

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**MEYAN KÖKÜ ŞERBETİNİN KONSANTRE EDİLMESİNDE OHMİK ISITMA
DESTEKLİ EVAPORASYON SİSTEMİNİN KULLANILMASI**

Çağlar ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Mutlu ÇEVİK

TUNCELİ – 2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MEYAN KÖKÜ ŞERBETİNİN KONSANTRE EDİLMESİNDE OHMİK ISITMA
DESTEKLİ EVAPORASYON SİSTEMİNİN KULLANILMASI**

Çağlar ŞAHİN
(220040001)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Mutlu ÇEVİK

TUNCELİ – 2025

**T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MEYAN KÖKÜ ŞERBETİNİN KONSANTRE EDİLMESİNDE OHMİK ISITMA
DESTEKLİ EVAPORASYON SİSTEMİNİN KULLANILMASI**

**Çağlar ŞAHİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 03/09/2025 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Burcu
ATALAY
(Kahramanmaraş İstiklal
Üniversitesi)

BAŞKAN

İmza

Doç. Dr. Mutlu ÇEVİK
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Hatice Pınar
YÜKSEL
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

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

Doç. Dr. Nagehan KARASLAN AYHAN
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.

03/09/2025

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
Çağlar ŞAHİN

Danışman
Doç. Dr. Mutlu ÇEVİK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda her konuda yardımcı olan, yol gösteren, kendisinden çok şey öğrendiğim değerli danışman hocam Doç. Dr. Mutlu ÇEVİK'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında benden yardımlarını esirgemeyen, değerli bilgileri ile bana yol göstererek danışman hocam ile desteklerini her zaman yanımda hissettiğim kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Hatice Pınar YÜKSEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını bir an olsun esirgemeyen, her türlü yardımlarını sunan değerli hocam, Dr. Öğr. Üyesi Emrah KARAKAVUK'a ayrıca teşekkür etmek isterim.

Çağlar ŞAHİN
TUNCELİ-2025



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	IV
TEŞEKKÜR	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ.....	X
KISALTMALAR LİSTESİ	XI
ÖZET	XII
ABSTRACT	1
1. GİRİŞ.....	2
1.1. Meyan kökü	2
1.2. Meyan kökü şerbeti.....	7
1.3. Ohmik ısıtma.....	8
1.3.1. Ohmik ısıtma işleminin evaporasyon amacıyla kullanımı	9
2. MATERYAL VE METOT	12
2.1. Materyal	12
2.2. Metot	12
2.2.1. Evaporasyon yöntemi.....	12
2.2.2. Suda çözünür kuru madde içeriğinin belirlenmesi	13
2.2.3. Elektriksel iletkenlik değerlerindeki değişim.....	13
2.2.4. Toplam fenolik madde tayini	14
2.2.5. Toplam flavonoid madde tayini	14
2.2.6. Antioksidan kapasite tayini	15
2.2.7. Performans özelliklerinin değerlendirilmesi	15
2.2.8. İstatistiksel Analizler.....	16
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
3.1. Örneklerin sıcaklık geçmişi ve toplam işlem süresinin belirlenmesi	17
3.2. Elektriksel iletkenlik değişiminin belirlenmesi	19
3.2.1. Isıtma periyodu boyunca	19
3.2.2. Evaporasyon periyodu boyunca	21
3.3. Meyan kökü şerbeti örneklerinin kalite özelliklerindeki değişimin incelenmesi	23
3.3.1. Meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam fenolik madde değerlerindeki değişimin incelenmesi.....	23
3.3.2. Meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam flavonoid madde değerlerindeki değişimin incelenmesi	24
3.3.3. Meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam antioksidan kapasite değerlerindeki değişimin incelenmesi	25
3.4. Performans değerlerindeki değişimin incelenmesi	26
3.4.1. Toplam enerji tüketimi değerlerindeki değişimin incelenmesi	26
3.4.2. Toplam güç tüketimi değerlerindeki değişimin incelenmesi	28
3.4.3. Spesifik su uzaklaştırma oranı değerlerindeki değişimin incelenmesi	29
3.4.4. İşlem verimliliği değerlerindeki değişimin incelenmesi	30
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	31

5. KAYNAKLAR.....	32
ÖZGEÇMİŞ.....	39



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Meyan kökü (<i>Glycyrrhiza</i>) bitkisi.....	2
Şekil 1.2. Glisirizik asitin yapısal formülü.....	3
Şekil 1.3. Meyan kökünün yapısında bulunan liquiritin bileşeninin kimyasal yapısı.....	6
Şekil 1.4. Meyan kökünün yapısında bulunan formononetin bileşeninin kimyasal yapısı ...	7
Şekil 2.1. Ohmik ısıtma sisteminin şematik gösterimi.....	13
Şekil 3.1. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan evaporasyon işlemi boyunca sıcaklık değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi.....	17
Şekil 3.2. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan ısıtma işlemi boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi; a) 11 V/cm; b) 13 V/cm; c) 15 V/cm	20
Şekil 3.3. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan evaporasyon periyodu boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi; o) 11 V/cm; Δ) 13 V/cm; ◇) 15 V/cm	22

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Farklı ohmik ısıtma koşullarında ısınma süresi, ısınma hızı ve toplam işlem süresi değerlerindeki değişim.....	178
Tablo 3.2. Isıtma periyodu boyunca farklı voltaj gradyanlarında sıcaklığa bağlı olarak meyan kökü şerbeti örneklerinin elektriksel iletkenliğindeki değişimlere ilişkin model sabitleri (Doğrusal model) ve regresyon katsayıları değerlerindeki değişim.....	21
Tablo 3.3. Farklı ohmik evaporasyon işlemi koşullarında toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan kapasite değerlerindeki değişimlerin incelenmesi	23
Tablo 3.4. Farklı ohmik ısıtma koşullarında toplam enerji tüketimi, toplam güç, spesifik su uzaklaştırma oranı ve işlem verimliliği değerlerindeki değişim.....	277



SEMBOLLER LİSTESİ

ml	: Mililitre
kPa	: Kilo pascal
Hz	: Hertz (1/s)
V	: Gerilim (Volt)
I	: Akım (Amper)
A	: Elektrot ile örnekğin temas eden yüzey alanı (m ²)
L	: İki elektrot arası mesafe (m)
°C	: Derece santigrat
R²	: Regresyon katsayısı



KISALTMALAR LİSTESİ

Eİ	: Elektriksel iletkenlik
TFM	: Toplam fenolik madde
GAE	: Galik asit eşdeğeri
AAE	: Askorbik asit eşdeğeri
SÇKM	: Suda çözünür kuru madde
SSUO	: Spesifik su uzaklaştırma oranı
GAE	: Galik asit eşdeğeri



ÖZET

Bu tez çalışmasında, geleneksel bir içeceğimiz olan meyan kökü şerbetinin atmosferik koşullar altında farklı voltaj gradyanları kullanılarak %20 suda çözünür kuru madde içeriğine kadar konsantre edilmesi ve konsantrasyon işlemi süresince örneklerin elektriksel iletkenlik, performans ve bazı kalite özelliklerindeki (toplam antioksidan kapasite, toplam flavonoid madde ve toplam fenolik madde) değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Meyan kökü şerbeti örnekleri atmosferik koşullar altında ohmik ısıtma ile 20°C'den 100°C'ye ısıtılmış ve sabit evaporasyon sıcaklığında (100±2°C) %20 suda çözünür kuru madde içeriğine ulaşmaya kadar evaporasyon işlemine devam edilmiştir. Tüm denemeler için test hücrelerine 75 ml meyan kökü şerbeti ilave edilmiş ve 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanında evaporasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Meyan kökü şerbeti örnekleri için toplam işlem süresinin (ısıtma ve evaporasyon) 2700 ile 6180 s aralığında değiştiği, uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak gerekli olan işlem süresinin kısaldığı belirlenmiştir. Tüm voltaj gradyanlarında ısıtma periyodu boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin sıcaklık ile ilişkisinin lineer olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Meyan kökü şerbeti örneklerinin evaporasyon periyodu boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin 11, 13 ve 15 V/cm için sırasıyla 0.29-2.39, 0.27-2.12 ve 0.26-2.56 S/m aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Örneklerin konsantrasyon işlemi sonunda toplam fenolik madde içeriklerinin 162.47 ile 215.54 GAE/mL aralığında değiştiği ve toplam işlem süresinin artmasına bağlı olarak toplam fenolik madde içeriklerinin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, en yüksek toplam flavonoid madde içeriklerinin 15 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği tespit edilmiştir. Örneklerin antioksidan kapasite değerleri incelendiğinde, antioksidan kapasite değerlerinin 15 V/cm voltaj gradyanında uygulanan evaporasyon işleminde en az etkilendiği belirlenmiştir. Maksimum enerji tüketimi değerlerinin en uzun işlem süresine sahip olmasından dolayı 11 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği belirlenmiştir. Farklı işlem koşullarında toplam güç değerlerinin ise 0.049 ile 0.092 kW aralığında değiştiği ve en yüksek güç tüketimi değerlerinin 15 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği belirlenmiştir. Spesifik su uzaklaştırma oranı değerleri ise uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Evaporasyon işleminin verimliliğinin ise %78.74 ile %96.49 aralığında değiştiği ve uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak işlem verimliliği değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu tez çalışması sonucunda elde edilen sonuçların endüstriyel boyutlarda kurulması düşünülen pompalama ve evaporatör sistemleri için literatürdeki bilgi eksikliğini gidereceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Meyan kökü şerbeti, ohmik ısıtma, evaporasyon, kalite, enerji

ABSTRACT

Use of Ohmic Heating Assisted Evaporation System in Concentrating Licorice Root Sherbet

In this thesis, it was to concentrate licorice root sherbet, a traditional beverage, to 20% water-soluble solids content using different voltage gradients under atmospheric conditions and to investigate the changes in electrical conductivity, performance, and some quality properties (total antioxidant capacity, total flavonoid content, and total phenolic content) of the samples during the concentration process. Licorice root sherbet samples were heated from 20°C to 100°C by ohmic heating under atmospheric conditions, and the evaporation process was continued until a 20% water-soluble solids content was reached at a constant evaporation temperature (100±2°C). For all experiments, 75 ml of licorice root sherbet was added to the test cell, and evaporation was carried out at 11, 13, and 15 V/cm voltage gradients. It was determined that the total processing time (heating and evaporation) for the licorice root sherbet samples varied between 2700 and 6180 s and that the required processing time shortened with increasing the applied voltage gradients value. It was determined that the relationship between electrical conductivity values and temperature increased linearly during the heating period for all voltage gradients. It was determined that the electrical conductivity values of the licorice root sherbet samples during the evaporation period varied between 0.29-2.39, 0.27-2.12 and 0.26-2.56 S/m for 11, 13, and 15 V/cm, respectively. At the end of the concentration process, it was determined that the total phenolic content of the samples varied between 162.47 and 215.54 GAE/mL, and that total phenolic content was negatively affected due to the increase in total processing time. Similarly, it was determined that the highest total flavonoid content was obtained at 15 V/cm voltage gradient. When the antioxidant capacity values of the samples were examined, it was determined that antioxidant capacity values were least affected by the evaporation process applied at a 15 V/cm voltage gradient. It was determined that the maximum energy consumption values were obtained at a voltage gradient of 11 V/cm due to the longest process time. It was determined that total power values varied between 0.049 and 0.092 kW under different process conditions, and the highest power consumption values were obtained at a 15 V/cm voltage gradient. The specific water removal rate increased with increasing voltage gradients. The efficiency of the evaporation process was found to range between 78.74% and 96.49%, and the process efficiency values increased with increasing voltage gradient. It is thought that the results obtained as a result of this thesis will fill the gap in the literature regarding pumping and evaporator systems planned to be installed in industrial sizes.

Keywords: Licorice root sherbet, ohmic heating, evaporation, quality, energy

1. GİRİŞ

1.1. Meyan kökü

Meyan bitkisi çok yıllık bir bitki olup genellikle Akdeniz’e komşu olan ülkelerde daha yoğun olarak yetiştirilmektedir. Meyan bitkisi Ülkemizde de yaygın bir şekilde yetiştirilmekte olup, Dünya meyan kökü üretiminde Ülkemiz 3.sırada yer almaktadır (Haksel, 2008).

Ülkemizin farklı bölgelerinde meyan bitkisi; piyan, miyan, bıyam, biyam ve boyam gibi değişik isimler ile adlandırılmış olup, birçok farklı endüstri alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Zhang ve Ye, 2009; Anilkumar ve ark. 2012).

Glycyrrhiza (Leguminosae) cinsinin dünyada 12 çeşidi ve ülkemizde ise *G. aspera* Pall, *G. asymmetrica*, *G. iconica* Hub-Mor, *G. echinata* L., *G. flavescens* Boiss, *G. glabra* L. var. *glandulifera* ve *G. glabra* L. var. *glabra* isimleriyle yetiştirilen 6 çeşidi bulunmaktadır (Kılıç, 2014).

Meyan, su kıyılarında doğal olarak bulunabilen, 60 cm’e kadar büyüeyebilen, kök ve meyve kısmı kırmızımsı bir renge sahip olan çok yıllık bir bitkidir (Şekil 1.1) (Çınar, 2012; Kılınç ve ark. 2014).



