doğal Çilek Aroması Formülasyonunda Kullanımı ve Model Gıda Matrisi İçerisinde Aroma Kararlılığına ve Salınımına Etkisinin Belirlenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Ganime Selen KARAÇUHALILAR

ÖN SÖZ

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, planlanmasında ve çalışmanın yürütülmesinde bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ertan ERMİŞ'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Araştırmamın yürütülmesinde ve uygulama kısmını destekleyen 'BAP-2024-200-01'nolu, Portakal Kabuklarından Pektin Eldesi, Emülsiyon Yapısında Doğal Çilek Aroması Formülasyonunda Kullanımı Ve Model Gıda Matrisi İçerisinde Aroma Kararlılığına Ve Salınımına Etkisinin Belirlenmesi başlıklı projeye destek veren İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne 2024-BAP-200-001 nolu proje desteği için teşekkürü borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerinin benden esirgemeyen sevgili babam Ümit KARAÇUHALILAR ve annem Lale KARAÇUHALILAR'a sonsuz teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Ganime Selen KARAÇUHALILAR
İstanbul-2025

ÖZET

PORTAKAL KABUKLARINDAN PEKTİN ELDE EDİLMESİ VE PEKTİNİN DOĞAL ÇİLEK AROMASININ EMÜLSİYON YAPISI FORMÜLASYONUNDA KULLANILMASI VE MODEL GIDA MATRİKSİNDE AROMA STABİLİTESİ VE SALINIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Ganime Selen KARAÇUHALILAR

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ertan ERMİŞ

Ocak, 2025 - 114 Sayfa

Bu tez çalışmasında gıda sanayisinde atık olarak ortaya çıkan turunçgil kabuklarından kimyasal asit ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen pektinin karakterizasyonu ve çilek aroması kararlılığı ve salınımına etkisi belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan pektin ekstraksiyonu çalışmaları sonucu mikrodalga destekli ekstraksiyon işlemi ile pH 1.0'de ve 90 s işlem süresi sonucu %12,7 verimle ve %69,3 metil esterleşme değerine sahip pektin elde edilmiştir. Elde edilen pektinlerin nem ve kül değerleri sırasıyla %16,67 ve %1,02 olarak bulunmuştur. Elde edilen pektin kullanılarak %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 konsantrasyonlarında doğal çilek emülsiyon formülasyonu oluşturularak sert şeker formülasyonunda %0,10 dozajında kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Yapılan duyu analizi sonuçlarına göre %1.6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonun gıda matriksi içerisinde aromanın stabilitesini artırarak aroma salınımının azalmasına katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Kromatogram sonuçlarında ise pektin konsantrasyonundaki artışın aroma bileşiklerinin kromatogram alanlarını ve alıkonma sürelerini kısıtladığının belirlenmesi, pektinin aroma bileşiklerinin salınımını kontrol etme veya tutma kapasitesine sahip olduğuna göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Portakal Kabuğu, Pektin, Doğal Aroma Verici, Emülsiyon

ABSTRACT

OBTAINING PECTIN FROM ORANGE PEELS AND ITS USE IN THE FORMULATION OF NATURAL STRAWBERRY FLAVOR IN EMULSION STRUCTURE AND DETERMINATION OF ITS EFFECT ON FLAVOR STABILITY AND RELEASE IN MODEL FOOD MATRIX

Ganime Selen KARAÇUHALILAR

Master, Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ertan ERMİŞ

January, 2025 - 114 Pages

In this thesis study, it was aimed to characterize pectin obtained from citrus peels, which are waste in the food industry, by chemical acid extraction and microwave-assisted extraction methods and to determine its effect on strawberry aroma stability and release. As a result of the pectin extraction studies, pectin with a yield of 12.7% and a methyl esterification value of 69.3% was obtained at pH 1.0 and 90 s processing time with microwave-assisted extraction process. The moisture and ash values of the obtained pectins were found to be 16.67% and 1.02%, respectively. Using the obtained pectin, natural strawberry emulsion formulation was created at concentrations of 1, 1.2, 1.4 and 1.6% and various analyzes were performed by using it at a dosage of 0.10% in the hard candy formulation. According to the sensory analysis results, it was determined that natural strawberry emulsion containing 1.6% pectin contributed to the decrease in aroma release by increasing the stability of aroma in the food matrix. In the chromatogram results, it was determined that the increase in pectin concentration restricted the chromatogram areas and retention times of aroma compounds, indicating that pectin has the capacity to control or retain the release of aroma compounds.

Keywords: Orange Peel, Pectin, Natural Flavour, Emulsion

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖN SÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ.....	1
------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI.....	5
2.1. Pektin	5
2.1.1 Kaynakları.....	7
2.1.2. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	8
2.1.3. Kullanım Alanları	12
2.1.4. Pektin Ekstraksiyon Yöntemleri	15
2.1.4.1 Kimyasal Asit Ekstraksiyonu	16
2.1.4.2 Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon	17
2.2. Aroma Bileşenleri	19
2.2.1. Doğal Aroma Vericiler	21
2.2.2. Doğala Özdeş Aroma Vericiler	22
2.2.3. Çilek Aroması.....	22
2.3. Şekerleme Ürünleri	26
2.3.1. Şekerleme Ürünlerinde Aromaların Kullanımı	27
2.3.2. Şeker Üretim Prosesi ve Proses Aşamalarında Aroma Bileşenlerinde Meydana Gelen Değişimler	30
2.3.3. Aroma Bileşenlerinin Stabilesinin Sağlanması İçin Uygulanan Yöntemler	33

2.3.4. Emülsiyon Vizkozitesi ve Zeta Potansiyeli	34
2.3.5. Pektinin Aroma Bileşenleri ile Birlikte Kullanımı	43

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT	45
3.1. Materyal	45
3.2. Metot	46
3.2.1. Portakal Kabuklarının Hazırlanması	46
3.2.2. Pektin Ekstraksiyonu	47
3.2.2.1. Kimyasal Asit Ekstraksiyonu ile Pektin Üretimi	47
3.2.2.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Pektin Üretimi	49
3.2.3. İzole edilen Pektin Örneklerinin Kimyasal ve Tekno-Fonksiyonel Karakterizasyonu	51
3.2.3.1. Nem ve Kül Analizleri	51
3.2.3.2. pH Analizleri	52
3.2.3.3. Pektin Veriminin Hesaplanması	52
3.2.3.4. Pektinde Metil Esterleşme Derecesi Analizi	53
3.2.4. Pektin İçeren Emülsiyon Yapısında Doğal Çilek Aroma Formülasyonunun Geliştirilmesi	54
3.2.4.1. Damlacık ve Zeta Potansiyel Analizleri	56
3.2.4.2. Viskozite Analizleri	56
3.2.4.3. GC-MS-HS-SPME Analizleri	56
3.2.5. Sert Şeker Üretimi	57
3.2.6. Duyusal Analiz	59
3.2.7. Raf Ömrü Testleri	61
3.3. İstatistik Analizler	62

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA	63
4.1 Portakal Kabuğundan Pektin Eldesi ve Karakterizasyonu	63
4.1.1. Ekstraksiyon Verimi	63
4.1.2 Nem Ve Kül Analiz Sonuçları	65
4.1.3. Metil Esterleşme Derecesi Sonuçları	67
4.2. Pektin İçeren Doğal Çilek Aroma Emülsiyonu	70

4.2.1. Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları	71
4.2.2. Viskozite Analiz Sonuçları	73
4.3. Pektin İçeren Doğal Çilek Aroma Emülsiyonu ile Sert Şeker Üretimi	75
4.3.1. Duyusal Analiz Sonuçları	75
4.3.2. Raf Ömrü Test Sonuçları	78
4.3.3. GC-MS-HS-SPME İle Aroma Salınımı.....	79

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	84
----------------------------------	-----------

KAYNAKÇA.....	88
----------------------	-----------

EKLER	105
--------------------	------------

EK-1:Nükleon Marka İklimlendirme Kabini Teknik Özellikleri	106
--	-----

Ek-2: Kromatogram Sonuçları.....	108
----------------------------------	-----

EK-3: Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları	110
--	-----

ÖZGEÇMİŞ	113
-----------------------	------------

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2. 1: Bazı Meyvelerin Pektin İçerikleri	7
Tablo 2. 2: Çilek Aroma Vericisi İçerisinde Bulunan Bazı Aroma Bileşikleri	25
Tablo 2. 3: Şekerleme Ürünlerinde Uygulanan Sıcaklık Parametreleri.....	27
Tablo 3. 1: Kullanılan Doğal Aroma Bileşiklerinin Firma ve Lot Bilgileri.....	46
Tablo 3. 2: Doğal Çilek Aroması Formülasyonu.....	54
Tablo 3. 3: Kolon Özellikleri ve GC-MS-SPME Parametreleri	57
Tablo 3. 4: Sert Şeker Tadım Panel Kartı.....	60
Tablo 4. 1: Sitrik Asit Ekstraksiyonu ile % Ekstraksiyon Verimi.....	63
Tablo 4. 2: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile % Ekstraksiyon Verimi.....	64
Tablo 4. 3: Sitrik Asit Ekstraksiyonu ile % Nem ve Kül Değerleri.....	66
Tablo 4. 4: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile % Nem ve Kül Değerleri	66
Tablo 4. 5: Sitrik Asit Ekstraksiyonu ile % Metil Esterleşme Derecesi	67
Tablo 4. 6: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile % Metil Esterleşme Derecesi..	68
Tablo 4. 7: %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 Pektin İçeriğine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonu Formülasyonları	70
Tablo 4. 8: Pektin Seviyelerine Göre Viskozite Değerleri	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: Bitki Hücre Duvarı.....	6
Şekil 2. 2: Bitki Hücre Duvarındaki Yapısal Organizasyonu	10
Şekil 2. 3: (a) Yüksek Metoksil ve (b) Düşük Metoksil Pektinin Yapıları	11
Şekil 2. 4: Pektinin Sektörlere Göre Kullanım Yüzdeleri.....	13
Şekil 2. 5: Pektinin Gıda Endüstrisinde Kullanım Yüzdeleri.....	14
Şekil 2. 6: Kimyasal Asit Ekstraksiyonu İçin Çalkalama Özellikli Su Banyosu Cihazı.....	17
Şekil 2. 7: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Fırını.....	18
Şekil 2. 8: Sert Şeker Üretimi Akış Şeması	32
Şekil 2. 9: Yüklü Parçacıkların Etrafındaki Parçacık Dağılımı	36
Şekil 2. 10: İzoelektrik Nokta	38
Şekil 3. 1: Portakal Kabuğu Tozu Eldesi.....	47
Şekil 3. 2: Sitrik Asit Ekstraksiyonu Yöntemi ile Portakal Kabuklarından Pektin Ekstraksiyonu İşlemi Akım Şeması.....	48
Şekil 3. 3: Kimyasal Asit Ekstraksiyonu İle Pektin Eldesi	49
Şekil 3. 4: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Yöntemi ile Pektin İzolasyonu Akım Şeması.....	50
Şekil 3. 5: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon İle Pektin Eldesi	51
Şekil 3. 6: Doğal Çilek Emülsiyon Aroması Formülasyonun Üretim Akım Şeması	55
Şekil 3. 7: Sert Şeker Üretim Akış Şeması.....	58
Şekil 3. 8: Doğal Çilek Emülsiyon Aroma Vericili Sert Şeker Üretim Basamaklar	59
Şekil 3. 9: Doğal Çilek Emülsiyonu İçeren Sert Şekerler	61
Şekil 4. 1: %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 Pektin İçeriğine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonları	71

Şekil 4. 2: %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 Pektin İçeriğine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonlarının Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları.....	72
Şekil 4. 3: Duyusal Analiz Değerlendirme Sonuçları	76
Şekil 4. 4: Lezzet Profil Analiz Sonuçları.....	77
Şekil 4. 5: %1,6 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonlarının Raf Ömrü Testleri .	78
Şekil 4. 6: Duyusal Analiz Sonuçlarına Göre Raf Ömrü Süreleri.....	79
Şekil 4. 7: Kontrol Örneği ve Farklı Yüzde Pektin İçeriklerine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonunun Kromatogram Sonuçlarına	81
Şekil 4. 8: Doğal Çilek Emülsiyonu İçerisinde Yer Alan Aroma Bileşiklerinin Kromatogram Alanı ve Alıkonma Süreleri.....	83

KISALTMALAR

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
FAO	: Dünya Sağlık Örgütü
HM	: Yüksek Metoksilasyonlu Pektin
LM	: Düşük Metoksilasyonlu Pektin
ED	: Esterleşme Derecesi
MHz	: Megahertz
GHz	: Gigahertz
mL	: Mililitre
g	: Gram
HCl	: Hidroklorik Asit
W	: Watt
GC	: Gaz Kromatografisi
MS	: Kütle Spektrometresi
HS-SPME	: Sıvı Faz Mikro Ekstraksiyonu
mV	: Milivolt

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Gıda sektöründe ortaya çıkan yan üretim ve işleme atıklarının sınırlı kullanımları nedeniyle çevresel kirliliğe neden olabilmektedir. Bu atıklardan elde edilecek pektinin döngüsel ekonomiye katkı sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Türkiye, yıllık 3.8 milyon ton turunçgil üretimi ile dünya genelinde önemli bir konumdadır. Özellikle meyve ve sebze endüstrisinden önemli miktarda yan üretim oluşmakta olup bu yan üretimlerden elde edilen yüksek katma değerli bileşenlerin kullanımıyla döngüsel ekonomiye destek sağlanması ve çevresel etkinin azaltılması önem arz etmektedir (Fırat, Koca ve Kaymak-Ertekin, 2023).

Günümüzde ticari amaçla kullanılan pektinlerin çoğu meyve suyu üretiminde limon, portakal, greyfurt, mandalina gibi turunçgil meyvelerinin, %85,5 oranında kabuğundan elde edilirken, %14 oranında elma posasından ve %0,5 oranından daha az oranda şeker pancarı posasından elde edilmektedir (Chan vd., 2017). Ticari amaçla en çok pektin üretimi portakal kabuğundan elde edilmektedir. (Da Silva ve Rao, 2006).

Türkiye'nin turunçgil yetiştiriciliği için ideal bir iklim yapısına sahip olması sebebiyle yılda yaklaşık 3.8 milyon ton turunçgil üretimi gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2022). Üretilen turunçgilin üçte birinin ihraç edildiği, üçte birlik kısmının doğrudan tüketildiği ve geriye kalan üçte birlik kısmının ise meyve suyu üretimi için kullanıldığı bildirilmektedir. Dünya genelindeki turunçgil üretiminde ilk 10 üretici arasında yer alan Türkiye'nin turunçgil üretiminde portakal %48, mandalina %25, limon %19 ve greyfurt %6'lık paya sahiptirler. Turunçgiller genellikle Ege ve Akdeniz sahillerinde yetiştirilir ve bu meyvelerin %95'i Çukurova, Antalya ve İzmir bölgelerinden toplanır (TÜİK, 2022).

Ülkemizde portakal üretimi TÜİK 2022 verilerine göre yaklaşık olarak 1742 tondur. Bu miktarın 897 tonu meyve suyu üretiminde kullanılmaktadır ve portakal suyu üretimi yapan işletmelerde portakalın %40-60'ı artık (posa ve/veya kabuk) olarak ayrılmaktadır (Babbar vd., 2016).

Bu atıklar çevreye doğrudan bırakıldığında lifli yapısından ötürü çözünme süresi uzamaktadır ve bunun sonucunda çevre kirliliğine neden olabilmektedir (Shaha vd., 2013).

Turunçgil kabukları, pektin açısından zengindir ve bu yönüyle ekonomik değer taşımaktadır. Portakal, greyfurt, limon ve misket limonu içeren turunçgillerin sırasıyla %11-25, %22-28, %21-31 ve %9-34 oranlarında pektin içerdiği belirtilmiştir (Chan vd., 2017). Pektin içeriği ve kompozisyonu meyve türüne göre değişkenlik gösterir. Tür, olgunluk derecesi, ekstraksiyondan önceki süreçler, ve ekstraksiyon koşulları pektin verimini etkiler (Fırat, Koca ve Kaymak-Ertekin, 2023).

Pektin, turunçgillerin kabuklarında selüloz ve hemiselüloz ile birlikte bulunan ve birbirine bağlı olarak birçok şeker ve şeker türevi içeren doğal bir polisakarittir ve gıda ürünlerini korumak, jel haline getirmek, emülsifiye etmek ve stabilize etmek için kullanılır. Bu özellikleri nedeniyle gıda ürünlerinde E440 kodu ile katkı maddesi olarak yer alır. En çok kullanıldığı gıda ürünleri sırasıyla reçel, şekerleme, fırın ve pastacılık ürünleri ile meyve sularıdır. Esterleşme derecesi açısından iki sınıfa ayrılır. Bunlar; kalsiyum ile jelleşme seviyeleri %50'den az olanlar ve asit ve şeker ile %50'den fazla olanlardır (Matia-Merino vd., 2003).

Pektin ekstraksiyonunda, farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Klasik çözücü ekstraksiyon tekniği, bitki veya atık materyallerden pektin ekstraksiyonu için genellikle güçlü mineral asitler veya organik asitler kullanılarak uygulanmaktadır. Ancak, bu teknik bazı değerli bileşenlerin kaybına, düşük ekstraksiyon verimlerine, uzun ekstraksiyon süreçlerine ve aşırı enerji tüketimine yol açabilmektedir. Son yıllarda, araştırmacılar, ekstraksiyon süresinin kısılması, kullanılan çözücü miktarını azaltılması ve pektin veriminin artırılmasına olanak sağlayan ve yeni ekstraksiyon teknikleri üzerinde çalışmaktadır. Mikrodalga destekli ekstraksiyon, basınçlı sıvı ekstraksiyonu, ultrasonik destekli ekstraksiyon ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu gibi teknikler, pektin ve biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanılan güncel yöntemlerdir (Fırat, Koca ve Kaymak-Ertekin, 2023).

Ülkemizde meyve suyu üretimi sonucunda oluşan portakal kabuğu %30-40 aralığında pektin içermektedir. Atık olarak oluşan portakal kabuklarının küçük bir kısmı pektin üretiminde kullanılmakta, geri kalan büyük bölümü ise hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir ya da çevreye atılmaktadır.

Bu durum, hem pektin üretiminde potansiyel bir kaynak olarak turunçgil atıklarının israf edilmesine hem de çevreye olumsuz etki oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir (Atalay vd., 2018).

Turunçgil kabuklarından pektin eldesinin, hem ekonomik fayda sağlama potansiyeli oluşturması hem de çevreye olan olumsuz etkileri azaltması açısından önemlidir.

İyi bilinen bir gerçektir ki, gıda ürünlerinin görsel ve yapısal özellikleri yanında aroma özellikleri de tüketici tercihlerinde etkili olan unsurlardandır. Aroma özellikleri ve yapısı, genellikle çok sayıda uçucu bileşiğin bir arada bulunması ile ortaya çıkmaktadır. Her bir bileşen, aroma profilinin bir parçası olarak belirli bir özellik ile genel aroma profiline katkıda bulunur. Aromatik bileşikler çok küçük miktarlarda bile insanlar tarafından tanınabilir özelliktedir ve ppm' den ppb' ye düzeyde insan duyarlarına tanıtılabilir. Aromayı anlamanın eşiği, her bir aromatik bileşen için farklıdır (Reineccius, 1994). Aroma bileşenleri, oda koşullarında buharlaştıktan sonra burundaki koku alıcılarına (olfaktör reseptörler) ulaştıklarında tespit edilebilen uçucu moleküllerdir. Gıdalardan aroma bileşenlerinin buhar fazına salınması, yiyecek matrisinde bulunan uçucu olmayan bileşenlerle etkileşimlerine bağlıdır (Guichard, 2014). Gıda tüketimi sırasında aromanın algılanması, aroma oluşturan uçucu organik bileşenlerin bileşimi, konsantrasyonu ve yiyecek matrisinin (proteinler, lipidler, karbonhidratlar) yapısına bağlıdır (Güneşer ve Yüceer, 2010; Benjamin vd., 2012; Guichard, 2014).

Bu tez çalışmasında, ülkemizde meyve suyu endüstrisi atığı olarak yüksek miktarda ortaya çıkan portakal kabuklarının ham madde olarak kullanılmasıyla, çeşitli gıdaların üretiminde önemli bir yere sahip olan pektinin çilek aroması formülasyonunda kullanılması ile seçilen model gıda matriksi içerisinde çilek aromasının stabilitesi ve salınımı üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bu amaçla, kimyasal asit ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak ekstraksiyon koşullarının değişmesiyle beraber (süre, sıcaklık ve pH) portakal kabuğu atıklarından pektin üretimi için optimum ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir.

Doğal çilek aroma verici formülasyonu doğadan elde edilen doğal aroma bileşenleri kullanılarak elde edilmiştir. Sert şeker gibi bazı gıdaların üretim aşamasında yüksek sıcaklığa (120-150 °C) maruz kalması sonucu aroma bileşenleri üründen hızlı bir şekilde uzaklaşarak gaz fazına geçmekte ve son üründe aroma kayıplarına neden olmaktadır.

Oluşturulacak olan pektin-çilek aroması formülasyonunda pektinin jelleşme ve kıvam arttırıcı özelliklerinden yararlanılarak aromanın viskozitesi arttırılmıştır. Viskozitenin artması sonucu yükselen kaynama noktası ve düşen buhar basıncıyla birlikte aroma bileşenlerinin uçuculuklarının da azalma meydana gelmesi ve böylece üründe aroma kararlılığı ve stabilitesine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bu şekilde aroma vericinin gıda matrisi içerisinde yüksek sıcaklıkta yapılan işlem esnasında ve sonrasında salınımının sınırlandırılarak aroma kayıplarının azaltılması hedeflenmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Pektin

Pektin, en karmaşık makromoleküllerden biri olup yapısal çeşitliliği fazladır. Yapısında birbirine benzerlik göstermeyen en az 20 bağ ve 17 adet monosakkarit içeren, temel olarak doğrusal D- α -(1,4) anhidro-galakturonik asit polimerlerinin koloidal polimerik karbonhidrat olan biyopolimerdir (Voragen vd., 2009, Naqash vd., 2017, Ziari vd., 2010). Pektin, bitkisel duvarlarında ve hücrelerin aralarında kendiliğinden bulunan hetero polisakkarittir. Pektin, hücre duvarının yapısını etkileyerek hücre duvarını oluşturmak, pH'nın ve iyon dengesinin oluşumuna yardımcı olmak, bitkiye gözenekli yapı sağlayarak savunma mekanizmasının oluşumuna katkı sağlamak gibi fonksiyonların oluşumuna neden olmaktadır (Voragen vd., 2009, Bagherian vd., 2011).

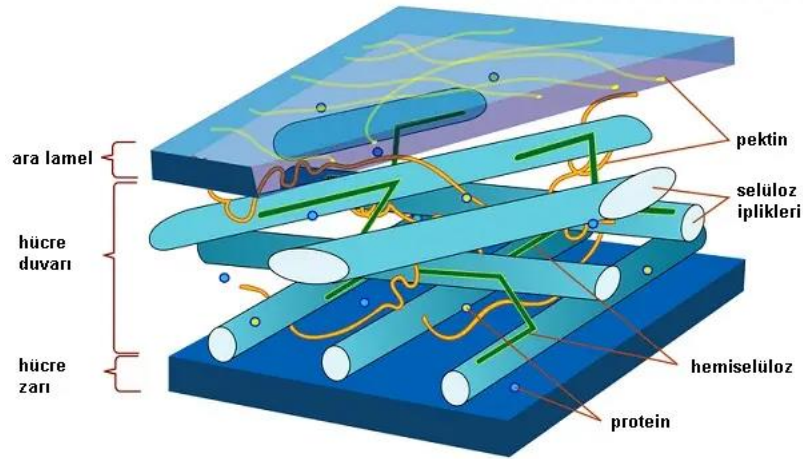
Pektin, 1790 yılında ilk olarak bazı meyvelerde ve sebzelerde jel yapabilme özelliğinden kaynaklı Fransız kimyager Louis Nicolas Vauquelin tarafından keşfedilmiştir. 1825'te, Fransız kimyager Henri Braconnot, pektin üzerine ilk bilimsel çalışmaları gerçekleştirmiştir.

Braconnot, pektinin meyve yapısının önemli bir parçası olduğunu ve pektinaz enzimi ile pektik aside dönüştüğünü keşfetmiştir. Pektinaz enziminin, pektik aside dönüşmesiyle meyve hücre duvarlarının bozularak meyvede yumuşak yapının oluştuğunu belirtmiştir. Pektine adını Yunanca "pektikos (donmak)" anlamını taşıyan kelimeyi vermiştir. Böylece, pektinin yapısını tanımlayan ilk bilimsel çalışmalar yapılmıştır (Martău vd., 2019).

İlk sıvı pektinin ticari olarak üretimi 1900'lü yıllarda Almanya'da başlamıştır. 1913'te ABD tarafından patent alınarak ticari olarak üretimine başlanmıştır. Sonrasında turuncuğil üreten ülkelerde pektin önemli bir ticaret kaynağı olmuştur (Ciriminna vd., 2022).

Pektin, doğadaki kaynaklardan elde edildiğinden gıdalarda kullanımına sınırlama koyulmamıştır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından günlük tüketiminde limiti bulunmayan, katkı maddesi olarak güvenli kategorisine giren, AB tarafından E440 kodu ile yaygın bir şekilde kullanılan bir gıda katkı maddesidir (Abid vd., 2016, Thakur vd., 1997).

Pektin, en karmaşık polisakarit olmasının yanında çoğu meyvede bulunan en önemli bir biyoaktif bileşendir (Van Buggenhout vd., 2009). Bitkideki birincil hücre duvarını oluşturan pektin, kuru kütlenin %30'unu ve orta lameldeki ana makromolekülü oluşturmaktadır (Şekil 2.1). Selüloz ve hemiselüloz yapılarının aralarındaki çok yönlü etkileşimlerden oluşmaktadır (Dranca ve Oroian, 2018). Pektin zincirleri, molekül içi veya moleküller arası bağlantılarla etkileşime girerek bir dizi kovalent ve kovalent olmayan karmaşık yapılar oluştururlar (Christiaens vd., 2016). Pektin, bitkilerin yapısında önemli bir bileşen olup hücrelerin aralarında yapışma özelliğine, hücre duvarının bütünlüğünün ve sertliğinin oluşmasını sağlamaktadır (Lara-Espinoza vd., 2018).



Şekil 2. 1: Bitki Hücre Duvarı

Kaynak: Smith,2023

Pektinin yapısı elde edildiği ekstraksiyon yöntemine ve koşullarına göre değişkenlik gösterebilir (Ropartz ve Ralet, 2020). Uygun koşullar sağlandığında, metil esterleşme derecesine göre şeker ve asit ilavesiyle jelleşme özelliği kazanan kompleks bir polisakarittir (Thakur vd.,1997).

Diğer polisakkaritlerde olduğu gibi pektinde de hem çoklu molekül (polimoleküler) hem de çoklu dağılım gösteren (polidispers) yapılar mevcuttur. Bunun sonucunda hem moleküler ağırlık hem de kimyasal yapı açısından değişiklik göstermektedir (Thakur vd.,1997).

2.1.1 Kaynakları

Pektin, hücre duvarlarında ve lamella tabakasında bulunan ve bütün bitkilerin yapısında yer alan bir polisakkarittir. Ancak üretimi için kaynakları sınırlıdır. Elde edilen pektinler kaynaklarına bağlı olarak jelleşme özelliği gibi kalite özellikleri bakımından birbirlerinden farklılık göstermektedir. Jelleşme özelliğinin yanı sıra molekül ağırlığı ve metil esterleşme derecesi pektinin kalitesinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Meyvelerdeki pektik madde içeriğinin yüksek olması nedeniyle pektin üretimi için çok iyi kaynaklar olsalar da üretim içinde yeterli miktarda kaynağın varlığı önemlidir (Shaha vd., 2013).

Ticari pektin üretiminde meyve suyu endüstrisi atığı olan turunçgiller başlıca pektin kaynağıdır. Tablo 2.1'de de görüldüğü gibi turunçgiller pektin yüzdesi yüksek meyveler arasındadır.

Tablo 2. 1: Bazı Meyvelerin Pektin İçerikleri

Meyve	% Pektin
Şeker pancarı	15-20
Portakal posası	5-10
Greyfurt	5-10
Portakal kabuğu	30-40
Limon	20-30
Patates	0.5-1
Elma posası	10-15
Şeftali	0.5-1
Muz	0.5-1
Havuç	1-2
Domates	0.5-1
Mango	0.5-1
Çilek	0.5-1

Kaynak: Morris ve Tressler, 2015; Rojas ve Ledezma, 2020; FAO, 2021

Bu meyve sebzeler, pektin üretimi için kullanılacağında önce bazı işlemlere tabi tutulmalıdır. Yıkama ve kurutma işlemleri başlıca gelmektedir. Turunçgil kabuklarında pektin metilesteraz enzimi yüksek oranda bulunmaktadır. Pektinde bulunan metilesteraz enzimi, pektin üretim sürecini en fazla etkileyen faktördür. Eğer bu enzim, yaş kabuk veya posada bulunursa, birkaç saat içinde meyve bozularak tüketilmesi zorlaşmaktadır. Bu istenmeyen sonucu önlemek için kabuk veya posadaki enzim faaliyetinin sınırlandırılması amacıyla yaş kabuk veya posaya kurutma işlemi uygulanmalıdır. Pektin ısıya dayanıksız olduğu için, 50 °C'den yüksek kurutma işlemi uygulanırsa verimi kaybına neden olur. Yıkama işleminde kurutma işlemine benzer olarak enzim ve küf faaliyetlerini sınırlandırarak yüksek verim ve saflığa sahip pektin eldesi için önem taşımaktadır (May, 1990).

Literatürde farklı pektin kaynakları bulunmaktadır. Turunçgillerin yanı sıra pektin kaynaklarına örnek olarak şeker pancarı ve ay çiçeği de verilebilir. Ancak şeker pancarında pektin içeriği fazla olması, düşük maliyetli olması ve ticari olarak kaynak açısından yeterlidir.

Fakat turunçgil kabuğu veya elma posasıyla karşılaştırıldığında şeker pancarının ancak elma posası ve turunçgil kabuğu ile kıyaslandığında jelleşme gücünün zayıf olması nedeni ile ticari olarak pektin üretimi için tercih edilmemektedir (Voragen vd., 2009).

2.1.2. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

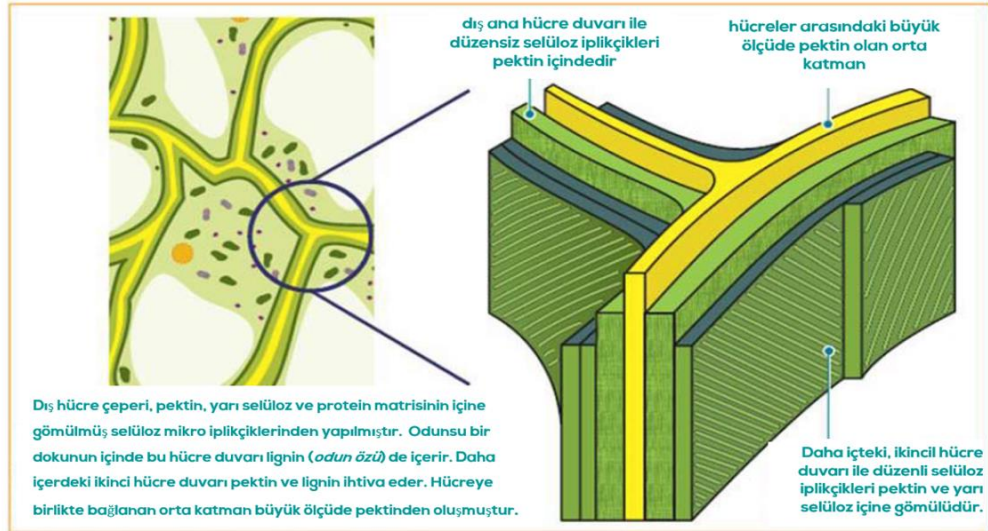
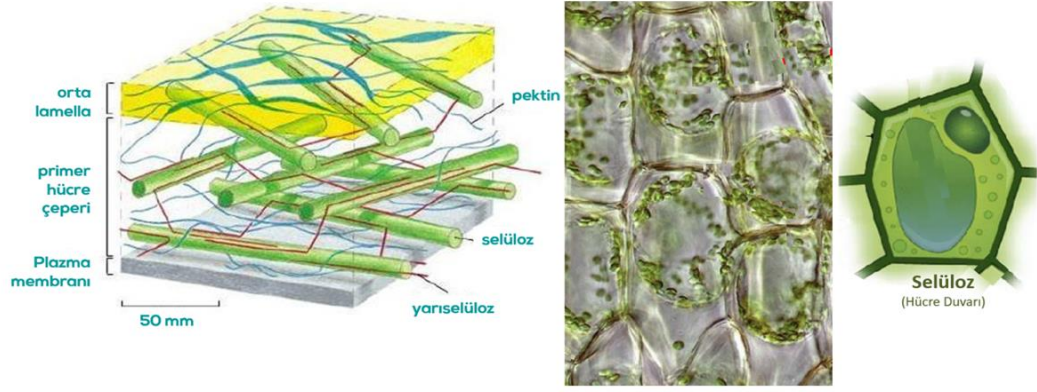
Bitkinin hücre duvarında yer alan pektin, selüloz, hemiselüloz, fenolik bileşik, protein ve molekül kütlesi düşük, çözünme özelliğine sahip maddelerden meydana gelen karmaşık yapılardır. Pektin, bitkisel kaynaklı bir polisakkarit olup, özellikle meyve ve sebzelerde bulunan önemli bir bileşendir. Kimyasal yapısı, galakturonik asit birimlerinin (GAA) uzun zincirler halinde birbirine bağlanmasıyla oluşur ve bu yapı, pektinin sulu çözeltilerde viskoziteyi artırmasını sağlar (Thakur vd., 1997).

Bu bileşenler, su içeren bir matris içinde yer alan selüloz mikro fibrillerini çevreler. Selüloz, bitki hücre duvarında sert yapı ve sertlik ve hasar görmesini engelleyerek kuvvet kazandırırken, hücre duvarında yer alan hemiselüloz ve pektin ise esneklik ve dayanıklılığın artmasına neden olur (Cosgrove, 2005).

Pektin, özellikle hücrelerdeki diğer bileşiklere nazaran önemli role sahip bir polisakarittir. Enzimler sayesinde hücre duvarı yapısını değiştirirken, meyve ve sebzelerin olgunlaşması sırasında parçalanabilir. Enzimlerin neden olduğu bu reaksiyonlar aşamasında bitkinin büyümesi, gelişmesi ve çevresel stresse karşı dayanıklılığının artmasında etkin rol oynarlar (Brummell, 2006). Pektin, hücre duvarının esnekliğini sağlarken, meyve olgunlaşmasında selüloz ve hemiselüloz ile reaksiyona girerek hücre duvarı yapısının değişimine neden olan enzimatik aktivitelerin başlamasında neden olur. Bu reaksiyon, meyve ve sebzelerin olgunlaşma sürecinin düzenlenmesini ve olgunlaşma sırasında meydana değişikliklerin oluşmasına katkıda bulunurlar (Zhang vd., 2016).

Bitki hücre duvarının yapısı Şekil 2.2’de gösterilmektedir. Pektin, bitki hücre duvarının en yüksek konsantrasyonuna sahip bileşenidir ve hücre duvarı merkezinde yer alan orta lamel adı verilen kısımda yer alır.

