

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OHMİK ISITMA TEKNOLOJİSİ İLE ÜRETİLEN JELLERİN  
GELENEKSEL YÖNTEME GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Mürüvvet Merve BAŞÇİFTÇİ**

**Danışman  
Doç. Dr. Erkan KARACABEY**

**II. Danışman  
Prof. Dr. Birol KILIÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2023**



© 2023 [Mürüvvet Merve BAŞÇİFTÇİ]

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Sığır Kemiği .....	5
2.2. Kemik İliği .....	8
2.3. Kollajen .....	9
2.4. Jelatin .....	9
2.5. Ülkemizde 2021 Yılına Ait Jelatin Talep Miktarı.....	13
2.6. Jelatinin Kalitesi .....	13
2.7. Mineral .....	16
2.8. Kemik Suyu.....	17
2.9. Kemik Suyunun Sağlık Açısından Faydaları.....	19
2.10. Ohmik Isıtma.....	23
2.11. Ohmik Isıtmanın Şematik Gösterimi.....	25
2.12. Ohmik İşlemenin Et ve Et Ürünlerinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri .....	27
2.13. Ekstraksiyon - Hidrodestilasyon .....	33
2.14. Enzim İnaktivasyonu .....	36
2.15. Mikrobiyal İnaktivasyon .....	38
2.16. Evaporasyon.....	41
2.17. Ohmik Isıtmanın Gıda Kalitesi Üzerine Etkileri.....	43
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	45
3.1. Materyal.....	45
3.2. Üretim yöntemi.....	45
3.2.1. Ön işlem .....	45
3.2.2. Geleneksel yöntem ile kemik suyu üretimi .....	45
3.3. Ohmik Isıtma Sistemi .....	46
3.3.1. Ohmik ısıtma ekipmanları .....	46
3.4. Ohmik Isıtma Yöntemi İle Kemik Suyu Üretimi.....	47
3.5. Kemik Sularına Uygulanan Analizler.....	48
3.5.1. pH analizi .....	48
3.5.2. Titrasyon asitliği tayini .....	48
3.5.3. Nem tayini.....	48
3.5.4. Kül tayini .....	49
3.5.5. Su aktivitesi.....	49
3.5.6. Renk ölçümü .....	49
3.5.7. Tekstür analizi .....	49
3.5.8. Viskozite .....	49
3.5.9. Protein tayini.....	50
3.5.10. Yağ tayini.....	50

3.5.11. Tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi .....	50
3.5.12. Mineral madde analizi (Ca, Mg ).....	51
3.5.13. Tuz tayini (g/100g).....	51
3.5.14. Kuru madde tayini.....	51
3.5.15. İstatistiksel analizler .....	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	53
4.1. Kemik Suyu Üretimi.....	53
4.1.1. Ohmik ısıtma yönteminde farklı işlem süresi ve voltaj gradyenlerinin kemik sularının jel gücü üzerine etkisi .....	54
4.2. Kemik Suyu Analiz Sonuçları.....	60
4.2.1. Kemik sularının ortalama nem ve su aktivitesi değerleri.....	60
4.2.2. Kemik sularının kuru madde miktarı .....	62
4.2.3. Kemik suyu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	63
4.2.4. Kemik suyu örneklerinin renk değerleri.....	65
4.2.5. Kemik suyu örneklerinin protein, yağ ve tuz miktarları (%).....	69
4.2.6. Kemik suyu örneklerinin % kül miktarları .....	72
4.2.7. Kemik suyu örneklerinin TBA (Tiabarbiturik asit) değerlerinin değişimi.....	73
4.2.8. Kemik suyu örneklerinin tekstür ve viskozite analizi.....	74
4.2.9. Kemik suyu örneklerinin Ca ve Mg değerlerinin değişimi .....	78
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR .....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	89

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## OHMİK ISITMA TEKNOLOJİSİ İLE ÜRETİLEN JELLERİN GELENEKSEL YÖNTEME GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Mürüvvet Merve BAŞÇİFTÇİ

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erkan KARACABEY

II. Danışman: Prof. Dr. Birol KILIÇ

Geleneksel kaynatma yöntemiyle kemik suyu üretiminin; düşük verim, uzun işlem süresi, yüksek üretim maliyeti, sınırlı hammadde kullanımı, kalite ve hijyen sorunları gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Son yıllarda geleneksel yöntemlerin sahip olduğu bu dezavantajlardan dolayı, alternatif yöntemler araştırılmaktadır. Besin değeri ve kalitesi yüksek gıdalar üretmek için kullanılan bu yöntemlerden biri de ohmik ısıtma tekniğidir. Ohmik ısıtma, yüksek frekanslı bir elektrik akımının (50-60 Hz) yüksek bir dirençle karşılaştığında ısınması prensibiyle çalışır. Bu yöntem, diğer ısıtma yöntemlerine göre birçok avantaja sahiptir. Ohmik ısıtma, hidroliz işleminin hızlandırılmasına yardımcı olur, pH ve sıcaklık gibi parametreleri kontrol etme imkânı tanır. Ohmik ısıtma, hidroliz işleminin gerçekleştirildiği reaktörün tamamını ısıtır. Böylece, hidroliz işlemi için gerekli olan enerji tüketimi diğer yöntemlere kıyasla önemli ölçüde azalır. Yüksek sıcaklık ve kısa sürede hidroliz işleminin gerçekleşmesiyle; kolajen, amino asitler ve mineraller gibi besin maddeleri açısından zengin kemik sularının elde edilmesine olanak tanır. Bu çalışmada ürün kalitesini yükseltmek ve işlem süresini kısaltmak amacıyla, geleneksel kaynatma yöntemine alternatif olarak ohmik ısıtma yöntemi kullanımı amaçlanmıştır. Ohmik ısıtma (3, 4, 5 saat, 100 V/cm, 95 °C) ve geleneksel (9 saat, 95 °C) kaynatma yöntemi olmak üzere iki farklı teknikte tuzlu su (% 0.2, g/100mL) içerisinde kemiklerin kaynatılmasıyla kemik suyu örnekleri elde edilmiştir. İki yöntemin etkinliğinin karşılaştırılması amacıyla tekstürel analiz sonucu elde edilen jel gücü değerleri yanıt olarak kullanılmıştır. Verilerin istatistiksel analizi, kemik sularına uygulanan yöntemin türü ve işlem süresinin jel gücü üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ). En yüksek jel gücüne ohmik ısıtma (5 saat, 100 V/cm, 95 °C) yöntemi ile elde edilen kemik suyunun sahip olduğu görülmüştür. Geleneksel yöntemle ve 3, 4, 5 saat sonunda 100 V/cm voltaj gradyanında elde edilen örneklerin pH, kuru madde, nem, su aktivitesi,  $L^*$  ve hue değeri özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı ( $p > 0.05$ ); protein, yağ, titrasyon asitliği, kül, tuz, tbars, viskozite, mineral madde (Ca ve Mg),  $C^*$  değeri ve jel gücü özelliklerinin önemli olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Elde edilen sonuçlara göre 100 V/cm voltaj gradyanında

gerçekleştirilen ohmik ısıtma ile jelleşme süresi ve enerji sarfiyatı önemli ölçüde azalırken, geleneksel yöntemle elde edilen kemik sularına kıyasla kalite özellikleri açısından daha iyi kemik suları elde edilmesi, ohmik ısıtma teknolojisinin jel üretiminde alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ohmik Isıtma, Jel, Kemik İliği

**2023, 89 sayfa**



## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **COMPARISON OF GELS PRODUCED WITH OHMIC HEATING TECHNOLOGY ACCORDING TO THE TRADITIONAL METHOD**

**Mürüvvet Merve BAŞÇİFTÇİ**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan KARACABEY**

**Co-Supervisor: Prof. Dr. Birol KILIÇ**

Gel production by traditional boiling method has some disadvantages such as low yield, long processing time, high production cost, limited raw material usage, quality and hygiene problems. In recent years, due to these disadvantages of traditional methods, alternative methods have been investigated. One of these methods used to produce foods with high nutritional value and quality is ohmic heating technique. Ohmic heating works on the principle that a high frequency electric current (50-60 Hz) heats up when it encounters a high resistance. This method has many advantages over other heating methods. Ohmic heating helps speed up the hydrolysis process and allows to control parameters such as pH and temperature. Ohmic heating heats the entire reactor where the hydrolysis process takes place. Thus, the energy consumption required for the hydrolysis process is significantly reduced compared to other methods. With the high temperature and the realization of the hydrolysis process in a short time; it allows to obtain gels which are rich in nutrients such as collagen, amino acids and minerals. In this study, it is aimed to use the ohmic heating method as an alternative to the traditional boiling method in order to increase the product quality and shorten the processing time. Gel samples by boiling the bones in saline (0.2%, g/100mL) with two different techniques, ohmic heating (3, 4, 5 hours, 100 V/cm, 95 °C) and conventional method (9 hours, 95 °C) has been obtained. In order to compare the effectiveness of the two methods, the gel strength values obtained as a result of the textural analysis were used as the response. Statistical analysis of the data shows that the type of method and treatment time applied to the bone broths had a significant effect on gel strength ( $p < 0.05$ ). It was observed that the bone broth obtained by ohmic heating (5 hours, 100 V/cm, 95 °C) method had the highest gel strength. There was no difference ( $p > 0.05$ ) between the pH, dry matter, moisture, water activity,  $L^*$  and hue value properties of the samples obtained by conventional method and 100 V/cm voltage gradient at the end of 3, 4, 5 hours; protein, fat, titration acidity, ash, salt, tbars, viscosity, mineral matter (Ca and Mg),  $C^*$  value and gel strength properties were found to be significant ( $p < 0.05$ ). According to the results obtained, ohmic heating at a

voltage gradient of 100 V/cm significantly decreased the gelation time and energy consumption, and better bone broths were obtained in terms of quality characteristics compared to bone broths obtained by the traditional method, indicating that ohmic heating technology can be used as an alternative method in gel production.

**Keywords:** Ohmic Heating, Gel, Bone Marrow

**2023, 89 pages**



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçların değerlendirilmesinde, bilgi ve birikimiyle ışık tutan, karşılaştığım zorluklarda yardım ve desteğini esirgemeyen değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Erkan KARACABEY ve 2. Danışman hocam Prof. Dr. Birol KILIÇ'a emeklerinden dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında teknik ve ekipman desteği sağlayan Sayın Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN'a teşekkür ederim.