Şekil 1.1. Meyan kökü (*Glycyrrhiza*) bitkisi (Quirós-Sauceda ve ark. 2016)

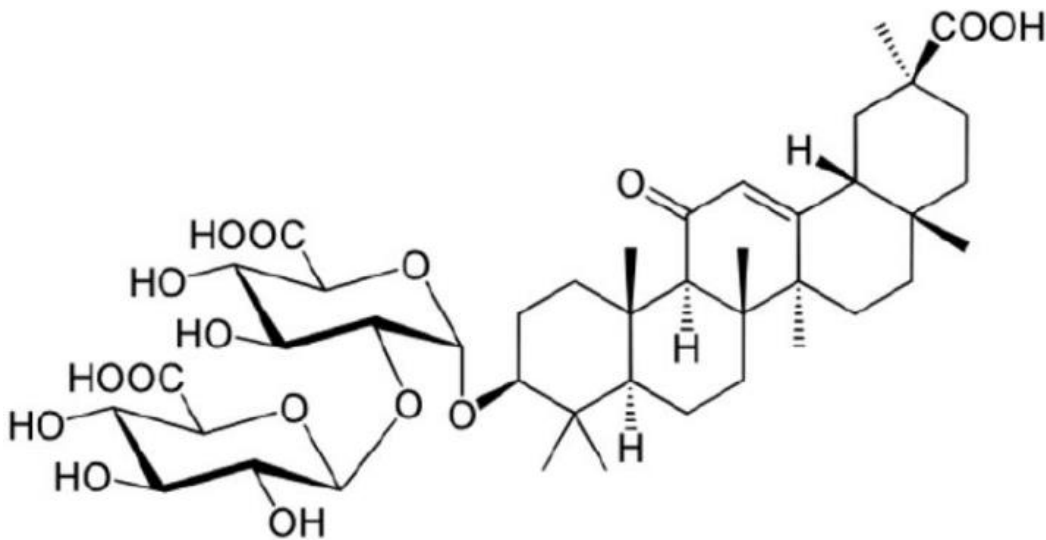
Meyan bitkisine rengini veren isolikuiritin, ramnolikuiritin, likuiritin, likuiritigenin gibi flavonoidler, antioksidan özelliği olan glisirizik asit, esansiyal yağ asitlerinden olan propiyonik asit ve benzoik asit meyan bitkisinin yapısında bulunmaktadır (Badkhane ve ark. 2014; Damle, 2014).

Meyan kökünde ise flavonoidler, nişasta, şekerler, glisirizik asit, reçine, steroller, aminoasitler ve glabridin bulunmaktadır. Meyan kökündeki glisirizik asit, sakkarozdan 50 kat daha tatlı özelliğine sahiptir (Hennel ve ark. 2008; Akan ve Balos, 2008; Şerbetçi, 2007). Meyan kökü, şerbet olarak daha çok Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yaygın olarak tüketilmektedir (Geniş, 2016).

Meyan kökünün tıbbi olarak kullanımına ait bilgiler ise; Çin, Mısır, Roma kaynaklarında 6 bin yıllarına kadar uzandığına dair tarihsel tespitler yer almaktadır (Liu ve ark. 2016). Ayrıca Mısır ve Sümerler tarafından, meyan kökü bitkisinin ticaret yoluyla diğer uygarlıklara aktarıldığı da bildirilmiştir (Haraguchi ve ark. 2000; Akan ve Balos, 2008).

Literatürde meyan kökü olarak anılan *Glycyrrhiza*, sırasıyla; Yunan dilinde glykos (tatlı) ve rhiza (kök), sonrasında liquiritia olarak latinceye çevrildiği görülmektedir (Isbrucker ve Burdock, 2006).

Meyan kökünün %10 ila %20'lik kısmını oluşturan glisirizik asit yapısal olarak; hidrofilik yapıyı oluşturan kısımda glikuronik asit, hidrofobik yapıyı oluşturan kısımda ise glisiretinik asitten oluşmaktadır (Şekil 1.2) (Sharma ve Agrawal, 2013; Badkhane ve ark. 2014; Damle, 2014).



Şekil 1.2. Glisirizik asitin yapısal formülü (Aday ve ark. 2018)

Meyan kökü bileşiminde bulunan glisirizik asit, macun, reçel gibi tatlandırıcı ürünlerin imalatında, tıbbi ilaç, tekstil ve kağıt üretiminde, sigara ve bazı alkol ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Haksel, 2008, Uygun, 2015). Özellikle diyabetik gıdaların ve diyet amaçlı formüle edilen ürünlerin içeriğinde %0.5–1 düzeyinde kullanıldığı bildirilmektedir (Kılıç, 2014).

Meyan bitkisinin çiçeklenmesi Haziran ayında başlamaktadır. Meyvesi “badıç” olarak adlandırılmakta ve 10 cm’ye kadar boylanabilmektedir. Kökü ise en fazla 2.5 cm çap genişliğinde, 50 cm uzunluğa kadar silindirik çubuk şeklinde büyüyeabilmektedir. Avrupa’da kabuksuz (sarı, parlak renk) ve kabuklu (kahverengi) olmak üzere iki türü yetişmektedir. Kabuksuz, sarı ve parlak renge sahip olan türü Türkiye’de yetiştirilmemektedir. Kabuklu türü ise kendine has renk, koku ve lifli bir yapıya sahiptir (Haksel, 2008).

Sonbahar mevsiminde hasat edilen meyan bitkisinin kök ve rizomları, önce temizlenmekte, ardından kurutularak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Geniş kambiyum dokusu ve sklerenkima demetlerinin varlığı, şerbet üretiminde kullanılan meyan kökünün ayırt edici özellikleri arasında yer almaktadır. Geçmiş yıllarda Ege Bölgesi’nde, özellikle de İzmir ve çevresinde yaygın olarak yetiştirilen bu bitki, günümüzde söz konusu bölgede daha az üretilmekte olup, üretim ağırlıklı olarak Doğu ve Güneydoğu Anadolu illerine gerçekleştirilmektedir (Haksel, 2008).

Meyan kökünden bugüne dek birçok bileşik izole edilmiştir. Kuru madde içeriğinin yaklaşık %40 ila %50’sini suda çözünebilen biyoaktif maddeler oluşturmaktadır. Meyan kökünün bileşiminde pektin, şeker, gamlar, nişasta, amino asitler, triterpen, saponinler, steroller, polisakkaritler, mineral tuzlar, flavonoidler, reçine, zamk, tanenler, uçucu yağlar, glikozitler ve proteinler gibi pek çok bileşen yer almaktadır (Badkhane ve ark. 2014; Damle, 2014; Sharma ve Agrawal, 2013).

Glisirizin dışında meyan kökü; çok sayıda izoflavonoid, kalkon, kumarin, triterpenoit ve sterol türevlerini de içermektedir. İzoflavonoid bileşikler arasında 7-hidroksi-2-metil izoflavon, glabron, glabrol, likorikon, kumatakenin, glizaglabrin, likoflavonol, ramnolikiritin, neolikiritin, 4’-7-dihidroksiflavon, likiritin, likiritigenin, glisirol, formononetin, likoizoflavonon, likoizoflavon A ve B ve glizarin, gibi maddeler bulunmaktadır. Kalkon grubunda ise 4-hidroksikalkon, likokalkon A ve B, ekinatin, ramnoizolikiritin, likurazit, neoizolikiritin, izolikiritin ve izolikiritigenin yer almaktadır. Kumarin içeriğinde ise glisirin, likkumarin, herniarin ve umbelliferon ön plana çıkmaktadır. Triterpenoit bileşikler arasında 18-β glisirretinik asit, β-amirin, likorik asit, izoglabrolit,

glabrolit, gisirretol ve likiritik asit yer alırken, sterol grubunda stigmasterol, β -sitosterol ve 22,23-dihidrosgmasterol gibi bileşenler bulunmaktadır (Bozan, 1988; Kılıç, 2014).

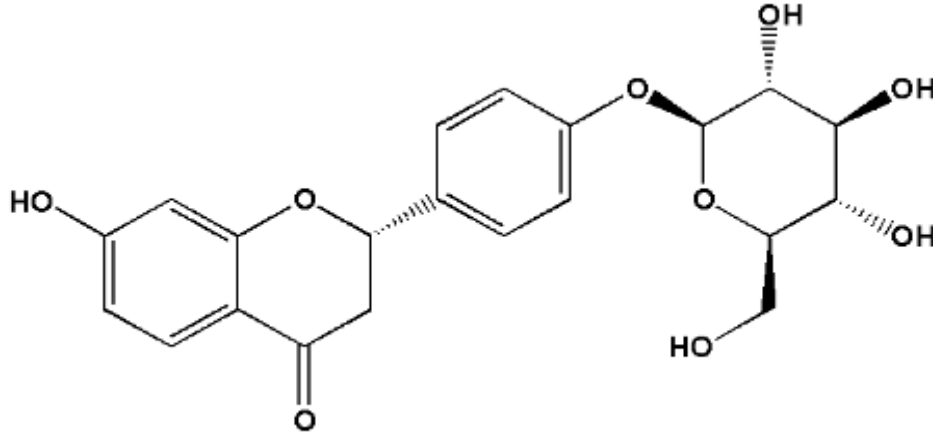
Meyan kökü, antik çağlardan beri tıbbi amaçlarla en yaygın kullanılan bitkiler arasında yer almakta ve pek çok ülkede tıp literatüründe “likoris” olarak adlandırılmaktadır. Özellikle üst solunum yolu rahatsızlıklarında mukolitik etkisi sayesinde balgam sökücü olarak kullanılmaktadır. Meyan kökünde bulunan saponinlerden glisirrizik asit, bakteri üremesini engelleyen ve antiviral özellikler gösteren önemli bir bileşendir. Ayrıca, gastrit ve mide ülseri tedavisinde tercih edilmekte olup, anti-inflamatuar (iltihap önleyici) etkiye sahip olduğu görülmektedir. Sahip olduğu bu etkiler, glisirrizik asit ve onun aglikon formu olan glisiretinik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu maddelerin prostaglandin sentezini etkilemediği de bilinmektedir (Haksel, 2008; Ay ve ark. 2014).

Bunun yanı sıra meyan kökü, karın ağrıların hafifletilmesi, bağırsak iltihaplarının iyileştirilmesi, solunum zorluklarının giderilmesi ve kabızlık sorunlarının çözümünde de kullanılmaktadır. Ancak, yüksek dozlarda ve uzun süreli kullanımda, içeriğindeki glisirrizik asit ve glisiretinik asit, mineralokortikoid etkisi nedeniyle potasyum kaybına yol açmakta ve böylece sodyum-potasyum dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum, vücutta sodyum ve su birikimine, idrar miktarının azalmasına, dolayısıyla tansiyonun yükselmesine ve ödeme sebep olmaktadır. Bu nedenle, karaciğer veya böbrek rahatsızlığı olan kişiler ile hamilelerin meyan kökü kullanımından kaçınmaları önerilmektedir (Haksel, 2008; Ay ve ark. 2014).

Son dönemde yapılan araştırmalar, meyan kökünün antidepresan etkilerinin yanı sıra siroz ve diyabet tedavisinde de tercih edildiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, geleneksel tıp uygulamalarında meyan kökünün mesane, böbrek, boğaz ağrısı ve mide rahatsızlıklarının yanı sıra diş ağrıların tedavisinde de yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir (Hedayati ve Ghoreishi, 2015).

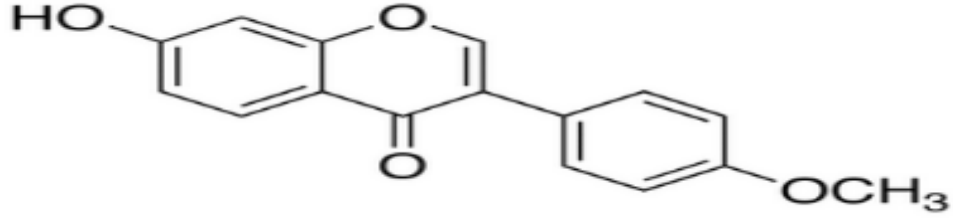
Meyan kökünün yapısında dikkate değer miktarda bulunan bir diğer bileşen ise, flavonoid sınıfına dahil olan liquiritindir ve yapısal formülü Şekil 1.3’te verilmiştir (Bi ve ark. 2010). Liquiritin, liquiritigeninin glikozit türevi olup antiviral ve antioksidan özellikler sergilediği rapor edilmiştir (Baek ve ark. 2008). Wang ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, meyan kökünden saflaştırılan liquiritin ve izoliquiritin bileşenlerinin, farelerde monoamin oksidaz enzimi aktivitesini baskılayarak antidepresan etki oluşturduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, liquiritin ile onun aglikon formu olan liquiritigeninin

antikanser, sinir sistemi üzerinde koruyucu, miyokard hücrelerini destekleyici, detoksifiye edici ve benzeri birçok olumlu biyolojik etki gösterdiği bildirilmektedir (Uto ve ark. 2019).



Şekil 1.3. Meyan kökünün yapısında bulunan liquiritin bileşenin kimyasal yapısı (Bi ve ark. 2010).

Pek çok gıdada bulunmasına karşın, önemli doğal kaynaklarından birinin meyan kökü (*Glycyrrhiza glabra*) olduğu belirtilen isoflavon türevi formononetin (Şekil 1.4), çeşitli fizyolojik etkiler göstermektedir. Moleküler yapısının 17 β -estradiol ile benzerlik göstermesi nedeniyle östrojen reseptörlerine bağlanabilen formononetin, aktivitesi estradiole kıyasla 10^{-2} – 10^{-3} kat daha düşük olsa da hormonun etkisini taklit etmekte ve bu nedenle fitoöstrojen olarak sınıflandırılmaktadır. Bunun yanı sıra formononetinin antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu, sinir hücrelerini koruyarak Alzheimer hastalığının gelişimini engellediği, kemiklerde kalsifikasyon sürecini yavaşlattığı ve anjiyogenez (mevcut damarlardan tomurcuklanma yoluyla yeni damar oluşumu) mekanizmasını uyardığı rapor edilmiştir (Kaczmarczyk-Sedlak ve ark. 2013).