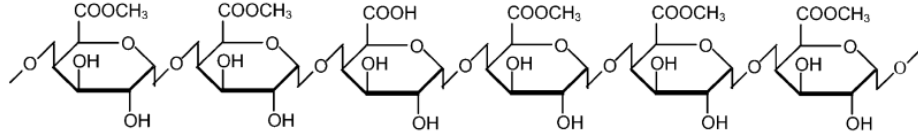
Hücre duvarında yer alan pektin biçimlerine göre birincil hücre duvarından plazma zarına doğru gittikçe miktarsal olarak azalmaktadır (Brunner vd., 2006). Yüksek yapılı bitkilerde pektin, hücre duvarının yaklaşık üçte birini oluştururken basit yapılı bitkilerde ise bu oran oldukça düşüktür. Bu farklı oranlar, bitki türlerinin yapısal ve dayanıklılık özelliklerinin yanı sıra genel gelişimlerinde de rol oynamaktadır (Mohnen, 2008).



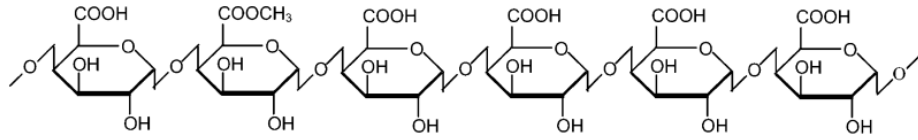
Şekil 2. 2: Bitki Hücre Duvarındaki Yapısal Organizasyonu

Kaynak: National Center for Biotechnology Information, 2020

Pektin, ana olarak galakturonik asit birimlerinden oluşan bir polisakkarittir ve asitik birimler alfa-1,4-glikozidik bağlarla birleşir. Pektin, metil ester, asetil grupları veya diğer yan gruplarla çeşitlilik gösterir, bu nedenle kimyasal olarak çeşitli yapıları olabilir. Bu, pektinin jel oluşturabilme ve çözünürlük özelliklerini belirler. Pektin, yüksek metil pektin ve düşük metil pektin şeklinde iki ana forma ayrılır. HM pektinler, yüksek şeker konsantrasyonu ve düşük pH koşullarında jel yapabilir, LM pektinler ise düşük şeker konsantrasyonları ve yüksek kalsiyum jelleri varlığında jel yapabilir (Dikty, 1995). Şekil 2.3'te yüksek ve düşük metoksilli pektinlerin kimyasal yapıları yer almaktadır.



(a)



(b)

Şekil 2. 3: (a) Yüksek Metoksil ve (b) Düşük Metoksil Pektinin Yapıları

Kaynak: Tharanathan, 2003

Pektinlerin jelleşme özellikleri; pH'sına, şeker konsantrasyonu ve kalsiyum iyonlarının yer almasına bağlıdır. Yüksek metoksilli pektinler, yüksek pH (2.5-3.5) ve şeker konsantrasyonunda aktif iken; düşük metoksilli pektinler, yüksek pH (4.0-5.0) etkisinde ya da kalsiyum iyonları varlığında jelleşme özelliğine sahiptirler. Bu özellikler sayesinde pektin, gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı ve jelleştirici maddelerdir (Jouret vd., 1994).

Pektinin jelleşme yeteneği; moleküler ağırlığa, metil esterleşme derecesine ve yapısında yer alan metoksil gruplarının varlığına bağlı olarak değişmektedir (Ranganna, 1986). Düşük metil esterleşme derecesine sahip pektinler, asidik koşullarda daha iyi jelleşme yeteneğine sahipken, yüksek metil esterleşme derecesine sahip pektinler ise şekerin varlığında jel meydana getirmektedirler (Schieber vd., 2001).

Esterleşme derecesini (ED) pektinin yapısında yer alan galakturonik asit ana zincirindeki esterleşmiş karboksil grupların, esterleşmiş ve esterleşmemiş olanlara oranı belirlemektedir. Metil esterleşme derecesi, yüksek (YM) ve düşük (LM) olmak üzere sınıflandırılır. Esterleşme derecesi %50'yi geçerse yüksek metil esterleşme derecesine, %50'nin altında kalırsa düşük metil esterleşme derecesine sahip pektinler olarak tanımlanmaktadır. (Dikty, 1995).

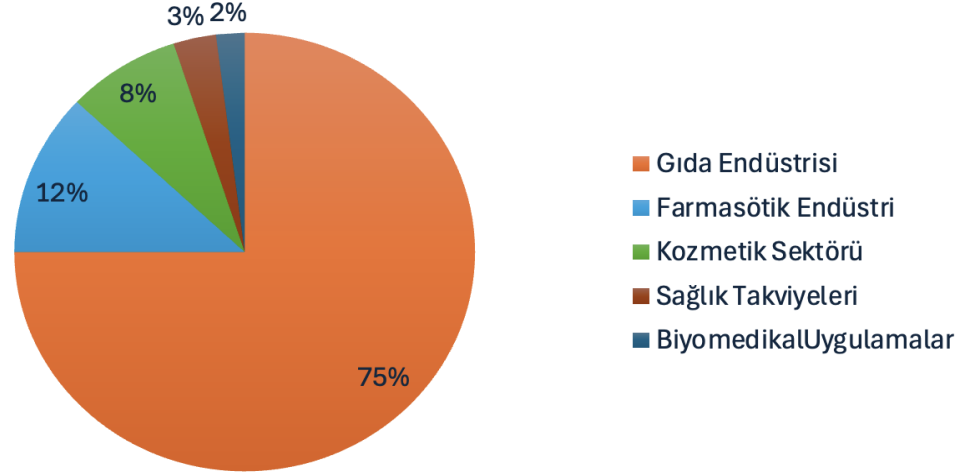
Metil esterleşme derecesi, pektinin jelleşme özelliğini üzerinde etkisi olan önemli bir değerdir. Gıda sektöründe, düşük pH (2-3.5)'da ve %55-75 oranında şekerin bulunmasında yüksek metil esterleşme derecesine sahip pektinler jelleşirken, daha yüksek pH ve Ca²⁺ iyonlarının bulunmasında düşük metil esterleşme derecesine sahip pektinler jelleşme özelliği göstermektedir (Huang vd., 2015).

Pektin, su ile kolayca etkileşime girdiğinden hidrojel formasyonunu meydana getirir ve bu özellikleri sayesinde gıda endüstrisinde kıvam artırıcı, stabilizatör ve jelleştirici olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang vd., 2014). Ayrıca, pektinin prebiyotik özellikleri sayesinde sindirim sistemindeki yararlı bakterilerin gelişimine katkı sağlamaktadır (Roberfroid, 2007). Pektin, düşük kalori içermesi ve yüksek lif oranıyla da günlük diyetle faydalı olacak önemli bir bileşendir (Slavin, 2005).

Pektin ekstraksiyonunda kullanılan çok farklı yöntemler vardır. Kullanılan farklı ekstraksiyon teknikleri sayesinde elde edilen pektinin kimyasal yapısında değişiklikler meydana gelmektedir. Bunun sonucunda kullanılan ekstraksiyon tekniği ve elde edilen pektin arasında önemli bir bağ bulunmaktadır (Dranca ve Oroian 2018).

2.1.3. Kullanım Alanları

Pektin, ticari olarak meyve ve sebzelerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıklardan elde edilen fonksiyonel özelliklere sahip biyopolimerdir. Gıda sanayi, kozmetik sanayi ve ilaç sanayi gibi çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhao vd., 2018; Simmonds vd., 2016). Pektinin sektörlere göre kullanım yüzdeleri şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2. 4: Pektinin Sektörlere Göre Kullanım Yüzdeleri

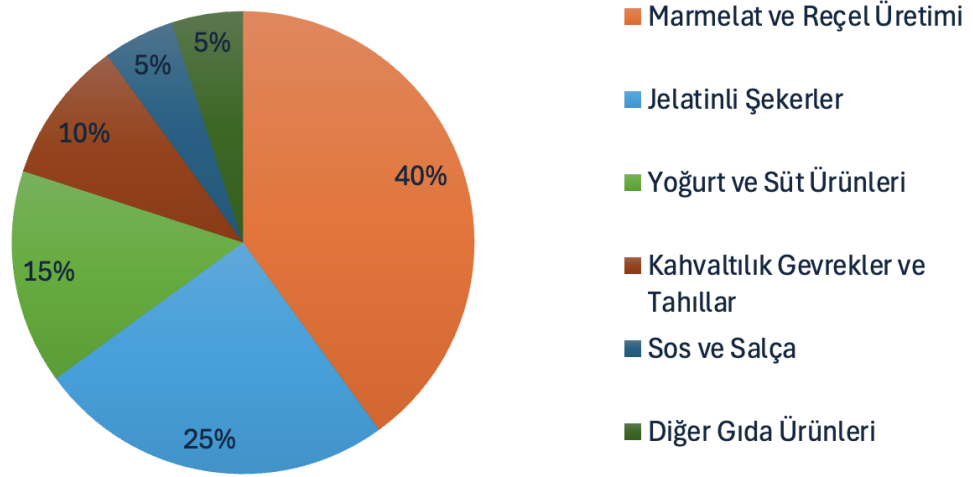
Kaynak: Yuan vd.,2017; Roberfroid, 2007; Ghanem ve De Moya, 2021; Cheng vd., 2015; Glicksman, 2018

Pektinin kullanım alanları oldukça geniş bir alana yayılarak, özellikle gıda, sağlık, kozmetik ve biyomedikal sanayinde önemli bir rol oynamaktadır. Gıda endüstrisinde, pektin genellikle jel yapıcı ve kıvam artırıcı olarak işlev görmektedir. Reçel, jöle ve marmelat gibi ürünlerde pektin kullanımı, ürünlerin kıvamını artırırken aynı zamanda raf ömrünü de uzatmaktadır. Pektin, bu ürünlerin stabilitesini sağlamada ve istenen reolojik özelliklerin elde edilmesinde kritik bir öneme sahiptir (Wang vd.,2014).

Pektin, gıda endüstrisinde jelleştirici ve kıvam arttırıcı, stabilizatör ve reolojik özellikleri iyileştirme özellikleri açısından çok çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Jöleler, reçeller, meyve suları da dahil olmak üzere kendine özgü bir hidrofilik yapıya sahip olması nedeniyle gıda endüstrisinde pektin kullanımı yaygındır (Voragen vd., 2009).

İlaç sektöründe polisakkarit yapısı ve yüksek su tutma kapasitesi özelliklerinden kaynaklı bazı ilaçların bileşiminde pektin kullanılmaktadır. İnce bağırsağın fermentasyonu ve diğer sindirim araçları tarafından neredeyse tamamen parçalanmayarak diyet lifi olarak önemli bir rol oynamaktadır. Kandaki yüksek kolesterol seviyelerini düşürmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda, safra sistemi, plazmada yer alan glikoz miktarı ve ateroskleroz (damar sertliği) üzerinde olumlu açıdan etki etmektedir.

Su ile rahatlıkla etkileşime girmesinden kaynaklı obezite hastalarının tedavî süreçlerinde kullanılmaktadır (Silva vd., 2008). Pektinin gıda endüstrisinde kullanım yüzdeleri şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2. 5: Pektinin Gıda Endüstrisinde Kullanım Yüzdeleri

Kaynak: Glicksman, 1992; Sila ve Boukroufa, 2014; Bourgeois ve De Oliveira, 2013

Farmasötikte, pektin, kapsül ve tabletlere birleştirme etkisinden dolayı formülasyonlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Pektin, ilaçları daha etkin hale getirmek ve uygun şekilde salınımı için bir aktivatördür. Bu madde, ilaçların biyoyararlanımını artırıcı özelliği nedeniyle formülasyonda gereklidir (Yuan vd., 2017).

Kozmetik sektöründe, pektin cilt bakım ürünlerinde stabilizatör ve kıvam verici olarak kullanılmaktadır. Özellikle, nemlendirici kremler ve maskelerde pektinin varlığı, kremleri ve maskeleri ciltte emici hale getirir ve böylece pektin nem dengesini sağlayarak cilt korumasını sağlar. Bu ürünler, pektinin doğal ve güvenli bir madde olmasının yanı sıra, cilt üzerinde olumlu etkiler yaratmasından kaynaklanmaktadır (Ghanem ve De Moya, 2021).

Kullanım açısından, diyet takviyesinde, pektin prebiyotik olduğundan sindirim sağlığını artırmaya yardımcı olmaktadır. Pektin, insanların bağırsak florasındaki iyi bakterileri desteklediği için bağırsağın genel sağlığını iyileştirir.

Pektin, bu özellikleriyle, sağlıklı bir diyetin parçası olarak da değerlendirilmektedir (Roberfroid, 2007).

Biyomedikal uygulamalarda, pektin yaraların iyileşmesini uyarabilecek bir biyomateryal geliştirilmesi içinde kullanılan malzemelerdir. Çünkü pektin, yaranın iyileşmesine hız kazandıracak özelliklere sahiptir. Ayrıca, pektin temelli hidrojel sistemleri, doku mühendisliği uygulamalarında da kullanılmaktadır (Cheng, vd., 2015).

Pektin, metal iyonları ile girdiği reaksiyondan kaynaklı biyosorbent olarak kullanılabilir. Pektin içeren hidrojel yapılar da su içeren çözeltilerde kirlenmeye neden olan bileşenlerin temizlenmesi işleminde etkin bir şekilde rol oynamaktadır (Annadurai vd., 2003, Kumar vd., 2009).

Bunlara ek olarak pektin, biyobozunur filmlerin, yapıştırıcıların ve poliüretanların elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Mohnen, 2008, Freitas vd., 2020). Pektinler su ve yağ içeren emülsiyonlarda emülsiyonun yapısını koruyucu ve inceltme özelliğiyle kozmetik sanayi, kâğıt sanayi ve tekstil sanayinde sıklıkla tercih edilmektedir (Srivastava ve Malviya, 2011).

2.1.4. Pektin Ekstraksiyon Yöntemleri

Pektin ekstraksiyonu, bitkinin dokularından pektinin çıkartılması işlemidir. Ekstraksiyonla pektin, hücre duvarlarından ayrılacağı bir hale getirilir ve pektin gıda ve diğer endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir hale getirilmiş olur (Mohnen, 2008) Ekstraksiyonla uygulanan sıcaklık ve pH, ekstraksiyon sırasında elde edilen pektinin metil esterleşme derecesi ve jelleşme özellikleri için önemli derecede etkilidir (Dikty, 1995).

Meyve ve sebze atıklarından pektin çıkarma işlemleri, çeşitli pektinazları içeren birçok çözen, ekstraktant ve yöntemle gerçekleştirilir. Bu süreçlerin çoğunda genellikle aynı aşamalar bulunmaktadır.

İlk basamak, hammaddenin kurutulması ve öğütülmesi sürecidir. Bu aşamadan sonra ham madde karakterize edilir. Nem içeriği, kül içeriği ve partikül boyutu gibi özellikler belirlenir (Mardini vd., 2015). Ekstraksiyon işlemi sırasında genellikle asit çözeltisi, ekstraktant olarak kullanılmaktadır.

Ekstraktın süzülmesi ile pektin moleküllerinin serbest kalarak ayrışır. Elde edilen pektin, alkol ile çöktürülerek saflaştırılır çöktürme işleminden sonra alkol ile yıkanır. Son olarak, ekstrakte edilen pektinler kurutularak öğütülür ve karakterizasyon işlemleri yapılır. Pektin eldesindeki bu aşamalar, yüksek kalitede pektinin elde edilmesini sağlamaktadır (Huang vd., 2015).

Pektin ekstraksiyonunda farklı yöntemlerin kullanılması, pektin verimini ve kalitesini artırmayı hedeflemektedir. Ekstraksiyon sürecinde etkili olan sıcaklık, süre, pH ve ekstrakt türleri gibi değişkenler, kullanılan ham madde çeşidi ve partikülün boyutu gibi faktörler etkili olmaktadır. Bu değişkenler, elde edilecek pektinin kalitesini ve verimini önemli ölçüde etkilemektedirler (Alonso vd., 2016). Pektinin elde edilmesinde kullanılan klasik asit ekstraksiyonu bilinen ve uygulanan en yaygın ve eski ekstraksiyon yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, yüksek sıcaklık ve asidik sulu çözeltiler pektin moleküllerinin hücre duvarından kolayca ayrışmasını sağlayarak pektin eldesinde etkili olan bir yöntemdir. (Cai ve Corke, 2000).

Kimyasal asit ekstraksiyon yöntemi, pektin üretiminde basit ve yüksek verim elde edilme avantajları olan bir yöntemdir. Ancak bu avantajlarının yanı sıra, ekstraksiyon süresinin fazla olması, enerji tüketiminin fazlalığı ve oluşan atıklar çevre kirliliğine neden olabilmektedirler (Wang vd., 2015).

Bu neden, alternatif olarak farklı pektin ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar, çevre kirliliği az, kısa sürede gerçekleşen, enerji tüketimi az, kaliteli ve pektin veriminin fazla olduğu yöntemlerdir ve yeni yöntemler geliştirilmeye araştırmacılar tarafından devam edilmektedir (Sila vd., 2014). Alternatif olarak ultrason destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, kritik altı su ekstraksiyonu ve enzimatik ekstraksiyon yöntemlerini içeren çeşitli yöntemler pektin ekstraksiyonunda sıklıkla kullanılmaktadır (Zhao vd., 2015).

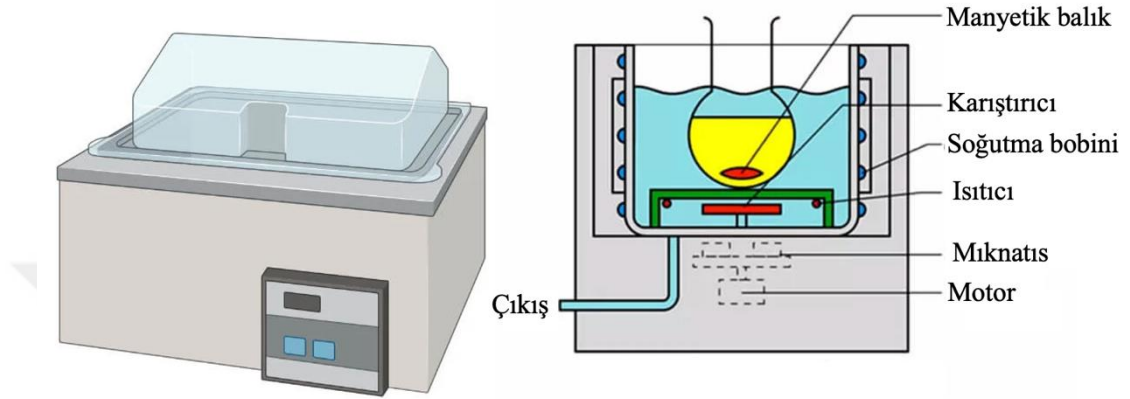
2.1.4.1 Kimyasal Asit Ekstraksiyonu

Kimyasal asit ekstraksiyonu, basit ve yüksek verime sahip olduğundan dolayı pektin üretiminde kullanılan yaygınlıkla kullanılan eski bir yöntemdir (Maran vd., 2013).

Bu yöntemde kullanılan çözücüler genellikle farklı konsantrasyonlardaki organik asitlerin; hidroklorik asit (HCl), sülfürik asit (H₂SO₄) ve nitrik asit (HNO₃), asetik asit (C₂H₄O₂), sitrik asit (C₆H₈O₇), tartarik asit (C₄H₆O₆) ve okzalik asit (C₂H₂O₄)

80-90°C sıcaklıklarında ve 1-3 saat arasında uzun sürelerde pektin ekstraksiyonu gerçekleştirilir (Pasandide vd., 2017, Naqash vd., 2017).

Kimyasal asit ekstraksiyonunda sıklıkla kullanılan çalkalama özellikli su banyosu cihazını Şekil 2.6'da yer almaktadır.



Şekil 2. 6: Kimyasal Asit Ekstraksiyonu İçin Çalkalama Özellikli Su Banyosu Cihazı
Kaynak: Labstac, 2023

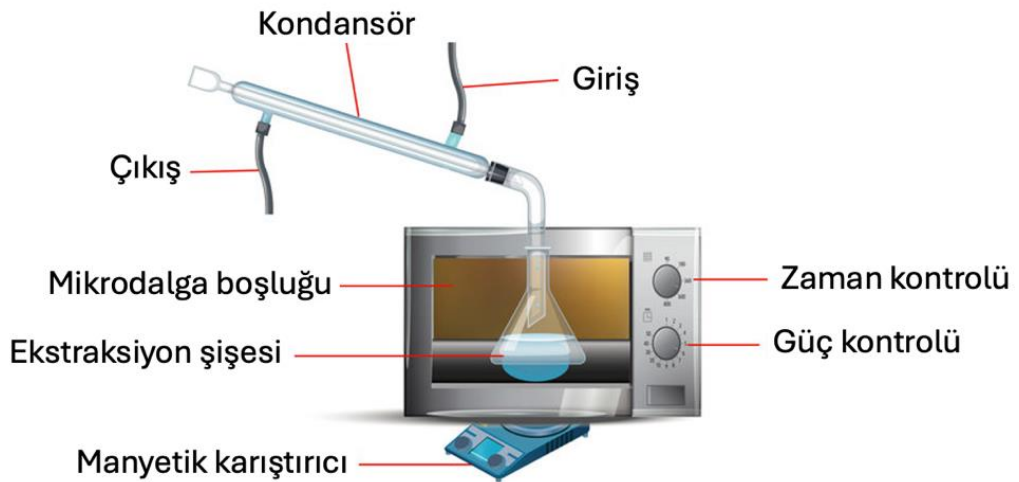
Bu yöntemin diğer tüm yöntemlere göre en büyük avantajı, yüksek verim ve büyük hacimlerde pektin eldesinin sağlanmasıdır. Bunların yanında dezavantaj olarak, ekstraksiyon süresinin uzunluğu, enerji tüketiminin fazla oluşu, ekstraksiyonda belirlenen parametrelerin pektin ekstraksiyonu ile beraber bazı bileşenlerin yapısını bozması ile elde edilecek pektinin kalitesini etkilemesi ve ekstraksiyon sonucu oluşan atıkların çevre kirliliğine neden olmasıdır (Adetunji vd., 2017, Naqash vd., 2017).

2.1.4.2 Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

Mikrodalga ışınları gıda maddelerinin kurutulmasını, oluşan atıkların ve yan ürünlerin işlenmesini ve mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlamaya yarayan kullanım alanlarına sahiptirler. Elektromanyetik alanda oluşan radyasyon çeşidi olan mikrodalga ışınları, radar ve radyo dalgaları arasında elektromanyetik spektrumda yer alırlar (Keleş, 2019). Mikrodalga destekli ekstraksiyon diğer ekstraksiyon yöntemlerine alternatif olarak geliştirilmiş, çevre kirliliğine az neden olan hacime bağlı uygulamalara alternatif olabilecek bir yöntemdir (Erdem ve Öztekin, 2007).

Mikrodalga fırınlar genellikle ısıtma uygularken frekansı genellikle 2450 MHz ve 600-700 W enerji tüketimi olarak değişiklik göstermektedir (Syeithajy, 2017). Bu enerjinin taşınmasını sağlayan dalgalar gıdaya doğrudan temas ederek absorpladığı enerjiyi ısı enerjisine dönüştürmektedir (Kingston ve Jassie, 1998). Mikrodalga ışınları, 1 nm-30 cm arasında dalga boylarına ve 300 MHz-300 GHz arasında frekansı değişiklik gösteren iyonize etmeyen elektro manyetik dalgalar ile üretilen ısı sayesinde hücre duvarını bozarak biyoaktif bileşen olan pektinin ekstrakte edilmesini sağlamaktadır (Marić vd., 2018, Keleş, 2019). Şekil 2.7’de mikrodalga destekli ekstraksiyon fırını verilmektedir.

Mikrodalga ışınları, frekansı değişiklik gösteren iyonize etmeyen elektro manyetik dalgalar ile üretilen ısı sayesinde hücre duvarını bozarak biyoaktif bileşen olan pektinin ekstrakte edilmesini sağlamaktadır (Marić vd., 2018, Keleş, 2019). Şekil 2.7’de mikrodalga destekli ekstraksiyon fırını verilmektedir.



Şekil 2. 7: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Fırını

Kaynak: Rajendran vd., 2022

Mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde, çözücü miktarının düşük olması, çözücünün homojen şekilde dağılarak ısı dağılımının elde edilmesi, düşük enerji tüketimi, kısa ekstraksiyon süresi ve bu duruma bağlı olarak yüksek verim gibi avantajlara sahiptir (Adetunji vd., 2017, Atalay vd., 2018, Mao vd., 2019).

Kimyasal asit ekstraksiyonunda, çözücü hacmi katı maddeye oranla yüksektir ve buna bağlı olarak yüksek verim elde edilse dahi mikrodalga destekli ekstraksiyon

yönteminde fazla miktarda çözücü kullanımı orantısız olmasından kaynaklı dolayı verim kayıpları meydana gelmektedir. Ekstraksiyonu etkileyen bir diğer parametre ise uygulama süresinde oluşan ısıdır. Süreye bağlı olarak ekstraksiyon ısısının yüksekliği çözücü ve katı madde birleşiminde yer alan kararlı bileşenlerin bozunmasına neden olabilmektedirler. Bu nedenlerle kararlı bileşenlerin ısı etkisinden kaynaklı zarar almaması için ekstraksiyon süresinin kısa olması önemlidir (Al-Harashsheh ve Kingman., 2004).

2.2. Aroma Bileşenleri

Aroma bileşenleri, uçucu ve yarı uçucu bileşenlerden oluşarak tat ve koku profillerini belirleyen kimyasal maddelerdir ve gıda maddelerinin organoleptik özelliklerini belirlerler (Schieberle ve Grosch, 2000). Aroma bileşenleri, doğrudan gıdanın kendisinden elde edilebileceği gibi, gıda işleme süreçlerindeki ısıtma ve fermantasyon basamakları gibi aşamalarda da oluşabilmektedirler (Wiley, 2013).

Kimyasal olarak, aroma bileşenlerinin yapısı gıdalarda tat ve koku ile ilişkili belirli gruplara bağlıdır. Örneğin, esterler tipik olarak meyvemsi bir kokuya sahipken, aldehitler yeşil ve taze bir kokuya sahiptir (Schieberle, 2006). Aroma bileşenleri, gıdanın kalitesini ve tazeliğini etkileyebilmektedir. Bu nedenle, gıda işleme ve saklama koşulları aroma bileşenlerinin korunması açısından oldukça önemlidir (Kleinschmidt ve Klotz, 2005).

Aroma vericiler, gıdanın içerisinde kullanımına izin verilen gıda katkı maddelerini ve/veya uçucu aromatik bileşenleri içermektedir. Bu bileşenler ürüne bağlı olarak tanımlanmaktadır (Bauer vd., 2008).

Gıdalarda aroma kullanılmasının birçok nedeni vardır. Bu nedenler, tat ve koku profillerini iyileştirmesinin yanı sıra gıda ürünlerinin kalitesini arttırmaktır. Ayrıca, aroma bileşenleri gıdanın organoleptik özelliklerini belirleyerek tüketici memnuniyetine hemen hemen direkt olarak katkıda bulunur (Hernández vd., 2015). Örneğin, bir gıdanın tatlı veya tuzlu olmasını belirlemek için kullanılan bütün bileşenleri aromalar meydana getirebilmektedir. Aroma bileşenleri, tüketicilerin gıdayı tüketimi sırasında hoş bir lezzet ve/veya koku ile bir araya gelmesine sağlayarak tercih edilebilirliği doğrudan etkiler (Cacot vd., 2017).

Aroma, aynı zamanda gıdaların raf ömrünü uzatmak açısından da önemlidir. Bazı doğal veya sentetik aromalar, mikrobiyal üremenin önüne geçebileceği gibi besinlerin bozulmasını geciktirmektedir (Baldwin vd., 2018). Bazı antioksidan kapasiteye sahip aromalar gıda ürünlerinde antioksidan özellikler göstererek, oksidatif bozulmayı önleyebilir ve bu sayede gıdaların bozulmasını engelleyerek tazeliğini korumaya yardımcı olmaktadır (Huang vd., 2020).

Ayrıca, aromalar üretici firmalar tarafından üretilen ürüne has marka kimliğini oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Tüketiciler, tanıdık ve hoş bir aroma ile ilişkilendirilmiş ürünleri tercih etme eğilimindedir. Bu durum, markaların tat ve koku profilleri geliştirmelerine neden olur ve rekabet avantajı sağlar (González vd., 2019).

Son olarak, gıda endüstrisindeki inovasyonlar, yeni aroma bileşenlerinin keşfi ve kullanımıyla doğrudan ilişkilidir. Gelişmiş analiz teknikleri, daha önce bilinmeyen aroma bileşenlerinin tanımlanmasını ve bu bileşenlerin gıdalarda kullanılmasını mümkün kılar. Bu durum, gıda ürünlerinin çeşitlendirilmesine ve tüketici taleplerine daha iyi yanıt verilmesine olanak tanır (Schieberle, 2015).

Gıda endüstrisinde aroma bileşenleri, ürünlerin kalitesini ve tüketici deneyimini artırmak amacıyla çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Aroma bileşenleri gıda işleme sürecinde önemli bir rol oynar. Meyve suyu, reçel ve jöle gibi ürünlerin üretiminde, doğal veya sentetik aromalar kullanılarak tat ve koku profillerinin zenginleştirilmesi sağlanmaktadır (López-Rubio vd., 2013). Ayrıca, ısıtma, fermentasyon ve diğer işleme teknikleri, yeni aroma bileşenlerinin oluşumunu teşvik ederek gıdaların organoleptik özelliklerini zenginleştirir (Baldwin vd., 2018).

Aroma bileşenleri, gıda ürünlerinin kabul edilebilirliğini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Meyve aromaları tatlı gıdalarda tercih edilirken, baharatlı aromalar tuzlu gıdalarda tercih edilmektedir (González vd., 2019). Aroma bileşenleri ayrıca gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmada bazı bileşenlerin sayesinde (timol, kavrakrol, eugenol vb.) antibakteriyel ve antifungal özellikler göstererek mikroorganizmaların büyümesini inhibe ederek gıdaların bozulma süresini uzatır (Hernández vd., 2015).

Son olarak, sağlık bilincinin artmasıyla birlikte, düşük kalorili veya doğal ürünlerde aroma bileşenleri, tüketici tarafından bilinen tat profillerini korumak için kullanılmaktadır ve tüketicilere sunulan sağlıklı alternatifler haline gelmiştir (Khan vd., 2020).

Aroma vericiler doğal aroma vericiler ve doğala özdeş aroma vericiler iki ana kategoriye ayrılır. Bu iki kategori, gıda endüstrisinde farklı kullanım alanlarına ve özelliklere sahip karmaşık yapıları oluşturmaktadır (Hernández vd., 2015).

2.2.1. Doğal Aroma Vericiler

Doğal aroma vericiler, bitkisel, hayvansal veya mikrobiyal kaynaklardan elde edilen bileşenlerdir ve gıdaya özgün tat ve koku katmak amacıyla kullanılmaktadır. Bunlar, genellikle daha sağlıklı ve doğal bir alternatif arayan tüketiciler arasında daha fazla talep görmektedir (Hernández vd., 2015).

Bitkisel doğal aromalar, meyve, sebze, baharat ve otlardan elde edilen bileşenleri içerebilir. Nane yağı ve mentol yüksek konsantrasyonlarda ferahlatan bir etki yarattığı bir aromaya sahipken, tarçın sıcak ve tatlı bir aromaya sahip bileşenlerdir (Buchbauer, 2017).

Hayvansal aroma vericiler, et, süt ve diğer hayvansal ürünlerden üretilerek et ve süt özleri olarak gıda ürünlerinde kullanılır. Örneğin, peynir üretiminde oluşan aroma bileşenleri, peynire karakteristik tadını veren bileşiklerdir (López vd., 2016). Mikrobiyal aroma vericiler, fermentasyon süreçleri sırasında meydana gelen doğal bileşenlerdir. Mayalar şarap ve bira üretiminde kullanılarak fermantasyon sırasında belirli aroma bileşenlerini oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır (Cato vd., 2017).

Doğal aroma vericilerin en büyük avantajlarından biri, tüketiciler tarafından doğala yönelimin artmasıyla birlikte daha fazla tercih edilmesidir. Tüketiciler, doğal bileşenlerin kullanıldığı ürünlere yönelmekte ve kimyasal katkı maddelerinden uzak durmayı tercih etmektedir. Örneğin, bazı bitkisel aromalar (adaçayı, anason, defne yaprağı vb.) antioksidan özellikler gösterebilir (Hernández vd., 2015).

Sonuç olarak, doğal aroma vericiler gıda endüstrisinde tat ve koku profillerini geliştirmek için önemli bir rol oynamakta ve çeşitlilikleri ile sağladıkları doğal özellikler sayesinde gıda üretiminde tercih edilmelerinin başlıca sebepleri arasında yer almaktadır (Hernández vd., 2015).

2.2.2. Doğala Özdeş Aroma Vericiler

Doğala özdeş aroma vericiler, gıda endüstrisinde aroma bileşenlerinin kimyasal sentezi ile elde edilen tat ve koku özelliklerini sağlayan bileşenlerdir. Doğal kaynaklardan elde edilen aroma bileşenleriyle benzerlik gösterse de kimyasal olarak sentezlendiğinden doğal aromalara kıyasla maliyetleri düşüktür (Schieberle ve Grosch, 2000).

Bu aroma vericiler, gıda üretiminde kullanılan birçok bileşeni kapsamaktadır. Doğal vanilya, vanilya çekirdeklerinden elde edilirken, doğala özdeş vanilya, guaikol veya lignin gibi bileşenlerden sentezlenebilir. Sentetik vanilin, tatlılar, çikolatalar ve içeceklerde yaygın olarak kullanılmaktadır ve sentez maliyetlerinin düşük olmasından kaynaklı doğal aroma vericilere kıyasla maliyetleri çok daha düşüktür (Hernández vd., 2015). Ayrıca, doğala özdeş aroma vericiler, meyve, baharat ve diğer bitkisel kaynaklardan elde edilen bileşenlerin de sentezlenmesini içerir. Limon ve portakal aromaları, kimyasal olarak elde edilebilir ve gıda ürünlerinde ferahlatıcı bir tat elde etmek amacıyla kullanılabilir (López vd., 2016).

Tüketici eğilimleri de doğala özdeş aroma vericilerinin kullanımını etkilemektedir. Günümüzde, birçok tüketici doğal ve sağlıklı ürünlere yönelerek gıda üreticilerini daha doğal içerik kullanmaya teşvik etmektedir. Ancak, doğala özdeş aroma vericilerinin de sağlık açısından güvenli ve etkili olduğu kanıtlandığı takdirde bu tür bileşenlerin kullanımı yaygınlık kazanmaktadır (Hernández vd., 2015).

Tüketicilerin doğal içeriklere ilişkin etiketleme hakkındaki talepleri, gıda endüstrisinde üreticileri artan şekilde gıda maddelerine doğal bileşenlerin yanı sıra doğala özdeş aroma vericilerini de kullanmaya yöneltmektedir (Hernández vd., 2015). Bu nedenle, doğala özdeş aroma vericileri, gıda endüstrisinde tat ve koku bileşimlerini artırma maliyetini ve mükemmel tadı nedeniyle popülerdir. Bununla birlikte, doğala özdeş aroma vericilerin kullanımı, tüketici talepleri ve sağlık bilincine bağlı olarak yasal sınırlamalar içinde olacaktır (López vd., 2016).

