T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

OHMİK ISITMA İŞLEMİ KULLANILARAK PORTAKAL KABUĞU TOZUNDAN FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

Halime OKYAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Serdal SABANCI
II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Alper GÜVEN

TUNCELİ–2022

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

OHMİK ISITMA İŞLEMİ KULLANILARAK PORTAKAL KABUĞU TOZUNDAN FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

Halime OKYAY
(11874529)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Serdal SABANCI
II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Alper GÜVEN

TUNCELİ–2022

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

OHMİK ISITMA İŞLEMİ KULLANILARAK PORTAKAL KABUĞU TOZUNDAN FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

Halime OKYAY
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 14/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza	**İmza**	**İmza**
Dr. Öğr. Üyesi Serdal SABANCI (Munzur Üni.)	Dr. Öğr. Üyesi Esma Nur GEÇER (Munzur Üni.)	Dr. Öğr. Üyesi Ferit AK (Munzur Üni.)
DANIŞMAN	**ÜYE**	**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı ''Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu''ndaki hükümlere tabidir.

14/01/2022

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Halime OKYAY

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Serdal Sabancı

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu araştırmanın belirlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp, sabırla ve büyük bir ilgiyle bana yardımcı olabilmek için elinden geleni sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda kendisini örnek alacağım saygıdeğer hocam, danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serdal SABANCI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimim ve yüksek lisans eğitim boyunca hoca olmanın çok ötesinde sıkıntıya düştüğümde her anda bana çözüm olan, öğrencilerinin her zaman koşulsuz arkasında olan, her anlamda değerli bilgileriyle vizyon katan, hayata bakış açısıyla örnek alacağım ve kendimi ifade edebilmem için her durumda gerekli koşulu sağlayan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Alper Güven'e en içten teşekkürü bir borç bilirim.

Daha sonra bana pandemi ortamında tezimin yürütülmesi için laboratuvar ortamında destek veren, çalışmalar süresince yardımlarını esirgemeyen, her fırsatta bana ayıracak vakit bulan, bilgileriyle, görüşleriyle beni yönlendiren ve deneyimleri ile destek veren hocam Arş. Gör. Ali GÖKSU'ya ve tezimin hazırlanması süresince bilgileriyle, deneyimle ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Arş. Gör. Dr. Emrah KARAKAVUK'a sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Lisans eğitimim ve yüksek lisans eğitimim boyunca yaptığım çalışmalar süresince deneyimlerini, bilgilerini benimle paylaşan, her zaman bana ayıracak vakit bulan, güler yüzlerini benden esirgemeyen ve sundukları motive edici teşviklerinden ötürü saygı değer hocalarım Prof. Dr. Olcay KAPLAN İNCE, Prof. Dr. Muharrem İNCE ve Arş. Gör. Dr. Zeynep EROĞLU sonsuz teşekkürler.

Tez çalışmam boyunca beni motive ederek hep yanımda olan iyi niyeti ve yardımseverliğiyle birlikte strese girip güldüğümüz canım arkadaşım Dilber YILDIZ DEMİR'e sonsuz teşekkürler.

Tez çalışmalarım boyunca vermiş olduğu manevi destekten dolayı Yücel AKSU'ya sonsuz teşekkürler.

Son olarak da, hayallerimin her zaman peşinden gitmemi sağlayan, hayatımı incelikler üzerine kurmamı sağlayan, attığım her adım ve aldığım her kararda koşulsuz hep yanımda olan ve bana güvenen canım annem Gülseren OKYAY, babam Yasin OKYAY sonsuz teşekkürler.

Bu tezin oluşumunda ve öğrenim hayatımda maddi ve manevi anlamda yanımda olarak, hayatıma yön vermemde bilgilerini ve deneyimlerini esirgemeyen, bana güvenen, her koşulda bana zamanını ayıran, en bunaldığım ve çevremdekileri bunalttığım dönemlerde dahi soğukkanlılığını koruyarak beni motive eden, her kararımda en büyük destekçim olan canım abim Can OKYAY'a sonsuz teşekkürler.

Bu tezde kullanılan ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sistemi TÜBİTAK 218-O-135 nolu projenin alt yapısı ile yapılmıştır. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Halime OKYAY
TUNCELİ-2022

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ I
TEŞEKKÜR II
İÇİNDEKİLER III
ŞEKİLLER LİSTESİ IV
TABLOLAR LİSTESİ V
SEMBOLLER LİSTESİ VI
KISALTMALAR LİSTESİ VII
ÖZET VIII
ABSTRACT IX
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 4
2.1. Portakal Ağacı 4
2.2. Portakal 4
2.3. Ekstraksiyon 8
2.4. Fenolik Madde 11
2.5. Ohmik Isıtma 12
2.6. Ohmik Isıtma ile İlgili Ekstraksiyon Çalışmaları 14
3. MATERYAL VE YÖNTEM 21
3.1. Materyal 21
3.2. Yöntem 21
3.2.1. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi 21
3.2.2. Maserasyon işlemi 22
3.3. Analizler 23
3.3.1. Sıcaklık ölçümlerin belirlenmesi 23
3.3.2. Temassız sıcaklık ölçümleri 23
3.3.3. Ohmik ısıtma işleminde akım değişiminin belirlenmesi 23
3.3.4. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi (TFM) 23
3.3.5. Güç değerlerinin belirlenmesi 24
3.3.6. Ekstraksiyon verimi 25
3.4. İstatistiksel Değerlendirme 25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 26
4.1. Zamana Bağlı Sıcaklık Değişimi ve Isınma Süreleri 26
4.2. Akım ve Performans Verileri 34
4.2.1. Akım değerindeki değişim 34
4.3 OIDE İşleminde Toplam Harcanan Enerji Değeri 40
4.4. OIDE İşleminde Meydana Gelen Termal Görüntüler 44
4.5. Toplam Fenolik Madde Miktarı 45
4.6. Maserasyon 55
4.7. Ekstraksiyon Verimi 57
5. SONUÇ 63
6. KAYNAKLAR 66
ÖZGEÇMİŞ
EKLER

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Portakal meyvesinin kesiti 7
Şekil 3.1. Ohmik ısıtma destekli (A) ve geleneksel ekstraksiyon (B) işlemine ait şematik gösterimi.....22
Şekil 4.1. Farklı işlem koşullarda ohmik ısıtma işleminde zamana bağlı sıcaklık grafiği 29
Şekil 4.2. Farklı işlem koşullarında akıma bağlı sıcaklık grafiği…… 35
Şekil 4.4. Sisteme ait temassız sıcalık ölçüm görüntüleri ve sıcaklık dağılımları…….. 45

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Portakal meyvesinin bileşen ve derişimler 5
Tablo 2.2. FAO verilerine göre narenciye ve portakal üretim miktarları 6
Tablo 2.3. 100 g taze portakal kabuğunun bileşimi 8
Tablo 2.4. Ekstraksiyon metotlarının karşılaştırılması 10
Tablo 4.1. Farklı işlem koşullarında örneklerin hedef ekstraksiyon sıcaklıklarına ulaşma ve ortalama ısınma hızı değerleri..... 28
Tablo 4.2. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen akım-sıcaklık tablosu 37
Tablo 4.3. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen toplam harcanan enerji ve güç ortalaması..... 42
Tablo 4.4. Farklı işlem koşullarında üretilen ohmik ısıtma ekstraksiyon yapılan örneklerin toplam fenolik madde miktarı..... 48
Tablo 4.6. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sisteminde uygulanan farklı işlem koşullarının ekstraksiyon verimi üzerine etkisi……..... 59

SEMBOLLER LİSTESİ

g : Gram
mL : Mililitre
nm : Nanometre
°C : Santigrat derece
v/v : Hacimce yüzde
µg : Mikrogram
µL : Mikrolitre
nm : Nanometre
p : İstatistiksel önem değeri
Kal : Kalori
Hz : Hertz (1/s)
J : Joule
Pa : Pascal
Dak : Dakika
S : Saniye
T : Sıcaklık
Q : Enerji
V : Gerilim (Volt)
L : İki elektrot arasındaki mesafe
Kg : Kilogram
kHz : Kilohertz
GHz : Gigahertz
Mhz : Megahertz
M : Moralite
Cm : Santimetre
N : Normalite
I : Akım (Amper)
V : Voltaj
T : İşlem süresi
P : Güç (W)
kPa : Kilopascal
A : Elektrot temas yüzey alanı (m^2)
EC : Elektriksel iletkenlik değeri
L : Elektrot arası uzaklık (m)
R^2 : Regrasyon katsayısı
Na_2CO_3 : Sodyum karbonat
Kj : Kilo joule
mg : Milligram
KM : Kuru madde
A : Absorbansa (nm)
NaCI : Sodyum klorür
kW : Kilowatt

KISALTMALAR LİSTESİ

KM : Kuru Madde
OIDE : Ohmik Isıtma Destekli Evaporasyon
IP : İyileştirme Potansiyeli
FAO : Gıda Ve Tarım Organizasyonu
FFA : Serbest Yağ Asitleri
SÇKM : Suda Çözünür Kuru Madde
POM : Polioksimetilen
TCOE : Toplam Harcanan Ohmik Isıtma Enerjisi
EX : Ekserji
EC : Elektriksel İletkenlik
G : Geleneksel Evaporasyon İşlemi
TS : Türk Standratlar
UAE : Ultrason Destekli Ekstraksiyon
OD : Ohmik Isıtma İşlemi
GAE : Gallik Asit
OIDE : Ohmik Isıtma Destekli Ekstraksiyon
TFM : Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi
OHAE : Ohmic Heating Assisted Extraction
Dak : Dakika
THE : Toplam Harcanan Enerji
SÇKM : Suda Çözünür Kuru Madde
SCF : Süper Kritik Akışkan
VOE : Ohmik Isıtma Destekli Vakumlu Buharlaşma
IQF : Bireysel Hızlı Dondurma
ODVAE : Ohmik Isıtma Destekli Vakum Altında Evaporasyon
VAE : Vakum Altında Evaporasyon
DPPH : 2,2 difenil-1-pikrilhidrazil
MS : Maserasyon
USDA : Amerika birleşik devletleri tarım bakanlığı
TÜİK : Türkiye istatistik kurumu
SEM : Taramalı elektron mikroskobu
CO_2 : Karbondiokasit
Fe_2SO_4 : Demir sülfat

ÖZET

Bu tez çalışmasında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon (OIDE) yöntemin kullanılarak farklı üretim koşullarında portakal kabuğu tozu örneğinden toplam fenolik madde (TFM) ekstrakte edilmiştir. Maksimum TFM ekstraksiyonu belirlemek amacıyla maserasyon (MS) uygulanmış ve OIDE yöntemiyle elde edilen toplam fenolik madde miktarının verimi belirlenmiştir. OIDE işlemi kullanılarak portakal kabuğu örneğinden TFM ekstraksiyon işlemi süresince elektriksel ve performans özellikleri (enerji, akım, zaman, sıcaklık) belirlenmiş ve istatiksel olarak incelenmiştir. OIDE yöntemi üç farklı katı: sıvı oranında, üç ayrı voltaj gradyanında (20, 25 ve 30 V/cm) ve dört ayrı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) aralığında uygulanmıştır. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi, güç ünitesi, test hücresi, mikroişlemci, bağlantı elemanları ve bilgisayardan oluşmaktadır. OIDE işleminde tüm katı sıvı oranları için 3 farklı voltaj gradyanı için 20 °C'den hedef ekstraksiyon sıcaklıklarına kadar (45, 60, 75 ve 90˚C) sıcaklık zaman ilişkisinin doğrusal bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bütün katı: sıvı oranlarında ve voltaj gradyanlarında hedef ekstraksiyon sıcaklığı arttıkça işlem süreleri artmıştır ($p<0.05$). En kısa işlem süresi 1:20 konsantrasyonda, 90˚C sıcaklıktaki 30 V/cm voltaj gradyanında elde edilmiştir. Isınma süresinin üzerinde hedef ekstraksiyon sıcaklığının ve voltaj gradyanın olumlu etkisinin olduğu fakat katı: sıvı oranın etken olmadığı belirlenmiştir ($p>0.05$). Ayrıca akım ve sıcaklık ilişkisinde 20˚C ile 90˚C doğrusal bir artış olduğu, R^2 değerinin 0.98 üzerinde olduğu belirlenmiştir. OIDE işleminde toplam harcanan enerji ve ortalama güç değerleri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının, voltaj gradyanının ve kat: sıvı oranın etkisi olduğu belirlenmiştir. Özellikle voltaj gradyanı değeri arttıkça harcanan enerji miktarının da azaldığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca aynı voltaj gradyanlarında tüm katı: sıvı oranları için artan ekstraksiyon sıcaklığına bağlı olarak ortalama güç değerinin arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). OIDE işlemini portakal kabuğunun toplam fenolik madde miktarı üzerine ilişkisi incelendiğinde tüm voltaj gradyanı ve ekstraksiyon sıcaklıkları ile katı: sıvı oranları arasında en yüksek TFM miktarının 1:20 katı: sıvı oranında bulunması ve en düşük 1:60 katı: sıvı oranında bulunmuştur. Farklı üretim koşulları kullanılarak ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi ile TFM miktarının değişimi incelendiğinde, istatiksel olarak katı: sıvı oranı ve ekstraksiyon sıcaklığının bireysel etkisi olduğu ($p<0.05$), ancak voltaj gradyanının etkisi olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. OIDE yöntem kullanılarak yapılan ekstraksiyon işlemi için ekstraksiyon verimi tüm katı: sıvı oranlarında (1:20, 1:40 ve 1:60 g/ml), 25 V/cm voltaj gradyanı değerlerinde daha yüksek ekstraksiyon verimi tespit edilmiştir. Ayrıca dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) değerleri arasında ve tüm koşullar içinde en yüksek ekstraksiyon verimine 90˚C' de ulaşılmıştır. En yüksek sıcaklık değerlerinde en fazla ekstraksiyon verimi elde edildiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde TFM elde edilmesi için sıcaklığın önemli bir etken olduğu, işlem süresi ve performans değerleri üzerine ise hem uygulanan voltaj gradyanın hem de uygulanan sıcaklık değerinin önemli bir etken olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kullanılan katı: sıvı oranın ekstraksiyon işlemi için önemli bir koşul olduğu bu yüzden çalışmalarda dikkate alınması gereken önemli bir uygulama olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Enerji, fenolik madde, ohmik ısıtma, verim

ABSTRACT

Investıgatıon Of Phenolıc Substance Extractıon From Orange Peel Powder Usıng Ohmıc Heatıng Process

In this thesis, total phenolic substance (TFS) was extracted from orange peel powder sample under different production conditions using ohmic heating assisted extraction (OHAE) method. In order to determine the maximum TFS extraction, maceration (MS) was applied and the yield of the total amount of phenolic substance obtained by the OHAE method was determined. The electrical and performance properties (energy, current, time, temperature) were determined and statistically investigated during the TFS extraction process from the orange peel sample using the OHAE process. The OHAE method was applied at 3 different solid: liquid ratios, 3 different voltage gradients (20, 25 and 30 V/cm), and 4 different temperatures (45, 60, 75 and 90˚C). OHAE system consists of power unit, test cell, microprocessor, connectors and computer. A linear increase in the temperature-time relationship from 20 °C to target extraction temperatures (45, 60, 75 and 90˚C) was found for all solid-liquid ratios and voltage gradients in the OHAE process. Process times increased with increasing target extraction temperature for all solid: liquid ratios and voltage gradients ($p<0.05$). The shortest processing time obtained at the solid to liquid ratio of 1:20, 90˚C and voltage gradient of 30 V/cm. It was determined that the target extraction temperature and voltage gradient had a positive effect on the heating time, but the solid: liquid ratio did not effect ($p>0.05$). In addition, it was determined that there was a linear increase in the current and temperature relationship between 20˚C and 90˚C, and the R^2 value was above 0.98. It was determined that the extraction temperature, voltage gradient and solid: liquid ratio had an effect on the total energy and average power values in the OHAE process. It has been determined that the amount of energy consumed decreases as the voltage gradient value increases ($p<0.05$). It was also found that the average power value increased with increasing extraction temperature for all solid: liquid ratios at the same voltage gradients ($p<0.05$). When the relationship of the OHAE process on the total phenolic substance content of the orange peel is examined; the highest TFM amount was found at 1:20 solid: liquid ratio and the lowest 1:60 solid: liquid ratio for all voltage gradient and extraction temperatures. When the change in the amount of TFM with the OHAE process using different production conditions was examined; statistically, it was determined that the solid: liquid ratio and the extraction temperature had an individual effect ($p<0.05$), but the voltage gradient had no effect ($p>0.05$). In the extraction process using the OHAE method, higher extraction efficiency was determined at 25 V/cm voltage gradient for all solid: liquid ratios (1:20, 1:40 and 1:60 g/ml). In addition, the highest extraction efficiency was achieved at 90˚C between four different temperatures (45, 60, 75 and 90˚C) for all other conditions. The highest extraction efficiency was obtained at the highest temperature value. As a result, it has been determined that the temperature is an important factor for obtaining TFM in the OHAE process, and both the applied voltage gradient and the applied temperature have a significant effect on the process time and performance values. In addition, the solid: liquid ratio is an important condition for the extraction process, so it is an important factor to be considered in the studies.

Keywords: Energy, efficiency, ohmic heating, phenolic substance

1. GİRİŞ

Türkiye'de ve dünyada en çok yetiştirilen ve tüketilen turunçgil ailesinden biri olan portakal dünyanın en popüler ve yararlı bitkilerindendir (Tamer, 2017). Portakal, başta portakal suyu olmak üzere birçok ürünün üretilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer turunçgillerde olduğu gibi portakal da birçok farklı ürüne işlenirken çok fazla miktarda kabuk açığa çıkmaktadır. Evlerde portakalın kabuğu tüketilmediği için posa ve suyundan arta kalan kabuklar çevreye atık olarak atılmaktadırlar (Fakayode ve Abobi, 2018; Kaynarca ve Aşkın, 2020). Endüstriyel alanda kurutulmuş portakal kabuğu birçok sektörde kullanılmaktadır.

Kurutulmuş portakal kabuğu son zamanlarda ticari olarak üretilirken aroma ve/veya renk verici madde olarak her türlü tatlılarda, et, çorba, pilav, makarna ve sebze yemeklerinde, pasta ve sütlü tatlılarda kullanılmaktadır. Ayrıca portakal kabuğu, reçel üretiminde, uçucu yağ elde edilmesinde ve çeşitli bitki çayı karışımlarının yapımında da kullanılabilmektedir (Yaman, 2012).

Portakal kabuğu; esansiyel yağlar, fenolik ve antioksidanlar gibi bileşikleri içeren değerli bir üründür. Portakal kabuğu fenolik bileşik gruplarından biri olan flovonoid kaynağı olarak da değerlendirilmektedir (Kılınç ve ark., 2018). Bitkilerin sekonder bir metaboliti olan fenolik bileşiklerin; antikansorejen, antialerjik, antimikrobiyal, kan şekerini düşürücü, kolesterol düşürücü, antimutajen, antikanserojen, antioksidan ve yatıştırıcı özellikleri bulunmakta ve insan sağlığına etki etmektedir (Friedman ve Levin, 2009; Güzel ve Akpınar, 2017).

Taze portakal kabukları yaklaşık olarak %80 nem içermektedir. Torres ve ark., (2007) tarafından yapılan çalışmada bu nem içeriğinin kabukta mikroorganizma faaliyetini artırabileceği ve bu durumun kabuğun yapısını ve kimyasal bileşenlerini bozabileceği bildirilmiştir. Crasky'nin (2008) çalışmalarına göre, kabuğun nem içeriğinin %10'a düşürülmesiyle portakal kabuğunun korunması, raf ömrünün uzaması sağlanabilmektedir ve bu nedenle portakal kabuklarının kurutulması gerekmektedir. Portakal kabuğu kurutulmasında renk ve besin değerlerinin korunması için kurutma metodunun seçilmesi önemli bir kriterdir.

Bu sebeple portakal kabuğu kurutulurken hızlı kurutma metotlarının tercih edilmesi gerekmektedir (Polatcı ve Taşova, 2020). Ohmik ısıtma metodu bu yöntemlerden birisidir.

Ohmik ısıtma, iki elektrot arasında bulunan gıda maddesi içerisinden alternatif akımın geçirilmesi ve hammadde içerisinde meydana gelen ısı değişimiyle gıda maddesinin ısıtılması prensibine dayanır (Reznick, 1996; Sastry ve Salengke, 1998; İçier, 2003; Çevik ve ark., 2020). Ohmik ısıtmada gerçekleşen bu ısınma hammaddenin elektrik akımına dayandığı direnç, hammadde içerisinde ısı jenerasyonunun oluşmasına sebep olmaktadır. Farklı bir tanım ile elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür (İçier, 2003). Meydana gelen homojen ısı jenerasyonu nitelik olarak sıvı gıda ürünlerinde homojen ısı ve sıcaklık dağılımına neden olur. Böylece gıda ürününden geçen akımla ilişkili olarak beklenenden daha çabuk bir ısıtma meydana gelir (İçier, 2005). Ohmik ısıtma işlemi gıdada; hacimsel bir şekilde ısıtmayı sağlarken, voltaj gradyanı ve ısıtılacak gıdanın elektriksel iletkenlik özelliği ısınma özelliğini etkilemektedir (Kaya ve İçier, 2019). Ohmik ısıtmanın hızlı ve homojen bir ısıtma sağlaması, birçok avantaj sağlamaktadır, bunlar ısıtma süresini kısaltması, az miktarda sermaye maliyetinin olması, enerji verimliliğinin yüksek olması ve çevre dostu ısıtma işlemi sağlaması gibi belirgin üstünlük özellikleri bulunmaktadır (Kaya ve İçier, 2019). Ayrıca ohmik ısıtma sistemlerinin gıdada hedeflenen mikroorganizmaların inaktivasyonunun meydana gelmesinde etken olduğu ve gıdadaki ürünün kendine özgü görevleri koruduğu için geleneksel ısıtma metotlarına alternatif olabileceği bildirilmiştir (Kaya ve İçier, 2019).

Gıda endüstrisinde önemli bir yere sahip olan ekstraksiyon işlemleri gıda proseslerinde bir çözücü aracılığıyla materyal içerisinden, çözünen fazı ayırmak için kullanılan bir metottur. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ekstraksiyon yöntemleri; katı-sıvı ekstraksiyon, sıvı-sıvı ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, yüksek basınçlı solvent ekstraksiyon, ses dalgaları destekli ekstraksiyon ve ohmik destekli ekstraksiyondur (Şahin ve ark., 2016; Kantar, 2019). Ekstraksiyon işlemi özellikle gıdalarda biyoaktif bileşiklerin (fenolik bileşik, antosiyanin, antioksidan vb.) elde edilmesinde kullanılmaktadır. Son dönemlerde ekstraksiyon veriminin arttırılması amacıyla ohmik destekli ekstraksiyon metotları üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Ohmik destekli ekstraksiyon sisteminde; ısı gönderme olarak rol almakla birlikte, gerçekleşen elektriksel alan sayesinde hücresel dokularda elektroperasyona sebeb olmaktadır. Bu da biyoaktif bileşenlerin belirgin bir şekilde ekstrakte olmasına olanak tanıdığı yapılan çalışmalar sonucunda belirtilmektedir (İncedayı ve ark., 2019).

Bu çalışma, portakal kabuğu tozunun, ohmik ısıtma sistemi kullanılarak farklı koşullarda elde edilen ekstraktlarının sıcaklık (45, 60, 75, 90 °C), voltaj gradyanı (20, 25 ve

30 V/cm), katı: sıvı oranı (1:20, 1:40 ve 1:60 mg/l) aralığında ekstrakte edilen ürünlerin toplam fenolik madde miktarının ekstraksiyon işlemi süresince elektriksel ve performans özellikleri (enerji, akım, zaman, sıcaklık, ekstraksiyon verimi) incelenmiştir. Ayrıca ohmik ısıtma işlemi için önemli parametrelerden olan akım değerinin değişiminin incelenmesi çalışmanın amaçları arasındadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Portakal Ağacı

Portakal ağaçları, yaprak dökmeyen, meyveleri oval veya küresel biçimde olan turunçgil türleri içerisinde en uzun yaşayan, 9-10 m uzunluğunda ve tek bir gövdeden oluşan, çiçekli bir ağaç türüdür. Soğuğa karşı dayanaklı bir tür olmakla birlikte çeşitli iklimlere de adapte olabilen önemli bir meyvedir (Hernandez ve ark., 2016; Temırbekova, 2019).

Birçok çeşide sahip olmasından dolayı türlerin çaprazlanmasıyla da yeni türler meydana gelmiştir (Tütem, 2012; Temırbekova, 2019). Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 34 (2007) standardı doğrultusunda 14 tane portakal ağacı çeşidi bulunmaktadır (TSE, 2007). Bunlar; Tomson Navel (Thomson Navel), Kan (Moro), Naveleyt, Kan (Taracco), Vaşington Navel (Washington Navel), Cara cara, Sangunnelli (Sanguinelli), Kara kara, Valensiya Leyt (Valencia Late), Akçay şekeri, Leynleyt, Yafa (Şamuti) (Shamouti), Valensiya Midkınayt (Valencia Midknight), Navelin olarak bilinmektedir.

Dünya çapında portakalın anavatanı binlerce yıldır ekilen ve yetiştiriciliği yapılan Çin dir. Portakal ağacı yetiştirme anlamında bir sıralama yapılacak olursa Çin, Güney Afrika, Akdeniz ülkeleri ile Amerika gibi sıcak ılıman bölgeler başta gelmektedir. Bu nedenle dünyada en çok dikilen meyve ağaçlarından biri haline gelmiştir (Omoba ve ark., 2015; Ergüt, 2015).

2.2. Portakal

Turunçgiller sınıfının içerisinde en popüler meyve türü olan portakal, Latince *Citrus Sinensis* adıyla bilinen sulu ve tatlı bir meyvedir (Omoba ve ark., 2015; Günkaya ve ark., 2016).

Portakal meyvesinin bileşiminde; 400'den fazla bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenlerde geniş biyolojik özellikler bulunmaktadır. Karbonhidrat, organik asitler, aminoasitler, mineraller, iz miktarda flavanoidler, uçucu maddeler, lipitler, polifenol, karatenoid, folik asit, pektin ve C vitamini gibi birçok antioksidan, fenolik bileşiği bulunan kuvvetli faktör maddeleri bulunmaktadır (Duran, 2011; Mrad ve ark., 2012; Karaslan ve Erdem, 2014).

Portakal meyvesinin bazı bileşenlerin derişim nicelikleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir (Mertoğlu, 2015).

Tablo 2.1. Portakal meyvesinin bileşen ve derişimler (Mertoğlu, 2015)

Bileşenleri	Derişimler
Su	860 (g/kg)
Protein	7,0-13,0 (g/kg)
Yağ	1,0-3,0 (g/kg)
Lif	5,0 (g/kg)
Kül	5,0-7,0 (g/kg)
Kalsiyum	400-430 (g/kg)
Fosfor	170-220 (g/kg)
Demir	2,0-8,0 (g/kg)
Karoten	1200 (µg /kg) (Vit.A)
Thiamin	1,0 (mg/kg)
Riboflavin	0,4 (mg/kg)

İnsan yaşamını tehdit edici hastalıkların önlenmesinde etkileri araştırılan portakal, C vitamini açısından da oldukça zengindir (Kanmaz ve Saral, 2017). Kandaki kolesterol seviyesini düşürme, kansere olma riskini azaltma ve ultraviyole ışınlarına karşı korumada etkisinin bulunduğu yapılan araştırmalarla desteklenmektedir (Kanmaz ve Saral, 2017). Günlük yaşantımızda karşımıza çıkan akut hastalıklarında, kabızlık, kramp, kolik, ishal, bronşit, öksürük, soğuk algınlığı, menstrüel bozukluk rahatsızlıklarını tedavi etmek amacıyla kullanılmaktadır (Favale-Hernandez ve ark., 2016).

Portakal, turunçgiller içerisinden en çok tüketimi ve üretimi yapılan türdür. Dünyada 2019/20 üretim yılında 92 milyon ton turunçgil üretilmiş olup Çin, Brezilya ve ABD ilk üç sırada yer almaktadır. Toplam turunçgil üretiminin %50'sini portakal alırken, %34 mandalina, %8 limon, %7 greyfurt kapsamaktadır (FAO, 2021). Türkiye, dünya portakal üretiminin %4'ünü karşılayarak üretimde yedinci sırada yer almıştır. Ürettiği portakalın % 16'sını ihraç etmektedir. Dünyada portakal ihracatında kuvvetli ülkeler sırasıyla Mısır, Güney Afrika ve ABD olmuşken, ithalatta ise ülkeler Rusya, AB olmuştur (Tüik, 2021). FAO verilerine göre portakal ve turunçgil üretiminin Dünyada, Avrupa'da ve Türkiye'de üretim miktarları Tablo 2.2'de gösterilmiştir. Türkiye'de portakal üretiminin bir önceki yıllara göre azaldığı görülmektedir.

Tablo 2.2. FAO verilerine göre narenciye ve portakal üretim miktarları

		2017 (Ton)	2018 (Ton)	2019 (Ton)
Narenciye	Dünya	147.087.519	152.499.223	14.496.484
	Avrupa	10.656.801	11.072.344	10.586.899
	Türkiye	4.769.726	4.902.052	4.301.415
Portakal	Dünya	73.831.145	75.189.362	78.699.604
	Avrupa	6.056.560	6.517.952	6.098.450
	Türkiye	1.950.000	1.900.000	1.700.000

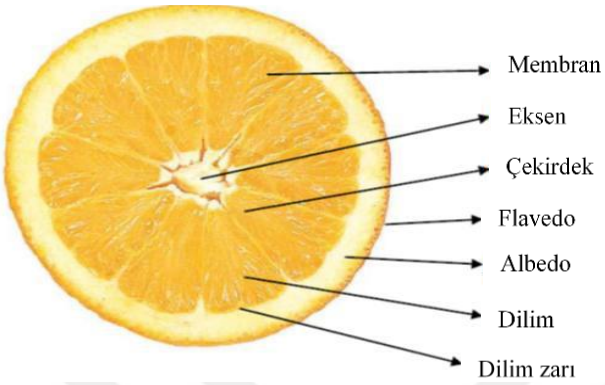
FAO verilerine göre Dünyada turunçgil ürünleri içerisinde üretimi bir önceki yıla göre %14 oranı ile en çok azalma portakalda görülmektedir (FAO, 2021). Türkiye'de portakal üretiminin bir önceki yıllara göre üretiminin azaldığı görülmektedir.

Portakal, yetiştiriciliği büyük bir endüstriyel ve tarımsal yapıya sahiptir. Nitelikleri diğer turunçgil meyve türlerine göre farklılık gösteren ve üretim oranları fazla olan öncelikle taze tüketilmekte olan farklı ürün yelpazesine sahiptir. Portakal meyvesi endüstride farklı alanlarda kullanılmaktadır. Kozmetik ürünlerinde, ilaçların yapımında, parfümeri yapımında, aromatik bitki yapımında gıda ürününde ise yaygın olarak meyve suyu, bisküvi, dondurma marmelat, reçel, sos ve çay gibi sektörlerde hammadde olarak kullanılmaktadır. Portakal ortalama %80-85 civarında yüksek miktarda su bulundurduğundan dolayı meyve suyu üretim işletmelerinde yaygın olarak tercih edilme sebeplerinden biridir (Kanmaz ve Saral, 2017).

Önemli miktarda biyoteknolojik dönüşümler için portakal atığı zengin bir hammaddedir (Grohmann, Cameron ve Buslig, 1995; Tekelioğlu, 2016). Gıda endüstrisi, portakal endüstrisinden kaynaklanan yan ürünleri için kullanım alanları bulmaya özel bir ilgi göstermektedir. Atıklar arasında tohum, küspe, albedo ve kabuk bulunmaktadır. Portakal suyu üretimi sırasında binlerce ton yan ürün meydana gelmektedir (Garau ve ark., 2007). Bu anlamda portakal kabuğu; tozlar, pullar ve dilimler gibi farklı ürünler için kurutulabilmektedir (Ruiz- Díaz ve ark., 2003). Bazı işlemler daha fazla meyve miktarından faydalanıp melas, uçucu yağ ve/veya limon ekstraksiyonu ve pektin ekstraksiyonu portakal atıklarına uygulanan trendlerden bazılarıdır (Manjarres ve ark., 2012; Ayala, 2021). Atık portakal kabuklarının değerlendirilmesi büyük bir potansiyel oluşturmaktadır bunun sebebi ise atık portakal kabuklarında bulunan pektin içeriğinin gıda alanında kullanılması ve biyobozunur ambalaj sektöründe kullanılmasından dolayıdır (Kökyar, 2012).

Portakal kabuğu iki katmandan oluşmaktadır. Flavedo en dış katman % 30'unu, albedo ise iç katman % 70'ini oluşturmaktadır. Flavedo, meyvenin renk pigmentlerine sahip

en dışta rengi sarıdan portakal kırmızısına kadar değişen ince tabaka olup, yapısında en değerli pigmentlerden olan karotenoid ve yağ hücrelerini bulundurmaktadır. Portakal meyvesinin kesiti Şekil 2.1'de verilmiştir (Ergüt, 2015).