Çalışmamın çeşitli aşamalarında, yardımlarını esirgemeyen başta Ayşe ÖZÇELİK, Mustafa ÖZÇELİK, Merve Seçil BARDAKÇI, ve Sedef AYDIN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımın gerçekleşmesinde laboratuvar imkânlarından yararlandığım Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve FYL-2022-8631 proje numaralı araştırmamı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her konuda destek ve sevgilerini esirgemeyen, maddi ve manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan annem Nuray Poyrazoğlu, babam Mehmet Poyrazoğlu, kardeşim Cafer Erhan Poyrazoğlu ve sevgili eşim Savaş BAŞÇİFTÇİ'ye sonsuz teşekkür ediyorum.

Mürüvvet Merve BAŞÇİFTÇİ  
ISPARTA, 2023

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Mezbahalar ve işlem sonrası faaliyetleri .....	7
Şekil 2.2. Femur kemiğinin ayrıntılı görünümü .....	8
Şekil 2.3. Ohmik ısıtma işleminin şematik gösterimi .....	25
Şekil 3.1. Kullanılan Ohmik Isıtma Cihazı ve Çizimi.....	46
Şekil 4.1. Yerel bir kasaptan temin edilen ilikli sığır kemiklerinin görünümü ....	53
Şekil 4.2. Farklı süre ve voltaj gradyanlarında işleme tabi tutulan kemik sularının jel gücü değerlerinin değişimi .....	55
Şekil 4.3. Kemik sularının jel gücü (ort) değerlerinin değişimi.....	76



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Sığır uzun kemiklerinde bulunan su, nitrojen, kül, kondratın sülfat, kollajen ve diğer proteinlerin (%) miktarları.....	6
Çizelge 2.2. Jelatinin amino asit dağılımı.....	11
Çizelge 2.3. TÜİK ve TOBB Sanayi Verileri.....	13
Çizelge 2.4. Farklı işlem koşullarında uygulanan işlem parametreleri.....	33
Çizelge 3.1. Deneme deseninde yer alan bağımsız değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri.....	48
Çizelge 3.2. Deneme deseninde yer alan bağımsız değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri.....	52
Çizelge 4.1. Farklı süre ve voltaj gradyanlarında işleme tabi tutulan kemik sularının jel gücü değerleri.....	54
Çizelge 4.2. Kemik suyu üretimi için belirlenen optimum şartlar .....	58
Çizelge 4.3. Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemine göre farklı işlem sürelerinde elde edilen kemik sularının nem ve su aktivitesi değerleri .....	61
Çizelge 4.4. Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemleriyle elde edilen kemik sularının kuru madde miktarları .....	63
Çizelge 4.5. Kemik sularının titrasyon asitliği ve pH değerleri.....	64
Çizelge 4.6. Kemik sularının L*, C* ve Hue değerleri.....	69
Çizelge 4.7. Kemik suyu örneklerinin protein, yağ ve tuz miktarları (%).....	69
Çizelge 4.8. Kemik suyu örneklerinin kül miktarları (%) .....	73
Çizelge 4.9. Kemik sularının TBA (450 nm) değerlerinin değişimi.....	73
Çizelge 4.10. Kemik sularının viskozite değerlerinin değişimi.....	77
Çizelge 4.11. Kemik sularının Ca ve Mg değerlerinin değişimi .....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	Kırmızı/yeşil koordinatı, +a* kırmızı, - a* ise yeşil
ANOVA	Varyans Analizi (Analysis of variance)
aw	Su Aktivitesi
b*	Sarı/mavi koordinatı, +b* sarı, -b* ise mavi
BSE	Bovine Spongiform Encephalopath
CaCl <sub>2</sub>	Kalsiyum klorür
CIE	The International Commission on Illumination
cm <sup>2</sup>	Santimetre kare
cm <sup>3</sup>	Santimetre küp
cP	Santipoise
DCP	Dikalsiyum fosfat
EFSA	Uluslararası kuruluşlar ve Avrupa Topluluğu Gıda Güvenliği Ajansı
FDA	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
FFA	Serbest yağ asitliği
g	Gram
g/mL	Gram/Mililitre
HCL	Hidroklorik asit
kDa	Kilodalton
kg	Kilogram
kW	Kilowatt
L*	Açıklık (lightness) koordinatı (L*=0 siyah, L*=100 beyaz)
mA	Miliamper
MCP	Mono kalsiyum fosfat
MDA	Malonaldehide
mL	Mililitre
mm	Milimetre
MSG	Monosodyumglutamat
°C	Santigrat
p	Olasılık (Probability)
pH	power of Hydrogen
PME	Pektin metilesteraz
TBA	Tiabarbitirik asit
TBARS	Tiyobarbitirik asit reaktif maddeler analizi
TCA	Triklorasetik Asit
USDA	Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Tarım Dairesi
V/cm	Volt / Santimetre
VG	Voltaj Gradienti
WHO	World Health Organization;Dünya Sağlık Örgütü
µmol	Mikromol

## 1. GİRİŞ

Türklerin tarih boyunca özgürlüklerine düşkün bir toplum olmaları ve hayvancılıkla geçimlerini sağlamaları gibi sebepler göçebe bir yaşam tarzını benimsemelerine sebep olmuştur. Göçebe yaşam türü; yeni ve geniş meraların keşfi ile hayvancılık faaliyetlerinin gelişmesinde etkili olmuştur. Hayvancılık faaliyetlerinin gelişimi ile hayvansal gıda ağırlıklı, özellikle et tüketiminin geniş paya sahip olduğu bir beslenme profili oluşmuştur. Bu durum hayvansal gıdaların tazeliğini koruma ve muhafaza etme gerekliliğini de beraberinde getirmiştir ( Kara, 2017).

Hayvansal gıdaların taze olarak saklanabilmesi ve taşınması için kurutma, tuzlama ve çemenleme gibi yöntemler geliştirilmiştir. Büyükbaş hayvanlara ait bağırsaklar, yarı geçirgen zarları sayesinde doğal bir gıda ambalajı olmuştur. Göç esnasında atların terkisinde muhafaza edilen et, güneş, rüzgar ve açık hava koşullarına maruz kalarak kurutulur. Bu sayede suyunu kaybederek daha dayanıklı hale gelir. Etin kuruması, böcek ve mikroorganizmaların üremesini engeller ve uzun süre saklanabilmesini sağlar. Bugün pastırma olarak tüketilen et ürünü de bu şekilde hazırlanır. Kurutulmuş et ince dilimler halinde kesilir ve çeşitli baharatlarla, özellikle de sarımsak, tuz ve biberle kaplanır. Daha sonra tekrar güneşte veya özel fırınlarda kurutulur ve uzun süre dayanıklı hale getirilir. Günümüzde bir hayvanın tüm parçaları (et, süt, deri vs.) kullanılırken, yüzyıllar önce de benzer bir şekilde hayvanların neredeyse tüm parçaları değerlendirilmiştir. Özellikle kemik suyu, büyükbaş hayvanların ilikli kemiklerinden kaynatılarak elde edilir ve kemik suyunun sağlık açısından çok faydalı olduğu benimsenmektedir. Kemiği kırılan kişilere içirilmekte olan kemik suyu yemeklere lezzet vermesi amacıyla da katılmaktadır. Özellikle Osmanlı mutfağında, et yemeklerine kemik suyu ekleyerek daha lezzetli hale getirilmiş ve tüketilmiştir. Günümüze gelene kadar kemik suyu; tencere yemeklerinde, çorbalarda ve pilavlarda lezzeti arttırmak amacıyla kullanılmış olup halen sıklıkla tercih edilmektedir. Kemik suyunun doğrudan çorba olarak tüketilmesi de avantajları arasındadır. Son yıllarda ise kemik suyu, dokuları yenileyen kollajen içeriği açısından zengin olması nedeniyle insanların genç kalması

konusuna dikkat çekmekte ve bu bakımdan kemik suyu tüketimi artmaktadır. Kemik suyu, endüstriyel olmayan, gıda üretimi yapılan küçük işletmelerde lokanta, restoran gibi yerlerde ilikli sığır kemiklerinin uzun süre kaynatılması sonucunda elde edilmektedir. Ancak geleneksel yöntemlerle kemik suyu elde etmek zahmetli ve pratik olmayan bir uygulamadır. Hammaddenin yüksek sıcaklık ve yaklaşık 16-20 saat gibi uzun süreli bir işleme maruz kalması, proteinlerin denatüre olması ve biyoyararlılığın düşmesine sebep olur. Bu işlemin uzun sürmesi, enerji veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Ayrıca çevrede kirlilik oluşturma oranı da yüksektir. Geleneksel yöntem ile üretimi zahmetli ve zaman alan kemik suyunun tüketiminin artması, kullanımının daha kolay hale getirilmesiyle mümkün olacaktır. Kemik suyu doğrudan tüketilebilmesinin yanında, lezzet arttırıcılar (monosodyum glutamat ve çeşitli katkı maddeleri içeren bulyonlar) yerine, yemeklerde lezzet verici olarak kullanılacak doğal bir bileşendir. Ancak kemik suyunun, yapımının zahmetli ve zor olması ya da işletmelerin yeniliklere kapalı olması gibi nedenlerden dolayı ülkemizde endüstriyel olarak kemik suyu üretimi sınırlıdır. Oysaki kemik suyunun, et endüstrisinin iyi bir alt kolu olabilme potansiyeli yüksektir. Çünkü et endüstrisinde kemik oransal olarak önemli bir yan üründür ve yeteri kadar değerlendirilememektedir. Oysa ilikli kemiklerden üretilen kemik suyu protein içeriğiyle et ürünlerine alternatif olabilecek sağlıklı bir gıdadır ( Kara, 2017).

Geleneksel yöntem ile kemik suyu elde etme aşamaları şu şekildedir:

1. Kemiklerin seçilmesi: Kemik suyu için kullanılacak kemiklerin doğru seçilmesi oldukça önemlidir. Taze ve doğal kemikler tercih edilmelidir.
2. Hazırlık: Kemikler yıkanır ve önceden ıslatılır.
3. Kaynatma: Hazırlanan kemikler suyla birlikte büyük bir kazanda yaklaşık 24 saat boyunca kaynatılır.
4. Köpük alma: Kaynatma işlemi sırasında oluşan köpükler yüzeyden alınır ve atılır.
5. Süzme: Kemiklerin tamamen dağılması ve suyun tamamen kemiklerden ayrılması için beklenir. Daha sonra elde edilen karışım süzgeçten geçirilerek su ayrılır.