Şekil 1.4. Meyan kökünün yapısında bulunan formononetin bileşeninin kimyasal yapısı
(Özgüner Kabak, 2019)

Mineralokortikoid benzeri etki gösteren glisirrizin ve glisirretik asidin, yüksek miktarlarda (≥ 50 g/gün) ve uzun süre tüketilmesi durumunda, böbreklerden potasyum atılımı artmakta ve bu durum elektrolit dengesini olumsuz etkilemektedir. Sonuç olarak vücutta sodyum ve su tutulumu artmakta, idrar çıkışı azalmakta ve bu tablo hipertansiyon, ödem ve dolaşım sistemiyle ilgili çeşitli sorunların gelişmesine zemin hazırlamaktadır. Böyle durumlarda potasyum açısından zengin besinlerin (örneğin muz, kuru kayısı vb.) tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Böbrek ve karaciğer hastalıkları, yüksek tansiyon, potasyum eksikliği, gebelik dönemi ve kortikosteroid tedavisi alan bireylerde glisirrizin alımının kısıtlanması önerilmektedir (Çubukçu ve ark. 2002). Bununla birlikte, son dönem farmakolojik ve klinik araştırmalar, bu yan etkilerin esasen yüksek dozda saf glisirrizin alındığında ortaya çıktığını göstermektedir (Sabbioni ve ark. 2005). Yapı bakımından birbirine benzeyen β - ve α -glisirretinik asit izomerleri farklı biyolojik aktivite sergilemektedir. β -izomeri düşük antiinflamatuvar özellik gösterirken, hepatoprotektif etkisi ise α -izomerine kıyasla daha belirgin bir şekilde etki etmektedir. Ayrıca bu aglikon formlarının östrojen benzeri aktiviteye sahip olmaları nedeniyle menopoza dönemine ait semptomların giderilmesinde kullanılabildikleri bildirilmiştir (Sabbioni ve ark. 2005).

1.2. Meyan kökü şerbeti

Meyan kökü, su ile bekletildikten sonra süzülerek elde edilen ve “meyan şerbeti” olarak bilinen içecek, özellikle Türkiye’nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaz aylarında serinletici bir içecek olarak sokak satıcıları tarafından soğuk şekilde sunulmaktadır (Maskan, 1999). Meyan kökünün kendisine has koku ve lezzete sahip olmasındaki en büyük bileşen glisirrizik asittir (Kılınç ve ark. 2014). Meyan şerbeti, düşük asitlik derecesi ve

yüksek su aktivitesi nedeniyle mikroorganizmaların çoğalması için elverişli bir ortam oluşturmakta ve bu nedenle üretiminden kısa bir süre sonra mikrobiyal bozulma hızlanmaktadır (Aday ve ark. 2018).

Şerbetin elde edilmesinde ortalama 20-25 cm boyutlarında kesilen kökler kirliliklerinden arındırılmak üzere su ile yıkanmakta ve sonra doğal kurutma (güneş altında) işlemine tabii tutulmaktadır. Daha sonra kurutulmuş kökler dövülerek lif haline getirilmektedir. Bir kap içerisine konulan bu liflerin üzerine su ilave edilerek mayalanması sağlanmaktadır. Kabin tabanında bulunan musluklardan alınan su tekrar kaba ilave edilmekte ve böylelikle şerbet örneklerinin sahip olduğu acılık azaltılmakta ve oluşan köpüğün uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Haksel, 2008).

Başka bir üretim yönteminde ise, bir kap içine yaklaşık olarak 10 g meyan kökü lifi, karanfil ve tarçın konulmakta ve üzerine içme suyu (yaklaşık olarak 2 litre) ilave edilerek serin bir ortamda ya da +4°C buzdolabı koşullarında 8-10 saat arasında ekstraksiyon işlemine tabii tutulmaktadır. Bekleme işlemi sonunda elde edilen süzüntü tülbent aracılığıyla süzülmemekte ve servis için hazır hale gelmektedir (Sarıoğlu ve Cevizkaya, 2016).

1.3. Ohmik ısıtma

Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişmesi ile insanoğlunun doğal gıda maddelerine olan ilgisi hızla artmıştır. İnsanoğlunun gazlı içeceklere olan ilgisi ve gıda sektöründe gazlı içeceklere olan alternatif içeceklerin kısıtlı olması nedeniyle insanoğlunun meyan kökü şerbeti gibi sağlıklı ve doğal içeceklere olan talebinin artmasına neden olmuştur (Sarıoğlu ve Cevizkaya, 2016). Gelişen teknoloji farklı sektörlerde olduğu gibi gıda endüstrisinde de bazı yeniliklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Gelişen bu teknoloji öncelikle gıda maddelerinin depolanması ve muhafazasında önemli gelişmelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu yenilikçi teknolojiler arasında radyo frekans, kızılötesi, ohmik ısıtma ve mikrodalga gibi elektriksel ısıtma yöntemleri yer almaktadır. Bu yenilikçi teknolojiler arasında yer alan ohmik ısıtma yöntemi, 50-60 Hz frekans aralığında uygulanabilen bir yöntem olup, elektrik akımının düşük frekans aralığında uygulanmasından dolayı gıda maddesi içerisinde iyonize olmayan yenilikçi bir yöntemdir (İçier, 2003).

En basit ifadeyle, ohmik ısıtma yönteminde gıda maddesi elektrik devresinin bir elemanı gibi davranmaktadır. Gıda maddesinin nem içeriği, bileşimi ve dokusu elektrik enerjisini hapsetmek ve elektriği iletme özelliklerini etkilemektedir (Bozkurt ve İçier,

2010a). Ohmik ısıtma yönteminde, gıda maddesinin sisteme bağlı elektrotlara temas etme zorunluluğu bulunmaktadır. Gıda maddesi üzerinden geçen elektrik akımının bir kısmı gıda maddesi tarafından absorblanmakta ve buna bağlı olarak gıda maddesinin sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Gıda maddesi üzerinden geçen elektrik enerjisinin homojen olması, gıda maddesinin her noktasının benzer sıcaklık dağılımına sahip olmasına neden olmaktadır. Ohmik ısıtma yöntemi diğer yenilikçi ısıtma teknolojilerine kıyasla homojen, hızlı ve yüksek enerji verimliliği sağlayan bir ısıtma işlemi sağlayabilmektedir (Henderson, 1993; Palaniappan ve Sastry, 1991a; Wang, 1995; Halden ve ark. 1990). Örnek olarak, sıvı gıdaların ohmik ısıtılma işlemi ile ısıtılmasında kullanılan elektrik enerjisinin %95'i ısı enerjisine dönüşebilmekte ve ürün içerisindeki sıcaklık dağılımı farkı 1°C'nin altında olmaktadır (Icier and Ilıcalı, 2005a). Ohmik ısıtma yöntemiyle gıda maddesi daha kısa zaman zarfında hedeflenen sıcaklık değerine ulaşabilmekte, böylelikle kalite ve duyu özellikleri maksimum düzeyde korunabilmektedir (Şengün ve ark. 2014; Sastry, 2008; Kim ve ark. 1996; Li ve Sun, 2002; Parrott, 1992). Yenilikçi yöntemler arasında yer alan ohmik ısıtma işlemi gıda maddelerinin çözündürülmesi, haşlanması, ısıtılması, sterilizasyonu, pastörizasyonu ve pişirilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Wang ve Farid, 2015; Icier ve Bozkurt, 2014; Bozkurt ve Icier, 2010a;b;c; Sensoy ve Sastry, 2004; Ozkan ve ark. 2004; Palaniappan ve Sastry, 1991a;b). Ohmik ısıtma işlemi ABD, Japonya, İtalya, İngiltere, Meksika vb. birçok ülke tarafından sıvı gıda maddelerinin üretilmesinde ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Yıldız-Turp ve ark. 2013; Sastry, 2008).

Açık literatür incelendiğinde son yıllarda ohmik ısıtma sisteminin evaporasyon amacıyla kullanıldığı çalışmaların da artış gösterdiği belirlenmiştir (Icier ve ark. 2017; Sabancı ve Icier, 2017; Sabancı ve Icier, 2020; Cevik, 2021a; Sabancı, 2021; Karakavuk ve ark. 2022).

1.3.1. Ohmik ısıtma işleminin evaporasyon amacıyla kullanımı

Gıda endüstrisinde ohmik ısıtma yöntemi pastörizasyon, sterilizasyon ve ısıtma işlemleri için birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Sabancı ve Icier, 2017). Gıda endüstrisinin ihtiyaçları doğrultusunda ohmik ısıtma işleminin evaporasyon amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Yapılan evaporasyon çalışmalarının hem atmosferik koşullarda hem de vakum altında yoğunlaştığı görülmektedir (Icier ve ark. 2017; Sabancı ve Icier, 2017; Sabancı ve ark. 2019; Darvishi ve ark. 2020; Sabancı ve Icier, 2020;

Arıç Sürme ve Sabancı, 2021; Cevik, 2021; Sabancı, 2021; Sabancı ve Icier, 2022; Karakavuk ve ark. 2022).

Icier ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada 3 farklı voltaj gradyanı değerinde (7.5, 10 ve 12.5 V/cm) 25 kPa mutlak basınç altında %40 suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriğine konsantre ettiği nar suyu örneklerinin elektriksel iletkenlik (Eİ) değerlerinin ısınma periyodu boyunca doğrusal bir artış gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca araştırmacılar, evaporasyon periyodu boyunca %30 SÇKM içeriğine kadar Eİ değerlerinin artış gösterdiğini, daha sonra ise azaldığını bildirmişlerdir. Ek olarak, en kısa toplam evaporasyon süresinin 53 dak. ile 12.5 V/cm voltaj gradyanında elde edildiğini rapor etmiştir.

Güncel diğer bir çalışmada ise (Sabancı ve Icier, 2017), farklı voltaj gradyanı değerlerinde (10, 12 ve 14 V/cm) %65 SÇKM içeriğine konsantre ettikleri vişne suyu örneklerinin Eİ değerlerinin %45 SÇKM içeriğine kadar artış gösterdiği ve daha sonra ise azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam evaporasyon süresi değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği ve en kısa evaporasyon işleminin 40 dak. ile 14 V/cm voltaj gradyanında elde edildiğini bildirmişlerdir.

Darvishi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, 4 farklı voltaj gradyanında konsantre ettikleri üzüm suyu örneklerinin kalite ve performans özelliklerini geleneksel evaporasyon yöntemi ile elde edilen konsantre üzüm suyu örnekleri ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar ohmik ısıtma yönteminin geleneksel ısıtma yöntemine kıyasla 2.4 ile 7.2 kat işlem süresini kısalttığını ve 6.3 kat enerji tüketimi sağladığını bildirmişlerdir. Ek olarak araştırmacılar, duyuusal özelliklerin ohmik ısıtma yöntemi ile geleneksel ısıtma yöntemine kıyasla minimum düzeyde etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Arıç Sürme ve Sabancı (2021), 3 farklı voltaj gradyanında (7, 9 ve 11 V/cm) 3 kg su/kg kuru madde içeriğine kadar konsantre ettikleri süt örneklerinin Eİ değerlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, ohmik ısıtma destekli evaporasyon sisteminin performans özelliklerini geleneksel üretim yöntemi ile de karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar Eİ değerlerinin 0.43 ile 1.92 S/m aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar ohmik ısıtma destekli evaporasyon sisteminde uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak enerji ve ekserji verimliliği değerlerinin artış gösterdiğini, en düşük enerji ve ekserji verimliliği değerlerinin ise geleneksel üretim yönteminde elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Cevik (2021a) yaptığı çalışmada, 4 farklı voltaj gradyanı değerinde %50 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettiği koruk suyu örneklerinin Eİ değerlerinin ısınma periyodu boyunca sıcaklık ile lineer olarak artış gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı Eİ değerlerinin %32 SÇKM içeriğine kadar artış gösterdiğini daha sonra ise azaldığını bildirmiştir. Ek olarak, araştırmacı farklı ohmik evaporasyon koşullarının işlem verimliliği değerlerinin %71.27 ile %75.22 aralığında değiştiğini ve uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak işlem verimliliği değerlerinin artma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacı yaptığı genel değerlendirme ile toplam işlem süresi, toplam enerji tüketimi ve işlem verimliliği değerleri göz önüne alındığında 19V/cm voltaj gradyanının koruk suyu örneklerinin konsantre edilmesinde optimum işlem koşulu olduğunu bildirmiştir.

Karakavuk ve ark. (2022), 3 farklı voltaj gradyanı değerinde (13, 15 ve 17 V/cm) %50 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettikleri elma suyu örneklerinin Eİ ve akım değerlerinin kaynama noktası sıcaklığına kadar artış gösterdiği, daha sonra azalma eğilimi gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ek olarak araştırmacılar, uygulanan voltaj gradyanı değerlerinin artmasına bağlı olarak toplam evaporasyon süresinin kısaldığını ve buna bağlı olarak da toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerinin daha iyi korunduğunu rapor etmişlerdir.