Şekil 2.1. Portakal meyvesinin kesiti (Ergüt, 2015)

Flavedo katmanının en dışında; meyvenin dış yüzeyinde, ince bir mum film bulunur. Bu yapısı meyveyi yağmura, su kaybına ve mantar enfeksiyonuna karşı kendi yapısının oluşturduğu bir koruyan tabakadır (Ergüt, 2015). Albedo iç katmanı olarak meyve suyu veziküllerinin bulunduğu koruyucu bir tabakadır. Yapısı ise, flavedonun hemen altında beyaz renkte, kalınca bir yüzey olan iri hücrelerden oluşmaktadır. Yapısında besin maddeleri ve suyu taşıyan damarlar bulunmaktadır. Albedonun içeriği ve kalınlığı türünden türüne değişmektedir (Hui, 2007). Dilimleri, endokarp (meyve eti) yuvarlak olarak ortaya çıkmaktadır. Dilimler parankim hücrelerinin bir araya gelmesiyle, içinde meyve suyu mevcut olan keseciklerden oluşmaktadır. Keseciklerini, yüksek moleküllü malzemeden oluşmuş bir dilim zarı sarmaktadır. Dilimlerin etrafında bulunan ve eşit parçasına gelen bölgede, dilimler içinde çekirdekler veya çeşidine göre çekirdek izleri bulunmaktadır (Mertoğlu, 2015).

Portakal, portakal suyu ve kabuğunda bulunan fenolik bileşiklerin önemli bir kısmı hidroksisinnamik asitler ve flavonoidlerden oluşmaktadır (Klımczak ve ark., 2007; Kökyar, 2012). Portakal kabuğunun yapısındaki flavonoidler, esas olarak flavanon glikozitleri (narirutin-4'-O-glukozit, eriositrin, narirutin, hesperidin, isosakuranetin-7-rutinozit), polimetoksillenmiş flavon aglikonları (sinensetin, hekza-O-metilkuersetajetin, nobiletin, hekza-O-metilgossipetin, 3,5,6,7,8,3',4'-heptametoksiflavon, tangeritin ve 5-hidroksi-3,7,8,3',4'-pentametoksiflavon), flavon glikozitleri (apigenin-7-O-rutinozit, rutin, diosmin) ve C-glukozillenmiş flavonlar (apigenin-6-8-di-C-glukozit)'den ve diğer birçok farklı

fenolik asit ile ilgili türevler dahil olmak üzere birçok sayıda flavonoid içermektedir. Portakallar flavonoidleri; antioksidan, antiinflamatuar, anti-kanserojen ve anti-ateroskleroz aktiviteleri dahil olmak üzere çeşitli biyoaktivitelere sahiptir (Hu ve ark., 2003; Kitts, 2006; Pan ve ark., 2010; Kökyar, 2012).

Portakal kabuğunun, meyvenin kendisinden ve suyundan daha zengin içeriğe sahip olduğu ve doğal antioksidanlar, fenolik asitler, flavonoidlerin ekstraksiyonu ve kullanımı konusunda yapılmış farklı çalışmalar sonucunda fenolikler, flavonoidler, esansiyel yağlar, C vitamini, pektin, şeker, folik asit, potasyum gibi sağlığa yararlı doğal bileşenlerin olduğu vurgulanmıştır (Bacco ve ark., 1998; Manthey ve Grohmann, 2001; Xu ve ark., 2007; Özcan, 2021). Tablo 2.3 100 g taze portakal kabuğunun bileşimi gösterilmiştir.

Tablo 2.3. 100 g taze portakal kabuğunun bileşimi (USDA, 2019; Uysal, 2019)

Besin İçeriği	Miktar	Besin İçeriği	Miktar
Su	72,5 g	Karbonhidrat	25,00 g
Protein	1,50 g	Lif	10,60 g
Yağ	0,20 g	Magnezyum	22,00 g
Kül	0,80 g	Sodyum	3,00 mg
Kalsiyum	161,00 mg	Potasyum	212,00 mg
Demir	0,80 mg	Askorbik Asit	136,00 mg
Fosfor	21,00 mg	Çinko	0,25 mg

Portakal kabukları hakkında son zamanlarda beslenme ve sağlığa yararlı ya da hastalık riskini azaltmaları ile ilgili daha derin bilgi edinmek amacıyla biyoaktif bileşiklerin farklı yöntemlerle ekstrakte edilmesi ve belirlenmesi amacıyla çalışmalara ağırlık verilmektedir (Ergüt, 2015). Yapılan bazı çalışmalarda portakal kabuğunun hastalıkların ilerlemesini önlemede etkisinin bulunduğu bildirilmiştir. Kanser, diyabet, yüksek tansiyon, damar tıkanıklıkları, vücuttaki sarkmalara, iştahsızlığa karşı yararlı etkileri olduğu bilinmektedir (Aktaş ve ark., 2014).

2.3. Ekstraksiyon

Ekstraksiyon, çözünürlük prosesine dayalı bir ayırma tekniğidir (Kantar, 2019). Sabit sıcaklık ve basınçta, katı veya sıvı hammaddelerin kütle veya hacminin, içinde bulunduğu ortamın kütle veya hacmine oranın farklı olmasından yararlanılan değerli bileşenlerin elde

edilmesinde kullanılan bir ayırma işlemi olarak tanımlanmaktadır (Güzel, 2018). Ekstraksiyon; bitkilerden renk maddesi (likopen, antosiyanin, betalain vb.), şeker pancarından şeker, tohumlardan yağ, hammaddeden aroma bileşenlerinin ayrılmasında ve fenolik maddelerin elde edilmesinde kullanılan önemli bir tekniktir (Çabas, 2021). Verimli bir ekstraksiyon prosesi; hızlı, basit ve düşük maliyetli olmalı, enerji tasarrufu sağlamalıdır. Ekstrakte edilen hammaddeler en az kayıp ve yalın bileşiklere/bileşenlere tek yönlü olarak ayrılarak elde edilmelidir. Ekstra bir işlem gerektirmemeli ve çözücü içermemelidir (Kökyar, 2012). Doğal ürünlere olan ilginin artmasıyla beraber ekstraksiyonla ilgili çalışmalar artmıştır. Aktif maddeye göre kullanılmak istenen ekstraksiyon yöntemleri ile çözücüler çeşitlilik göstermektedir (Atak ve Uslu, 2018).

Geleneksel ekstraksiyon (katı-sıvı, sıvı-sıvı vb.) metotlarının gıda sanayinde kullanımı oldukça yaygındır (Tavman ve ark., 2009). Ancak bu metotlarda karşılaşılan uzun ekstraksiyon süresi, yüksek miktarda çözgene yani çözücüye ihtiyaç duyulması, termal sıcaklığa bağlı olarak ısıya bağlı bileşenlerde arzu edilmeyen bozulmalar olması ve yüksek maliyet gibi dezavantajlarının bulunmasından dolayı yeni ektraksiyon tekniklerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur (Dinçer ve ark., 2020). Bu kapsamda düşük maliyetli, ekstraksiyon süresini azaltan, çözücü tüketimini azaltan ve çevre dostu yeni ektraksiyon metotları geliştirilmiştir. Bunlardan ultrason destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon, ses ısıtma destekli ekstraksiyon vb. yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (Kabuz, 2019).

Ultrason destekli ekstraksiyon, geleneksel ekstraksiyon yöntemlere karşı daha az süre, daha az enerji tüketimi, daha az çözücü kullanımı gerektiren basit, termal olmayan, verimli ve ucuz bir tekniktir. Ultrason destekli ekstraksiyon (UAE) işleminin ses yoğunluğu 20 kHz'in üzerinde frekansa sahiptir (Kabuz, 2019). Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında, ultrasonik destekli ekstraksiyon, değerli bileşiklerin eldesinde (Corbin ve ark., 2015; Celli ve ark., 2015; Mane ve ark., 2015; Kazemi ve ark., 2016; Bonfigli ve ark., 2017; Lopez ve ark., 2018; Baria ve ark., 2019), farklı materyallerden pektin eldesinde (Banerjee ve ark., 2016; Moorthy ve ark., 2017; Velyamov ve ark., 2019), doğal pigmentlerin ekstraksiyonunda (Maran ve Priya, 2015) ve farklı tohumlu materyallerden yağ eldesinde (Li ve ark., 2015; Gayas ve ark., 2017) yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, 300 MHz ile 300 GHz frekans aralığındaki dalgalardır. Bitki matrislerinde ve yan ürünlerinde biyoaktif bileşenlerinin elde edilmesinde kullanılan verimli ve hızlı bir metottur. Mikrodalga ısınma enerjisinin aşamaları

materyallerin iç yüzeyine temas eden elektromanyetik alanların polar moleküller üzerindeki direkt etkilerine dayanmaktadır (Rifna ve ark., 2021). Son yapılan araştırmalar incelendiğinde, mikrodalga destekli ekstraksiyonun fenolik bileşik, flavonoid, antosiyanin, likopen, esansiyel yağ gibi biyoaktif bileşiklerin eldesinde (M'hiri ve ark., 2015; Durmaz ve ark., 2015; Ho ve ark., 2015; Jeyaratnam ve ark., 2016; Varadharajan ve ark., 2016; Carniel ve ark., 2017; Maeng ve ark., 2017; Kusuma ve Mahfud, 2017; Radojkovic ve ark., 2018; Wei ve ark., 2019; Kantar, 2019), farklı mateyallerden pektin eldesinde (Maran ve Prakash, 2015; Hosseini ve ark., 2016; Koštálová ve ark., 2016; Swamy ve Muthukumarappan, 2017; Colodel ve ark., 2018; Kantar, 2019), mikrodalga uygulamasının gıdalarda bulunan enzimlerin inaktive edilmesinde, tohumların çimlenmesinde, organoleptik özelliklerin korunmasında, ürün oluşumunda, ürün reformasyonunda etkili olduğu bildirilmiştir (Rifna, Ramanan ve Mahendran, 2019; Rifna ve ark., 2019; Rifna ve Dwivedi, 2021). Mikrodalga destekli ekstraksiyon yardımıyla yapılan analizlerde domates kabuklarından likopen eldesinin çok daha kısa sürede meydana geldiğini, ısı ve ışığa karşı daha duyarlı olan bileşiklerin analizinde daha fazla kazanım sağlayabileceği bildirilmiştir (Tekelioğlu, 2016).

Yüksek basınç solvent ekstraksiyonu, literatürde basınçlı sıvı ekstraksiyon, hızlandırılmış solvent ekstaksiyonu olarak da adlandırılmaktadır (Kökyar, 2012). Kullanım alanları propolistenkateşin, kafeik asit, klorojenik asit, epikateşin gallat ve gallokateşin, gibi fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda daha çok kullanılmaktadır (Erdoğan ve ark., 2011).

Ekstrakasiyon metotlarının avanataj ve dezavantaj yöntemlerinin karşılaştırılması Tablo 2.4. detaylı olarak gösterilmiştir (Büyüktuncel, 2012).

Tablo 2.4. Ekstraksiyon metotlarının karşılaştırılması (Büyüktuncel, 2012)

EKSTRAKSIYON TEKNIKLERI	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI	EKSTRE EDİLEN BİLEŞİK
Katı-Sıvı/ Sıvı-Sıvı Ekstraksiyon	Fazla miktarda örnek ekstrakte edilebilir Matrikse bağlı değil. Kolay uygulama Düşük maliyet Basit donanım	Büyük miktarda malzeme kullanımı Uzun zaman da gerçekleşmesi Ekstraksiyon sonrası fazladan işlem gerektirmesi	-Fenolik Bileşikler -Antosiyanin
Yüksek Basınçlı Solvent Ekstraksiyon	Filtrasyona ihtiyaç duyulmaması Az zaman alması Az miktarda solvent kullanımı Kolay uygulanabilirlik	Maliyetin yüksek olması Ekstraksiyonun matrikse bağımlı olması	-Antosiyonin -Polifenoller -Fenolik Bileşikler
Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon	Az zaman alması Az miktarda solvent kullanımı Kurutucu ajanlara gerek duyulmaması İlgili parametrelerin kontrolü	Solventlerin mikrodalga ışınlarının absorban yeteneklerine göre seçilmesi Mekanizma içindeki tüm Materyallerin ekstrakte edilmesi Yüksek maliyet	-Polisakkaritler -Fenolik Asitler -Antosiyanin
Ses Dalgaları Destekli Ekstraksiyon	Yüksek miktarda madde ekstrakte edilebilmesi Ekstraksiyon matriksine bağımlı olmaması Düşük maliyete sahip olması	Yüksek miktarlarda solvent kullanılması Filtrasyona ihtiyaç duyulması	-Fitokimyasallar -Antosiyoninler -Fenolik Bileşikler

2.4. Fenolik Madde

Fenolik bileşikler aromatik bir halkaya (benzen) bir veya daha fazla hidroksil gruplarının doğrudan eşleşmesiyle oluşan moleküller olarak isimlendirilmektedir. Polifenollerin oluşması ise bir veya daha fazla halkaya (benzen) birden fazla fenolik hidroksil gruplarının eşleşmesiyle oluşmaktadır (Vermerris ve Nicholson, 2006). Fenol adı verilen hidroksibenzen bir tane hidroksil grubu içerir ve bilinen en basit fenolik bileşik olup oda koşullarında beyaz renkte ve katı formda bulunmaktadır. Diğer fenolik bileşikler ise bundan türemişlerdir (Aydoğan, 2016). Sebze ve meyveler fenolik bileşiklerin ana kaynağı olup bu bileşikler sebze ve meyvelere kendilerine has rengi veren ve duyusal özelliklerinin oluşumu açısından önemlidirler (Balasundram ve ark., 2006; Aydoğan, 2016).

Polifenollerle ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, yaşamdaki canlılar üzerine sağlıklı etkileri olmasından dolayı bazı alanlarda daha çok ilgi görmesine neden olmuştur. Bu alanlara örnek verilecek olursa farmasötik ve gıda endüstrisi gibi vb. bu alanlardan bazılarıdır (Fang ve Bhandari, 2010; Atak ve Uslu, 2018).

8000'den fazla fenolik yapının bulunduğu ve bunların birçoğu baklagillerde, sebzelerde, tahıllarda, çay, meyvelerde, kahve, şarap, bira gibi bitki kökenli içeceklerde

bulunmaktadır (Dai ve Mumper, 2010; Atak ve Uslu, 2018; Yüksel, 2020). Fenolik maddeler flavonoidler, fenolik asitler, tanenler, stilbenler ve lignanlar olarak sınıflandırılmıştır.

Fenolik bileşiklerin tüketiminin sağlık açısından birçok etkisi bulunmaktadır. Bunların arasında en önemlisi olan, fenolik bileşiklerin aktivite özellikleri, serbest radikal tutma ve asidik özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Balasundram ve ark., 2006). Fenoller hidrojen atomunu serbest radikallere verme eğilimindedirler (Ranalli ve ark., 2003).

Antioksidanların bu reaktif türlerinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırarak reaktif türlerini yok etmekte ve kanserli bölgedeki dokunun hücre bölünmesini azaltmaktadır (Kampa ve ark., 2000; Meyer ve ark., 2005). Bundan dolayı antioksidanlara ilgi gün geçtikçe artmakla beraber, üzerinde araştırma gerektiren bir konu olmuştur. Alzheimer hastalığı ilerlemesinin geciktirilmesi gibi kronik hastalıkların olumsuz etkilerini gidermede önemli rol oynamaktadır (Chun ve ark., 2005). İnsan beslenmesinde önemli bir rolü olan ve yapısında fenolik bileşik bulunduran bitkilere antioksidan özelliğe sahip olduklarından dolayı büyük bir ilgi gösterilmektedir (Aydoğan, 2016). Fenolik bileşiklerle ilgili raporlanan çalışmalar sonucunda insan sağlığına olan etkisinin daha belirgin olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmalarda, antimikrobiyal, antienflamatuar, antialerjik, antiviral, antipatojenik, antidiyabetik ve antitrombotik tesir ettiğini farklı çalışmalarda rapor edilmiştir (Manach ve ark., 2004; Atak ve Uslu, 2018).

2.5. Ohmik Isıtma

Ohmik ısıtma, iki elektrot arasında bulunan gıda maddesi içerisinden alternatif akımın geçirilmesi ve gıda maddesi içerisinde meydana gelen ısı jenerasyonu ile gıda maddesinin ısıtılması prensibine dayanmaktadır (Reznick, 1996; Sastry ve Salengke, 1998; İçier, 2003; Çevik ve ark., 2020). Ohmik ısıtma literatürde elektriksel direnç ısıtma, elektro-ısıtma, joule ısıtma, direkt direnç ısıtma gibi farklı isimler ile ifade edilmektedir.

Ayrıca ohmik ısıtma ismi Ohm Kanunundan esinlenerek adlandırılmıştır (İçier, 2005). Ohmik ısıtma teknolojisi hızlı ve homojen ısıtma gerçekleştirebildiğinden pek çok avantaja sahiptir (Cappato ve ark., 2017; Kutlu ve ark., 2017; Gavahian ve Farahnaky, 2018; İncedayı ve ark., 2019).

Ohmik ısıtma işleminin tarihine bakıldığında, gıda sanayinde kullanımı aslında yeni bir uygulama olmadığı ve 19. yüzyılın sonlarında durağan sıvı gıdaların ve konserve gıdaların sterilizasyonunda doğrudan ohmik ısıtma metodu denenmiş fakat o dönemdeki

teknolojik metotların ve materyallerin yetersiz olmasından dolayı endüstriyel olarak kullanılmasına olanak sağlanamamıştır (Jones, 1897). Ohmik ısıtma endüstriyel olarak ilk uygulamasını süt pastörizasyonunda gerçekleştirmiş olup (De Alwis ve Fryer, 1990; Palanippan ve ark., 1990) bu uygulamanın Anderson ve Finkelstein tarafından geliştirilerek 1930'larda 'Elektro-pure' işlemi ismiyle üretimde kullanıldığı bilinmektedir (De Alwis ve Fryer, 1990). 1930-1960 yılları arasındaki yüksek elektrik maliyetleri sebebiyle ohmik ısıtmanın kullanımı ve üzerine yapılan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Ohmik ısıtma işlemi daha sonra İngiliz Araştırma ve Geliştirme Merkezi (U.K. Electricity Research and Development Centre) tarafından yeniden ele alınarak üzerinde çalışılmaya başlanmış ve 1983 yılında APV Baker Ltd. firmasına endüstriyel kullanım için lisans verilmiştir (Skudder, 1993). Ohmik ısıtma, APV' nin geliştirmiş olduğu patentli sisteme verdiği ismidir.

Ohmik ısıtma tekniğinde gıda maddesinin detaylı ve çabuk bir sıcaklık artış yönteminin uygulanması, ısınma işlemin daha etkin olmasını, ürünün besleyici ve duyusal özelliklerinin korunmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, ısı transferine gerek duyulmadan ısı enerjisi direkt olarak gıda maddesinin içerisinde üretilmekte ve bu sayede yüksek enerji verimliliği sağlayan bir ısıtma tekniğidir. Özellikle istenilen sıcaklığa kısa zamanda ulaşılmakta ve sıvı gıda maddelerinin ısıtılmasına imkân sağlamakta ve akım kesildiğinde ısı transferi son bulduğu için sürecin takibi sağlanabilmektedir.

Ohmik ısıtma işlemi sıvı gıdalarda akımın homojen geçmesi nedeniyle karıştırmaya ihtiyaç duymadan ısıtma sağlamakta ve bu sayede yüksek enerji verimliliği sağlamaktadır. Ayrıca ohmik ısıtma işleminin sessiz olması ve buhar gibi atık madde üretmeden ısıtma sağlaması "green technology" olarak tanımlanmaktadır. Ohmik ısıtma sisteminin, yeni bir yöntem türünün etken olarak bazı dezavantaj yanlarıda bulunmaktadır (Tola ve ark., 2014; Sakr ve Lui, 2014; Çokçezme ve İçier, 2016; Kaur ve Sing, 2016; Cappatı ve ark., 2017; İncedayı ve ark., 2019). Bunlar, farklı gıdalar farklı elektriksel iletkenliklere sahip olduğu için, gıda maddesine göre sistem parametrelerinin yapılandırılmasına gerek duyulmaktadır. Ayrıca gıda bileşenlerinde bulunan elektriksel özelliklerindeki heterojenlik pişme kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ohmik ısıtma işleminde özellikle sıvı matrisle elektrotların temas halinde olması gerekir. Aksi halde alternatif akım doğru bir şekilde gıdaya iletilemediğinden homojen ve hızlı bir ısı artışı sağlanamamaktadır. Bu yüzden uygun özelliklere sahip elektrot malzemesinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Aksi halde elektrotlarda oluşan korozyon nedeniyle gıdaya metal iyonu geçişleri gerçekleşerek toksik maddelerin oluşmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca işlem elektriksel bir uygulama olması nedeniyle kalifiye personele

ihtiyaç duyulmakta ve ohmik ısıtma sistemini izlemek ve devamlı kontrol etmek gerekmektedir.

Ohmik ısıtma sisteminin yapısı genel olarak ısıtma hücresi, güç kaynağı, sıcaklık ölçer, elektrotlar, mikroişlemci ve bilgisayardan oluşmaktadır (Gavahain ve Farahnaky, 2018). Güç kaynağının kullanımına örnek verilecek olursa ohmik ısıtma destekli evaporasyon sisteminde güç kaynağının kullanımı talep edilen gerilimin meydana gelmesi ve sisteme ulaştırılmasını sağlayarak çalışmalarda kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan güç kaynağının kapasitesi değişiklik gösterebilmektedir. Güç kaynağı kapasitesindeki değişikliğin oluşması talep edilen voltaj gradyanlarına ve uygulanacak olan işleme göre olmaktadır. Ohmik ısıtma sistemine güvenli bir uygulama olması için ürünün içinde mevcut olduğu bölüm olan ısıtma hücresinin yalıtkan bir malzemeden yalıtılmış olması gerekmektedir. Özellikle yöntemi uygulama aşamasında ürün ve elektrik iletim hattı aralığında mevcut ve ürünle doğrudan temas halinde bulunan elektrotlarda fazla iletkenliği mevcut olan, gıdada kalıntı madde bulundurmayan donanım seçilmesi etkendir (Çokgezme ve İçier, 2016; Gavahian ve Farahnaky, 2018; İncedayı ve ark., 2019).

Ohmik ısıtma işlemi özellikle araştırmacılar tarafından farklı gıda işleme yöntemlerinde kullanılmakta olup bu kullanım alanları giderek artmaktadır. Özellikle gıda endüstrisinde ısıtma, pastörizasyon, sterilizasyon, evaporasyon, kurutma, destilasyon, çözündürme ve pişirme gibi önemli işlemlerde araştırmacılar elektriksel iletkenlik, performans değerlendirilmesi, kalite özellikleri, mikrobiyolojik kalitesi ve kuramsal uygulamaları üzerine incelemeler bulunmaktadır.

Gavahian ve ark., (2015) naneden ohmik destekli hidrodestilasyon yöntemi ile esansiyel yağların ekstraksiyonu çalışmasında enerji, zamandan avantaj elde edildiğini belirtmişlerdir. Tasarrufları enerjiden yaklaşık %80, zamandan %75 sağladığını belirtmişlerdir.

Balpetek ve Gürbüz, (2015) donmuş eti çözündürmek için ohmik ısıtma yöntemini kullanarak geleneksel yönteme kıyasla daha kısa sürede, daha az ağırlık kaybıyla çözündürme işlemini gerçekleştirdiklerini rapor etmişlerdir.

2.6. Ohmik Isıtma ile İlgili Ekstraksiyon Çalışmaları

Endüstriyel gıda alanında hammadde verimliliği için önemli bir yere sahip olan ekstraksiyon işlemlerinin dezavantaj yöntemlerinin azaltılması için son yıllarda alternatif

metotlar araştırılmaktadır (Kutlu ve ark., 2017; İncedayi ve ark., 2019). Araştırılan metotlardan biri olan yeni teknoloji ile geliştirilen ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon da bunlardan biridir. Ohmik ısıtmanın çalışma normu, elektrik enerjisinin ısı formunda yayılması ve bu etkiyle gıda maddesi içinde içsel enerji konstrüksiyonudur (Vorobiev ve Lebovka, 2010).

Ohmik ısıtma, çok çeşitli gıdalar (katı, sıvı ve yarı sıvı vb.) dâhil olmak üzere çalışmaları gerçekleştirebilmektedir. Bunun yanı sıra gıdalara işleme teknikleri ve avantajları ile çevre dostu bir metottur. Ekstraksiyon için kullanımı ise ohmik ısıtma tabanındaki elektriksel alanı, hücre zarlarının elektroporasyonuna sebep olur ve bu nedenle, işlem sırasında azaltılmış enerji gereklilikleri ekstraksiyonlar için kullanılabilir (Chemat ve ark., 2020).

Ohmik ısıtma ekstraksiyonunun gelişme sebeplerinden biri de gıda atığı ekstraksiyonlarında ohmik ısıtma teknolojisi uygulamak için bilimde artan bir araştırma bulunmaktadır (Chemat ve ark., 2020).

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sistemlerinde, ısı gücü olarak aktif çalışmasının yanında alternatif olarak biyoaktif bileşenlerin yüksek verimli ekstrakte olmasına olanak sağlar (İncedayi ve ark., 2019).

Ohmik ısıtma, nem oranının azaltmasını hızlandırdığından ve ekstraksiyon verimini geliştirdiğinden dolayı ticari olarak kullanımları üzerinde çalışmalar araştırılmaktadır (Varghese ve ark., 2014).

Ohmik ısıtma uygulaması ile ekstraksiyon verimlerinin artması, yapılan diğer çalışmalarda bildirildiği gibi hücre zarlarındaki elektriksel bozulmalar veya elektroporasyon etkileri yoluyla, bitkisel dokuların geçirgenliği üzerindeki termal olmayan etkiler ile desteklenmektedir. Geleneksel ısıtma işlemleri ile karşılaştırıldığında, ohmik ısıtma sisteminin ekstraksiyon verimlerinde daha etken olduğu ispatlanmıştır (Lebovka ve ark., 2008; Pereira ve ark., 2009; Kulshrestha ve Sastr, 2010; Gavahian ve ark., 2019).

Ohmik ısıtmanın, yüksek basınç soxhlet ekstraksiyonundan daha yüksek ekstraksiyon verimine, daha yüksek antioksidan aktiviteye izin verdiği ve bazı ortam şartları oluştuğunda da bakterileri inaktive etme kabiliyeti gösterdiği yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir. Toplam fenolik ekstraksiyonu için, ekstraktlar arasında sıralama yapıldığında ohmik ısıtma, yüksek basınç veya kombine ile elde edildiğinde ekstraksiyon verimlilikleri Soxhletle karşılaştırılan bir çalışmada sıralamayı %103, %98 ve %103 arttırdığı ispatlanmıştır (Alexandre ve ark., 2021).

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon teknolojisi, elektro ozmos etkileşimi olarak bilinen, membran boyunca dağılan difüzyonun verimliliğini artırmak, ekstraksiyonları iyileştirmek ve verimli kaliteli bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılan bir metot olduğu rapor edilmiştir (Alexandre ve ark., 2021).

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon (OIDE) alternatif ektsraksiyon yöntemlerinden biridir. OIDE ile yapılan literatür çalışmalarının bazıları şunlardır; yağ, esansiyel yağ, renk maddeleri, inülin pektin, protein gibi önemli bileşenlerin ekstraksiyonu üzerinde çalışmalar bulunmaktadır (Çabas, 2021).

Literatürde ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminin yapıldığı çalışmalara son yıllarda rastlanmakla beraber, diğer ısıtma teknolojisi metotları ile karşılaştırılmalarını yapan çalışmalarda bulunmaktadır. Aşağıda bu çalışmalar detaylandırılmıştır.

Saberian ve ark., (2017) portakal kabuğu tozuna ohmik ısıtma işlemi uygulamışlardır. 90°C' de sıcaklıkta ohmik ısıtma yöntemi uygulanan portakal kabuğu tozuna hücre duvarında daha fazla bir yıkım gerçekleştirerek, geleneksel yöntemle karşılaştırılınca daha yüksek pektin ekstraktı elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Baysal ve ark., (2011) üzüm suyu üretiminde elektriksel ön işlem metotlarının verim ve kalite özelliklerine etkileri hakkında araştırma yapmışlardır. Üzüm mayşelemesi yapılıp, mayşelemeden önce mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma yöntemleri ile yapılmıştır. Üzüm sularını ilk önce 90˚C' de 1.5 dakika süreyle pastörize edip daha sonra bu ürünleri ohmik ısıtma ve mikrodalga ısıtma yöntemlerinde elde ettikleri üzüm suyunun verimlerini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda en fazla miktarda meyve suyu verimini ohmik ısıtma ve mikrodalga sisteminde bulduklarını belirtmişlerdir. Ohmik ısıtmada % 10 verim artışı, mikrodalga yönteminde ise %15 verim artışı elde ettiklerini vurgulamışlardır

Portakal kabuklarında pektin verimi ile ilgili yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtma sistemi ile desteklenmiş ekstraksiyon metodu kullanıldığında meydana gelen ekstraksiyon işleminde, işlem süreleri (5, 17.5, 30 dk.) ve farklı sıcaklık değerlerinin (50, 70, 90˚C) pektin verimi üzerinde 90˚C sıcaklık süresinde belli bir işlem süresi 30 dk. kadar artmakta olduğu sürenin ekstraksiyon verimine yararlı bir etkisinin olduğunu ortaya koymuştur (Pereira ve ark., 2016; Çabas, 2021).

Lakkakula ve ark., (2004) pirinç kepeğinde bulunan yağı ekstrakte etmek amacıyla farklı frekans değerlerinde (1-60 Hz) ve farklı voltaj gradyanları kullanılarak (60-140 V/cm) ohmik ısıtma işlemi uygulanmış ve mikrodalga ve geleneksel yöntem ile karşılaştırmışlardır. Ohmik ısıtma işlemi kullanılarak yüksek yağ içeriğine rağmen pirinç kepeği yağını stabilize

ettiğini ve pirinç kepeği yağının pirinç kepeğinden ekstraksiyon verimini arttırdığını rapor etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar polar olmayan bileşenlerin gelişmiş ekstraksiyonu için önemli bir yöntem olarak ohmik ısıtma işleminin uygulanabileceğini vurgulamışlardır. Portakal kabuğunda önemli pektin madde olması nedeniyle ohmik ısıtma işlemi kullanılarak pektin ekstraksiyonu incelenmiştir.

Buna göre Saberian ve ark., (2017) farklı voltaj gradyanlarında, farklı ekstraksiyon sıcaklıklarında ve farklı işlem sürelerinde portakal kabuğuna uygulanan ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi ile ekstraksiyon veriminin arttığı ve yüksek kalite özelliklerine sahip pektin elde edilebildiğini bildirmişlerdir.

Ohmik ısıtma işleminin darbeli şekilde kırmızı üzüm posasına uygulanması ile polifenol ekstraksiyonunu incelemişlerdir. Kırmızı üzüm posasına ohmik ısıtma uygulanarak hücre zarı hasarı ve yoğunlaştırılması üzerine darbeli ohmik ısıtmanın (POH) etkisinin olumlu olduğunu ve fenolik maddelerin ekstraksiyonu arttırdığı belirlenmiştir (El-Darra ve ark., 2013).

Tavakolpour ve ark., (2015) kekikte bulunan kekik yağını ekstrakte etmek amacıyla hidrodestilasyon, ultrason destekli ekstraksiyon, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon ve ultrason ön uygulamalı ohmik ısıtma destekli ekstrasyon yöntemleri kullanılarak antioksidant aktivite değerleri karşılaştırılmış ve en yüksek değer ultrason ön işlemli ohmik ısıtma destekli ekstrikasyon işleminde elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Loypimai ve ark., (2016) siyah pirinç kepeğinden, OIDE yöntemi ile toplam fenolik bileşik ekstraksiyonu üzerine araştırma yapmışlardır. Ekstraktların antosiyanin, antioksidan aktivite ve fenolik bileşik profili incelenmiştir. Farklı nem içeriği (% 30 ve % 40) ve elektrik alan şiddetinde (50, 100, 150 ve 200 V/cm) ohmik ısıtma uygulanan örnekler sonrasında konvansiyonel ekstraksiyon (1:5 g/ml katı: çözücü pH 2.5'ta, 0.1 M HCl ile asitlendirilmiş 1:1 su-etanol karışımı) oranı, 90 dakika boyunca karıştırmalı inkübatörde ekstraksiyona tabi tutulmuşlardır. En yüksek antosiyanin konsantrasyonu (800-850 mg/100 g aralığında), % 30 nem içeriğine sahip 100, 150 ve 200 V/cm elektrik alan şiddetinde işlem görmüş örnekler ile % 40 nem içeriğine sahip 50, 100, 150 ve 200V/cm elektrik alan şiddetinde işlem görmüş örneklerde görülmüştür. Aynı koşullarda elde edilen ekstraktların toplam fenolik bileşik verimi (187-201µg GAE/g aralığında), DPPH (1.18-1.24 IC50 mg/ml aralığında) ve FRAP (7.31-7.39 µmol FeSO4/g aralığında) metotları ile yapılan antioksidan aktivite değerleri de yüksek bulunmuştur. SEM görüntülerinde de ohmik ısıtma ile ön işlem görmüş örneklerin daha pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu görülmüştür.