Geleneksel yöntem ile kemik suyu üretiminin en önemli basamaklarından biri olan kaynatma aşamasında hammaddenin yüksek sıcaklık ve yaklaşık 16-24 saat gibi uzun süreli bir işleme maruz kalması, proteinlerin denatüre olmasına ve biyoyararlılığın düşmesine sebep olmaktadır. Bu işlemin uzun sürmesi, enerji veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Yaşanılan problemler arasında, kaynatma sırasında suyun kaynatılması ve buharlaşması nedeniyle su kaybı yaşanması yer alır. Ayrıca, kemiklerden kaynaklanan kötü koku ve lezzet sorunları da ortaya çıkabilmekte ve kaynatma sırasında zararlı bakterilerin çoğalması de bir başka problem olabilmektedir.

Geleneksel yöntemle kemik suyu üretimi konusunda yapılan bir araştırmada, kemik mineralinin çözünmesinin (kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, bakır ve çinko) ve kolajen proteinin suya geçmesinin artan kaynama süresi, asitlik, sıcaklık, yüzey alanı ve karıştırma/çalkalama gibi birçok faktörle pozitif bir şekilde ilişkili olduğu bulunmuştur. Uygulanan sıcaklık derecesi ve uygulama süresi arttıkça proteinler denatüre olur ve biyoyararlılık düşer. Yağlarda istemeyen, muhtemel hastalık etmeni bileşiklerin oluşumu artar. Sıcaklık derecesi ve uygulama süresinin gıdanın besin değeri açısından önemli olmasından dolayı gıdaların dayanıklılığını arttırmak, besin değerini korumak ve kayıpları en aza indirmek amaçları doğrultusunda mümkünse düşük sıcaklık, kısa süre uygulamaları tercih edilmelidir (Aykin ve Erbaş, 2016).

Son yıllarda geleneksel yöntemlerin sahip olduğu bu dezavantajlardan dolayı, alternatif yeni yöntemler araştırılmaktadır. Besin değeri ve kalitesi yüksek gıdalar üretmek için kullanılan bu yöntemlerden biri de ohmik ısıtma tekniğidir. Ohmik ısıtma, yüksek frekanslı bir elektrik akımının (50-60 Hz) yüksek bir dirençle karşılaştığında ısınması prensibiyle çalışır. Bu yöntem, diğer ısıtma yöntemlerine göre birçok avantaja sahiptir. Ohmik ısıtma, hidroliz işleminin hızlandırılmasına yardımcı olmakta, pH ve sıcaklık gibi parametreleri kontrol etme imkanı tanımaktadır. Ohmik ısıtma, hidroliz işleminin gerçekleştirildiği reaktörün tamamını ısıtır. Böylece, hidroliz işlemi için gerekli olan enerji tüketimi diğer yöntemlere kıyasla önemli ölçüde azalır. Yüksek sıcaklık ve kısa

sürede hidroliz işleminin gerçekleşmesiyle; kolajen, amino asitler ve mineraller gibi besin maddeleri açısından zengin kemik suyu elde edilmesine olanak tanır.

Literatür incelendiğinde, ohmik ısıtma yöntemiyle yapılan çalışmaların sınırlı düzeyde olduğu, ohmik ısıtma yöntemi ile kemik suyu üretimini konu alan bir çalışmanın bulunmadığı ve bu sebeple yapılan bu çalışmanın literatürde önemli bir yeri olacağı düşünülmektedir. Ohmik ısıtma ile yapılan çalışmalarda, işlem sürelerini azalttığı, ürünlerin besin değerlerini koruduğu, işleme kolaylığı sağladığı ve enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür. Bu çalışmada, ilikli sığır kemiğinden kemik suyu eldesinde geleneksel uzun süreli ve yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen kaynatma işlemi yerine alternatif yöntem olarak ohmik ısıtma işlemi uygulanmıştır. İlikli sığır kemiğinden üretilecek olan kemik suyu üretimi parametreleri çalışma kapsamında optimize edilmiştir. Bu bağlamda ohmik ısıtma sisteminin kontrol edilebilen voltaj gradyanı, süre ve kemik/tuzlu su çözelti oranı çalışmamızdaki bağımsız değişkenlerdir. Bu işlem ile geleneksel yöntem karşılaştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Sığır Kemığı

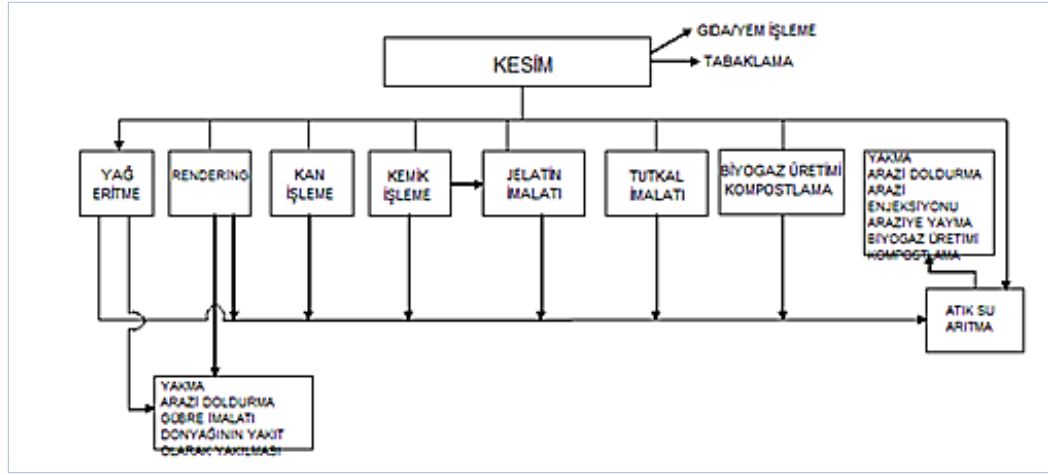
Kemik, iç organları korumakla birlikte organizmanın en dayanıklı ve en sert yapısıdır. Kemikler kalsiyum, yağ doku ve mineral madde bakımından zengindir. Kemikler; yassı kemikler (ossa plana), kısa kemikler (ossa brevia) ve uzun kemikler (ossa longa) olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Kemığın iç ve dış yüzeyleri, kemiğin bağ dokusundan oluşan tabakalardan ve hücrelerden oluşur. Periosteum (kemik zarı), kemiklerin etrafında, neredeyse tamamen kaplayan elastik ince bir tabaka halinde gelişen bir bağ dokusu şeklindedir. Kemik zarı, kemiklerin zarar görebileceği hasarı onarmaktan ve gelişimini tamamlamamış kemiklerin; beslenmesi, gelişmesi ve kalınlaşmasından sorumludur. Endosteum, kemiğin hem kompakt iç kısmında yer alır, hem de kemiğin süngerimsi iç kısmını kaplayan ince bağ dokusu tabakası olarak tanımlanır (Anonim 2015). Kemiğin yapısında; proteoglikan, sialoprotein ve fosfoproteinler gibi polianiyonik moleküller içeren tip 1 kollajen bulunmaktadır (Franzen ve Heinegard, 1984). Kemik, tüm sakatatlar çıkarıldıktan sonra geri kalan et ve kemik miktarı anlamına gelen karkas ağırlığının %18'ini oluşturmaktadır. Bu oran zayıf sığırlarda %30'a ulaşırken, besili sığırlarda %12'ye kadar düşebilmektedir. Karkas ağırlığının %4-6'sını ise kemik iliği oluşturmaktadır (Liu 2002 ve Anonim 2016c). Ülkemizde yetiştirilen sığırların kemik ağırlıklarının karkaslara oranı düşüktür. Bu oran genellikle %18 ile %23 arasında değişmektedir. Bu oran, hayvanın vücut yapısı ve dolayısıyla et verimi açısından önemlidir. Kemik oranları ırklara göre de farklılık göstermektedir. Yerli sığır ırkları kültür melezi ırklara göre daha yüksek kemik oranlarına sahiptir (Yücesan ve Ergün 2000). Büyükbaş sığırlarında uzun kemikler; epifizyal tabaka kırırdağı, eklem kırırdağı, korteks ve süngerimsi kemik iliği olmak üzere dört kısımdan oluşmakta ve içerik bakımından farklılık göstermektedir. Sığır uzun kemiklerinde bulunan su, nitrojen, kül, kondratın sülfat, kollajen ve diğer proteinlerin miktarları (%) Çizelge 2.1'de verilmiştir (Campo ve Tourtellotte 1967).

Çizelge 2.1. Sığır uzun kemiklerinde bulunan su, nitrojen, kül, kondratin sülfat, kollajen ve diğer proteinlerin (%) miktarları (Campo ve Tourtellotte, 1967 ).

	Su	Nitrojen	Kül	Kondratin sülfat	Kollajen	Diğer proteinler
Eklem	6.8	12.19	5.8	22.1	55.1	8.4
Epifizyal tabaka	7.2	9.46	23.4	23.5	39.0	10.2
Süngerimsi kemik iliği	6.4	4.49	65.1	0.31	22.5	0.10
Diyafizyal tabaka	5.6	4.29	66.6	0.23	21.9	1.3

Ülkemizde büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın yanında et üretim ve tüketimi fazladır. Bu hayvancılık faaliyetlerinin sonucu olarak, evsel atıklar ve mezbaha atıkları grubunda yer alan kemik atıklarının oranı oldukça fazladır. Hayvancılık faaliyetleri sonucu meydana gelen atıkların yönetilmesi ve değerlendirilmesi hem işletmeler hem de çevre ve insan sağlığının korunması açısından önem taşımaktadır (Çolakoğlu, 2018).