2.2.3. Çilek Aroması

Çileğin aroması genetik çeşitliliğe, olgunluk durumuna ve depolama koşulları bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genetik faktörler, çileklerin türleri arasında önemli farklılıklar yaratarak bazı çilek çeşitlerinin yüksek uçucu ester konsantrasyonları meydana gelirken bazı çilek çeşitlerinde metil esterler gibi farklı bileşenler meydana

gelmektedir. 'Configra' ve 'Chandler' gibi çeşitler, yüksek etil ester meydana getirirken, 'Hokowase' ve 'Kent' gibi çeşitler metil esterleri meydana getirmeye daha yatkındır (Larsen ve Poll, 1992).

Olgunlaşma süreci, çilek aromasının profilini etkilemektedir. Tam olgunlaşma, genellikle meyvenin renk değişimi ile paralel olur ve bu süreçte uçucu bileşiklerin konsantrasyonunda beş kat artış meydana gelebilmektedir (Sanz vd., 1995). Olgunlaşmanın yanı sıra, sıcaklık da önemli rol oynayarak bazı aroma bileşenlerinin oluşumunu teşvik ederken, uygun olmayan koşullar meyvenin kalitesini olumsuz etkileyebilir (Schreier, 1980). Örneğin, tam olgun çileklerin 15 °C'de saklanması, uçucu bileşenlerde yedi kat bir artış meydana getirebilmektedir (Pérez vd., 1992).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, organik tarım yöntemlerinin ve post-harvest uygulamalarının çilek aroması üzerindeki etkilerini incelemektedir. Düşük sıcaklık ve kontrollü atmosfer koşulları altında, çileklerin aroma bileşenlerini koruma kapasitesini artırarak ve tüketici memnuniyetini arttırmaktadır (Ali vd., 2023). Ayrıca, tüketici tercihleri üzerine yapılan araştırmalarda doğal ve organik ürünlere yönelik talebin arttığı görülmektedir. Bu durum, çileklerin pazarlama stratejilerini de etkileyerek, üreticilerin doğal ve organik çeşitlere yönelmesine neden olmaktadır (Yılmaz ve Çelik, 2024).

Çilek aroması, gıda endüstrisinde doğal tat ve koku sağlayan önemli bir aroma karakteridir. Çilek hem besleyici hem de lezzetli bir meyve olarak bilinirken, aroması da çeşitli ürünlerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çilek aromasının kimyasal bileşimi, genellikle esterler, alkol ve aldehitlerden oluşur. Bu bileşenler, çileğin karakteristik tat ve koku profilini oluşturmaktadır. Özellikle etil bütirat ve etil heksanoat gibi esterler, çileğin tatlı ve ferahlatıcı kokusunu sağlarken, 2-metil bütirat gibi bileşenler de aromaya asidik karakter kazandırmaya yardımcı olmaktadır (Acree ve Huntsman, 2006).

Çilek aroması, özellikle şekerlemeler, içecekler, yoğurtlar ve tatlılar gibi gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, meyveli yoğurt ve süt ürünlerinde çilek aromasının kullanımı, bu ürünlere çekici bir tat ve koku sağlarken, tüketicilerin sağlıklı ve doğal içeriklere olan taleplerini de karşılamaktadır (Janiaski vd., 2016). Ayrıca, çilek aromasının sunduğu lezzet, çeşitli tatlılar ve pastalarda da önemli bir rol oynamaktadır (Amiot vd., 2003).

Çilek aromasının doğal ve sağlıklı bir alternatif olarak tercih edilmesi, gıda üreticilerinde bu aromayı kullanma gereği oluşturmaktadır. Bu durum, çilek aromasının gıda endüstrisindeki önemini artırmaktadır. Çilek aromasının sağladığı lezzet profili hem tat hem de koku açısından tüketicilerin beğenisini kazanırken gıda ürünlerinin kalitesini de artırmaktadır (Janiaski vd., 2016).

Çilek aromasının kimyasal bileşimi, meyvenin karakteristik tat ve koku profiline katkıda bulunan çeşitli bileşenlerin karmaşık bir kombinasyonunu içerir. Çileğin yapısında bulunan uçucu bileşenler, genellikle esterler, aldehitler, alkol ve terpenler gibi uçucu bileşenler yer almaktadır. Bu bileşenlerin başında etil bütirat gelir. Etil bütirat, tatlı ve meyvemsi bir koku karakteri sağlarken, meyvenin tazeliğini de vermektedir (Acree ve Huntsman, 2006).

Aldehitler de çilek aromasının önemli bileşenleridir. Özellikle benzaldehit ve hexanal gibi aldehitler, çileğin kokusuna doğrudan etki eder. Furfural ise, çileğin olgunlaşması sırasında oluşan bir fenilalanin türevidir ve tatlı, karamelize bir aroma sunmaktadır (Janiaski vd., 2016).

Çilek aromasını oluşturan diğer önemli esterler arasında metil butirat, etil hekzanoat ve metil asetat bulunur. Metil butirat, çileklerin lezzetini arttırırken, etil hekzanoat meyveye olgunlaşmış tat vermektedir. Bu bileşenlerin bir araya gelmesiyle çilek aromaları oluşmaktadır (Köksal vd., 2011). Tablo 2.2'de çilek aroma vericilerinde bulunan bazı aroma bileşiklerinin özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2. 2: Çilek Aroma Vericisi İçerisinde Bulunan Bazı Aroma Bileşikleri

Aroma Bileşikleri	CAS Numarası	Moleküler Ağırlık (g/mol)	Moleküler Formül	Koku ve Tat Tanımı
2-Fenil etanol	60-12-8	122	C ₈ H ₁₀ O	Çiçeksi, Tatlı, Meyveli
2-Metil Butirik Asit	116-53-0	102	C ₅ H ₁₀ O ₂	Meyveli, Asidik, Peynirimsi
2-Metil İso-bütirat	100-51-6	116	C ₆ H ₁₄ O ₂	Meyveli, Tatlı, Tropikal
2,3-Butandiol	513-85-9	90	C ₄ H ₁₀ O ₂	Tatlı, Kremesi, Hafif
3-Heksanon	589-98-0	100	C ₆ H ₁₂ O	Meyveli, Yağlı, Taze
3-İzoamil Asetat	123-92-2	130	C ₇ H ₁₄ O ₂	Meyveli, Tatlı, Tropikal
3-Metil Butanol	123-51-3	74	C ₅ H ₁₄ O	Meyveli, Hafif, Taze
3-Metil-1-butanol	123-51-3	74	C ₅ H ₁₄ O	Meyveli, Hafif, Taze
4-Hidroksibenzaldehit	123-08-0	138	C ₇ H ₆ O ₃	Tatlı, Karamel, Hafif
Benzaldehit	100-52-7	106	C ₇ H ₆ O	Tatlı, Bademsi, Çiçeksi
Butirik Asit	107-92-6	88	C ₄ H ₈ O ₂	Asidik, Ekşi, Tereyağı
Cis-3-Hekzanol	928-96-1	100	C ₆ H ₁₂ O	Taze, Yeşil, Ham
Gama Undekalakton	104-67-6	170	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Karamel, Tatlı, Meyveli
Etil 2-Metil Butirat	7452-79-1	130	C ₇ H ₁₄ O ₂	Meyveli, Tropikal, Taze
Etil Asetat	141-78-6	88	C ₄ H ₈ O ₂	Meyveli, Tatlı, Kırmızı
Etil Butirat	105-54-4	116	C ₆ H ₁₂ O ₂	Meyveli, Tatlı, Taze
Furanol	3658-77-3	128	C ₆ H ₈ O ₃	Tatlı, Karamel, Meyveli
Gamma Dekalakton	706-14-9	170	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Meyveli, Krema, Tatlı
Heksanoik Asit	142-62-1	116	C ₆ H ₁₂ O ₂	Meyveli, Yağlı, Ekşi
Limonen	5989-54-8	136	C ₁₀ H ₁₆	Terpenik, Yeşil, Bitkisel
Metil Sinamat	103-26-4	162	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	Çilek, Tatlı, Meyveli

Kaynak: Yan vd., 2018

Çilek aroması, ayrıca doğal ve yapay kaynaklardan elde edilebilen uçucu terpen bileşiklerini içermektedir. Limonen ve linalool gibi terpenler, çileğin taze ve ferahlatıcı kokusunu artırırken, aromanın genel dengesi üzerinde olumlu bir etki yaratır. Bu bileşenler, özellikle çilek aromasıyla yapılan gıda ürünlerinin kalitesini artırmakta önemli bir rol oynarlar (Burdock, 2010).

Bu bileşenler, çileğin karakteristik tat ve kokusunu oluşturarak, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasını neden olmaktadır. Çilek aromasının bu çeşitliliği hem doğal hem de işlenmiş gıda ürünlerinde sıklıkla kullanılmasının başlıca nedenlerinden biridir (Janiaski vd., 2016; Köksal vd., 2011).

2.3. Şekerleme Ürünleri

Türk Gıda Kodeksinde şekerleme ürünleri, tatlı bir lezzete sahip olup genellikle şeker ve/veya tatlandırıcı içeren gıda maddeleridir. Bu ürünler, sakkaroz, glikoz, fruktoz gibi yüksek oranda tatlandırıcılar ile birlikte nişasta, yağlar ve çeşitli gıda katkı maddeleri (örneğin, renklendiriciler, koruyucular, aromalar) kullanılarak hazırlanmaktadır (Dorn vd., 2015). Şekerleme ürünleri, sert şekerler, yumuşak şekerler, çikolata ve çikolata ürünleri, drajeler ve sakız gibi birçok çeşit bulunmaktadır (Manjula ve Suneetha, 2014). Genellikle yüksek kalori içeren bu gıdaların besin değerleri düşüktür ve aşırı tüketimleri obezite gibi sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Larsson vd., 2006; Goran vd., 2013). Son yıllarda, bazı şekerleme ürünlerine probiyotik ve prebiyotik gibi fonksiyonel bileşenler eklenerek bunun önüne geçilmek amaçlanmıştır (Das vd., 2016). Tüketim amacı genellikle atıştırmalık veya eğlence olan şekerleme ürünleri, özel üretim süreçleri gerektiren bir endüstride yer alarak çocuklar için vazgeçilmezdir (McCluskey vd., 2015).

Sert şekerler, genellikle yüksek sıcaklıkta eritilmiş şeker karışımının soğutulması ile elde edilen, yoğun ve gevrek bir yapıya sahip tatlılardır (Hartel vd., 2018). Bu tür şekerler, genellikle çeşitli aromalar ve renkler eklenerek hazırlanır ve ağızda eriyen bir yapıya sahiptir (Manjula ve Suneetha, 2014). Yumuşak şekerler ise daha düşük sıcaklıklarda pişirilir ve jel benzeri bir kıvama sahip olan tatlılardır; bu tür şekerler, genellikle jöle benzeri bir doku sunar ve sıkça meyve aromalarıyla tatlandırılır (Das vd., 2016).

Çikolata, kakao ve şekerin karıştırılmasıyla elde edilen bir tatlıdır. Temperleme işlemi ile düzgün bir yapı sağlanarak genellikle dolgu maddeleri ile birlikte kullanılır (Schwartz vd., 2017). Drajeler, iç kısmı tatlı olan ve dış yüzeyi genellikle şeker veya çikolata ile kaplanmış ürünlerdir. Bu kaplama, drajenin korunmasını sağlayarak estetik bir görünüm kazandırır (Hinkova vd., 2015). Sakız, çiğneme özelliği ile bilinen, genellikle şeker veya tatlandırıcı içeren bir tatlıdır ve çeşitli aromalarla zenginleştirilir (Grembecka, 2015).

Jelatinli şekerler ise, jelatin ve şekerin karıştırılmasıyla elde edilen, yumuşak ve elastik bir yapıya sahip tatlılardır. Genellikle meyveli aromalar kullanılmaktadır. Bu şekerleme türleri, tatlı atıştırılabilirlikler olarak tüketilmekte ve geniş bir kitleye hitap etmektedir (Pogorzelska-Nowicka vd., 2018). Tablo 2.3'te şekerleme ürünlerinde uygulanan sıcaklık parametreleri yer almaktadır.

Tablo 2. 3: Şekerleme Ürünlerinde Uygulanan Sıcaklık Parametreleri

Şekerleme Ürünü	Uygulanan Sıcaklık (°C)	Açıklama
Sert Şekerler	150 - 170	Şekerin eritilmesi ve karamelizasyonu için gerekli sıcaklık.
Yumuşak Şekerler	100 - 120	Şeker ve diğer bileşenlerin karıştırılması ve pişirilmesi için uygun sıcaklık.
Çikolata	30 - 40	Çikolatanın temperleme işlemi için gereken sıcaklık.
Drajeler	50 - 80	Kaplama işlemi sırasında kullanılan sıcaklık.
Sakız	60 - 80	Şeker ve aromaların birleştirilmesi için gerekli sıcaklık.

Kaynak: Hartel vd., 2018

2.3.1. Şekerleme Ürünlerinde Aromaların Kullanımı

Şekerleme ürünlerinde aromaların kullanımı, birkaç önemli nedene dayanmaktadır. İlk olarak, aromalar, şekerleme ürünlerinin tat profilini zenginleştirerek tüketici tarafından tercih edilebilirliğini arttırmaktadır. Örneğin, meyve, çikolata ve vanilya aromaları, ürünlerin lezzetini belirgin bir şekilde değiştirerek iyileştirmektedir.

Bu durum, tüketicilerin ürünlere olan ilgisini artırarak daha fazla tercih edilmelerini sağlamaktadır (Kumar & Singh, 2021). İkinci olarak, farklı aromalar, üreticilere geniş bir ürün çeşitliliği sunmaktadır. Bu çeşitlilik, tüketicilerin farklı tatlara olan taleplerini karşılayarak, pazarda daha fazla seçenek sunmaya yardımcı olmaktadır (Viuda-Martos vd., 2010). Ayrıca, yenilikçi aroma kombinasyonları, şekerleme markalarının pazarda öne çıkmasına yardımcı olmaktadır. Tüketicilerin ilgisini çekmek için farklı aroma kullanımları, markaların rekabet avantajı sağlamasına yol açmaktadır (Çetin, 2020). Aromaların aynı zamanda kültürel ve geleneksel tatları yansıtmaya özellikleri bulunmaktadır. Belirli aromalar, yerel tatları temsil ederek tüketici bağlılığını artırır ve geleneksel tatların korunması, markaların kimliğini desteklemeye katkı sağlamaktadır (FAO, 2022).

Şekerleme endüstrisinde aromaların kullanımı, tat ve koku sağlarken ürün çeşitliliğine, rekabet avantajına ve kültürel bağlamlara kadar geniş bir çeşitlilik sunan unsurları içermektedir. Şekerleme ürünlerinde yaygın olarak kullanılan aroma karakterleri;

- **Çilek Aroması:** Çilek aroması, şekerlemelere tatlı ve meyvemsi bir karakter kazandırmaktadır. Doğal çilek özleri veya kimyasal olarak sentezlenmiş bileşenlerden elde edilmektedir. Çilek aroması, genellikle beğenilen bir tat profili olmasından kaynaklı popülerdir (Cacace & Mazza, 2003).

Kullanım: Şekerlemelerde, jelatinlerde ve çikolatalarda yaygın olarak kullanılır. Çilek aroması, tatlı ve ferahlatıcı özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (Jolivet ve Boissard, 2001).

- **Portakal Aroması:** Portakal aroması, narenciye tadı ve ferahlık sağlamaktadır. Genellikle portakal yağı veya özlerinden elde edilmektedir. Şekerlemelerde, portakal aroması tatlılık ve tazelik katmak için kullanılmaktadır (Hough, 1991).

Kullanım: Şekerleme ürünlerinde, draje ve jölelerde kullanılır. Portakal aroması, tatlı ürünlere taze ve tatlı özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (Burdock, 2004).

- **Limon Aroması:** Limon aroması, asidik ve ferahlatıcı bir tat sağlamaktadır. Limon kabuğu yağı veya limon özlerinden elde edilmektedir. Şekerlemelerde taze bir tat ve hafif bir asitlik sağlamaktadır (Tressl ve Ternes, 1991).

Kullanım: Şekerleme ürünlerinde, jöleler ve tatlılarda kullanılmaktadır. Limon aroması, ürünlere tazelik ve ferah özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (Wyllie ve Wyllie, 2003).

- **Elma Aroması:** Elma aroması, tatlı ve hafif asidik bir tat sağlamaktadır. Genellikle elma özleri veya kimyasal olarak sentezlenmiş bileşenlerden elde edilmektedir (Grosch, 1993).

Kullanım: Şekerleme ürünlerinde, özellikle elma şekerleri ve jölelerde kullanılmaktadır. Elma aroması, tatlı ve meyvemsi özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (Burdock, 2004).

- **Üzüm Aroması:** Üzüm aroması, meyvemsi ve hafif tatlı bir tat sağlamaktadır. Genellikle üzüm özleri veya kimyasal olarak sentezlenmiş bileşenlerden elde edilmektedir (Carmichael vd., 1994).

Kullanım: Şekerleme ürünlerinde, draje ve jölelerde kullanılmaktadır. Üzüm aroması, tatlı ve meyvemsi özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (D'Antuono vd., 2005).

- **Tarçın Aroması:** Tarçın, şekerlemelere sıcak ve baharatlı bir tat sağlamaktadır. Genellikle tarçın yağı veya özlerinden elde edilmektedir. Tarçın aroması, özellikle kış aylarında popülerdir (Liaw, 2003).

Kullanımı: Tarçın, şekerleme ürünlerinde, çikolatalar ve keklerde sıklıkla kullanılmaktadır. Aynı zamanda, tarçın aromalı sakızlar ve şekerlemeler de yaygın olarak tüketilmektedir. Baharat özelliklerinde gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (Liaw, 2003).

- **Zencefil Aroması:** Zencefil, baharatlı ve hafif tatlı bir tat sağlamaktadır. Zencefil yağı veya özlerinden elde edilmektedir. Şekerlemelerde zencefil, sıcak ve egzotik özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (Thompson, 2004).

Kullanımı: Zencefil, kurabiyelerde, şekerlemelerde ve çikolatalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Zencefilin kendine has tadı, ürünlere farklı bir tat katarken, aynı zamanda sağlık yararlarıyla ilişkilendirilmesi nedeniyle de tüketicilerin ilgisini çekmektedir (Thompson, 2004).

- **Nane Aroması:** Nane, serinletici ve ferahlatıcı bir tat sağlamaktadır. Doğal nane yağı veya özlerinden elde edilmektedir. Şekerlemelerde, nane aroması ferahlatıcı özellikte gıdanın tüketimine katkı sağlamaktadır (McDaniel, 2003).

Kullanımı: Nane, şekerlemelerde, sakızlarda, çikolatalarda ve içeceklerde tazeleyici ve ferahlatıcı etkisiyle tüketicilerin ilgisini çekerek sıklıkla kullanılmaktadır (Sweeney ve Jolly, 2008; Choi ve Lee, 2016).

2.3.2. Şeker Üretim Prosesi ve Proses Aşamalarında Aroma Bileşenlerinde Meydana Gelen Değişimler

Sert şeker üretim süreci, şekerin fiziksel ve kimyasal değişimini içeren bir dizi aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, ham madde hazırlığıdır. Şeker kamışı ve şeker pancarının işlenmesi sırasında, bitkisel kaynaklı aroma bileşenlerinin bir kısmı kaybolabilmektedir. Özellikle, yüksek sıcaklık ve buharlaşma işlemleri sırasında, uçucu bileşenlerin kaybı meydana gelmektedir. Bu durum, şekerin karakteristik aromasını olumsuz yönde etkileyebilir ve genel lezzet profilini etkileyerek değiştirebilmektedir (Haug, 2011).

Sert şeker hazırlanırken, beyaz şeker (sakkaroz), su, aroma ve renklendiriciler kullanılmaktadır (Hartel vd., 2018). Şeker ve su karışımı, büyük bir kazan veya eritme ünitesinde yüksek sıcaklıkta (150-170 °C) ısıtılarak bu aşamada sürekli karıştırma yapılması sağlanır ve böylece şeker tamamen çözülecek homojen bir şeker şurubu elde edilmektedir (Manjula ve Suneetha, 2014). Şekerin kaynatılması ve buharlaştırılması sırasında, özellikle 100 °C üzerindeki sıcaklıklar, bazı aroma bileşenlerinin bozulmasına neden olabilmektedir. Şeker çözeltisindeki uçucu bileşenlerin kaybolması, bu aşamanın en önemli sorunlarından birisidir. Özellikle düşük kaynama noktasına sahip bileşenler, bu süreçte hızla gıdadan uzaklaşabilmektedir (Klink ve Schoen, 2001).

Elde edilen şeker şurubu, ardından karamelizasyon aşaması için sıcaklık artırılarak şekerin rengi kahverengiye dönmesiyle karakteristik bir tat oluşmaktadır. Karamelizasyon süresi, istenen tat ve renk özelliklerine bağlı olarak değişmekte ve genellikle 10-20 dakika sürmektedir (Schwartz vd., 2017).

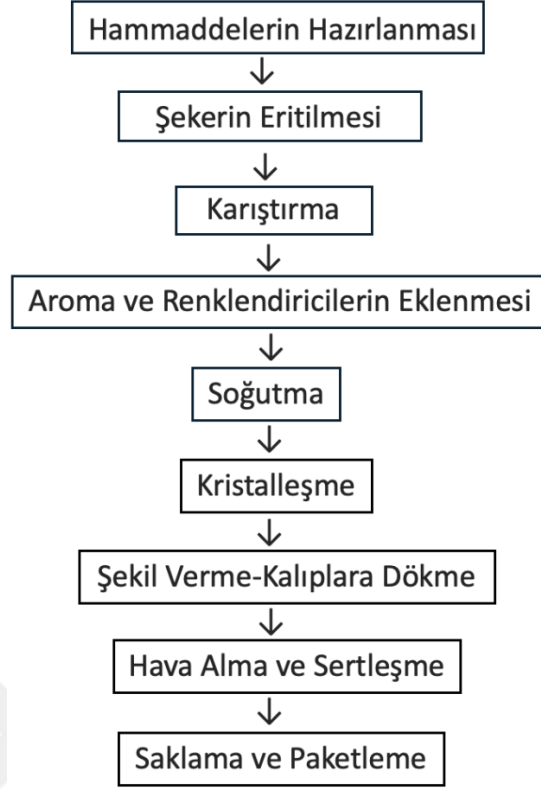
Karamelizasyonun ardından, aroma bileşenleri ve renklendiriciler eklenmektedir. Bu aşama, sert şekerin tat ve görünümünü etkileyen önemli bir adımdır. Kullanılan

aromalar doğal veya doğala özdeş olabildiği gibi çeşitli meyve tatlarını içermektedir (Hinkova vd., 2015). Sonrasında, karışım belirli bir sıcaklık aralığında (80-100 °C) soğutulmaktadır. Soğuma işlemi sırasında şekerin kristalleşmesi sağlanarak soğuma hızı ve sıcaklığı, şekerin dokusunu ve sertliğini etkilemektedir. Kristalleşme işlemi, ürünün son yapısının kalitesini belirler ve genellikle 5-10 dakika sürmektedir (Manjula ve Suneetha, 2014).

Şeker kristalleşmesi aşamasında, kimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. Maillard reaksiyonu gibi reaksiyonlar, şekerin ve amino asitlerin reaksiyonuyla yeni aroma bileşenlerinin oluşumuna yol açabilmektedir. Bu durum, özellikle karamelleşme süreçlerinde sıcaklığın artmasıyla belirgin hale gelerek yeni ve farklı aroma profilleri ortaya çıkarabilmektedir. Bu durum, şekerin lezzetini zenginleştirirken, istenmeyen yan ürünlerin de oluşmasına neden olabilmektedir (Haug, 2011).

Soğutma işlemi tamamlandıktan sonra, karışım kalıplara dökülerek şekil verilmektedir. Kalıplama işlemi, sert şekerlerin farklı formlarını (örneğin, damla, çubuk veya kalp) elde etmek için kullanılmaktadır. Şekerler kalıplara döküldükten sonra, tamamen sertleşmeleri için hava almasına izin verilerek şekerlerin içindeki nemin buharlaşması sağlanarak sertliği artırılır. Sertleşme süresi genellikle 1-2 saat sürmektedir (Das vd., 2016).

Son aşamada, sert şekerler uygun koşullarda saklanır ve paketleme işlemi yapılarak tüketime hazır hale getirilmektedir. Saklama koşulları, ürünlerin nemden uzak tutulmasını gerektirirken şekerlerin raf ömrünü uzatmaktadır. Paketleme, genellikle hava geçirmeyen ambalajlar kullanılarak yapılır ve bu sayede ürünlerin tazeliği ve kalitesinin korunması sağlanmaktadır. Tüm bu aşamalar, sert şekerin kalitesini, lezzetini ve tüketiciye sunumunu etkileyen önemli kriterlerdir (Hartel vd., 2018). Şeker üretimi akış şeması Şekil 2.8'de yer almaktadır.



Şekil 2. 8: Sert Şert Üretimi Akış Şeması

Kaynak: Hartel vd., 2018; Manjula ve Suneetha, 2014; Schwartz vd., 2017; Hinkova vd., 2015; Das vd., 2016

Şekerli özütün kaynatılması ve buharlaştırılması sırasında, yüksek sıcaklık (100 °C), bazı aroma bileşenlerinin bozulmasına neden olabilir. Şeker çözeltisindeki uçucu bileşenlerin kaybolması, ısıl işlemin en önemli sorunlarından biridir. Özellikle düşük kaynama noktasına sahip bileşenler, bu süreçte hızla uçabilir (Klink ve Schoen, 2001).

Şeker kristalleşmesi aşamasında, kimyasal reaksiyonlar da meydana gelebilmektedir. Maillard reaksiyonu gibi reaksiyonlar, şekerin ve amino asitlerin etkileşimiyle yeni aroma bileşenlerinin oluşmasına yol açabilir. Bu durum, özellikle karamelleşme sürecinde belirgin hale gelmektedir. Çünkü sıcaklık arttıkça, yeni ve farklı aroma profilleri ortaya çıkabilir. Bu durum, şekerin lezzetini zenginleştirirken, istenmeyen yan ürünlerin de oluşmasına neden olabilir (Haug, 2011).

Temizleme aşamasında, şeker çözeltisindeki bazı aroma bileşenleri kimyasal maddeler ve filtrasyon yöntemleri aracılığıyla uzaklaştırılabilir. Bu işlemler,

genellikle ürünün saflığını artırmayı amaçlar, ancak bazı değerli aroma bileşenlerinin de kaybına yol açabilir. Bu da son ürünün aroma profilini etkileyerek, tüketici algısını olumsuz yönde etkileyebilir (Klink ve Schoen, 2001).

Kurutma ve kristalleşme işlemleri, aroma bileşenleri üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Kristalleşme süreci, bazı aroma bileşenlerinin çözeltiden ayrılmasına veya kristallere entegre edilmesine yol açabilir. Kurutma işlemi ise, özellikle sıcaklık ve hava akışı koşullarına bağlı olarak, uçucu bileşenlerin kaybını artırabilir. Bu aşamada, düşük sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemleri, aroma kaybını minimize etmek için tercih edilebilir (Haug, 2011).

2.3.3. Aroma Bileşenlerinin Stabilesinin Sağlanması İçin Uygulanan Yöntemler

Aroma bileşenlerinin stabilesi, gıda ürünlerinin kalitesi ve lezzeti açısından kritik bir öneme sahiptir (Frank ve Stoeckel, 2002). Bu bileşenler, gıdaların tüketici tarafından algılanan tat ve koku profillerini oluşturmaktadır (McClements ve Decker, 2000).

Ancak, çeşitli çevresel etkenler ve kimyasal reaksiyonlar, bu aroma bileşenlerinin zamanla bozulmasına yol açabilmektedir (Rufian-Henares ve Morales, 2011). Bu durumu önlemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Barker ve Haeussler, 2012; Pérez-Gago ve Kester, 2009).

İlk olarak, saklama koşulları aroma bileşenlerinin stabilesinde önemli bir faktördür. Işık, sıcaklık ve nem gibi çevresel etkenler, aroma bileşenlerinin oksidasyonunu hızlandırabileceğinden uygun saklama koşullarının sağlanması, aroma bileşenlerinin bozulmasını önlemek için kritik bir öneme sahiptir. Gıdaların serin, karanlık ve kuru ortamlarda saklanması, bu bileşenlerin raf ömrünü uzatırken aroma kalitesinin de korunmasına yardımcı olmaktadır (Frank ve Stoeckel, 2002).

Bir diğer etkili yöntem mikro enkapsülasyon işlemidir. Bu yöntemde, aroma bileşenleri, koruyucu bir kaplama materyali içerisinde enkapsüle edilmesiyle gerçekleştirilir. Mikroenkapsülasyon, aroma bileşenlerini dış etkenlerden koruyarak oksidasyonu önler ve aynı zamanda aroma bileşenlerinin kontrollü bir şekilde salınmasını sağlamaktadır. Böylece, dış etkenlere karşı korunması sağlanarak stabilesinin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Örneğin, nane veya vanilya gibi

uçucu bileşenler, mikro enkapsülasyon ile kontrollü bir şekilde salınması sağlanarak gıda ürünlerinin lezzetinin daha uzun süre korunmasına yardımcı olmaktadır (McClements ve Decker, 2000).

Doğal antioksidanların kullanımı da aroma bileşenlerinin stabilitesinin artırılmasında önemli bir yöntemdir. Antioksidanlar, serbest radikallerle etkileşime girerek oksidatif bozulmayı önlemektedir. Özellikle C ve E vitaminleri gibi doğal antioksidanlar, aroma bileşenlerinin oksidatif bozulmasını önleyerek aroma bileşenlerinin ömrünün uzamasına etki etmektedir. Bu antioksidanların kullanımı, gıda ürünlerinin hem tat kalitesini hem de besin değerini korumaya yardımcı olmaktadır (Rufian-Henares ve Morales, 2011).

Ayrıca, gıda ürünlerinin pH seviyesinin kontrolü de aroma bileşenlerinin stabilitesini etkileyen bir diğer faktördür. Düşük pH değerleri, bazı aroma bileşenlerinin bozulmasını önleyerek ürün kalitesini korur. Örneğin, asidik ortamlarda bazı aroma bileşenleri daha kararlı hale gelirken, gıda ürünlerinin kalitesinin korunmasına yardımcı olmaktadır. Üretim aşamasında pH seviyesinin dikkatli bir şekilde ayarlanması, aroma bileşenlerinin ömrünü uzatmak için önemli bir parametredir (Barker ve Haeussler, 2012).

Sonuç olarak, aroma bileşenlerinin stabilitesinin sağlanması, gıda ürünlerinin kalitesi açısından hayati öneme sahiptir (Frank ve Stoeckel, 2002). Uygulanan çeşitli yöntemler, aroma bileşenlerinin bozulmasını önleyerek tat ve koku kalitesinin korunmasına yardımcı olur (McClements ve Decker, 2000). Saklama koşullarının iyileştirilmesi, mikroenkapsülasyon, doğal antioksidanların kullanımı, pH kontrolü ve modifiye atmosfer ambalajı gibi yöntemler, aroma bileşenlerinin stabilitesini artırmada etkili stratejilerdir (Rufian-Henares ve Morales, 2011; Barker ve Haeussler, 2012; Pérez-Gago ve Kester, 2009). Bu yöntemlerin etkin bir şekilde uygulanması, gıda endüstrisinde kaliteyi artırmaya yönelik önemli bir adımdır (McClements ve Decker, 2000).

2.3.4. Emülsiyon Viskozitesi ve Zeta Potansiyeli

Emülsiyonların viskozitesi, yüzey aktif madde, yağ ve su bileşenleri ile bunların farklı konsantrasyonlarında değişir ve bu durum emülsiyonların stabilitesini doğrudan etkilemektedir. Su içeriğinin artırılması, genellikle viskoziteyi düşürür.

Çünkü su, daha düşük bir viskoziteye sahiptir ve emülsiyonun akışkanlığını artırmaktadır. Öte yandan, yüzey aktif maddenin azalması, yağ ve su arasında meydana gelen yüzey geriliminin artmasını sağlayarak viskozitenin artmasına neden olmaktadır (Keservani ve Sharma, 2018; Chime vd., 2014). Damlacık boyutu da viskoziteyi etkileyen önemli bir faktördür. Küçük damlacıklar, daha düşük viskozite ve daha iyi akış özellikleri sağlamaktadır (Mason vd., 2006). Emülsiyonların akış davranışları genellikle Newtonian olmayan özellikler gösterir, bu da viskozitenin akış hızı ile değişebileceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, emülsiyonların viskozite analizi, gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde ürün formülasyonu ve stabilitesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Ravera vd., 2021).

Emülsiyon içinde yer alan damlacıklar, çeşitli boyutlarda, dağılımlarda ve şekillerde olabilmektedir. Damlacık boyutu, emülsiyonun hazırlanma koşullarını ve içerisinde yer alan bileşimlerinin değiştirilmesiyle kontrol altında tutulabilmektedir (McClements ve Xiao, 2012). Damlacık boyutu azalırsa, emülsiyonlarda viskozitesinin artmasına ve genellikle daha stabil hale gelmesine yol açmaktadır (Dapčević Hadnađev vd., 2013).

Emülsiyonda yer alan damlacıklar, ışık ile saçılarak bu saçılmanın derecesi damlacık boyutunu vermektedir. Teorik olarak, ışığın dalga boyu damlacık boyutundan büyük olduğunda, ışık yansır ve kırılmayla bütün yönlere saçılarak emülsiyonun beyaz renkte ve opak görünümüne neden olmaktadır. Işığın dalga boyu damlacık boyutundan küçük olduğunda ise gelen ışık kuvvetsiz bir şekilde saçılarak emülsiyonun yarı şeffaf veya şeffaf görünümüne neden olmaktadır. Bunun sonucunda, emülsiyonların (nano, mikro ve klasik emülsiyonlar) optik özellikleri ve görsel görünüşleri turbidity ölçümleri ile belirlenebilmektedir (McClements, 2012).

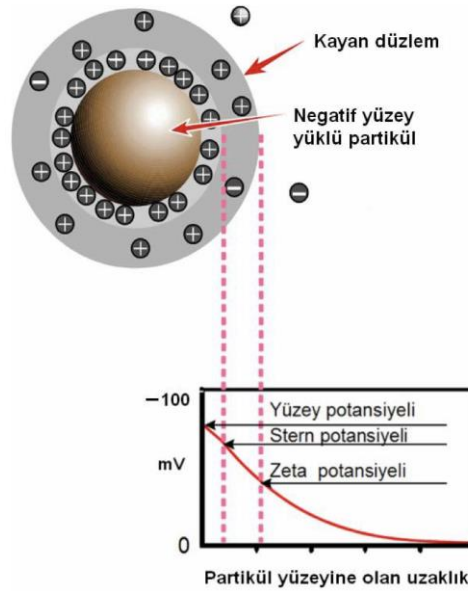
Damlacık boyutunu ölçmek için en yaygın kullanılan teknikler “statik ışık saçılımı (SLS)” ve “dinamik ışık saçılımı (DLS)”dır. SLS ile ölçülen partikül boyut aralığı 0,1 - 1000 μm arasında değişirken, DLS çok daha küçük parçacık aralığını, yani 3 - 5000 nm aralığını ölçmektedir. Özellikle nano ve mikroemülsiyonlar gibi 100 nm'den küçük damlacık boyutu içeren emülsiyonların analizi DLS ile yapılmalıdır. DLS’de Z-ortalaması olarak bilinen değer, damlacık boyutunun ortalamasını verir ve en kararlı parametre olarak kabul edilmektedir. Polidispersite indeksi (PDI), dağılımın kalitesini veya homojenliğini göstermektedir. Literatüre göre, nanoemülsiyonların damlacık boyut dağılımı genellikle tek ya da çoklu, dar ya da

geniş pikler şeklindeyken, mikroemülsiyonlar tek ve dar piklere sahiptir (McClements, 2012).