Sabancı ve İcier (2022) yaptıkları çalışmada, 4 farklı evaporasyon sıcaklığında (100, 85, 75 ve 65°C) 13 V/cm sabit voltaj gradyanı değerinde %42 SÇKM içeriğine konsantre ettikleri portakal suyu konsantrelerinin toplam evaporasyon işlemi (ısınma ve evaporasyon) sürelerinin 34 ile 54 dak. arasında değiştiğini ve uygulanan sabit evaporasyon sıcaklığının artmasına bağlı olarak toplam evaporasyon süresinin (ısınma ve evaporasyon) azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar uygulanan evaporasyon sıcaklığının artmasının evaporasyon hızının, enerji verimliliğinin, spesifik su uzaklaştırma oranının, ekserji verimliliğinin ve geliştirme potansiyeli üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

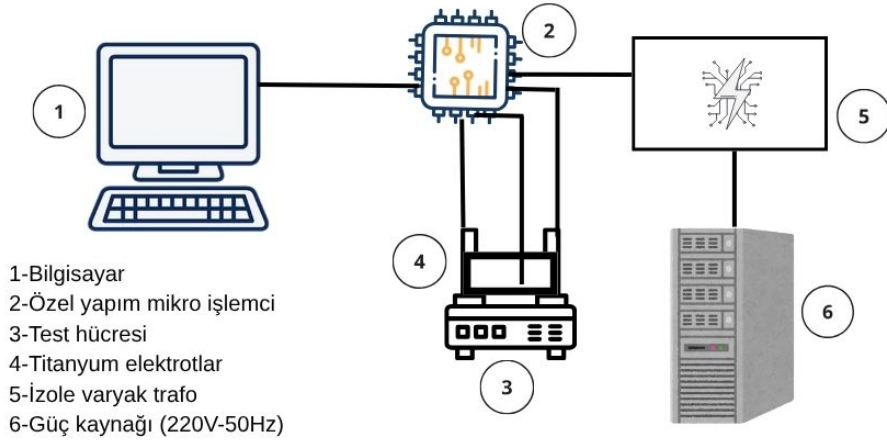
Meyan kökü örnekleri yerel bir üreticiden (Adana, Türkiye) temin edilmiştir. Şerbet üretimi için 21 g kuru meyan kökü örneği hassas terazi yardımıyla tartılmış ve 500 ml içme suyu içerisine ilave edilerek $25\pm1^{\circ}\text{C}$ su banyosu içerisinde 2 saat boyunca ekstraksiyon işlemine tabii tutulmuştur. Ardından elde edilen karışım kaba filtre kâğıdı kullanılarak süzölmüş ve analizlerde kullanılmak üzere şerbet elde edilmiştir. Elde edilen şerbet $+4^{\circ}\text{C}$ buzdolabı koşullarında soğutma işlemine tabii tutulmuş ve analize alınıncaya kadar soğuk ortamda bekletilmiştir. Meyan kökü şerbeti örneklerinin konsantrasyon işlemi öncesinde (hammadde) SÇKM içeriği $\%1.6\pm0.1$ olarak belirlenmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Evaporasyon yöntemi

Ohmik ısıtma sistemi izole edilmiş bir varyak, titanyum elektrotlar, teflon test hücresi, teflon kaplı termokupl, özel yapım mikroişlemci, bilgisayar sistemi ve ölçüm elemanlarından oluşmaktadır (Şekil 2.1).

Meyan kökü şerbeti örnekleri atmosferik koşullar altında ohmik ısıtma sistemi ile 20°C 'den 100°C 'ye ısıtılmış ve sabit evaporasyon sıcaklığında ($100\pm2^{\circ}\text{C}$) %20 SÇKM ulaşınca kadar işlem devam ettirilmiştir. Tüm denemeler için test hücresine 75 ml meyan kökü şerbeti ilave edilmiş ve 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanında örnekler %20 SÇKM içeriğine ulaşana kadar devam edilmiştir. Sıcaklık değerleri ise T-tipi ısıt eşler yardımıyla işlem süresi boyunca kayıt altına alınmıştır.



Şekil 2.1. Ohmik ısıtma sisteminin şematik gösterimi

2.2.2. Suda çözünür kuru madde içeriğinin belirlenmesi

Meyan kökü şerbeti örneklerinin evaporasyon işlemi boyunca suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri dijital refraktometre (Hanna, Portekiz) yardımıyla tespit edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

2.2.3. Elektriksel iletkenlik değerlerindeki değişim

Meyan kökü şerbeti örneklerinin hedeflenen %20 SÇKM içeriğine ulaşmaya kadar (ısıtma ve evaporasyon aşaması boyunca) özel yapılmış işlemci vasıtasıyla 1 s zaman aralığında kaydedilen sıcaklık, akım ve voltaj değerleri kullanılarak Eşitlik 1 yardımıyla elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri hesaplanmıştır (Icier, 2003).

$$Eİ = \frac{I}{V} \frac{L}{A} \quad (1)$$

burada; V voltaj gradyanını, I akımı (A), A ise elektrot ile örnekler arasındaki temas alanını (m²), L elektrotlar arasındaki mesafeyi (m) ifade etmektedir.

Isınma periyodu boyunca meyan kökü şerbeti örneklerinin Eİ değerlerinin sıcaklık ile değişimi Eşitlik 2 yardımıyla karakterize edilmiştir.

$$Eİ \left(\frac{S}{m} \right) = aT + b \quad (2)$$

Evaporasyon işlemi boyunca örneklerin su içeriği azaldığından, örneklerin elektrot ile temas alanı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle örneklerin elektrot ile temas alanları Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmış ve evaporasyon işlemi boyunca Eİ değerlerindeki değişimin hesaplanmasında kullanılmıştır (Darvishi ve ark. 2015).

$$A = \frac{m_i}{\rho_i \times L} \quad (3)$$

burada m_i meyan kökü şerbeti örneklerinin ağırlığını (kg), ρ_i meyan kökü şerbeti örneklerinin yoğunluğunu (kg/m^3) ve L iki elektrot arasındaki uzaklığı (m) ifade etmektedir.

Evaporasyon işlemi boyunca m_i kütle dengesi göz önünde bulundurularak Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmıştır. Eşitlik 4, meyan kökü şerbeti örneklerinin % SÇKM içeriklerinin herhangi bir zamana göre değişimlerini ifade etmektedir.

$$\% SÇKM = ax^3 - bx^2 + cx - d \quad (4)$$

Meyan kökü şerbeti örneklerinin yoğunluk değerleri ise Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\rho_t = \frac{m_t}{v_t} \quad (5)$$

ρ_t meyan kökü şerbeti örneklerinin yoğunluğunu (kg/m^3), m_t meyan kökü şerbeti örneklerinin ağırlığını (kg) ve v_t meyan kökü şerbeti örneklerinin hacmini (m^3) ifade etmektedir.

2.2.4. Toplam fenolik madde tayini

0.5 ml meyan kökü örneği tüpe aktarılmış ve daha sonra tüpe 0.5 ml Folin-ciocalteu reaktifi ilave edilmiştir. Tüpe 3 ml %10'luk Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilmiş ve saf su yardımıyla 50 ml tamamlanmıştır. Daha sonra tüp içerisindeki örnek 30 dak. karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bekleme işlemi sonunda tüp içerisindeki örnekler 760 nm dalga boyunda ölçüm işlemine tabii tutulmuştur (Li ve ark. 2015). Elde edilen sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/100 ml) cinsinden verilmiştir.

2.2.5. Toplam flavonoid madde tayini

1 ml meyan kökü örneği tüpe aktarılmış ve üzerine 4 ml saf su ilave edilmiştir. Tüpe daha sonra 0.3 ml %5'lik NaNO_2 çözeltisi ilave edilmiş ve örnek 5 dak. karanlık bir ortamda

bekletilmiştir. Bekleme işleminden sonra 0.3 ml %10'luk $AlCl_3$ çözeltisi ilave edilmiş ve örnek tekrar 6 dak. daha karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bekleme işlemi sonunda tüpe 2 ml 1M NaOH ilave edilmiş ve saf su yardımıyla 30 ml'ye tamamlanmış ve tüp tekrardan 15 dak. daha karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bu sürenin sonrasında örneklerin absorbanşı 510 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Li ve ark. 2015). Ölçüm sonuçları mg kuersetin eşdeğeri (mg QE/100 ml) cinsinden verilmiştir.

2.2.6. Antioksidan kapasite tayini

Örneklerin antioksidan içeriği Tzulker ve ark. (2007) tarafından modifiye edilen DPPH yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. Tüp içerisine aktarılan 500 ml metanol içerisine 0,0125 g DPPH eklenmiş ve folyo ile sarılmış bir erlen içinde, ışık almadan, manyetik karıştırıcı ile 4-5 saat boyunca karıştırılmıştır. Analiz sırasında, her tüpe 0.1 ml örnek ve 2 ml DPPH çözeltisi eklenmiş; bu karışım 30 dak. karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bekleme işlemi sonunda örneklerin 517 nm dalga boyunda saf suya karşı absorbanş ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçları mg askorbik asit eşitliği (mg AAE/100 ml) cinsinden verilmiştir.

2.2.7. Performans özelliklerinin değerlendirilmesi

Meyan kökü şerbeti örneklerinin konsantrasyon işlemi boyunca ohmik ısıtma destekli evaporasyon sisteminin enerji tüketimi Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_{ohmik} = \sum V \times I \times \Delta t \quad (6)$$

Spesifik su uzaklaştırma oranı (SSUO) (g su/kJ) Eşitlik 7 yardımıyla belirlenmiştir (Cokgezme ve ark. 2017).

$$SSUO = \frac{\text{Evaporasyon işlemi boyunca uzaklaştırılan su miktarı}}{E_{ohmik}} \quad (7)$$

Ohmik ısıtma destekli evaporasyon sisteminin performans değerlendirmesi Eşitlik 8 kullanılarak belirlenmiştir (Hosainpour ve ark. 2014).

$$\eta (\%) = 100 \times \left(\frac{m_o C_p \Delta T + m_w \times \lambda}{E_{ohmik}} \right) \quad (8)$$

Şerbet örneklerinin ısı kapasitesi değerleri ise ısıtma periyodu boyunca Eşitlik 9 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$C_p = 837 + 3349X_w \quad (9)$$

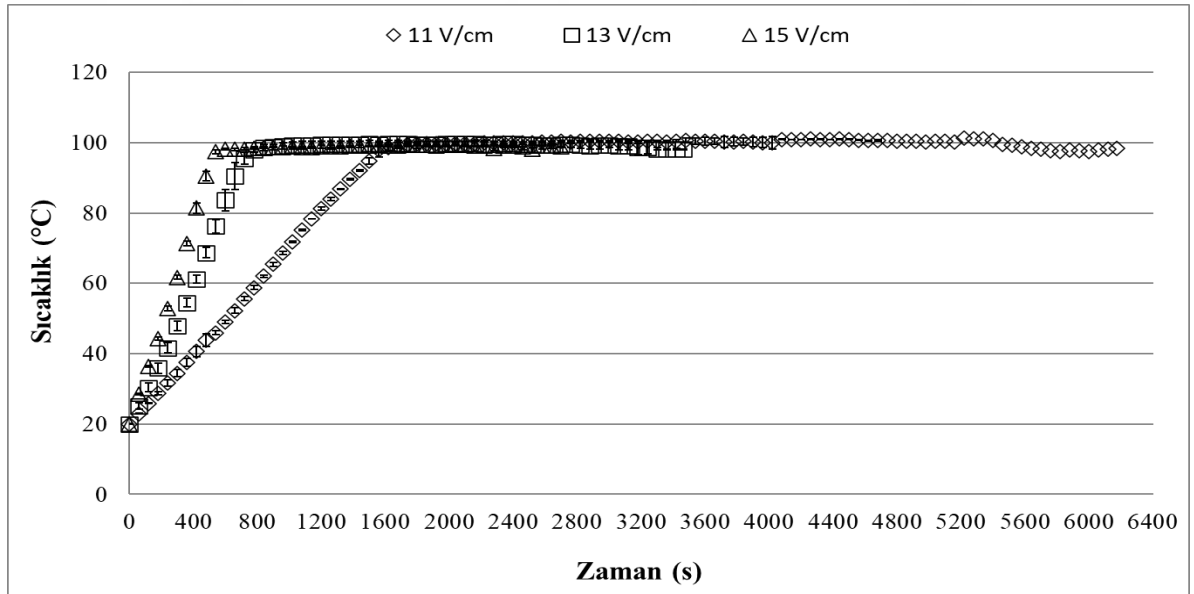
2.2.8. İstatistiksel Analizler

%20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilen meyan kökü şerbeti örnekleri üzerinde farklı işlem koşullarının bazı kalite özelliklerindeki (toplam antioksidan kapasite, toplam flavonoid madde ve toplam fenolik madde), elektriksel iletkenlik ve performans değerlendirmesi üzerine etkileri SPSS 14.0 (IBM, USA) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler, DUNCAN ve ANOVA testleri ile değerlendirilmiş olup, güven düzeyi %95 olarak kabul edilmiştir. Tüm denemeler üç tekerrürlü ve her biri en az üç paralel ölçümle gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Örneklerin sıcaklık geçmişi ve toplam işlem süresinin belirlenmesi

Meyan kökü şerbeti örnekleri ohmik ısıtma destekli evaporasyon yöntemi kullanılarak %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilmiştir. Ohmik ısıtma destekli evaporasyon işlemi 3 farklı voltaj gradyanı (11, 13 ve 15 V/cm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Isıtma periyodu boyunca meyan kökü şerbeti örneklerinin sıcaklık değerlerinin 100°C'ye kadar hızlı bir artış gösterdiği ve hedef %SÇKM içeriğine ulaşana kadar ise sabit ($\pm 2^\circ\text{C}$) kaldığı belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan evaporasyon işlemi boyunca sıcaklık değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Farklı voltaj gradyanlarında ısıtılan meyan kökü şerbeti örneklerinin ısınma sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1; Tablo 3.1). En uzun ısınma süresi 1520 saniye ile 11 V/cm voltaj gradyanında, en kısa süre ise 540 saniye ile 15 V/cm gradyanında belirlenmiştir (Tablo 3.1; $p < 0.05$). Evaporasyon işleminde uygulanan sabit voltaj gradyanı değeri arttıkça sisteme aktarılan toplam enerji miktarı da artış göstermekte, bu durum şerbet örneği içerisinde ısı jenerasyonunun artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, daha yüksek voltaj gradyanı uygulamalarında ısınma hızı değerlerinin de artış gösterdiği gözlemlenmiştir (Tablo 3.1). Elde edilen sonuçlar literatür ile kıyaslandığında da artan voltaj gradyanı uygulamalarının örneklerin ısınma hızı

değerlerinin artmasına neden olduğu birçok araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir (İcier ve ark. 2017; Sabancı ve İcier, 2017; Cevik, 2021a; Sabancı, 2021; Tunç ve ark. 2022).