Loypimai ve ark., (2015) siyah pirinç kepeğinden doğal bir boya elde edilmesi için, ohmik ısıtma ekstraksiyon sistemini kullanarak antosiyanin (koyu mor antosiyanin pigmentler) ekstraksiyonla elde edilmesi araştırılmıştır. Pirinç kepeği nem içeriği (%30, %40) ve dört farklı elektrik alan şiddeti (50, 100, 150 ve 200 V/cm) belirlenmiştir. Ohmik ısıtma uygulaması örneklerin sıcaklığı 105 °C'ye erişmesiyle sonlandırılmıştır. Ohmik ısıtma ön işlemi gören örnekler, sonrasında konvansiyonel ekstraksiyona (1:5 g/ml katı: çözücü, pH 2.5'ta, 0.1 M HCl ile asitlendirilmiş 1:1 su-etanol karışımı) oranı, 90 dakika, karıştırmalı inkübatörde tabi tutulmuşlardır. Sonuçlara bakıldığında, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyonla elde edilen örneklerdeki toplam antosiyanin miktarı (% 30 nem içeriği ve 150 V/cm ohmik ısıtma ön işlemi koşulunda), kontrol örneğine göre yaklaşık % 40 daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde, biyoaktif bileşik konsantrasyonunun, kontrole kıyasla oldukça yüksek (tokoferol için yaklaşık % 50) olduğu bildirilmiştir.

Mor mısır koçanında bulunan antioksidan maddeleri ekstrakte etmek amacıyla 1:20 katı oranında hazırlanan çözeltide mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma, ultrason yöntemleri kullanılarak ekstrakte edilmiş ve en yüksek antioksidant değeri mikrodalga ısıtmada kullanılmıştır. Ohmik ısıtma işlemi 3 farklı volt değeri (100-300 V), 3 farklı sıcaklıkta (70-90˚C) ve 3 farklı işlem süresinde (5-15 dak.) yapılmış, uygulanan sıcaklık değeri ve voltaj gradyanın antioksidan değeri üzerine etkisi olmadığı rapor edilmiştir (Piyapanrungrueang ve ark., 2016).

Aamir ve Jittanit, (2017) Gac aril (tropik bir meyve, yağlı tohumlu) yağı ekstraksiyonu için farklı işlem koşulları kullanılarak (5.6-11.2 V/cm) ohmik ısıtma işlemi kullanmışlardır. Ohmik ısıtma işlemi uygulaması sonucunda biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu olumlu etkilediğini rapor etmişlerdir.

Khuenpet ve ark., (2017) enginar tozundan inülin ekstraktına ohmik ısıtma öncesi ve sonrası ultrason uygulayarak ekstraksiyon verimini ve inülinin kalite özellikleri açısından geleneksel metodu ile karşılaştırmışlardır. Ohmik ve geleneksel ekstraksiyon metodu ile yapılan ekstraksiyon verimlerinin karşılaştırılmasında fark olmadığını rapor etmişlerdir. Ultrason metodunun ekstraksiyon verimi üzerine istatistiksel bir etkiye neden olmadığı belirtilmiştir.

Aynı şekilde, Termrittikul ve ark., (2018) enginardan (Helianthustuberosus L.) ohmik ısıtma (10.5, 15.8, 21.1V/cm, 50 Hz) destekli inülin ekstraksiyonunu gerçekleştirmişlerdir. Elektriksel işlemler ile desteklenmiş ekstraksiyon proseslerinde hammaddenin özelliği ekstraksiyon verimini direkt etkilediğini bildirmişlerdir.

Portakal, papaya, domates örneklerinde farklı voltaj gradyanında ve farklı elektrot tiplerinde ısıl işlem uyugulanmış ve kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Özellikle C vitami kazanımında ohmik ısıtma işleminin etkili olduğu ancak kullanılacak elektrot tipinin ise gıda endüstrisinde kullanılırken korozif olmaması gerektiği belirtilmiştir (Onwuka ve Ejikem, 2005).

Lima ve ark., (2001) farklı sıcaklık değerlerinde ohmik ısıtma işlemi kullanılarak kırmızı pancardan renk maddelerinin ekstrakte etmişlerdir. Özellikle yüksek sıcaklık değerinde renk maddesinin ekstraksiyonun olumsuz etkilendiği düşük sıcaklık uygulamasında ise renk maddesinin olumlu etkilendiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar ohmik ısıtma kullanılarak ısıtılan pancar dokusunun elektrik iletkenliği, geleneksel olarak ısıtılan pancar dokusunun elektrik iletkenliğinden daha yüksek olmasının ekstraksiyon verimini pozitif yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar ohmik ısıtma işleminin koşulları optimizasyonu yapılarak kütle transferini içeren gıda işlemlerinin geliştirilebileceğini vurgulamışlardır.

Lavanta bitkisinde ohmik ısıtma kullanılarak uçucu yağ asidi ekstraksiyonu araştırılmıştır. Gavahian ve Chu, (2018) buhar destilasyon yerine hızlandırılmış ohmik buhar damıtma yöntemi kullanılmış ve yağ ekstraksiyonunun ohmik ısıtma ile daha hızlı ekstrakte edildiğini rapor etmişlerdir.

Çabas ve İçier, (2021) kırmızı pancar örneğinde bulunan betalenin renk maddesini farklı voltaj gradyanında, farklı frekans değerlerinde 40°C'de ohmik ısıtma işlemi kullanılarak ekstrakte etmişler ve renk kalitesi ve performans özelliklerini incelemişlerdir. Uygulanan farklı frekans değerlerinin renk maddesinin ekstraksiyonu üzerine olumsuz etkisi olduğu yani frekans değerleri arttıkça ekstraksiyon veriminin azaldığını ayrıca uygulanan frekans ve farklı voltaj gradyanları değerlerinin performans değerleri ve renk kalitesi üzerine etkisinin olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar gelecekteki çalışmalarda, yeşil ekstraksiyon metodu olarak uygulanması için solvent kullanımını azaltan çalışmaların yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Kantar (2021), geleneksel ekstraksiyon metotlarına alternatif olarak, yeni ve çevre dostu metotlar (ultrasonik, mikrodalga ve ohmik ısıtma destekli ultrasonik ekstraksiyon) ile kızılcık meyvesinden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu incelemiştir. 5 farklı metot ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik bileşik verimlerini karşılaştırarak, en uygun metodun belirlenmesini vurgulamıştır. Kızılcık meyvesinden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda yenilikçi ekstraksiyon metotlarının, konvansiyonel ekstraksiyon metoduna göre, daha etkili

olduğuna çalışma sonucunda tespit etmişlerdir. Ohmik ısıtma desteği, yenilikçi ekstraksiyon metotlarına verimli bir kurulumu olduğunu, ön işlem olarak entegre edilebileceğini ve elde edilen ekstraktların fenolik miktarını artırmakla kalmadığını bununla beraber ekstraksiyon süresini önemli ölçüde azalttığını çalışma sonucunda rapor etmiştir (Kantar, 2021).

Alexandre ve ark., (2021) yılında dikenli armut örneğinden farklı teknikler kullanarak (Ohmik ısıtma, yüksek hidrostatik basınç ve ohmik ısıtma yüksek hidrostatik basınç) ve farklı konsantrasyondaki etanol çözeltisi (%30-70) ve farklı sıcaklık değerlerindeki (40-70°C) fenolik madde ekstraksiyonunu incelemişlerdir. Geleneksel metoda göre hem ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminin hem de yüksek hidrostatik basınç uygulamasının daha yüksek fenolik madde ekstrakte edildiği rapor edilmiştir.

Sabancı ve ark., (2021) narenciye örneği kabukları kullanarak 80°C'de, 1:40 katı: sıvı oranı ve farklı işlem sürelerinde pektin maddesini 9 V/cm voltaj gradyanın ohmik ısıtma işlemi kullanarak pektin ekstrakte etmişler ve pektin verimini, elektriksel iletkenliği ve sıcaklık değişimlerini incelemişlerdir. 80°C'de yapılan ekstraksiyon işleminde açma-kapama yapılarak sabit sıcaklık sağlanmış, ayrıca pektin verimi üzerine işlem süresinin etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Elektriksel iletkenlik değerinin ise uygulanan narenciye örneklerine göre değiştiğini tespit etmişlerdir.

Çilingir ve ark., (2021) limon kabuğu örneğinden pektin eldesi üzerine ohmik ısıtma işleminin etkisini incelemişlerdir. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde çözelti pH 2 değeri sitrik asit ile ayarlanmış, farklı katı: sıvı oranları, farklı ekstraksiyon sıcaklığı ve farklı işlem sürelerinin ohmik ısıtma işleminin uygulanabilirliği, pektin verimi ve performans değerlerini geleneksel metot ile karşılaştırmışlardır. Uygulanan işlem süresinin artmasına bağlı olarak pektin veriminin tüm koşullarda arttığı, ayrıca istenen hedef sıcaklığa ulaştıktan sonra açma-kapama ile sabit sıcaklıkta ekstraksiyon işleminin yapılabildiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca geleneksel işlem süresince daha yüksek enerji harcandığı rapor edilmiştir.

Pirinç kepeğinde önemli miktarda protein ve yağ içeriği bulunmaktadır. Bu yüzden Nair ve ark., (2014) pirinç kepeğinde farklı oranlarda sodyum klorür, farklı işlem süresi ve farklı akım değerleri kullanılarak ohmik ısıtma ile ekstrakte etmişler ve geleneksel yöntemle karşılaştırılmıştır. Ohmik işlem ile yapılan ekstraksiyon işleminin işlem süresini önemli ölçüde kısalttığı ve yağ verimini arttırdığını vurgulamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

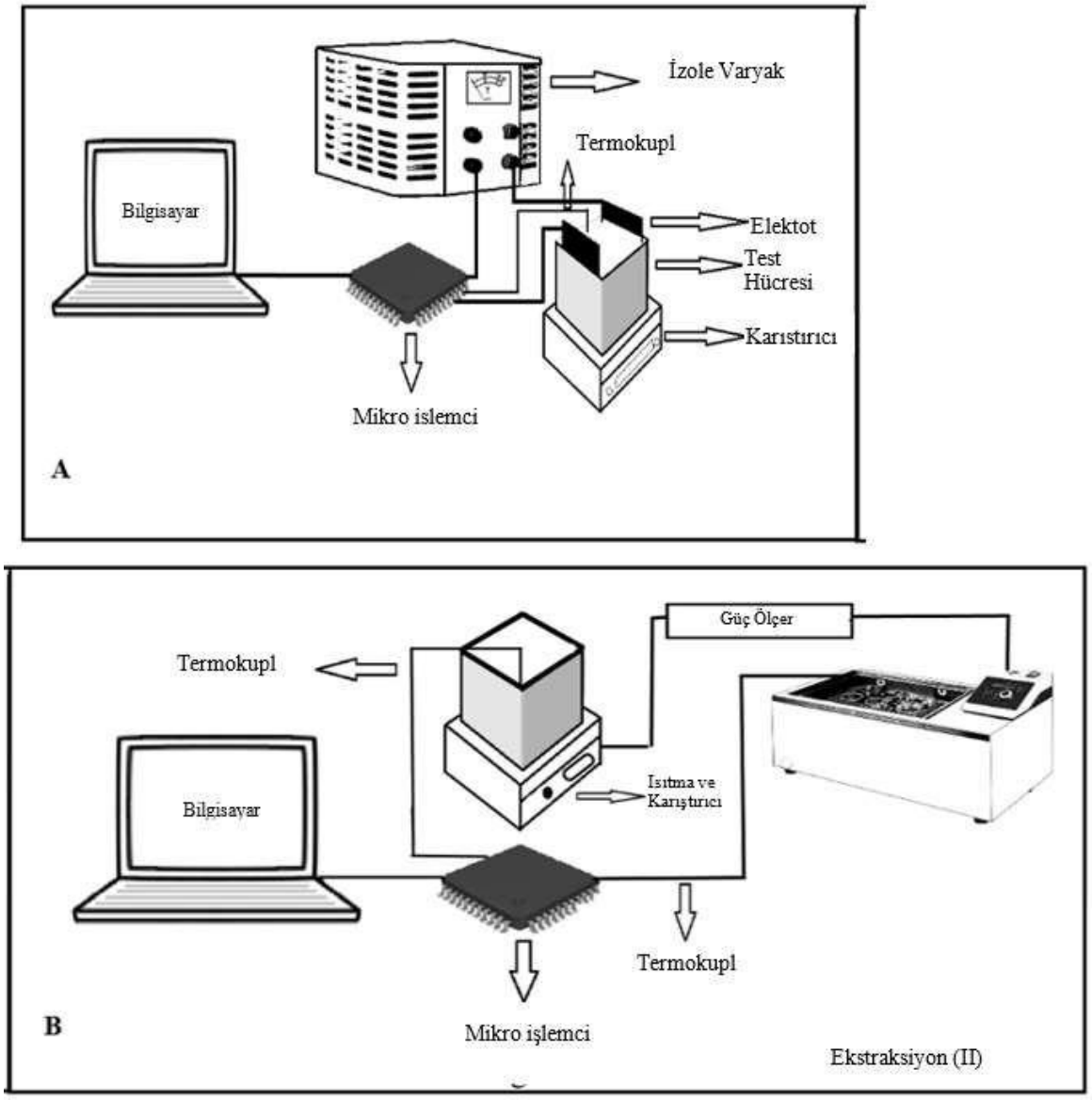
Toplam fenolik madde miktarının ekstraksiyonu amacıyla portakal örneği özel bir marketten temin edilmiş ve bir dizi işlem uygulanmıştır. Buna göre portakal örneklerine yıkama, kurulama, kabuklarından ayrılma ve kabukları dilimleme işlemi uygulanmıştır. Portakal kabuğu örnekleri 55°C'de kurutma işleminde kurutulmuş, kurutulan portakal kabuğu örnekleri öğütme işlemine tabi tutulmuştur ve 500 mikronluk elekten geçirilerek kabuk tozu elde edilmiştir. Portakal kabuğu tozu örneklerinin ışık ve hava ile temasını engellemek amacıyla vakumlanmış ve alüminyum kaplı polietilen ambalaj içerisinde analiz gününe kadar saklanmıştır (EK 1A).

3.2. Yöntem

3.2.1. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi, izole edilmiş bir trafo, güç kaynağı, test hücresi, elektrotlar ve bilgisayardan oluşmaktadır (Şekil 3.1). Ekstraksiyon işlemi üç farklı voltaj gradyanın da (20, 25, 30 V/cm), katı: sıvı oranı (1:20, 1:40 ve 1:60), sıcaklıkta (45°C, 60°C, 75°C ve 90°C), %0,1 NaCI tuz içeren 60 ml %25 etil alkol çözeltisi kullanılarak sabit 0 dakika bekleme süresinde portakal kabuğu tozu örneklerine maruz bırakılarak yapılmıştır.

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminin şematik görünümü Şekil 3.1'de verilmiştir. OIDE işlemi güç kaynağı, izole trafo, bilgisayar ve test hücresinden oluşmaktadır. Ohmik ısıtmanın uygulaması için test hücresi polioksimetilen (delrin) kullanılırken, elektrotlar ise paslanmaz çelikten yapılmıştır. Ohmik ısıtma işlemince sıcaklık değişimi T-tipi termokupl yardımıyla tespit edilmiştir. Özel yapım mikro işlemci yardımıyla bekleme süresi, sıcaklık, akım ve voltaj değerleri anlık olarak kayıt altına alınmıştır. Sisteme ait fotoğraf görüntüleri EK 2A'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Ohmik ısıtma destekli (A) ve geleneksel ekstraksiyon (B) işlemine ait şematik gösterimi

3.2.2. Maserasyon işlemi

Geleneksel yöntem (maserasyon) %0.1 NaCl tuz içeren 60 ml %25 etil alkol çözeltisi bulunan, farklı katı: sıvı (1:20, 1:40, 1:60) portakal kabuklarını, 30°C'lik çalkalamalı sıcak su banyosunda 1000 rpm de 24 saat boyunca bekletilmiştir. Maserasyon işlemi geleneksel ekstraksiyon işlemi kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.1).

3.3. Analizler

3.3.1. Sıcaklık ölçümlerin belirlenmesi

Temaslı sıcaklık ölçümleri: İşlem sırasında özel tasarım mikro işlemciye bağlı Teflon kaplı T-tipi sıcaklık sensörleri (Cole Parmer, UK) ile sıcaklık ölçümü alınmıştır. Portakal kabuğu ve ekstraksiyon çözeltisinden içerisinden saniyede 1 sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Temassız sıcaklık ölçümleri

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi süresince belirli aralıklarda test hücresi yüzeylerinde temassız sıcaklık ölçümleri termal kamera (Testo 883, Almanya) görüntüleri, cihaza ait görüntü işleme paket programı kullanılarak işlenmiş ve sıcaklık dağılımları bulunmuştur.

3.3.3. Ohmik ısıtma işleminde akım değişiminin belirlenmesi

Ohmik ısıtma işleminin önemli parametrelerinden birisi elektriksel iletkenlik değeridir. Ancak mevcut çalışmada elektriksel iletkenlik yerine onun bir fonksiyonu olan akım değeri incelenmiştir. Akım sıcaklık ilişkisi Eşitlik 3.1 ile ifade edilmiştir.

$$I = axT + b \tag{3.1}$$

Burada I, akım (A) T sıcaklık (°C) değerlerini ifade ederken, a (A/°C) ve b (A) ise model sabitleridir.

3.3.4. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi (TFM)

Toplam fenolik madde içeriği Kantar'ın (2019)'da yaptığı çalışmada, Bobinaite ark., (2012) geliştirilen metodun modifiye edilmiş haline göre belirtilen spektrofotometrik yönteme göre yapılmıştır;

Üç farklı katı: sıvı oranında (1:20, 1:40 ve 1:60), sıcaklık (45°C, 60°C, 75°C ve 90°C) ve voltaj gradyanında (20V/cm, 25V/cm, 30V/cm) ohmik ısıtma işlemine tabi tutulan örnekler hızla buz banyosunda ortam sıcaklığına kadar soğutulmuştur ve fenolik bileşiklerin, bazik ortamda Folin-Ciocalteu ayracını indirgediği bir redoks reaksiyonuna dayanan, spektrofotometrik yöntem ile TFM içeriği belirlenmiştir. Gerekli dilüsyon işlemi yapıldıktan sonra 0,5 ml ekstrakt, 5 ml 2N Folin-Ciocalteu ayracı (1:10 v/v) ile bir tüpte karıştırılmış ve 3-4 dakika sonra üzerine 4 ml sodyum karbonat çözeltisi (Na_2CO_3 - % 7.5'luk) eklenmiştir. Tüp vorteks ile karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 1 saat bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin spektrofotometre ile 765 nm dalga boyunda absorbansla ölçülmüştür.

Stok gallik asit çözeltisinin farklı konsantrasyonlarına Folin-Ciocalteu çözeltisi ve doymuş sodyum karbonat ilavesinden sonra standartlar 100 ml'ye tamamlanmıştır ve 1 saat karanlıkta bekletildikten sonra spektrofotometrede (Shimadzu UV 1800- Japonya) 765 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine karşı konsantrasyonlarından standart eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen değerlerle kalibrasyon belirlenmiştir (EK 3A). Gallik asit referans madde olarak kullanılmıştır ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg kuru madde şeklinde verilmiştir. Gallik asit standardına ait konsantrasyon eğrisi EK 10A'da verilmiştir.

3.3.5. Güç değerlerinin belirlenmesi

Ohmik ısıtma işlemi süresince özel tasarım mikro işlemci yardımıyla akım voltaj değerleri kayıt altına alınmıştır. Elde edilen değerlere göre toplam harcanan enerji değeri ve güç değerleri aşağıdaki 3.2 ve 3.3 eşitlikler kullanılarak tespit edilmiştir.

$$Q = IxV * t \tag{3.2}$$

$$P = \frac{Q}{\sum t} \tag{3.3}$$

Burada I, V ve T sırasıyla akım, voltaj ve işlem süresini ifade ederken, Q ve P değeri enerji ve güç değerini ifade etmektedir.

3.3.6. Ekstraksiyon verimi

Tüm ekstraksiyon işlemleri için verim, aşağıdaki 3.4. eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Bu eşitlikte, toplam fenolik madde miktarı ekstraksiyon ortalaması, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyondan elde edilen toplam fenolik madde miktarı ortalamasının, maksimum maserasyon fenolik madde miktarı ortalaması ;

$$\text{TFM Verimi } = \frac{\text{OIDEt}}{OIDEi,m} x\ 100 \qquad (3.4)$$

OIDEt: Elde edilen toplam fenolik madde miktarı
OIDEi, m: Maksimum maserasyon fenolik madde miktarı

3.4. İstatistiksel değerlendirme

Ohmik ısıtma destekli ektraksiyon işlemi ile geleneksel ekstraksiyon işleminin istatiksel karşılaştırılması için SPSS paket programı (IBM, ABD) kullanılmıştır. Performans katsayılarını, ekstraksiyon oranını, sıcaklığını, voltaj gradyanının elektriksel iletkenlik değerini ve kalite özelliklerini karşılaştırmak için çoklu karşılaştırma olan UNIANOVA testinde duncan analizi kullanılmıştır. Kullanılan istatistiksel değerlendirmede güven aralığı 0,95 olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Portakal kabuğu tozundan farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma kullanılarak fenolik madde içeriğindeki değişimler incelenmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde ohmik ısıtma işlemi sırasında zamana bağlı sıcaklık değişimi, farklı işlem koşullarındaki örneklerin hedef ekstraksiyon sıcaklığına ulaşma süreleri, ısınma hızları, işlem sırasında temassız sıcaklık değerleri, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi sırasında farklı koşullardaki ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi sonunda fenolik madde içerikleri belirlenmiş ve alt bölümlerde detaylı şekilde verilmiştir.

4.1. Zamana Bağlı Sıcaklık Değişimi ve Isınma Süreleri

Ohmik ısıtma işleminde farklı koşullarda yapılan ekstraksiyon işlemi süresince zamana bağlı sıcaklık değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi yapılırken 4 farklı sıcaklık değeri alınmış 45, 60 ve 75 °C'deki zamana bağlı sıcaklık değerleri yerine 90°C'deki sıcaklık hepsini kapsadığı için Şekil 4.1'de sadece 90 °C'nin sıcaklık değerleri verilmemiştir. Diğer zamana bağlı sıcaklık değerleri ise EK 4, EK 5, EK 6'da sunulmuştur. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi tüm koşullarda işlem süresi arttıkça ekstraksiyon sıcaklığının arttığı tespit edilmiştir. Özellikle 80 °C'ye kadar sıcaklık- zaman değişiminin doğrusal bir eğilimde olduğu ancak 80°C'nin üzerine çıkması durumunda bir miktar köpürme meydana gelmiş ve hedef ekstraksiyon sıcaklığı olan 90°C'de artan eğimin azaldığı ve doğrusal bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Ohmik ısıtma işleminde literatürdeki yapılan araştırmalarda limon (Darvishi ve ark., 2011), üzüm (Kumar ve ark., 2018), çilek (Sarang ve ark., 2008), vişne (Icier ve Ilicali, 2004), şeftali (Icier ve Ilicali, 2005) vb. örneklerinde işlem başladıktan sonra zaman ilerledikçe sıcaklığın arttığı ve artışın doğrusal olduğu çalışmalar sonucunda vurgulanmıştır. Özelikle ohmik ısıtma işleminde yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında köpürme olduğu farklı çalışmalarda rapor edilmiştir.

Ekstraksiyon çalışmalarında uygulanan voltaj gradyanı ve farklı elektriksel özelliklerde işlem süresi arttıkça ürünün ısındığı ve ısınma süresi üzerine kullanılan çözeltinin özelliklerinin etkili olduğu rapor edilmiştir (Lakkakula ve ark., 2004; Aamir ve Jittanit, 2017; Saberian ve ark., 2017; Tunç ve Koca, 2019).

Ohmik evaporasyon çalışmalarında ise ohmik ısıtma destekli evaporasyon işleminde domates suyunun farklı voltaj gradyanı değerlerinde evaporasyonunda, uygulanan işlem

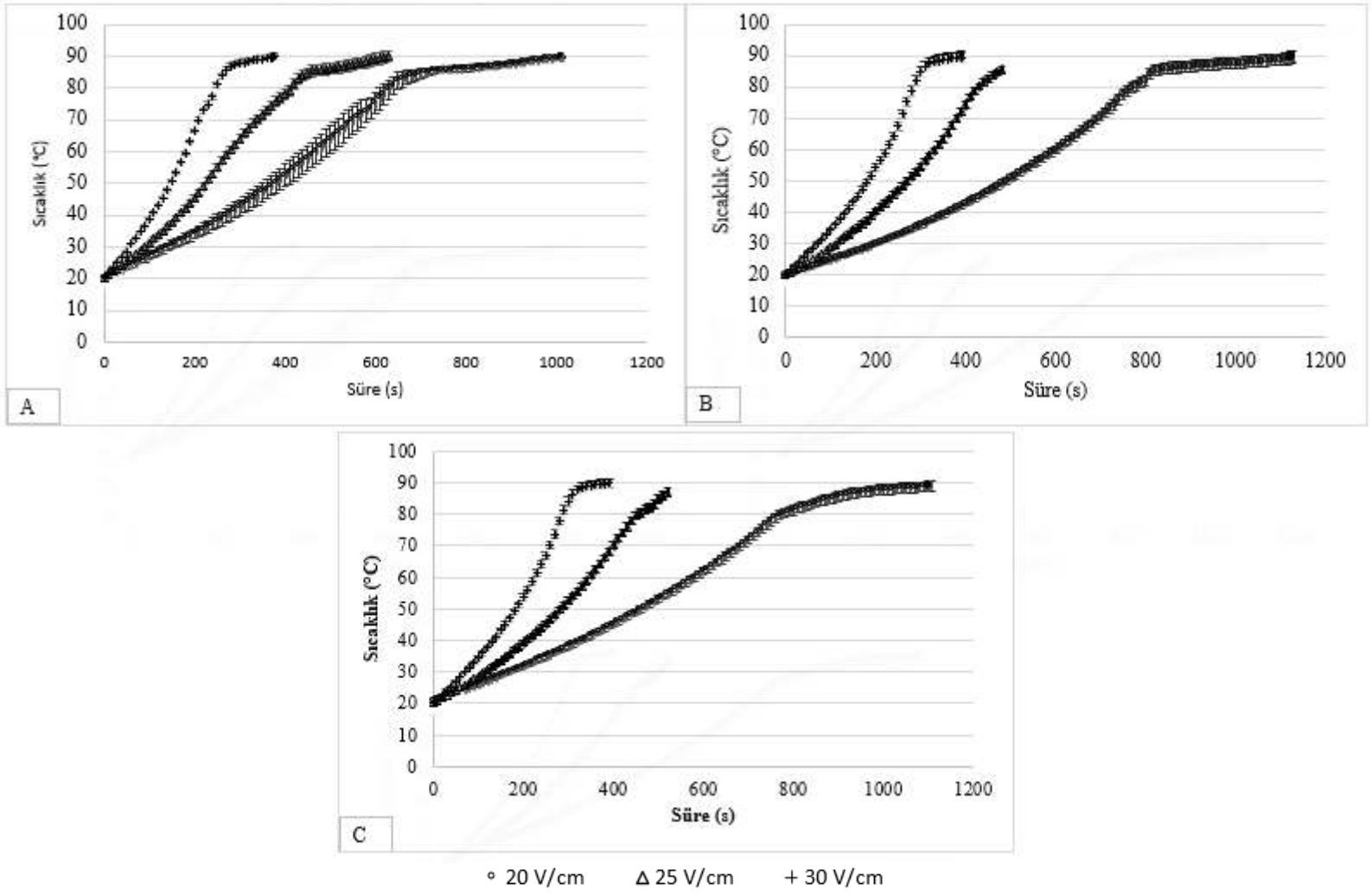
sıcaklığı 80°C ve üzerindeki sıcaklıklarda köpük oluşumu sebebiyle elektriksel iletkenlik miktarının azaldığını vurgulamıştırlar (Darvishi ve ark.,2015). Literatürde diğer ohmik evaporasyon çalışmalarında işlem süresi arttıkça sıcaklık değerinin arttığı, hedef evaporasyon sıcaklığına ulaşmadan yani kaynama başlamadan önce köpürmeler olduğu rapor edilmiştir (Torkian ve ark., 2015; Icier ve ark., 2017; Tunç ve ark., 2021).

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi sırasında farklı koşulların ısınma hızı Tablo 4.1'de verilmiştir. Ekstraksiyon sırasında, çözeltinin (1:20 g/mL) 20°C'den 90 °C'ye ulaşması için gereken ısınma hızı değerleri 20, 25 ve 30 V/cm voltaj gradyanı değerleri için sırasıyla 0.069±0.001°C/s, 0.118±0.009°C/s, 0.182±0.010°C/s olduğu belirlenmiştir. Voltaj gradyanı arttıkça, ısınma hızı değerlerinin arttığı bulunmuştur (Tablo 4.1). Farklı katı: sıvı oranlarında yapılan ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemlerinde voltaj gradyanı arttıkça ısınma hızının arttığı tespit edilmiştir. Deniz suyunun evaporasyonu işleminde ısınma sırasında farklı voltaj gradyanı, ısınma hızı değerleri incelenmiş ve artan voltaj gradyanına bağlı olarak ısınma hızının arttığı ve farklı suda çözünür kuru madde içeriğine bağlı olarak etkilendiğini rapor etmişlerdir (Assiry ve ark., 2010).

Farklı işlem koşullarında (3 katı: sıvı oranı, 4 farklı ekstraksiyon sıcaklığı, 3 farklı voltaj gradyanı) için örneklerin hedef ekstraksiyon sıcaklıklarına ulaşma süreleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Beklenildiği gibi bütün katı: sıvı oranlarında ve voltaj gradyanlarında hedef ekstraksiyon sıcaklığı arttıkça işlem süreleri artmıştır ($p<0.05$; EK 4, EK5, EK 6). 1:20 katı sıvı oranında, 90°C'ye ulaşma süreleri 20, 25, 30 V/cm voltaj gradyanı değerleri için sırasıyla 1021.6±20.4s, 597.3±44.7s, 386.3±22.3s olduğu belirlenmiştir. Buna göre en kısa işlem süresi 30 V/cm değerlerinde elde edilmiştir. Aynı katı-sıvı oranlarında voltaj gradyanı arttıkça işlem süresi kısalmıştır. Genel olarak diğer katı: sıvı oranlarında voltaj gradyanının etkisinin paralel olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.1). Literatürde yapılan çalışmalarla paralel olarak bunu desteklemektedir. İstatistiksel olarak bakıldığında ısınma süresi üzerine hedef ekstraksiyon sıcaklığının ve voltaj gradyanının etkisinin olduğu ($p<0.05$; EK 3) ancak katı: sıvı oranının etkisinin olmadığı ($p>0.05$; EK 3) tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. Farklı işlem koşullarında örneklerin hedef ekstraksiyon sıcaklıklarına ulaşma ve ortalama ısınma hızı değerleri

Katı: Sıvı (g/ml)	Voltaj Gradyanı (V/cm)	Sıcaklık (°C)	Isınma Süresi (s)	Isınma Hızı (°C/s)
1:20	20	45	320.6±59.4	0.080±0.017
		60	595.6±134.1	0.060±0.004
		75	736±187.6	0.065±0.002
		90	1021.6±20.4	0.069±0.001
	25	45	196.6±20.7	0.128±0.013
		60	278±45.6	0.132±0.005
		75	351±6.9	0.157±0.003
		90	597.3±44.7	0.118±0.009
	30	45	150.0±8.54	0.167±0.009
		60	215.6±42.0	0.190±0.037
		75	265.3±43.7	0.211±0.036
		90	386.3±22.3	0.182±0.010
1:40	20	45	336.0±35.5	0.075±0.008
		60	517.3±20.0	0.077±0.003
		75	702.6±98.6	0.079±0.011
		90	1172.0±40.1	0.060±0.002
	25	45	230.3±8.5	0.109±0.004
		60	277.6±43.3	0.146±0.022
		75	342.3±71.3	0.166±0.039
		90	580.0±125.7	0.106±0.001
	30	45	141.6±8.3	0.177±0.010
		60	219.0±7.9	0.183±0.007
		75	245.3±40.5	0.229±0.041
		90	407.3±44.7	0.173±0.018
1:60	20	45	343.6±47.8	0.074±0.011
		60	506.6±35.1	0.079±0.006
		75	606.0±40.6	0.091±0.006
		90	1193.0±139.1	0.063±0.002
	25	45	232.3±57.6	0.113±0.033
		60	358.0±26.6	0.112±0.008
		75	408.3±37.45	0.135±0.013
		90	598.3±152.5	0.137±0.016
	30	45	185.3±23.4	0.136±0.016
		60	238.6±19.8	0.168±0.014
		75	260.3±18.1	0.212±0.014
		90	391.0±23.5	0.179±0.011



Şekil 4.1. Farklı işlem koşullarda ohmik ısıtma işleminde zamana bağlı sıcaklık grafiği (A: 1:20, B: 1:1:40, C: 1:60)

Kumar ve ark., (2018) 4 farklı voltaj gradyanında ohmik ısıtma uyguladıkları üzüm suyu örneklerinin elektriksel iletkenlik değerlerinin sıcaklık ile lineer olarak artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sabancı, (2020) üzüm suyunda ohmik ısıtma sistemi kullanılarak 90 °C' ye kadar ısıtılmasını ve ısıtılırken meydana gelen elektriksel iletkenliklerin değişimini incelemiştir. Ohmik ısıtma kullanarak tek bir voltaj gradyanında (13 V/cm) üzüm suyunun sıcaklıklarını 20°C'den ve 90°C'ye kadar ısıtıldığını, hedef sıcaklıkta 90°C sabit tutulduğunu belirtmiştir. 20°C'deki üzüm suyunun 90°C'ye ulaşması için ısınma süresinin 310.7±5.01 s olduğunu tespit etmiştir. Bunun sonucunda işlem süresi arttıkça ohmik ısıtmaya bağlı olarak sıcaklık değerlerinin arttığı ve sıcaklık artışında doğrusal olarak farklılık olduğunu vurgulamıştır.