Zeta potansiyeli, bir sıvıda çözünmeyen katının heterojen yapısındaki parçacıklarından herhangi biri tarafından gösterilen fiziksel bir özelliktir. Bu özellik, formülasyonların optimizasyonunda kullanılarak kararlılığın tahmin edilmesinde yardımcı olmaktadır (McClements, 2012).

Parçacık yüzeyinde meydana gelen net yükler, çevresindeki bölgelerdeki temas ettiği iyonik dağılımları etkiler ve yüzeyin yakın tarafında zıt iyonların konsantrasyon seviyelerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, her partikülü çevreleyen bir “elektriksel çift katman” mevcuttur (Koo ve Cheng, 2012).

Her partikülün etrafındaki bu elektriksel çift katman, iki kısımdan oluşur: Stern katmanında iyonlar kuvvetli bir şekilde bağlanır ve difüze katmanında iyonlar daha gevşek olarak yer almaktadır. Katmanlar arasındaki dağınık bölgede her parçacığın tek bir parçacık gibi davrandığı bir sınır bulunmaktadır. Bu sınırda yer alan potansiyel “zeta potansiyeli” olarak adlandırılmaktadır (Hunter, 1981).



Şekil 2. 9: Yüklü Parçacıkların Etrafındaki Parçacık Dağılımı

Kaynak: Huang vd., 2020

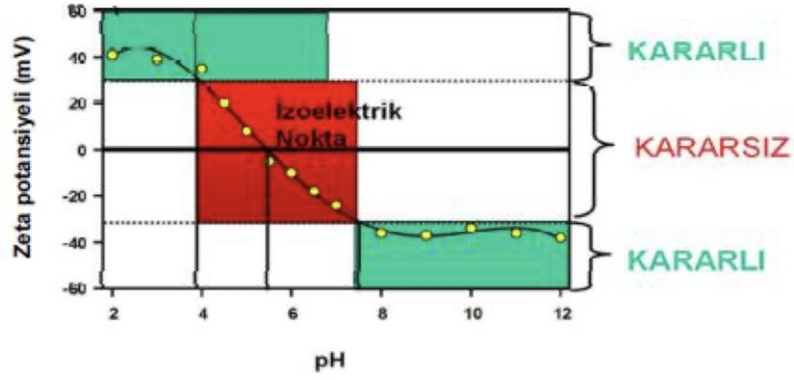
Zeta potansiyeli, süspansiyonlardaki parçacıkların yüzey yüklerinin bir ölçüsüdür ve bu yükler, parçacıkların bir araya gelme eğilimlerini etkileyerek süspansiyonların kararlılığını belirler. Düşük zeta potansiyeli, parçacıkların birbirine yaklaşmasını ve flokülasyonu teşvik ederken, yüksek zeta potansiyeli, parçacıklar arasında itici bir kuvvet oluşturur ve kararlılığı artırır. Kolloid çevresinde yer alan çift tabaka kalınlığı, elektriksel çekim kuvvetlerinin ve difüzyon etkilerine bağlı olarak değişmektedir. Zıt yüklü iyon derişimi, taneciklere yakın yerlerde yüksek ve tanecikten uzaklaştıkça çekim kuvveti etkisinin azalmasıyla zıt yüklü iyonlarda derişim azalır ve aynı yüklü iyonlar meydana gelmektedir (McClements, 2012).

Yüksek zeta potansiyelinin kolloidal sistemin kararlılığını göstermektedir. Eğer emülsiyon yapısındaki tüm parçacıklar büyük bir - ya da + değerlerine sahipse parçacıklar birbirlerini itme eğilimindedir ve parçacıkların bir araya gelme eğilimleri bulunmadığından zeta potansiyeli düşüktür. Zeta potansiyelinin düşmesiyle, parçacıklar bir araya gelir ve flokülasyon yapmaları olağan bir durum haline gelebilmektedir. Flokülasyon en yüksek zeta potansiyeli sıfırken görülmektedir (Hunter, 1981).

Bir süspansiyon içinde negatif zeta potansiyeline sahip bir partikül bulunduğunda, bu süspansiyona daha fazla alkali eklenmesi, parçacıkların daha negatif bir yük kazanmasını sağlamaktadır. Eğer süspansiyona asit eklenirse, bir noktada yükün nötralize olduğu bir seviyeye ulaşılır ve bu noktadan sonra, daha fazla asit eklenmesi partiküllerin pozitif yük kazanmasına neden olmaktadır (Koo ve Cheng, 2012).

Bu durum nedeniyle, zeta potansiyeline karşı pH'nın grafiği çizildiğinde, düşük pH seviyelerinde pozitif, yüksek pH seviyelerinde ise negatif değerler görülmektedir. Grafikte, zeta potansiyelinin sıfıra ulaştığı nokta (İEN) olarak adlandırılır. İEN, kolloidal sistemlerin genellikle en az kararlı olduğu pH seviyesidir ve bu durum pratik açıdan büyük bir öneme sahiptir (Petersen ve Flanagan, 1998).

Kararlı ve kararsız süspansiyonlar genellikle zeta potansiyeli değerlerine göre ayırt edilmektedir. Genel olarak, zeta potansiyeli +30 mV'dan yüksek ya da -30 mV'dan düşük olan sistemler kararlı olarak kabul edilmektedir (Bourke ve Evans, 2013).



Şekil 2. 10: İzoelektrik Nokta

Kaynak: Huang vd., 2020

Gaz Kromatografisi

Aroma bileşenlerinin belirlenmesi için yaygın olarak Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS) tekniği kullanılmaktadır (Cox vd., 2018). GC-MS analizleri, GC-MS-HS-SPME analizleri, gaz kromatografisi (GC), kütle spektrometrisi (MS) ve başlıca sıvı faz mikroekstraksiyonu (HS-SPME) yöntemlerinin entegrasyonunu sağlayarak karmaşık örneklerin bileşenlerini hassas bir şekilde belirlemek ve karakterize etmek için kullanılan güçlü bir tekniktir (Hernández ve Cordero, 2013). SPME yöntemlerinden elde edilen ekstraktlar, doğrudan GC-MS cihazlarına analize verildiğinde, bu yöntem GC-MS-HS-SPME biçiminde birleştirilebilmektedir. Bu birleşim, uçucu bileşenlerin daha etkin bir şekilde ayrılmasını ve analiz edilmesini sağlar ve böylece aroma profili hakkında daha kapsamlı bilgiler elde edilmektedir (Pérez vd., 2015). GC-MS-HS-SPME tekniği, gıda, içecek, parfüm ve çevresel örneklerin analizi gibi birçok alanda geniş uygulama imkanı sunar ve aroma bileşenlerinin detaylı bir şekilde karakterize edilmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntemlerin birleşimi, analitik verimliliği artırarak, daha düşük konsantrasyonlardaki bileşenlerin bile tespit edilmesini sağlamaktadır. Gaz kromatografisi, analitik kimyada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve uçucu bileşenlerin ayrılmasını sağlamak için bir taşıyıcı gaz kullanarak örneği bir kolondan geçirilmesi işlemidir. Bu süreçte, farklı bileşenler, kolon içerisindeki etkileşimlerine bağlı olarak farklı zamanlarda kolondan ayrılır, bu da her bileşenin ayrışmasını ve analiz edilmesini mümkün kılmaktadır (Cox vd., 2018). Ayrılan bileşenler, kütle spektrometrisi ile incelenmektedir.

MS, ayrılan bileşenlerin iyonize edilerek kütle/yük oranına göre ayrılması esasına dayanmaktadır. Bu aşama, bileşenlerin kimyasal yapıları hakkında bilgi edinilerek analizin doğruluğunu artırılabilir (Hernández ve Cordero, 2013). HS-SPME, emülsiyonlar, gıdalar veya çevresel örnekler gibi karmaşık matrislerden uçucu bileşenlerin ayrılmasını sağlayan bir ön işlem tekniğidir. Bu yöntemde, örnek belirli bir sıcaklıkta bekletilir ve özel bir fiber aracılığıyla örnekten uçucu bileşenler adsorbe edilir ve bu bileşenler yüksek sıcaklıkta fiberden desorbe edilerek GC'ye iletilmektedir (Pérez vd., 2015).

GC-MS-HS-SPME analizlerinin avantajları arasında yüksek hassasiyet ve düşük algılama limitleri bulunmaktadır. Buda, düşük konsantrasyonlardaki bileşenlerin tespit edilmesine olanak tanımaktadır. Bu analiz yöntemi, gıda analizi, çevresel izleme, toksikoloji ve parfüm gibi birçok alanda geniş uygulama imkanı sunmaktadır. Elde edilen veriler, bileşenlerin kimyasal yapıları ve konsantrasyonları hakkında önemli bilgiler sunar ve ürün geliştirme, kalite kontrol ve araştırma süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır (Pérez vd., 2015; Hernández ve Cordero, 2013). Bu analiz yönteminin etkinliği, örneklerin karmaşıklığına bağlı olarak değişebilir. Dolayısıyla, doğru analiz koşullarının belirlenmesi ve optimizasyonu önemlidir. Ayrıca, bu tekniklerin birleşimi, analiz süresini kısaltarak verimliliği artırır ve laboratuvar ortamında daha hızlı sonuç alınmasını sağlamaktadır (Cox vd., 2018).

Duyusal Analiz

Duyusal analiz, gıda ürünlerinin organoleptik özelliklerini değerlendiren önemli bir yöntemdir ve görme, tatma, koklama, dokunma gibi duylardan oluşarak ürünlerin kalitesini ve tüketici kabulünü belirlemeye yardımcı olmaya olanak sağlamaktadır (Stone ve Sidel, 2004). Duyusal analizler, gıdalarda ürün geliştirme ve kalite kontrol süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lawless ve Heymann, 2010). Duyusal analizin başlıca amaçları arasında kalite kontrolü, ürün geliştirme ve tüketici tercihlerini anlama yer almaktadır (Meilgaard vd., 2007). Uygulanan yöntemler arasında duysal testler, tanımlayıcı testler ve ayırt edici testler bulunmaktadır. bu testler, ürünlerin beğenilme derecesini, duysal özelliklerini tanımlamayı ve ürünler arasındaki farkları belirlemeyi amaçlamaktadır (Baird ve Tjandra, 2016).

Duyusal analizde dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlar arasında kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmesi, eğitilmiş panelistlerin kullanılması ve yeterli örnek sayısının sağlanması yer almaktadır (Hootman, 2018).

Sonuç olarak, duyu analizi, gıda endüstrisinde ürün kalitesini artırmak ve tüketici memnuniyetini sağlamak için vazgeçilmez bir analiz yöntemidir (Chambers ve Chambers, 2010).

Duyu analizi yöntemleri arasında en yaygın olanları şunlardır:

1. Aşama Testleri: Ürünlerin belirli özelliklerini karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, bir ürünün tadı, dokusu veya aroması değerlendirilmektedir (Stone ve Sidel, 2004).
2. Puanlama Testleri: Panelistler, ürünleri belirli bir puan üzerinden değerlendirmektedir. Bu, ürünlerin belirli kriterler açısından nasıl sıralandığını görmek için faydalı bir analiz metodudur (Lawless ve Heymann, 2010).
3. Duyusal Profilleme: Ürünlerin tüm duyu özelliklerinin detaylı bir şekilde tanımlanması için kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle yeni ürün geliştirmede profilin açıklanması açısından önemlidir (Russett ve Kearney, 2015).
4. Tüketici Testleri: Gerçek tüketicilerin ürünleri değerlendirerek tercihlerini belirtmeleri sağlanmaktadır. Bu, pazarlama stratejileri ve ürün iyileştirmeleri için önemli bilgiler sunmaktadır (ISO, 2012).

Puanlama testi, yaygın olarak gıdaların duyu özelliklerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu test, panelistlerin belirli bir ürün veya örneği, tat, koku, görünüm ve doku gibi kriterler üzerinden belirli bir ölçekle değerlendirmesine esasına dayanmaktadır (Stone ve Sidel, 2004). Puanlama testinin aşamaları arasında örnek seçimi, panelistlerin belirlenmesi, testin tasarlanması, puanlama ölçeğinin oluşturulması ve veri analizinin yapılması yer almaktadır (Meilgaard vd., 2007). Bu yöntem hem ürün geliştirme süreçlerinde hem de kalite kontrol uygulamalarında kritik bir rol oynamaktadır (Lawless ve Heymann, 2010).

Ayrıca, tüketici araştırmalarında, tüketicilerin ürün tercihlerini anlamak için de sıklıkla kullanılmaktadır. Puanlama testi, gıda ürünlerinin duysal kalitesini sistematik bir şekilde ölçerek üreticilere değerli bilgiler sunar ve ürünlerin pazara uygunluğunu belirlemek için önemli bir analiz yöntemidir (Russett ve Kearney, 2015).

Üçgen test, duysal analizde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve iki örneğin aynı, birinin ise farklı olduğu üç örneğin sunulmasını içermektedir. Panelistler, hangi örneğin diğerlerinden farklı olduğunu belirlemeye çalışmaktadır (Meilgaard vd., 2007).

Bu test, ürün geliştirme süreçlerinde, kalite kontrol uygulamalarında ve duysal özelliklerin karşılaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Stone ve Sidel, 2004).

Üçgen testin aşamaları, örnek hazırlığı, panelist seçimi, sunum, veri toplama ve sonuçların değerlendirilmesini içermektedir (Lawless ve Heymann, 2010). Sonuçlar, istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek, örnekler arasındaki farkların anlamlı olup olmadığı belirlenmektedir. Üçgen test, gıda ürünlerinin kalitesini artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlarken, tüketici tercihlerini anlamak için de etkili bir analiz yöntemidir (Russett ve Kearney, 2015).

Raf Ömrü Analizleri

Aroma vericilerde raf ömrü testi, gıda ürünlerinin zaman içindeki organoleptik özelliklerinin, özellikle aroma ve tat kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen kritik bir analizdir. Bu test, aroma vericilerin belirli depolama koşullarında nasıl değiştiğini anlamak için uygulanmaktadır (Meilgaard vd., 2007).

Test süreci genellikle birkaç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, test edilecek aroma vericiler seçilir ve bu ürünler farklı sıcaklık ve nem seviyelerinde depolanır, bu sayede gerçekçi raf ömrü hızlandırılmış şekilde oluşturulur (Stone ve Sidel, 2004). Depolama süreleri boyunca, ürünler belirli aralıklarla (örneğin, haftada bir) eğitimli panelistlere sunularak duysal analiz yapılır. Panelistler, her örneğin aroma, tat, görünüm ve doku gibi organoleptik özelliklerini değerlendirir (Lawless ve Heymann, 2010).

Elde edilen değerlendirmeler sistematik bir şekilde kaydedilir ve istatistiksel analizlerle incelenir. Bu analizler, aroma vericilerin raf ömrü boyunca yaşadığı değişikliklerinin olup olmadığını belirlemektedir (Russett ve Kearney, 2015).

Aroma vericilerde raf ömrü testi, ürün geliştirme, kalite kontrol ve pazar araştırmaları gibi birçok alanda uygulanmaktadır. Böylece üreticiler, ürünlerinin kalitesini ve tutarlılığını hakkında önemli bilgiler edinmektedirler. Sonuç olarak, bu testler hem gıda güvenliği hem de tüketicinin memnuniyetinin artırılmasına katkı sağlayarak, gıda endüstrisinde kritik bir rol oynamaktadır (ISO, 2012).

Raf mr testleri, ürünün niteliğine göre aşamalar içermektedir. Bunlar; alışma amaçlarının belirlenmesi, örneklerin saklanması, kimyasal bileşimin analizi, depolama koşullarının seçilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi olarak sıralanabilir. Hızlandırılmış testler, yüksek sıcaklık, ışık, oksijen ve nem gibi koşullarda gıdadaki bozulmaları hızlandırarak daha kısa sürede raf ömrü testlerinin gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. İşletmeler genellikle 20 ve 40°C'de depolanan ürünlerin raf ömürlerinin oranından elde edilen değerleri hızlandırma faktörü olarak kullanmaktadır. Ancak, bu testlerde ürün bozulmasına neden olan çoklu faktörlerin birleşimi, gözlemlenen değişimlerin standart koşullarda doğrulanmaması ve karmaşık değişkenler nedeniyle doğru bir kinetik model oluşturmak bu teknik için oldukça zordur (Doğan ve Aydın, 2020).

Raf mr testlerinde eşlenmiş kıyaslama testi, duo-trio testleri ve üçgen test uygulanabiliyor. Genellikle farklılık testleri uygulanmaktadır. Belirli sıcaklık ve nem değerlerinde depolanan ürünler belirli zamanlarda “kontrol rneği” ile eğitimli panelistler tarafından karşılaştırılarak farklılık değerlendirilmektedir (Carpenter vd., 2000; Robertson, 2007). Raf mr testlerinin duyu analizi yöntemi ile değerlendirilmesi önemlidir. Özellikle yaşlandırılmış ürün ve kontrol rneği arasındaki duyu farklılıklarının belirleneceği duyu analizlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Fuller, 1994).

2.3.5. Pektinin Aroma Bileşenleri ile Birlikte Kullanımı

Pektin, gıda endüstrisinde aroma bileşenlerinin korunmasında ve artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle reçel, marmelat, jöle gibi ürünlerde pektinin jel oluşturma yeteneği, aroma bileşenlerinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Pektin, yüksek metoksilli (HM) ve düşük metoksilli (LM) olarak iki çeşitte bulunur. Bu çeşitler, pH ve şeker konsantrasyonuna bağlı olarak farklı jelleşme özellikleri göstermektedir (Glicksman, 1992).

Aroma bileşenleri, pektin ile etkileşime girdiğinde, bu bileşenlerin uçuculuğu azalır ve gıda ürünlerindeki kalıcılıkları artmaktadır. Örneğin, yüksek metoksilli pektinler, yüksek şeker konsantrasyonları ve düşük pH koşullarında jelleşerek, aromaların daha iyi korunmasını sağlamaktadır. Düşük metoksilli pektinler ise kalsiyum iyonlarının varlığında geniş pH aralıklarında jelleşebilme yetenekleri sayesinde, farklı aroma bileşenlerinin stabilizasyonuna olanak tanımaktadır (Sila ve Boukroufa, 2014). Pektin, gıda ürünlerinin duyu kalitesini artırmanın yanı sıra, doğal ve sağlıklı aroma bileşenlerinin kullanımına da olanak tanımaktadır. Tüketici sağlığına yönelik artan ilgi, pektin gibi doğal bileşenlerin önemini artırmaktadır (Bourgeois ve De Oliveira, 2013).

Literatürde portakal kabuğu ve diğer bazı meyvelerin kabuk ve posalarından pektin eldesi ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. Alamineh vd. (2018) sıcak asit ekstraksiyon yöntemi ile portakal kabuğundan pektin eldesi sağlayarak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelemiştir. Bir diğer örnek ise, Maran vd. (2013) portakal kabuklarına mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile pektin eldesi sağlayarak bu yöntem için optimum koşulları incelemiştir. Başka bir örnek ise, Benassi vd. (2021) atık portakal kabuklarından sıcak asit, hızlı katı sıvı dinamiği ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanarak yeşil yöntemlerin değerlendirilmesi için pektin eldesi çalışmaları yapmışlardır. Ancak portakal kabuğundan elde edilecek olan pektinin sert şeker yapısındaki aroma maddelerinin kararlılığı ve salınım özelliklerine etkisi konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu proje kapsamında ülkemizde önemli miktarlarda atık olarak ortaya çıkan portakal kabuğundan pektin eldesi, emülsiyon yapısında aroma formülasyonu geliştirilmesi ve model gıda ürününde doğal çilek aromasının kararlılığına ve salınımına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla farklı yöntemlerle pektin eldesi çalışmaları yapılacak ve sonrasında elde edilen pektinler ile doğal ilek aroması emülsiyon yapısı oluşturulmuş ve bu sistemlerin kararlılığı ve salınım özellikleri sert şeker formülasyonunda kullanılarak değerlendirilmiştir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada pektin ekstraksiyonunda hammadde olarak kullanılan portakallar yerel bir marketten temin edilmiştir. Sitrik asit, Jungbunzlauer (İsviçre), hidroklorik asit Iso Lab (Almanya) firmalarından, sodyum hidroksit ve fenolftalein Sigma Aldrich (Almanya) firmalarından temin edilmiştir. %96'lık etil alkol ve diğer kullanılan tüm kimyasallar ve reaktifler, analitik saflıkta olup bütün deneylerde saf su kullanılmıştır.

Analitik tartımlarda hassas terazi (Tartımsan Tts 600) ve gerektiğinde karıştırma işlemleri manyetik karıştırıcı (Velp Scientifica F20500011) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kimyasal asit ekstraksiyon yöntemi Isolab 621.05.006 marka çalkalamalı su banyosunda ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi Arçelik MD674 marka ev tipi mikrodalga fırında gerçekleştirilmiştir.

Çilek aroma vericisinde kullanılan doğal aroma bileşiklerinin Tablo 3.1'de temin edildiği firma ve lot numaraları yer almaktadır. Kullanılan aromatik bileşenler doğal kaynaklardan sentezlenmiş olup doğal aroma bileşikleridir. Gıda boyası olarak kullanılan Karmin (E120) Gemma Kimyevi firmasından temin edilmiştir.

Tablo 3. 1: Kullanılan Doğal Aroma Bileşiklerinin Firma ve Lot Bilgileri

Aroma Bileşikleri	CAS Numarası	Firma	Lot Numarası
2-Metil Butirik Asit	116-53-0	LLUCH	8002841/75730
Etil Asetat	141-78-6	VENTOS	L4384174
Etil Butirat	105-54-4	VENTOS	L4564995
Etil 2-Metil Butirat	7452-79-1	LLUCH	1000422614
Butirik Asit	107-92-6	LLUCH	800238/7573
Gamma Dekalakton	706-14-9	VENTOS	L4658205
Cis-3-Hekzanol	928-96-1	VENTOS	L4499827
Metil Sinamat	103-26-4	LLUCH	800286/7573
Limonen	5989-54-8	MIRITZ	20235876/1
Heksanoik Asit	142-62-1	LLUCH	0000421497
Furanol	3658-77-3	VIDARA	122100423

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

3.2. Metot

3.2.1. Portakal Kabuklarının Hazırlanması

Taze portakalların kabukları soyularak, blendır vasıtasıyla 5 dakika süre ile parçalanmış, 60°C ve 48 saat süre ile etüvde (Nükleon NST-55) kurutma işlemi uygulandıktan sonra laboratuvar tipi bir öğütücü kullanılarak öğütülmüş ve 500 mikron gözenek açıklığına sahip elekten elenerek sonraki aşamalarda kullanılmak üzere ağzı kapalı kaplarda soğutucu dolapta saklanmıştır. Portakal kabuğundan kurutulmuş toz eldesi aşamaları Şekil 3.1’de yer almaktadır.



Şekil 3. 1: Portakal Kabuğu Tozu Eldesi

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

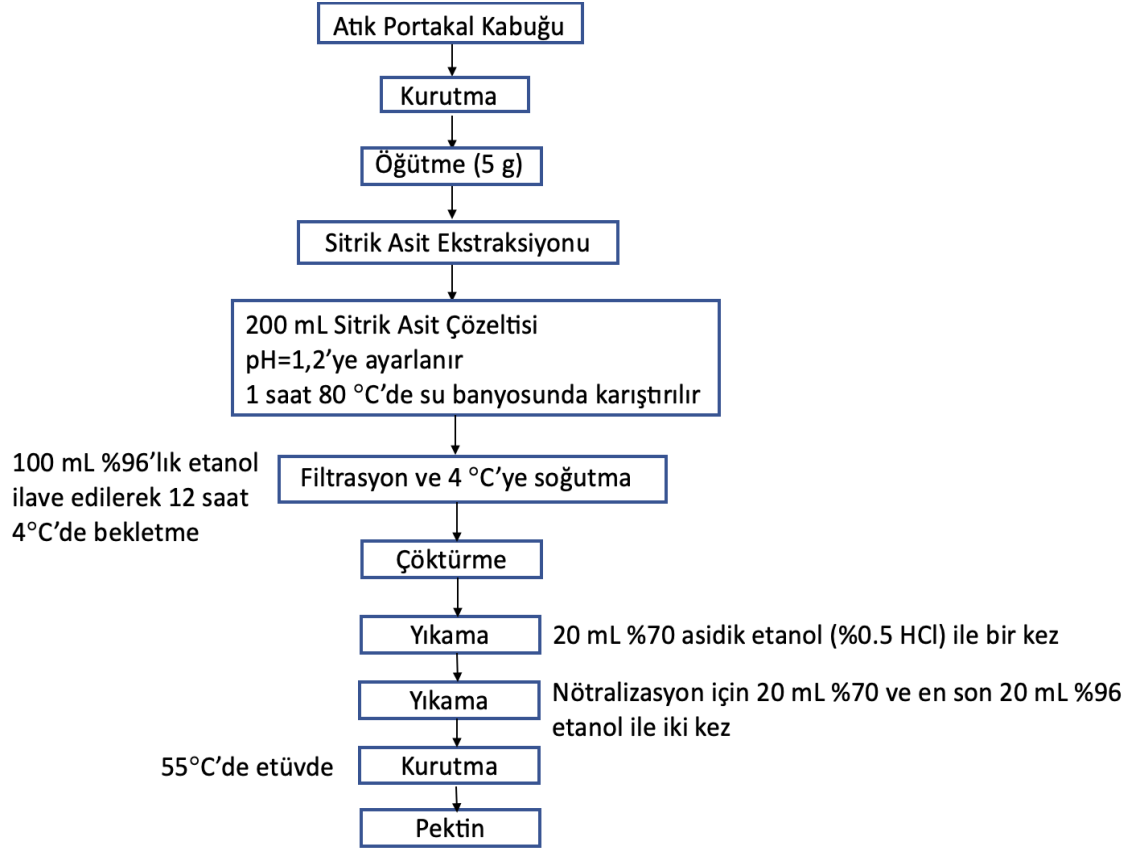
3.2.2. Pektin Ekstraksiyonu

3.2.2.1. Kimyasal Asit Ekstraksiyonu ile Pektin Üretimi

Pektinin asit ile ekstraksiyonu, pektinin suda çözünür hale getirilmesi ve çeşitli çözücüler ile ısıtılarak ekstraktın süzülerek arıtılması, pektinin çöktürülmesi, süzülmesi ve yıkanıp kurutulması adımlarından oluşmaktadır.

Portakal kabuklarından pektin ekstraksiyonu amacıyla, Kliemann vd. (2009) tarafından tasarlanan sitrik asit ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, kurutulmuş portakal kabuğu, pH 1.2'ye ayarlanmış 250 mL sitrik asit çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışım, 80°C'de ve karıştırıcılı su banyosunda 60 dakika süreyle bekletilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlandıktan sonra karışım kaba filtre ile süzülerek buz banyosunda 4°C'ye kadar soğutulmuştur. Elde edilen filtrata 100 mL %96'lık etanol eklenmiş ve karışım 12 saat boyunca 4°C'de bekletilerek pektin çökeltilmiştir. Çökeltilen pektin filtrasyonla ayrıldıktan sonra, önce 20 mL %70 asidik etanol (%0.5 HCl içerir) ile bir kez, ardından nötralizasyon amacıyla 20 mL %70 etanol ve son olarak 20 mL %96 etanol ile iki kez yıkanmıştır.

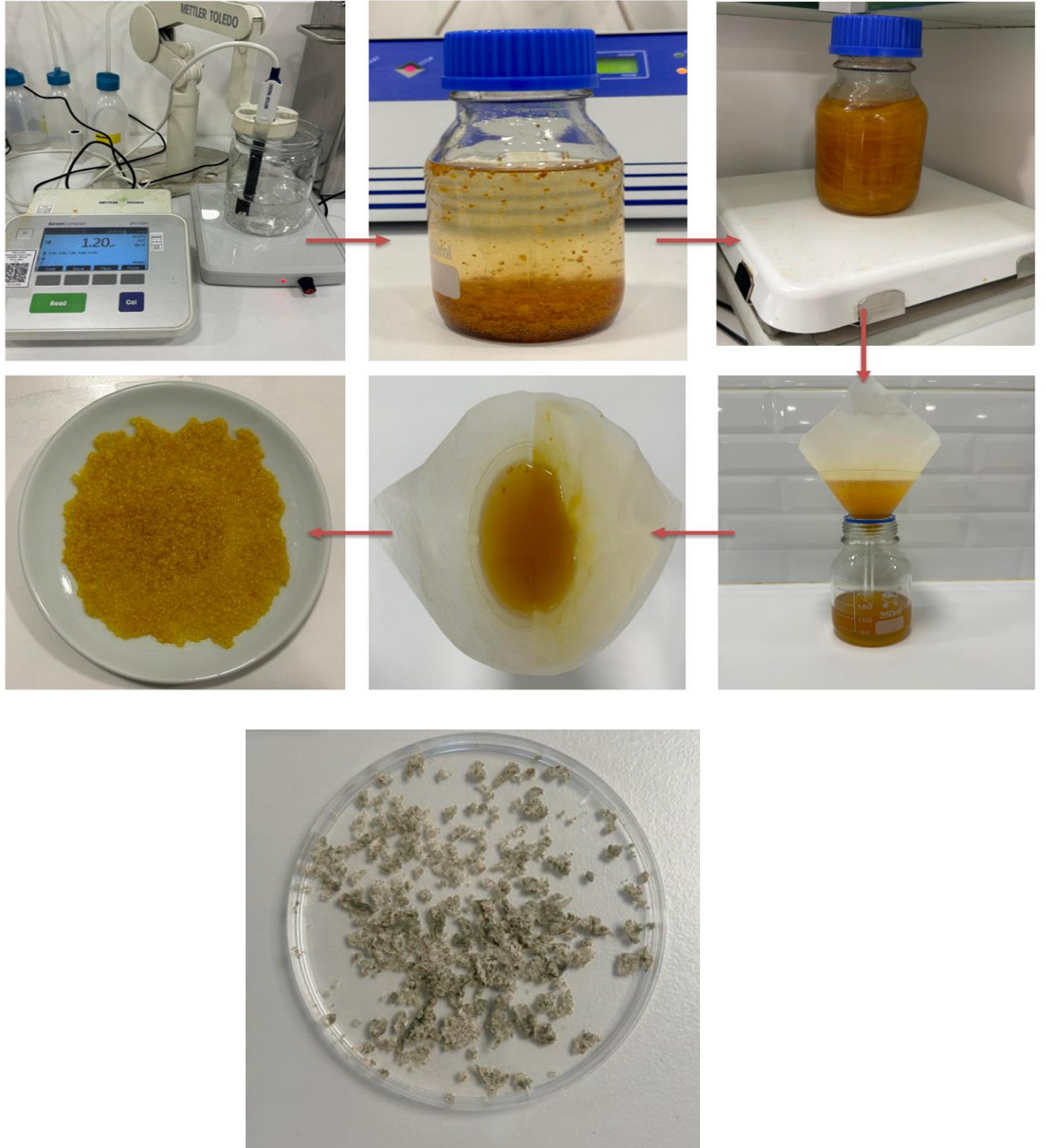
Elde edilen pektin örnekleri 55°C’de etüvde kurutulularak, pektin elde edilmiştir. Şekil 3.2’de yer alan akım şemasında bu çalışmada kullanılan parametreler ve pektin eldesi iş akışı verilmiştir.



Şekil 3. 2: Sitrik Asit Ekstraksiyonu Yöntemi ile Portakal Kabuklarından Pektin Ekstraksiyonu İşlemi Akım Şeması

Kaynak: Kliemann vd. 2009

Kimyasal asit ekstraksiyonu sitrik asit kullanılarak yapılmıştır. 5 gram kuru portakal kabuğu kullanılarak Şekil 3.1’de yer alan ön işlemlerle elde edilen toz örnek sitrik asit çözeltisi ile karıştırılarak pH 1.20 değerine ayarlandıktan sonra pektin ekstraksiyonu yapılmıştır. Kimyasal asit ekstraksiyonu sonrası % verim ve % esterleşme dereceleri hesaplanmıştır. Şekil 3.3’te kimyasal asit ekstraksiyonu ile pektin eldesi aşamaları ve elde edilen kurutulmuş pektin örneği gösterilmiştir.



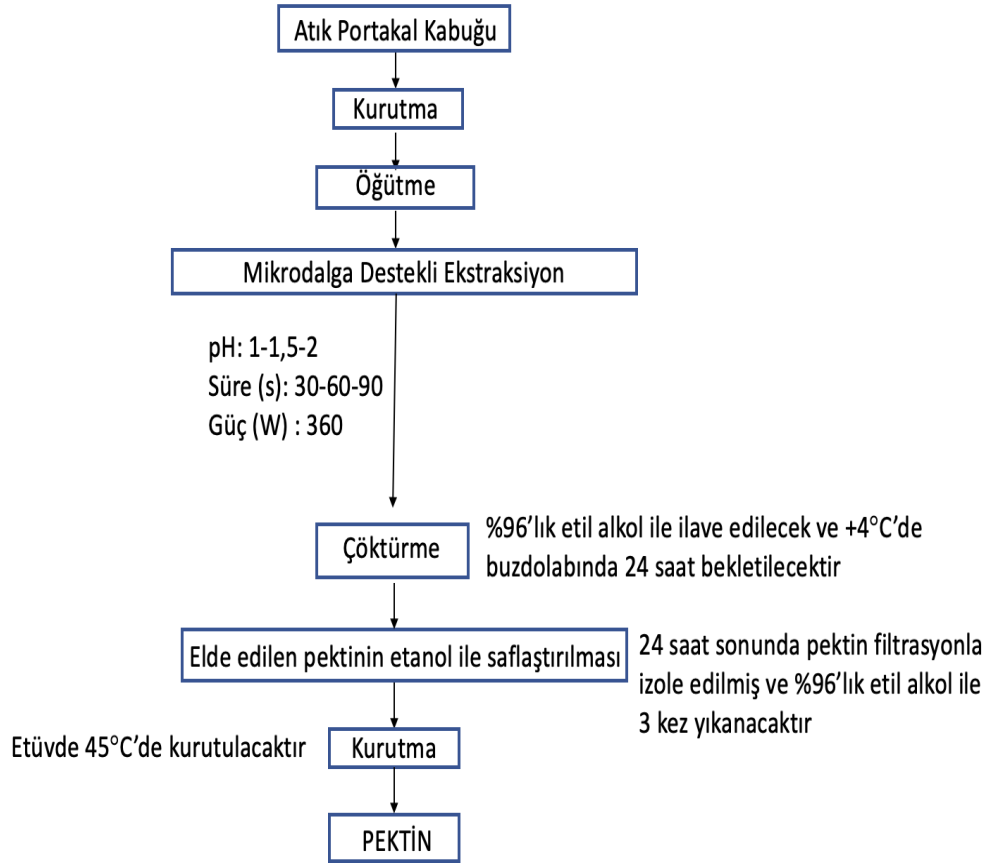
Şekil 3. 3: Kimyasal Asit Ekstraksiyonu İle Pektin Eldesi

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

3.2.2.2. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Pektin Üretimi

Pektinin mikrodalga destekli ekstraksiyonu amacıyla Wang vd. (2007) tarafından tasarlanan yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla 10 g portakal kabuğu 1000 mL payreks şişelerde hacimlerde (200-300-400 mL) ve farklı pH'lara (1-1,5-2) pH'ları HCl ile ayarlanmış asidik su ile karıştırılarak, 360 W mikrodalga gücüne ayarlı mikrodalga fırınında pektinler farklı sürelerde (30-60-90 s) ekstrakte edilmiştir.