Tablo 3.1. Farklı ohmik ısıtma koşullarında ısınma süresi, ısınma hızı ve toplam işlem süresi değerlerindeki değişim

Voltaj Gradyanı (V/cm)	Isınma Süresi (s)	Isınma Hızı (°C/s)	Toplam İşlem Süresi (s)
11	1520	0.053±0.001 ^a	6180
13	780	0.103±0.001 ^b	3480
15	540	0.148±0.001 ^c	2700

^{a, b, c} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, ilgili değerin değerler arasında istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Meyan kökü şerbeti örneklerinin %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilmesi için gerekli olan toplam işlem süresinin 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanları için sırasıyla 6180, 3480 ve 2700 s olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.1). En uzun işlem süresinin ısıtma periyodunda olduğu gibi 11 V/cm voltaj gradyanında tespit edilmiştir (Tablo 3.1; p<0.05). Uygulanan voltaj gradyanının 11 V/cm'den 15 V/cm'ye artmasına bağlı olarak toplam işlem süresinin %56 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Benzer şekilde, İcier ve ark. (2017) vakum altında ohmik ısıtma destekli evaporasyon işlemi ile nar suyu örneklerini konsantre etmişlerdir. Araştırmacılar uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak evaporasyon süresinin 3 kat kısaldığını rapor etmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada ise (Cevik, 2021a), araştırmacı 4 farklı voltaj gradyanı (13, 15, 17 ve 19 V/cm) kullanarak koruk suyu örneklerini %50 SÇKM içeriğine kadar konsantre etmiştir. Uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam işlem süresinin %50 oranında azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir.

Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Assiry, 2011; Boldaji ve ark. 2015; Sabancı ve İcier, 2017; Karakavuk ve ark. 2022; Ak ve ark. 2024).

3.2. Elektriksel iletkenlik değişiminin belirlenmesi

3.2.1. Isıtma periyodu boyunca

Meyan kökü şerbeti örneklerinin ısınma periyodu boyunca Eİ değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimleri Şekil 3.2’de verilmiştir. Tüm voltaj gradyanlarında Eİ değerlerinin ısıtma bölgesi (20°C’den 100°C’ye kadar) boyunca sıcaklıkla birlikte lineer bir artış gösterdiği görülmüştür. Isıtma işlemi boyunca Eİ değerleri; 11 V/cm için 0.106–0.342 S/m, 13 V/cm için 0.124–0.374 S/m ve 15 V/cm için 0.120–0.345 S/m aralığında değişim göstermiştir (Şekil 3.2). Eİ değerlerinin sıcaklık ile değişiminin doğrusal ilişkiye uyum gösterdiği belirlenmiştir ($R^2 \geq 0.98$). Eşitlik 2 ile hesaplanan a ve b katsayıları ve R^2 değerleri Tablo 3.2’te verilmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde a ve b katsayılarının farklı voltaj gradyanı uygulamasından etkilendiği, başka bir deyişle farklı voltaj gradyanı uygulamalarının istatistiksel olarak farklılık içerdiği tespit edilmiştir.

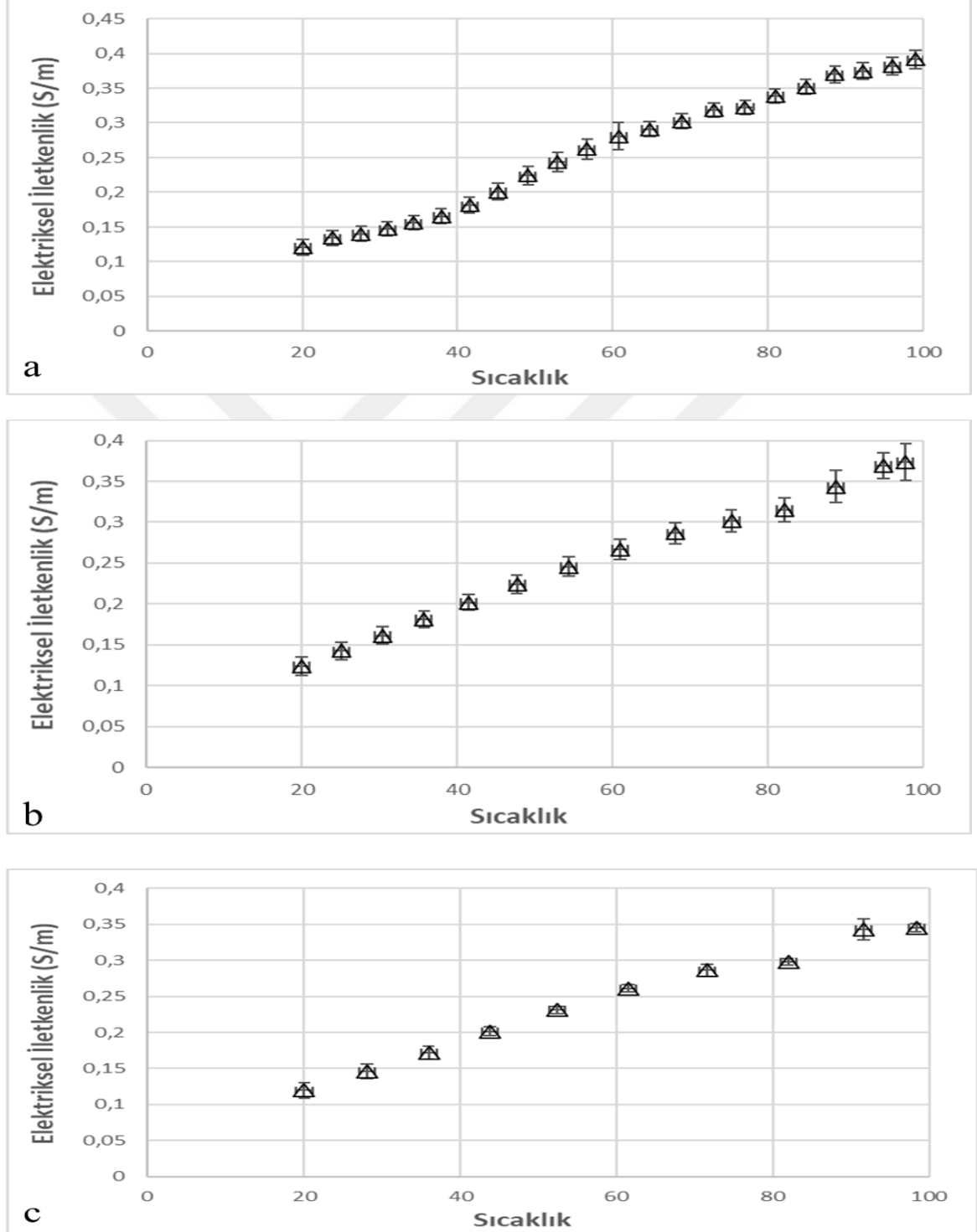
Literatürdeki yapılan birçok çalışma incelendiğinde, bu tez çalışmasında elde edilen bulgulara benzer şekilde Eİ değerlerinin sıcaklık artışı ile doğrusal bir ilişkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Icier ve ark. 2005a;b; Icier ve ark. 2008; Tulsıyan ve ark. 2008; Sabancı ve Icier, 2017; Cevik, 2021a;b). Bu durumun temel nedeninin, tüm voltaj gradyanlarında sıcaklığın artmasına bağlı olarak iyon hareketine karşı oluşan direncin azalması, bu durumunda elektriksel iletkenlik değerlerindeki artışı olumlu yönde etkilemesi ile açıklanabilmektedir (Icier ve ark. 2008; Sabancı ve Icier, 2017).

Cevik (2021b) yaptığı çalışmada, farklı voltaj gradyanlarında ısıtma işlemi uyguladığı gelincik çiçeği şurubu örneklerinin Eİ değerlerinin 0.036 ile 0.128 S/m aralığında değiştiiğini ve sıcaklık değerinin artmasına bağlı olarak Eİ değerlerinin lineer olarak arttığını rapor etmiştir.

Sabancı ve Icier (2017), farklı voltaj gradyanlarında ohmik ısıtma işlemi uyguladıkları vişne suyu örneklerinin Eİ değerlerinin 10 V/cm voltaj gradyanı için 0.42-0.97 S/m, 12 V/cm voltaj gradyanı için 0.42-0.97 S/m ve 14 V/cm voltaj gradyanı için 0.41-0.95 S/m aralığında değiştiiğini ve sıcaklık değerinin artmasına bağlı olarak Eİ değerlerinin artış gösterdiğini bildirmiştir.

Kumar ve ark. (2018) yaptığı çalışmada, dört farklı voltaj gradyanında gerçekleştirdikleri ohmik ısıtma işleminin üzüm suyu örneklerinin Eİ değerlerinin sıcaklığa

paralel olarak arttığını bildirmiştir. Ayrıca, en yüksek elektriksel iletkenlik değerinin 85°C'de, 30 V/cm gradyanında 0.81 S/m olarak elde edildiği belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan ısıtma işlemi boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi; a) 11 V/cm; b) 13 V/cm; c) 15 V/cm

Başka bir çalışmada ise (İcier ve Ilıcalı, 2004), farklı % SÇKM içeriklerine sahip meyve sularının (vişne ve elma) farklı voltaj gradyanı değerlerinde (20, 30, 40, 50 ve 60 V/cm) 30 °C'den 80 °C'ye kadar ısıtılmış, Eİ değerlerinin sıcaklığa bağlı değişiminin doğrusal model ile uyumlu olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Tablo 3.2. Isıtma periyodu boyunca farklı voltaj gradyanlarında sıcaklığa bağlı olarak meyan kökü şerbeti örneklerinin elektriksel iletkenliğindeki değişimlere ilişkin model sabitleri (Doğrusal model) ve regresyon katsayıları değerlerindeki değişim

Voltaj gradyanı (V/cm)	a (S/m°C)	b (S/m)	R ²
11	0.0030±0.0001 ^{ab}	0.0455±0.0081 ^a	0.998±0.001
13	0.0031±0.0001 ^b	0.0684±0.0074 ^b	0.990±0.004
15	0.0029±0.0001 ^a	0.0691±0.0064 ^b	0.987±0.006

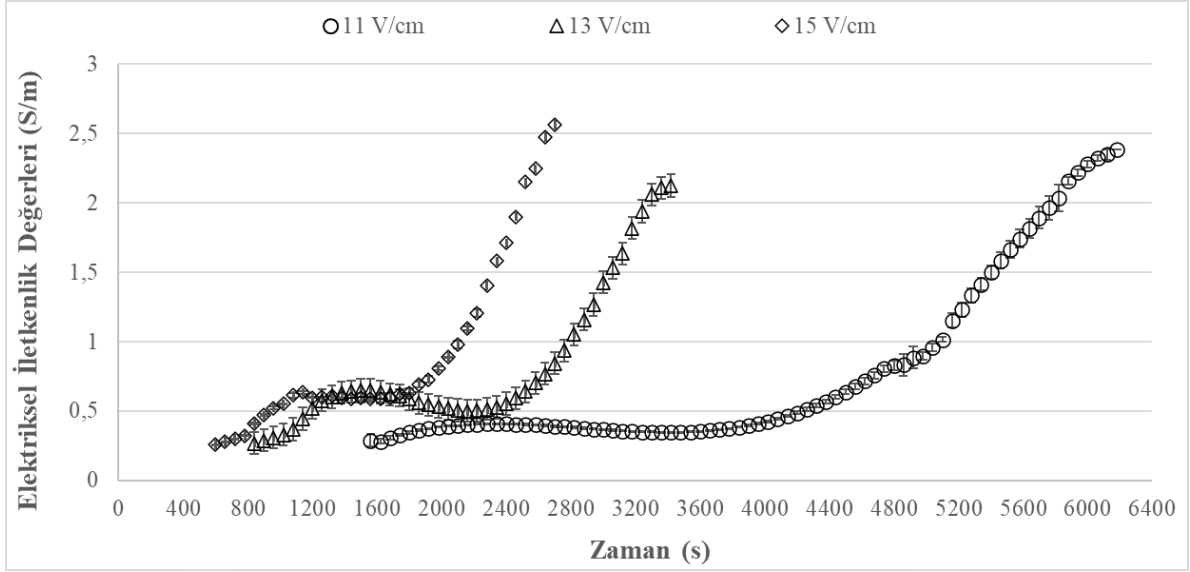
^{a, b} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, ilgili değerler arasında istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)

3.2.2. Evaporasyon periyodu boyunca

Evaporasyon periyodu boyunca Eİ değerlerinin 11, 13 ve 15 V/cm için sırasıyla 0.29-2.39, 0.27-2.12 ve 0.26-2.56 S/m aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Evaporasyon işlemi boyunca Eİ değerlerinin hem %SÇKM içeriğinin hem de voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak önemli şekilde etkilendiği tespit edilmiştir. Literatürde rapor edilen çalışmalar incelendiğinde, Eİ değerlerinin özellikle gıda maddesinin SÇKM içeriğinden etkilendiği, buna bağlı olarak farklı sıvı gıda maddeleri için farklı Eİ değerlerinin elde edildiği tespit edilmiştir (Castro ve ark. 2003; İcier ve ark. 2017; Sabancı ve İcier, 2017).