Greyfurt ve limon suları örneklerinin vakum koşullarında ohmik ısıtma sistemi kullanılarak farklı voltaj gerilim gradyanlarında (10, 20 ve 30 V/cm), dört farklı sıcaklık aralığında (30, 40, 50 ve 60˚C) ve vakum basıncı (0 atmosferik basınç, 30−60 kPa) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Belirli bir basınçta, ohmik ısıtma hızı, voltaj gradyanındaki bir artışla artmıştır. Ayrıca basınç düştüğünde, ısıtma hızının 10 ve 20V/cm'lik düşük voltaj gradyanında önemli ölçüde değişmediğini, ancak ısıtma hızı 30 V/cm'lik en yüksek gradyan voltajında önemli ölçüde azaldığı vurgulanmıştır. Bu nedenle, voltaj gradyanın işlemin ısıtma hızını etkileyen önemli bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun sonucunda daha yüksek voltaj gradyanı ve ısıtma hızının arttığı vurgulanmıştır (Fadavi ve Salari, 2019).

Duguay ve ark., (2016) parçalanmış lahana ve turp çalışmasında farklı tuz konstrasyonlarında (0.15), 30 ˚C ile 70 ˚C sıcaklık arasında, üç farklı voltaj gradyanında (65, 80 ve 100 V/cm), statik ohmik ısıtma hücresi (120 ve 135 V) ve farklı frekanslar aralığındaki (60, 2070, 5030, 7990 ve 10.000 Hz) ohmik ısıtma yöntemini değerlendirmiştir. Turp örneklerinin en kısa süresinin %1.5 tuz, 30˚C ile 70˚C arasında 6 dakikada bulduğunu belirtmiştir. Lahana örneğini en uzun süre % 0.15 tuzda 128 dakika, 100 V bulduğunu belirtmiştir. Turpun, lahanadan daha hızlı ısındığını belirtmiştir. Isıtma hızının büyüklüğünün yüksek voltajda frekansla arttığını, ancak lahana örnekleri için düşük voltajda azaldığını ve turp örnekleri için de ters eğilim olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmada ısıtma hızının büyüklüğünün voltaj ve tuz konsantrasyonundaki artışla arttığını bildirmiştir. Çalışmada 50-60˚C sıcaklık değerleri arasında hafif bir eğim değişimi olduğunu vurgulamıştır.

Castro ve ark., (2004) farklı ürünlerin 25-100 V/cm voltaj gradyanı sırasında sıcaklık değerleri 20°C ve100°C'ye kadar ısıtılması sırasında zamana bağlı sıcaklık değişimi ve

voltaj gradyanın ısınma süresi üzerine etkisini incelemişlerdir. İşlem süresi arttıkça ürünün sıcaklık değerinin arttığı ve işlem süresi üzerine voltaj gradyanın etkisinin olduğu rapor edilmiştir.

Wongsa-Ngasri ve Sastry, (2015) domateste kabuk soyma işlemi sırasında ohmik ısıtma sistemi ile soyma potansiyeli sorunlarını ele almaya çalışmıştır. Domatesler oda sıcaklığında 25˚C'te başlanarak, çatlama meydana geldikten veya ortamın sıcaklığı 100˚C'ye ulaştıktan sonra domates su ile yıkanarak ohmik ısıtma sisteminde soyulma işlemi yapıldığını belirtmiştir. 0.01, 0.02 ve 0.03 g/100 ml NaCI konsantrasyonları ve 8060, 9680, 11.300 ve 12.900 V/m alan kuvvetlerinde domateste kabuk soyma yöntemi aşamasında ortaya çıkan dezavantajları kaldırmak için, domatesleri NaCI çözeltisi ile beraber ohmik ısıtma yöntemine tutmuşlardır. NaCI konstrasyonu arttığında, daha yüksek elektrik iletkenliği nedeniyle ısı üretiminin daha hızlı olacağını ve düşük işlem süresi ile sonuçlandığını belirtmiştir. En iyi ohmik sisteminde kabuk soymanın 25˚C' de ve 60˚C'de 0.01g/100 ml NaCI'de 9680 V/m olduğunu vurgulamıştır. 50˚C sıcaklıkta, 0.01g/100 ml NaCI'de 9680 V/m ve 11.300 V/m soyma işleminin daha yavaş olduğunu belirtmiştir. Daha yüksek başlangıç sıcaklıklarında soyulma işleminin kısa sürede olacağını belirtmiştir. Ohmik ısıtmanın domateste kabuk soyma yönteminin süresini olumlu yönde kısa olmasını sağladığını vurgulamışlardır. Farklı voltaj gradyanın işlem süresini kısalttığı rapor edilmiştir.

Çevik (2021), koruk suyunun evaporasyon işlemi sırasında artan voltaj gradyanın işlem süresini kısalttığı ve istatistiksel olarak voltaj gradyanın işlem süresi üzerine etkisi olduğunu rapor etmiştir.

Literatür değerlendirmesinde farklı çalışmaların domates suyu, vişne suyu, nar suyu, üzüm suyunun evaporasyonu sırasında işlem süresini artan voltaj gradyanın olumlu etkilediğini rapor etmişlerdir.

Nar suyu araştırmasında, ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon yöntemi kullanılarak çalışma sonucunda yüksek voltaj gradyanlarında ohmik ısıtma destekli vakum evaporasyon uygulamasının konsantrasyon işleminin süresini kısalttığını vurgulamışlardır (Çevik ve ark., 2020).

Saberyan ve ark., (2017) çalışmasında OHAE sistemini kullanarak portakal kabuğu örneğinin pektin veriminin farklı koşullarındaki voltaj gradyanı (7 ve 15V/cm), sıcaklık değeri (50, 70 ve 90˚C) ve ekstraksiyon süresi (5 ile 30 dakika) çalışmasını incelediklerini belirtmişlerdir. Düşük voltaj gradyanında (7 V/cm), hedef sıcaklığa hızlı bir şekilde

ulaşılamadığını ve bu nedenle ısınma süresinin de çok uzamasına sebep olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca ekstraksiyon sıcaklıklarının kademeli olarak artmasıyla ekstraksiyon verimininde çok ciddi şekilde artış olduğunu belirtmişlerdir. Ohmik ısıtma ekstraksiyonunda pektinin optimum ekstraksiyon koşulunun en yüksek voltaj gradyanı (15 V/cm), sıcaklık (90˚C), ekstraksiyon ısıtma süresinde (30 dak.) değerlerinde elde edildiğini belirtmişlerdir. Ohmik ısıtmada, pektin veriminin voltaj gradyanı, sıcaklık ve ekstraksiyon süresinden önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamıştır. En etkili faktörün pektin üretimi üzerindeki sıcaklık olduğunu bildirmişlerdir.

Sabancı ve İçier (2017), vişne suyunu konsantreye işlemek amacıyla kullandıkları ohmik destekli vakum evaporasyon düzeneğinin artan voltaj gradyanın buharlaşma süresinde önemli düzeyde azaltma meydana getirdiğini saptamıştır.

Çilingir, Sabancı ve Göksu (2021), limon kabuğu tozundan pektin üretimi çalışmasında sabit voltaj gradyanında (18 V/cm), 3 farklı sıcaklıkta (70, 80 ve 90˚C), 3 farklı katı: sıvı oranında (1:30, 1:40 ve 1:50 g/ml) ve üç farklı ekstraksiyon bekletme süresinde (0, 15 ve 30 dk.) uygulanarak ohmik ısıtma işlemi kullanılarak limon kabuğundan pektin ekstraksiyonu yaptıklarını belirtmişlerdir. En yüksek pektin verim değeri 90˚C sıcaklıkta, 1:40 katı: sıvı oranında ve 30 dakikalık ekstraksiyon tutma süresinde elde edildiğini belirtmiştir. Ohmik ekstraksiyon sırasında, 1:30 (g/ml) katı: sıvı oranında sıcaklıklarının 20˚C'den sıcaklıktan 90˚C'ye ulaşması için gereken ısınma süresinin 280.8±9.8 s olduğunu, 1:50 (g/ml) katı: sıvı oranında 266.9± 6.5 s olduğunu belirtmişlerdir. Katı: sıvı oranı arttıkça ısınma süresinin kısaldığını vurgulamışlardır. Isınma süresinin ürünün bileşimine de bağlı olduğunu ayrıca belirtmişlerdir. Ekstraksiyon sıcaklığı ve tutma süresinin arttıkça pektin verimininde arttığını vurgulamışlardır. Sıcaklık ve işlem süresinin doğrusal olduğunu desteklemektedir.

Gavihian ve Chu, (2018) yaptığı ohmik ısıtma destekli buhar distilasyonu yöntemiyle lavanta bitkisinden, esansiyel yağ ekstraksiyonu elde edilmesi çalışması sonucunda lavanta bitkisinin hedef ısınma hızının daha yüksek olduğunun bundan dolayı da ekstrakte edilen ilk yağ damlasının çok daha kısa sürede (13dk.) gerçekleştiğini raporlamışlardır.

Porros-Parral ve ark., (2012) kırmızı pancardan farklı sıcaklık, örnek pozisyonu ve voltaj gradyanlarının betalain renk maddesinin difüzyon sisteminin üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, betalainin degredasyonunu gerçekleştirmek için işlem sıcaklığı ve işlem süresinden etkilendiğini ve ohmik ısıtma işlemi aşamasında, sıcaklık yükseldikçe hücreler üzerine etken olan elektriksel etkinin azaldığını ısınma etkisinin ise arttığını raporlamışlardır.

Portakal kabuklarından ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon metodu ile farklı işlem süresi ve sıcaklık değerlerinin pektin verimi üzerine etkisine bakılan bir çalışmada, hedef ekstraksiyon sıcaklık değeriyle ısınma arasında doğrusal bir artış olduğunu raporlamışlardır (Pereina ve ark., 2016).

Çevik (2021), gelincik çiçeği şurubu örneklerinin çeşitli voltaj gradyanlarında ohmik ısıtılması sırasında sıcaklık değişiminin ve elektriksel iletkenlik değerlerindeki değişiminin belirlenmesini incelemiştir. Farklı voltaj gradyanları (30-35-40 V/cm) kullanılarak ısıtılan gelincik çiçeği şurubu örneklerinin ısınma sürelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık içerdiğini tespit etmiştir. En uzun ısınma süresinin (592 s) 30 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği, en kısa ısınma süresinin ise (283 s) 40 V/cm voltaj gradyanında elde edildiğini raporlamıştır. Bu da voltaj gradyanlarına bağlı olarak gelincik şurubu örneklerinin ısınma sürelerine etkisinin olduğunu vurgulamıştır.

Ohmik ısıtma ekstraksiyon çalışmalarında ise benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çabas (2021), kırmızı pancardan renk maddesi eldesi için 3 farklı çözgen tipi ile ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon (OIDE) ve geleneksel ekstraksiyon (GE) metotlarını uygulamıştır. Ayrıca, OIDE sisteminde işlem parametreleri olan voltaj gradyanı ve frekansın etkisini incelemiştir. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon çalışmasında en düşük voltaj gradyanında (11 V/cm) işlem süresi 437.5±35.5 ile 620.5±10.5 s arasında olduğunu, en yüksek voltaj gradyanında ise 203.3±30.2 ile 318.0±55.0 s arasında olduğunu bildirmiştir. Bunun neticesinde voltaj gradyan değeri arttıkça toplam ohmik uygulama süresinin azaldığı raporlanmıştır. Yüksek voltaj gradyanı değerinde daha hızlı ısınma olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, ısıtma sürecinde süreye bağlı olarak parçalanmış kırmızı pancar ve çözgen karışımının sıcaklık değerindeki artış incelenmiştir ve genel olarak tüm çözgen ve frekans işlem koşullarında, uygulanan voltaj gradyan değeri arttıkça örnek sıcaklığının artış hızının doğru orantılı olarak arttığı ve dolayısıyla ohmik ısıtma uygulama süresinin kısaldığını raporlamıştır.

Sonuç olarak, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminin ısınma süresi üzerine voltaj gradyanı ve hedef ekstraksiyon sıcaklığının etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında paralel sonuçlar olduğu farklı çalışmalar ile ortaya konmuştur.

4.2. Akım ve Performans Verileri

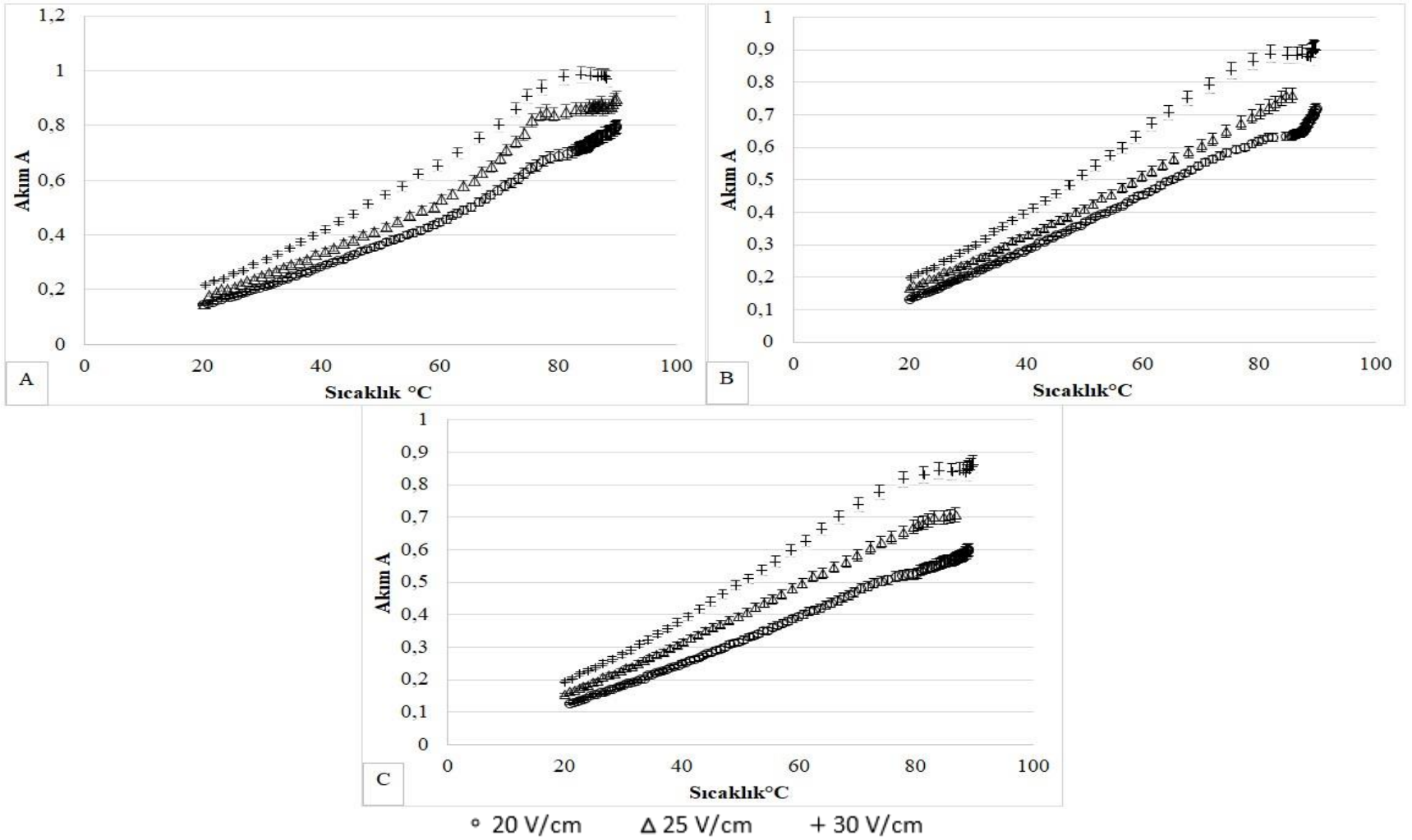
4.2.1. Akım değerindeki değişim

Tez çalışması kapsamında kullanılan ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sisteminde 3 farklı katı: sıvı oranında (1:20, 1:40, 1:60), 3 farklı voltaj gradyanı (20, 25 ve 30V/cm) ve 4 farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90 °C) koşulunda ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde hedef sıcaklığa ulaşması ve akım değerindeki değişimler incelenmiştir.

İşlemler sırasında enerji tüketimi, kapalı çevrim mikroişlemci denetimli güç denetim sistemi kullanılarak, 1 s periyotlarla sistemden geçen akım (A) ve uygulanan voltaj (V) değerleri ölçülerek deneysel olarak belirlenmiştir. Ohmik ısıtma uygulaması için işlem parametrelerine göre sisteme verilen elektrik enerjisi kayıt altına alınan veriler üzerinden hesaplanarak elde edilmiştir. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde sıcaklığa bağlı akım değişim grafikleri Şekil 4.2' de verilmiştir.

1:20 katı sıvı oranında, 20°C ile 90°C arasında üç farklı voltaj gradyanı (20V/cm, 25V/cm, 30V/cm) için sırasıyla bulunan akım değerleri, 20 V/cm için akım değerleri 0.14-0.79 A arasında, 25 V/cm için 0.15-0.90 A akım değerleri arasında, 30V/cm için 0.21-0.97A akım değerleri arasında bulunmuştur. 1: 40 katı: sıvı oranında, 20° C 'de, 20 V/cm için akım değeri ortalama 0.13 A, 20 ° C de 25 V/cm için akım değeri 0.16 A iken aynı sıcaklıktaki 30 V/cm için akım değeri 0.19 A akım değeri bulunmuş olup bu değerler sıcaklığa ve voltaj gradyanına bağlı olarak değişmiştir. 1:40 katı: sıvı oranı için 90°C' de üç fraklı voltaj gradyanı 20, 25, 30 V/cm için sırasıyla 0.72 A, 0.76 A, 0.90 A değerleri bulunmuştur. Sıcaklık ve voltaj gradyanı arttıkça akım değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Buna göre tüm koşullarda, üç farklı katı: sıvı oranı (1:20, 1:40, 1:60 g/ml), voltaj gradyanı (20V/cm, 25V/cm, 30V/cm) ve dört farklı sıcaklık değerleri için (45˚C, 60˚C, 75˚C, 90˚C) sıcaklık artıkça akım değerinin arttığı belirlenmiştir. Özellikle bu akım değerlerinin yaklaşık 80˚C gibi kritik bir noktaya kadar doğrusal bir eğilim oluşturduğu bulunmuştur. 80˚C ve üzeri sıcaklıklara çıkılması durumunda üründe kısmen köpürmeler meydana gelmiş ve bundan dolayı akım değerlerinin eğiminde bir miktar azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Farklı işlem koşullarında akıma bağlı sıcaklık grafiği (A: 1:20, B: 1:1:40, C: 1:60)

Akım değeri elektriksel iletkenlik değerinin bir fonksiyonudur. Elektriksel iletkenlik formülü $EC = \frac{IxV}{LxA}$ olarak tanımlanmıştır ve elektriksel iletkenlik değeri, I, voltaj, iki elektrot arasındaki mesafe ve elektrot temas yüzey alanın fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (İçier, 2003). Yapılan çalışmalarda özellikle akım değeri yerine araştırmacılar elektriksel iletkenlik üzerine yoğunlaşmıştır. Bu yüzden mevcut çalışmada akım değerinin değerlendirilmesinin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Mevcut literatür çalışmalarında elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklıkla ilişkileri detaylandırılmıştır. Denklemde bulunan voltaj, iki elektrot arasındaki mesafe ve elektrot temas alanlarının değişmediğinden, akım değerinin aslında ana değişken olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle elektriksel iletkenlik çalışmaları aslında akım değeri ile paralel olduğundan mevcut çalışmanın karşılaştırılmasında detaylandırılmıştır.

Ohmik ısıtma işleminde literatürdeki yapılan araştırmalarda akım ve sıcaklık arasında doğrusal bir artış olduğu vurgulanmıştır. Bu nedenle mevcut çalışmada da akım ve sıcaklık arasında ilişki detaylı olarak incelenmiştir. Akım ve sıcaklık grafiklerinde 20˚C-80˚C kadar akım sıcaklık ilişkisi detaylandırılmış ve bu sonuca göre doğrusal bir artış olduğu belirlenmiştir. 80˚C' den sonra köpük oluşumu nedeniyle eğimde bir miktar azalma olsa da doğrusal ilişkiyi belirlemiştir. Ohmik ısıtma işlemi sırasında, portakal kabuklarında 80˚C sıcaklığına ulaşmadan önce kabarcıklar oluşmuş ve akımda bazı sapmalara neden olmuştur. Sıcaklık artıkça akım değerlerinin arttığı bulunmuştur. Bu duruma artan voltaj gradyanı ve sıcaklığın sebep olduğu görülmüştür.

Farklı voltaj gradyanı ve farklı katı: sıvı oranlarının 20-80°C sıcaklık aralıklarında akım-sıcaklık ilişkisi Tablo 4.2'de verilmiştir. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi sıcaklık-akım arasındaki ilişkileri ifade eden denklemlerin R^2 değerinin 0.98 üzerinde olduğu ve sıcaklık akım değerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu bulunmuştur. En yüksek R^2 değerinin 0.9991 ile 1:60 katı: sıvı oranında, 20 V/cm voltaj gradyanın da olduğu tespit edilmiştir. En düşük R^2 değerinin ise 1: 20 katı: sıvı oranında 25 V/cm uygulamasında elde edilmiştir.

Akım ve sıcaklık değerini ifade etmek amacıyla I=mT+b şeklinde ifade edilmiştir. Burada özellikle artan voltaj gradyanın akım değerini etkilediği belirlenmiş ve burada artan eğim değerinin (m) tüm katı sıvı oranları için arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.2. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen akım-sıcaklık tablosu

Katı: Sıvı (g/ml)	Voltaj Gradyanı (V/cm)	Sıcaklık(°C)	Denklem (A) ($I=mT+b$)	R^2
1:20	20	20-90 °C	I=0.0096xT-0.0888	0.9923
	25	20-90 °C	I=0.0111x T – 0.0944	0.9865
	30	20-90 °C	I=0.0121xT-0.0568	0.9929
1:40	20	20-90 °C	I=0.008xT-0.031	0.9964
	25	20-90 °C	I=0.0092xT-0.0322	0.9977
	30	20-90 °C	I=0.0105xT-0.0137	0.9898
1:60	20	20-90 °C	I=0.007xT-0.0257	0.9991
	25	20-90 °C	I=0.0087xT-0.0292	0.9987
	30	20-90 °C	I=0.0099xT-0.0071	0.9914

Akım değerinin detaylandırılmış güncel bir çalışmada, Sabancı ve İçier (2022), portakal suyu kabuklarını ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaştırma işlemini incelediği çalışmada dört farklı sıcaklıkta (65, 75, 85 ve 100 ˚C), 13V/cm voltaj gradyanında 4 farklı (25, 39, 58 ve 101.32 kPa) vakumlu buharlaştırma için basınç uygulamıştır ve %11,4 toplam çözünür katı madde içeriği portakal suyunun değişimini incelemişlerdir. Ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaştırma işleminde ısıtma periyodundaki akım ile sıcaklık arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve sıcaklık arttıkça akım değerinin arttığı belirtilmiştir. En yüksek akım değeri en yüksek sıcaklık değerinde, 100 °C'de buharlaşırken 2,52 A olarak bulmuştur. Ayrıca buharlaşmanın başlaması ile artan SÇKM içeriğinin akım değerini olumsuz etkilediğini rapor etmişlerdir.

Sabancı (2021), üzüm suyuna ohmik buharlaştırma işlemi uygulayarak elektriksel iletkenlik değeri ve termodinamik yasaları açısından incelemiştir. Buharlaştırma işlemi, ohmik evaporatör ile üç çeşit voltaj gradyanında (16, 20 ve 24 V/cm) ve hedef sıcaklıkları 20˚C ile 100˚C arasındaki elektriksel iletkenlik değişimi incelenmiştir. Ohmik buharlaştırma işleminde yüksek voltaj gradyanında akım değerinin arttığı ve işlem süresini kısalttığını tespit etmiştir.

Yukarıda bahsedildiği gibi akım değerinin aslında elektriksel iletkenlik değerinin bir fonksiyonunun olması ve özellikle ısıtma işlemlerinde değişenin sadece akım değerinin olması nedeniyle akım ve elektriksel iletkenlik değerinin paralel olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada akım değerinin etkisini tartışmak amacıyla elektriksel iletkenlik çalışmaları detaylandırılmıştır.

Darvishi ve ark., (2015) ohmik ısıtma destekli domates suyunun evaporasyonu sırasında, uygulanan voltaj gradyanı yükseldikçe iyonik hareketlerinin yükseldiği bu yüzden elektriksel iletkenliğin arttığını belirtmişlerdir. Fakat sıcaklığı 80°C ve üzerindeki işlemde sıcaklık miktarlarında, voltaj gradyanında, köpük oluşumu sebebiyle elektriksel iletkenlik miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Bu nedenle elektriksel iletkenlik çalışmaları aslında akım değeri ile paralel olduğundan detaylandırılmıştır.

Sürme ve Sabancı (2021), ohmik ısıtma işleminin sütün evaporasyon yönteminde kullanımını incelediği çalışmasında üç çeşit voltaj gradyanı (7, 9 ve 11 V/cm) kullanarak, sıcaklıklarını başlangıç olarak 20°C'den, bitiş olarak 100°C'ye kadar ısıtmasında ohmik ısıtma yöntemi boyunca işlem süresi arttıkça elektriksel iletkenlik değerinin arttığını vurgulamıştır. Sütün, işlem sırasında yüksek sıcaklıklara (90°C'nin üzeri) çıkması ile köpürme oluştuğunu belirtmiştir. Belirgin olarak evaporasyon aşamasında kullanılan voltaj gradyanlarından biri olan 11 V/cm değerinin üzerine çıkıldığında, yöntemde önemli miktarda köpük oluşumu olduğunu ve test hücresinden örneğin taştığını vurgulamıştır. Araştırma incelemeleri sonucunda sıcaklık ile elektriksel iletkenlik arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Kumar ve ark., (2018) ohmik ısıtma sırasında gerilim gradyanı ve sıcaklığın üzüm suyunun elektriksel iletkenliğine etkisini araştırdıkları çalışmada üzüm suyu sıcaklığının 30°C'den, 80°C'ye kadar ohmik ısıtma yapılarak ısıtılmış ve elektriksel iletkenlik miktarları 0.25-0.81 S/m arasında olduğu ve voltaj gradyanının elektriksel iletkenlik üzerine etkisinin olduğu rapor edilmiştir.

Çilingir (2021), ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yöntemi ile limon kabuğu tozundan pektin üretimi araştırmasında 90°C'de ısıtılan 3 farklı katı: sıvı oranında (1:30, 1:40 ile 1:50 g/ml) 20°C-90°C ısıtılmasında ekstraksiyon işleminde çözeltinin ısıtılması sırasında farklı katı-sıvı oranları EC değerlerinde azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Sabancı (2017), ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon sisteminin kurulumu, performans değerlendirmesi, işlemin deneysel ve kuramsal araştırmasında vişne suyuna, farklı voltaj gradyanlarının uygulanması sırasında elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklığa (20°C- 65°C) bağlı değişimin olduğunu raporlamıştır. Ancak voltaj gradyanın bir etkisinin olmadığını vurgulamıştır. Tüm voltaj gradyanları (10, 12 ve 14 V/cm) için, 20°C'den 65°C'ye kadar sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenlik değerlerinin arttığını ve doğrusal bir ilişki olduğunu vurgulamıştır.

İçier ve ark., (2008) üzüm suyunun ohmik ısıtılması sırasında polifenoloksidaz aktivasyon kinetiği araştırmasında 20 °C'den 90 °C'ye kadar ısıtılması sonucunda elektriksel iletkenlik değerinin farklı voltaj gradyanında (20-40 V/cm) 0.38-0.79 S/m arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Elektriksel iletkenliğe voltaj gradyanı ve sıcaklığın etkisinin olduğunu vurgulamışlardır.

Sarang ve ark., (2008) farklı gıdalarda (altı farklı taze meyve suyu; kırmızı elma, golden elma, şeftali, kayısı, ananas, çilek ve üç farklı et örneği; tavuk, dana ve domuz) titanyum elektrot ile 25°C'den 140°C'ye kadar farklı voltaj gradyanlarında (19-25 V/cm) ohmik ısıtma işlemine tabi tutmuşlardır. Tüm örneklerde sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenlik değerinin doğrusal olarak arttığını vurgulamışlardır.

El Darra ve ark., (2013) ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi ile yapılan sistemden polifenol ekstraksiyonu elde ettikleri araştırmada, gerçekleştirilen voltaj gradyanı değerlerini 200 V/cm'den, 400 V/cm'ye yükseldikçe elektriksel iletkenliğinde yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Çabas (2021), 3 farklı voltaj gradyanı (11, 17 ve 23 V/cm) ve 3 farklı frekans (25, 100 ve 400 Hz) kombinasyonundan oluşan toplam 27 farklı işlem koşulunda ve geleneksel ekstraksiyon yöntemi ile parçalanmış pancar yığınındaki renk maddelerinin çözgen ortamına geçmesini sağlamıştır. Ekstraksiyon işleminde, ısıtma sürecinde (12 °C- 40°C) sıcaklıklarda kırmızı pancardan renk maddesi ekstraksiyonunda ohmik ısıtma desteğinin kullanımını yapan çalışmada sıcaklık artışı ile elektriksel iletkenliğin arttığını tespit etmiştir. Ekstraksiyon bölgesinde ise işlem sıcaklığı 40 °C'de sabit tutulduğu için ilk 400 s süresince elektriksel iletkenlik değerinde ortalama %6'lık bir artışın olduğu, ardından işlem sonuna kadar elektriksel iletkenlik değerinde önemli bir artış olmadığını vurgulamıştır.

Srivastav ve Roy (2014), domates suyunda ohmik ısıtma kullanılarak sıcaklıklarını 32˚C'den 80˚C'ye kadar ohmik ısıtma yöntemi uygulayarak ısıtma işlemi yapmışlardır ve EC miktarlarını incelemişlerdir. Domates suyunun EC miktarını 0.23- 2.65 S/m aralığında değiştiği ve elektriksel iletkenlik üzerine voltaj gradyanı ve sıcaklığın olumlu yönde etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Özelliklede sıcaklık ve EC arasında doğrusal bir ilişki olduğunu vurgulamışlardır.

Özellikle kurutma, damıtma, pastörizasyon, inaktivasyon, pişirme, buharlaştırma ve çözdürme gibi bazı çalışmalarda bir voltaj gradyanının EC değerleri üzerindeki etkisi vurgulanmıştır (İçier, 2012; Sabancı, 2020; Sabancı, 2021).

Ayrıca literatürde vişne suyu, portakal suyu, limon suyu, çilek vb. meyve suları için elektriksel iletkenlik miktarının sıcaklık arttıkça arttığı ve elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklık ile doğrusal ilişkisi olduğu rapor edilmiştir (İçier ve Ilıcalı, 2004; İçier ve Ilıcalı, 2005; Darvishi, Hosainpour, Nargesi, Khoshtaghaza ve Torang, 2011; Castro, Teixeira, Salengke, Sastry ve Vicente, 2004; Sarang, Sastry ve Knipe, 2008; Sabancı, 2020).