Literatüre bakıldığında, hayvancılık faaliyetleri sonucu meydana gelen yan ürünlerin en iyi şekilde değerlendirilmesi konusunda köklü değişikliklerin yapılması ve bunun için kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik metotların geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu yan ürünler yıllarca gübre veya hayvan yemi olarak değerlendirilmiştir. Oysa bu yan ürünlerin içerdiği biyolojik değerlere bakıldığında, çok az oranda fayda sağlandığı görülmektedir. Bu bağlamda hayvansal yan ürünlerin organik materyallerinin moleküler düzeyde değerlendirilerek geri kazanımı konusundaki yaklaşımlar daha kârlı görülmektedir. Bu metotların, geleneksel yöntemlere göre daha ılımlı ve çevreci oldukları, ayrıca elde edilen organik materyallerin gıda, ilaç, kozmetik gibi tarım dışı alanlarda kullanılabilirlikleri için daha avantajlı oldukları görülmektedir (Erge ve Zorba, 2018). Mezbahalar ve işlem sonrası faaliyetleri Şekil 2.1.'de oldukça basitleştirilmiş ve genel bir şekilde resimlendirilmiştir (Anonim 2017).

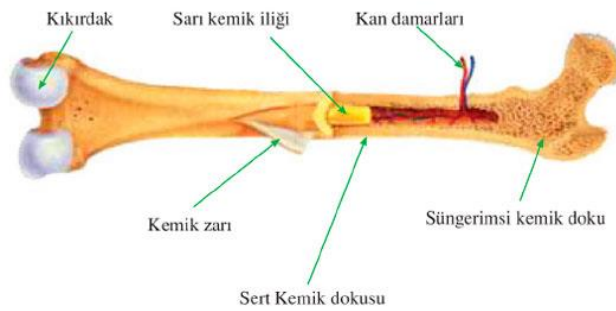


Şekil 2.1. Mezbahalar ve işlem sonrası faaliyetleri (Anonim 2017).

TÜİK tarafından Türkiye geneli kesilen hayvan sayısı istatistiklerinin ortalamalarından hareket edilerek il bazında kesilen hayvan sayısı ve elde edilebilecek yaş kemik verileri hesaplanmıştır ve Türkiye Geneli Potansiyel Kemik Miktarı: 131.957 ton/yıl yaş kemik şeklindedir. Hayvanın kesim sonrası insan tüketimine sunulamayan, mezbaha ve kombinalarda elde edilebilecek 80 çeşit yan ürün potansiyeli olan artığın ortaya çıktığı bildirilmektedir. Ülkemizde bu artıkları yan ürüne dönüştürebilecek tesis sayısının fazla olmaması hammaddenin toplanmasında büyük zorlukların mevcut olması yan ürün çeşidini ve üretimini kısıtlamaktadır. Normal koşullar altında kesilen her bir sığırın %50'si gıda olarak tüketilemeyen artıklardan oluşmaktadır. Daha farklı bir yaklaşımla 450 kg'lık bir sığırın yaklaşık 180 kg'lık kısmı insan gıdası olarak tüketilememektedir. Bu anlamda insan gıdasına sunulamayan artıkların değerlendirilememesinin sebep olacağı ekonomik kayıp ve çevre kirliliği azımsanmayacak boyuttadır. Sığırlarda kesim ağırlığının %20'sini kemikler oluşturmaktadır. Sadece kemiklerden jelatin, kemik suyu, kemik unu, kemik yağı, tutkal elde edilmektedir. Sığır besiciliğinin bütün aşamalarında meydana gelen atıkların yönetilmesi ve değerlendirilmesi hem işletmeler hem de çevre ve insan sağlığını koruma görevi olan devletler açısından önem taşımaktadır (Anonim, 2005).

## 2.2. Kemik İliği

Kemik iliği, vücudumuzdaki kemiklerin iç bölgelerinde bulunan ve kan hücrelerinin yaşam boyu üretildiği önemli bir organdır. İçerisinde bulunan hücreler sayesinde, kan dolaşım sistemimiz sürekli olarak yenilenir ve vücudumuzun ihtiyaç duyduğu oksijen, besin maddeleri ve hormonlar taşınır. Kemik iliği, kırmızı ve sarı kemik iliği olarak iki ayrı bölümden oluşur. Kırmızı kemik iliği, çoğunlukla çocuklarda bulunan ve hipoksi durumunda (oksijen azlığı) çalışmaya başlayan bir bölgedir. Kemik iliğinin bu kısmında kırmızı kan hücreleri, beyaz kan hücreleri ve kan pulcukları üretilir. Bu hücreler, bağışıklık sistemimizin sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlarken, kanamaların durdurulmasında da önemli bir role sahiptir. Sarı kemik iliği ise, çoğunlukla yetişkinlerde bulunan ve daha fazla yağ içeren bir bölgedir. Bu kısımda ise, kemik iliği hücrelerinin yanında daha az sayıda kırmızı kan hücresi üretilir. Sarı kemik iliği, kemiklerin içinde yer alan boşluklarda bulunur ve kemiklerin sertliğini sağlayan minerallerin depolandığı bir alan olarak görev yapar. İlik yapısı iskeletle dokular arasında mekaniksel ve fonksiyonel bütünlüğü sağlar (Bryant ve David 2016). Yaşın ilerlemesi ile kemikteki yağ doku çoğalır, kırmızı kemik iliği sarı kemik iliğine dönüşür (Anonim 2015). Şekil 2.2’de femur kemiğinin ayrıntılı görünümü gösterilmektedir (Anonim 2017).



Şekil 2.2. Femur kemiğinin ayrıntılı görünümü (Anonim 2017).

Kemik iliği, vücudumuzun hayati fonksiyonları için büyük önem taşır. Kan hücrelerinin üretilmesi, hayati organlarımıza oksijen ve besin maddelerinin taşınması, bağışıklık sistemi fonksiyonlarının yerine getirilmesi gibi çeşitli

görevleri vardır. Bu nedenle, kemik iliği sağlığının korunması ve düzenli olarak çalışmasının desteklenmesi büyük bir önem arz etmektedir.

### **2.3. Kollajen**

Kollajen lifli bir proteindir ve vücutta çok sayıda önemli görevi vardır. Vücudumuzun birçok dokusunda bulunan kollajen, tendonlarımızı güçlendirmek, kemiklerimizi desteklemek, derimizin elastikiyetini sağlamak gibi fonksiyonlarıyla dikkat çeker. Bu çok yönlü proteinin çeşitliliği ise oldukça fazladır. Bilim insanları tarafından şu ana kadar yirmi yedi farklı tip kollajen tanımlanmıştır. Fakat bu tiplerden en önemlilerini üç temel tip oluşturur. İlk olarak Tip I kollajen, vücudumuzdaki en yaygın olanıdır ve deri, kemikler ve tendonlar dahil olmak üzere birçok dokuda bulunur. Tip II kollajen, genellikle kıkırdak dokusunda bulunur. Bu sayede eklem hareketliliği sağlanır ve kıkırdakların esnekliği korunur. Tip III kollajen ise genellikle organların ve kan damarlarının yapısında yer alır. Bu tip kollajenin elastik dokuları destekleme görevi vardır ve yaşa bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Siebecker 2005; Yetim 2011). Kollajen, fibriller arasında oluşan çapraz bağlar sayesinde kararlı ve sağlam bir yapıdadır (Yetim 2011). Kollajen, bu üç temel tipin yanı sıra farklı dokularda farklı şekillerde bulunabilir. Örneğin, ciltte bulunan Tip VII kollajen, derinin alt tabakalarında yer alır ve cildin sağlamlığını artırır. Ayrıca, kemiklerde bulunan Tip X kollajen, kemik mineralizasyonunda önemli bir rol oynar. Bunlar sadece birkaç örnektir; çünkü kollajen protein ailesi oldukça karmaşık ve çeşitlidir. Sonuç olarak, kollajen lifli bir proteindir ve vücutta birçok önemli görevi vardır. Bağ dokunun ve kemiğin temel proteini olan kollajen uzun süre ısıtıldığında jelatine dönüşür (Duerr ve Earle,1973).

### **2.4. Jelatin**

Jelatin, gıda endüstrisinde önemli bir polimer olarak kabul edilir ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Elastikiyet, kıvam ve stabilite gibi özellikleri sağlamak için gıdalarda kullanılan birçok işlevsel bileşenden biridir. Jelatin, genellikle Tip

A ve Tip B olarak iki ayrı kategoride sınıflandırılmaktadır (Mariod ve Adam 2013).

Tip A jelatin, genellikle asidik ortamlarda elde edilen bir türdür. Asidik hidroliz ile sığır veya domuzların deri ve kemiklerinden elde edilen kollajenin işlenmesiyle üretilir. Jelatinin % 85- 92' si proteindir ve geri kalanını mineral tuzlar ve su oluşturmaktadır. Yapısı gereği Tip A jelatini ile kollajen hemen hemen aynıdır. Tip A jelatinin özellikleri, jel oluşturma, sıcaklık tolere etme ve yapışkanlık gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Boran, 2011).

Buna karşılık, Tip B jelatin, genellikle alkalik ortamlarda elde edilir. Sığır derisi ve kemiklerinden elde edilen kollajenden ve genellikle asit içermeyen enzimatik işlemlerle üretilmektedir. Tip B jelatinin karakteristik özellikleri, jel oluşturma, jelleşme noktası ve diğer özellikler açısından Tip A jelatininden farklılık gösterebilir. Tip B jelatinin yapısındaki asparajin ve glutamin amino asitlerinin büyük bir bölümü aspartik ve glutamik asite dönüşmüştür. Bu yüzden jelatin fonksiyonel özellikleri açısından gıda sanayinin vazgeçilmez ürünüdür (Yetim, 2011).

Ticari jelatinin molekül ağırlığı 40 kDa-90kDa arasındadır (Djagny ve diğ. 2013). Jelatinin kullanımı, gıda endüstrisinde çeşitli ürünleri kapsamaktadır. Pastacılık ve tatlı üretimi, dondurma, jöle, şekerleme, yoğurt, sosis ve sos gibi birçok gıda ürününde jelatin kullanılmaktadır. Jelatin, bu ürünlerin yapısını iyileştirir, kıvam ve elastikiyet sağlar ve stabiliteyi artırır. Jelatin yoğurtta stabilizatör, reçelde kıvam verici, tekstür düzenleyici, et ve et ürünlerinde emülsiyon stabilizasyonu yine et suyu ve konserve etlerde bağlama ajanı olarak kullanılmaktadır (Mariod ve Aday 2013;Yetim 2011). Ayrıca, jelatinin beslenme ve sağlık açısından da bazı faydaları vardır. Jelatin, cildin sağlıklı ve elastik kalmasına yardımcı olan kollajen üretimini destekler. Aynı zamanda eklem sağlığını iyileştirmeye ve kemiklerin güçlenmesine yardımcı olabilir. Bu nedenle, jelatin bazlı takviyeler ve gıda ürünleri popüler bir şekilde

kullanılmaktadır (Yetim 2011). Gıda endüstrisi dışında ise farmakoloji, kozmetik, fotoğrafçılık gibi sektörlerde de kullanılmaktadır (Djagny, 2013).