Palaniappan ve Sastry (1991b) yaptığı çalışmada, sıvı gıda maddesi içerisindeki çözünmeyen katı miktarının artmasına bağlı olarak ısıtma hızının ve elektriksel iletkenlik değerlerinin azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir.

İcier (2003), glikoz-früktöz şurubu ile çeşitli meyve nektarları, suları, püreleri ve konsantreleri üzerinde yaptığı çalışmada, gıda maddelerinin şeker içeriklerinin artmasına bağlı olarak Eİ değerlerinin olumsuz yönde etkilendiği (azaldığını) bildirmiştir.



Şekil 3.3. Farklı voltaj gradyanlarında uygulanan evaporasyon periyodu boyunca elektriksel iletkenlik değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi; o) 11 V/cm; Δ) 13 V/cm; $\diamond$) 15 V/cm

Başka bir çalışmada (Tikhonov ve ark. 2014), akdiken, elma, karadut ve kırmızı üvez meyvesi sularının SÇKM değerlerinin artmasına bağlı olarak belli bir SÇKM içeriğine (%10 ile %30 aralığında) kadar Eİ değerlerinin artış gösterdiği, daha sonra ise SÇKM içeriği arttıkça (%30 ile %65 aralığında) Eİ değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Sabancı ve Icier (2017), farklı voltaj gradyanları (10, 12 ve 14 V/cm) kullanarak vakum altında konsantre ettikleri vişne suyu örneklerinin %19.2 ile %32 aralığında SÇKM değerlerinin artmasına bağlı olarak Eİ değerlerinin artış gösterdiğini, daha sonra ise Eİ değerlerinin konsantrasyon işlemi sonuna (%65 SÇKM) kadar azalma eğilimi sergilediğini bildirmiştir.

Benzer başka bir çalışmada ise (Icier ve ark. 2017), vakum altında ohmik ısıtma destekli evaporasyon yöntemi ile konsantre ettikleri nar suyu örneklerinin Eİ değerlerinin %17.5 ile %30 SÇKM aralığında artış gösterdiğini, daha sonra ise Eİ değerlerinin konsantrasyon işlemi sonuna (%40 SÇKM) kadar azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, literatürde rapor edilen şekilde kritik SÇKM içeriğine kadar Eİ değerlerinde bir artış daha sonra ise azalma eğilimi görülmemiştir. Bu durumun bu çalışmada hedeflenen SÇKM (%20) içeriğinin literatürde rapor edilen çalışmalardan çok daha düşük seviyede kalması ve buna bağlı olarak kritik

SÇKM içeriğine ulaşılmadan evaporasyon işleminin sonlandırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.3. Meyan kökü şerbeti örneklerinin kalite özelliklerindeki değişimin incelenmesi

3.3.1. Meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam fenolik madde değerlerindeki değişimin incelenmesi

Bu tez çalışmasında kontrol grubu meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam fenolik madde (TFM) içeriğinin 230.10 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 mL olduğu tespit edilmiştir. Farklı ohmik evaporasyon koşullarında %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilen meyan kökü şerbetinin TFM içeriğinin kontrol grubu örneğine kıyasla istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3.3; $p<0.05$). 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanı kullanılarak konsantre edilen meyan kökü şerbeti örnekleri için TFM içeriklerinin sırasıyla 162.47, 207.84 ve 215.54 mg GAE/100 mL olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.3. Farklı ohmik evaporasyon işlemi koşullarında toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan kapasite değerlerindeki değişimlerin incelenmesi

Voltaj Gradyanı (V/cm)	Toplam Fenolik Madde (mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 mL)	Toplam Flavonoid Madde (mg kuersetin eşdeğeri/100 mL)	Toplam Antioksidan Kapasite (mg askorbik asit eşdeğeri (AAE)/100 mL)
Kontrol	230.10±6.88 ^c	71.06±2.01 ^d	347.44±7.68 ^d
11	162.47±5.26 ^a	43.71±2.55 ^a	292.34±7.61 ^a
13	207.84±3.19 ^b	50.97±2.53 ^b	306.77±8.83 ^b
15	215.54±7.06 ^b	63.59±5.02 ^c	329.30±5.36 ^c

a, b, c, d aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

Sabancı ve İcier (2019) yaptıkları çalışmada, 10, 12 ve 14 V/cm voltaj gradyanı kullanarak konsantre ettikleri vişne suyu örneklerinin TFM içeriklerinin sırasıyla 8787.71, 8933.95 ve 9081.22 GAE/L olduğunu ve uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam fenolik madde değerlerinin artma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir.

Güncel başka bir çalışmada ise (Karakavuk ve ark. 2022), farklı voltaj gradyanlarında konsantre edilen elma suyu örneklerinin TFM içeriklerinin 587.4 mg GAE/100g ile 716.4 mg GAE/100g arasında değiştiğini, hammaddeye kıyasla en az değişimin uygulanan en yüksek voltaj gradyanı olan 17 V/cm elde edildiğini ve uygulanan voltaj gradyanının azalmasına bağlı olarak TFM değerlerinin azalma eğilimi gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Darvishi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, 4 farklı voltaj gradyanında (15, 20, 25 ve 30 V/cm) konsantre ettikleri üzüm suyu örneklerinin TFM içeriklerinin voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak artma eğilimi gösterdiğini, ancak voltaj gradyanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın oluşmadığını rapor etmişlerdir.

Bu tez çalışmasında da literatürde birçok araştırmacı tarafından rapor edildiği gibi uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak TFM içeriklerinin artma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir deyişle, daha kısa evaporasyon sürelerinde ısıya duyarlı bir bileşik olan fenolik maddelerin yapılarının daha az etkilenmesi nedeniyle TFM içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde meyan kökü şerbeti örneklerinin ohmik ısıtma destekli evaporasyon sistemi ile konsantre edilmesi sırasında TFM değerlerindeki değişimin incelendiği bir çalışmaya araştırmacıların bilgisi dahilinde rastlanılmadığı için elde sonuçlar literatür ile karşılaştırılamamaktadır. Elde edilen bulguların ohmik evaporatör sistemlerin kurulumu için gerekli olan bilgi eksikliğini gidereceği düşünülmektedir.

3.3.2. Meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam flavonoid madde değerlerindeki değişimin incelenmesi

Bu tez çalışmasında kontrol grubu meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam flavonoid madde içeriğinin 71.06 mg kuersetin eşdeğeri/100 mL olduğu tespit edilmiştir. Farklı ohmik evaporasyon koşullarında %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilen meyan kökü şerbetinin toplam flavonoid madde içeriğinin kontrol grubu örneğine kıyasla istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.3; $p < 0.05$). 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanı kullanılarak konsantre edilen meyan kökü şerbeti örnekleri için toplam flavonoid madde içeriğinin sırasıyla 43.71, 50.97 ve 63.59 mg kuersetin eşdeğeri/100 mL olduğu, uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak toplam flavonoid madde içeriğinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3.3).

Aday (2018), yüksek basınç uygulamasının meyan kökü şerbetinin kalite özellikleri üzerine etkilerini incelediği çalışmada, kontrol grubu örneklerinin toplam flavonoid madde içeriğinin 25.18 µg kuersetin/L olduğunu bildirmiştir. Diğer bir çalışmada (Geniş, 2016), yüksek basınç uygulamasının meyan kökü şerbetinin sporlu bakteriler ile inoküle edilmesi üzerine yapılan çalışmada, kontrol grubu örneklerinin toplam flavonoid madde içeriğinin 26.13 µg kuersetin/L olduğunu bildirmiştir.

Literatürde meyan kökü şerbeti örneklerinin ohmik ısıtma destekli evaporasyon sistemi ile konsantre edilmesi esnasında toplam flavonoid madde değerlerindeki değişimin incelendiği bir çalışmaya araştırmacıların bilgisi dahilinde rastlanılmadığı için elde sonuçlar literatür ile karşılaştırılamamaktadır. Elde edilen bulguların endüstriyel ölçekli ohmik evaporatör sistemlerin kurulumu için gerekli olan bilgi eksikliğini gidereceği düşünülmektedir.

3.3.3. Meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam antioksidan kapasite değerlerindeki değişimin incelenmesi

Meyan kökünün yapısında bulunan glabrol, glabridin ve glabren gibi fenolik bileşikler ile glabrolit, likiritigenin, likoflovanol, likiritin ve flavanollar gibi kalkon bileşikleri meyan kökünün antioksidan kapasitesinin oluşmasında son derece büyük öneme sahip bileşenlerdir (Zhang ve Ye, 2009). Glabridin meyan kökü bitkisinin antioksidan içeriğini etkileyen en kritik bileşendir (Öztürk, 2019).

Bu tez çalışmasında kontrol grubu meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam antioksidan kapasite içeriğinin 347.44 mg askorbik asit eşdeğeri (AAE)/100 mL olduğu tespit edilmiştir. Farklı ohmik evaporasyon koşullarında %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilen meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam antioksidan kapasite içeriğinin, kontrol grubu örneğine kıyasla istatistiksel olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3.3; $p < 0.05$). 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanı kullanılarak konsantre edilen meyan kökü şerbeti örnekleri için toplam antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 292.34, 306.77 ve 329.30 mg AAE/100 mL olduğu tespit edilmiştir.

Sabancı ve ark. (2019), ohmik ısıtma destekli vakumlu evaporasyon sistemi ile %40 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettikleri nar suyu örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin EC_{50} cinsinden 7.96 ile 9.10 µL/mL aralığında değiştiğini ve uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak antioksidan kapasite değerlerinin azalma eğilimi

gösterdiğini belirtmişlerdir. Burada EC₅₀ değerinin azalması aslında örneklerin yüksek antioksidan içeriği sahip olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, uygulanan voltaj gradyanı arttıkça nar suyu örneklerinin sahip olduğu antioksidan aktivite değerinin arttığı bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında da, diğer araştırmacıların rapor ettiği şekilde uygulanan voltaj gradyanı arttıkça toplam antioksidan kapasite değerlerinin artma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Güncel başka bir çalışmada ise (Karakavuk ve ark. 2022), 13, 15 ve 17 V/cm voltaj gradyanı kullanılarak konsantre edilen elma suyu örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 1017, 1192 ve 1269 µmol AAE/100 g olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmada uygulanan voltaj gradyanı değerlerinin artmasına bağlı olarak antioksidan aktivite değerlerindeki kaybın azaldığı belirtilmiştir.

Aday (2018), yüksek basınç uygulamasının meyan kökü şerbetinin kalite özellikleri üzerine etkilerini incelediği çalışmada, kontrol grubu örneklerinin troloks eşdeğeri antioksidan kapasite değerinin 3.49 µmol Troloks/mL olduğunu bildirmiştir. Diğer bir çalışmada ise (Geniş, 2016), yüksek basınç uygulamasının meyan kökü şerbetinin sporlu bakterileri inoküle edilmesi üzerine yapılan çalışmada, kontrol grubu örneklerinin troloks eşdeğeri antioksidan kapasite değerinin 6.97 µmol Troloks/mL olduğunu rapor etmiştir.

Literatürde meyan kökü şerbeti örneklerinin atmosferik koşullar altında ohmik ısıtma destekli evaporasyon sistemi ile konsantre edilmesi esnasında toplam antioksidan kapasite değerlerindeki değişimin incelendiği bir çalışmaya araştırmacıların bilgisi dahilinde rastlanılmadığı için elde sonuçlar literatür ile karşılaştırılamamaktadır. Elde edilen bulguların endüstriyel ölçekli ohmik evaporatör sistemlerin kurulumu için gerekli olan bilgi eksikliğini gidereceği düşünülmektedir.

3.4. Performans değerlerindeki değişimin incelenmesi

3.4.1. Toplam enerji tüketimi değerlerindeki değişimin incelenmesi

Farklı voltaj gradyanları kullanılarak %20 SÇKM içeriğine konsantre edilen meyan kökü şerbeti örneklerinin enerji tüketim değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir. Maksimum enerji tüketimi değerlerinin en uzun işlem süresine sahip olmasından dolayı 11 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 3.4; p<0.05). Beklenildiği gibi en düşük enerji tüketimi değerleri ise 15 V/cm voltaj gradyanında elde edilmiştir (Tablo 3.4; p<0.05).

Tablo 3.4. Farklı ohmik ısıtma koşullarında toplam enerji tüketimi, toplam güç, spesifik su uzaklaştırma oranı ve işlem verimliliği değerlerindeki değişim

Voltaj gradyanı (V/cm)	Toplam enerji tüketimi (kJ)	Toplam güç (kW)	Spesifik su uzaklaştırma oranı (g su/kJ)	İşlem verimliliği (%)
11	300.95±1.70 ^c	0.049±0.001 ^a	0.3005±0.0014 ^a	78.74±0.38 ^a
13	255.29±2.31 ^b	0.073±0.001 ^b	0.3554±0.0041 ^b	93.03±1.01 ^b
15	247.82±1.65 ^a	0.092±0.001 ^c	0.3692±0.0040 ^c	96.49±0.99 ^c

^{a, b, c} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, ilgili değerin değerler arasında istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Karakavuk ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, farklı voltaj gradyanlarında (13, 15 ve 17 V/cm) ohmik evaporasyon işlemi uyguladıkları üzüm suyu örneklerini 0.95 kg su/kg kuru madde içeriğine kadar konsantre etmişlerdir. Araştırmacılar enerji tüketimi değerlerinin 13, 15 ve 17 V/cm voltaj gradyanları için sırasıyla 565, 549.6 ve 534.3 kJ aralığında değiştiğini, uygulanan voltaj gradyanının artışıyla birlikte enerji tüketiminin düşüş eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir.