Castro ve ark. (2004), araştırmasında ohmik ısıtma sistemi ile çilek ürünlerinde (çilek posası, çilek tepesi, çilek dolgusu ve çilek-elma sosu) elektriksel iletkenliği ölçümleri ilişkisini incelemiştir. Bunun sonucunda elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklık arttıkça arttığı ve elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklık ile doğrusal ilişkisinin olduğunu özellikle çilek posası, çilek dolgusu ve çilek-elma sosu örneklerinde olduğunu vurgulamıştır. Elektriksel iletkenlik değerlerinde bulunan bu farklılıkları ısıtma sürelerine yansıtmışlardır buda ohmik ısıtma sisteminde ısıtma sürelerinin etkisini göstermektedir.

Sonuç olarak mevcut çalışmada sıcaklık arttıkça akım değerinin arttığı ve ayrıca sıcaklık akım arasındaki ilişkinin yüksek R^2 değerinde uyum gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılan literatür değerlendirilmesi sonucunda sıcaklık değeri arttıkça akım değerinin arttığı ve akım ile sıcaklık arasında doğrusal bir ilişki olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra akım elektriksel iletkenlik değerinin fonksiyonu olduğundan ve sıcaklık arttıkça EC değerinin arttığı ve sıcaklık ile doğrusal bir ilişki olduğu farklı çalışmalar tarafından rapor edilmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen akım-sıcaklık sonuçlarının literatür ile paralel sonuçta olduğu belirlenmiştir.

4.3. OIDE işleminde Toplam Harcanan Enerji Değeri

Farklı işlem koşullarında 3 farklı voltaj gradyanı, 3 farklı katı: sıvı oranı ve 4 farklı ekstraksiyon sıcaklıkları için toplam harcanan enerji değeri ve işlemin güç değeri Tablo 4.3'de verilmiştir. Buna göre ohmik ısıtma işlemi sırasında 1:20 katı sıvı oranında, 90 °C'e gelinceye kadar toplam harcanan enerji miktarı 20, 25, 30 V/cm voltaj gradyanı değerleri için sırasıyla 57.6±3.3 kJ, 50.9±0.08 kJ, 40.1±0.6 kJ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Özellikle voltaj gradyanı değeri arttıkça harcanan enerji miktarının da azaldığı belirlenmiştir. Bunun sebebinin işlemin hedefe ulaşması gereken sıcaklığına (90°C) geçen işlem süresinin kısalmasının etkisinin olduğu belirlenmiştir (BKZ. Tablo 4.1). Çünkü işlem süresi uzadıkça ekstraksiyon işlemi sırasında ısı kaybı meydana gelmektedir. Benzer eğilim diğer katı: sıvı oranlarında da gözlemlenmiştir. Buna göre 1:40 katı sıvı oranında, 90 °C'ye

gelinceye kadar harcanan enerji miktarı 20, 25 ve 30 V/cm voltaj gradyanı değerleri için sırasıyla 57.8±900.8 kJ, 45.3±0.4 kJ, 36.8±0.3 kJ toplam harcanan enerji miktarı azaldıkça işlem sürelerinde azalma olmaktadır (Tablo 4.3). 1:60 katı sıvı oranında, 90 °C' ye gelinceye kadar harcanan enerji miktarı 20, 25, 30 V/cm voltaj gradyanı değerleri için sırasıyla 57.0±2.4 kJ, 30.1±6.8 kJ, 35.9±1.2 kJ toplam harcanan enerji miktarı azaldıkça işlem süresi diğer katı: sıvı oranları içinde aynı şekilde azalmaktadır (Tablo 4.3).

Ortalama güç değerlerinin üç farklı katı: sıvı oranı, üç farklı voltaj gradyanı değeri, dört farklı sıcaklık değerleri için güç değeri Tablo 4.3'de verilmiştir. En yüksek güç değerinin 1:20 (katı: sıvı) oranın 30V/cm voltaj gradyanında, 90˚C'de 104.2±5.9 W olduğu belirlenmiştir. Güç değeri incelendiğinde, tüm farklı katı: sıvı oranları için artan voltaj gradyanına bağlı olarak güç değerinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca aynı voltaj gradyanlarında tüm katı: sıvı oranları için artan ekstraksiyon sıcaklığına bağlı olarak ortalama güç değerinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca aynı voltaj gradyanı değerlerinde, artan katı: sıvı oranlarına bağlı olarak genel eğilimin arttığı yönde olduğu belirlenmiştir. Burada özellikle toplam harcanan enerji değerinin artması ile artacağı, artan işlem süresine bağlı olarak da azalacağı anlaşılmaktadır.

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon (OIDE) işlemi sırasında literatür taraması sonucunda sınırlı ekstraksiyon çalışmalarına ait performans değerleri çalışmasına rastlanmıştır (Çilingir ve ark., 2021; Çabas ve İçier, 2021). Ancak literatürde farklı gıda mühendisliği temel işlem uygulamalarında olan evaporasyon çalışmaları ile ilgili performans verileri ile detaylandırılmıştır.

Tablo 4.3. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen toplam harcanan enerji ve güç ortalaması

Katı: Sıvı (g:ml)	Voltaj Gradyanı (V/cm)	Sıcaklık (°C)	THE (kJ)	Güç (W)
1:20	20	45	6.5±0.4	21.1±5.0
		60	14.4±0.07	21.7±1.4
		75	22.8±1.1	27.6±2.3
		90	57.6±3.3	56.5±4.1
	25	45	7.0±0.3	35.9±2.9
		60	14.0±1.0	46.4±1.5
		75	20.0±1.4	57.0±3.0
		90	50.9±0.08	85.7±6.7
	30	45	7.6±0.9	51.6±8.3
		60	12.4±1.2	58.5±5.8
		75	20.3±0.7	78.6±16.2
		90	40.1±0.6	104.2±5.9
1:40	20	45	9.1±0.2	27.6±2.8
		60	15.7±0.8	30.5±2.5
		75	25.4±0.9	36.6±3.6
		90	57.8±0.9	49.4±2.2
	25	45	9.2±0.8	40.1±3.4
		60	12.9±0.9	47.0±6.0
		75	19.8±0.09	59.9±14.2
		90	45.3±0.4	68.6±0
	30	45	7.8±0.3	55.4±2.3
		60	14.7±0.4	67.5±0.9
		75	20.4±1.7	85.1±16.1
		90	36.8±.0.3	91.1±9.4
1:60	20	45	8.0±0.8	23.6±2.1
		60	16.0±1.0	31.7±1.3
		75	22.4±0.4	37.1±2.1
		90	57.0±2.4	51.2±3.3
	25	45	10.4±0.4	47.0±13.6
		60	17.1±1.3	47.9±2.2
		75	22.1±1.0	54.7±7.4
		90	30.1±6.8	57.9±6.6
	30	45	9.3±0.3	50.6±4.7
		60	16.1±0.9	67.6±2.8
		75	19.4±0.6	74.9±3.6
		90	35.9±1.2	91.9±2.5

Çilingir ve ark., (2021) ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yöntemi ile limon kabuğu tozundan pektin üretimi araştırmasında 90 °C'ye ısıtılan limon kabuğu tozlarının çözeltileri ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde işlem süresinin tüketilen toplam enerji değerinin arttığını ve katı: sıvı oranı 1:30 'dan 1:50' ye düşürüldüğünde toplam enerji değerinin arttırdığını vurgulamıştır. Bunun temel sebebinin ısınma süresindeki artışın ohmik ısıtmanın harcanan enerjide artışa neden olduğunu raporlamıştır.

Çabas (2021), 3 farklı voltaj gradyanı (11, 17 ve 23 V/cm) ve ekstraksiyon işleminde, ısıtma sürecinde (12°C-40°C) sıcaklıklarda kırmızı pancardan renk maddesi ekstraksiyonu elde edilmesinde ohmik ısıtma yönteminin kullanımını yapan çalışmada

ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yönteminde en yüksek enerji verimliliğinin 11 V/cm gradyanı uygulamasından elde edildiğini belirtmiştir. Voltaj gradyanı arttıkça verimlilik değerinin azaldığı belirlenmiştir.

Sabancı (2020), üzüm suyunun ısıtılması güncel elektriksel ısıtma uygulaması çalışmasında işlem süresi arttıkça güç değerlerinde (114.90-35.38 W) azalma olduğunu ve toplam harcanan enerjide (35.73-138.37 kJ) ise artma olduğunu vurgulamıştır.

Sabancı (2017), ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon uygulamasının kurulumu, performans değerlendirmesi, işlemin deneysel ve kuramsal araştırmasında sistem bazında incelemesi sonucu 20˚C- 90˚C arasında ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon uygulaması için sisteme giren enerji miktarının voltaj gradyanı arttıkça azaldığını, toplam güç miktarının ise voltaj gradyanı arttıkça güç değerlerinin arttığını vurgulamıştır. Güç miktarının artması ile ulaşma sürelerinin de azaldığını vurgulamıştır.

Sabancı ve İçier (2022), portakal suyu kabuklarını ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaştırma işlemini incelediği çalışmada dört farklı sıcaklıkta (65, 75, 85 ve 100˚C), 13V/cm voltaj gradyanında 4 farklı (25, 39, 58 ve 101.32 kPa) vakumlu buharlaştırma için basınç uygulamıştır ve %11,4 toplam çözünür katı madde içeriği portakal suyunun değişimini incelemişlerdir. En düşük harcanan enerji değerini 100 °C'de 757±9 kj değerinde, en yüksek harcanan enerji değerini ise 65°C'de 1999 ± 87 kj değerinde bulduğunu belirtmişlerdir. En düşük ortalama güç değerini ise 100 °C'de 0,37 kW bulmuştur. Sıcaklığın artması ile toplam harcanan enerjinin değerinin ve güç değerinin azaldığını vurgulamıştır.

Sürme (2021), sütün ohmik ısıtma işlemi kullanılarak yapılan evaporasyon çalışmasında 3 çeşit voltaj gradyanı için (7, 9 ve 11 V/cm) toplam harcanan ohmik enerji değerini 231.61-276.69 kJ değeri aralığında bulduğunu ve voltaj gradyanı arttıkça toplam harcanan enerji miktarının azaldığını belirtmiştir.

Çokgezme ve ark., (2017) nar suyu örneklerini mutlak basınç altında (25 kPa), 7.5-12.5 V/cm arasında farklı voltaj gradyanlarında ohmik ısıtma yöntemi uygulanarak %40 SÇKM içeriğine kadar konsantre etmiştir. Voltaj gradyanı yükseldikçe, enerji tüketiminin azaldığı fakat güç miktarının arttığı saptanmıştır.

Çevik (2021), koruk suyundaki çalışmasında ohmik ısıtma yöntemi uygulanarak 4 çeşit voltaj gradyanın arasında (13-19 V/cm) konsantre etmiştir. Yapılan çalışmada ohmik evaporasyon yöntemi sırasında toplam işlem süresi, elektriksel iletkenlik değeri ve toplam

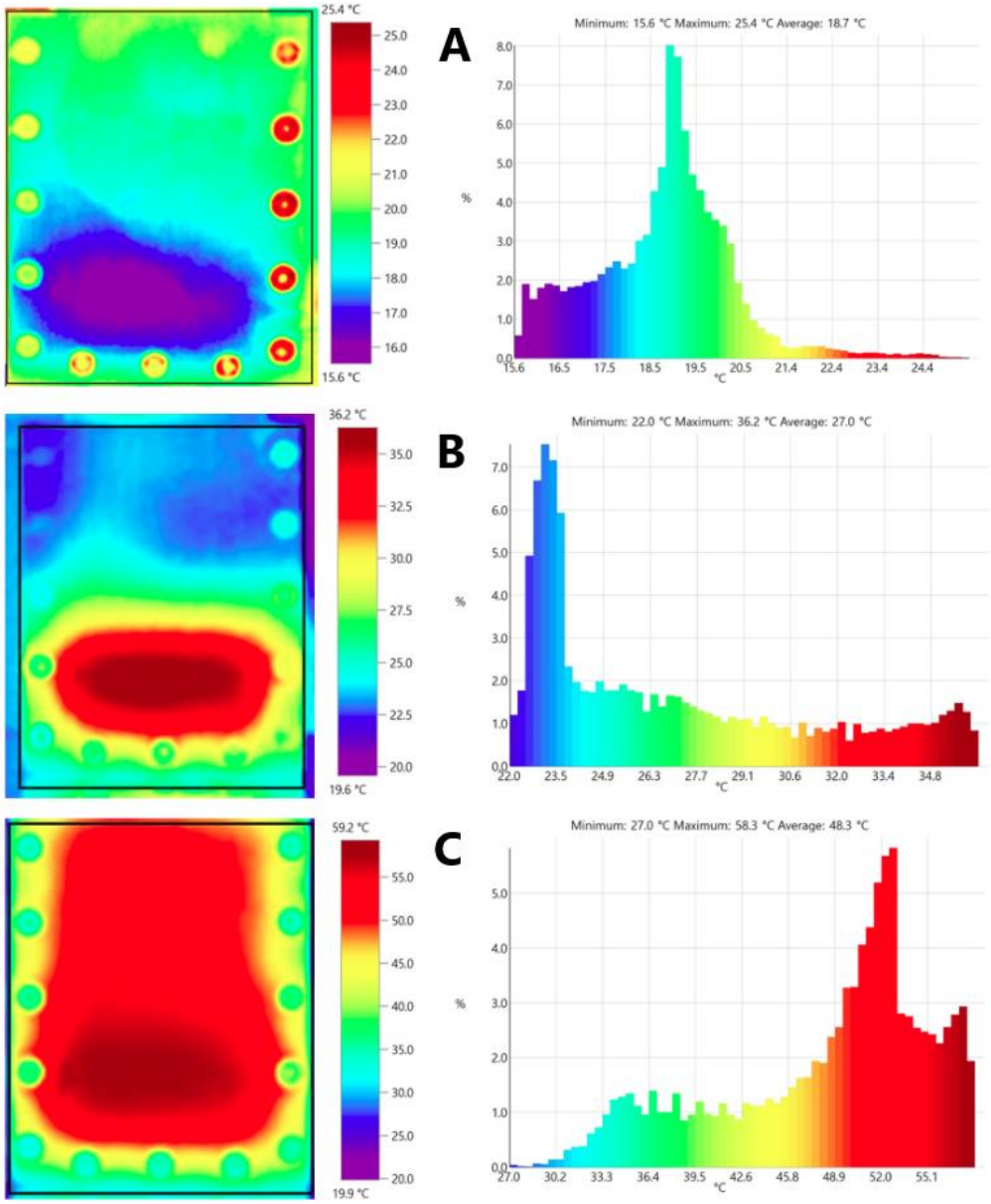
enerji değerini araştırmışlardır. Voltaj gradyanı azaldıkça toplam harcanan enerji değerinin arttığı belirtilmiş ve enerji verimlilik miktarının ise 71-75 arasında olduğu rapor edilmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan ohmik ısıtma koşullarının toplam işlem süresi, toplam enerji tüketimi ve enerji verimliliği üzerine etkisinin olduğu rapor edilmiştir.

Sonuç olarak, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde (OIDE), toplam harcanan enerji değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığının, voltaj gradyanının ve katı: sıvı oranından etkilendiği tespit edilmiştir. Aynı şekilde ortalama güç değeri üzerine de ekstraksiyon sıcaklığının, voltaj gradyanının ve katı: sıvı oranından etkilendiği tespit edilmiştir. Mevcut tez çalışmasında olduğu gibi literatürde artan işlem süresini toplam harcanan enerji değeri ve ortalama güç değeri üzerine etkisi olduğu farklı çalışmalar ile desteklenmiştir.

4.4. OIDE İşleminde Meydana Gelen Termal Görüntüler

Ohmik ısıtma destekli fenolik ekstraksiyonu işleminde, farklı zamanlarda test hücresinin dış kısmından alınan temassız yüzey sıcaklık ölçümlerine ait görüntüler ve bu görüntülere ait sıcaklık dağılımları Şekil 4.4. verilmiştir.

1:20 katı: sıvı oranındaki işlem süresi miktarları şekil 4.4'e göre zamanın 20V/cm, 30V/cm geçilirken onun enerjisinin daha harcanmamış olduğu görülmüştür. Bunun temel nedeni ise sistem sırasındaki temassız ölçümlerden kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Temassız ölçümler sırasında ısının yani harcanan enerjinin bir miktarının kabın ısınmasına gittiği için fazla vakitle daha fazla temas edip kabın sıcaklığında değişmelere neden olmasına sebep olmuştur (Şekil 4.4).



A: Başlangıçta B: Kaynamay başladığı andaki C: Hedef sıcaklık

Şekil 4.4. Sisteme ait temassız sıcalık ölçüm görüntüleri ve sıcaklık dağılımları

4.5. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Mevcut çalışmada üç farklı katı sıvı oranında (1:20, 1:40 ve 1:60), üç farklı voltaj gradyanında (20, 25 ve 30 V/cm), dört farklı sıcaklıkta (45, 60, 75 ve 90°C'de) sabit sıcaklıkta bekletilerek portakal kabuklarına ohmik ısıtma sistemi ekstraksiyonu uygulanarak toplam fenolik madde miktarı incelenmiştir. Farklı üretim koşullarından elde edilen toplam fenolik madde miktarı (TFM) değerleri Tablo 4.4' de verilmiştir. Üç farklı katı: sıvı oranı, üç farklı voltaj gradyanı içinde ve dört farklı sıcaklık arasından en yüksek

TFM miktarının 1:20 katı: sıvı oranında, 25 V/cm voltaj gradyanında ve 90˚C de sıcaklıkta 1272.9±23.2 mg/kg TFM miktarında bulunmuştur (Tablo 4.4). Ancak üç farklı katı: sıvı oranları, üç farklı voltaj gradyanı ve dört farklı sıcaklık uygulaması arasında en düşük TFM miktarının 1:60 katı: sıvı oranında, 25 V/cm voltaj gradyanında ve 45˚C de sıcaklıkta, 318.1±79.6 mg/kg TFM tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Katı: sıvı oranının toplam fenolik madde miktarları üzerine ilişkisi incelendiğinde, katı: sıvı oranlarının artmasına (konsantrasyon arttıkça) bağlı olarak TFM miktarının arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$: EK 9). Tüm voltaj gradyanı ve tüm ekstraksiyon sıcaklıkları incelendiğinde, katı: sıvı oranları arasında en yüksek TFM miktarının 1:20 katı: sıvı oranında bulunması ve en düşük 1:60 katı: sıvı oranında bulunmasının temel nedeni orana bağlı olarak, kullanılan kuru madde miktarının fenolik madde miktarını arttırdığı belirlenmiştir ($p<0.05$: EK 9). Ohmik ısıtma ekstraksiyonu uygulanan ürünlerde toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde katı: sıvı oranının bir etken olduğu çalışma sonucunda varılmıştır ($p<0.05$; EK 9).

OIDE işlemi ile farklı voltaj gradyanı ve farklı katı: sıvı oranları için, dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) arasında toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde en yüksek miktarın 90˚C'de bulunduğunun, en düşük değerin ise 45˚C'de bulunduğu belirlenmiştir. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi uygulanan ürünlerde toplam fenolik madde miktarı üzerine sıcaklığın bir etken olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$; EK 9).

Farklı üretim koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde, farklı ekstraksiyon sıcaklığı ve farklı katı: sıvı oranları için, üç farklı voltaj gradyanı (20, 25 ve 30 V/cm) değerinin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir değişime neden olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$; EK 9).

Portakal kabuğu tozu örneğinden, farklı üretim koşulları kullanılarak ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi ile TFM miktarının değişimi incelendiğinde, istatiksel olarak katı: sıvı oranı ve ekstraksiyon sıcaklığının bireysel etkisi olduğu ($p<0.05$; EK 9), ancak voltaj gradyanının etkisi olmadığı ($p>0.05$; EK 9) tespit edilmiştir. Ancak 3 farklı koşulun ikişerli etkisi istatistiksel olarak karşılaştırıldığında ise katı: sıvı oranı*voltaj gradyanı ile katı: sıvı oranı*ekstraksiyon sıcaklığının ikili etkileşimlerinin etkisi olduğu ($p<0.05$; EK 9), ancak voltaj gradyanı*ekstraksiyon sıcaklık etkileşiminin ise etkisi olmadığı ($p>0.05$; EK 9) tespit edilmiştir. 3'lü etkisi istatistiksel olarak karşılaştırıldığında ise katı: sıvı oranı*voltaj gradyanı*ekstraksiyon sıcaklığının anlamlı ($p<0.05$; EK 9) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

1:20 (katı: sıvı) oranında, üç farklı voltaj gradyanında 20, 25 ve 30 V/cm ve dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) için toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde sıcaklık azaldıkça TFM miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca voltaj gradyanı azaldıkça TFM miktarının değerinin de azaldığı tespit edilmiştir. 1:60 (katı: sıvı) oranında, üç farklı voltaj gradyanında 20, 25 ve 30 V/cm ve 45˚C sıcaklık için toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 358.4±11.8 mg/kg, 318.1±79.6 mg/kg ve 343.3±39.1 mg/kg TFM değerleri bulunmuştur. Benzer eğilim diğer katı: sıvı oranları için de belirlenmiştir.

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde farklı işlem koşullarında olan katı: sıvı oranının TFM miktarının etkisinin daha iyi ifade etmek amacıyla TFM miktarının gram bazında değişimi incelenmiştir. TFM miktarının gram bazında farklı üretim koşullarında elde edilen veriler Tablo 4.4'de verilmiştir.

En düşük gram bazında TFM miktarının 1:20 katı: sıvı oranında, 20V/cm voltaj gradyanında ve 45˚C sıcaklıkta, 290.2 ±2.9 mg/g TFM miktarında bulunmuştur (Tablo 4.4).

Voltaj gradyanın ohmik ısıtma sistemi uygulanan portakal kabuğu örneklerinin toplam fenolik madde miktarına bir etkisinin olduğu düşünülmemektedir. Sebebi 25V/cm voltaj gradyanında hem en yüksek hem en düşük değerler bulunmuştur. Diğer değerlerle karşılaştırıldığında ise tüm değerlerin kendi aralarında doğrusal bir artış olmadığı için etkilemediği düşünülmektedir.

Tablo 4.4. Farklı işlem koşullarında üretilen ohmik ısıtma ekstraksiyon yapılan örneklerin toplam fenolik madde miktarı

Katı: Sıvı (g/ml)	Voltaj Gradyanı (V/cm)	Sıcaklık (°C)	TFM (mg/kg)	TFM (mg/kg)/g
1:20	20	45	870.0±8.7	290.2±2.9
		60	1088.4±54.6	362.8±18.2
		75	1105.9±103.6	368.6±34.5
		90	1218.3±106.0	406.1±35.3
	25	45	907.7±18.9	302.5±6.3
		60	950.7±5.1	316.9±1.7
		75	981.3±69.0	327.1±23.0
		90	1272.9±23.2	424.3±7.7
	30	45	909.2±18.1	303.0±6.0
		60	1131.9±177.6	377.3±59.2
		75	1140.7±101.9	380.2±33.9
		90	1256±20.5	418.6±6.8
1:40	20	45	523.8±18.8	349.2±12.5
		60	527.1±31.8	351.4±21.2
		75	575.0±79.4	383.3±52.9
		90	730.8±9.3	487.2±6.2
	25	45	486.4±31.6	324.2±21.1
		60	536.0±27.9	357.3±18.6
		75	569.1±64.3	379.4±42.9
		90	730.4±20.6	486.9±13.7
	30	45	509.5±62.1	339.7±41.4
		60	534.3±24.7	356.2±16.4
		75	525.5±36.7	350.3±24.5
		90	696.4±23.3	464.2±15.5
1:60	20	45	358.4±11.8	358.4±11.8
		60	359.4±18.9	359.4±18.9
		75	390.1±35.7	390.1±35.7
		90	530.5±7.0	530.5±7.0
	25	45	318.1±79.6	318.1±79.6
		60	386.1±19.9	386.1±19.9
		75	422.6±29.7	422.6±29.7
		90	558.0±64.0	558.0±64.0
	30	45	343.3±39.1	343.3±39.1
		60	350.1±15.0	350.1±15.0
		75	385.9±24.9	385.9±24.9
		90	441.7±36.7	441.7±36.7

Güzel ve Akpınar (2017), turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşiklerini ve antioksidan aktivitelerini araştırmışlardır. Turunçgil ürünlerinden limon, portakal, greyfurt ve mandalina kabuklarının biyoaktif bileşiklerini inceledikleri çalışmada farklı oranlarda (%0, %25, %50, %75) etanol/su karışımları ekstraksiyonu kullanarak toplam fenolik madde içeriğini değerlendirmişlerdir. Yapılan ekstraksiyon oranlarında en fazla fenolik maddenin miktarının %25 etanol ile portakal, mandalina ve greyfurt kabuklarında, limon kabuğunda ise %0-25 etanol konsantrasyonunda bulunduğunu vurgulamışlardır. %25 etanol konstrasyonuna kadar yapılan örneklerde ekstrakte yapılan ürünlerde fenolik madde oranın arttığını, daha fazla konsantrasyonlarda ise fenolik madde oranının azaldığını vurgulamışlardır. Örnekler arasında en yüksek fenolik madde içeriğinin greyfurt kabuğunda %25 etanol konsantrasyonu ekstraksiyonunda 160.59 mg GAE/g olduğunu, sıralamayı ise limon, mandalina ve portakal kabuğu sıralandığını belirtmişlerdir. Portakal kabuğunda ise (%0, %25, %50, %75) etanol/su karışımları ekstraksiyonu için sırasıyla toplam fenolik madde içerikleri 82.69±1.34, 90.38±0.30, 87.33±1.04, 67.12±1.04, 67.12±1.04 mg GAE/100 g değerlerinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Ekstraksiyon konstrasyonlarında %25'lik ve %50'lik etanol konstrasyonları, %0 ve %75 etanol konstrasyon miktarlarına göre fenolik bileşik ekstraksiyonunda daha başarılı olduğunu vurgulamıştırlar. Konsantrasyon miktarının %25 etanol oranına kadar ekstrakte edildiğinde fenolik madde miktarını arttırdığını, daha fazla (%75) olan konsantrasyonlarda ise azaldığını belirtmişlerdir.

Gorinstein ve ark., (2001) farklı narenciye meyvelerinden (limon, portakal ve greyfurt) biyokimyasal özelliklerinin karşılaştırılmasını araştırmışlardır. Soyulmuş meyve ve kabukları ikiye ayrılarak incelenmiştir. Ham polifenollerin ekstraksiyonu işleminde, sulu metanol veya etanol konstrasyonu kullanarak çalışmayı yaptıklarını belirtmişlerdir. Soyulmuş narenciye meyvelerinin (limon, portakal ve greyfurt) toplam polifenol içerik değerlerini sırasıyla 164±10.3, 154±10.2 ve 135±10.1 mg/100 g (taze meyveler de) bulduklarını vurgulamışlardır. Narenciye kabuklarında (limon, portakal ve greyfurt) ise toplam polifenol içerikleri sırasıyla 190 ±10.6, 179±10.5 ve 155 ±10.3 mg/100 kg (taze meyve) bulduklarını belirtmişlerdir. Fenolik asitleri, toplam ferulik, sinapik, p-kumarik ve kafeik asit içerikleri, bu meyvelerin kabuklarında, kabuklu meyvelere göre daha yüksek oranda bulduklarını belirtmişlerdir. İnceledikleri fenolik asit içeriği, soyulmuş limon ve kabuklarında, soyulmuş portakal, greyfurt ve bunların kabuklarından daha yüksek oranda bulduklarını vurgulamıştırlar. Bunun sonucunda limon, portakal ve greyfurt

kabuklarındaki toplam fenolik asit içeriğinin soyulmuş meyvelerdeki içerikten %15 daha fazla olduğunu vurgulamışlardır.

Oboh ve Ademoish (2012), portakal kabuklarına aseton ve etil asetat ekstraksiyonu uygulayarak toplam fenolik madde içeriklerini incelemişlerdir. Portakal kabuklarında toplam fenolik madde içeriklerini aseton ile ekstraksiyonunda 10.5 mg GAE/g, etil asetat ile ekstraksiyonunda ise 6.8 mg GAE/g bulduklarını belirtmişlerdir.

El. (2008)'in ülkemizde sıklıkla tercih edilen bazı gıdaların toplam fenolik madde içeriklerini ve antioksidan aktivitelerini araştırmıştır. Araştırmasını gıdaları katı ve sıvı olarak ayırarak incelemiştir. 24 tane katı gıda (siyah erik, acı süs biber, kiraz, nar, havuç vb.) alanında ve sıvı gıdalar içinde 23 tane üründe (portakal nektarı, vişne suyu, siyah çay gibi vb.) incelemiştir. Yaptığı çalışmada toplam fenolik madde miktarı narda 2046±853 mg/kg, portakalda 692±19 mg/L, kayısı nektarında 736±151 mg/L bulmuştur. Fenolik bileşikler için tüketim miktarının önerilmesini vurgulamıştır.

Tay ve ark., (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre öd ağacı numunelerine farklı ekstraksiyon süreleri uygulanmış (30, 60, 90, 120, 150, 180 dakika) elde edilen ekstraktların; toplam fenolik ve toplam flavonoid madde analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam fenolik madde miktarı sonuçlarında 30 dakika veya 120 dakika ekstraksiyon süreleri arasında belirgin bir fark tespit edilmediğini vurgulamıştır. Çalışmaya göre ekstraksiyon süresi arttıkça ekstraktların toplam fenolik madde miktarının düştüğü bildirilmektedir.

Michiels ve ark., (2012) tarafından yapılan; elma, portakal, brokoli ve pırasa örneklerinde 4 farklı sıcaklıkta (4, 25, 50 ve 70ºC) ve önceden seçilen iki solvent karışımıyla aseton, su, asetik asit (70/ 28 /2 v/v/v) ve metanol asetik asit (99.5/ 0.5 v/v) ekstraksiyonu işlemi uygulayarak TFM miktarı belirlenmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlarda pırasa numunesinin yüksek sıcaklıktaki ürüne olumsuz etki ettiğini ancak portakal, elma ve brokoli için en yüksek ekstraksiyon veriminin 70ºC'de hazırlanan ekstraktlarda olduğunu bildirmiştir. Toplam fenolik madde miktarını incelerken süpernatant içerikleri direk kullanarak folin-ciocalteu yöntemine göre belirlediklerini vurgulamışlardır. Bu çalışma sonucuna göre sıcaklığın, hammaddede bulunan fenolik bileşik çeşidine göre farklılık gösterebileceğini ve bu bileşiklerin ekstraksiyon sıcaklığına dayanıklılıklarının farklı olduğunu raporlamıştırlar.

İçier (2010), ohmik ısıtma sistemiyle haşlamanın yapıldığı enginar yan ürününe (85 ˚C ve 100 ˚C de) sıcaklıkta, 25, 30 ve 40 V/cm voltaj gradyanında işlem uygulayarak

toplam fenolik madde miktarı, C vitamini içeriği ve renk değişimleri dikkate alınarak kurutulmasının optimizasyonu araştırılmıştır. Ohmik haşlama sıcaklığı (85˚C), 3 farklı voltaj gradyanına (25, 30 ve 40 V/cm) sırasıyla kurutmadan önce toplam fenolik miktarları sırasıyla %62.94±1.21 mg/L, %74.82±1.378 mg/L ve %89.14±1.14 mg/L bulduğunu belirtmiştir. Yüksek voltaj gradyanlarında artan ısıtma hızları sebebiyle voltaj gradyanı artıkça 85˚C'ye ulaşmak için gereken sürenin azaldığını belirtmiştir. 40 V/cm ohmik haşlama, suda haşlamaya göre daha düşük sıcaklıkta daha yüksek toplam fenolik içeriği bulunduğunu belirtmiştir. Suda haşlama ile ön işleme tabi tutulan kurutulmuş yan ürünlerin toplam fenolik bileşikleri tüm sıcaklıklarda en düşük bulunduğunu vurgulamıştır. Her kurutma sıcaklığı ve hızı için 40 V/cm voltaj gradyanı ile ön işleme tabi tutulan yan ürünlerin toplam fenolik içeriği diğerlerinden daha yüksek bulunduğunu vurgulamıştır. Kurutulmuş enginar yan ürünlerinin toplam fenolik içeriği, kurutma koşullarına bağlı olarak sırasıyla 0.02 ile 0.45 g gallik asit/100 g kuru madde aralığında bulduğunu belirtmiştir.

Ergüt (2015), portakal ve limon posasındaki fenolik maddelerin süperkritik akışkan ekstraksiyonunu incelemiştir. Portakal posasından süper kritik akışkan ekstraksiyon süreci ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik içeriğinin 40°C sıcaklık ve 100 – 200 bar basınç koşullarına göre, portakal posasındaki ekstraklarının toplam fenolik madde içeriğinin 40°C işletme sıcaklığında basınç artışı ile arttığını vurgulamıştır. Basınç 100 bar'dan 150 bar işletme basıncına çıkarıldığında toplam fenolik madde içeriğinde önemli derecede bir artış gözlenirken 200 bar basınç koşullarında 150 bar basınç değerinde elde edilen toplam fenolik madde miktarına göre daha az oranda bir artış olduğunu belirtmiştir. 40°C sabit sıcaklıkta işletme basıncının artmasına bağlı olarak toplam fenolik madde miktarında gözlenen bu artışın, süper kritik akışkanın (SCF) çözme gücündeki artış ile polar yapıdaki fenolik bileşikleri çözme gücünün artmasından kaynaklandığı sonucuna varıldığını belirtmiştir.