Jelatinin vücut sıcaklığı altında bir erime noktasına sahip olması en önemli karakteristik özelliğidir. Ayrıca jelatin, diğer hidrokolloid ajanlardan daha dayanıklıdır. Jelatinin kimyasal kompozisyonu, genellikle Gly-X-Y dizisinin tekrarları olarak görülür. Bu dizide X, genellikle prolin amino asidine bağlıdır, Y ise hidroksiprolindir. Jelatinin ana bileşeni olan glisin amino asiti, X ve Y olarak adlandırılan diğer amino asitlerle birlikte tekrar eden yapılar oluşturmaktadır. Bu tekrarlar, jelatine özgü bir yapıya ve karakteristik özelliklere sahip olmasını sağlamaktadır. Bu yapılar, jelatinin suyu emme ve tutma kapasitesini artırırken, jel oluşturma ve jelatinin elastik özellikleri gibi bir dizi fiziksel özelliğine de katkıda bulunmaktadır. Özellikle hidroksiprolin içermesi, jelatinin sıcaklık değişimlerine ve enzimatik aktiviteye karşı dayanıklılığını artırarak, birçok kullanım alanında stabilite sağlamaktadır (Boran ve diğ. 2010). Çizelge 2.2'de jelatinin amino asit dağılımı verilmiştir (Siebecker, 2005).

Çizelge 2.2. Jelatinin amino asit dağılımı (Siebecker, 2005).

<b>Amino asit</b>	<b>Miktar ( g/ 100g )</b>
Glisin	27.2
Prolin	15.5
Hidroksiprolin	13.3
Lisin	4.4
Hidroksilisin	0.8

Kemiklerden jelatin elde etme prosesi çeşitli adımları içeren bir süreçtir. Jelatin eldesi temel anlamda şöyledir; İlk adımda, kemikler sınıflandırılarak üzerindeki doku, yağlar ve diğer kontaminanlar temizlenir. Bu adımda, kemikler sıcak su ile yıkanır ve gerekirse parçalanır. Temizlenen kemikler daha sonra bir makine veya öğütücü yardımıyla küçük parçalara ayrılır. Daha sonra, kemik parçaları yüksek sıcaklıklarda bir karbonizasyon sürecine tabi tutulur. Bu adımda, kemikler yakılır veya kurutulur ve organik maddelerden arındırılır. Karbonizasyon süreci tamamlandığında, kemiklerin artık organik maddeleri giderilir ve sadece mineral parçaları kalır. Bu aşamada mineral kemikler, bir asidik ortamda suda bekletilir ve jelatin çözeltisine dönüştürülür. Bu aşamada

HCL minerallerle reaksiyona girerek mono kalsiyum fosfat oluşumuna sebep olur. Ortaya çıkan mono kalsiyum fosfat %15 kireç sütü ile muamele edilir ve sonucunda dikalsiyum fosfat oluşur. Elde edilen çözeltide %15 oranında bulunan dikalsiyum fosfat konsantrasyonu vakumla %45 oranına getirilir. Daha sonra santrifüjlü kurutucuda çözeltideki %55 nem de uzaklaştırılır. Bu işlem sonrasında kemikler önce soğuk su ile yıkanır ve fazla HCL uzaklaştırılır, ardından kireç ile alkali işleme tabi tutulur. Bu işlemin sonucunda ise kemik özü (osein) elde edilir. Osein üretimi ortalama 40-50 gün kadar sürmektedir. Bu işlemde kireçli kemik özü soğuk su ile yıkanarak fazla kireçten arındırılır ve ekstraksiyon için uygun hale gelmesi için 2,5 gün sülfürik asit ile muamele edilerek nötralize edilir. Nötralize kemik özü ekstraksiyon tanklarında yaklaşık 16-20 saat ve değişik sıcaklıklarda (40-95°C) demineralize suda bekletilir ve jelatin çözeltisine dönüştürülür. Kemiklerin asidik çözelti içinde kaynatılması, jelatinin çözülmesini sağlar. Yavaş yavaş jelatinin oluşmasını sağlayan kollajen proteinleri çözülerek sıvı hale gelir. Kaynama süreci tamamlandığında, elde edilen %3- 5'lik zayıf jelatin çözeltisi süzülür ve çözeltinin berrak hale gelmesi için bez veya filtreler kullanılır. Düşük iletkenliğe sahip bir jelatin çözeltisi elde etmek ve kül içeriğini uzaklaştırmak için iyon değiştiriciler kullanılmaktadır. Ardından evaporatörden geçirilerek %22-33 seviyelerine kadar konsantre edilmektedir. Steril hale getirmek için konsantre jelatin çözeltisine taze buhar enjekte edilir. Ardından votator sisteminde 21°C'ye soğutulur. Steril ve kuru hava kullanılması ile sıcaklık 30°C'den 50°C'ye kademeli şekilde artırılır, nem oranı %25'den %10-12 seviyelerine düşürülür. Daha sonra, jelatin blokları veya levhaları kesilerek istenen şekle ve boyuta getirilebilmektedir (Mariod and Aday 2013).

## 2.5. Ülkemizde 2021 Yılına Ait Jelatin Talep Miktarı

Çizelge 2.3. TÜİK ve TOBB Sanayi Verileri (Yetim, 2011).

Göstergeler	Kg
Üretim	9.861.600
İthalat	2.211.260
<b>Toplam Arz</b>	<b>12.072.860</b>
İhracat	6.875.599
Yurtiçi Talep	5.197.261
<b>Toplam Talep</b>	<b>12.072.860</b>

Ülkemizde, jelatin üretimi oldukça yeni olup, üretilen jelatin, ihtiyacı karşılayamamaktadır. Ülkemize ithal edilen jelatinin orijininin, kontrolünü yapma imkanı olmadığı gibi çeşitli gıda ürünlerinde kullanılan jelatinin hangi hayvan türüne ait olduğu da tespit edilememektedir. Bu durum üreticileri zor durumda bıraktığı gibi, tüketicilerde de jelatin içeren ürünlere karşı endişe ve güvensizlik oluşturmaktadır. İhracatın ve islami usullere göre üretilen jelatinine olan talebin artması dünya jelatin ticaret hacminin istikrarlı bir şekilde büyüyeceğine işaret etmektedir (Yetim, 2011). Ülkemizde 2021 yılına ait jelatin arz-talep miktarları çizelge 2.3'te görülmektedir.

## 2.6. Jelatinin Kalitesi

Jelatinin kalitesini belirlemek için çoğunlukla jel gücü ve viskozite parametreleri kullanılmaktadır. Jel gücü, jelatinin jel oluşturma kabiliyetini ve yapısal gücünü işaret eder. Bu parametre, jelatinin hangi oranda su tutarak jel oluşturduğunu gösterir. Jelatinin yüksek bir jel gücüne sahip olması, stabil ve dayanıklı jeller oluşturabileceği anlamına gelir (Wainwright, 1977).

Viskozite ise jelatinin sıvı hâldeki akıcılığını ifade eder. Jelatinin viskozitesi, onun ne kadar kolay veya zor akıştığını belirler. Düşük bir viskoziteye sahip jelatin, sıvı hâlde daha kolay işlenebilir ve karıştırılabilirken, yüksek viskoziteli jelatinler daha yoğun ve kalın kıvamlı olacaktır (Boran ve Regenstein, 2010, Wainwright, 1977).

Jel gücü ve viskozite, jelatinin kullanım alanına bağlı olarak değişebilir. Örneğin, gıda endüstrisinde kullanılacak jelatinlerin yüksek bir jel gücüne ve düşük viskoziteye sahip olması tercih edilir. Bu sayede jelatin, gıda ürünlerinde iyi bir yapı sağlayarak tekstür ve tutarlılık kazandırır (Boran ve Regenstein, 2010).

Genellikle jelatin, belirli bir sıcaklığa ısıtılarak %6.67 oranında su veya başka bir çözelti içinde çözülür (105 ml saf su için 7.5 g jelatin). Hazırlanan çözelti bloom kavanozuna koyularak, önceden belirlenmiş bir sıcaklıkta (10 °C) bir süre (16-18 saat) bekletilir. Bu, jel oluşumunun tamamlanması için gereken zamanı sağlar. Bu süre boyunca, jel oluşumu tamamlanır ve jelatin kıvamını alır. Jel oluşumu tamamlandıktan sonra, bir tekstür cihazı kullanarak, 12.7 mm çapında silindir şeklindeki prob jele 4 mm daldırılır ve jelatinin direnci ölçülür. Jel direnci, jelatinin elastikliğini ve dayanıklılığını belirler. Sonuç genellikle kuvvet jel gücü olarak g cinsinden ifade edilir (Boran ve Regenstein, 2010, Wainwright, 1977).

Viskozite testinde ise ölçüm jelleşme olmadan yapılır. Hazırlanan jelatin çözeltisi boru tipi bir viskozimetreye doldurulur ve 60 °C'de tutularak jelatin çözeltisinin akış hızı ölçülür. Ölçüm sonucu santipoise (cP) olarak ifade edilir (Boran ve Regenstein, 2010, Wainwright, 1977).

Jelatinin kalitesini belirleyen diğer önemli parametreler arasında jelatinin renk, koku ve tadı da yer alır. Yüksek kaliteli jelatinler genellikle nötr bir koku ve tada sahip olup, berrak ve soluk renkli olurlar. Bununla birlikte, kaynak malzemesi, işleme süreci ve depolama koşulları gibi faktörler de jelatinin kalitesini etkileyebilir. Jelatinde bulunan protein miktarı, hidroksprolin miktarı, su miktarı, safsızlıklar miktarı gibi parametreler de jelatinin kalitesini belirlemede tercih edilmektedir (Zhou ve Regenstein, 2006).