Güncel bir çalışmada ise (Ariç Sürme ve Sabancı, 2021), 7, 9 ve 11 V/cm voltaj gradyanlarında 3 kg su/kg kuru madde içeriğine kadar konsantre ettikleri süt örneklerinin toplam enerji tüketimi değerlerinin 231.6 kJ ile 276.7 kJ aralığında değiştiğini, uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak enerji tüketimi değerlerinin azalma eğilimi gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Cevik, (2021a), 4 farklı voltaj gradyanında konsantre ettiği koruk suyu örneklerinin toplam enerji tüketim değerlerinin 273.23 kJ ile 261.33 kJ aralığında değiştiğini ve voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak enerji tüketim miktarlarının azalma eğilimi gösterdiğini rapor etmiştir.

Cokgezme ve ark. (2017), 7.5, 10 ve 12.5 V/cm voltaj gradyanında %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettikleri nar suyu örnekleri için gerekli olan toplam enerji tüketimi değerlerinin sırasıyla 1826, 1011 ve 828 kJ olduğunu belirtmişlerdir. Uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak gerekli olan enerji değerlerinin azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sabacı ve Icier (2020) yaptıkları çalışmada 3 farklı voltaj gradyanında (10, 12 ve 14 V/cm) %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettikleri vişne suyu örnekleri için toplam enerji tüketimi değerlerinin 233.27 kJ ile 285.26 kJ aralığında değiştiğini, en yüksek toplam enerji

tüketimi değerlerinin 10 V/cm voltaj gradyanında elde edildiğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçların literatürde rapor edilen sonuçlar ile benzerlik gösterdiği ve uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak toplam enerji tüketimi değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

3.4.2. Toplam güç tüketimi değerlerindeki değişimin incelenmesi

Tablo 3.4'te verilen toplam güç tüketimi değerleri ise farklı işlem koşulları için gerekli olan toplam evaporasyon süreleri kullanılarak hesaplanmıştır. 3 farklı voltaj gradyanında evapore edilen meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam güç değerlerinin 0.049 ile 0.092 kW aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam güç değerlerinin artış gösterdiği ve en yüksek güç tüketimi değerlerinin 15 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 3.4; $p < 0.05$).

Cevik (2021a) yaptığı çalışmada, ohmik ısıtma detsekli evaporasyon sistemi ile %50 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettiği koruk suyu örneklerinin toplam işlem süresi boyunca toplam güç tüketim değerlerindeki değişimleri incelemiştir. Araştırmacı 13, 15, 17 ve 19 V/cm voltaj gradyanında gerçekleştirdiği evaporasyon işlemleri için toplam güç tüketimi değerlerinin sırasıyla 0.130, 0.174, 0.219 ve 0.256 kW olduğunu rapor etmiştir. Araştırmacının rapor ettiği değerlerin bu çalışmada elde edilen değerlerden yüksek olmasının sebebi ise araştırmacının kullandığı gıda maddesinin elektriksel iletkenlik değerlerinin daha yüksek olması ve buna bağlı olarak toplam işlem sürelerinin kısalması ile açıklanabilmektedir.

Güncel başka bir çalışmada ise (Karakavuk ve ark. 2022), 3 farklı voltaj gradyanında konsantre ettikleri elma suyu örneklerinin toplam güç tüketimi değerlerinin 191.2-392.65 W aralığında değiştiğini, uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam güç tüketimi değerlerinin artma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çokgezme ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, 3 farklı voltaj gradyanında (7.5, 10 ve 12.5 V/cm) %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettikleri nar suyu örneklerinin toplam güç tüketimi değerlerinin 0.68-0.92 kW aralığında değiştiğini ve uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam güç tüketimi değerlerinin artma eğilimi gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Sabancı ve Icier (2020), %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettikleri vişne suyu örnekleri için toplam güç tüketimi değerlerinin 0.60-0.97 kW aralığında değiştiğini,

uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak toplam g tknetimi değerlerinin artma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçların literatürde rapor edilen çalışmalar ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

3.4.3. Spesifik su uzaklaştırma oranı değerlerindeki değişimin incelenmesi

Evaporasyon işleminin proses üzerindeki etkinliğini daha detaylı bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüm işlem koşullarında g cinsinden uzaklaştırılan su miktarının kJ cinsinden giriş enerjisine oranı olarak tanımlanan spesifik su uzaklaştırma oranı (SSUO) değerleri hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, SSUO değerlerinin 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanları için sırasıyla 0.3005, 0.3554 ve 0.3692 g su/kJ olduğu ve uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak SSUO değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 3.4; $p < 0.05$).

Sabancı ve İcier (2022) yaptıkları çalışmada, 13 V/cm sabit voltaj gradyanında 4 farklı sıcaklık değerinde (65, 75, 85 ve 100°C evaporasyon sıcaklığında) evapore ettikleri portakal suyu rneklerinin SSUO değerlerinin 0.11 ile 0.29 g/kJ aralığında değiştiğini ve uygulanan evaporasyon sıcaklığı değerlerinin artmasına bağlı olarak SSUO değerlerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Güncel başka bir çalışmada ise (Cevik, 2021a), farklı voltaj gradyanları kullanılarak konsantre edilen koruk suyu rneklerinin SSUO değerlerinin 0.2267 ile 0.2819 g/kJ aralığında değiştiği ve uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak SSUO değerlerinin artış gösterdiği bildirilmiştir.

Karakavuk ve ark. (2022) yaptığı çalışmada, farklı evaporasyon koşulları için SSUO değerlerinin 0.293 ile 0.308 g su/kJ aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların rapor ettiği değerlerin bu tez çalışmasında elde edilen değerlerden yüksek olmasının sebebi ise, araştırmacıların hedef SKM içeriklerinin bu çalışmada planlanan değerlerden daha yüksek olması ile açıklanabilmektedir.

Sabancı ve İcier (2020) yaptığı çalışmada, farklı evaporasyon koşullarında gerçekleştirilen evaporasyon işlemi için SSUO değerlerinin 0.14 g su/kJ ile 0.15 g su/kJ aralığında değiştiğini bildirmiştir.

İcier ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, %40 SKM içeriğine kadar farklı voltaj gradyanlarında konsantre ettikleri nar suyu örnekleri için SSUO değerlerinin 87 ile 195 mg/kJ aralığında değiştiğini, uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak birim

enerji miktarı başına uzaklaştırılabilen su miktarının arttığı, başka bir deyişle harcanan enerjinin daha etkin bir şekilde evaporasyon işlemi için kullanılabildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, bu tez çalışması sonucunda da uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak SSUO değerlerinin artma eğilimi gösterdiği, en yüksek SSUO değerinin 15 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği tespit edilmiştir.

3.4.4. İşlem verimliliği değerlerindeki değişimin incelenmesi

Farklı evaporasyon koşulları evapoarsyon işleminin verimliliği açısından değerlendirildiğinde, 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanları için işlem verimliliği değerlerinin sırasıyla %78.74, %93.03 ve %96.49 olduğu ve uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak işlem verimliliği değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3.4; $p < 0.05$). Bu durum uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak örnek içerisindeki meydana gelen ısı jenerasyonunun artması ve bunun sonucunda kayıp enerji miktarının azalması ile açıklanabilmektedir.

Darvishi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, farklı voltaj gradyanlarında (15, 20, 25 ve 30 V/cm) konsantre ettikleri dut örneklerinin sistem performanslarının %66.61 ile %74.27 aralığında değiştiğini ve uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak sistem performanslarının artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Cevik (2021a), farklı voltaj gradyanlarında (13, 15, 17 ve 19 V/cm) %50 SÇKM içeriğine kadar konsantre ettiği koruk suyu örneklerinin işlem verimliliği değerlerinin %71.27 ile %75.22 aralığında değiştiğini ve en yüksek işlem verimliliği değerinin 19 V/cm voltaj gradyanında elde edildiğini rapor etmiştir.

Benzer şekilde, Bozkurt ve Icier (2010a) farklı voltaj gradyanlarında ohmik pişirme uyguladıkları dana eti örnekleri için uygulanan voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak enerji verimliliği değerlerinin artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Benzer sonuçlar Cokgezme ve ark. (2017) ve Sabancı ve Icier (2020) tarafından da rapor edilmiştir. Bu çalışma sonunda elde edilen verilerin pilot ve endüstriyel ölçekte tasarımı yapılacak ohmik evaporatörlerin dizayn edilmesine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Meyan kökü şerbeti örnekleri 11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanlarında ohmik ısıtma destekli evaporasyon sistemi kullanılarak %20 SÇKM içeriğine kadar konsantre edilmiştir.

11, 13 ve 15 V/cm voltaj gradyanında 20°C'den 100°C'ye kadar ısıtma işlemi uygulanan örneklerin ısınma sürelerinin sırasıyla 1520, 780 ve 540 s olduğu, uygulanan voltaj gradyanı değerinin artmasına bağlı olarak ısınma sürelerinin azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Ek olarak, örneklerin %20 SÇKM içeriğine (ısınma+evaporasyon) ulaşma sürelerinin ise 2700 ile 6180 s aralığında değiştiği belirlenmiştir. Meyan kökü şerbeti örneklerinin ısınma periyodu boyunca Eİ değerlerinin 0.106 ile 0.374 S/m aralığında değiştiği, sıcaklık ile lineer bir ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Evaporasyon periyodu boyunca ise Eİ değerlerinin 11, 13 ve 15 V/cm için sırasıyla 0.29-2.39, 0.27-2.12 ve 0.26-2.56 S/m aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Ohmik ısıtma sistemi ile konsantre edilen meyan kökü şerbeti örneklerinin TFM içeriklerindeki en büyük kaybın 11 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği ve uygulanan voltaj gradyanı arttıkça kaybın (değişimin) azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde, meyan kökü şerbeti örneklerinin toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan kapasite değerlerindeki kaybın (değişimin) da daha düşük voltaj gradyanlarında (11 V/cm) yüksek olduğu, voltaj gradyanının artmasına bağlı olarak değişimin azaldığı görülmektedir.

Maksimum toplam enerji tüketimi değerlerinin 11 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği ve toplam enerji tüketim değerlerinin uygulanan voltaj gradyanı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan voltaj gradyanı arttıkça toplam güç ve spesifik su uzaklaştırma oranı değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek işlem verimliliği değerlerinin ise 15 V/cm voltaj gradyanında elde edildiği belirlenmiştir. Daha yüksek enerji verimliliğinin istenildiği durumlarda uygulanan voltaj gradyanının artırılması önerilmektedir.

Ohmik ısıtma işlemi ile konsantre edilen meyan kökü şerbeti örneklerinin elektriksel iletkenlik, performans ve bazı kalite özelliklerindeki değişimler hakkında elde edilen sonuçların literatürdeki bilgi eksikliğini dolduracağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Aday, S.**, 2018. Meyan Kökü (*Glycyrrhiza Glabra L.*) Şerbetinin Asitlendirme Ve Yüksek Basınç Teknolojisi ile Raf Ömrünün Arttırılması, *Doktora Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 122s.
- Aday, S., Uysal Pala, Ç., Ayana Çam, B., Bulut, S.**, 2018. Storage Quality and Microbiological Safety of High Pressure Pasteurized Liquorice Root Sherbet. *LWT - Food Science and Technology*, 90: 613-619.
- Ak, F., Karakavuk, E., Goksu, A., Sabancı, S.**, 2024. An Innovative Approach in Oat Milk Production: Ohmic Heating. *Food and Bioproducts Processing*, 148: 421–427.
- Akan, H., Balos, M.**, 2008. GAP Bölgesi'nden toplanan meyan kökü (*Glycyrrhiza glabra L.*) taksonunun ihracat durumu, etnobotanik özellikleri ve tıbbi önemi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (2): 233-241.
- Anilkumar, D., Joshi, H., Nishteswar, K.**, 2012. Review of *Glycyrrhiza glabra* (Yastımadhu)-A Broad Spectrum Herbal Drug. *Pharma Science Monitor*, 3 (4): 3171-3195.
- Assiry, A.M.**, 2011. Application of ohmic heating technique to approach near-ZLD during the evaporation process of seawater. *Desalination*, 280, 217–223.
- Ariç Sürme, S., Sabancı, S.**, 2021. The usage of ohmic heating in milk evaporation and evaluation of electrical conductivity and performance analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(9), e15522.
- Ay, M.O., Aktürk, A., Çolakoğlu, A., Çelikdemir, A., Kozacı, N., Açıkalın, A., Avcı, A., Satar, S.**, 2014. Aşırı Meyan Kökü Şerbeti Alımına Bağlı Hipopotasemik Paralizi ve Solunum Yetersizliği. *Cukurova Medical Journal*, 39 (2): 387-391.
- Badkhane, Y., Yadav, A., Bajaj, A., Sharma, A.K., Raghuwanshi, D.**, 2014. *Glycyrrhiza glabra L.* A Miracle Medicinal Herb. *Journal of Pharmaceutical Research*, 4 (12): 5808-5816.
- Baek, J.Y., Lee, J.M., Lee, S.C.**, 2008. Extraction of Nutraceutical Compounds from Licorice Roots with Subcritical Water. *Separation and Purification Technology*, 63 (3): 661-664.
- Boldaji, M.T., Borhei, A.M., Beheshti, B., Hosseini, S.E.**, 2015. The process of producing tomato paste by ohmic heating method. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3598-3606.
- Bozan, B.**, 1988. Meyan Kökünün Özütlenmesi ve Saflaştırılması İşlemleri. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 103s.
- Bozkurt, H., Icier, F.**, 2010a. Electrical conductivity changes of minced beef–fat blends during ohmic cooking. *Journal of Food Engineering*, 96, 86-92.