Zoral ve Turgay (2014), portakal kabuğu, antep fıstığı, nar kabuğu, ceviz kabuğu ürünlerinin toplam fenolik madde içeriğini, antioksidan ve antimikrobiyel aktivitelerinin araştırılmasını yapmıştır. Farklı ekstraktlardan elde edilen toplam fenolik madde miktarına göre ekstraktlardan elde edilen toplam fenolik madde miktarı nar kabuğunda 474,1- 2054,4 mg GAE/100g, portakal kabuğunda 441,3-743 mg GAE/100g, biber kabuğu 530,9 - 1180,1 mg GAE/100g arasında bulunduğunu belirtmiştir. Toplam fenolik madde içerikleri, istatiksel olarak değerlendirildiğinde ise bitki bakımından en fazla ortalama grubu antep

fıstığı ve nar kabuğunda, en az ortalama grubu ise ceviz kabuğu ve portakal kabuğunda olduğunu vurgulamıştır. Fenolik maddelerin bitkilerin kabuk ve yaprak kısımlarında daha yoğun olduğunu vurgulamıştır.

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemleri kullanılarak toplam fenolik madde miktarındaki değişimler farklı temel işlemler uygulamasında incelenmiştir. Bu çalışmalar detaylandırılacak olursa, Sabancı (2020), üzüm suyunun ohmik ısıtma işlemine sabit voltaj gradyanında (13 V/cm), sabit sıcaklık altında (20°C'den 90°C'ye), 4 farklı sürede (0 - 60 dakika) ısıl işleme tabi tutulduğunu belirtmiştir. Çalışma sonucunda TFM miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden 466-367 mg/L bulduğunu belirtmiştir. En düşük TFM miktarının 60 dakikalık tutma süresinde elde ettiğini, en yüksek TFM miktarı ise 0. dakikada elde ettiğini belirtmiştir. Artan işlem süresi ile TFM miktarı arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu vurgulamıştır. İşlem süresinin uzun olmasının TFM miktarında azalmaya neden olduğunu ve TFM içeriğinin olumsuz etkilendiğini belirtmiştir.

Yıldız ve ark., (2009) nar suyunu ohmik ısıtma kullanarak 90°C'ye kadar ısıtmışlar ve sabit sıcaklıkta (90°C) farklı tutma sürelerinde 0-12 dakika arası ısıl işleme tabi tutmuşlardır. İşlem süresinin TFM miktarı üzerine etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Sabancı ve ark., (2018) ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaştırma ile üretilen nar suyu ve konsantresinin araştırmasında ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaştırma, üç çeşit voltaj gradyanında (7.5, 10 ve 12.5 V/cm), %40 toplam çözünür katı oranı ile toplam fenolik madde içeriğini incelemiştir. En fazla toplam fenolik madde içeriğini 12.5 V/cm voltaj gradyanında 1313,38 ± 31,10 mg/kg bulduğunu belirtmiştir. Buharlaşma sürecine bağlı olarak fenolik madde miktarında azalma olduğunu, voltaj gradyanı arttıkça elektrokimyasal reaksiyonların olma olasılığının arttığını, daha yüksek voltaj gradyanlarında buharlaşma süresinin azalması ile fenolik bileşiklerin bozulmasını en aza indirdiğini belirtmiştir.

Sabancı ve İçier (2019), vişne suyunu, sabit mutlak basınç (25 kPa) altında vakum evaporasyon ile vakumlu ohmik buharlaştırma yöntemiyle toplam çözünür katı madde oranı (%19.2) olan, 40, 55, 76 ve 85 dk. işlem süreleri belirlemiş ve 10, 12 ve 14 V / cm voltaj gradyanında toplam fenolik madde içeriğini incelemiştir. Bu çalışmada, kullanılan voltaj gradyan aralığını ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaşma (VOE) işlemi ön işlemlerle belirlemiştir ve yüksek gerilim gradyanlarındaki uygulamalarda (15-25 V/cm) meyve suyunun yüzeyinde köpürme olduğunu vurgulamıştır. Vişne suyunun ön denemelerinde toplam fenolik madde miktarını 2617.63 mg/L Gallik asit eşdeğeri

bulmuştur. Vakumlu ohmik ısıtma destekli vakumlu buharlaşma ve vakum evaporasyon üretimlerinde üretilen vişne suyu konsantreleri (%65 toplam kuru madde) ile toplam fenolik madde içeriğini konsantre değerlerinin 7834.53 ve 9081.22 mg/L arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Vakumlu ohmik buharlaştırma yönteminde voltaj gradyanı arttıkça toplam fenolik madde içeriğinin arttığını ve işlem süresinin TFM miktarı üzerine olumsuz etkisinin olduğunu vurgulamıştır.

Kantar (2021), kızılcık meyvesinden ohmik ısıtma destekli ultrasonik ekstraksiyon çalışmasında ısıtma sıcaklığını 50 °C'de sabit tutmuştur ve farklı bekletme sürelerinin ürünün toplam fenolik madde bileşik miktarı üzerine etkisi olduğunu raporlamıştır. Ohmik ısıtma destekli ultrasonik ekstraksiyon yöntemi için elektrik alan şiddeti ve ohmik haznesinde bekletme süresini sabit katı: çözücü oranında (1.5 g/mL) ve sabit sonikasyon süresinde (20 dakika) denemeler yaptığını belirtmiştir. Denemeler sonucunda üretim koşullarını 20, 30 ve 40 V/cm elektrik alan şiddeti, 10 ve 20 dakika ohmik ısıtma haznesinde bekletme süresi ve 1, 20, 40, 60 ve 80 dakika sonikasyon süresi olarak belirtmiştir. Ohmik ısıtma hazne sıcaklığı, ultrasonik destekli ekstraksiyonu 50˚C'de sabit tuttuğunu belirtmiştir. Bunun sonucunda farklı elektrik alan şiddetlerinin ve bekletme sürelerinin, toplam fenolik bileşik miktarına etkisi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca sıcaklığında etkisi (50˚C) olduğunu belirtmiştir. Ohmik ısıtma destekli ultrasonik ekstraksiyon yönteminde en yüksek toplam fenolik madde miktarını 40 V/cm elektrik alan şiddeti, 20 dakika bekletme süresi ve 20 dakika sonikasyon süresinde 7.52 mg GAE/g kuru madde olarak bulduğunu vurgulamıştır. Bekletme süresi ve sonikasyon süresinin kısaldıkça, toplam fenolik madde miktarının daha yüksek bulunmasını sağladığını vurgulamıştır.

Dağdelen (2019), yaptığı çalışmada dondurulmuş yeşil fasulyelere ön işlem olarak geleneksel yöntem ve ohmik ısıtma yöntemi kullanarak haşlama işlemi uyguladıktan sonra haşlanan fasulyeleri bireysel hızlı dondurma (IQF) sisteminde dondurarak, bu uygulamanın yeşil fasulye kalitesi üzerine etkisini 12 ay boyunca incelemiştir. Toplam fenolik madde miktarı 12 ay sonunda geleneksel yöntemle haşlanarak dondurulan fasulyelerde (0,37 mg/g KM), ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanarak dondurulan fasulyelere (0,29 mg/g KM) göre daha iyi korunurken, ohmik ısıtma yönteminde 12. ay sonunda işlem görmemiş taze fasulyeye göre %72 oranında azalma görüldüğünü vurgulamıştır. Ohmik ısıtma ve geleneksel yöntem kullanılarak haşlanan ve bireysel hızlı dondurma (IQF) yöntemiyle

dondurulan fasulyelerin toplam fenolik madde miktarlarında 12 ay boyunca dalgalanmalar görüldüğünü bildirmiştir.

Kaynarca ve Aşkın (2020), portakal kabuğunun farklı işlemlerle kurutulması ve bazı teknolojik özelliklerini incelemiştir. Farklı sıcaklıklarda fırın kurutma ve farklı güçlerde mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulmuş portakal kabuklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla örnekler 45-65ºC hava sıcaklığı aralığında, 1 m/s hava akış hızına sahip tepsili fırın kurutucuda 330 dakika süresince ve mikrodalga da kesikli olarak 400-700W güç aralığında eşit nem oranı elde edilene kadar kurutulmuşlardır. Taze portakal kabuğu örneğinin toplam fenolik madde miktarı (TFM) 60.81 mg GA/100g olarak bulmuştur. Kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde içerikleri, uygulanan kurutma yöntemine göre belirli derecede çeşitlilik göstermiştir. En yüksek miktar 76.57 mg GA/100g ile 560W uygulamasında bulunurken, en az toplam fenolik madde miktarı 40.44 mg GA/100g ile 65˚C olduğunu belirlemiştir. Mikrodalga ile kurutulan örneklerin toplam fenolik madde içerik sonuçları fırında kurutulan örneklerden daha iyi olduğunu bulmuşlardır. Mikrodalgada kurutulan örneklerin fenolik madde içerikleri 400W yöntemi dışında ve fırında kurutulan örneklere sıcaklıkları 65˚C uygulaması hariç, taze portakal kabuğu örneğine göre artış göstermiş olduğunu vurgulamıştır. Kurutma metoduna bağlı olarak örneklerin kurutma sürelerinin çeşitlilik göstermesinin bu sonuçların elde edilmesinde etkili olduğu ve kurutma işleminin fenolik bileşikler üzerine etkisinin araştırıldığı farklı çalışmalarda farklı değişimler olduğunu belirtmiştir. Yapılan bir kısım çalışmalar; kuruma süresinin uzamasına bağlı olarak kurutulan ürünlerin TFM değerlerinde düşüşlerin olduğu (Dewanto ve ark., 2002; Kwok ve ark., 2004; Wojdylo ve ark., 2009; Vega-Galvez ve ark., 2012; İzli, 2018), bazılarında yükselme olduğu bildirilmiştir (Corronza-Concha ve ark., 2012; Sultana ve ark., 2012).

Sabancı (2017), ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon sisteminin kurulumu, performans değerlendirmesi, işlemin deneysel ve kuramsal araştırmasında vişne suyuna farklı voltaj gradyanlarında (10, 12 ve 14 V/cm), farklı sıcaklıklarda (20 ve 65 ˚C) toplam fenolik madde miktarlarını incelemiştir. Toplam fenolik madde içeriği değerlerinde değişimin 14 V/cm voltaj gradyanında olduğunu vurgulamıştır. Vişne suyunun TFM içeriğini gallik asit cinsinden 2617.63 mg/L bulduğunu belirtmiştir. Üç farklı voltaj gradyanı için 10, 12 ve 14 V/cm için TFM değerleri sırasıyla 8787.71, 8933.95 ve 9081.22 mg/L gallik asit cinsinden bulduğunu belirtmiştir. Ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon (ODVAE) işlemi ile elde edilen vişne suyundaki TFM içeriğinin vakum

altında evaporasyon (VAE) işlemi ile elde edilene kıyasla benzer veya daha yüksek veriler bulduğunu vurgulamıştır.

4.6. Maserasyon

Mevcut tez çalışması kapsamında OIDE işleminin etkinliğini ölçmek amacıyla kullanılan katı: sıvı oranlarının maksimum toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla, öncelikli olarak portakal kabuğu meyvesini, 3 farklı katı: sıvı oranında (1: 20, 1: 40 ve 1: 60 g/mL), maserasyon koşullarında (30 ˚C ve 24 saat süre boyunca çalkalamalı su banyosunda) işleme alınmıştır. Süre sonunda elde edilen ekstraktlarda, toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Katı: sıvı oranlarına göre değişen, toplam fenolik madde miktarı Tablosu 4.5' de verilmiştir. Tablo 4.5. incelendiğinde, birim başına düşen katı: sıvı miktarının artırılması ile toplam fenolik madde miktarının arttığı, yani kullanılan katı: sıvı konsatrasyonu arttıkça TFM miktarının arttığı görünmüştür ($p<0.05$: EK11).

Katı: sıvı oranının TFM miktarı etkisini daha iyi ifade etmek amacıyla maserasyon işleminde TFM miktarının gram başına değişimi incelenmiştir. TFM miktarının gram başına farklı üretim koşullarındaki elde edilen verileri Tablo 4.5'de verilmiştir. En düşük gram (mg/kg)/g bazında TFM miktarının 1:20 katı: sıvı oranında ve 480.3±39.9 mg/g TFM miktarında bulunmuştur (Tablo 4.5). Katı: sıvı oranı azaldıkça TFM miktarının gram (mg/kg)/g bazında değerlerinin arttığı görülmüştür. Tablo 4.5'de görüldüğü gibi katı: sıvı oranındaki artış, konsantrasyon gradyanının artışına neden olmuş ve en yüksek artış toplam fenolik madde miktarında görülmüştür ($p<0.05$; EK11). Benzer sonuçlar literatürde farklı çalışmalarda rapor edilmiştir (Simsek ve ark., 2012; Durmaz ve ark., 2015; Alifakı, 2019; Kantar, 2019).

Maserasyon yöntemi ile yapılan toplam fenolik madde miktarı, literatürde bazı çalışma bulgularıyla örtüşmektedir. Kantar (2019), kızılcık meyvesi çalışmasında katı: çözücü oranın belirlenmesi için maserasyon yöntemi uyguladığını belirtmiştir. Çalışmada altı farklı katı: çözücü oranını (1:3, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:30 g/mL), maserasyon koşullarında (25˚C ve 24 saat süre boyunca su banyosunda) ayarlanarak yöntemi uyguladığını belirtmiştir. Süre sonunda elde edilen ekstraktlarda, toplam fenolik bileşik miktarını belirlemiştir. Çalışma sonucunda katı başına düşen çözücü miktarların artırması ile toplam fenolik bileşik miktarının belirli bir noktaya kadar arttığını belirtmiştir. En yüksek katı: çözücü oranını 1:15 elde ettiğini belirtmiş ve çözücü miktarında artış olduğunu

vurgulamıştır. Bunun üzerine çalışmasını yaparken 1:5, 1:10, 1:15 g/mL katı: çözücü oranlarını kullandığını vurgulamıştır.

Tablo 4.5. Farklı katı: sıvı oranlarında maserasyon ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde madde miktarı

Katı: Sıvı (g/ml)	Sıcaklık(°C)	TFM (mg/kg)	TFM (mg/kg)/g
1:20	30	1441.0±116.9[c]	480.3±38.9[a]
1:40		992.3±25.4[b]	661.5±16.9[b]
1:60		705.5±21.3[a]	705.5±21.3[b]

[a-c]üst indisleri aynı sütunda yer alan TFM değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir

Vieira ve ark., (2017) ceviz yapraklarından fenolik bileşiklerin üretimi için maserasyon yöntemi ile mikrodalga ekstraksiyon sistemlerinin optimizasyonu ve karşılaştırması yapmışlardır. Ceviz yapraklarının katı: sıvı maserasyon ekstraksiyonları (ME), sıcaklığı hem karıştırabilen hem de sıcaklığı ışıktan koruyan Carousel kullanılarak yapmışlardır. Soğutma sistemine bağlamışlardır ve zaman, sıcaklık ve etanol oranı koşulları kullanılarak ekstraksiyon yaptıklarını belirtmişlerdir. Toplam fenolik miktarlarını 49.9 ile 129.3 mg GAE/g bulduklarını raporlamıştırlar. Ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu yapılarak en uygun koşulu 112.5 dk., 61.3. ve %50.4 etanol-su karışımlı çözgen olarak belirlemişlerdir. Maserasyon yönteminde, örneğin uzun işlem süresi boyunca yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı bildirilmiştir. Bu sebeple, maserasyon yönteminin mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha düşük ekstraksiyon verimi sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Pinelo ve ark. (2005), üzüm posasının, farklı bileşenlerinden elde edilen ekstraktların toplam fenolik içeriği ve anti radikal aktivitesi üzerine çözücü, sıcaklık ve çözücü katı oranın etkisi üzerine çalışma yapmışlardır. Üzüm posasını (beyaz ve kırmızı üzüm posası, damıtılmış ve preslenmiş), farklı çözücüler (etanol, metanol ve su), çözücü: katı oranları (1, 3 ve 5 mL/g), farklı sıcaklıklar (25, 37.5 ve 50˚ C) ve farklı sürelerde (30, 60 ve 90 dakika) çalkalamalı inkübatörde bekletmişlerdir. En uygun proses koşullarını optimizasyon yaparak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda çözücüsü su olan üzüm posalarında toplam fenolik madde miktarını en yüksek damıtılmış kırmızı üzümde

179.4±14.3 mg GAE/mL bulduğunu belirtmiştir. Çözücüsü etanol olan üzüm posasında TFM en yüksek preslenmiş kırmızı üzüm posasında 422.2±5.1 mg GAE/mL bulduğunu belirtmişlerdir. Çözücüsü metahanol olan üzüm posasında TFM en yüksek kırmızı üzüm posasında 500.7±12.1 mg GAE/mL bulunduğunu belirtmişlerdir. Tüm koşullar için en yüksek suda çözünür katı madde miktarı, tüm çözücü tiplerinde 50˚ C sıcaklıkta, en yüksek çözücü: katı oranında (5 mL/g) ve en uzun sürede (90 dakika) elde edildiğini vurgulamışlardır. Çözücü miktarındaki artma ile suda çözünür madde miktarının da arttığını vurgulamışlardır. Buda fenolik madde miktarını arttığını göstermektedir.

Pavela (2017), sabun otu bitkisini farklı oranlarda katı: çözücü miktarlarında (0.15:10, 06: 10, 0.8:10 ve 1:10 g/mL) su ile karıştırmış ve 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletmiştir. Katı: çözücü oranı artıkça elde edilen ekstraklarda çözünmüş madde miktarının da arttığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda literatürde portakal kabuklarından maserasyon işleminin uygulanıp toplam fenolik madde miktarının incelemesiyle ilgili çalışmanın olmadığı görülmüştür.

4.7. Ekstraksiyon Verimi

Üç farklı katı: sıvı oranında (1: 20, 1:40, 1:60 g/ml), üç farklı voltaj gradyanında (20, 25 ve 30 V/cm) ve dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) kombinasyonundan oluşan toplam 36 farklı ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemlerinden elde edilen TFM verimi Tablo 4.6'da verilmiştir. Denklem 4'de verildiği üzere burada verim değerinin hesaplanmasından maserasyon ile elde edilen TFM miktarı referans alınmıştır.

Uygulanan tüm katı: sıvı oranlarında (1:20, 1:40, 1:60 g/ml), 25 V/cm voltaj gradyanı değerlerinde daha yüksek ekstraksiyon verimi tespit edilmiştir. Orta voltaj gradyanında en yüksek verimler elde edilmiştir. Ayrıca dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) değerleri arasında ve tüm koşullar içinde en yüksek ekstraksiyon verimine 90˚C' de ulaşılmıştır. En yüksek sıcaklık değerlerinde en fazla ekstraksiyon verimi elde edildiği tespit edilmiştir.

Üç farklı katı: sıvı oranında (1: 20, 1:40, 1:60 g/ml), üç farklı voltaj gradyanında (20, 25 ve 30 V/cm) ve dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) kombinasyonunda en yüksek ekstraksiyon verimini 1:20 (katı: sıvı), 25 (V/cm) voltaj gradyanında ve 90˚C sıcaklıkta 88.3±1.6 mg/ kg değerinde bulunmuştur (Tablo 4.6). En yüksek ekstraksiyon

verimini üç farklı katı: sıvı oranları (1: 20, 1:40, 1:60 g/ml) içinde en fazla kuru madde miktarı 1:20 (g/ml) bulunmuştur (Tablo 4.6). En düşük ekstraksiyon verimi ise 1:60 (g/ml), 25 (V/cm) voltaj gradyanında ve 45˚C sıcaklıkta 45.1±11.2 mg/kg değerinde bulunmuştur. Kuru madde miktarı en az olan ekstraksiyonda ve en düşük sıcaklıkta en az ekstraksiyon verimi elde edilmiştir (Tablo 4.6).

Uygulanan tüm koşullar arasındaki değerler incelendiğinde sıcaklık arttıkça ekstraksiyon veriminin arttığı tespit edilmiştir ($p>0.05$; EK11). Voltaj gradyan değerlerinin ekstraksiyon verimleri üzerinde fazla bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Üç farklı uygulanan katı: sıvı oranın ekstraksiyon veriminin üzerine etkisi olduğu görülmüştür. Kuru madde miktarının ekstraksiyon verimini etkilediği tespit edilmiştir. Aynı katı: sıvı oranı değerlerinde ve aynı çözgen miktarları kullanılarak üretilen ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yönteminin, maserasyon ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha düşük ekstraksiyon verimine neden olduğu tespit edilmiştir.

Çabas (2021), çalışmasında 3 farklı voltaj gradyanı (11, 17 ve 23 V/cm) ve 3 farklı frekanstan (25, 100 ve 400 Hz) oluşan farklı işlem koşullarında ve geleneksel ekstraksiyon yöntemi ile parçalanmış pancar yığınındaki renk maddelerinin çözgen ortamına geçmesini sağlamıştır. Ekstraksiyon işleminde, toplam kuru madde içeriklerini değerlendirerek toplam ekstraksiyon verimlerinin karşılattırılmasını incelemiştir. Toplam ekstraksiyon verimi miktarları üzerinden çözgen, frekans ve voltaj gradyanın etkisi olduğunu vurgulamıştır. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yönteminin geleneksel ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha yüksek ekstraksiyon verimi sağladığını belirtmiştir. Tuzlu su-etanol çözgeninde yüksek (100 ve 400 Hz) frekans değerlerinde ekstraksiyon verimlerinde ve tüm koşullarda 17 V/cm voltaj gradyanında, voltaj gradyanın en yüksek verimini bulduğunu belirtmiştir. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yöntemiyle aynı çözgeni kullandıkları geleneksel ekstraksiyona yöntemine göre daha yüksek verim elde edildiğini ve voltaj gradyanı arttıkça verimin arttığını vurgulamıştır.

Tablo 4.6. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sisteminde uygulanan farklı işlem koşullarının ekstraksiyon verimi üzerine etkisi

Katı: Sıvı (g/ml)	Voltaj Gradyanı (V/cm)	Sıcaklık (°C)	Ekstraksiyon Verimi (mg/ kg)
1:20	20	45	60.4±0.6
		60	75.5±3.7
		75	76.7±7.1
		90	84.5±7.3
	25	45	62.9±1.3
		60	65.9±0.3
		75	68.1±4.7
		90	88.3±1.6
	30	45	63.0±1.2
		60	78.5±12.3
		75	79.1±7.0
		90	87.1±1.4
1:40	20	45	52.8±1.9
		60	53.1±3.2
		75	57.9±8.0
		90	73.6±0.9
	25	45	49.0±3.1
		60	54.0±2.8
		75	57.3±6.4
		90	73.6±2.0
	30	45	51.3±6.2
		60	53.8±2.4
		75	52.9±3.7
		90	70.2±2.3
1:60	20	45	50.8±1.6
		60	50.9±2.6
		75	55.3±5.0
		90	75.2±0.9
	25	45	45.1±11.2
		60	54.7±2.8
		75	59.9±4.2
		90	79.1±9.0
	30	45	48.6±5.5
		60	49.6±2.1
		75	54.7±3.5
		90	62.6±5.2

Aamir ve Jittanit (2017), Asya kavunu (gac) çekirdeğinden ohmik ısıtma desteği ile yağ ekstraksiyonu yaptıkları çalışmada, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon yöntem ile geleneksel yöntem olan sokselet ekstraksiyonu ile karşılaştırmışlardır. Örneklerin, ekstraksiyon verimi miktarları belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon veriminin, geleneksel ekstraksiyon yöntemine göre daha yüksek bulunduğunu belirtmiştir.

El Darra ve ark., (2013) vurgulu ohmik ısıtma ön işlemi ile kırmızı üzüm posasından, polifenol ekstraksiyonu gerçekleştirmişlerdir. Vurgulu ohmik ısıtma ön işlemi, farklı elektrik alan şiddeti (100-800 V/cm) ve farklı etanol konstrasyonunda (% 0-50) uygulanmıştır. Ön işlem görmemiş ve vurgulu ohmik ısıtma ile işlem görmüş örnekler, daha sonra çözücü: katı oranı 5 ml/g olacak şekilde farklı etanol konsantrasyonlarında (%10-50) karıştırılarak, 50 ˚C sıcaklıktaki su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Bu çalışma sonucunda en yüksek ekstraksiyon verimi elektrik alan şiddetinin 400V/cm ve etanol konsantrasyonun %30 olduğu koşullarda miktarı 600 mg GAE/100 g kuru madde bularak elde ettiğini vurgulamıştır. Ön işlem görmemiş örneklerin verimine göre vurgulu ohmik ısıtma işlemlerinin daha yüksek ekstraksiyon verimi sağladığını belirtmişlerdir.

Lakkakula ve ark., (2004) çalışmalarında pirinç kepeğinden yağ ekstrakte edilmiş ve ohmik ısıtma ile ön-işlem uygulayıp serbest yağ asitlerine bakarak en uygun yönteme karar vermişlerdir. Bu yöntemlere bakılırken örneklere yöntem uygulanmamış, ohmik ısıtma ve mikrodalga yöntemi uygulanmış olarak üç gruba ayırarak bakmışlardır. Çalışmada farklı elektrik alan şiddeti, farklı nem içeriği ve farklı frekansın, pirinç kepeğinden yağ ekstraksiyonu üzerine etkilerine bakılarak ekstraksiyon verimini karşılatırmışlardır. Ohmik ısıtma ön işleminde, farklı frekanslarda, farklı voltaj gradyanlarında (60, 100 ve 140 V/cm) ve farklı nem içeriğinde (% 10.5, %21 ve %30), 105˚C sıcaklığa ulaşıncaya kadar bekletmişlerdir. Bu ön işlem sonrası örneklere hekzan ekstraksiyonu uygulanmıştır. Ekstraksiyon verimini etkilediği düşünülen, elektrik alan şiddetinin 60 V/cm değerinden, 100 V/cm değerine arttırılmasıyla tüm nem içeriklerinde, ekstraksiyon verimini arttığını vurgulamıştırlar.

Pereira ve ark., (2016) mor patatesten ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon ile antosiyanin elde edilmesi üzerine çalışma yaptıklarını belirtmişlerdir. Çalışmada, farklı elektrik alan şiddetinin (0, 15 ve 30 V/cm), farklı sıcaklıklarda (30, 60 ve 90˚C) ve farklı ekstraksiyon süresinin (0, 5 ve 10 dakika) antosiyanin ve toplam fenolik bileşik verimi üzerine etkilerini incelediklerini belirtmişlerdir. Örnekleri, ohmik ısıtma ile ön işlem yapılmış ve ön işlem görmemiş olarak gruplandırmışlardır. Örnekler 1:50 katı: çözücü oranında konvansiyonel ekstraksiyon işlemine (20˚C sıcaklık 90 rpm hız ile çalkalamalı inkübatörde) tabi tutulmuş ve sonuçlar buna göre karşılaştırılmıştır. Ön işlem görmemiş örneklerin ekstraskiyon verimini % 78 bulurken, ohmik ısıtma ile ön işlem görmüş örneklerde bu değeri % 92 bulduklarını belirtmişlerdir. Ohmik ısıtma destekli ekstraskiyon veriminde daha yüksek verim elde edildiğini vurgulamıştır.

Loypimai ve ark., (2015) çalışmasında siyah pirinç kepeğinden renklendirici yapabilmek için OIDE çözücü ekstraksiyonu ile değerli bileşik ekstraksiyonu üzerine çalışmışlardır. OIDE sisteminde dört farklı elektrik alan şiddeti (50, 100, 150 ve 200 V/cm) ve sıcaklık (105 ˚C'ye) gelince işlem sonlandırılarak uygulanmıştır. Ohmik ısıtma ön işlemi gören örnekler sonrasında konvansiyonel ekstraksiyona (1:5 g/ml katı: çözücü oranında) 0.1 M HCI ile asitlendirilmiş ve 1:1 su etanol karışımı oranında, 90 dakika karıştırmalı inkübatörde analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda değerli bileşiklerin ekstraksiyon verimine etkisinin olmadığını vurgulamışlardır. OIDE ile konvansiyonel ekstraksiyona kıyasla çok daha yüksek verim elde edildiğini belirtmişlerdir.

Oliveira ve ark., (2018) çarkıfelek meyvesi kabuklarında ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile pektin elde etmişlerdir. Ultrason destekli ekstraskiyon sisteminde kullanılan ultrason gücü ve sıcaklığın ekstraksiyon verimine etkisini incelemişlerdir. Örnekler için en uygun koşullar belirlenmiş ve sonuçları konvansiyonel yöntemle kıyaslamışlardır. Ultrason destekli ekstraksiyon ile daha yüksek verim elde edildiğini vurgulamışlardır.

Tekgül ve ark., (2015) elektroplazmoliz (ısıl olmayan ohmik) yönteminin çeşitli dalga tipi (kare/sinüs), akım tipi (AC/DC) ve işlem süresi (60/90 saniye) üzerinde çalışılmasında domates suyu verimi ve ürün kalitesi üzerine etkenlerini incelemişlerdir. 100 V/cm gerilim yapılan elektroplazmoliz yöntem neticesinde, en fazla domates suyu veriminin AC akımda, kare dalga tipinde, 90 saniye işlem süresinde elde edildiği bulunmuştur. Çalışma neticesinde daha fazla domates suyu verimi için elektroplazmoliz yönteminin AC akımda, kare dalga tipinde yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Wang ve Sastry (2002), ılımlı elektrik alan destekli ekstraksiyon yöntemi ile elma suyunu ekstrakte ettikleri çalışmalarında, düşük frekans miktarının nem difüzyonunu olumlu yönde etkilediğini ve ekstraksiyon veriminin yükselmesine neden olduğunu vurgulamıştır.

Kulshrestha ve ark. (2002), pancar örneklerinden doğal renk maddesi difüzyonu üzerine inceleme yapmışlardır. Çalışmada 0-5000 Hz frekans aralığında, 23.9 V/cm voltaj gradyanında, 45°C sıcaklığa kadar yapılan ohmik ısıtma yöntemi için, düşük frekans miktarında daha fazla ekstraksiyon verimi yapılabileceğini vurgulamışlardır.

Al Hilphy ve ark., (2015) ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde buğday kepeğinden fenolik madde ekstrakte etmişler, yapılan metotta voltaj gradyanındaki

yükselme ile ekstraksiyon veriminin yükseldiği tespit edilmesine karşın ekstrakte edilen fenolik maddenin antioksidan aktivitesinde azalma olduğu vurgulanmıştır.

Pare ve ark., (2014) soya fasulyesinden ohmik ısıtma işlemi kullanılarak soya yağı elde edilmiş ve ekstraksiyon sırasında uygulanan voltaj değeri yükseldikçe ekstraksiyon veriminin arttığını bildirmişlerdir.

Khuenpet ve ark., (2017) ohmik ısıtma ve geleneksel yöntemler kullanılarak enginar tozundan inülin ekstrakste etmişler, yöntemlerin ekstraksiyon verimi üzerine etkisi olmadığını rapor etmişlerdir.

5. SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sisteminin kurulumu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kurulumu gerçekleştirilen sistemde kurutulmuş portakal kabuğu örneklerini bir farklı çözgen tipi (%0.1 NaCl tuz içeren - %25 etil alkol çözeltisi) ile ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır.

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sistemi kullanılarak portakal kabuğu tozlarından toplam fenolik madde miktarının ekstraksiyonu, TFM ekstraksiyon verimi ve ohmik ısıtma ekstraksiyonu yönteminde gerçekleştirilen ekstraksiyon işleminden elde edilen ürünün performans özellikleri (enerji, akım, elektriksel iletkenlik, zaman, sıcaklık) üzerine etkisi incelenmiştir. Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine alternatif olarak, yeni ve çevre dostu yöntem olan ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon ile fenolik bileşiklerin ekstraksiyonudur.

Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sistemi kullanılarak portakal kabuğu tozlarından üretilen ekstraktların farklı işlem koşullarında, zamana bağlı sıcaklık değişimi, farklı işlem koşullarındaki örneklerin hedef ekstraksiyon sıcaklığına ulaşma süreleri, işlem sırasında temassız sıcaklık değerleri, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi sırasında farklı koşullardaki ohmik ısıtma işlemi sonunda fenolik madde içerikleri belirlenmiş, ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon verimi ve maserasyon yöntem koşullarının etkisi incelenmiştir.