Ayrıca, belirli jelatin konsantrasyonlarında hazırlanan jeller üzerinde yapılan erime ve jelleşme noktası analizi, duyuusal ve tekstürel testler ile jelatinin kalitesi hakkında daha detaylı bilgi edinilebilir. Erime noktası analizi, jelatinin ısınma sırasında jel halinden sıvı hale dönüşme sıcaklığını belirlemek amacıyla

kullanılabilmektedir. Bu analiz, jelatinin stabilitesini ve sıcaklık toleransını değerlendirmek için önemlidir (Rao, 2007; Zhou ve ark, 2006).

Erime noktası analizi genellikle diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) veya benzeri bir cihaz kullanılarak gerçekleştirilir. Numune, belirli bir hızda ısıtılırken, jelatinin erime reaksiyonu sırasında ortaya çıkan ısı değişiklikleri kaydedilir. Erime noktası, bu termal reaksiyonun tepe noktası olarak belirlenir. Erime noktası, jelatinin belirli bir konsantrasyonda ne kadar kararlı olduğunu ve hangi sıcaklıkta jelatinin yapısının bozulmaya başlayacağını gösterir (Boran ve Regenstein, 2010; Choi ve Regenstein, 2000).

Jelleşme noktası analizi ise jelatinin soğuma sırasında jel haline geçme sıcaklığını belirlemek için kullanılır. Bu analiz, jelatinin jel oluşumu için gereken sıcaklık aralığını ve jelatinin jel halinde ne kadar stabil olduğunu değerlendirmek için önemlidir (Rao, 2007; Zhou ve ark, 2006).

Jelleşme noktası analizi genellikle bir jelometre veya texture analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilir. Jelatinli çözelti, belirli bir sıcaklıkta soğutulurken, jelatinin jel oluşumu ve kıvamı izlenir. Jelleşme noktası, jelatinin jel haline geçtiği sıcaklık olarak belirlenir. Bu nokta, jelatinin jel oluşum sürecinin hızını, kuvvetini ve stabilitesini gösterir (Rao, 2007; Zhou ve ark, 2006).

Bu ek analizler, jelatinin kalitesi hakkında daha kapsamlı bir değerlendirme yapmayı sağlar ve jelatinin belirli uygulamalar için uygunluğunu belirlemek için önemlidir. Ancak, bu testlerin spesifik prosedürleri ve değerlendirme yöntemleri, kullanılan standartlara ve endüstriye bağlı olarak değişebilmektedir (Boran ve ark., 2010; Gudmundsson, 2002; Gilsenan ve Ross-Murphy, 2000; Haug ve ark.,2004).

Ortalama molekül ağırlığı da jelatinin kalitesi açısından önemli bir parametredir. Jelatinin ortalama molekül ağırlığı jel elektroforezi yardımıyla belirlenebilmektedir. Böylece kolajenin ne kadar hidroliz olduğu hakkında bilgi edinilebilir. Gerektiğinden fazla hidroliz olan jelatinlerin ortalama molekül

ağırlığı düşük olmakta ve buna bağlı olarak jel gücü ve viskozite değeri de düşük olmaktadır (Boran ve Regenstein, 2010; Regenstein ve ark.,2010).

## 2.7. Mineral

Kemik dokusu organik ve inorganik bileşenlerden meydana gelmektedir. Kemik, büyük ölçüde organik maddelerden oluşmaktadır. En önemli organik bileşik kemikte bulunan kollajen lifleridir. Kemikte bulunan diğer organik maddeler arasında glikoproteinler yer almaktadır. Glikoproteinler, proteinler ve karbonhidratlar arasında birleşmiş kompleks yapılara sahip olan bileşiklerdir (Anonim 2016c).

Kemik, mineralize olmuş bir doku olduğundan, inorganik maddeler kemik dokusunun sertlik ve dayanıklılığını sağlamada önemli bir rol oynar. Kemikte en yaygın inorganik bileşik kalsiyum fosfattır. Kalsiyum fosfat, çoğunlukla hidroksiapatit formunda bulunur ve kemik dokusunun mineral fazını oluşturur. Hidroksiapatit, kalsiyum, fosfat, hidroksil grupları ve diğer iz elementlerin birleşiminden oluşan bir kristal yapıdır (Anonim 2016c).

Kemikte ayrıca az miktarda kalsiyum karbonat, kalsiyum florit, kalsiyum hidroksit ve kalsiyum sülfat gibi diğer inorganik maddeler de bulunur. Bu bileşikler, kemik mineralizasyonunda ve asidik-pH dengesinin düzenlenmesinde rol oynar. Özellikle kalsiyum, kemik sağlığı için önemli bir mineraldir ve kemik mineral yoğunluğunun korunması ve kemik gücünün sağlanmasında kritik bir faktördür (Anonim 2016c).

Bu organik ve inorganik bileşiklerin birleşimi, kemik dokusunun sağlamlığını, dayanıklılığını ve esnekliğini sağlar. Organik bileşikler (kollajen ve glikoproteinler), esneklik ve direnç sağlarken, inorganik bileşikler (kalsiyum fosfat vb.), kemik dokusuna sertlik ve sertleşme özelliği kazandırır. Bu kombinasyon, kemiklerin yapısal bütünlüğünü korumasını ve vücut için destekleyici bir iskelet sistemi oluşturmasını sağlar (Anonim 2016c).

## 2.8. Kemik Suyu

Kemik suyu, yüzyıllardır çeşitli kültürlerde yaygın olarak kullanılan bir besin ve sağlık destekleyici bir içecektir. Kemik suyunun tarihi, insanlık tarihinin çok eski dönemlerine kadar uzanmaktadır. Antik Çin, Mısır ve Roma gibi medeniyetlerde kemik suyunun kullanımı belgelenmiştir. Örneğin, antik Çin tıbbında kemik suyu, sağlığı korumak ve iyileşmeyi desteklemek için önemli bir besin olarak kabul edilmiştir. Aynı şekilde, antik Mısır'da da kemik suyu, güçlü bir içecek olarak değerlendirilir ve hastalıkların tedavisinde kullanılırdı. Roma İmparatorluğu'nda da kemik suyu, besleyici ve sağlığa faydalı özellikleri nedeniyle değerli bir içecek olarak biliniyordu. Ortaçağ döneminde ve sonraki Rönesans döneminde, kemik suyunun kullanımı tıp alanında da devam etmiştir. Avrupa'da kemik suyu, bazı hastalıkların tedavisinde önemli bir bileşen olarak kabul ediliyordu. Bu dönemde, kemik suyu, sindirim sorunlarının giderilmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve genel sağlığın iyileştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılıyordu (Ertaş ve Gezmen-Karadağ, 2013). Kemik suyu, 19. ve 20. yüzyıllarda popülerliğini yitirdi. Bunun nedeni, gıda endüstrisinin gelişmesiyle birlikte hazır gıdaların ve yapay aromaların yaygınlaşmasıydı. Ancak, son yıllarda sağlıklı beslenme ve doğal gıdalara olan ilginin artmasıyla birlikte, kemik suyu tekrar popülerlik kazanmıştır. Bugün, kemik suyu, sağlıklı bir diyetin bir parçası olarak kabul edilir ve pek çok insan tarafından faydaları için tüketilmektedir. Kemik suyunun popüleritesinin artmasının bir nedeni içerdiği besin maddeleri ve sağlık faydalarıdır. Kemik suyu, kollajen, mineraller, amino asitler ve jelatin gibi besleyici bileşikler açısından zengindir. Sindirimi desteklemeye, bağışıklık sistemini güçlendirmeye, eklem sağlığını iyileştirmeye ve cilt, saç ve tırnak sağlığını desteklemeye yardımcı olmaktadır. Eski Türkler genellikle göçebe veya yarı göçebe hayat tarzına sahip olmaları nedeniyle hayvancılık, hayatta kalmak ve geçimlerini sağlamak için temel bir faaliyetti. Türk toplumlarında hayvancılığın bu önemi, beslenme alışkanlıklarına da yansımıştır. Et, eski Türklerin beslenme profilinde merkezi bir role sahipti. Et yüksek miktarda protein, vitamin ve mineral içeriğiyle besleyici bir kaynak olarak kabul ediliyordu. Avcılık ve hayvancılıkla uğraşarak çeşitli hayvan etlerini tüketiyorlardı. Bunlar arasında sığır, koyun, keçi vb. etlerinin bulunduğu

görülmüştür (Ertaş ve Gezmen-Karadağ, 2013). Ayrıca hububat ve sebze yemeklerinin et ile pişirilmesi sebebiyle çorba kültürü de gelişmiştir (Güler 2010).

Kemik suyu, genel olarak büyükbaş hayvanların ilikli kemiklerinin kaynatılmasıyla çorbaların hazırlanmasında ve yemeklerde lezzet artırıcı olarak kullanılmaktadır. Kemik suyu üretimi Avrupa'da başlamış ve Amerika'da gelişmiştir. 1990'ların başında Asya'da da popülerlik kazanan kemik suyu, 50 milyon dolarlık pazar payıyla önemli bir büyüme göstermiştir. Asya, kemik suyu pazarının büyük çoğunluğuna sahip olup özellikle Tayland, üretimde %40 payıyla dünya genelinde en önemli kemik suyu üreticisi konumuna gelmiştir. Diğer bir önemli üretici ülke ise "Temiz, Çevreci ve BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) İçermez" sloganıyla Avustralya'dır (Kidd 2001).

Kemikler, et işleme sürecinde önemli bir yan ürün olarak kabul edilir ve ekonomik değer taşır. Özellikle kemikler işletmeler için önemli bir kâr kaynağı oluşturur ve genellikle toplam kârın yaklaşık %10'unu oluşturur. Kemiklerin değerlendirilmesi için birçok farklı yöntem vardır. İşlenmiş kemik suyu, kemik tozları, kemik unu veya kemik özleri, hayvan yemi, bulyon, jelatin ve diğer gıda ürünlerinin yapımında kullanılabilir. Ayrıca, kemikler çeşitli el sanatları ürünlerinde, hayvansal yemlerde veya bileşiklerde kullanılarak ekonomik değeri artırılabilir. Kemiklerin değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik açısından da önemlidir. Atık miktarını azaltırken, kaynakların verimli kullanılmasını sağlar. Aynı zamanda, kemiklerde bulunan değerli besin maddelerinin ve minerallerin geri kazanılmasına da yardımcı olur. Et endüstrisinde kemiklerin kârlı bir şekilde değerlendirilmesi, işletmelere ek gelir kaynağı sağlar ve atık miktarını minimize eder. Aynı zamanda, ekonomik sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği açısından önemli bir rol oynar. Bu nedenle, et işleme tesislerinin kemikleri değerlendirme ve uygun pazarlama stratejileriyle destekleme konusunda dikkatli olmaları, işletmelerin rekabet gücünü artırabilir ve sürdürülebilir bir endüstriye katkıda bulunabilir (Liu 2016). Duerr ve Earle (1973), tarafından etinden sıyrılmış kemiklerin önemli ekonomik değere sahip olduğu bildirilmiştir. Mevcut kemik değerlendirme yöntemlerinin (yem ve evcil hayvan

gıdası üretimi gibi) yanında ekonomik getirisi daha yüksek çalışmalara yönelim giderek artmaktadır.