Ekstrakte edilen pektini çöktürmek amacıyla %96'lık etil alkol ile ilave edilerek ve +4 °C'de buzdolabında 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonunda pektin filtrasyonla izole edilerek, %96'lık etil alkol ile 3 kez yıkanmıştır. Daha sonra etüvde 45°C'de kurutularak pektin elde edilmiştir. Şekil 3.4'te yer alan akım şemasında bu çalışmada kullanılacak olan parametreler ve pektin eldesi verilmiştir.

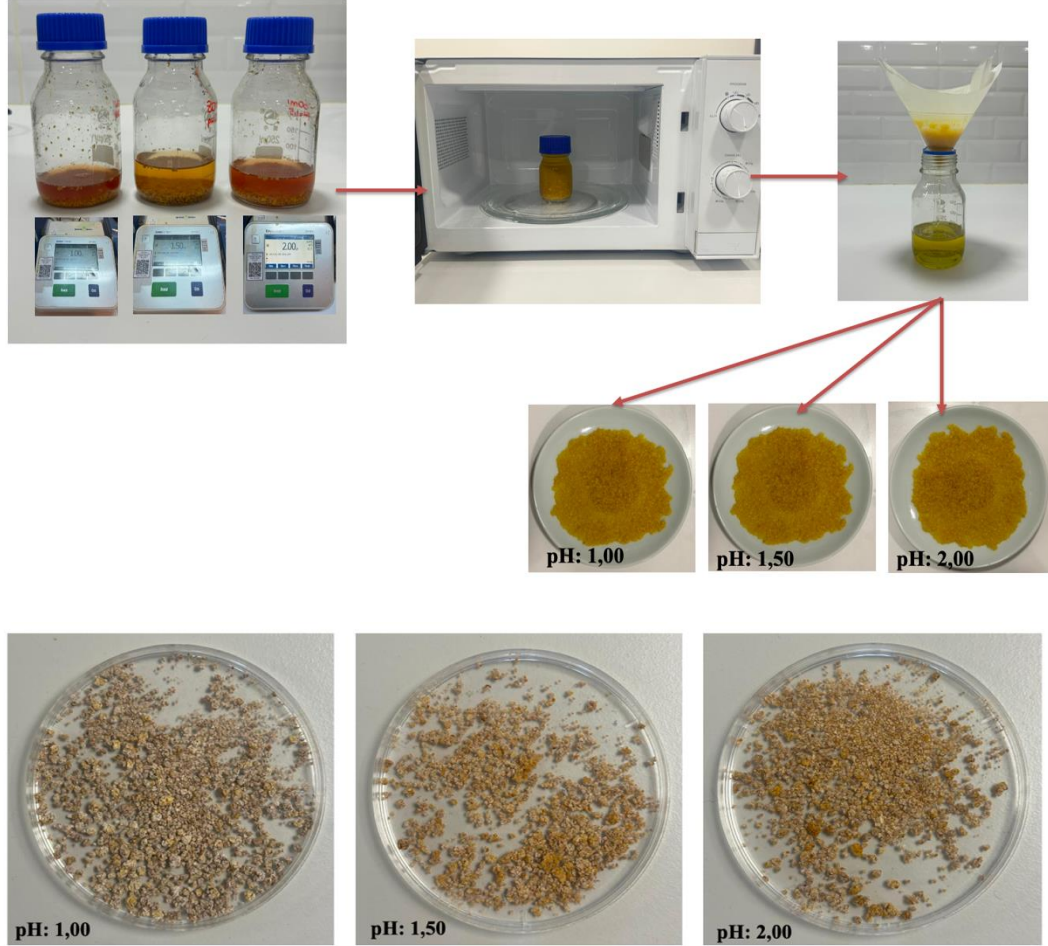


Şekil 3. 4: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Yöntemi ile Pektin İzolasyonu Akım Şeması

Kaynak: Wang vd., 2007

Mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonu hidroklorik asit kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.1'de yer alan ön işlemler uygulanarak elde edilen toz örnekten 10 gram tartılarak hidroklorik asit çözeltisi ile pH 1.0, 1.5 ve 2.0 değerlerine ayarlanarak pektin ekstraksiyonu yapılmıştır. 3 farklı pH aralığında belirlenen sürelerde 3 paralelli çalışılarak toplamda 36 farklı deneme yapılmış ve sonrasında % verim ve %

esterleşme dereceleri belirlenmiştir. Şekil 3.5'te mikrodalga destekli ekstraksiyon ile pektin eldesi aşamaları ve kurutulmuş pektin örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3. 5: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon İle Pektin Eldesi

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

3.2.3. İzole edilen Pektin Örneklerinin Kimyasal ve Tekno-Fonksiyonel Karakterizasyonu

3.2.3.1. Nem ve Kül Analizleri

Portakal kabuğunun pektin ekstraksiyonu için ham madde olarak kullanıldığı çalışmalarda, yüzde nem ve kül içerikleri, Association of Official Analytical Chemists (AOAC) yöntemlerine göre hesaplanmıştır (AOAC 1995). Nem analizi için, temiz ve kurutulmuş cam petri kaplarının boş ağırlıkları (W) ölçülmüştür. Ardından, 1 gr örnek darası alınmış petri kabına alınarak (W1) 105 °C'de sabit

tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Sabit tartıma gelen cam petri kabı etüvden çıkartılarak desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar soğutulup son tartımı (W2) alınmıştır. % nem içeriği Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%Nem = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100 \quad (3.1)$$

Kül analizi için, kullanılan krozeler temizlenerek boş tartımı (W) yapılmıştır. Sonrasında pektin örneğinin kroze ile tartımı (W2) yapılarak 600°C'de 6 saat kül fırınında (Magma Therm MT-1105) yakılmıştır. Sonrasında krozeler desikatöre alınarak soğuduktan sonra tartımı (W3) yapılarak kaydedilmiştir. Elde edilen tartım değerleriyle pektin örneklerinin % kül miktarları hesaplanmıştır. % kül miktarı, Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%Kül = \frac{W_3 - W}{W_2 - W} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.3.2. pH Analizleri

Pektin ekstraksiyonunda önemli bir parametre olan pH değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, ekstraksiyonda kullanılan seyreltik asit çözeltilerinin ve ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstraktların pH değerleri analiz edilmiştir. pH metre (Mettler Toledo pH/Ion S220) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür.

3.2.3.3. Pektin Veriminin Hesaplanması

Portakal kabuğundan kimyasal asit ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemlerin de elde edilen pektin verimleri Eşitlik 3.3 kullanılıp kuru madde bazında hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan verim hesabıyla pektin üretimi için optimum koşulların belirlenmesi sağlanmıştır.

$$\% Verim = \frac{Kuru\ pektin\ ağırlığı\ (g)}{Kuru\ atık\ ağırlığı\ (g)} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.3.4. Pektinde Metil Esterleşme Derecesi Analizi

Metil esterleşme derecesi pektinin reolojik ve yapısının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Jel oluşturma özelliği esterleşme derecesine bağlıdır. Pektinin metil esterifikasyonunun (DE) derecesi De Oliveira vd. (2016) tarafından belirlenen yöntemle göre analizler gerçekleştirilmiştir. Toplam 50 mg kuru pektin örneği, 2 mL etanol ve 100 mL distile su içerisinde çözündürülmüştür. Numune tamamen çözüldükten sonra beş damla fenolftalein ilave edilerek ve karışım 0,05 mol/L sodyum hidroksit ile titre edilerek, sonuç ve başlangıç titresini olarak kaydedilmiştir.

Daha sonra 10 mL 0,5 mol/L sodyum hidroksit ilave edilerek karışım kuvvetlice çalkalanmış ve 30 °C'de 15 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda karışıma 10 mL 0,5 mol/L hidroklorik asit ilave edilerek pembe renk kayboluncaya kadar çalkalama işlemi uygulanmıştır. Sonrasında beş damla fenolftalein ilave edilerek karışım, kuvvetlice çalkalanarak soluk pembe renk elde edilinceye kadar 0,5 mol/L sodyum hidroksit ile titre edilmiştir. Bu titrasyon hacmi sabunlaşma titresini (son titre) olarak kaydedilmiş ve Eşitlik 3.4 kullanılarak % DE (h/h) şeklinde hesaplanmıştır.

$$DE (\%) = \frac{\text{Son titre}}{\text{Başlangıç titre} + \text{Son titre}} \times 100$$

(3.4)

3.2.4. Pektin İçeren Emülsiyon Yapısında Doğal Çilek Aroma Formülasyonunun Geliştirilmesi

Doğal çilek aroma vericisi formülü Yan vd. (2018) tarafından rapor edilen içeriklere uygun olarak oluşturulmuş olup Tablo 3.2’de verilen bileşenler kullanılmıştır.

Tablo 3. 2: Doğal Çilek Aroması Formülasyonu

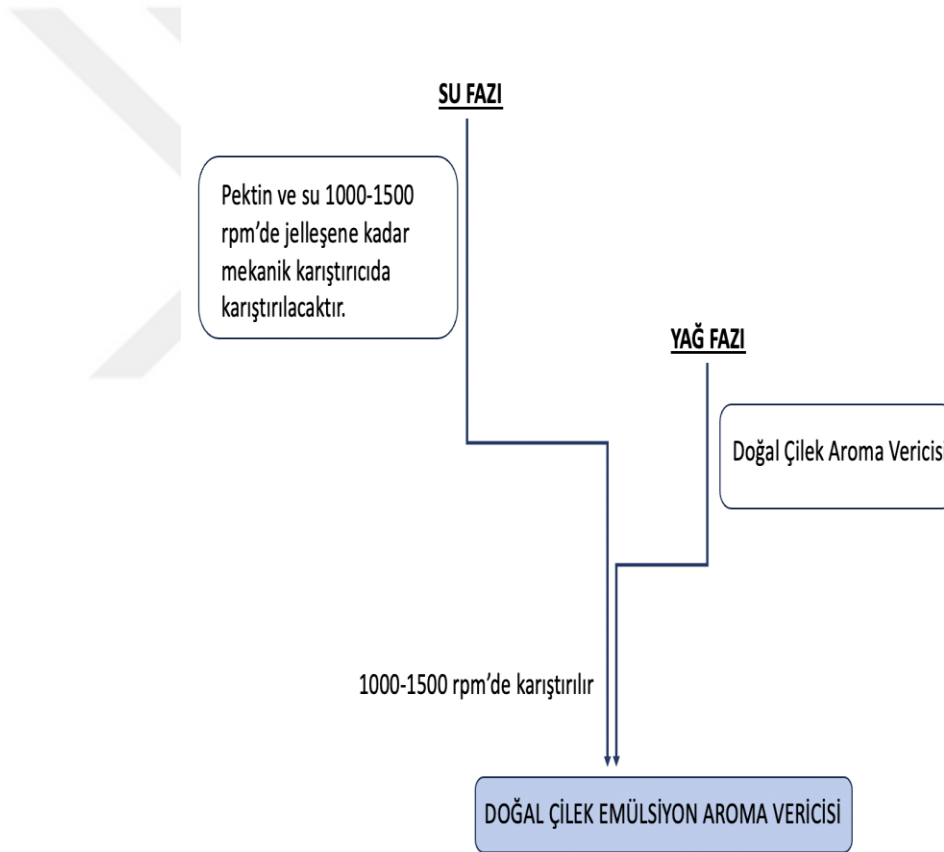
Aroma Bileşikleri	CAS Numarası	Moleküler Ağırlık (g/mol)	Moleküler Formül	Koku ve Tat Tanımı	Doğal Çilek Aromasında % Miktarı
2-Metil Butirik Asit	116-53-0	102	C ₅ H ₁₀ O ₂	Meyveli, Asidik, Peynirimsi	11,79
Etil Asetat	141-78-6	88	C ₄ H ₈ O ₂	Meyveli, Tatlı, Kırmızı	3,42
Etil Butirat	105-54-4	116	C ₆ H ₁₂ O ₂	Meyveli, Tatlı, Taze	12,76
Etil 2-Metil Butirat	7452-79-1	130	C ₇ H ₁₄ O ₂	Meyveli, Tropikal, Taze	10,28
Butirik Asit	107-92-6	88	C ₄ H ₈ O ₂	Asidik, Ekşi, Tereyağı	0,86
Gamma Dekalaktone	706-14-9	170	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Meyveli, Krema, Tatlı	25,66
Cis-3-Hexenol	928-96-1	100	C ₆ H ₁₂ O	Taze, Yeşil, Ham	12,73
Metil Sinamat	103-26-4	162	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	Çilek, Tatlı, Meyveli	6,36
Limonen	5989-54-8	136	C ₁₀ H ₁₆	Terpenik, Yeşil, Bitkisel	1,92
Heksanoik Asit	142-62-1	116	C ₆ H ₁₂ O ₂	Meyveli, Yağlı, Ekşi	0,56
Furanol	3658-77-3	128	C ₆ H ₈ O ₃	Tatlı, Karamel, Meyveli	13,66

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Oluşturulan likit doğal çilek aroma karışımına pektin belirlenen oranlarda pektin ekstraktları eklenerek emülsiyon yapısında aroma formülasyonu oluşturulmuştur. Emülsiyon formülasyonu yağ ve su fazı olarak iki aşamada gerçekleşmiştir. Ekstraksiyon sonucu elde edilen pektin su ile çözelti haline getirilerek

formülasyonun su fazını oluşturmuş, yağ fazını ise formülasyonu oluşturulan doğal çilek aroma vericisi oluşturmuştur. Oluşturulan formülasyonun akım şeması Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Doğal çilek aroması, pektin formülasyonuna %10-12 oranında (ağ/hac) ilave edilmiştir.

Yüksek metoksilli pektinlerin jelleşme sıcaklığı 60-85°C arasında başlar ve karışım soğurken yapıda sertleşme meydana gelir (Thakur vd., 1997). Buna göre 60-85°C arasında pektinin jelleşme yeteneğindeki sıcaklığı belirlemek amacıyla deneme yanılma yoluyla jelleşme için gerekli sıcaklık tespit edilmiştir. Portakal kabuklarından elde edilen pektinin esterifikasyon özelliklerine bağlı olarak jel yapma kapasitesinin olduğu sıcaklık derecesi 80 °C olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 6: Doğal Çilek Emülsiyon Aroması Formülasyonun Üretim Akım Şeması

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

3.2.4.1. Damlacık ve Zeta Potansiyel Analizleri

Oluşturulan emülsiyonun kararlılığı zeta potansiyel değeri ölçölerek belirlenmiştir. Bu amaçla Zetasizer cihazı kullanılmıştır (Jutakridsad vd., 2020).

3.2.4.2. Viskozite Analizleri

Viskozite değeri stabilite için önemli bir parametre olup, viskozite ölçümleri AND (SV-10) marka viskozimetre kullanılarak yapılmıştır.

3.2.4.3. GC-MS-HS-SPME Analizleri

Oluşturulan emülsiyon örneklerinin aroma salınım performansını değerlendirmek amacı ile GC-MS-HS-SPME analizi uygulanmıştır. GC-MS-HS-SPME analizleri amacıyla AGILENT GC 7890B (G3440B) marka cihaz kullanılmıştır. Bu analizde pektinin emülgatör olarak kullanıldığı emülsiyon ile pektin içermeyen aroma vericinin (kontrol) belirlenen sıcaklık aralıklarında (40-200 °C) aroma bileşenlerinin salınımları incelenmiştir. Burada amaç pektin içeren formölasyonun kromatografi sonuçlarında kromatogramda vereceği piklerin pektin içermeyen aroma vericiye kıyasla daha geç alıkonma süresine sahip olup olmadığının ortaya konulmasıdır. Tablo 3.3'te kolon özellikleri, uygulanan metot ve sıcaklık-süre parametreleri verilmiştir.

Tablo 3. 3: Kolon Özellikleri ve GC-MS-SPME Parametreleri

Front PTV Inlet HE			
Agilent 19091n-136			
HP-INNOWax			
40 °C-260 °C (260 °C): 60 m x 250 µm x 0.25 µm			
Kolon Başlangıç Sıcaklığı		40 °C	
Dengeleme Süresi		1 dk	
Maksimum Kolon Sıcaklığı		260 °C	
İnkübasyon Sıcaklığı 80 °C			
İnkübasyon Zamanı 30 dk			
Karıştırma Başlangıç Zamanı 5 s			
Karıştırma Bitiş Zamanı 1 s			
Karıştırıcı Hızı 250 rpm			
	Artış °C/dk	Sıcaklık (°C)	Bekleme Süresi (dk)
Başlangıç		40	0
1	5	80	5
2	5	120	10
3	5	140	10
4	5	160	10
5	5	180	10
6	5	200	10

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

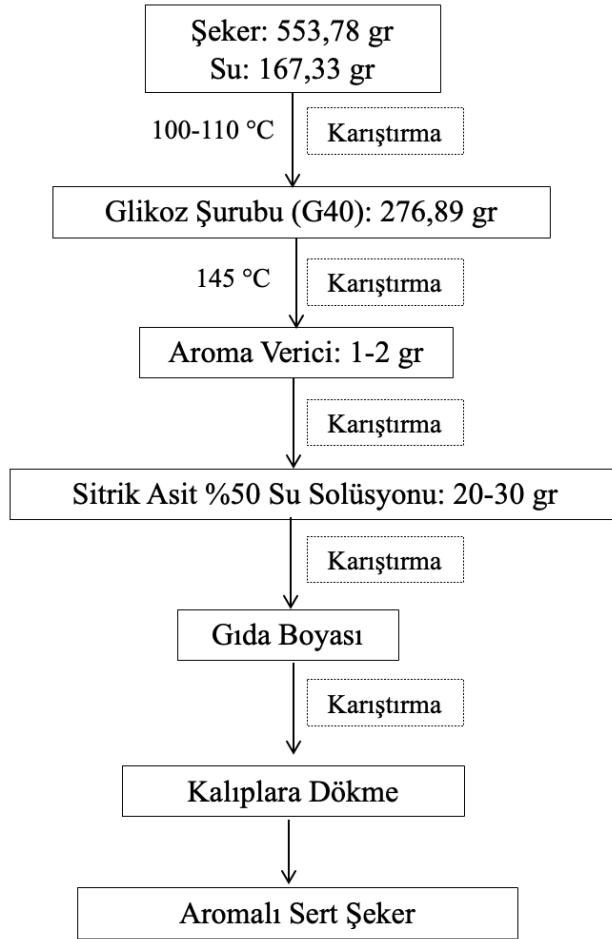
3.2.5. Sert Şeker Üretimi

Sert şeker üretimi amacıyla toz şeker, su, glikoz şurubu, aroma ve sitrik asit kullanılmıştır. Toz şeker %55 (ağ/ağ), su %17 (hac/ağ) ve glikoz şurubu %28 (ağ/ağ) oranlarında kullanılmıştır. Bu formülasyona uygun dozajda aroma verici ve %2 (ağ/ağ) sitrik asit eklenmiştir. Sert şekerin eldesi amacıyla öncelikle su ve toz şeker 100-110 °C'ye gelene kadar ısıtılarak homojen bir yapı haline gelmesi sağlandı. Homojen hale gelen karışıma glikoz şurubu eklenerek 145 °C'ye ısıtıldı. 145 °C'ye gelen karışıma aroma verici, sitrik asit ve boyar madde ilavesi yapılarak şeker kalıplarına döküldü. Şekil 3.7'de üretim akım şeması verilmiştir.

Aroma bileşenlerinin dozajı, tüketici tercihleri, son ürünün özellikleri ve üretici firmanın spesifikasyonlarına göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, dozajlama için kesin bir miktar belirtmek zordur. Her üretim süreci, hedef kitle ve yerel tat alışkanlıkları göz önünde bulundurularak optimize edilmelidir.

Dozajlama, genellikle deneme yanılma yöntemiyle veya mevcut standartlar çerçevesinde belirlenir (Amiot ve Cerny, 2015).

Yapılan ön denemeler sonrasında emülsiyon yapısındaki çilek aroma vericisi %0,10 ve %0,20 oranlarında (ağ/ağ) sert şeker formülasyonuna eklenmiştir.

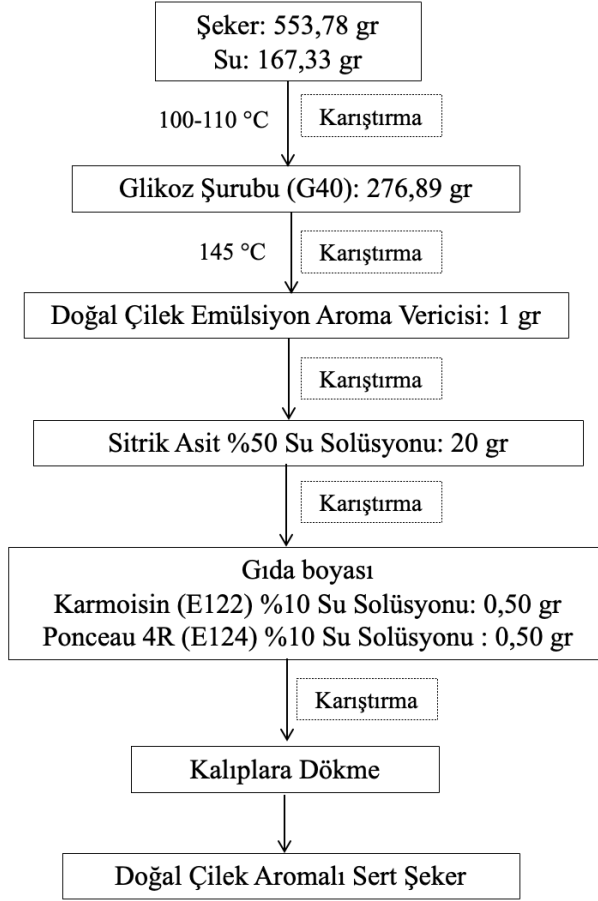


Şekil 3. 7: Sert Şeker Üretim Akış Şeması

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Doğal çilek aromalı sert şeker üretimi için (Şekil 3.8); İlk olarak, 553,78 gram şeker ve 167,33 gram su 100-110°C sıcaklıkta karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından, 276,89 gram glikoz şurubu (G40) eklenerek 145°C'de tekrar karıştırma işlemi uygulanmıştır. Bu aşamada, 1 gram doğal çilek emülsiyon aroma vericisi de ilave edilip, daha sonra 20 gram sitrik asit çözeltisi eklenerek karıştırma işlemine devam edilmiştir. Son olarak, 0,50 gram karmoisin (E122) ve 0,50 gram ponceau 4R (E124) gıda boyaları, %10'luk su çözeltileri halinde eklenerek karıştırılmıştır.

Tüm bu bileşenler bir araya getirildikten sonra, karışım kalıplara dökülerek ve doğal çilek aromalı sert şeker elde edilmiştir.



Şekil 3. 8: Doğal Çilek Emülsiyon Aroma Vericili Sert Şeker Üretim Basamakları

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

3.2.6. Duyusal Analiz

Oluşturulan emülsiyon örneklerinin sert şekerin duyusal özelliklerine etkisini kontrol örneği ile karşılaştırmalı olarak belirlenmesi ve belirlenen sürede depolama süreci sonrasındaki farklılıkların belirlenebilmesi amacıyla duyusal analizler yapılmıştır. Bu amaçla, puanlama testi ve üçgen test yapılmıştır. Puanlama testinde sert şeker örnekleri 10 kişiden oluşan duyusal analiz paneline Tablo 3.4'te yer alan tadım panel kartlarıyla birlikte sunularak tat özelliklerini 1'den 10'a kadar puanlaması istemiş ve aroma kuvveti olarak kontrol örneği ile karşılaştırılmaları istenmiştir.

Kontrol örneği olarak pektin içermeyen likit formdaki doğal çilek aroma vericisi eklenmiş ser şeker örneği sunulmuştur. Panelistler her iki örnekte de eşit miktarda aromatik bileşen içeren sert şekerleri değerlendirerek pektin içeren ve içermeyen (kontrol) emülsiyon formülasyonu içeren sert şeker örneklerinin duysal karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu şekilde pektin içeren emülsiyon formülasyonun performansını duysal olarak değerlendirmiştir.

Üçgen testinde iklimlendirme kabinindeki bekletme süreleri sonrasında, panelistlere tadım yaptırılarak duysal olarak emülsiyon örneklerinin raf ömrü süreleri analiz edilmiştir. Böylece emülsiyon örneklerinin stabilitesini koruyabildiği raf ömrü süresi iklimlendirme kabininde bekleme süresine bağlı olarak belirlenmiştir.

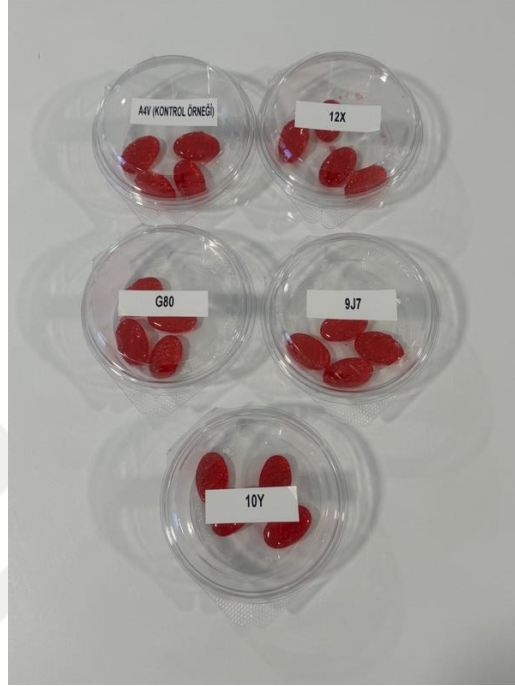
Tablo 3. 4: Sert Şeker Tadım Panel Kartı

SERT ŞEKER TADIM PANEL KARTI									
PANELİSTÇİ ADI SOYADI:									
PANELİST SAYISI:	10								
ANALİZ SORUMLUSU:	SELEN KARAÇUHALILAR								
PUAN ARALIĞI:	TAT:MÜKEMMEL:10 ÇOK İYİ:9-8 İYİ :7 İYİNİN ALTI ORTALAMNIN ÜZERİ :6 ORTA 5 ORTANIN ALTI KÖTÜNÜN ÜZERİ :4 KÖTÜ :3 ÇOK KÖTÜ :2 AŞIRI KÖTÜ:1 YOĞUNLUK: 1: ZAYIF 2: ORTA 3: YOĞUN								
AROMA KODU	KARAKTER	ÇÜRÜK	EKŞİ	HAM	TAZE	OLGUN	YEŞİL	TAT(1-10)	YOĞUNLUK (1-3)
A4V (KONTROL ÖRNEĞİ)	ÇİLEK								
12X	ÇİLEK								
G80	ÇİLEK								
9J7	ÇİLEK								
10Y	ÇİLEK								
KARAKTER (✓) İLE İŞARETLEYİNİZ. /TAT PUANLAYINIZ./Satin alır mısınız? EVET/HAYIR olarak cevap veriniz. KONTROL ÖRNEĞİNİ PUANLAYARAK DİĞERLERİYLE KARŞILAŞTIRMA YAPINIZ.									

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Pektin içermeyen (kontrol örneği) ve pektin içeren (%1, 1.2, 1.4, 1.6) doğal çilek emülsiyonları içeren (%0,10 konsantrasyonunda) sert şekerlere eğitimli 10 kişilik panelist ile duysal analizler uygulanmıştır (Şekil 3.9). Pektin içermeyen kontrol örneği ile pektin içeren sert şekerlerin tat ve yoğunluk performansını ölçmek için panel ekibine puanlama testi uygulanmıştır (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2015).

Duyusal analizler öncesinde lezzet profil analizi (LPA tekniği) esasına dayalı olarak panel ekibi ile ilek aroması için geçerli tat karakterleri (ürük, ekşi, ham, taze, olgun, yeşiil) konusunda mutabık kalınmıştır. Bunun nedeni her panelist için tat karakterlerin tanımının aynı olması gerekliliğidir.



şekil 3. 9: Doğal ilek Emülsiyonu İçeren Sert şekerler

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

3.2.7. Raf Ömrü Testleri

Raf ömrü testleri için iklimlendirme kabini (Nükleon NIT-120) kullanılmıştır. Oluşturulan emülsiyon örnekleri 40°C nemsiz ortamda tutularak yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır. İklimlerme test kabini cihazında Ek-1 de yer alan teknik özelliklere bağlı olarak bekletme süresine karşılık elen eş değer yaşlandırma zamanlarında (5 gün-3 ay, 10 gün-6 ay vb.) duyuşal testler yapılarak tat ve koku özelliklerinin farklılık testi ile panelistler tarafından değerlendirilerek emülsiyon yapısındaki aroma örneklerinin stabilitesinin korunduğu maksimum süre belirlenmiştir.

3.3. İstatistiki Analizler

Çalışma kapsamında yapılan analizler üç tekrarlı yapılmış ve ortalama değerler ile standart sapmalar hesaplanmıştır. Ortalama değerler arasındaki farklılıkların istatistiki olarak anlam düzeylerinin belirlenmesi amacıyla Minitab17 programı kullanılarak ANOVA tek yönlü varyans analizi ile Tukey's çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır ($p<0.05$).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Portakal Kabuğundan Pektin Eldesi ve Karakterizasyonu

4.1.1. Ekstraksiyon Verimi

Portakal kabuklarından sitrik asit ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri ile ekstrakte edilen pektin örneklerinin yüzde ekstraksiyon verimi ortalama \pm standart sapma şeklinde hesaplanarak Tablo 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Tablolar incelendiğinde portakal kabuklarından sitrik asit ekstraksiyonu ile elde edilen pektinin verimi %11,28, mikrodalga destekli ekstraksiyon ile elde edilen pektinlerin verim sonuçları farklı pH (1.0, 1.5 ve 2.0) ve sürelerde (30-60 ve 90 s) %11.35 ile 12.68 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Portakal kabuğundan pektin ekstraksiyonu verimi en yüksek mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde pH 1’de 90 s süreyle yapılan ekstraksiyonda elde edilmiş, verim % 12,68 şeklinde bulunmuştur. En düşük verim ise 80 °C de pH 1,2 de 60 dakikalık ekstraksiyon sonucunda % 11,28 şeklinde bulunmuştur. Verim değerlerinin ekstraksiyon çözeltisinin pH değerinin artması ile azaldığı, ekstraksiyon süresinin artması ile arttığı tespit edilmiştir. pH değeri 1 değerinde 360 W mikrodalga gücünde ve 90 s süreyle mikrodalga uygulamasında verim %12,68 iken; aynı mikrodalga gücünde fakat 30 s süreyle mikrodalga uygulamasında verim %11,96 olarak bulunmuştur. Bu verilere göre ekstraksiyon çözeltisinin pH değeri ve ekstraksiyon süresi pektin verimine etki eden önemli bir parametredir.

Tablo 4. 1: Sitrik Asit Ekstraksiyonu ile % Ekstraksiyon Verimi

Ekstraksiyon Yöntemi	pH	Ekstraksiyon Sıcaklığı (°C)	Ekstraksiyon Süresi (dak)	Verim (%)
Sitrik Asit Ekstraksiyonu	1.2	80	60	11,28 \pm 0,24

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4. 2: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile % Ekstraksiyon Verimi

Ekstraksiyon Yöntemi	pH	Mikrodalga Gücü (W)	Ekstraksiyon Süresi (s)	Verim (%)
Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon	1.0	360	30	11,96±0,46 ^a
	1.5	360	30	11,43±0,72 ^b
	2.0	360	30	11,52±0,88 ^b
	1.0	360	60	12,28±1,08 ^a
	1.5	360	60	11,35 0,54 ^b
	2.0	360	60	11,54±0,73 ^b
	1.0	360	90	12,68±0,75 ^a
	1.5	360	90	11,37 0,55 ^b
	2.0	360	90	11,49±0,67 ^b

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. ^{a, b} Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Güzel ve Akpınar (2017) çalışmasında, limon, portakal, greyfurt ve mandalina kabuklarından sitrik asit ekstraksiyonu ile elde edilen pektinin karakterizasyonunu ve karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışma sonucunda portakal kabuğundan elde edilen pektin %11,46 olarak bulunmuştur. Bu değer tez çalışmasında sitrik asit ekstraksiyonu ile elde edilen pektinin % verim değerine yakındır.

Prakash vd. (2013) çalışmasında, portakal kabuğundan elde edilen pektinin mikrodalga destekli ekstraksiyon sonucunda optimizasyonunu araştırmışlardır. Çalışmada farklı süre, sıcaklık, pH ve mikrodalga güçlerinde elde edilen pektinlerin % verim hesaplamaları yapılmıştır. Buna göre; 320 W, 60 s ve pH 1’de verim %7,52 , 320 W, 120 s ve pH 1’de verim %9,39, 320 W, 60 s ve pH 1.5’te verim %8,99, 320 W, 120 s ve pH 1.5’te verim %8,06 olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde pektin veriminin uygulama süresi kısaldıkça azaldığı, pH değeri arttıkça verimin yükseldiği görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen değerler tez çalışmasındaki verim değerlerinde az olsa dahi ekstraksiyon süresi ve pH değerinin elde edilen pektinin verimine paralel etki gösterdiği söylenebilir.

Fakayode ve Abobi (2018) çalışmasında, portakal kabuğundan pektin eldesini sıcak asit ekstraksiyonu sağlayarak optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, farklı süre, sıcaklıklarda ve pH’larda elde edilen pektinlerin % verim hesaplamaları yapılmıştır.

Buna göre; 85°C, 75 dak ve pH 1.5'te verim %15,70, 85°C, 105 dak ve pH 1.5'te verim %25,49 ve 80°C, 90 dak ve pH 2.0'de verim %13,36 olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde pektin veriminin uygulama süresi uzadıkça yükseldiği, pH değeri arttıkça verimin düştüğü görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen değerler tez çalışmasındaki verim değerlerine göre yüksektir.

Yeoh ve Langrish (2008) çalışmasında, portakal kabuğundan pektin elde edilmesinde mikrodalga destekli yöntemde farklı çözücüler kullanarak optimizasyonunu araştırmışlardır. 300 W, 5 dak ve pH 1.5'te uygulanan ekstraksiyon sonucunda, distile su kullandığında verim %5,27, etanolde %10,20 ve EDTA kullandığında %12,00 olarak bulmuşlardır. Bu değerler, distile suya göre pektin verimi yaklaşık iki kat arttırmıştır. Bu çalışmada elde edilen değerler tez çalışmasındaki verim değerlerine göre yüksektir.

Sonuç olarak, portakal kabuklarından Sitrik Asit ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen pektinlerin % verim değerleri karşılaştırılmıştır. Buna göre performansı en yüksek pH 1'de 90 s süreyle mikrodalga destekli ekstraksiyondan elde edilen pektin olduğu tespit edilerek pektin içeren doğal çilek emülsiyonların formülasyon tasarımında kullanılacaktır.

4.1.2 Nem Ve Kül Analiz Sonuçları

Pektin ekstraksiyonunda portakal kabuklarından Sitrik Asit ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen pektinin yüzde nem ve kül içerikleri analiz edilerek ortalama \pm standart sapma olarak Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te verilmiştir.

Sitrik Asit Ekstraksiyonunda pH değeri 1.2, ekstraksiyon sıcaklığı 80°C ve süresi ise 60 dakika olarak belirlenen deney tasarımında nem değeri %15,94 ve kül değeri ise %1,02 olarak ölçülmüştür.