Maserasyon (MS) yöntemi için çalışma koşulları, 30°C'lik sıcaklıkta çalkalamalı sıcak su banyosu 1000 rpm de, 24 h ekstraksiyon süresi ve 3 farklı katı: çözücü oranıdır (1:20, 1:40, 1:60 g/mL). Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon (OIDE) için çalışma koşulları, 3 farklı katı: sıvı oranında (1:20, 1:40, 1:60 g/mL), 3 farklı voltaj gradyanında (20, 25 ve 30 V/cm), 4 farklı sıcaklıkta (45, 60, 75 ve 90°C)ve ohmik ısıtma haznesinde bekletme süresi 0 dakikadır. Sonuç olarak;

- Hedef ekstraksiyon sıcaklığına (45, 60, 75 ve 90°C) ulaşma sürelerinde tüm koşullarda işlem süresi arttıkça ekstraksiyon sıcaklığının arttığı görülmüştür. Buna göre en kısa işlem süresi 1:20 katı: sıvı oranında, 90 °C sıcaklıktaki 30 V/cm voltaj gradyanı değerinde elde edilmiştir.
- 90˚C sıcaklığı hedef ekstraksiyon sıcaklığında tüm sıcaklık zamanını kapsadığından dolayı değerlendirme yapılırken 90˚C zamana bağlı sıcaklık grafikleri incelenmiştir. Bu duruma göre 80˚C geldiğinde yüksek sıcaklıktan dolayı ekstraksiyonda

köpürme meydan geldiği için 80˚C sıcaklığa kadar sıcaklık zaman değişiminde doğrusal bir eğim olduğu tespit edilmiştir (EK 4, 5, 6) . Tüm hedef ekstraksiyon sıcaklıklarda 20°C ile hedef sıcaklık arasında doğrusal bir artış olduğu görülmüştür.

- Isınma süresi üzerine hedef ekstraksiyon sıcaklığının ve voltaj gradyanının etkisinin olduğu ($p<0.05$; EK 3) ancak katı: sıvı oranının etkisinin olmadığı ($p>0.05$; EK 3) tespit edilmiştir.

- Tüm koşullarda üç farklı katı: sıvı oranı (1:20, 1:40, 1:60 g/ml), voltaj gradyanı (20V/cm, 25V/cm, 30V/cm) ve dört farklı sıcaklık değerleri için (45˚C, 60˚C, 75˚C, 90˚C) sıcaklık artıkça akım değerinin arttığı belirlenmiştir

- Akım değerlerinin 20 ˚C - 80˚C sıcaklığa kadar doğrusal bir eğim oluşturduğunu, 80˚C ve üzerindeki sıcaklıklara çıkılması durumunda akımda dalgalanmalar yaşanıp köpürmeler meydana gelmiştir. Bu nedenle de akım değerlerinin eğiliminde bir miktar azalmaya sebep olmaktadır.

- Sıcaklık artıkça akım değerlerinin arttığı bulunmuştur. Akım arasındaki ilişkinin yüksek R^2 değerinde uyum gösterdiği belirlenmiştir. Bu duruma artan voltaj gradyanı ve sıcaklığın sebep olduğu görülmüştür. Artan voltaj gradyanın akım değerini etkilediği belirlenmiş ve burada artan eğim değerinin tüm katı: sıvı oranları için arttığı tespit edilmiştir.

- Ohmik ısıtma işleminde değişenin sadece akım değerinin olması nedeniyle akım ve elektriksel iletkenlik değerinin paralel olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık arttıkça EC değerinin arttığı ve sıcaklık ile doğrusal bir ilişki olduğu farklı çalışmalar tarafından rapor edilmiştir. Çalışmada elde edilen akım-sıcaklık sonuçlarının literatür ile paralel sonuçta olduğu belirlenmiştir.

- Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde (OIDE), toplam harcanan enerji değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığının, voltaj gradyanının ve katı: sıvı oranından etkilendiği tespit edilmiştir. Aynı şekilde ortalama güç değeri üzerine de ekstraksiyon sıcaklığının, voltaj gradyanının ve katı: sıvı oranından etkilendiği tespit edilmiştir. Artan işlem süresinin toplam harcanan enerji değeri ve ortalama güç değeri üzerine etkisi olduğu tespit edilmiştir.

- OIDE çalışma koşulları içinde katı: sıvı oranının toplam fenolik madde miktarları üzerine ilişkisi incelendiğinde, katı: sıvı oranlarının artmasına (konsantrasyon arttıkça) bağlı olarak TFM miktarının arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$; EK9). Ohmik ısıtma ekstraksiyonu uygulanan ürünlerde toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde katı: sıvı

oranının bir etken olduğu ve kullanılan kuru madde miktarının fenolik madde miktarının değerini arttırdığı tespit edilmiştir ($p<0.05$; EK9).

- Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde uygulanan ürünlerde toplam fenolik madde miktarı üzerine sıcaklığın bir etken olduğu bulunmuştur ($p<0.05$; EK9) .En yüksek değer 90˚C sıcaklıkta ve en düşük değerde 45˚C bulunduğu tespit edilmiştir.

- Farklı üretim koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminde, farklı ekstraksiyon sıcaklığı ve farklı katı: sıvı oranları için, üç farklı voltaj gradyanı (20, 25 ve 30 V/cm) değerinin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir değişime neden olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$; EK9). Fakat sıcaklığının bireysel etkisi olduğu ($p<0.05$; EK9), ancak voltaj gradyanının etkisi olmadığı ($p>0.05$; EK9) tespit edilmiştir.

- Maserasyon (MS) yöntemiyle bakılan örneklerde (3 farklı katı: sıvı oranında 1: 20, 1: 40 ve 1: 60 g/mL) tüm birim başına düşen katı: sıvı miktarının artırılması ile toplam fenolik madde miktarının arttığı, yani kullanılan katı: sıvı konsatrasyonu arttıkça TFM miktarının arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$: EK11) Katı: sıvı oranındaki artış, konsantrasyon gradyanının artışına neden olmuş ve en yüksek artış toplam fenolik madde miktarında görülmüştür ($p<0.05$; EK11).

- Tüm koşullarda katı: sıvı oranında (1: 20, 1:40, 1:60 g/ml), üç farklı voltaj gradyanında (20, 25 ve 30 V/cm) ve dört farklı sıcaklık (45, 60, 75 ve 90˚C) en yüksek ekstraksiyon verimini 1: 20 (katı: sıvı), 25 (V/cm) voltaj gradyanında ve 90˚C sıcaklıkta 88.3±1.6 mg/ kg değerinde bulunmuştur. Uygulanan tüm koşullar arasındaki değerler incelendiğinde sıcaklık arttıkça ekstraksiyon veriminin arttığı tespit edilmiştir ($p>0.05$; EK 12). Kuru madde miktarı en az olan ekstraksiyonda ve en düşük sıcaklıkta en az ekstraksiyon verimi elde edilmiştir.

Bu tez çalışması ile OIDE yöntemiyle portakal kabuğunun ekstraksiyon işlemi, ekstraksiyon verimi, performans açısından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, genelde ohmik ısıtma yönteminin kalite ve ekstraksiyon verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Fakat ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işleminin toplam fenolik madde miktarının verimi ve performans değerlendirmesi üzerine yapılan çalışmaların daha az olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Aamir, M., Jittanit, W., 2017. Ohmic heating treatment for gacariloil extraction: Effects on extraction efficiency, physical properties and some bioactive compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 41:224-234.

Aktaş, M., Menlik, T., Boran, K., Aktekeli, B., Aktekeli, Z., 2014. Isı pompalı bir kurutucuda portakal kabuğu kurutulması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 2(2):229-238.

Alexandre, E., Coelho, MC., Özcan, K., Pinto, CA, Teixeira, JA, Saraiva, JA ve Pintado, M., (2021). Dikenli armut kabuğundan antioksidanların ekstraksiyonu ve antimikrobiyal aktiviteleri için yeni teknolojiler. *Gıdalar Dergisi, 10* (3), 570.

Al-Hilphy, A.R., Al-Rikabi, A.K., Al-Salim, A.M., 2015. Extraction of phenolic compounds from wheat bran using ohmic heating. *Food Science and Quality Management,* 43:21-28.

Alifakı, Y.Ö., 2019. Gilaburu (Viburnum opulus L.) meyvesinden yeni yöntemlerle fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu ve gilaburu tozunun mikroenkapsülasyonu. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara, 291s.

Anonim, USDA (04.10.2021), https://www.usda.gov/, (2021).

Ariç, S.S., Sabancı, S., 2021. Theusage of ohmic heating in milk evaporation and evaluation of electrical conductivity and performance analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(9):15-22.

Assiri, A.M., 2011. Deniz suyunun buharlaşma işlemi sırasında ZLD'ye yaklaşmak için ohmik ısıtma tekniğinin uygulanması. *Tuzdan Arındırma,* 20(1-3):217-223.

Atak. E., Uslu, M.E., 2018. Fenolik bileşikler ekstraksiyon metotları ve analiz yöntemleri. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi,* 3(27):39-48.

Ayala, J.R., Montero, G., Coronado, M.A., Garcia, C., Curiel-Alvarez, M.A., León, J.A., Montes, D.G., 2021. Portakal kabuğu atıklarının karakterizasyonu ve indirgen şekerlerin elde edilmesi için değerlendirilmesi. *Moleküller*, 26(5):1348.

Aydoğan, B., 2016. Dişbudak (Fraxınus Excelsıor-Fraxınus Amerıcana) ağacının yapraklarındaki toplam fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitenin tayini. *Yüksek Lisans Tezi,* Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 48-49s.

Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S., 2006. Phenolic compounds in plants and agri ındustrial by products: Antioxidant activity occurrence and potential uses. *Food Chemistry,* 99(1):191-203.

Banerjee, J., Vijayaraghavan, R., Arora, A., MacFarlane, D.R. Patti, A.F., 2016. Lemon juice based extraction of pectin from mango peels: Wasteto wealthby sustainable approaches. *ACS Sustainable Chem. Eng.,* 4:5915-5920.

Baria, B., Upadhyay, N., Singh, A.K., Malhotra, R.K., 2019. Optimization of green extraction of carotenoids from mango pulpusings plitplot designandits characterization. *LWT – Food Scienceand Technology,* 104:186–194.

Bobinaite, R., Viskelis, P., Venskutonis, P.R., 2012. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (Rubus spp.) cultivars. *Food Chemistry,* 132:1495-1501.

Bocco, A., Cuvelier, M.E., Richard, H., Berset, C., 1998. Narenciye kabuğu ve tohum ekstraktlarının antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşimi. *J Agric Food Chem***,** 46(6):2123-2129.

Bonfigli, M., Godoy, E., Reinheimer, M.A., Scenna, N.J., 2017. Comparison between conventional and ultrasound-assisted techniques for extraction of anthocyanins from grapepomace: Experimental results and mathematical modeling. *Journal of Food Engineering,* 207:56-72.

Büyüktuncel, E., 2012. Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi,* 32(2):209-242.

Cappato, L.P., Ferreira, M.V.S., Guimaraes, J.T., Portela, J.B., Costa, M.Q., Freitas, A.L.R., Cunha, R.L., Oliveria, C.A.F., Mercali, G.D., Marzack, L.D.F., Cruz, A.G., 2017. Ohmic heating in dairy processing: relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*, 62:104-112.

Carniel, N., Dallago, R.M., Dariva, C., Bender, J.P., Nunes, A.L., Zanella, O., Bilibio, D., Priamo W.L., 2017. Microwave-assisted extraction of phenolic acids and flavonoids from physalis angulata. *Journal of Food Process Engineering,* 40:1-11.

Carranza-Concha, J., Benlloch, M., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N., 2012. Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins. *Food and Bioproducts Processing,* 90(2):243-248.

Castro, I., Teixeira, J.A., Salengke, S., Sastry, S.K., Vicente, A.A., 2004. Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 5(1):27-36.

Celli, G.B., Ghanem, A., Brooks, M.S.L., 2015. Optimization of ultrasound assisted extraction of anthocyanin from has kapberries (Loniceracaerulea L.) using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry,* 27:449-455.

Chemat, F., Vian, M.A., Fabiano-Tixier, A.S., Nutrizio, M., Jambrak, A.R., Munekata, PE, Cravotto, G., (2020). Gıda ve doğal ürünlerin ekstraksiyonu için sürdürülebilir ve yoğunlaştırılmış tekniklerin gözden geçirilmesi. *Yeşil Kimya Dergisi*, 22 (8), 2325-2353.

Chun, S.S., Vattem, D.A., Lin, Y.T., Shetty, K., 2005. Phenolic antioxidants from clonal oregano (origanum vulgare) with antimicrobial activity against helicobacter pylori. *Process Biochemistry,* 40(2):809-816.

Colodel, C., Vriesmann, L.C., Teofilo, R.F., Petkowicz, C.L.D., 2018. Extraction of pectin from ponkan (Citrusreticulata Blanco cv. Ponkan) peel: Optimization and structural characterization. *International Journal of Biological Macromolecules,* 117:385-391.

Contreras, C., Martín-Esparza, M.E., Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., 2008. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. *Journal of Food Engineering,* 88(1):55–64.

Corbin, C., Fidel, T., Leclerc, E.A., Barakzoy, E., Sagot, N., Falguiéres, A., Renouard, S., Blondeau, J.P., Ferroud, C., Doussot, J., Laine, E., Hano, C., 2015. Development andvalidation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (Linumusitatissimum L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry,* 26:176-185.

Çabas, B. M., Icier, F., 2021. Ohmic heating–assisted extraction of natural color matters from red beetroot. *Food and Bioprocess Technology*, 14(11):2062-2077.

Çabas, B.M., İçier, F., 2021. Düşük frekansta elektriksel işlem destekli ekstraksiyon yöntemleri ile gıdalardan değerli bileşen eldesi. *Akademi Gıda,* 19:185-197.

Çabas, M.B., 2021. Kırmızı pancardan renk maddesi ekstraksiyonunda ohmik ısıtma desteğinin kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi,* Ege Üniversitesi, İzmir, 28s.

Çevik, M., 2021. Gelincik çiçeği şurubunun elektriksel iletkenlik değerleri ve reolojik özelliklerindeki değişimin incelenmesi. *Gıda*, 46(4):992-1001.

Çevik, M., Çokgezme, Ö.F., Sabancı, S., İçier, F., 2020. Ohmik destekli vakum altında evaporasyon sistemi ile konsantre edilen nar suyunun reolojik özelliklerindeki değişimin incelenmesi. *Gıda,* 45(4):748-762.

Çilingir, S., Göksu, A., Sabancı, S., 2021. Production of pectin from lemon peel powder using ohmic heating-assisted extraction process. *Food and Bioprocess Technology*, 1-12.

Çokgezme, Ö.F., Sabancı, S., Çevik, M., Yıldız, H., İçier, F., 2017. Performance analyses for evaporation of pomegranate juice in ohmic heating assisted vacuum system. *Journal of Food Engineering,* 207:1-9.

Çokgezme, Ö.F., İçier, F., 2016. Dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde alternatif bir yöntem: Ohmik çözündürme. *Akademik Gıda,* 14(2):166-171.

Dağdelen, C., 2019. Dondurulmuş sebze üretiminde ohmık ısıtma ön işleminin kalite üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 51-55s.

Dai, J., Mumper, R.J., 2010. Plant phenolics: Extraction analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules,* 15(10):7313-7352.

Darvishi, H., Hosainpour, A., Nargesi, F., Fadavi, A., 2015. Exergy and energy analyses of liquid food in an ohmic heating process: A casestudy of tomato production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 31:73-82.

Darvishi, H., Hosainpour, A., Nargesi, F., Fadavi, A., 2015. Ohmik bir ısıtma işleminde sıvı gıdaların ekserji ve enerji analizleri: domates üretimi üzerine bir vaka çalışması. *Yenilikçi Gıda Bilimi Ve Gelişen Teknolojiler*, 31:73-82.

Darvishi, H., Hosainpour, A., Nargesi, F., Khoshtaghaza, M.H., Torang, H., 2011. Ohmik işleme: Limon suyunun sıcaklığa bağlı elektriksel iletkenlikleri. *Modern Uygulamalı Bilim*, 5(1):209.

Darvishi, H., Koushesh Saba, M., Behroozi-Khazaei, N., Nourbakhsh, H., 2020. Improving guality and quantityat tributes of grape juice concentrate (molasses) using ohmic heating. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4):1362–1370.

DD Kitts, Lu Tompson, We Ward (Ed.), 2006. Kardiyovasküler hastalık riskini azaltan antioksidan fitokimyasallar ve potansiyel sinerjik aktiviteler**.** *Gıda-ilaç sinerjisi ve güvenliği*, Taylor & Francis Group, New York 27 – 62.

De Alwis, A.P., Fryer, P.J., 1990. A finite- element analysis of heat generation and during ohmic heating of food. *Food Chem. Eng. Sci.,* 45:1547-1559.

Dewanto, V., Xianzhong, W., Adom, K.K., Liu, R.H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50:3010-3014.

Dinçer, C., Tongur, T., Erkaymaz, T., 2020. Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin hibiskus ekstraktlarının kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Gıda Akademisi*, 45(3):409-420.

Duguay, A.J., Ramaswamy, H.S., Zareifard, R., Zhu, S., Grabowski, S., Marcotte, M., 2016. Ohmic heating behaviour of cabbage and daikonradish. *Food and Bioprocess Technology,* 9(3):430-440.

Duran, H., 2011. Yerli portakal çeşitlerinin meyve suyu teknolojisi bakımından önemli bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, 79 s.

Durmaz, E., Sumnu, G., Sahin, S., 2015. Microwave assisted extraction of phenolic compounds from caper. *Separation Science and Technology,* 50:1986–1992.

El, S.N., 2008. Türkiye'de sıklıkla tüketilen bazı gıdaların toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri. 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs. Erzurum. 45-48s.

El-Darra, N., Grimi, N., Vorobiev, E., Louka, N., Maroun, R., 2013a. Extraction of polyphenols from red grape pomace assisted by pulsed ohmic heating. *Food and Bioprocess Technology,* 6(5):1281-1289.

Erdoğan, S., Ateş, B., Durmaz, G., Yılmaz, I., Seçkin, T., 2011. Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from anatolia propolis and their radical scavenging capacities. *Food and Chemical Toxicology,* 49(7):1592–1597.

Ergüt, M., 2015. Portakal ve limon posasındaki fenolik maddelerin süperkritik akışkan ekstraksiyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Mersin Üniversitesi, Mersin, 72s.

Fadavi, A., Salari, S., 2019. Vakum basıncı altında limon ve greyfurt sularının ohmik ısıtılması elektriksel iletkenlik ve ısıtma hızının karşılaştırılması. *Gıda Bilimi Dergisi*, 84(10):2868-2875.

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(20):1-16.

Fang, Z., Bhandari, B., 2010. Encapsulation of polyphenols a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10):510-523.

FAO, 2021. Food and agriculture organization of the united nations. FAOSTAT.

Favela-Hernández, J.M.J., González-Santiago, O., Ramírez-Cabrera, M.A., Esquivel-Ferriño, P.C., Camacho-Corona, M.R., 2016. Chemistry and pharmacology of citrus sinensis. *Molecules,* 21;247.

Friedman, M., Levin, C., 2009. Analysis and biological activities of potato glycoalkaloids, calystegine alkaloids, phenolic compounds and anthocyanins. *Advances in Potato Chemistry and Technology,* 14:127-161.

Garau, M.C., Simal, S., Rosselló, C., Femenia, A., 2007. Havada kurutma sıcaklığının diyet lifinin fiziko-kimyasal özellikleri ve portakal (*Citrus aurantium* v. Canoneta) yan ürünlerinin antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisi. *Gıda Kimyası,* 104:1014-1024.

Gavahian, M., Chu, Y.H., 2018. Ohmic accelerated steamdistillation of essentialoil from lavender in comparison with conventional steamdistillation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 50:34-41.

Gavahian, M., Chu, Y.H., Sastry, S., 2018. Extraction from food and natural products by moderate electricfield: mechanisms, benefits, and potentialin dustrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,* 17(4):1040-1052.

Gavahian, M., Farahnaky, A., 2018. Ohmic assisted hydrodistillation technology: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 72:153-161.

Gavahian, M., Tiwari, BK, Chu, YH, Ting, Y., & Farahnaky, A. (2019). Ohmik ısıtmadan etkilenen gıda dokusu: İlgili mekanizmalar, son bulgular, faydalar ve sınırlamalar. *Gıda Bilimi ve Teknolojisinde Eğilimler*, 86, 328-339.

Gayas, B., Kaur, G., Gul, K., 2017. Ultrasound assisted extraction of apricot kernel oil: Effects on functionaland rheological properties. *Journal of Food Process Engineering,* 40:1-10.

Gorınsteın, S., Martın-Belloso, O., Park, Y.S., Hareunkıt, R., Lojek, A., Cız, M., Caspı, A., Lıbman, I., Trakhtenberg, S., 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry,* 74:309-315.

Grohmann, K., Cameron, R. G., Buslig, B.S., 1995. Fractionation and pretreatment of orange peel by dilute acid hydrolysis. *Bioresource Technology*, 54(2):129-141.

Günkaya, Z., Demirel, R., Banar, M., 2016. Portakal kabuğu atıklarından üretilen biyokompozit ambalaj filminin aflatoksinlere karşı etkisinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6):513-519.

Güzel, A., 2018. Meyve ve sebzelerden elde edilen ekstrakların, fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitelerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 47-49s.

Güzel, M., Akpınar, Ö., 2017. Turunçgillerinin biyoaktif cankurtaran ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2):153-167.

Hernández-Carranza, P., Ávila Sosa, R., Guerrero-Beltrán, J.A., Navarro Cruz, A.R., Corona-Jiménez, E., Ochoa-Velasco, C.E., 2016. Optimization of antioxidant compounds extraction from fruit by-products: Apple pomace, orange and banana peel. *Journal of food processing and preservation*, 40(1):103-115.

Ho, K.K.H.Y., Ferruzzi, M.G., Liceaga, A.M., San Martín-Gonzalez, M.F., 2015. Microwave assisted extraction of lycopene in tomatopeels: Effect of extraction conditions on all-trans and cis-isomeryields. *LWT Food Science and Technology*, 62:160-168.

Hosseini, S.S., Khodaiyan, F., Yarmand, M.S., 2016. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peelandits physico chemicalproperties. *Carbohydrate Polymers,* 140:59-65.

Hu, J. Zawistowski, W. Ling, DD Kitts., 2003. Siyah pirinç (*Oryza sativa* L. indica) pigmentli fraksiyon, kimyasal ve biyolojik model sistemlerinde hem reaktif oksijen türlerini hem de nitrik oksidi baskılar. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi*, 51 (18), 5271 – 5277.

Hui, Y. H. 2006. *Handbook of food science, technology and engineering, volume 3.* Taylor, Francis Group, Boca Raton London New York, 2170.

İçier, F., 2010. Ohmic blanching effects on drying of vegetable by product. *Journal of Food Process Engineering*, 33(4):661-683.

İçer, F., Ilıcalı, C., 2005. Omik ısıtma sırasında meyve pürelerinin sıcaklığa bağlı elektriksel iletkenlikleri. *Uluslararası Gıda Araştırması*, 38(10):1135-1142.

İçer, F., Çokgezme, O.F., Sabancı, S., 2017. Beyazlatılmış patates küpleri için alternatif çözdürme yöntemleri: Mikrodalga, ohmik ve karbon fiber plaka destekli kabin eritme. *Gıda İşleme Mühendisliği Dergisi*, 40(2).

İçier, F., 2003. Gıdaların ohmik ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir, 68-71s.

İçier, F., 2005. Gıda işlemede alternatif ısıtma yöntemi ohmik ısıtma. *Gıda,* 30(2):139-143.

İçier, F., 2012. Ohmic Heating of fluid foods. novel therma land non-thermal technologies for fluid foods: Novel thermal and non-thermal technologies for fluid foods. *ElsevierInc.,* 305-367.

İçier, F., Ilicali, C., 2004. Electrical conductivity of apple and sour cherry juice concentrates during ohmic heating. *Journal of Food Process Engineering,* 27(3):159-180.

İçier, F., Sabancı, S., 2022. Portakal suyu hamuru için ohmik destekli vakumlu buharlaştırma işleminin değerlendirilmesi. *Food and Bioproducts Processing,* 131:156-163.

İçier, F., Yıldız, H., Baysal, T., 2008. Polyphenol oxidasede activation kinetics during ohmic heating of grapejuice. *Journal of Food Engineering,* 85(3):410–417.

İncedayı, B., Seyhan, B., Çopur, Ö. U., (2019). Ohmik Isıtma Destekli İşlemlerin Gıdalarda Kullanımı ve Kalite Üzerine Etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 341-354.

İzli, G., 2018. Effects of different drying applications on the some quality characteristics of pear fruit. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology,* 6(4):479-485.

Jeyaratnam, N., Nour, A.H., Kanthasamy, R., Nour, A.H., Yuvaraj, A.R., Akindoyo, J.O., 2016. Essentialoil from cinnamomum cassia bark through hydrodistillation and advanced microwave assisted hydrodistillation. *Industrial Crops and Products,* 92:57-66.

Jones, F., 1897. Apparatus for electrically treating liquids. US Patent 592 735. Washington, DC: United States Patent and Trademark Office.

Kampa, M., Hatzoglou, A., Notas, G., Damianaki, A., Bakogeorgou, E., Gemetzi, C., Kouroumalis, E., Martin, P.M., Castanas, E., 2000. Wine antioxidant polyphenols ınhibit proliferation of human prostate cancer cell lines. *Nutr Cancer,* 37(2): 223-233.

Kanmaz, E.Ö., Saral, Ö., 2017. The relationship between antioxidant activities and phenolic compounds in subcritical water extracts from orange peel. *Gıda J. Food*, 42(5): 485-93.

Kantar, K.N., 2019. Kızılcık meyvesinden (cornus mas) ohmik destekli mikrodalga ve ultrasonik yöntemler ile fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu. *Doktora Tezi,* Ankara Üniversitesi, Ankara, 65-67s.

Karaaslan, S., Erdem, T., 2014. Mathematical modelling of orange slices during microwave convection, combined microwave and convection drying. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2):143-149.

Karbuz, P., 2019. Çeşitli gıda atıklarından farklı ekstraksiyon yöntemleri ve çeşitli çözücüler kullanılarak pektin eldesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 18-21s.

Kaur, N., Singh, A.K., 2016. Ohmic Heating: Concept and Applications-A Review,*Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(14), 2338-2351.

Kaya, O., İçier, F., 2019. İndüksiyon ve ohmik ısıtma işlemlerinin gıdalara uygulanabilirliğinin karşılaştırılması. *Akademik Gıda,* 17(1): 111-120.

Kaynarca, G.B., Aşkın, B., 2020. Portakal kabuğunun farklı yöntemlerle kurutulması ve bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 10(4): 2604-2617.

Kazemi, M., Karim, R., Mirhosseini, H., Hamid, A.A., 2016. Optimization of pulsed ultrasound-assisted technique for extraction of phenolics from pomegranatepeel of malasvariety: Punicalagin and hydroxy benzoic acids. *Food Chemistry,* 206: 156-166.

Kehili, M., Sayadi, S., Frikha, F., Zammel, A., Allouche, N., 2019. Optimization of lycopene extraction from tomato peels industrial by product using maceration in refined olive oil. *Food and Bioproducts Processing,* 117: 321-328.

Khuenpet, K., Fukuoka, M., Jittanit, W., Sirisansaneeyakul, S., 2017. Spray drying of ınulin component extracted from jerusalem artichoke tuber powder using conventional and ohmic ultrasonic heating for extraction process. *Journal of Food Engineering,* 194:67-78.

Kılınç, B., Yalçın, H.T., Sürengil, G., 2018. Meyve kabuklarının antimikrobiyal özellikleri ile yenilebilir film üretiminde kullanım potansiyelinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi,* 8(1): 144-157.

Klımczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., Glıszczynska-Swıglo, A., 2007. Effect of storage on the content of polyphenols, vitaminc and the antioxidant activity of orange juices. *Journal Of Food Compositionand Analysis,* 20: 313-322.

Koštálová, Z., Aguedo, M., Hromádková, Z., 2016. Microwave assisted extraction of pectin from unutilized pumpkin biomass. *Chemical Engineering and Processing,* 102: 9-15.

Kökyar, N., 2012. Portakal suyu endüstrisi atıklarından fenolik bileşiklerin derişiklendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 22s.

Kulshrestha, S., Sastry, S., 2003. Frequency and voltage effects on enhanced diffusion during moderate electric field (MEF) treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 4(2): 189-194.

Kulshrestha, S.A., Sastry S.K., 2010. Orta düzeyde elektrik alanı (MEF) ile muamele edilmiş sebze dokusunun zaman içinde geçirgenliğinde meydana gelen değişiklikler. *Yenilikçi Gıda Bilimi ve Gelişen Teknolojiler,* 11(1)78-83.

Kumar, T., Smith, D.D., Kumar, S., Vimla, B., 2018. Effect of voltage gradient and temperature on electrical conductivity of grape (vitisvinifera L.) juice during ohmic heating. *Article in International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* **7**(5): 1914-1921.

Kusuma, H.S., Mahfud, M., 2017. Microwave assisted hydrodistillation for extraction of essential oil from patchouli (pogostemoncablin) leaves. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering,* 61(2): 82-92.

Kutlu, N., Yeşilören, G., İşçi, A., Şakıyan, Ö., 2017. Konvansiyonel ekstraksiyona alternatif: Yeşil teknolojiler. *Gıda,* 42(5):514-526.

Lakkakula, N.R., Lima, M., Walker, T., 2004. Rice branstabilization and rice branoil extraction using ohmic heating. *Bioresource Technology,* 92:157-161.

Lebovka, N.I., Kupchik, M.P., Sereda, K., Vorobiev, E., 2008. Patates dokularının elektrostimüle edilmiş termal geçirgenliği. *Biyosistem Mühendisliği,* 99(1): 76-80.

Li, H.Z., Zhang, Z.J., Hou, T.Y., Li, X.J., Chen, T., 2015. Optimization of ultrasound assisted hexane extraction of perilla oil using response surface methodology. *Industrial Cropsand Products,* 76: 18-24.

Lima, M., Heskitt, B.F., Sastry, S.K., 2001. Diffusion of beet dyeduring electrical and conventional heating at steady state temperature. *Journal of Food Process Engineering,* 24(5): 331-340.

Lopez, C.J., Caleja, C., Prieto, M.A., Barreiro, M.F., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R., 2018. Optimization and comparison of heatand ultrasound assisted extraction techniques toobtain anthocyanin compounds from arbutusunedo L. fruits. *Food Chemistry,* 264: 81-91.

Loypimai, P., Moongngarm, A., Chottanom, P., 2016. Phyto chemicals and antioxidant capacity of natural food colorant prepared from black waxy ricebran. *Food Bioscience,* 15: 34-41.

Loypimai, P., Moongngarm, A., Chottanom, P., Moontree, T., 2015. Ohmic heating assisted extraction of anthocyanins from black rice brantoprepare a natural food colourant. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 27: 102-110.

M'hiri, N., Ioannou, I., Boudhrioua, N.M., Ghoul, M., 2015. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel. *Food and Bioproducts Processing,* 96: 161-170.

Maeng, J.H., Shahbaz, H.M., Ameer, K., Jo, Y., Kwon, J.H., 2017. Optimization of microwave assisted extraction of bioactive compounds from coriolus versicolor mushroom using response surface methodology. *Journal of Food Process Engineering,* 40: 1-8.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L., 2004. Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition,* 79(5): 727-747.

Mane, S., Bremner, D.H., Tziboula-Clarke, A., Lemos, M.A., 2015. Effect of ultrasound on theextraction of total anthocyanins from purple majesty potato. *Ultrasonics Sonochemistry,* 27: 509-514.

Manjarres-Pinzon, K., Cortes-Rodriguez, M., Rodríguez-Sandoval, E., 2013. Effect of drying conditions on the physical properties of impregnated orange peel. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 30: 667-676.

Manthey, J.A., Grohmann, K., 2001. Narenciye kabuğu yan ürünlerinde fenoller narenciye kabuğu melasında hidroksisinamat ve polimetoksile flavon konstrasyonları. *Tarım Gıda Kimyası*, 49: 3268-3273.

Maran, J.P., Prakash, K.A., 2015. Process variables ınfluence on microwave assisted extraction of pectin from paste carcia papaya L. peel. *International Journal of Biological Macromolecules,* 73: 202-206.

Maran, J.P., Priya, B., 2015. Optımization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from amaranthus trıcolor L leaves. *Journal of Food Processingand Preservation,* 39: 2314–2321.

Maran, J.P., Priya, B., 2015. Ultrasound assisted extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate Polymers,* 115: 732-738.

Mertoğlu, Ş.T., 2015. Portakal suyunun bileşimi ve hmf oluşum kinetiği üzerine ısıl işlem ve depolamanın etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana, 41-43s.

Meyer, F., Galan, P., Douville, P., Bairati, I., Kogle, P., Bertrais, S., 2005. Antioxidant vitamin and mineral supplementation and prostate cancer prevention in the SU.VI.MAX trial. *International Journal of Cancer,* 116(2): 182-186.

Michiels, J.A., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J.O., Dommes, J., 2012. Extraction conditions can greatly influence antioxidant capacityassays in plant food matrices. *Food Chemistry,* 130(4): 986-993.

Moorthy, I.G., Maran, J.P., Ilakya, S., Anitha, S.L., Sabarima, S.P., Priya, B., 2017. Ultrasound assisted extraction of pectin from waste artocarpus heterophyllus fruitpeel. *Ultrasonics Sonochemistry,* 34: 525-530.