## **2.9. Kemik Suyunun Sağlık Açısından Faydaları**

Doğada bulunan gıdalar, vitamin, mineral, protein ve esansiyel yağlar açısından oldukça zengindir ve vücudumuzun ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir. Doğal gıdalar ayrıca esansiyel minerallerin yanı sıra iz mineralleri de içerir. Bununla birlikte, tüketicilerin tercih ettiği işlenmiş gıdalar için aynı durum söz konusu değildir ve bu gıdaların besin değeri düşüktür. Doğadaki gıdalar, doğal büyüme ve olgunlaşma süreçleri boyunca gerekli besin maddelerini emer. Bu gıdalar, meyve, sebze, tahıl, et, süt ürünleri ve deniz ürünleri gibi çeşitli kaynaklardan gelir. Bu doğal gıdalar, vücut için gerekli olan vitaminleri, mineralleri, proteinleri ve sağlıklı yağları sağlar. Özellikle iz mineralleri, vücudumuzun düşük miktarlarda ihtiyaç duyduğu minerallerdir. Demir, çinko, iyot, selenyum, bakır ve manganez gibi iz mineraller, vücut fonksiyonlarını düzenlemekte önemli roller üstlenir (Şahin ve ark., 2022). Doğal gıdalar bu iz mineralleri içerir ve vücudun bu mineralleri düzenli olarak almasını sağlar. Ancak, işlenmiş gıdaların genellikle besin değeri düşüktür. İşlenmiş gıdalar, rafine edilmiş un, şeker, yapay katkı maddeleri ve koruyucular gibi bileşenler içerir. Bu işlemler, doğal besinlerin vitamin, mineral ve diğer besin öğelerini azaltabilir veya yok edebilir. Ayrıca, işlenmiş gıdalar genellikle doymuş yağlar, şekerler ve tuz içerir, bu da sağlık açısından olumsuz etkilere neden olabilir. Örneğin, vücutta kalsiyum eksikliği olduğunda kırılabilir tırnaklar, kas krampları, osteoporoz (kemik erimesi) ve diş eti rahatsızlıkları gibi sorunlar ortaya çıkabilir (Şimşek ve Gülsoy, 2016). Kalsiyum, kemiklerin güçlenmesi, kasların doğru çalışması ve dişlerin sağlıklı olması için önemlidir. Benzer şekilde, magnezyum eksikliği sinir sistemi bozukluklarına, kas güçsüzlüğüne, halsizliğe ve uyku problemlerine neden olabilir (Uzunçakmak, 2023). Magnezyum, vücuttaki sinir hücreleri ve kaslar için gereklidir ve enerji üretimi, kas fonksiyonları ve sinir iletimi gibi birçok önemli süreçte rol oynar. Potasyum eksikliği durumunda ise kalp atakları, düşük enerji seviyeleri, kas zayıflığı ve ritim bozuklukları gibi sağlık sorunları meydana gelebilir (Açıkgöz ve Sahan,

2021). Potasyum, elektrolit dengesini düzenler, kas fonksiyonlarını destekler ve kalp sağlığını korur. Bu örneklerde olduğu gibi, vücudumuzun ihtiyaç duyduğu vitamin ve minerallerin eksikliği çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, hastalıklara karşı doğal yöntemlerle korunma olgusu giderek önem kazanmaktadır (Bergner 2016).

Kemik suyunun sağlık açısından çeşitli faydaları olması ile birlikte yapılan araştırmalar sınırlıdır. Günümüzde çeşitli hastalıkların tedavisinde bitkisel kaynaklara olan ilgi artmaktadır. Faydalı bitkilerin çekirdekleri, meyveleri, kökleri ve yaprakları tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), dünya genelinde insanların %80'inin geleneksel ve bitkisel ilaçlara güvendiğini ve tercih ettiğini bildirmektedir (Lee ve ark, 2012). Ancak, bitkisel ilaçların kullanımında dikkatli olunması önemlidir. Doğal olsa da, bitkisel ürünlerin yan etkileri, etkileşimleri ve uygun dozlama konularında bilgi sahibi olmak önemlidir. Bitkisel ilaçların etkinliği ve güvenliği konusunda sağlık uzmanlarına danışmak ve uygun bir şekilde kullanmak, önemlidir (Lee ve ark, 2012).

Türk mutfağında, geleneksel ve bitkisel ilaçların kullanımına sık sık rastlanır. Çeşitli tıbbi ve aromatik bitkiler, yemeklere lezzet vermek veya doğrudan ilaç olarak kullanılır. İçerisine karahindiba ve sinirli yaprak denilen bitkilerin eklenmesi ile hazırlanan kemik suyu, hastalıkların tedavisinde kullanılan bir şifa kaynağı olarak görülmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, kemik suyunun faydalarını desteklemektedir. Kemik suyu, cildin güzelleşmesini ve gençleşmesini sağlar. Bağ doku oluşumuna da yardımcı olan kemik suyunun, yaraların iyileşmesini destekleyen kollajen açısından zengin bir gıda olduğu bilinmektedir. İçerdiği kalsiyum, magnezyum ve fosfor gibi mineraller, kemik oluşumunu, büyümesini ve direncini destekler. Ayrıca, içerdiği kollajen ve jelatin, saçların uzamasını desteklediği bilinmektedir. Kemik suyu tüketimi, spor sonrası vücudun kaybettiği tüm elektrolitlerin geri kazanımını destekleyecek zengin bir içeriğe sahiptir. Bu nedenle, kemik suyu, egzersiz sonrası vücudun iyileşmesini ve yeniden enerji kazanmasını desteklemek için tercih edilebilir (Anonim 2016).

Günümüzde beslenme uzmanları, kırmızı et tüketiminin azaltılması konusunda tavsiyelerde bulunmaktadır. Fakat, 1990'lı yıllarda kırmızı et tüketimi daha fazla olduğu halde kalp rahatsızlıkları sayısı daha azdır. Bu durum, kırmızı etin sağlıklı bir gıda olduğunu göstermektedir. Kırmızı et, doğru miktarda tüketildiğinde besleyici bir gıdadır. Kırmızı et, yüksek kaliteli protein, demir, çinko, B vitaminleri ve diğer besin maddeleri açısından zengindir. Özellikle demir ve çinko gibi mineraller, vücudun doğru şekilde işleyebilmesi ve sağlıklı bir şekilde fonksiyon gösterebilmesi için önemlidir. B vitaminleri, enerji üretimi, sinir sistemi fonksiyonları ve hücre sağlığı için gereklidir. Doymuş yağ asitleri, kırmızı ette bulunan bir bileşiktir. Ancak, önemli olan doymuş yağların miktarı ve diğer besinlerle dengelenmesidir. Eğer vücut yeterli miktarda vitamin, mineral ve antioksidan alıyorsa, kırmızı etin içerdiği doymuş yağlar sağlık açısından bir sorun oluşturmaz. Antioksidanlar, serbest radikallerle savaşarak hücre hasarı azaltabilir ve genel sağlık üzerinde olumlu etkilere sahip olabilir. Beslenme açısından dikkat edilmesi gereken nokta, kırmızı etin porsiyon kontrolü ve uygun pişirme yöntemleridir. Aşırı tüketildiğinde veya yanlış şekilde hazırlandığında, kırmızı etin doymuş yağları sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle, dengeli bir beslenme planı içinde kırmızı etin uygun miktarlarda ve sağlıklı pişirme yöntemleriyle tüketilmesi önemlidir (Bergner ve ark. 2016).

Kemik suyu her ne kadar kırmızı et kadar protein içeriğine sahip olmasa da yapısında bulunan glisin amino asitlerin yapımında önemli bir rol oynaması, glisin ve prolin amino asitlerini içermesi bakımından ete alternatif bir protein kaynağıdır (Siebecker 2005).

Kemik suyu, içeriğinde bulunan kemik iliği sayesinde trombosit, eritrosit ve lökosit gibi kan hücrelerinin üreyerek çoğalmasında önemli bir katkı sağlar. Bu, kemik suyunun vücuttaki kan üretimini destekleyici bir etkiye sahip olduğunu gösterir. Ayrıca, kemik suyu antioksidan etkisi sağlayarak vücuda hastalıklara karşı direnç kazandırır. Antioksidanlar, serbest radikallerle savaşarak hücresel

hasarı azaltabilir ve başışıklık sistemini güçlendirebilir. Bu da, kemik suyunun sağlık açısından koruyucu bir rol oynadığını gösterir (Liu 2016).

Kemik suyu, içeriğindeki jelatin ve diğer besin maddeleri sayesinde mide ve bağırsakta koruyucu bir etki sağlar. Zararlı mikroorganizmalara karşı koruma sağlayarak, sindirim sisteminin sağlıklı bir şekilde çalışmasını destekler. Ayrıca, sindirim sürecini iyileştirir, mide zarının iyileşmesine yardımcı olur ve bağırsak geçirgenliğini düzenler. Kemik suyunun sağlık açısından faydalarından tam olarak yararlanabilmek için dengeli bir beslenme planı içinde ve sağlık uzmanının önerileri doğrultusunda tüketilmesi önemlidir (Anonim 2016b).

Kırmızı kemik iliği kan değerleri düşük seviyede olan hastaların tedavisi için kullanılmaktadır. Kemik suyu hem doğal bir gıdadır hem de kalsiyum ve fosfor kaynağıdır (Liu 2016).