- Bozkurt, H., Icier, F., 2010b.** Ohmic cooking of ground beef: Effects on quality. *Journal of Food Engineering*, 96, 481-490.
- Bozkurt, H., Icier, F., 2010c.** Exergetic performance analysis of ohmic cooking process. *Journal of Food Engineering*, 100, 688-695.
- Bi, W., Tian, M., Row, K.H., 2010.** Solid-phase extraction of liquiritin and glycyrrhizin from licorice using porous alkyl-pyridinium polymer sorbent. *Phytochemical Analysis*, 21 (5): 496-501.
- Castro, I., Teixeira, J.A., Salengke, S., Sastry, S.K., Vicente, A.A., 2003.** The influence offield strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry products. *Journal of Food Process Engineering*, 26(1), 17-29.
- Cemeroğlu, B., 2010.** Gıda Analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 2. Baskı, Ankara.
- Cevik, M., 2021a.** Electrical conductivity and performance evaluation of verjuice concentration process using ohmic heating method. *Journal of Food Process Engineering*, 44:e13672.
- Çevik, M., 2021b.** Gelincik Çiçeği Şurubunun Elektriksel İletkenlik Değerleri ve Reolojik Özelliklerindeki Değişimin İncelenmesi. *Gıda*, 46 (4), 992-1001.
- Çınar, İ., 2012.** Sıcaklık ve Sürenin Meyan Kökü (*Glycyrrhiza glabra* L.) Ekstraksiyonuna Etkisi ve Ekstraksiyon Kinetiğinin Modellenmesi. *Electronic Journal of Food Technologies*, 7 (2): 21-30.
- Çubukçu, B., Sarıyar, G., Meriçli, A.H., Sütlüpnar, N., Mat, A., Meriçli, F., 2002.** Fitoterapi Yardımcı Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Cokgezme, O.F., Sabanci, S., Cevik, M., Yildiz, H., Icier, F., 2017.** Performance analyses for evaporation of pomegranate juice in ohmic heating assisted vacuum system. *Journal of Food Engineering*, 207, 1–9.
- Damle M., 2014.** *Glycyrrhiza glabra* (Liquorice)-A Potent Medicinal Herb. *International Journal of Herbal Medicine*, 2 (2): 132-136.
- Darvishi, H., Hosainpour, A., Nargesi, F., Fadavi, A., 2015.** Exergy and energy analyses of liquid food in an ohmic heating process: A case study of tomato production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 73–82.
- Darvishi, H., Koushesh Saba, M., Behrooz-Khazaei, N., Nourbakhsh, H., 2020.** Improving quality and quantity attributes of grape juice concentrate (molasses) using ohmic heating. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 1362–1370.

- Geniş, S.Y.**, 2016. Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Meyan Kökü Şerbetinin Sporlu Bakteri Yüğü ve Fizikokimyasal Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 69s.
- Haksel, M.**, 2008. Meyan Kökü (*Glycyrrhiza glabra*), İlaç Haber Aktüel, 26-29 Eylül.
- Halden, K., de Alwis, A.A.P., Fryer, P.J.**, 1990. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 9-25.
- Haraguchi, H., Yoshida, N., Ishikawa, H., Tamura, Y., Mizutani, K., Kinoshita, T.**, 2000. Protection of mitochondrial functions against oxidative stresses by isoflavans from *Glycyrrhiza glabra*. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 52 (2): 219-223.
- Hedayati, A., Ghoreishi, S.**, 2015. Supercritical carbon dioxide extraction of glycyrrhizic acid from licorice plant root using binary entrainer: experimental optimization via response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 100 209-217.
- Hennell, J.R., Lee, S., Khoo, C.S., Gray, M.J., Bensoussan, A.**, 2008. The Determination of Glycyrrhizic Acid in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch Ex Dc. (Zhi Gan Cao) Root and the Dried Aqueous Extract by LC-DAD. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 47 (3): 494-500.
- Henderson, J.T.**, 1993. Ohmic thawing of frozen shrimp: preliminary technical and economic feasibility. *MSc Thesis*, University of Florida Gainesville, Florida.
- Hosainpour, A., Darvishi, H., Nargesi, F., Fadavi, A.**, 2014. Ohmic predrying of tomato paste. *Food Science and Technology International*, 20, 193–204.
- İçier, F.**, 2003. Gıdaların ohmik ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir, 281s.
- Icier, F., Ilicali, C.**, 2004. Electrical Conductivity of Apple and Sourcherry Juice Concentrates during Ohmic Heating. *Journal of Food Process Engineering*, 27(3), 159-180.
- Icier, F., Ilicali, C.**, 2005a. Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. *Food Research International*, 38(10), 1135-1142.
- Icier, F., Ilicali, C.**, 2005b. The Effects of Concentration on Electrical Conductivity of Orange Juice Concentrates during Ohmic Heating. *European Food Research Technology*, 220(3-4), 406-414.
- İcier, F., Yildiz, H., Baysal, T.**, 2008. Polyphenoloxidase deactivation kinetics during ohmic heating of grape juice. *Journal of Food Engineering*, 85(3), 410-417.
- Icier, F., Bozkurt, H.**, 2014. Ohmic Blanching. Ohmic Heating in Food Processing. Editors: Ramaswamy, H.S., Marcotte, M., Sastry, S., Abdelrahim, K., Florida: CRC Press.

- Icier, F., Yildiz, H., Sabanci, S., Cevik, M., Cokgezme, O. F.,** 2017. Ohmic heating assisted vacuum evaporation of pomegranate juice: Electrical conductivity changes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 39, 241–246.
- Isbrucker, R.A., Burdock, G.A.,** 2006. Risk and safety assessment on the consumption of licorice root (*Glycyrrhiza* sp.), its extract and powder as a food ingredient, with emphasis on the pharmacology and toxicology of glycyrrhizin. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 46, 167–192.
- Kaczmarczyk-Sedlak, I., Wojnar, W., Zych, M., Ozimina-Kamińska, E., Taranowicz, J., Siwek, A.,** 2013. Effect of formononetin on mechanical properties and chemical composition of bones in rats with ovariectomy-induced osteoporosis. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2013, 457052.
- Karakavuk, E., Goksu, A., Sabanci, S.,** 2022. Investigation of Electrical Conductivity and Bioactive Quality During Ohmic Evaporation Process of Apple Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, 11: e17036.
- Kılıç, H.İ.,** 2014. Meyan (*Glycyrrhiza glabra* L.) Bitkisinin Antioksidant Enzim ve Pigment İçeriğinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 95s.
- Kılınç, F., Demircan, F., Yıldırım, Y., Yılmaz, Z., Pekkolay, Z., Tuzcu, A.K.,** 2014. Meyan Kökü (likoris) Kullanımına Bağlı Hipertansiyon ve Hipokalemi ile Seyreden 5 Vakanın Değerlendirilmesi. *Sakarya Tıp Dergisi*, 4 (4): 186-190.
- Kim, H.J., Choi, Y.M., Yang, T.C.S., Taub, I.A., Tempest, P., Tucker, G., Parrott, D.L.,** 1996. Validation of ohmic heating for quality enhancement of foods products. *Food Technology*, 50(5), 253-261.
- Kumar, T., Smith, D.D., Kumar, S., Vimla, B.,** 2018. Effect of voltage gradient and temperature on electrical conductivity of grape (*Vitis vinifera* L.) juice during ohmic heating. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(05), 1914–1921.
- Li, B., Sun, D.W.,** 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods. *Journal of Food Engineering*, 54, 175–182.
- Li, Y., Ma, D., Sun, D., Wang, C., Zhang, J., Xie, Y., Guo, T.,** 2015. Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods. *The Crop Journal*, 3(4), 328–334.
- Liu, F., Chen, H.H., Li, J.K., Zhang, R., Turlings, T.C., Chen, L.,** 2016. Volatiles Released by Chinese Liquorice Roots Mediate Host Location Behaviour by Neonate *Porphyrophora sophorae* (Hemiptera: Margarodidae). *Pest Management Science*, 72 (10): 1959-1964.
- Maskan, M.,** 1999. Rheological Behaviour of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) Extract. *Journal of Food Engineering*, 39 (4): 389-393.

- Ozkan, N., Ho, I., Farid, M.,** 2004. Combined ohmic and plate heating of hamburger patties: quality of cooked patties. *Journal of Food Engineering*, 63(2), 141-145.
- Öztürk, M.,** 2019. Termosonikasyon uygulamasının meyan kökü şerbetinin kalitesi üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, 72s.
- Palaniappan, S., Sastry, S.K.,** 1991a. Electrical conductivity of selected solid foods during ohmic heating. *Journal of Food Process Engineering*, 14, 221-236.
- Palaniappan, S., Sastry, S.K.,** 1991b. Electrical conductivity of selected juices: influences of temperature, solids content, applied voltage and particle size. *Journal of Food Process Engineering*, 14, 247-260.
- Parrott, D.L.,** 1992. Use of Ohmic Heating for Aseptic Processing of Food Particulates. *Food Technology*, 68-72.
- Sabancı, S., Icier, F.,** 2017. Applicability of ohmic heating assisted vacuum evaporation for concentration of sour cherry juice. *Journal of Food Engineering*, 212, 262-270.
- Sabancı, S., Cevik, M., Cokgezme, O.F., Yildiz, H., Icier, F.,** 2019. Quality characteristics of pomegranate juice concentrates produced by ohmic heating assisted vacuum evaporation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2589–2595
- Sabancı, S., Icier, F.,** 2020. Enhancement of the performance of sour cherry juice concentration process in vacuum evaporator by assisting ohmic heating source. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 269–279.
- Sabancı, S.,** 2021. A study on electrical conductivity and performance evaluation of ohmic evaporation process of grape juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (5), e15487.
- Sabancı, S., Icier, F.,** 2022. Evaluation of an Ohmic Assisted Vacuum Evaporation Process for Orange Juice Pulp. *Food and Bioproducts Processing*, 131: 156–163.
- Sabbioni, C., Mandrioli, R., Fernti, A., Bugamelli, F., Saracino, M.A., Forti, G.C., Fanali, S., Raggi, M.A.,** 2005. Separation and analysis of glycyrrhizin, 18 β -glycyrrhetic acid and 18 α -glycyrrhetic acid in liquorice roots by means of capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 1081, 65–71.
- Sarioğlu, M., Cevizkaya, G.,** 2016. Türk Mutfak Kültürü: Şerbetler. *ODTÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 237-250.
- Sastry, S.K.,** 2008. Ohmic heating and moderate electric field processing. *Food Science and Technology International*, 14(5), 419-422.
- Sharma, V., Agrawal, R.,** 2013. Glycyrrhiza glabra-A Plant for the Future. *Mintage Journal of Pharmaceutical and Medical Sciences*: 15-20.

- Sensoy, I., Sastry, S.K.,** 2004. Ohmic blanching of mushrooms. *Journal of Food Process Engineering*, 27(1):1-15.
- Şengun, I.Y., Yildiz Turp, G., Icier, F., Kendirci, P., Kor, G.,** 2014. Effects of ohmic heating for pre-cook of meatballs on some quality and safety attributes. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 232-239.
- Şerbetçi H.,** 2007. Meyan (*Glycyrrhiza glabra L.*) Bitkisinin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 93s.
- Tikhonov, N.V., Popov, A.M., Tikhonov, V.V.,** 2014. Investigation of changes in conductivity of juice during the evaporation process. *Procedia Chemistry*, 10, 414-418.
- Tulsiyan, P., Sarang, S., Sastry, S.K.,** 2008. Electrical conductivity of multicomponent systems during ohmic heating. *International Journal of Food Properties*, 11(1), 233-241.
- Tunç, M.T., Akdoğan, A., Baltacı, C., Kaya, Z., Odabaş, H.İ.,** 2021. Production of grape pekmez by Ohmic heating-assisted vacuum evaporation. *Food Science and Technology International*, 1082013221991616.
- Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M., Amir, R.,** 2007. Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 9559–9570.
- Uygun, S.,** 2015. Batılıların Gözdesi Meyan Kökü ve Üzerine Yaşanan Emperyalist Rekabet. *OTAM Ankara Üniversitesi Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* (37), 337-374.
- Uto, T., Ohta, T., Yamashita, A., Fujii, S., Shoyama, Y.,** 2019. Liquiritin and Liquiritigenin Induce Melanogenesis via Enhancement of p38 and PKA Signaling Pathways. *Medicines*, 6 (2), 68.
- Quirós-Sauceda, A.E., Ovando-Martínez, M., Velderrain-Rodríguez, G.R., González-Aguilar, G.A., Ayala-Zavala, J.F.,** 2016. Licorice (*Glycyrrhiza glabra* Linn.) Oils, Essential Oils in Food Preservation. *Flavor and Safety*, 523-530.
- Wang, W.C.,** 1995. Ohmic heating of foods: physical properties and applications. Columbus: The Ohio State University, Columbus, OH.
- Wang, Y.C., Chuang, Y.C., Hsu, H.W.,** 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106 (1): 277-284.
- Wang, R., Farid, M.M.,** 2015. Corrosion and health aspects in ohmic cooking of beef meat patties. *Journal of Food Engineering*, 146, 17-22.

Yıldız-Turp, G., Sengun, I.Y., Kendirci, P., Icier, F., 2013. Effect of ohmic treatment on quality characteristic of meat: A review. *Meat Science*, 93, 441-448.

Zhang, Q., Ye, M., 2009. Chemical Analysis of the Chinese Herbal Medicine Gan- Cao (Licorice). *Journal of Chromatography A*, 1216 (11): 1954–1969.



ÖZGEÇMİŞ