Tablo 4. 3: Sitrik Asit Ekstraksiyonu ile % Nem ve Kül Değerleri

Ekstraksiyon Yöntemi	pH	Ekstraksiyon Sıcaklığı (°C)	Ekstraksiyon Süresi (dak)	Nem (%)	Kül (%)
Sitrik Asit Ekstraksiyonu	1,2	80	60	15,94±0,02	1,02±0,01

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Mikrodalga destekli ekstraksiyonda farklı pH seviyelerinde ve sabit bir mikrodalga gücü (360 W) ile farklı sürelerde (30, 60 ve 90 saniye) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, nem ve kül oranlarının pH ve ekstraksiyon süresine bağlı olarak değiştiğini gözlemlenmiştir. pH 1’de 30 saniye süresince yapılan ekstraksiyonda nem oranı %16,66 olarak bulunurken, bu değerler pH 1,5 ve 2’de sırasıyla %16,68 ve %16,67 olarak bulunmuştur. pH 1,5’te en yüksek nem oranı elde edilmiştir. Ekstraksiyon süresi uzadıkça, nem oranları genel olarak benzer seviyelerde kalmış, pH 1 ve 1,5’te %16,65 ve %16,67 bulunmuştur. Kül oranları ise pH ve ekstraksiyon sürelerine göre farklılık göstererek pH 1’de 30 saniye ekstraksiyon sonucunda kül oranı %1,01 olarak bulunurken, bu değer, pH 1.5 ve 2.0’de %1,01 bulunmuştur. 90 saniyede, pH 1.0 ve 1.5’te kül oranı sırasıyla %1,02 ve %1,02 olarak bulunmuştur.

Tablo 4. 4: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile % Nem ve Kül Değerleri

Ekstraksiyon Yöntemi	pH	Mikrodalga Gücü (W)	Ekstraksiyon Süresi (s)	Nem (%)	Kül (%)
Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon	1.0	360	30	16,66±0,01 ^a	1,01 ± 0,01 ^a
	1.5	360	30	16,68±0,02 ^b	1,01 ± 0,00 ^b
	2.0	360	30	16,67±0,04 ^b	1,01 ± 0,01 ^a
	1.0	360	60	16,65±0,02 ^a	1,02 ± 0,01 ^a
	1.5	360	60	16,65±0,02 ^a	1,01 ± 0,00 ^b
	2.0	360	60	16,66±0,01 ^a	1,01 ± 0,01 ^a
	1.0	360	90	16,67±0,02 ^b	1,02 ± 0,00 ^b
	1.5	360	90	16,65±0,01 ^a	1,02 ± 0,00 ^b
	2.0	360	90	16,67±0,02 ^b	1,02 ± 0,00 ^b

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. ^a, ^b Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Pokhrel vd. (2024) çalışmasında, portakal kabuklarından elde edilen pektinin karakterizasyonu yapılmıştır. Çalışma sonucunda nem değeri %8,33 ve kül değeri %2,50 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerler tez çalışmasında elde edilen nem değerinden düşük ve kül değerinden yüksektir.

Bagde vd. (2017) çalışmasında, portakal kabuğu ve limon kabuğundan pektin ekstraksiyonu yapılmıştır. Çalışma sonucunda portakal kabuklarında, nem değeri %7,00 ve kül değeri %6,50 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerler tez çalışmasında elde edilen nem değerinden düşük ve kül değerinden yüksektir.

Güzel ve Akpınar (2017) çalışmasında, turunçgil kabuklarından elde edilen pektinlerin karakterizasyonunu ve karşılaştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Buna göre, portakal kabuklarında kül değeri %1,19 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerler tez çalışmasında elde edilen değerlere yakın olsa da yüksektir.

4.1.3. Metil Esterleşme Derecesi Sonuçları

Pektin ekstraksiyonunda ham madde olarak kullanılan portakal kabuklarından Sitrik Asit ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen pektinin yüzde metil esterleşme derecesi belirlenmiş ve değerler ortalama \pm standart sapma olarak Tablo 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Tablo 4.5 ve 4.6 incelendiğinde portakal kabuklarından ekstraksiyonla elde edilen pektinlerde metil esterleşme derecesi %49,08-69,31 aralığında değişiklik göstermektedir. Sitrik Asit Ekstraksiyonu'nda, pH 1.2, ekstraksiyon sıcaklığı 80°C ve ekstraksiyon süresi 60 dakika koşulları uygulanmış ve %66,74 metil esterleşme derecesi elde edilmiştir.

Tablo 4. 5: Sitrik Asit Ekstraksiyonu ile % Metil Esterleşme Derecesi

Ekstraksiyon Yöntemi	pH	Ekstraksiyon Sıcaklığı (°C)	Ekstraksiyon Süresi (dak)	Metil Esterleşme Derecesi (%)
Sitrik Asit Ekstraksiyonu	1,2	80	60	66,74 \pm 0,91

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon 'da ise pH, mikrodalga gücü ve ekstraksiyon süresi parametreleri değiştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek metil esterleşme derecesi %69,31 ile pH 1, 360 W mikrodalga gücü ve 90 saniye ekstraksiyon süresi koşullarında elde edilmiştir.

Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon yönteminde, pH değeri arttıkça (1.0 > 1.5 > 2.0) metil esterleşme derecesi azalmaktadır. Benzer şekilde, ekstraksiyon süresi uzadıkça (30 s > 60 s > 90 s) da metil esterleşme derecesi düşmektedir. Bu durum, daha yüksek pH değeri ve daha uzun ekstraksiyon sürelerinin, bileşenlerin parçalanmasına ve dolayısıyla metil esterleşme derecesinin azalmasına neden olduğunu göstermektedir.

İki yöntem karşılaştırıldığında, mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi Sitrik Asit ekstraksiyonu yöntemine göre daha yüksek metil esterleşme derecesi sağlamıştır. Bu durum, mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin de etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 4. 6: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile % Metil Esterleşme Derecesi

Ekstraksiyon Yöntemi	pH	Mikrodalga Gücü (W)	Ekstraksiyon Süresi (s)	Metil Esterleşme Derecesi (%)
Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon	1.0	360	30	55,04±0,59 ^a
	1.5	360	30	50,57±0,27 ^b
	2.0	360	30	49,08±0,28 ^b
	1.0	360	60	61,92±0,34 ^a
	1.5	360	60	58,39±0,73 ^b
	2.0	360	60	56,33±0,62 ^b
	1.0	360	90	69,31±0,58 ^a
	1.5	360	90	66,48±0,29 ^b
	2.0	360	90	64,44±0,45 ^b

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. ^a, ^b Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Sonuç olarak pH değerinin artması ile metil esterleşme derecesinin azaldığı, sabit pH değerinde yüksek sürelerde uygulamanın verim ve esterleşme derecesi üzerinde olumlu etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada, optimum koşullar pH 1,

mikrodalga gücü 360 W ve süre 90 s olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda metil esterleşme derecesi %69,31 olarak bulunmuştur.

Sayah vd. (2016) çalışmasında, portakal kabuklarından farklı koşullarda elde edilen pektinlerin metil esterleşme derecelerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, taze portakal kabuklarından sitrik asit ekstraksiyonu ile elde edilen metil esterleşme derecesi %65,49 olarak bulunmuştur. Bu değer, tez çalışmasında sitrik asit ekstraksiyonu ile edilen edilen pektinin metil esterleşme derecesine yakın bir değer olsa da literatür sonucu tez çalışmasındaki sonuca göre düşüktür.

Su vd. (2019) çalışmasında, portakal kabuğundan mikrodalga destekli ekstraksiyon ile pektin eldesi ve karakterizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, farklı süre ve pH'larda elde edilen pektinlerin % metil esterleşme derecelerine yer verilmiştir. Buna göre, mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminde pH 1.0 ve 5 dak'da metil esterleşme derecesi %51,70, pH 1.0 ve 6 dak'da metil esterleşme derecesi %70,40, pH 1.5 ve 5 dak'da metil esterleşme derecesi %72,80 ve pH 1.5 ve 6 dak'da metil esterleşme derecesi %68,00, olarak bulunmuştur. Bu değerler, tez çalışmasında mikrodalga destekli ekstraksiyonu ile edilen pektinin metil esterleşme derecelerine göre oldukça yüksektir. Buda ekstraksiyon süresinin ve pH değerinin metil esterleşme derecesi üzerindeki etkisini göstermektedir.

Georgiev vd. (2012) çalışmasında, portakal kabuklarından sıcak asit ekstraksiyonu ile pektin eldesi, karakterizasyonu ve modifikasyonu gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, farklı sıcaklık ve pH'larda elde edilen pektinlerin % metil esterleşme derecelerine yer verilmiştir. Buna göre, farklı sıcaklık parametrelerinde metil esterleşme dereceleri 65°C'de %76,59, 75°C'de %75,81, 85°C' de %75,15 ve 95°C' de %74,02 olarak bulunmuştur. Farklı pH değerlerinde, pH 1.0'de %75,58, pH 1.5'te %76,02, pH 2.0'de %77,35 ve pH 2.5'te %77, 56 olarak bulunmuştur. Bu değerler, tez çalışmasında sıcak asit ekstraksiyonu ile edilen pektinin metil esterleşme derecelerine göre oldukça yüksektir. Buda ekstraksiyon sıcaklığının ve pH değerinin metil esterleşme derecesi üzerindeki etkisini göstermektedir.

Güzel ve Akpınar (2019) çalışmasında, portakal kabuklarından sıcak asit ekstraksiyonu ile pektin eldesi sağlayarak karakterizasyonu gerçekleştirmişlerdir. Buna göre, 80°C ve 60 dak'da sıcak asit yöntemi ile ekstrakte edilen pektinin metil esterleşme derecesi %69,67 olarak bulunmuştur. Bu değer, tez çalışmasında sitrik

asit ekstraksiyonu ile edilen pektinin metil esterleşme derecesine yakın bir değer olsa da literatür sonucu tez çalışmasındaki sonuca göre yüksektir.

4.2. Pektin İçeren Doğal Çilek Aroma Emülsiyonu

Sitrik asit ekstraksiyonu ile elde edilen pektine kıyasla verim ve metil esterleşme derecesi daha yüksek olduğu için jel oluşturma kabiliyeti daha fazla olan mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi (pH 1.0'de 90 s süreyle ekstraksiyon) ile elde edilen pektin kullanılarak pektin içerikli doğal çilek emülsiyon formülasyonları deneme deseni oluşturularak uygun formülasyon tasarımına ulaşılmıştır. Farklı pektin içeriğine (%1, 1.2, 1.4 ve 1.6) sahip formülasyonların içeriği Tablo 4.7'de yer almaktadır.

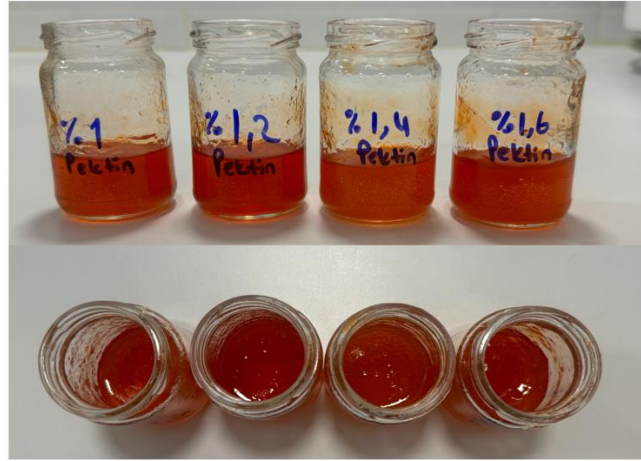
Tablo 4. 7: %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 Pektin İçeriğine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonu Formülasyonları

Miktar (g/g)		%1 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu	%1.2 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu	%1.4 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu	%1.6 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu
Su Fazı	Pektin	1	1,2	1,4	1,6
	Şeker Şurubu (%68 Briks)	4	4	4	4
	Karmin (E120)	0,50	0,50	0,50	0,50
	İçme Suyu	84,50	84,30	84,10	83,90
Yağ Fazı	Doğal Çilek Aroması	10	10	10	10

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Oluşturulan emülsiyon yapısı su ve yağ fazı olmak üzere iki ayrı fazdan oluşmaktadır. Su fazını pektin, şeker şurubu, gıda boyası ve su oluştururken, yağ fazını doğal çilek aroması oluşturmaktadır.

Emülsiyonun yapım aşamasında ilk olarak pektin, şeker şurubu ve su 80°C'de jel oluşturana dek mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Jel yapısı elde edildikten sonra formülasyona gıda boyası eklenerek tekrar mekanik karıştırıcıda karıştırılarak su fazı tamamlanmıştır. İkinci aşamada su ve yağ fazları birbirleri ile mekanik karıştırıcı vasıtası ile karıştırılarak doğal çilek emülsiyonu elde edilmiştir. Bu işlemler her pektin miktarı için tekrarlanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1: %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 Pektin İçeriğine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonları

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

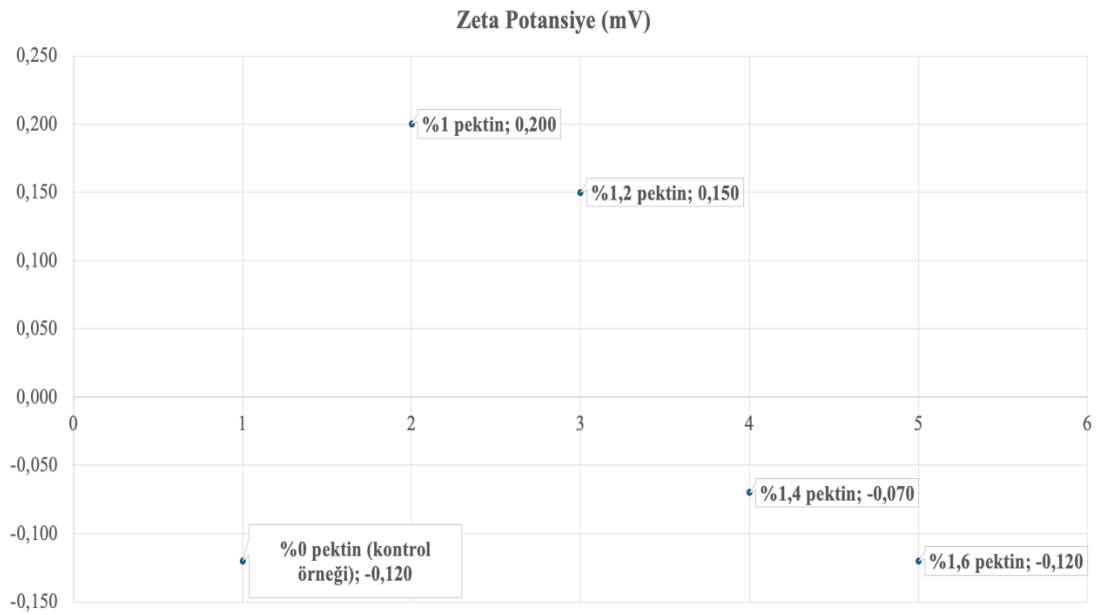
4.2.1. Damlacık Boyutu ve Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları

Portakal kabuklarından mikrodalga destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen pektin ile oluşturulan doğal çilek emülsiyonlarının zeta potansiyelleri belirlenmiş ve Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Negatif ve pozitif yükler emülsiyon kararlılığının belirleyicisidir. %0 pektin içeren kontrol örneğinin zeta potansiyel değeri -0,12 mV, %1 pektin içeren doğal çilek emülsiyonunun +0,20 mV, %1.2 pektin içeren doğal çilek emülsiyonunun +015 mV, %1.4 pektin içeren doğal çilek emülsiyonunun -0,07 mV ve %1.6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonunun -0,12 mV olarak ölçülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde pozitif zeta potansiyeli en yüksek olan %1 pektin içeren doğal çilek emülsiyonu en kararsız yapıdadır. Negatif zeta potansiyeli en yüksek olan %1, 6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonunu kontrol örneği olan %0 pektin içeren aroma vericiyle aynı zeta potansiyel değerine sahip olup en kararlı yapıyı oluşturmuşlardır.

Emülsiyonların pozitif yüklerde kararsız yapılar oluştururlar. Bunun sonucunda, pozitif yükler birbirlerini çekerek moleküllerin bir araya gelmesine neden olmaktadır. Pozitif zeta potansiyeli yüksek olması emülsiyonların kararsız yapıda olmasına dolayısıyla, hızlı bir şekilde ayrışmasına neden olmaktadır. Negatif yükler ise daha kararlı yapılar oluşturmaktadırlar. Bunun sonucunda, negatif yükler birbirlerini iterek moleküllerin bir araya gelmesini engellemektedir.

Negatif zeta potansiyeli yüksek olması emülsiyonların kararlı yapıda olmasına dolayısıyla, homojen olarak dağılıp, ayrışmamasına neden olmaktadır (Huang vd., 2022).

Sonuç olarak, pektin miktarındaki artış negatif zeta potansiyel değerinin artmasına yol açarak emülsiyon kararlılıklarını arttırmıştır. Detaylı zeta potansiyel analiz sonuçları Ek-3 listesinde verilmiştir.



Şekil 4. 2: %1, 1.2, 1.4 ve 1.6 Pektin İçeriğine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonlarının Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Shuai vd. (2022) çalışmasında, pektinin stabilizatör olarak kullanıldığı emülsiyonlarda zeta potansiyel değerlerini, pektin türüne ve pH değerine göre değişimlerini incelemişlerdir. Buna göre, β -P olarak oluşturulan pektin emülsiyonu, diğer oluşturulan pektin emülsiyonlarına göre negatif zeta potansiyel değere sahip olduğu görülmektedir. β -P emülsiyonunda zeta potansiyeli -44.96 mV olarak ölçülmüştür.

Bazı pektin içeren emülsiyonlar daha yüksek pH değerlerinde pozitif zeta potansiyeli yüksek olurken, β -P pektin emülsiyonu yüksek negatif zeta potansiyeline sahip olması nedeniyle en kararlı yapıyı oluşturmuşlardır. Elde edilen bu değerler tez çalışmasında elde edilen zeta potansiyeli değerinden yüksek dahi olsa en yüksek negatif zeta potansiyeline sahip emülsiyonun daha kararlı olduğunu göstermektedir.

Huang vd. (2022) çalışmasında, balık jelatinlerini pektinle stabilize ederek oluşturulan emülsiyonların fiziksel stabilitesi, reolojik özellikleri ve etkileşimleri incelemişlerdir. Buna göre, pektin eklenmemiş balık jelatinleri en yüksek pozitif zeta potansiyel (18.97 mV) değeri gösterirken, pektin karışımı hazırlanan balık jelatinli emülsiyon en yüksek negatif (-44.96 mV) değeri göstermektedir. Çalışma sonucunda en kararlı yapının pektin ilavesi yapılan balık jelatinlerinde olduğu görülmüştür. Pektin ilavesiyle emülsiyonların negatif zeta potansiyel değerini arttırarak kararlı yapının meydana en kararlı yapıyı oluşturmuşlardır.

Elde edilen bu değerler tez çalışmasında elde edilen zeta potansiyeli değerinden yüksek dahi olsa en yüksek negatif zeta potansiyeline sahip emülsiyonun daha kararlı olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Viskozite Analiz Sonuçları

Portakal kabuklarından Sitrik Asit ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen pektin ile oluşturulan doğal çilek emülsiyonlarının viskozite değerleri belirlenmiş ve ortalama \pm standart sapma olarak Tablo 4.8'de verilmiştir. Tablo 4.8 incelendiğinde, farklı pektin içeriklerine sahip doğal çilek emülsiyonlarının viskozite değerlerine yer verilmiştir. Kontrol grubu olarak, pektin içermeyen doğal çilek aroması kullanılmış ve viskozite değeri 2,34 mPa.s olarak ölçülmüştür.

Pektin içeriğindeki değişimin viskozite üzerine etkisini değerlendirmek için, %1, %1,2, %1,4 ve %1,6 oranlarında pektin içeren doğal çilek emülsiyonları hazırlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, pektin içeriğindeki artışa bağlı olarak viskozite değerlerinin de arttığı görülmektedir. %1 pektin içeren emülsiyonun viskozitesi 358 mPa.s, %1,2 pektin içeren emülsiyonun viskozitesi 362 mPa.s, %1,4 pektin içeren emülsiyonun viskozitesi 367 mPa.s ve %1,6 pektin içeren emülsiyonun viskozitesi 370 mPa.s olarak ölçülmüştür.

Pektin, emülsiyonlarda stabilizasyon sağlayan önemli bir bileşendir. Pektin içeriğindeki artış, emülsiyonun viskozitesini yükseltmekte ve böylece emülsiyon stabilitesini artırmaktadır. Daha yüksek viskozite, yağ damlacıklarının birleşmesini ve emülsiyonun ayrılmasını engelleyerek emülsiyon stabilitesini iyileştirir.

Tablo 4. 8: Pektin Seviyelerine Göre Viskozite Değerleri

Emülsiyon Örnekleri	%0 Pektin İçeren Doğal Çilek Aroması (Kontrol Örneği)	%1 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu	%1.2 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu	%1.4 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu	%1.6 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu
Viskozite Değeri (mPa.s)	2,34±0,01 ^a	358±0,02 ^b	362±0,02 ^b	367±0,02 ^b	370±0,02 ^b

* Her bir değer, 3 paralelin ortalamasıdır. ^a, ^b Aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (P<0.05)

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, pektin içeriğindeki artış doğal çilek emülsiyonlarının viskozite değerlerini önemli ölçüde artırmaktadır. Viskozitenin artması sonucu yükselen kaynama noktası ve düşen buhar basıncı ile birlikte aroma bileşenlerinin uçuculuklarının da azalma meydana gelerek, aroma vericinin gıda matrisi içerisinde salınımının sınırlandırılarak aroma kayıplarının azaltılması sağlanmıştır (Paravisini ve Guichard, 2016).

Literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde pektin yapılı jel sistemlerinde viskozitenin artması sonucu aroma bileşiklerinin salınımını önemli ölçüde azaltarak, uçuculuklarının azalmasına neden olduğu görülmüştür. Örnek olarak;

Paravisini vd. (2016) araştırmasında viskozitedeki artışın aroma bileşenlerinin uçuculuklarını sınırlandırdığını tespit etmişlerdir. Yüksek viskozite, aroma bileşiklerinin gaz fazına geçişini zorlaştırarak buhar basıncını düşürmesinden kaynaklı aroma uçuculuklarını sınırlandırmaktadır. Bu etki, özellikle pektin gibi polisakkaritlerde belirgindir. Araştırmada, pektin konsantrasyonunun artmasının aroma bileşiklerinin tutulmasını artırarak, özellikle hidrofobik bileşiklerin salınımını azalttığını göstermiştir.

Ayrıca, pektin bazlı jel sistemlerinde yapılan araştırmalarda, matriksin rijitliğinin artışı ile aroma salınımının azaldığı ve daha stabil bir aroma elde edildiği görülmüştür.

Ayed vd. (2014) araştırmasında, pektin sistemlerinde yer alan elektrostatik yüklerin, aroma bileşiklerinin salınımını etkileyen ana etkenlerden biri olduğunu belirtmiştir. Bu durum, pektinin su molekülleri ile etkileşimini değiştirerek aroma salınımını sınırlandırmaktadır.

4.3. Pektin İçeren Doğal Çilek Aroma Emülsiyonu ile Sert Şeker Üretimi

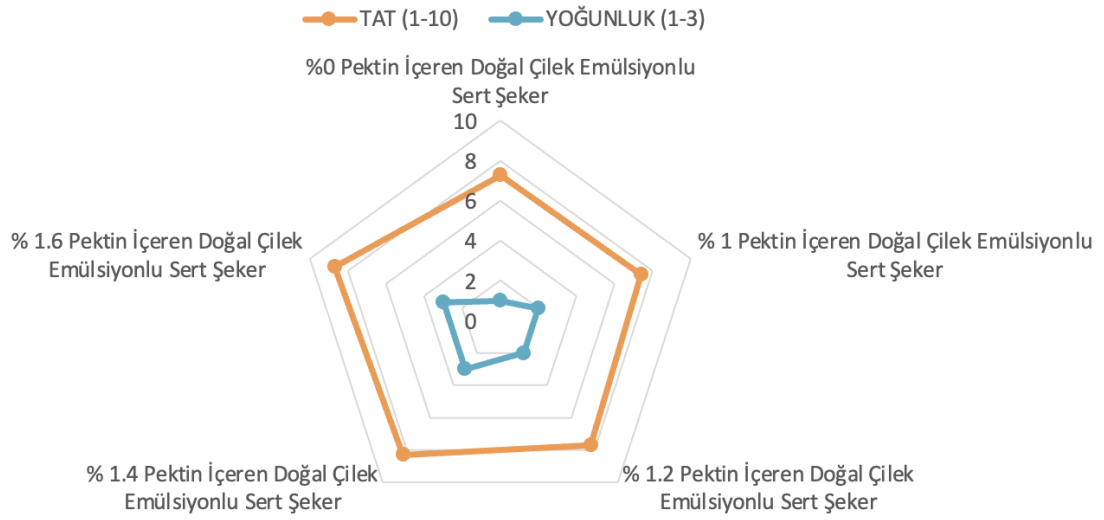
4.3.1. Duyusal Analiz Sonuçları

Duyusal analiz değerlendirme sonuçlarına göre (Şekil 4.3) Grafikte, sert şekerler örneklerinin tat (1-10) ve yoğunluk (1-3)'ları kontrol örneğine göre performansı karşılaştırılmıştır. Duyusal analizle, farklı pektin konsantrasyonlarına sahip çilek emülsiyonlarının duyusal özelliklerini değerlendirilmiştir. % 1.6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonlu, en yüksek performansı göstermektedir.

Tat (1-10) değeri 8'e ulaşırken, yoğunluk (1-3) değeri 3'tür. Bu, emülsiyonun kontrol örneğine kıyasla daha belirgin duyusal özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

Pektin konsantrasyonunun artması, emülsiyonun duyusal özelliklerini iyileştirmiş ve daha iyi performans sergilemesini neden olmuştur. % 1.4 ve % 1.6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonlu örneğe yakın tat ve yoğunluk özelliklerine sahiptir.

% 1 ve % 1.2 pektin içeren doğal çilek emülsiyonunda kontrol örneğine göre daha yüksek performans gösterse de % 1.4 ve % 1.6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonuna kıyasla duyuşal özellikleri zayıf kalmıştır. Her iki emülsiyonun da tat (1-10) değeri 7'ye, yoğunluk (1-3) değeri ise 2'ye ulaşmaktadır. Bu, pektin konsantrasyonunun daha da azalmasıyla emülsiyonların duyuşal özelliklerinin bozulduğunu ve kontrol örneğine yakın zayıf performans sergilediğini göstermektedir. Duyuşal analiz sonuçlarına göre, pektin miktarının artması ile aroma vericinin gıda matrisi içerisinde salınımının azaldığı görülmektedir.



Şekil 4. 3: Duyuşal Analiz Değerlendirme Sonuçları

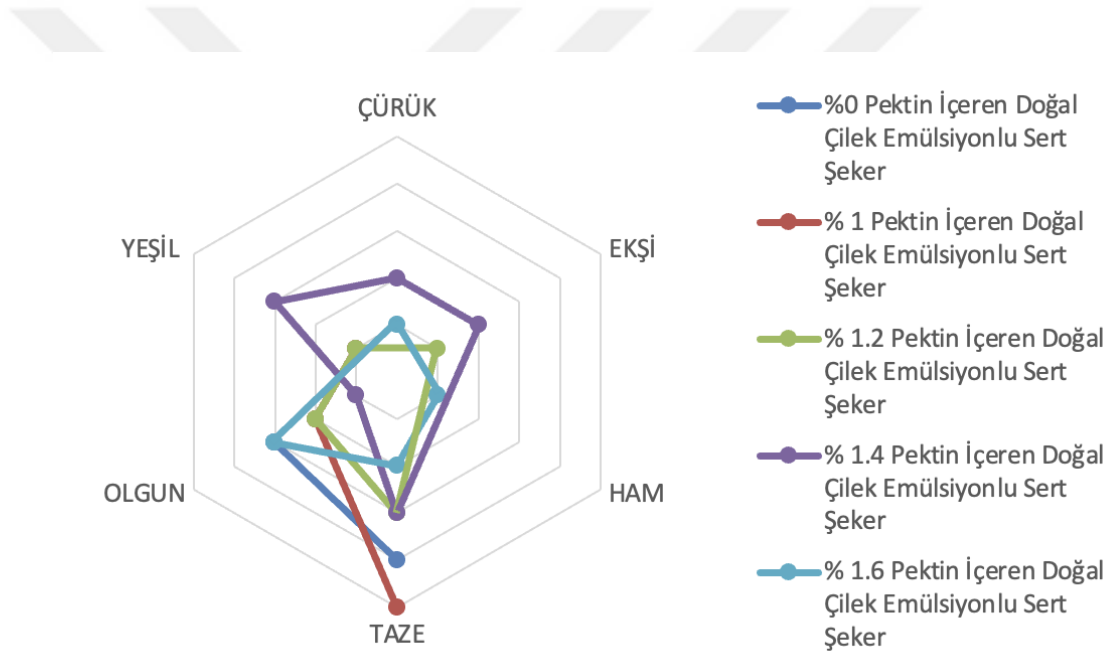
Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Guichard (2002), aroma ve gıda bileşenleri arasındaki etkileşimlerin lezzet algısına etkisi hakkındaki araştırmasında, pektinin büyük polisakkarit moleküllerinden oluşması nedeniyle aroma bileşenlerini yapısına tutabilmesi, pektin moleküllerine bağlanarak gıda kalmasına neden olduğunu belirtmiştir. Aroma bileşenleri genellikle uçucu ve düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerdir. Bu etkisi sayesinde aroma bileşenlerinin salınımını zayıflatarak, tat algısını değiştirebilmektedir.

Özellikle pektinin sağladığı jel yapısı sayesinde aroma bileşenlerini daha çok yapısında tutabilmektedir. Oluşturduğu jel yapısı sayesinde, aroma bileşenlerinin salınımını azaltarak tüketicinin aroma algısını daha uzun süreler için çıkartabileceğini

belirtmiştir. Bu nedenlerle pektin miktarının artması ve bunun sonucunda oluşan jel yapısı aroma bileşenlerinin salınımını sınırlandırmaktadır.

Lezzet profil analiz sonuçlarına göre (Şekil 4.4) panel ekibi ile karakter özelliklerinde (çürük, ekşi, ham, taze, olgun, yeşil) mutabık kalındıktan sonra LPA tekniğine uygun olarak duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Panel sonuçlarında pektin konsantrasyonunun değişmesi ile lezzet profilinde değişiklik meydana geldiği görülmüştür. Buna göre panel ekibi kontrol örneğini (pektin içermeyen), %1 ve %1.2 pektin içeren doğal çilek emülsiyonlu sert şekerleri taze olarak tanımlarken, %1.4 pektin içeren doğal çilek emülsiyonlu sert şekerleri taze ve yeşil, %1.6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonlu sert şekerleri olgun olarak tanımlamışlardır.



Şekil 4. 4: Lezzet Profil Analiz Sonuçları

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

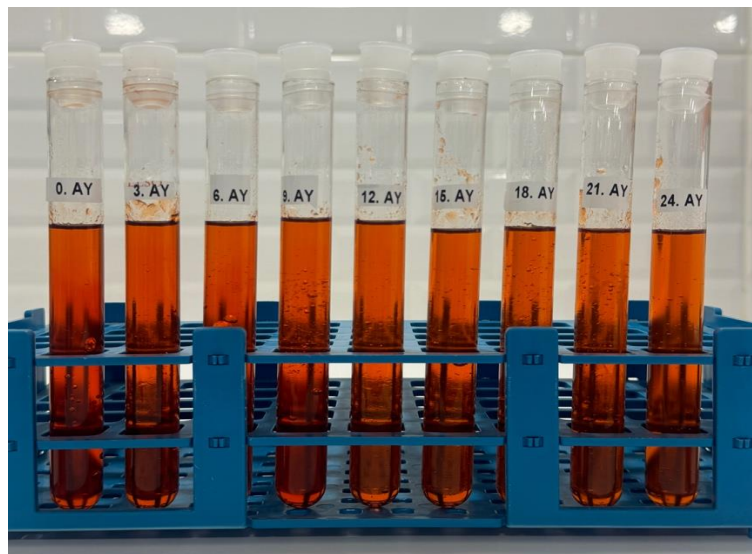
Ayed vd. (2014) çalışmasında, aroma bileşenlerinin yapılarının pektin jellerinde aroma salınımını üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Pektin, özellikle hidrofobik aroma bileşenleriyle etkileşimine girerek gıda matriksinde tutmaktadır. Pektin miktarındaki artış, daha fazla aroma bileşeninin pektinin meydana getirdiği jel yapısı ve oluşturduğu viskoziteyle tutulmasına yol açarak salınım hızının yavaşlamasına neden olmaktadır. Pektin, aroma bileşenlerinin salınımını sınırlandırarak, tat ve koku

algısının tüketici tarafından daha uzun süreli olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında elde edilen pektin miktarının artmasıyla aroma bileşenlerinin salınımının sınırlandırıldığına dair bulgu literatür ile örtüşmektedir.

Sonuç olarak, pektin konsantrasyonundaki artış emülsiyonun duyuşal özellik performansını iyileştirirken, azalış ise performansı olumsuz etkilemektedir. % 1.6 pektin doğal çilek emülsiyonu en yüksek performansı gösterirken, en düşük performansı pektin içermeyen kontrol örneği göstermiştir.

4.3.2. Raf Ömrü Test Sonuçları

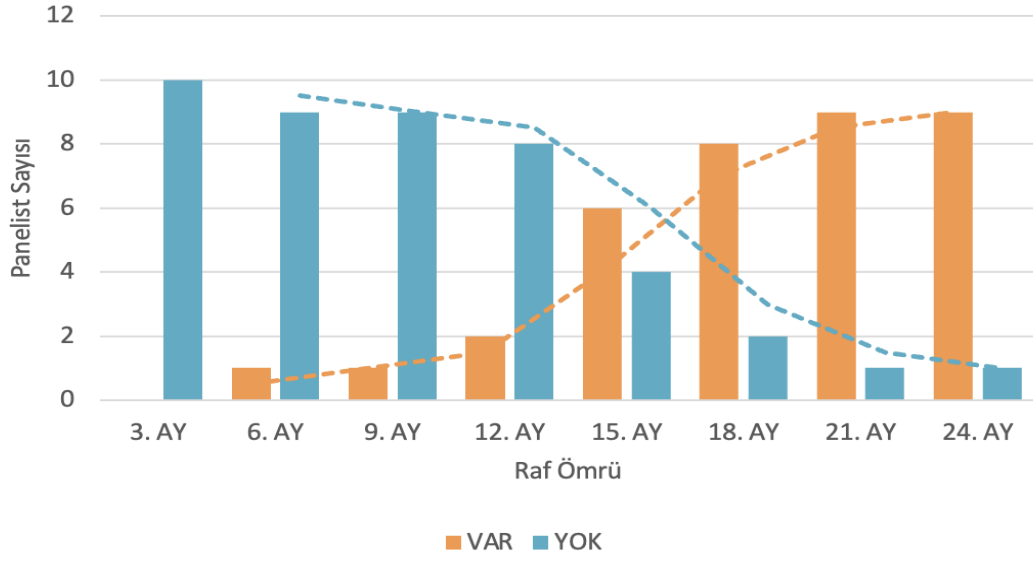
Duyusal analizler sonucu panelistler tarafından performansı en yüksek bulunan % 1.6 pektin doğal çilek emülsiyonunun uygun raf ömrünü belirlemek amacı ile iklimlendirme cihazında belirli sürelerde bekletilen örnekler raf ömrü testlerine tabi tutulmuştur (Şekil 4.5). Raf ömrü testleri Ek-1'de yer alan analiz sürelerine göre uygulanmıştır. %1.6 pektin içeriğine sahip üretimi yeni yapılan (yaşlandırılmamış) ve belirli periyotlardaki raf ömrünü tamamlamış (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ve 24 ay) %1.6 pektin içeriğine sahip doğal çilek emülsiyonu kullanılarak sert şekere %0,10 dozajında uygulanarak panelist ekibine duyuşal analiz için sunulmuştur. Raf ömrü testlerinde farklılık testi (var/yok) uygulanmış ve sonuçlar şekil 4.6'da yer almaktadır.