Mrad, N.D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F., Bonazzi, C., 2012. Influence of air drying temperature on kinetics physicochemical properties total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioproducts Processing,* 90(3): 433-441.

Oboh, G., Ademosun, A.O., 2012. Characterization of the antioxidant properties of phenolic extracts from some citrus peels. *J Food Sci Technol,* 49(6): 729-736.

Oliveira, A., Paula, D., Oliveira, E., Saraiva, S., Stringheta, P., Ramos, A., 2018. Optimization of pectin extraction from uba mango peel through surface response methodology. *International Journal of Biological Macromolecules,* 113: 395-402.

Omoba, O.S., Obafaye, R.O., Salawu, S.O., Boligon A.A., Athayde, M.L., 2015. Olgun ve olgunlaşmamış tatlı portakal kabuklarının HPLC-DAD fenolik karakterizasyonu ve antioksidan aktiviteleri. *Antioksidanlar,* 4(3): 498-512.

Onwuka, U.N., Ejikeme, C., 2005. Influence of voltage and electrod etype on the yield and quality of fruit juice extracted by ohmic heating. *Fruits*, 60(5): 341-349.

Özcan, M.M., Ghafoor, K.A.l., Juhaimi, F., Uslu, N., Babiker, E.E., Mohamed Ahmed, I.A., Almusallam, I.A., 2021. Kurutulmuş limon ve portakal kabuğu tozlarının biyoaktif özellikleri, fenolik bileşikleri ve yağ asidi bileşimleri üzerine kurutma tekniklerinin etkisi. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 58: 147-158.

Palaniappan, S., Sastry, S.K., 1990. Effects of electricity on microorganisms: A review. *Journal of Food Processing and Preservation,* 14: 393-414.

Pan, M.H., Lai, C.C., Ho, C.T., 2010. Doğal diyet flavonoidlerinin anti-inflamatuar aktivitesi. *Yemek Fonksiyonu,* 1: 15-31.

Pan, M.H., Lai, C.S., Ho, C.T., 2010. Doğal diyet flavonoidlerinin anti-inflamatuar aktivitesi. *Yemek Fonksiyonu,* 1: 15-31.

Pare, A., Nema, A., Singh, V.K., Mandhyan, B.L. 2014. Combined effect of ohmic heating and enzyme assisted aqueous extraction process on soy oil recovery. *Journal of Food Science and Technology,* 51(8): 1606-1611.

Pavela, R., 2017. Extract from the roots of saponaria officinalis as a potential acaricide against tetranychus urticae. *Journal of Pest Science,* 90: 683-692.

Pereira, R.N., Rodrigues, R.M., Genisheva, Z., Oliveira, H., Freitas, V., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., 2016. Effects of ohmic heating on extraction of food grade phytochemicals from colored potato. *LWT Food Science and Technology,* 74: 493-503.

Pereira, R.N., Galindo, F.G., Vicente, A.A., Dejmek, P., 2009. Darbeli elektrik alanının patates dokusunun viskoelastik özellikleri üzerindeki etkileri. *Gıda Biyofiziği,* 4(3):229-239.

Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., Nunez, M.J., 2005. Effect of solvent, temperature, and solvent to solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 53:2111-2117.

Piyapanrungrueang, W., Chantrapornchai, W., Haruthaithanasan, V., Sukatta, U., Aekatasanawan, C., 2016. Comparison of anthocyanin extraction methods from high anthocyanin purple corn cob hybrid: Kpsc 901, and quality of the extract powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40:1125-1133.

Polatcı, H., Taşova, M., 2020. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu geliştirilmesi ve portakal kurutma performansının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,* 8(1):131-138.

Porras-Parral, G., Miri, T., Bakalis, S., Fryer, P.J., 2012, The effect of electrical processing on mass transfer in beetroot and model gels. *Journal of Food Engineering,* 112(3):208-217.

Radojkovic, M., Moreira, M.M., Soares, C., Barroso, M.F., Cvetanovic, A., Svarc Gajic, J., Morais, S., Delerue-Matos, C., 2018. Microwave assisted extraction of phenolic compounds from morusnigraleaves: Optimization and characterization of theanti oxidant activity and phenolic composition. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology,* 93:1684-1693.

Ranalli, A., Lucera, L., Contento, S., 2003. Antioxidizing potency of phenol compounds in olive oil mill wastewater. *Food Chem,* 51:7636-7641.

Reznick, D., 1996. Ohmic heating of fluid foods. *Food Tech,* 50(5):250-251.

Rifna, E., Dwivedi, M., 2021. Gıda tozlarının mikrobiyolojik güvenliği: Gelen gıda tozlar özellikleri ve karakterizasyonu. Springer, İsviçre, 169-93s.

Rifna, E. J., Misra, N. N., Dwivedi, M., 2021. Recent advances in extraction technologies for recovery of bioactive compounds derived from fruit and vegetable waste peels: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-34.

Rifna, E., Singh, S.K., Chakraborty S., Dwivedi, M., 2019. Gıda tozunda mikrobiyal güvenlik için termal ve termal olmayan tekniklerin etkisi: Son gelişmeler, *Food Research International,* 126:108654.

Rifna, E., Ramanan, K.R., Mahendran, R., 2019. Tohum çimlenmesini iyileştirmek için gelişen teknoloji uygulamaları. *Gıda Bilimi ve Teknolojisindeki Eğilimler,* 86:95-108.

Ruiz-Díaz, G., Martínez-Monzó, J., Fito, P., Chiralt, A., 2003. Kombine mikrodalga hava kurutmasında portakal dilimlerinin dehidrasyon rehidrasyonunun modellenmesi. *Yenilikçi Gıda Bilimi ve Gelişen Teknolojiler,* 4:203-209.

Sabancı, S., 2020. Üzüm suyunun ısıtılmasında güncel elektriksel ısıtma uygulaması; Ohmik ısıtma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20:466-471.

Sabancı, S., Çevik, M., Göksu, A., 2021. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon işlemi ile narenciye atıklarından pektin üretimine zamanın etkisinin araştırılması. *Gıda İşleme Mühendisliği Dergisi*, 4(1):13-19.

Sabancı, S., Icier, F., 2019. Effects of vacuum ohmic evaporation on some quality propertiesof sour cherry juice concentrates. *International Journal of Food Engineering,* 15(9):21-23.

Sabanci, S., 2017. Ohmik ısıtma destekli vakum altında evaporasyon sisteminin kurulumu, performans değerlendirmesi, işlemin deneysel ve kuramsal incelenmesi. *Doktara Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir, 52-53s.

Sabanci, S., 2021. A study on electrical conductivity and performance evaluation of ohmic evaporation erocess of grapejuice. *Journal of Food Processing and Preservation,* 45(5):15487.

Sabanci, S., Çevik, M., Çokgezme, O.F., Yildiz, H., Icier, F., 2018. Quality characteristics of pomegranate juice concentrates produced by ohmic heating assisted vacuum evaporation. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 4:15-18.

Sabanci, S., Icier, F., 2017. Applicability of ohmic heating assisted vacuum evaporation for concentration of sour cherry juice. *Journal of Food Engineering*, 212:262-270.

Saberian, H., Hamidi-Esfahani, Z., Ahmadi Gavlighi, H., Banakar, A., Barzegar, M., 2017. Thepo tential of ohmic heating for pectin extraction from orange waste. *Journal of Food Processing and Preservation,* 42(2):13458.

Sakr, M., Liu, S., 2014. A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 39:262-269.

Sarang, S., Sastry, S.K., Knipe, L., 2008. Electrical conductivity of fruit sand meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineeriing,* 87:351–356.

Sastry, S.K., Salengke, S., 1998. Ohmic heating of solid liquid mixtures: A comparison of mathematical models under worst case heating conditions. *J. Food Process Eng,* 21:441-458.

Skudder, P.J., 1993. New system for sterilization of particulate food products by ohmic heating. *Aseptic Processing of Foods,* 7:95-106.

Srivastav, S., Roy, S., 2014. Changes in electrical conductivity of liquid foods during ohmic heating. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering,* 7(5):133-138.

Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M., Saari, N., 2012. Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *Journal of Medicinal Plants Research,* 6(1):161-167.

Sürme, S.A., 2021. Ohmik ısıtma işleminin sütün evaporasyonunda kullanımı elektriksel iletkenlik performans analizi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Munzur Üniversitesi, Tunceli, 26-28s.

Swamy, G.J., Muthukumarappan, K., 2017. Optimization of ontinuous and intermittent microwave extraction of pectin from banana peels. *Food Chemistry,* 220:108-114.

Şahin, S., Sumnu, S.G., Hamamcı, H., Isci, A., Sakiyan, O., 2016. Fluid flow heat and mass transfer ın the food systems. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 884s.

Şimsek, M., Sumnu, G., Sahin, S., 2012. Microwave assisted extraction of phenolic compounds from sour cherry pomace. *Separation Science and Technology,* 47:1248-1254.

Tamer, C., 2017. Kurutmanın portakal kabuğunun fiziksel özelliklerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara, 44-47s.

Tavakolpour, Y., Moosavi-Nasab, M., Niakousari, M., Haghighi-Manesh, S., 2015. Influence of extraction methods on antioxidant and atimicrobial properties of essentialoil from thymuadanesis subsp lancifolius. *Food Science & Nutrition,* 4(2):156-162.

Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z., 2009. Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *Gıda,* 34(3):175-182.

Tekelioğlu, K., 2016. Portakal kabuğu karotenoidlerinin su ile ektraksiyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 61-62s.

Tekgül, Y., Özcan, K. Ç., Baysal, T., Ergün, A.R., Bozkır, H., 2015. Investigating the effects of current and wave form of electrical pre treatments on the yield and quality of tomato juice. *International Journal of Food Engineering,* 11(4):527-532.

Temirbekova, A., 2019. Farklı oranlarda portakal kabuğu ekstraktı kullanılarak fonksiyonel kurut üretimi. *Yüksek Lisans Tezi,* Ondokuz Mayıs Üniveristesi, Samsun,72s.

Tola, Y.B., Rattan, N.S., Ramaswamy, H.S., 2014. Electrodes in Ohmic Heating. *Ohmic Heating in Food Processing*, 6:16-18.

Torres, J.D., Talens, P., Carot, J.M., Chiralt, A., Escriche, I., 2007. Volatile profile of mango (Mangiferaindica L.), as affected by osmotic dehydration. *Food Chemistry,* 101(1):219-228.

TS-34, 2007**.**Turunçgil Meyveleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tunç, M.T., Koca, I., 2019. Ohmic heating assisted hydrodistillation of clove essential oil. *Industrial Crops and Products*, 141:111763.

Tunç, M.T., Koca, İ., 2021. Tarçın ve defne yaprağı esansiyel yağının ohmik ısıtma destekli hidrodistilasyonunun optimizasyonu. *Gıda İşleme Mühendisliği Dergisi*, 44(3):13635.

Tüik, 2021**,** Bitkisel Üretim İstatistikleri Veritabanı.

Uysal, M.B., 2019. Limon ve portakal kabuklarının sıcak hava mikrodalga ve sıcak hava mikrodalgakombinasyonu ile kurutulması. *Yüksek Lisans Tezi,* Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 41s.

Varadharajan, V., Shanmugam, S., Ramaswamy, A., 2016. Model generation and process optimization of microwave assisted aqueous extraction of anthocyanins from grape juice waste. *Journal of Food Process Engineering,* 40:1-9.

Varghese, K. S., Pandey, M. C., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. (2014). Technology, applications and modelling of ohmic heating: a review. *Journal of food science and technology*, 51 (10), 2304-2317.

Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., Di Scala, K., 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chemistry,* 132(1):51-59.

Velyamov, S.M., Jingilbaev, S.S., Akterian, S.G., 2019. Ultrasound assisted and agitated enzymatic extraction of pectin from redbeet (beta vulgaris l. var. conditiva) roots. *Bulgarian Journalıf Agricultural Science,* 25(1):196-202.

Vermerris, W., Nicholson, R., 2006. Phenolic compound biochemistry. Springer, Dordrecht, 100-103s.

Vieira, V., Prieto, M.A., Barros, L., Coutinho, J.A., Ferreira, O., Ferreira, I.C., 2017. Optimization and comparison of maceration and microwave extraction systems for the production of phenolic compounds from juglans regia L. for the valorization of walnut leaves. *Industrial Crops and Products,* 107:341-352.

Vorobiev, E., Lebovka, N., 2010. Enhanced extraction from solid foods and biosuspensions by pulsed electrical energy. https://doi.org/10.1007/s12393-010-9021-5. 18 Mayıs 2021.

Wang, W.C., Sastry, S.K., 2002. Effects of moderate electrothermal treatments on juice yieldfrom cellular tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technology,* 3:371-377.

Wei, E.W., Yang, R., Zhao, H.P., Wang, P.H., Zhao, S.Q., Zhai, W.C., Zhang, Y., Zhou, H.L., 2019. Microwave assisted extraction releases theanti oxidant polysaccharides from seabuckthorn berries. *International Journal of Bıological,* 42:114-118.

Wojdyło, A., Figiel, A., Oszmianski, J., 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 57(4):1337-1343.

Wongsa-Ngasri, P., Sastry, S.K., 2015. Ohmik ısıtmanın domates soyma üzerine etkisi. *LWT-Gıda Bilimi ve Teknolojisi*, 61(2):269-274.

Xu, G., Ye, X., Chen, J., Liu, D., 2007. Isıl işlemin narenciye kabuğu ekstraktının fenolik bileşikleri ve antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisi. *J Agric Food Chem,* 55:330-335.

Yaman, K., 2012. Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 12(2):339-348.

Yanggand, Z., Zhai, W., 2010. Optimization of microwave assisted extraction of anthocyanins from purplecorn (Zeamays L.) coban ıdentification with HPLC–MS, *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 11(3):470-476.

Yildiz, H., Bozkurt, H., Icier, F., 2009. Ohmic and conventional heating of pomegranate juice: Effects on rheology color and total phenolics. *Food Science Andtechnology International,* 15(5):503–512.

Yüksel, Z.A., 2020. Protein primer yapısının fenolik bileşiklerle modifikasyonu aracılığıyla protein bazlı fonksiyonel ingrediyen eldesi. *Yüksek lisans tezi,* Hacettepe Üniversitesi, İstanbul, 33-36s.

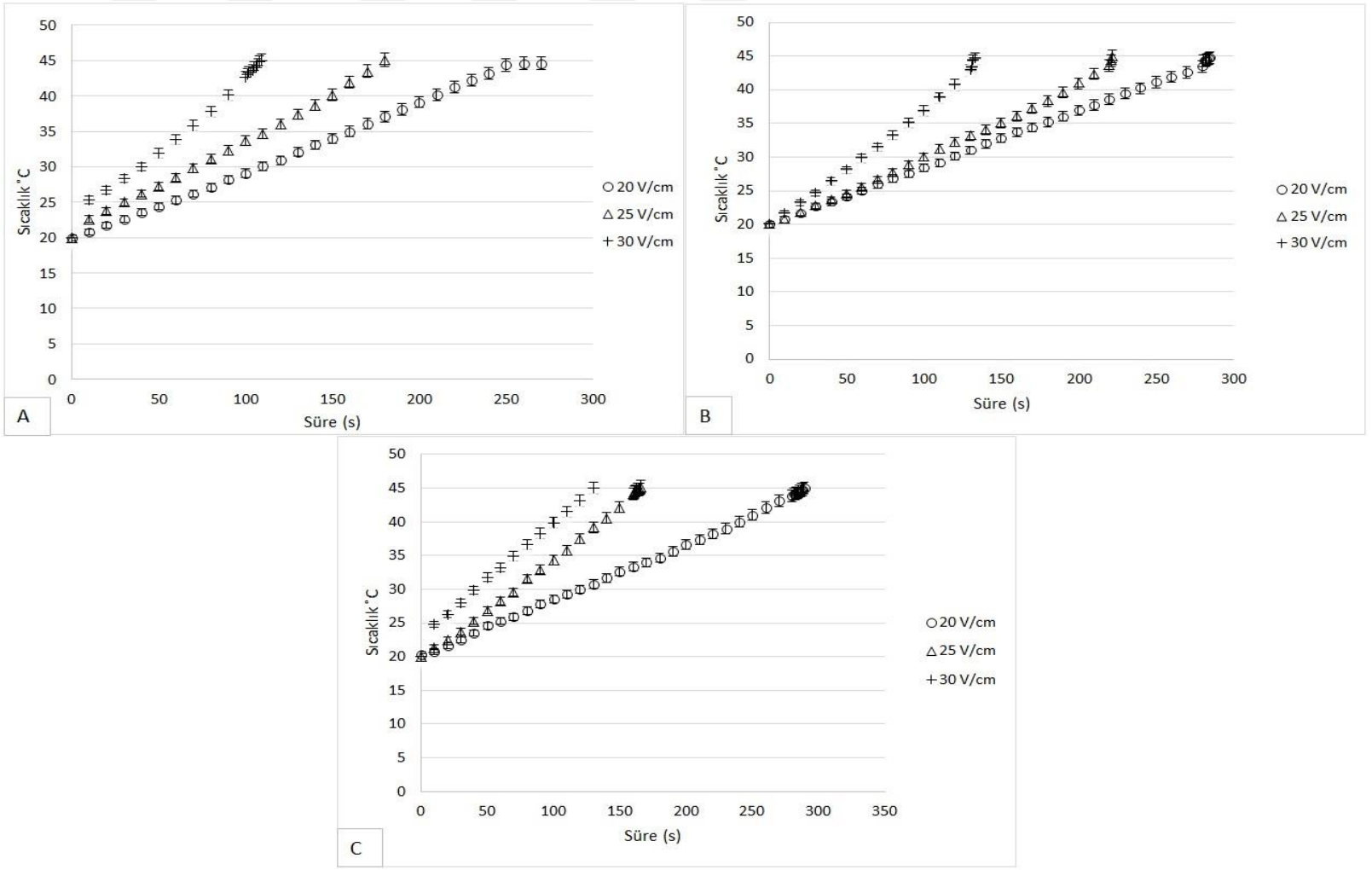
Zoral, F., Turgay, Ö., 2014. Çeşitli gıda atıklarının toplam fenolik madde içeriğinin, antioksidan ve antimikrobiyel aktivitelerinin araştırılması. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 17(2):24-33.

ÖZGEÇMİŞ

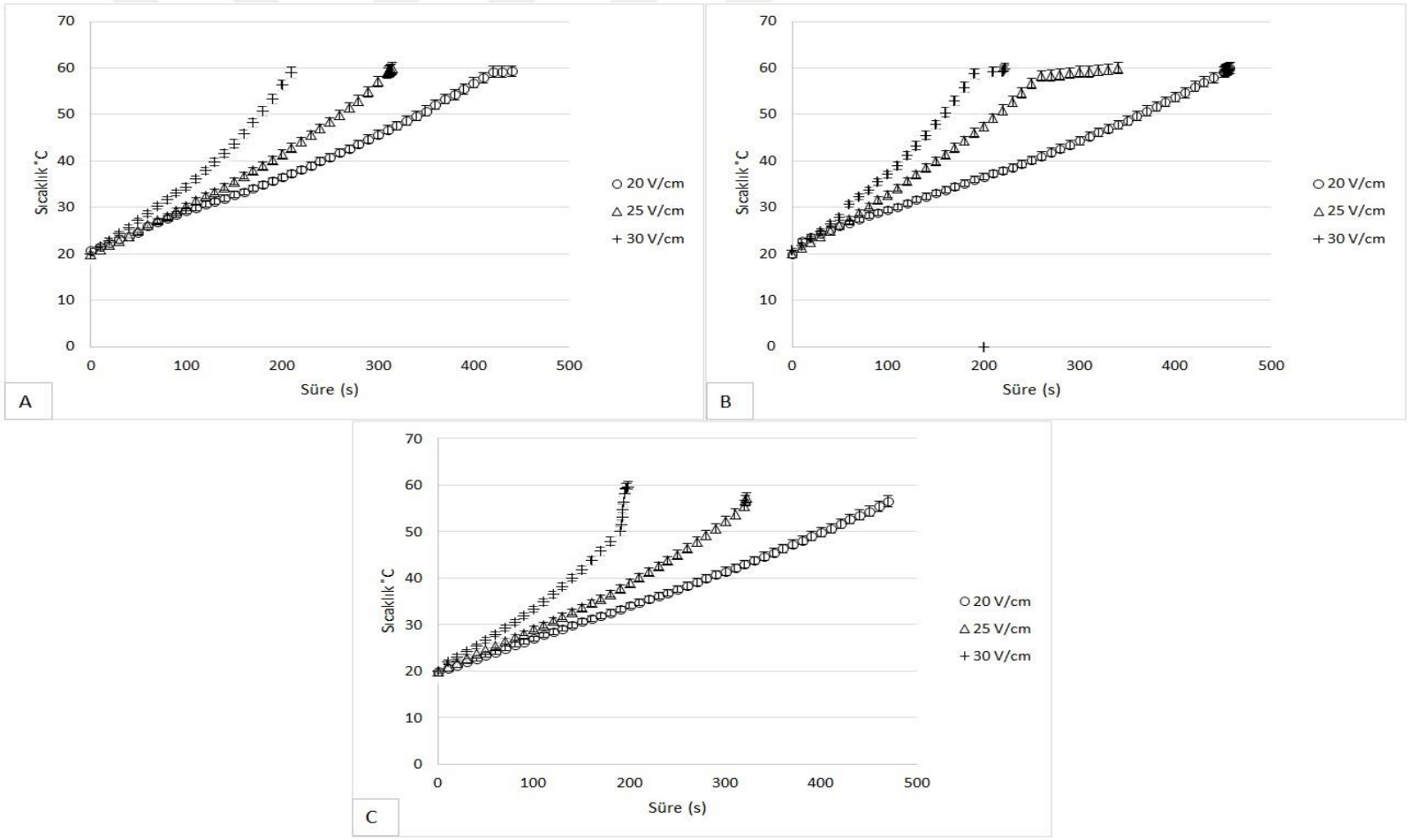
EKLER

Ek Resim 1A. Portakal kabuğu örneklerinin toz haline getirilmesi aşamaları

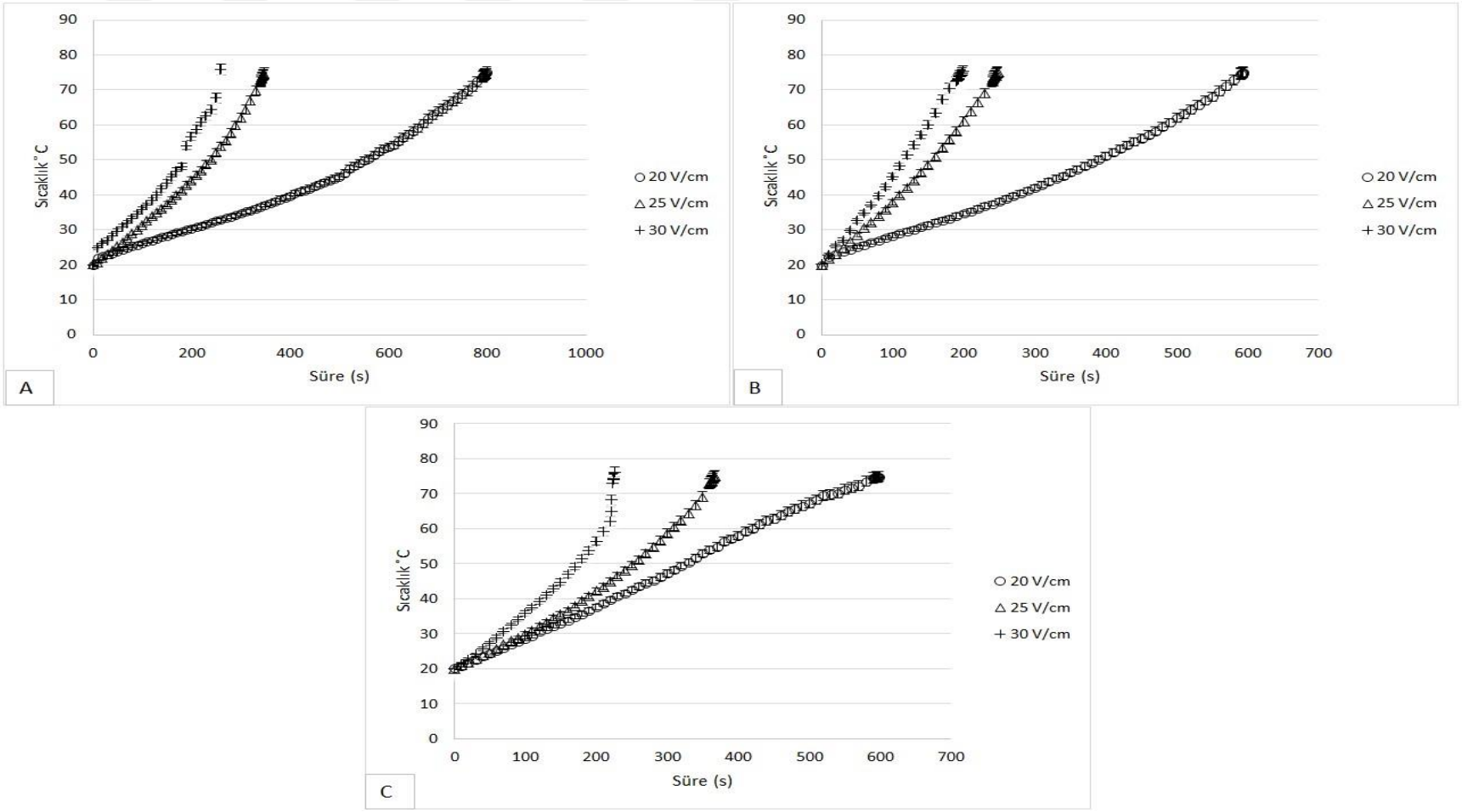
Ek Tablo 2A. OIDE işlemine ait fotoğraflar



Ek Tablo 4A. Farklı işlem koşullarda ohmik ısıtma işleminde zamana bağlı sıcaklık grafiği (A: 1:20, B1:1:40, C: 1:60/ 45˚ C)



Ek Tablo 5A. Farklı işlem koşullarda ohmik ısıtma işleminde zamana bağlı sıcaklık grafiği (A: 1:20, B1:1:40, C: 1:60/ 60˚ C)



Ek Tablo 6A. Farklı işlem koşullarda ohmik ısıtma işleminde zamana bağlı sıcaklık grafiği (A: 1:20, B1:1:40, C: 1:60/ 75˚ C)

Ek Tablo 7A. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen toplam harcanan enerji değerlerinin (THE) istatiksel tablosu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Toplam Harcanan Enerji (THE)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	24506761161,899[a]	35	700193176,054	292,830	,000
Intercept	55076782631,443	1	55076782631,443	23033,866	,000
EKS	21644756539,666	3	7214918846,555	3017,378	,000
VG	676793158,721	2	338396579,360	141,522	,000
K:S	17847861,241	2	8923930,621	3,732	,029
EKS * VG	1335941658,129	6	222656943,022	93,118	,000
EKS * K:S	389892997,461	6	64982166,244	27,176	,000
VG * K:S	64050793,580	4	16012698,395	6,697	,000
EKS * VG * K:S	377478153,101	12	31456512,758	13,156	,000
Error	172160780,811	72	2391121,956		
Total	79755704574,153	108			
Corrected Total	24678921942,710	107			

a. R Squared = ,993 (Adjusted R Squared = ,990)

Ek Tablo 8A. Farklı işlem koşullarında ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon koşullarında elde edilen toplam harcanan enerji (THE) ve ortalama güç değerlerinin istatiksel tablosu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Güç

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	47584,090[a]	35	1359,545	32,544	,000
Intercept	313568,670	1	313568,670	7505,982	,000
Eks. Sıcaklığı (EKS)	17317,550	3	5772,517	138,178	,000
Voltaj gradyanı (VG)	26731,574	2	13365,787	319,941	,000
Katı:Sıvı Oranı (K:S)	65,816	2	32,908	,788	,459
EKS * VG	933,506	6	155,584	3,724	,003
EKS * K:S	1677,287	6	279,548	6,692	,000
VG * K:S	270,072	4	67,518	1,616	,179
EKS * VG * K:S	588,286	12	49,024	1,173	,318
Error	3007,860	72	41,776		
Total	364160,620	108			
Corrected Total	50591,950	107			

a. R Squared = ,941 (Adjusted R Squared = ,912)

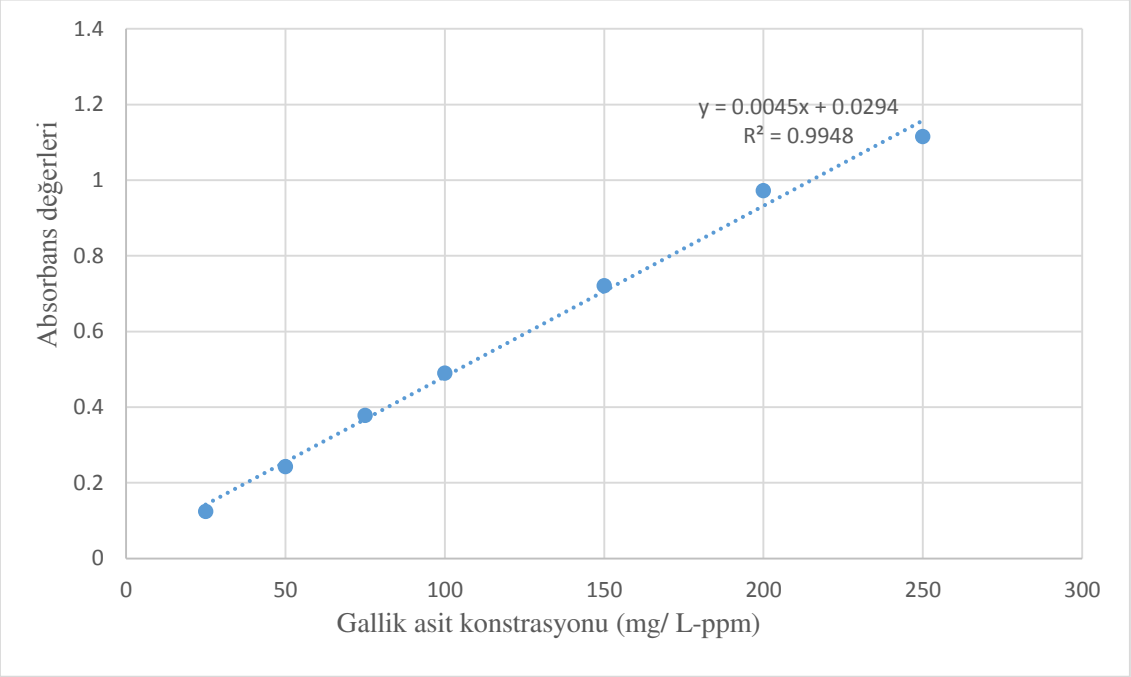
Ek Tablo 9A. Farklı işlem koşullarında üretilen ohmik ısıtma ekstraksiyon yapılan örneklerin toplam fenolik madde miktarına ait istatistiksel tablo

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TFM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12909531,394[a]	35	368843,754	119,414	,000
Intercept	67369289,780	1	67369289,780	21810,929	,000
K:S	11435993,706	2	5717996,853	1851,212	,000
VG	4360,361	2	2180,181	,706	,496
Eks. Sıcaklığı (EKS)	1150183,655	3	383394,552	124,125	,000
K:S * VG	67007,845	4	16751,961	5,423	,001
K:S * EKS	134609,413	6	22434,902	7,263	,000
VG * EKS	37933,530	6	6322,255	2,047	,066
K:S * VG * EKS	79442,883	12	6620,240	2,143	,020
Error	333588,882	108	3088,786		
Total	80612410,055	144			
Corrected Total	13243120,276	143			

Ek Tablo 10A. Gallik asit standart eğrisi



Ek Tablo 11A. Farklı katı: sıvı oranında maserasyon yöntemiyle üretilen örneklerin TFM istatiksel tablosu

TFM

Duncan[a]

K:S oranı	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1:60	3	705,5397		
1:40	3		992,3825	
1:20	3			1441,0179
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

TFM

Duncan[a]

kod	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1:20	3	480,3393	
1:40	3		661,5884
1:60	3		705,5397
Sig.		1,000	,098

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Ek Tablo 12A. Ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon sisteminde uygulanan farklı işlem koşullarının üretilen örneklerin TFM ekstraksiyon verimi ait istatistiksel tablosu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Verim

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21277,371[a]	35	607,925	24,063	,000
Intercept	576544,937	1	576544,937	22820,440	,000
K:S	8651,849	2	4325,925	171,226	,000
VG	38,464	2	19,232	,761	,470
Sıc	10685,118	3	3561,706	140,977	,000
KS * VG	546,301	4	136,575	5,406	,001
KS * Sıc	371,678	6	61,946	2,452	,029
VG * Sıc	355,520	6	59,253	2,345	,036
KS * VG * Sıc	628,441	12	52,370	2,073	,025
Error	2728,556	108	25,264		
Total	600550,864	144			
Corrected Total	24005,927	143			

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,850)