Şekil 4. 5: %1,6 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonlarının Raf Ömrü Testleri

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Raf ömrü test sonuçlarına göre %1.6 pektin içeriğine sahip doğal çilek emülsiyonu panel ekibi tarafından 12. aydan sonra tat, koku, renk ve tekstürel özelliklerinde farklılık seviyesi artarak uygun bulunmamıştır. Panelist ekibi ile birlikte %1.6 pektin içeriğine sahip doğal çilek emülsiyonunun raf ömrünün 12 ay olarak sınırlandırılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4. 6: Duyusal Analiz Sonuçlarına Göre Raf Ömrü Süreleri

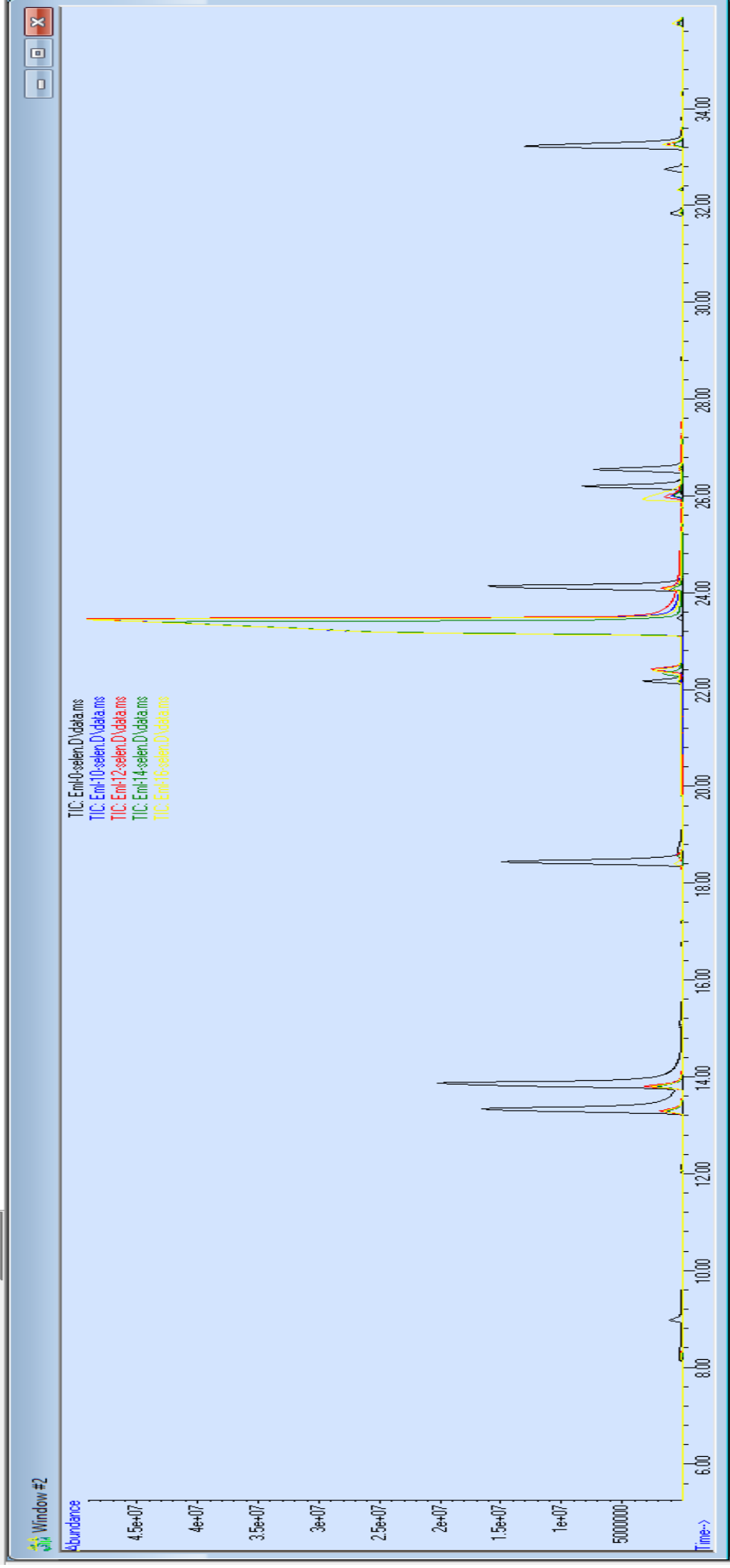
Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.3.3. GC-MS-HS-SPME İle Aroma Salınımı

Oluşturulan farklı % pektin içeriklerine sahip doğal çilek emülsiyonlarının aroma salınım performansını değerlendirmek amacı ile GC-MS-HS-SPME analizi uygulanmıştır. Bu analizde pektinin emülgatör olarak kullanıldığı emülsiyon ile pektin içermeyen aroma vericinin (kontrol) belirlenen sıcaklık aralıklarında (40-200 °C) aroma bileşenlerinin salınımları incelenmiştir. Şekil 4.7’de kontrol örneği ve farklı yüzde pektin içeriklerine sahip doğal çilek emülsiyonun kromatogram sonuçlarına yer verilmiştir. Detaylı kromatogram sonuçları Ek-2 listesinde verilmiştir. Doğal çilek emülsiyonları kromatografide karşılaştırılırken anisol (cas numarası: 100-66-3) hammaddesi kullanılarak bu maddeye bağlı olarak değişimler incelenmiştir. Bunun nedeni anisol hammaddesinin kimyasal olarak kararlı yapıya sahip olması sayesinde analitik cihazların kalibrasyonunda ve aroma bileşenlerinin

karşılaştırılmasında bilinen bir bileşik olarak referans sağlar. Gaz kromatografisinde aroma bileşenleri ile reaksiyona girmeyerek aroma bileşenlerinden kolayca ayrılarak kendine özel tek bir kromatogramda pik verir (Rychlik vd., 1998). Bu nedenle uluslararası standart olarak alarak piktogram üzerinde sabit bir referans ile diğer aroma bileşiklerini karşılaştırmaktır





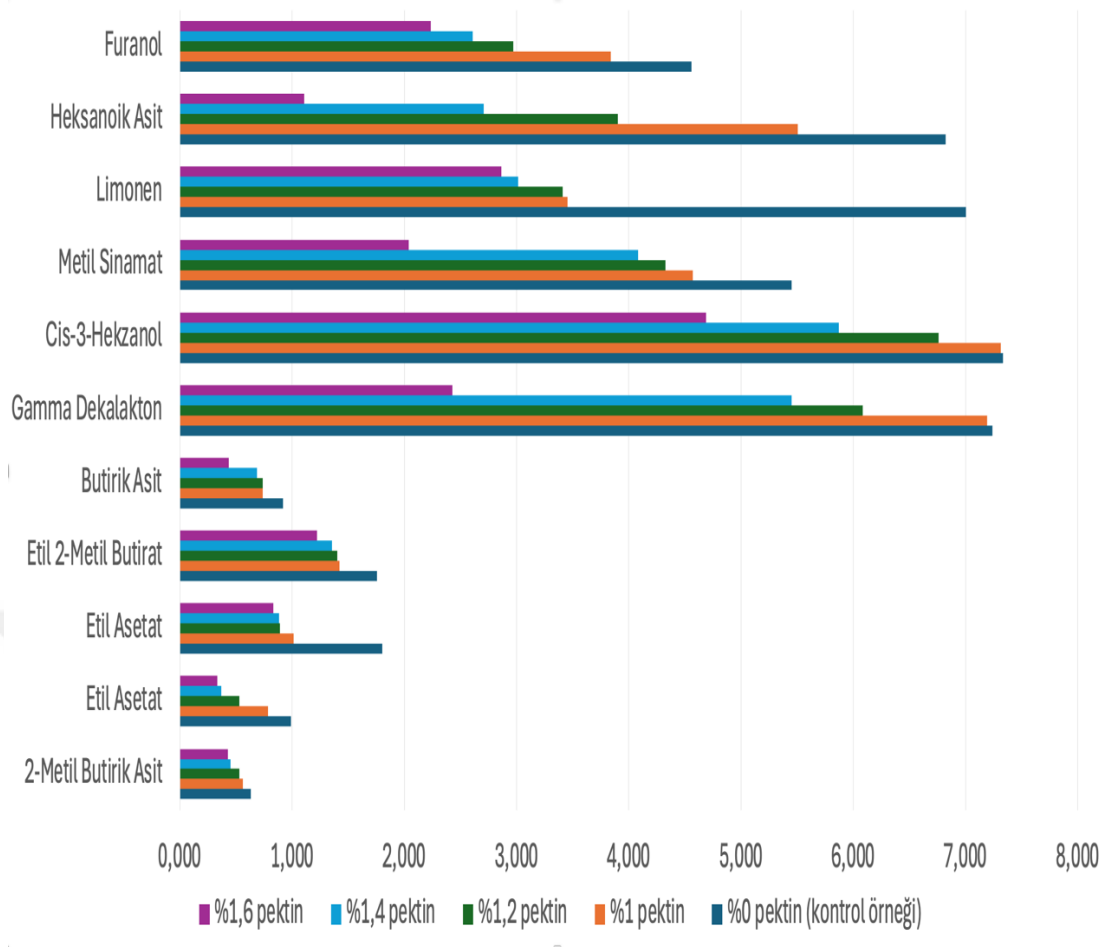
Şekil 4. 7: Kontrol Örneği ve Farklı Yüzde Pektin İçeriklerine Sahip Doğal Çilek Emülsiyonun Kromatogram Sonuçlarına

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4.8’de aroma bileşiklerinin kromatogram alıkonma sürelerine göre aroma bileşikleri üzerindeki değişimine yer verilmiştir. Grafikte farklı pektin yüzdelerinde, pektin konsantrasyonundaki artışın aroma bileşikleri üzerinde artışın alıkonma sürelerini azalttığı gözlenmiştir. Bu durum pektinin aroma bileşikleri ile etkileşime girerek aroma bileşiklerinin uçuculuklarını kısıtladığını ve salınımını azalttığı göstermiştir.

Kromatografide en yüksek pik alanlarına sahip gamma dekalakton ve heksanoik asit gibi güçlü aroma bileşiklerinin, pektin konsantrasyonu arttıkça bu bileşiklerin kromatogram alanlarında ve alıkonma sürelerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Etil Asetat, 2-Metil Butirat ve 2-Metil Butirik Asit gibi daha düşük yoğunluktaki aroma bileşikleri, düşük kromatogram alanlarına sahiptir. Pektin konsantrasyonundaki artış bu bileşiklerde önemli bir değişikliğe yol açmamış, kromatogram alanlarının nispeten sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, yüksek uçuculuğa sahip aroma bileşiklerinin pektin ile daha az etkileşime girdiğini fakat alıkonma sürelerini yine de geciktirerek uçuculuklarını kısıtladığı görülmektedir.

Limonen ve Furanol gibi uçuculuk olarak orta yoğunluktaki aroma bileşiklerinde de pektin konsantrasyonu arttıkça belirgin bir azalma görülmüştür. Limonen, özellikle %1,4 ve %1,6 pektin konsantrasyonlarında önemli ölçüde düşmüştür. Furanol’de ise farklı pektin konsantrasyonlarında dengeli bir azalma eğilimi göstermemiştir. Bu durum, pektinin bazı aroma bileşiklerinin uçuculuklarını sınırlandırırken bazı aroma bileşiklerinin ise az etkilediğini göstermektedir. Metil Sinamat ve Cis-3-Heksanol gibi bileşikler ise orta seviyelerde alıkonma süresi ve kromatogram alanı göstermiştir. Bu bileşiklerin kromatogram alanlarında pektin konsantrasyonu arttıkça dengeli bir azalma gözlemlenmemiş olsada, genel olarak bir miktar azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4. 8: Doğal Çilek Emülsiyonu İçerisinde Yer Alan Aroma Bileşiklerinin Kromatogram Alanı ve Alıkonma Süreleri

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, pektin konsantrasyonundaki artışın aroma bileşiklerinin kromatogram alanlarını ve alıkonma sürelerini kısıtladığı görülmektedir. Bu durum, pektinin aroma bileşiklerinin salınımını kontrol etme veya tutma kapasitesine sahip olduğuna işaret etmektedir. Bunun sonucunda %1,6 pektin içeren doğal çilek emülsiyonun, aroma bileşikleri üzerinde stabiliteyi artırarak gıda matriksi içerisinde aroma salınımını kısıtladığı görülmüştür.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Portakal kabuğundan pektin elde etme süreci, bu bileşiğin gıda endüstrisinde, özellikle jöle, reçel, emülsiyonlar ve şekerleme ürünlerinde, yaygın kullanımı göz önünde bulundurularak çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu çalışmada, Sitrik Asit ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli ekstraksiyon olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak portakal kabuğundan pektin elde edilmiştir ve bu yöntemlerin verimliliği, pektin özellikleri üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

Elde edilen pektinlerin en yüksek verimi, Sitrik Asit ekstraksiyonunda %11,28, mikrodalga destekli ekstraksiyonda ise %12,68 olarak bulunmuştur. Mikrodalga destekli ekstraksiyonun daha yüksek verim sağladığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, mikrodalgaların pektin elde etme sürecini daha verimli kıldığını göstermektedir. Ekstraksiyon verimi, pH değerinin 1 ve sürenin 90 s olarak ayarlandığı koşulda en yüksek seviyelere ulaşmıştır, bu da asidik ortamın pektin çözünürlüğünü artıran önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, elde edilen pektinlerin nem ve kül içeriği de ölçülmüştür. Sitrik Asit ekstraksiyonunda nem içeriği %15,94, kül içeriği ise %1,0179 olarak belirlenmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyonlarda ise nem ve kül oranları, kullanılan pH değeri ve ekstraksiyon süresine bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

Pektinlerin jelleşme özelliğinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan metil esterleşme derecesi en yüksek, Sitrik Asit ekstraksiyonunda %66,74, mikrodalga destekli ekstraksiyonda ise %69,31 olarak ölçülmüştür. Metil esterleşme derecesi mikrodalga destekli ekstraksiyonda pH değerinin 1 ve sürenin 90 s olarak ayarlandığı koşulda en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu sonuç, mikrodalga destekli ekstraksiyonun pektin yapısındaki esterleşme derecesini artırarak, pektinin gıda endüstrisinde daha etkili kullanılmasını sağladığını göstermektedir. Yüksek metil esterleşme derecesi, pektinin jel oluşturma kapasitesini ve viskozite özelliklerini iyileştirerek pektinin emülsiyon stabilitesi ve şekerleme üretimindeki kullanımını artıran önemli faktörlerdir.

Mikrodalga destekli ekstraksiyonla elde edilen pektinler, doğal çilek emülsiyonları hazırlanarak, bu emülsiyonların viskozite özellikleri üzerinde test edilmiştir. Emülsiyonların viskozite ölçümleri, pektin içeriği ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Örneğin, %1 pektin içeren emülsiyonun viskozitesi 358 mPa.s iken, %1,6 pektin içeren emülsiyonun viskozitesi 370 mPa.s olarak ölçülmüştür. Bu gözlemler, pektin içeriğinin arttıkça emülsiyonların daha stabil hale geldiğini ve bu emülsiyonların fiziksel özelliklerinin iyileştiğini göstermektedir. Emülsiyonların viskozitesinin artması, aynı zamanda aroma bileşenlerinin korunmasına yardımcı olmakta ve ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır. Pektin içeren doğal çilek emülsiyonları, şeker üretimi sırasında aroma verici olarak kullanıldığında, yapılan duyusal analizlerde tat ve yoğunluk açısından en yüksek puanları almış, pektin içeriği arttıkça şekerlerin duyusal kalitesinin iyileştiği gözlemlenmiştir.

Duyusal analizlerde panelistlerin değerlendirmeleri sonucunda, pektin konsantrasyonunun emülsiyonların tat ve yoğunluk performansını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Pektin miktarının arttıkça, emülsiyonların duyusal özelliklerinin de iyileştiği belirlenmiştir. Özellikle, %1.6 pektin içeren çilek emülsiyonlu sert şeker, en yüksek tat (8) ve yoğunluk (3) değerlerine ulaşarak, en iyi performansı sergilemiştir. Bu da, %1.6 pektin içeren emülsiyonun daha yüksek stabilite ve viskoziteye sahip olduğunu, dolayısıyla duyusal açıdan daha tatmin edici olduğunu göstermektedir.

%1 ve %1.2 pektin içeren örnekler de kontrol örneğine göre daha yüksek performans göstermiş, ancak tat ve yoğunluk değerleri, %1.4 ve %1.6 pektin içeren örneklerle karşılaştırıldığında daha düşük kalmıştır. Bu sonuç, pektin konsantrasyonunun artışıyla emülsiyonların daha başarılı bir şekilde performans gösterdiğini, ancak daha düşük pektin konsantrasyonlarının emülsiyonların duyusal özelliklerinde fazla katkıda bulunmadığını göstermektedir.

Lezzet profil analizinde ise pektin konsantrasyonunun arttıkça, sert şekerlerin tat profillerinde de değişiklikler gözlemlenmiştir. %1 ve %1.2 pektin içeren örnekler "taze", %1.4 pektin içeren örnekler ise "taze ve yeşil", %1.6 pektin içeren örnekler ise "olgun" olarak tanımlanmıştır. Bu bulgu, pektin konsantrasyonunun arttıkça, aroma vericinin gıda matriksi içerisindeki salınımının azaldığını ve bu değişimin duyusal algıları şekillendirdiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, pektin konsantrasyonunun artışı, doğal çilek emülsiyonlarının duyu özelliklerini iyileştirirken, pektin miktarının azalmaması gerektiği ve ideal bir pektin konsantrasyonunun belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. En yüksek performans %1.6 pektin içeren emülsiyonla elde edilirken, pektin içermeyen kontrol örneği en düşük performansı göstermiştir.

Aroma vericilerde pektin kullanımının emülsiyonların viskozitesini artırarak, gıda ürünlerinin stabilitesini güçlendirdiği ve duyu özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. Bu bulgular, pektinin gıda endüstrisinde, özellikle gıda emülsiyonları ve şekerleme ürünleri gibi alanlarda daha geniş bir kullanım potansiyeline sahip olduğunu ve gıda ürünlerinin kalitesini artırmak için etkili bir bileşen olduğunu ortaya koymaktadır.

Farklı pektin konsantrasyonlarına sahip doğal çilek emülsiyonlarının aroma salınım performansı GC-MS-HS-SPME analizi ile değerlendirilmiştir. Pektin içeren emülsiyonlar ve pektin içermeyen kontrol örneği, 40-200 °C sıcaklık aralığında incelenmiş ve anisol hammaddesi, kromatogram analizinde sabit bir referans noktası olarak kullanılmıştır. Pektin konsantrasyonundaki artışın, aroma bileşiklerinin hem kromatogram alanlarını hem de alıkonma sürelerini kısıtlayarak azalttığı gözlenmiştir. Bu durum, pektinin aroma bileşikleriyle fizikokimyasal etkileşime girerek, uçuculuklarını kısıtladığını ve aroma salınımını sınırladığını göstermektedir. Gamma Dekalakton ve Heksanoik Asit gibi güçlü ve uçucu aroma bileşiklerinin, pektin konsantrasyonu arttıkça kromatogram alanlarında belirgin bir azalma görülmüştür. Bu bileşiklerin yüksek uçuculuğa sahip olmalarına rağmen, pektin ile olan etkileşimleri, bu bileşiklerin serbest kalmasını engellemiştir. Etil Asetat, 2-Metil Butirat ve 2-Metil Butirik Asit gibi düşük yoğunluklu aroma bileşikleri, pektin konsantrasyonu ile önemli bir değişiklik göstermemiş, kromatogram alanları nispeten sabit kalmıştır. Limonen ve Furanol gibi orta uçuculukta aroma bileşiklerinde ise pektin konsantrasyonu arttıkça belirgin bir azalma yaşanmış, özellikle limonenin %1,4 ve %1,6 pektin konsantrasyonlarında önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak, pektinin aroma bileşikleriyle salınımı kontrol etme ve uçuculuklarını kısıtlama kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. %1,6 pektin içeren emülsiyon, aroma bileşenlerinin stabilitesini artırarak gıda matriksinde aroma salınımını en üst düzeyde sınırladığıdır.

Bu bulgular, pektinin aroma profillerini optimize etmek amacıyla gıda ürünlerinde etkin bir emülgatör olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.



KAYNAKÇA

- Abid, M., Renard, C. M., Watrelot, A. A., Fendri, I., Attia, H., & Ayadi, M. A. (2016). Yield and composition of pectin extracted from Tunisian pomegranate peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 186-194.
- Acree, T. E., & Huntsman, S. D. (2006). Flavor of strawberry. In *Flavor Chemistry: Principles and Practice* (pp. 135-144).
- 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.
- Al-Harashsheh, M., & Kingman, S. W. (2004). Microwave-assisted leaching—a review. *Hydrometallurgy*, 73(3-4), 189-203.
- Alamineh, E. A. (2018). Extraction of pectin from orange peels and characterizing its physical and chemical properties. *American Journal of Applied Chemistry*, 6(2), 51-56.
- Ali, M., Khan, A., & Gupta, R. (2023). Effects of storage conditions on the aroma profile of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(5), 1342-1350.
- Alonso, J. A., Tena, M. T., & Rojas, C. (2016). Influence of extraction conditions on the yield and quality of pectin from orange peel. *Food Chemistry*, 208, 205-211.
- Altuğ-Onoğur, T., & Elmacı, Y. (2015). Gıdalarda duyuşal değerlendirme. *Sidas Medya Yayıncılık, İzmir, Türkiye*, 133.
- Amiot, M. J., & Cerny, C. (2003). Nutritional properties and health benefits of strawberries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(2), 103-115.

- Amiot, M. J., & Cerny, C. (2015). Flavor and fragrance: Challenges in the global market. *Food Science and Nutrition*, 3(2), 123-135.
- Annadurai, G., Juang, R. S., & Lee, D. J. (2003). Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. *Water science and technology*, 47(1), 185-190.
- Atalay, D., Türken, T., & Erge, H. S. (2018). Pektin; Kaynaklari ve Ekstraksiyon Yöntemleri. *Gıda*, 43(6), 1002-1018.
- Ayed, C., Lubbers, S., Andriot, I., Merabtine, Y., Guichard, E., & Tromelin, A. (2014). Impact of structural features of odorant molecules on their retention/release behaviours in dairy and pectin gels. *Food research international*, 62, 846-859.
- Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S., & Elst, K. (2016). Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(4), 594-606.
- Bagde, P. P., Dhenge, S., & Bhivgade, S. (2017). Extraction of pectin from orange peel and lemon peel. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, 4(3), 1-7.
- 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.
- Baird, L. & Tjandra, R. (2016). Sensory evaluation of food: principles and practices. *New York: Wiley*.
- Baldwin, E. A., Kahn, C., & Goodner, K. L. (2018). The role of aroma in the quality of fruits and vegetables: A review. *Food Science and Nutrition*, 6(1), 22-34.
- Barker, J., & Haeussler, K. (2012). The influence of pH on the stability of flavor compounds in food products. *Food Quality and Preference*, 25(2), 167-175.

- Bauer, K., Garbe, D., & Surburg, H. (2008). Common fragrance and flavor materials. *Wiley-VCH*.
- Benassi, L., Alessandri, I., & Vassalini, I. (2021). Assessing green methods for pectin extraction from waste orange peels. *Molecules*, 26(6), 1766.
- Benjamin, O., Lassé, M., Silcock, P., & Everett, D. W. (2012). Effect of pectin adsorption on the hydrophobic binding sites of β -lactoglobulin in solution and in emulsion systems. *International Dairy Journal*, 26(1), 36-40.
- Bourgeois, W. A., & De Oliveira, D. (2013). Food Applications of Pectin: An Overview. *Food Science and Technology*, 28(3), 67-74.
- Bourke, J. E., & Evans, J. M. (2013). The Importance of Zeta Potential in Emulsions and Suspensions. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 1-13.
- Brummell, D. A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, 33(2), 103-119.
- Brunner, I., Schmitt, M., & Ziegler, H. (2006). Pectin and its significance in plant cell walls. *Journal of Plant Physiology*, 163(4), 425-430.
- Buchbauer, G. (2017). Volatile compounds in food: An overview. *Food Chemistry*, 229, 194-206.
- Burdock, G. A. (2004). Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients (5th ed.). *CRC Press*.
- Burdock, G. A. (2010). Food and Chemical Toxicology: An Introduction. *CRC Press*.
- Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). The extraction of phenolic compounds from milled fruits. *Food Research International*, 36(6), 527-533.
- Cacot, F., Fischhoff, C., & Grimaldi, M. (2017). Consumer perception of food aromas: An overview. *Food Quality and Preference*, 60, 9-20.

- Cai, Y. Z., & Corke, H. (2000). Extraction and purification of pectin from plant materials. *Journal of Food Science*, 65(5), 740-743.
- Carmichael, J. T., & Hartsell, C. A. (1994). Synthetic Grape Flavors. *Food Chemistry*, 50(2), 287-292.
- Cato, A. B., Soares, J. F., & Gallo, L. (2017). The role of aroma compounds in fermented foods. *Food Science and Nutrition*, 5(4), 627-638.
- Chambers, E., & Chambers, D. (2010). *Sensory analysis: A guide to the basics*. Wiley-Blackwell.
- 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.
- Cheng, K. C., Chen, Y. M., & Liu, S. C. (2015). Applications of pectin-based materials in wound healing. *Biomaterials Science*, 3(4), 584-593.
- Chime, S. A., Ogbodo, E. N., & Okwu, D. E. (2014). Effect of surfactant concentration on emulsion stability. *Food Hydrocolloids*, 36, 123-130.
- Choi, J. H., & Lee, C. H. (2016). The effects of mint aroma on consumer preferences in confectionery products. *Food Quality and Preference*, 49, 92-98.
- Christiaens, S., Van Buggenhout, S., Houben, K., Jamsazzadeh Kermani, Z., Moelants, K. R., Ngouémazong, E. D., & Hendrickx, M. E. (2016). Process–structure–function relations of pectin in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(6), 1021-1042.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Scurria, A., Ilharco, L. M., & Pagliaro, M. (2022). Pectin: New science and forthcoming applications of the most valued hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 127, 107483.
- Cosgrove, D. J. (2005). Growth of the plant cell wall. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 6(11), 850-861.

- Cox, J., De Giacomo, A., & Leong, S. (2018). Application of GC-MS techniques for the analysis of food and beverage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 557-576.
- Çetin, E. (2020). *The effects of spices on the quality of confectionery products*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- D'Antuono, L. F., & Moneta, E. (2005). Flavor Profile of Grape-Based Confections. *Journal of Sensory Studies*, 20(3), 232-247
- Da Silva, J. L., & Rao, M. A. (2006). Pectins: Structure, functionality, and uses. In *Food polysaccharides and their applications* s. 353-378.
- Dapčević Hadnađev, T. D., Dapčević, A. B., & Rakić, V. (2013). Stability of Food Emulsions: A Review. *Food Biophysics*, 8(2), 127-135.
- De Oliveira, D. F., Andrade, J. K., & Azevedo, D. C. (2016). Pectin: Extraction, Properties and Applications. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1037-1045.
- Dikty, R. (1995). Chemical composition and functional properties of pectin. In *Pectin: Chemistry and Technology* (pp. 57-70).
- Dorn, M., et al. (2015). The sweet and the healthy: The impact of sugar consumption on health. *Nutrients*, 7(5), 3081-3100.
- Dranca, F., & Oroian, M. (2018). Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications. *Food Research International*, 113, 327-350.
- Erdem, T., & Öztekin, M. (2007). Kesikli Mikrodalga Uygulamasının Kuruma Süresi, Enerji Tüketimi ve Renk Kalitesi Üzerine Etkisi. *Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(4).
- Fakayode, O. A., & Abobi, K. E. (2018). Optimization of oil and pectin extraction from orange (*Citrus sinensis*) peels: a response surface approach. *Journal of Analytical Science and Technology*, 9(1), 1-16.

- Firat, E., Koca, N., & Kaymak-Ertekin, F. (2023). Extraction of pectin from watermelon and pomegranate peels with different methods and its application in ice cream as an emulsifier. *Journal of Food Science*.
- Food and Agriculture Organization (2021). Pectin content in fruits. *FAO*.
- Food and Agriculture Organization. (2022). The role of spices in food safety and nutrition. *FAO*
- Frank, O., & Stoeckel, J. (2002). Influence of storage conditions on the stability of food flavors. *Food Chemistry*, 76(2), 195-200.
- Freitas, C. M. P., Sousa, R. C. S., Dias, M. M. S., & Coimbra, J. S. R. (2020). Extraction of pectin from passion fruit peel. *Food Engineering Reviews*, 12, 460-472.
- Georgiev, Y., Ognyanov, M., Yanakieva, I., Kussovski, V., & Kratchanova, M. (2012). Isolation, characterization and modification of citrus pectins. *Journal of BioScience & Biotechnology*, 1(3).
- Ghanem, N. S., & De Moya, G. (2021). Pectin as a natural polymer for cosmetics and dermatological applications. *Journal of Cosmetic Science*, 72(3), 139-148.
- Glicksman, M. (1992). Pectin. In *Food Gels* (pp. 173-199). Academic Press.
- Goran, M. I., Ball, G. D. C., & Cruz, M. L. (2013). A review of childhood obesity prevention. *Nutrition Reviews*, 71(3), 215-238.
- Grembecka, M. (2015). Sweeteners and their effects on health. *Nutrients*, 7(9), 7855-7881.
- Grosch, W. (1993). The role of aldehydes in the aroma of food. *Food Chemistry*, 48(2), 147-158.
- Guichard, E. (2002). Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Reviews International*, 18(1), 49-70.

- Guichard, E. (2015). Interaction of aroma compounds with food matrices. In *Flavour development, analysis and perception in food and beverages* (pp. 273-295). Woodhead Publishing.
- Güneşer O., & Yüceer Y. K., (2010) Gıdalarda Aroma Maddelerinin Belirlenmesinde Gaz Kromatografisi-Olfaktometri (GCO) Tekniklerinin Kullanılması. *GIDA* (2010) 35 (5): 371-378.
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2017). Turunçgil kabuklarından elde edilen pektinlerin karakterizasyonu ve karşılaştırılması. *Akademik Gıda*, 15(1), 17-28.
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioprocess Processing*, 115, 126-133.
- Hartel, R. W., Von Elbe, J. H., & Hofberger, R. (2018). Sugar confectionery: Physical and chemical properties. In *Handbook of Food Products Manufacturing* (pp. 185-217). Wiley.
- Haug, W. (2011). The effects of processing on flavor and aroma compounds in food. *Food Quality and Preference*, 22(1), 36-44.
- Hernández, F., & Cordero, B. (2013). Application of SPME-GC-MS in the analysis of aroma compounds. *Journal of Chromatography A*, 1306, 1-10.
- Hootman, C. (2018). Sensory evaluation techniques: applications and theory. New York: CRC Press.
- Hough, J. S. (1991). Citrus Flavors. In M. R. D. D. & R. M. S. (Eds.), *Flavor Chemistry and Technology* (pp. 453-471).
- Huang, H., Zhang, X., Xiao, X., & Ye, S. (2020). Influence of negative corona discharge on the Zeta potential of diesel particles. *Science Progress*, 103(3),
- Huang, S., Wang, H., Wang, S., Sha, X., Chen, N., Hu, Y., & Tu, Z. (2022). Pectin stabilized fish gelatin emulsions: physical stability, rheological, and interaction properties. *Frontiers in Nutrition*, 9, 961875.

- Huang, X., Yang, Y., & Liu, C. (2015). Pectin: Properties and applications. *Journal of Food Science*, 80(3), E590-E602.
- Hunter, R. J. (1981). *Zeta Potential in Colloid Science: Principles and Applications*. Academic Press.
- ISO. (2012). ISO 8586:2012. Sensory analysis — General guidance for the selection, training, and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. International Organization for Standardization.
- Jayani, R. S., Saxena, S., & Gupta, R. (2005). Microbial pectinolytic enzymes: a review. *Process Biochemistry*, 40(9), 2931-2944.
- Janiaski, D. R., Pimentel, T. C., Cruz, A. G., & Prudencio, S. H. (2016). Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: What is the sensory profile of the ideal product. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5273-5283.
- Jolivet, P., & Boissard, M. (2001). Flavour profile of strawberry and its sensory impact in confectionery. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(10), 1005-1010.
- Jouret, E., Collin, S., & Piau, J. M. (1994). The effect of pH on the gelling properties of pectin gels. *Journal of Texture Studies*, 25(4), 385-394.
- Jutakradsad, A., Chaiyasat, A., & Muangnapoh, S. (2020). Zeta potential and its significance in food science. *Food Science and Technology International*, 26(5), 409-421.
- Keleş, H. (2019) "Nar kabuklarından enzimatik ve organik asit yöntemleri ile pektin ekstraksiyonu ve karakterizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*.
- Keservani, R. K., & Sharma, A. (2018). Surfactants and their role in emulsion stability. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 93(9), 2343-2351.

- Kleinschmidt, J., & Klotz, M. (2005). Aroma compounds: Origin and relevance in food. *Food Quality and Preference*, 16(3), 232-239.
- Kliemann, W., D'Arcy, M., & Varela, P. (2009). Pectin: Properties and Applications in Food. *Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 488-495.
- Klink, L. M., & Schoen, D. (2001). The impact of processing on the aroma compounds in sugar products. *Journal of Food Science*, 66(4), 511-516.
- Koo, O. M., & Cheng, H. N. (2012). "Zeta Potential: Principles and Applications." In *Colloidal Science in Food and Health* (pp. 93-107).
- Kumar, R., Kumar, A., Chauhan, K., Gupta, R., Ahn, J. H., & Chauhan, G. S. (2009). Removal of As (V) from water by pectin based active hydrogels following geochemical approach. *Bioresource technology*, 100(3), 1474-1477.
- Kumar, S., & Singh, R. (2021). The impact of spices on the sensory characteristics of confectionery products. *Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 2920-2928.
- Labstac. (2023). Dos and don'ts while using a water bath.
- Labstac. <https://labstac.com/News/Dos-and-Donts-while-using-a-Water-Bath/2023111601>
- Lara-Espinoza, C., Carvajal-Millán, E., Balandrán-Quintana, R., López-Franco, Y., & Rascón-Chu, A. (2018). Pectin and pectin-based composite materials: Beyond food texture. *Molecules*, 23(4), 942.
- Larsen, M., & Poll, L. (1992). Variations in volatile compounds of strawberry fruits from different cultivars. *Food Chemistry*, 43(2), 121-127.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices. New York: Springer.
- Liaw, J. R. (2003). Cinnamon Flavors and their Application. *Journal of Food Science*, 68(1), 119-122.

- Manjula, N., & Suneetha, K. (2014). Types of confectionery products: An overview. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(6), 1459-1466.
- Mao, Y., Robinson, J. P., & Binner, E. R. (2023). Current status of microwave-assisted extraction of pectin. *Chemical Engineering Journal*, 145261.
- 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.
- Mardini, M., Adnan, A., & El-Shareef, I. (2015). Characterization and extraction of pectin from citrus peels. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(8), 1850-1855.
- 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.
- Martău, G. A., Mihai, M., & Vodnar, D. C. (2019). The use of chitosan, alginate, and pectin in the biomedical and food sector—biocompatibility, bioadhesiveness, and biodegradability. *Polymers*, 11(11), 1837.
- Matia-Merino, L., Lau, K., & Dickinson, E. (2004). Effects of low-methoxyl amidated pectin and ionic calcium on rheology and microstructure of acid-induced sodium caseinate gels. *Food Hydrocolloids*, 18(2), 271-28
- May, C. D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. *Carbohydrate polymers*, 12(1), 79-99.
- McClements, D. J. (2012). *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques* (2nd ed.). CRC Press.
- McClements, D. J., & Decker, E. A. (2000). Emulsion-based delivery systems for flavor compounds. *Food Technology*, 54(4), 64-70.

- McClements, D. J., & Xiao, H. (2012). *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques* (2nd ed.). CRC Press.
- McCluskey, J. J. (2015). Changing food demand and consumer preferences. In *Agricultural Symposium Federal Reserve Bank of Kansas City* (pp. 14-15).McDaniel, M. R. (2003). The Use of Mint in Confectionery Products. *Food Chemistry*, 81(1), 87-92.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2007). *Sensory evaluation techniques*. Boca Raton: CRC Press.
- Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion in plant biology*, 11(3), 266-277.
- Morris, J. R., & Tressler, D. K. (2015). *Pectin: A versatile polysaccharide*. Academic Press.
- Naqash, F., Masoodi, F. A., Rather, S. A., Wani, S. M., & Gani, A. (2017). Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. *Carbohydrate polymers*, 168, 227-239.
- National Center for Biotechnology Information. (2020). Plant cell wall structure and function. *NCBI*.
- Paravisini, L., & Guichard, E. (2016). Interactions between aroma compounds and food matrix. *Flavour: From food to perception*, 208-234.
- Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z. E., & Hosseini, S. S. (2017). Optimization of aqueous pectin extraction from Citrus medica peel. *Carbohydrate polymers*, 178, 27-33.
- Pérez-Gago, M. B., & Kester, J. J. (2009). Modified atmosphere packaging of food: Effects on flavor stability. *Food Science and Technology International*, 15(1), 45-56.

- Pérez, A. G., Sanz, C., & Olías, J. M. (1992). Influence of storage temperature on the volatile composition of strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(2), 305-308.
- Pérez, J., Mardones, C., & González, M. (2015). HS-SPME-GC-MS: A powerful tool for analysis of volatile compounds in food. *Food Chemistry*, 175, 451-459.
- Petersen, R. W., & Flanagan, J. F. (1998). "The Effect of pH and Ionic Strength on Zeta Potential and Stability of Suspensions." *Journal of Colloid and Interface Science*, 198(1), 63-73.
- Pokhrel, S., Dahal, S., & Samantha, K. C. (2024). Extraction and Characterization of Pectin from Orange Peel. *Journal of Nepal Chemical Society*, 44(2), 110-119.
- Prakash Maran, J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., & Sridhar, R. (2013). *Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. Carbohydrate Polymers.*
- Rajendran, J. V., Thomas, S., Jafari, Z., Fariborzi, N., Khorasani, S., Mofrad, Z. K., Katouzian I., Mozafari, M. R. (2022). Recent advances on large-scale manufacture of curcumin and its nanoformulation for cancer therapeutic application. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 12(6), 7863-7885.
- Ranganna, S. (1986). *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. Tata McGraw-Hill.
- Ravera, F., Dziza, K., Santini, E., Cristofolini, L., & Liggieri, L. (2021). Emulsification and emulsion stability: The role of the interfacial properties. *Advances in Colloid and Interface Science*, 288, 102344.
- Reineccius GA. (1994). Flavor analysis. In: Source Book of Flavors, Reineccius GA, (Ed) Chapman & Hall, New York, pp.24-60.

- Renard, C. M., & Thibault, J. F. (1993). Structure and properties of apple and sugar-beet pectins extracted by chelating agents. *Carbohydrate Research*, 244(1), 99-114.
- Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: The concept revisited. *Nutrition Research Reviews*, 20(1), 1-15.
- Rojas, J. C., & Ledezma, A. (2020). Pectin content in fruits and vegetables: A review. *Food Science & Nutrition*, 8(5), 2445-2455.
- Ropartz, D., & Ralet, M. C. (2020). Pectin structure. *Pectin: Technological and physiological properties*, 17-36.
- Rufian-Henares, J. A., & Morales, M. T. (2011). Use of natural antioxidants to improve the stability of flavor compounds in food products. *Journal of Food Science*, 76(5), C749-C756.
- Russett, C. A., & Kearney, J. F. (2015). Consumer sensory testing: Basic principles and applications. In K. J. McNulty (Ed.), *Sensory and consumer research in food science* (pp. 1-25). Wiley-Blackwell.
- Rychlik, M., Schieberle, P., & Grosch, W. (1998). *Compilation of Odor Thresholds, Odor Qualities and Retention Indices of Key Food Odorants*.
- Sanz, C., Olías, J. M., & Pérez, A. G. (1995). Changes in volatile compounds during ripening of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 6(3), 185-193.
- Sayah, M. Y., Chabir, R., Benyahia, H., Rodi Kandri, Y., Ouazzani Chahdi, F., Touzani, H., & Errachidi, F. (2016). Yield, esterification degree and molecular weight evaluation of pectins isolated from orange and grapefruit peels under different conditions. *PloS one*, 11(9), e0161751.
- Schieber, A., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds—Recent developments. *Current Nutrition & Food Science*, 4(2), 189-203.
- Schieberle, P. (2006). Aroma compounds in foods: Analysis and characterisation. *Journal of Chromatography A*, 1111(1-2), 1-13.

- Schieberle, P. (2015). Aroma compounds in foods: Analysis and characterisation. *Food Chemistry*, 176, 154-166.
- Schieberle, P., & Grosch, W. (2000). Flavor Chemistry. In F. Shahidi (Ed.), *Flavor Chemistry: Advances and Current Developments* (pp. 1-28). Academic Press.
- Schreier, P. (1980). Influence of post-harvest conditions on aroma development in strawberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31(4), 367-375.
- Shaha, R. K., Punichelvana, Y. N. A., & Afandi, A. (2013). Optimized extraction condition and characterization of pectin from kaffir lime (*Citrus hystrix*). *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences ISSN*, 2320, 6063.
- Shuai, X., Chen, J., Liu, Q., Dong, H., Dai, T., Li, Z., & Wang, R. (2022). The effects of pectin structure on emulsifying, rheological, and in vitro digestion properties of emulsion. *Foods*, 11(21), 3444.
- Sila, A., & Boukroufa, A. (2014). Innovative extraction processes for pectin from citrus peel. *Journal of Food Science*, 79(7), C1325-C1331.
- Silva, I. M., Gonzaga, L. V., Amante, E. R., Teófilo, R. F., Ferreira, M. M., & Amboni, R. D. (2008). Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. *Bioresource technology*, 99(13), 5561-5566.
- Simmonds, M. S. J., & Bennett, J. A. (2016). The potential of pectin as a functional ingredient in food products. *Food Hydrocolloids*, 60, 310-320.
- Slavin, J. (2005). Why whole grains are protective: Biological mechanisms. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64(1), 27-36.
- Smith, J. (2023). *Plant cell wall diagram* [Görsel]. ThoughtCo.
<https://www.thoughtco.com/cell-wall-373613>

- Srivastava, P., & Malviya, R. (2011). Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry-An overview. *Indian journal of natural products and resources*, 2(1), 10-18.
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). Sensory evaluation practices (3rd ed.). Academic Press.
- Su, D. L., Li, P. J., Quek, S. Y., Huang, Z. Q., Yuan, Y. J., Li, G. Y., & Shan, Y. (2019). Efficient extraction and characterization of pectin from orange peel by a combined surfactant and microwave assisted process. *Food chemistry*, 286, 1-7.
- Sweeney, K. J., & Jolly, R. L. (2008). The role of mint flavoring in food products: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(4), 367-
- Thakur, B. R., Singh, R. K., & Handa, A. K. (1997). Pectin—a new structural and functional food ingredient. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(5), 471-482.
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (1997). Chemistry and uses of pectin—A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1), 47-73.
- Tharanathan, R. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 14(3), 71–78.
- Thompson, J. (2004). Zencefil ve Aromatik Özellikleri. *Journal of Sensory Studies*, 19(2), 129-142.
- Tressl, R., & Grosch, W. (1998). The chemistry of food flavors. *Food Chemistry*, 62(2), 205-218.
- Tressl, R., & Ternes, W. (1991). Citrus Flavors and Their Chemical Composition. In H. Maarse (Ed.), *Volatile Compounds in Foods and Beverages* (pp. 227-250).

- TÜİK, 2022. “Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Ürün Fiyatları ve Üretim değerleri, Bitkisel Üretim Denge Tabloları, Bitkisel Üretim İstatistikleri [Ziyaret tarihi: 28 Haziran 2024], <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>.
- Van Buggenhout, S., Sila, D. N., Duvetter, T., Van Loey, A., & Hendrickx, M. J. C. R. (2009). Pectins in processed fruits and vegetables: Part III—Texture engineering. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 8(2), 105-117.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Spices as functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(1), 13-28.
- Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20, 263-275.
- Wang, H., Zhang, Y., & Zhou, J. (2015). Advances in extraction methods of pectin from fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(14), 1971-1980.
- Wang, Y., Liu, C., & Chen, J. (2007). Advances in Pectin Extraction and Its Applications in Food. *Food Science and Technology*, 40(2), 123-130.
- Wang, Y., Zhang, W., & Zhang, Q. (2014). The functional properties of pectin: A review. *Food Hydrocolloids*, 42, 277-287.
- Wiley, R. (2013). The chemistry of aroma: Compounds and their sensory attributes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(4), 838-848.
- Wyllie, T. A., & Wyllie, S. (2003). Limonene and Other Citrus Components. In T. T. A. (Ed.), *Food Flavour Technology* (pp. 102-119). John Wiley & Sons.
- Yan, J. W., Ban, Z. J., Lu, H. Y., Li, D., Poverenov, E., Luo, Z. S., & Li, L. (2018). The aroma volatile repertoire in strawberry fruit: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4395-4402.

- Yeoh, S., Shi, J., & Langrish, T. A. G. (2008). *Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. Desalination, 218(1-3), 229–237.*
- Yılmaz, H., & Çelik, M. (2024). Consumer preferences and trends in organic strawberry production. *International Journal of Fruit Science, 24(1), 56-72.*
- Yuan, Y., Yang, Y., & Zhang, M. (2017). The application of pectin in pharmaceutical formulations. *Journal of Pharmaceutical Sciences, 106(3), 631-644.*
- Zhang, L., Geng, J., & Chen, J. (2016). The role of pectin in fruit ripening. *Plant Physiology and Biochemistry, 107, 79-85.*
- Zhao, L., Liu, W., & Wang, Y. (2015). Application of new extraction methods in the pectin extraction from fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry, 185, 1-8.*
- Zhao, X., Wang, H., & Zeng, X. (2018). Pectin: A functional biopolymer with various applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58(14), 2325-2336.*
- Ziari, H., Ashtiani, F. Z., & Mohtashamy, M. (2010). Comparing the effectiveness of processing parameters in pectin extraction from apple pomace. *Afinidad, 67(549).*

EKLER

EK-1: Nükleon Marka İklimlendirme Kabini Teknik Özellikleri

EK-2: Kromatogram Sonuçları

EK-3: Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları



EK-1:Nükleon Marka İklimlendirme Kabini Teknik Özellikleri



Faydalı Hacim lt	: 120 lt
Nemsiz Sıcaklık Aralığı	Aydınlatmasız : -10 °C / + 60 °C
	Aydınlatmalı : 0 °C / + 60 °C
Nemli Sıcaklık Aralığı	: 10 °C / + 60 °C (İsteğe bağlı üretilebilmektedir)
Sıcaklık Ayar ve Okuma Hassasiyeti	: 0.1 °C
Sıcaklık Çalışma Hassasiyeti	: ± 2 °C
Nem Ayar ve	: % 0,1 Rh
Nem Çalışma Hassasiyeti	: % 5 Rh
Aydınlatma Zamanlayıcısı	: 99 saat 59 dakika ve süresiz çalışma
Program Basamak Sayısı	: 1 – 10
Program Tekrar Sayısı	: 1 - 999 tekrar
İç Yüzey Yapısı	: Kolay temizlenebilir kimyasallara dayanıklı paslanmaz çelik
Dış Yüzey Yapısı	: Elektrostatik toz boyalı çelik
Raf Sayısı (standart/maksimum)	: 2/12
Kurulu Güç	: 9000 W
Güç Değerleri	: 380 V, 50 Hz.
Azami Işık Şiddeti	: 1200 Lüks
İç Ölçüler (ExDxY) cm	: 50 cm x 50 cm x 65 cm

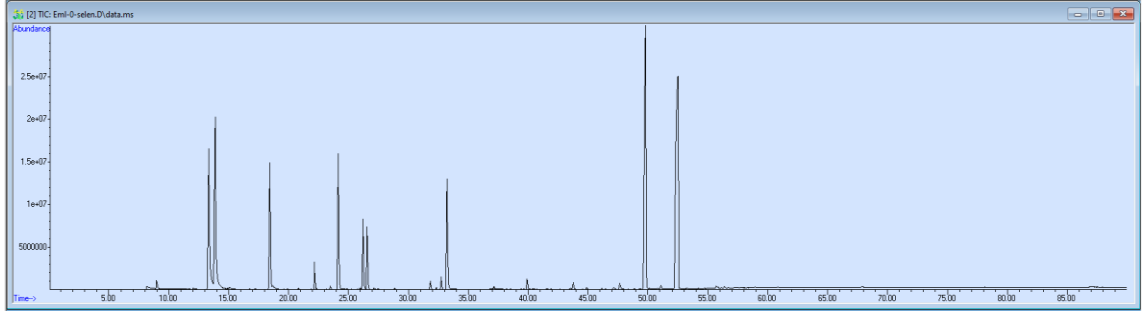
Dış Ölçüler (ExDxY) cm

: 70 cm x 70 cm x 125 cm

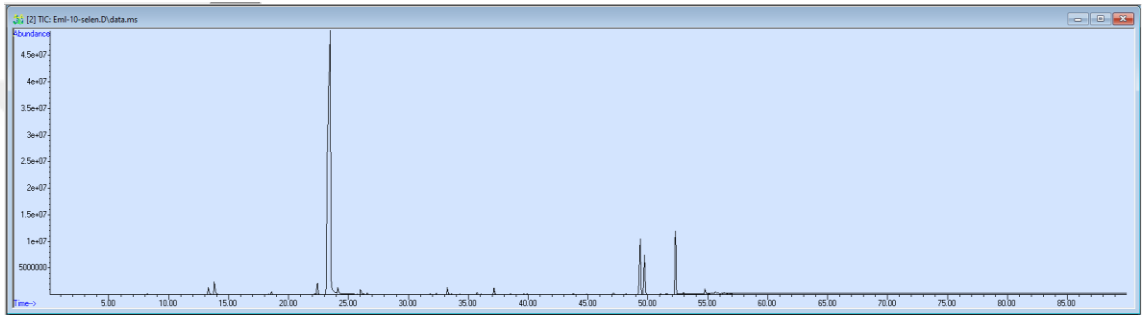
Nükleon Marka İklimlendirme Kabini Teknik Özellikleri 40 °C Nemsiz Ortamda Test Kabin Cihazında Analiz Süreleri;

İklimlendirme Test Kabini Ekletme Süresi	Eş Değer Yaşlandırma Zamanı
5 gün	3 ay
10 gün	6 ay
15 gün	9 ay
20 gün	12 ay
25 gün	15 ay
30 gün	18 ay
35 gün	21 ay
40 gün	24 ay

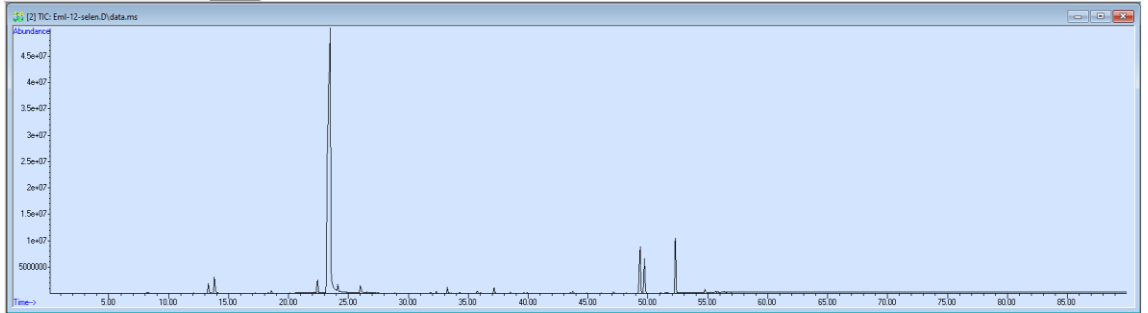
Ek-2: Kromatogram Sonuçları



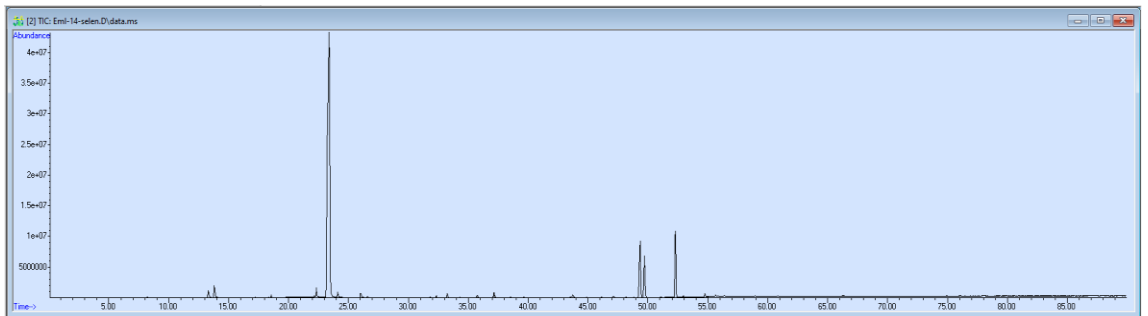
Pektin İçermeyen Doğal Çilek Aroması (Kontrol Örneği) Kromatogramı



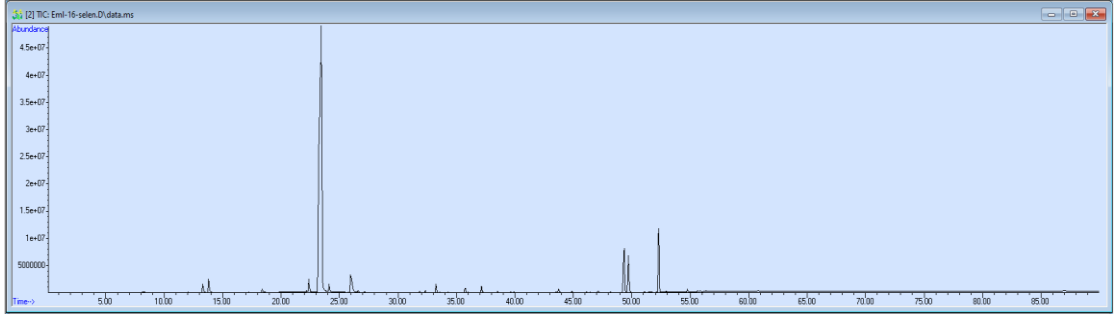
%1 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu Kromatogramı



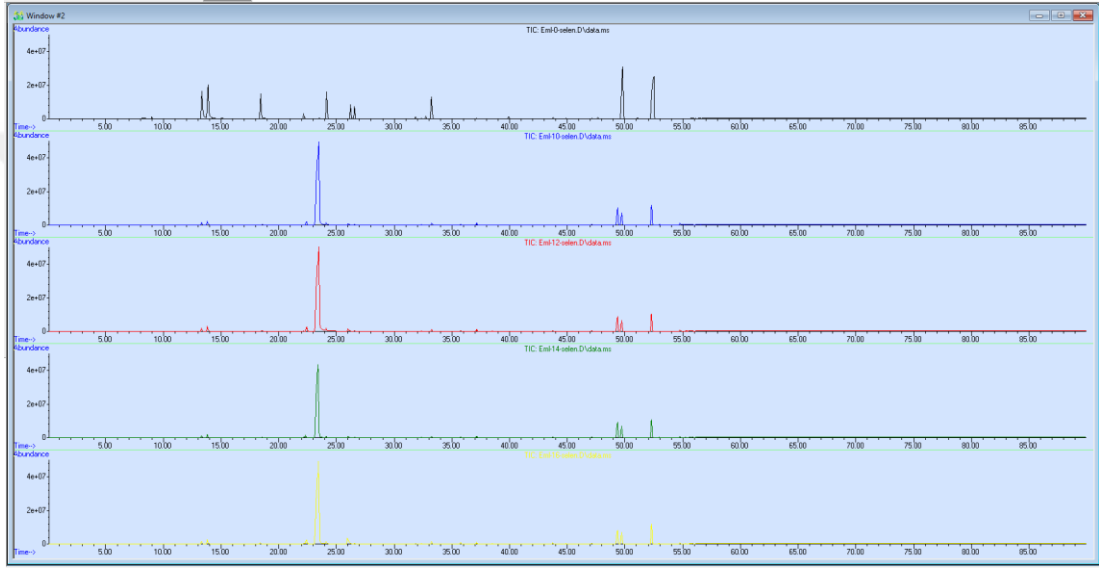
%1,2 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu Kromatogramı



%1,4 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu Kromatogramı

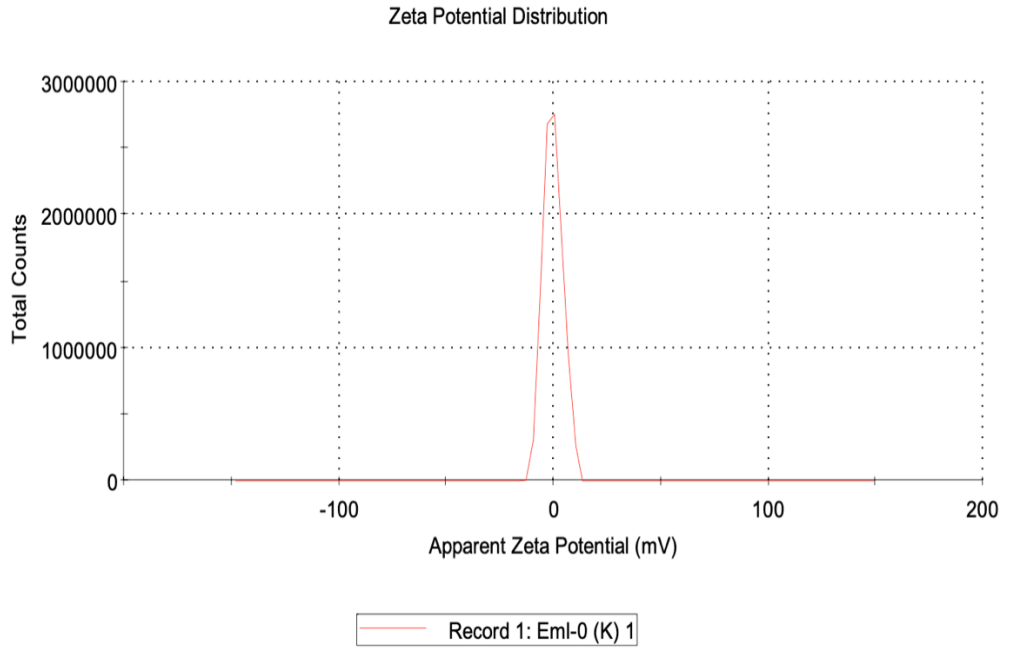


%1,6 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonu Kromatogramı

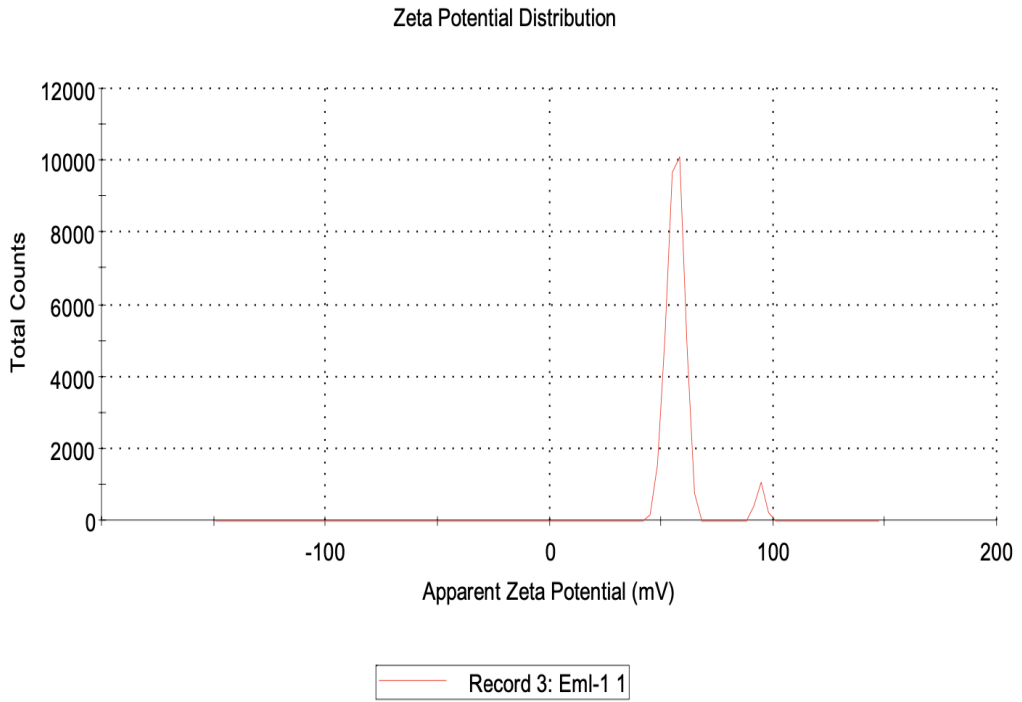


Kontrol Örneği (Pektin İçermeyen) İle Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonun Kromatogram Karşılaştırmaları

EK-3: Zeta Potansiyel Analiz Sonuçları

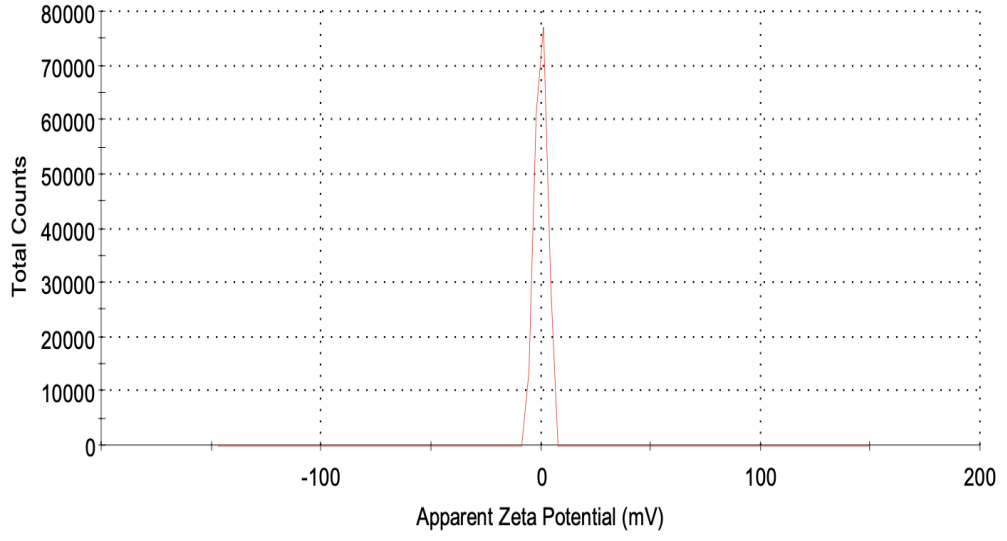


Pektin İçermeyen Doğal Çilek Aromasının (Kontrol Örneği) Zeta Potansiyel Grafiği



%1 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonunun Zeta Potansiyel Grafiği

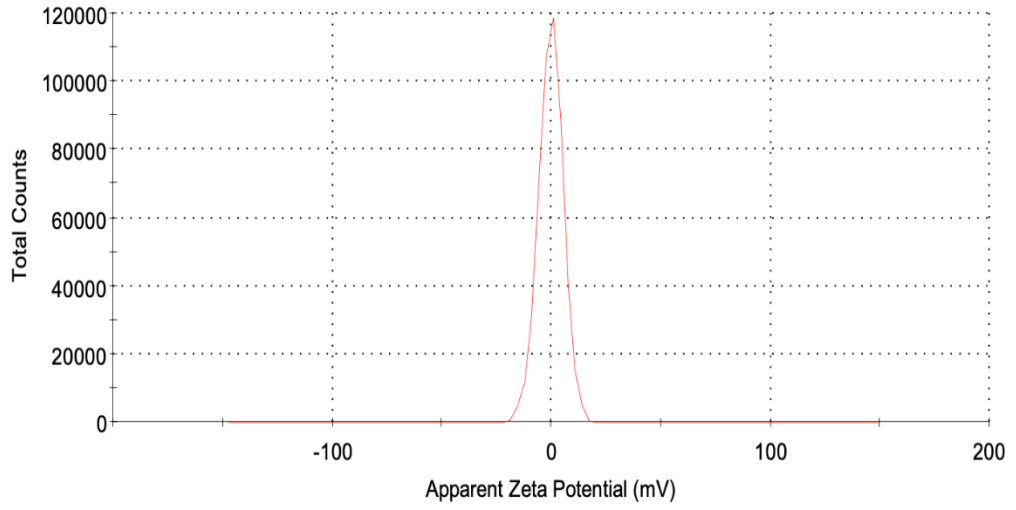
Zeta Potential Distribution



Record 5: Eml-1,2 1

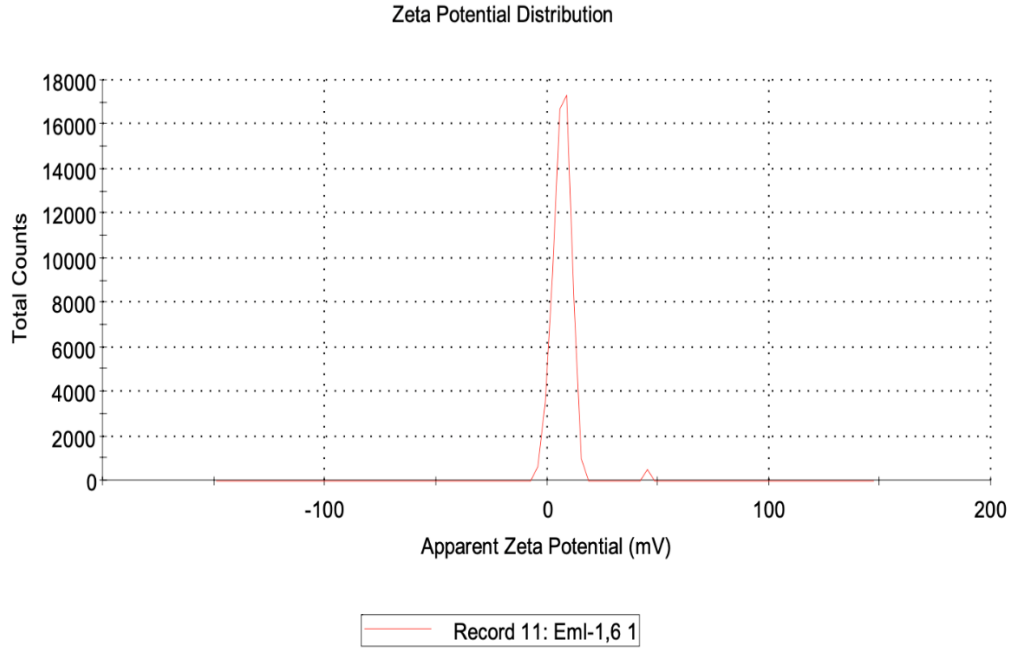
%1,2 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonunun Zeta Potansiyel Grafiği

Zeta Potential Distribution



Record 7: Eml-1,4 1

%1,4 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonunun Zeta Potansiyel Grafiği



%1,6 Pektin İçeren Doğal Çilek Emülsiyonunun Zeta Potansiyel Grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Ganime Selen KARAÇUHALILAR

A. EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği, 2022-... , İstanbul

Lisans: Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2015-2019, Erzurum

B. MESLEKİ DENEYİM

2018-2018 Aksu Vital Doğal Ürünler A.Ş.- Gıda Mühendisi Stajyeri

2019-... Elso Kimya San. Tic A.Ş.- Gıda Mühendisi- Aroma Ar-Ge Laboratuvarı Kıdemli Uzmanı

C. PROJELERİ

1.Unlu Mamuller Sektörü İçin Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Doğal Aroma Vericilerin Geliştirilmesi (Tübitak 1503 Projesi-2020)

2.Bulyon Ve Çorba Sektörü İçin Savory Aroma Formüllerinin Geliştirilmesi (Ar-Ge Merkezi Projesi-2022)

3.Spektrofotometre Ve Gaz Kromatografisi Kullanılarak Aroma Vericilerin Raf Ömürlerinin İncelenmesi (Ar-Ge Merkezi Projesi-2022)

4.3230280-Sürülebilir Kakaolu Fındık Kreması Sektörü İçin Giresun Kalite Tombul Tipi Fındık Aroma Vericilerinin Geliştirilmesi (Tübitak 1501 Projesi-2023)

5.Portakal Kabuklarından Pektin Eldesi, Emülsiyon Yapısında Doğal Çilek Aroması Formülasyonunda Kullanımı Ve Model Gıda Matrisi İçerisinde Aroma Kararlılığına Ve Salınımına Etkisinin Belirlenmesi (BAP Projesi- yüksek lisans teziyle aynı konu-2024)

D. YAYINLARI

1.Karaçuhallilar, G. S. (2022). Obtaining High Viscosity Flavorings with Using Emulsification Method. *Orclever Proceedings of Research and Development*, 1(1), 207–219. DOI: <https://doi.org/10.56038/oprd.v1i1.142>

2.RDCONF2022.The Best Project Paper in Chemical Industry. 3 rd. (2022).
Obtaining High Viscosity Flavorings with Using Emulsification Method.

3. Evaluation of Time Dependant Oxidation of Some Citrus Flavours with CUPRAC Method and Gas Chromatography Mass Spectrometers. TCS, 2nd. International Food Chemistry Congress 16-19 March, 2023 Antalya Türkiye. DOI: <http://doi.org/10.25135/rfac.2023.2nd.PP11>

4.Obtaining High Viscosity Flavorings with Using Emulsification Method. TCS, 2nd. International Food Chemistry Congress 16-19 March, 2023 Antalya Türkiye. DOI: <http://doi.org/10.25135/rfac.2023.2nd.OP59>

5.Patent- Tütün Kullanımlarında, Doygunluk Hissi Ve Aroma Etki Süresini Uzatan Karışım (Başvuru no: 2020/21820-Patent süreci devam etmekte)

6. Headspace Solid-Phase Microextraction (SPME) Use for the Characterization of Flavored Hookahs. TCS, 3rd. International Food Chemistry Congress February 29 – March 03, 2024 Antalya Türkiye. DOI: <http://doi.org/10.25135/rfac.2024.3rd.3087>

7. Evaluation of Time Dependent Oxidation of Some Berry Flavors with CUPRAC Method. TCS, 3rd. International Food Chemistry Congress February 29 –March 03, 2024 Antalya Türkiye. DOI: <http://doi.org/10.25135/rfac.2024.3rd.3090>