Kemiklerin yeterince kaynatılmasıyla, kemik suyu içindeki proteinler ve mineraller suya iyi bir şekilde transfer olur ve sağlıklı bir ürün ortaya çıkar. Kemik suyu, immün sistemi destekleyen hücrelerin gelişimini sağlar. Kemik suyunun yapısındaki proteinler ve mineraller, uzun süreli kaynatma sürecinde suya geçer. Bu süreçte, kemiklerde bulunan kollajen, jelatin, amino asitler, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve diğer mineraller suya yayılır. Bu aktif bileşikler, kemik suyuna sağlık faydaları sağlar. Özellikle kollajen cildin, bağ dokusunun ve eklem sağlığının korunmasına yardımcı olur. Aynı zamanda, bağışıklık sistemi hücrelerinin gelişimini ve fonksiyonunu destekler. Jelatin ise sindirim sağlığını destekler, bağırsak zarını iyileştirir ve sindirim enzimlerinin üretimini teşvik eder. Kemik suyunun içeriğindeki mineraller de önemlidir. Kalsiyum, magnezyum ve fosfor, kemik sağlığını destekler, kemik yoğunluğunu artırır ve kemiklerin güçlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, immün sistem hücrelerinin gelişimi ve fonksiyonu için gereklidir. Bu mineraller, kemik suyuyla alındığında vücut tarafından daha kolay emilir (Bergner ve ark.2016).

Kemik suyundaki proteinler güçlü bir anti-inflamatuar etki gösterir. Ayrıca kemik ve eklem rahatsızlıklarının önlenmesine ve yaraların hızlı bir şekilde iyileşmesine katkı sağlar (Anonim 2015).

Kemik suyu ticari olarak standart bir hazırlama sürecine sahip değildir. Minerallerin yeterince suya geçebilmesi için genellikle sirke kullanılır. Ancak ticari işletmeler genellikle bu adımı atladığı için evde yapılan kemik suları, ticari üretilen ürünlere göre 2-8 kat daha fazla mineral içeriğine sahip olabilir. Ayrıca ticari işletmelerde uzun süren ısı işlem nedeniyle aroma kaybı yaşanabilir. Bu aroma kaybını önlemek için sodyum ve MSG gibi katkı maddelerine ihtiyaç duyulabilir (Siebecker 2005). Bunlar, lezzet arttırıcılar olarak kullanılır. Ayrıca, kapalı kazanlarda vakum altında yapılan kemik kaynatma işlemi, suda çözünen protein fraksiyonunun daha iyi çıkarılmasını sağlar. Öte yandan, açık kazanlarda kaynatılan kemiklerdeki proteinlerin suya yeterince geçemediği bildirilmiştir. Bu bilgiler, ticari kemik suyu üretimindeki bazı farklılıkları ve evde yapılan kemik sularının mineral içeriği ile lezzet açısından avantajlarını yansıtan noktalarıdır. Her iki yöntemin de farklı avantajları ve dezavantajları vardır, ancak evde yapılan kemik suları genellikle daha yüksek mineral içeriğine ve doğal aromaya sahip olabilir (Anonim 2016c).

## **2.10. Ohmik Isıtma**

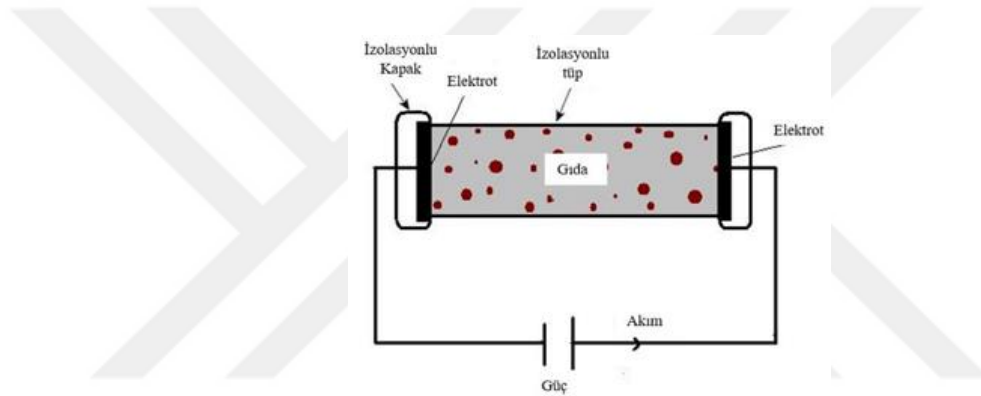
Isıl işlem yöntemleri, gıdaların kalite özelliklerini ve besin değerini korurken, aynı zamanda toksikoloji ve mikrobiyoloji açısından güvenilir ürünler elde etmeyi hedefler. Geleneksel olarak kullanılan ısı işlem yöntemleri arasında pastörizasyon, sterilizasyon, konserveleme ve pişirme gibi teknikler bulunmaktadır. Bu yöntemler, gıdalardaki mikroorganizmaları etkisiz hale getirerek bozulmayı önlemekte ve gıdaların raf ömrünü uzatmaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar, mevcut ısı işlem yöntemlerinin geliştirilmesi ve alternatif yöntemlerin araştırılmasına odaklanmaktadır. Son yıllarda alternatif ısı işlem yöntemlerine yönelik araştırmalar önem kazanmıştır. Bu alternatif yöntemler, geleneksel yöntemlerin bazı dezavantajlarını aşmayı amaçlamaktadır. Bu yöntemler arasında mikrodalga ısı işlem, yüksek basınçlı

işlem (HPP), pulsed electric field (PEF) gibi teknikler bulunmaktadır. Ancak, elektriksel yöntemler arasında özellikle ohmik ısıtma yöntemi, dikkat çekici bir şekilde öne çıkmaktadır. Ohmik ısıtma, elektriksel alternatif akımın bir sistemden geçirilerek, devreyi tamamlayan gıdanın elektriksel dirence bağlı olarak ısınması prensibine dayanan bir elektriksel ısıtma tekniğidir. Bu işlem sırasında aynı zamanda ısı enerjisi olarak iç enerji üretilir. Bu nedenle ohmik ısıtma, "Joule ısıtma", "Elektriksel Direnç Isıtma", "Direkt Elektriksel Direnç Isıtma", "Elektro ısıtma" veya "Elektro İletken Isıtma" gibi isimlerle de anılır. Ohmik ısıtma yöntemi, gıdaların homojen ve hızlı bir şekilde ısıtılmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde, gıda örneği elektrik akımıyla ısıtılır ve elektriksel direnç nedeniyle iç dirençli ısınma gerçekleşir. Bu sayede, gıdalar daha hızlı ve daha homojen bir şekilde ısınır, böylece istenilen mikrobiyolojik etkinlik sağlanır. Ohmik ısıtma, bu özellikleri nedeniyle diğer yöntemlere kıyasla daha kısa işlem süreleri gerektirir. Bunun yanı sıra, ohmik ısıtma yöntemi düşük maliyetli bir yöntemdir. Elektrik enerjisi, bu yöntemle direkt olarak gıdaya iletilir ve ısı üretimi için harcanır. Bu durum, enerji verimliliğini artırır ve enerji kayıplarını minimize eder. Ayrıca, bu yöntemle gıda işleme sürecinde kullanılan ekipman ve malzemelerin maliyeti düşer, bu da üretim maliyetlerini azaltır. Ohmik ısıtma yöntemi, az atık potansiyeline de sahiptir. Geleneksel ısıtma yöntemlerinde, işlem sırasında oluşan fazla ısı enerjisi ve buhar genellikle atılacak veya geri dönüşümü zor olan yan ürünlere dönüşebilir. Ancak ohmik ısıtma, işlem sırasında ısı enerjisinin daha verimli bir şekilde gıdaya iletilmesini sağladığından, atık miktarı ve çevresel etki azalır (Şengün ve ark., 2013).

Ticari patentli sistemlerin oluşturulmasıyla birlikte 1989 yılından itibaren ohmik ısıtma üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, ohmik ısıtmanın sıvı gıdalara uygulanabileceğini göstermiş ve FDA, USDA gibi kurum ve kuruluşlar sıvı gıdaların pastörizasyon veya sterilizasyon işlemlerinde kullanılmasına izin vermiştir. Ohmik Isıtma prensibi temel olarak oldukça basittir. Bu yöntem temelde Ohm Kanunu'na dayanır ve üretilen ısı enerjisi ise Joule Kanunu'na dayanır. Joule Kanunu, bir iletken içinden geçen elektrik akımı ile bu akımdan elde edilen ısı enerjisi ile ilişkisini açıklar ve Joule etkisi olarak bilinmektedir (İçier ve Ilıcalı, 2005).

Literatüre bakıldığında ohmik ısıtmanın katı gıdalar üzerindeki etkisini inceleyen çalışma ve yasal kullanımını sağlayacak yeterli düzeyde veri bulunmamaktadır. EFSA, FDA ve USDA gibi kurum ve kuruluşlar ohmik ısıtma gibi yeni elektriksel işleme yöntemlerine dair çalışmaların artmasını desteklemekte ve bu işlemlerin ticari üretimde kullanılmasına yönelik bilimsel çalışmalardan elde edilecek verilerin önemli bir katkı sağlayacağını vurgulamaktadırlar. Bu şekilde elde edilecek veriler, ohmik ısıtmanın katı gıdalarda kullanımına yönelik yönergelerin oluşturulmasına ve güvenli bir şekilde uygulanmasına yardımcı olabilir (İcier ve Ilıcalı, 2005).

### 2.11. Ohmik Isıtmanın Şematik Gösterimi



Şekil 2.3. Ohmik ısıtma işleminin şematik gösterimi (Turgut ve ark., 2021).

Ohmik ısıtma işleminin şematik gösterimi Şekil 2.3'de verilmiştir (Turgut ve ark., 2021). Ohmik ısıtma, elektriksel alternatif akımın bir devre aracılığıyla sisteme uygulanmasıyla gerçekleşir. Bu devrenin bir parçası olan gıda, elektrik akımının geçişi sırasında devreyi tamamlayan bir rol oynar ve bu sayede ısıtılır. Temel prensip, gıdanın elektriksel direncine bağlı olarak ısınmasıdır. Ohmik ısıtma sürecinde, gıdanın elektriksel iletkenliği, sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu durum, işlemin etkinliğini etkileyen önemli bir faktördür. Gıdanın iletkenliği, gıdanın termofiziksel özellikleri, bileşimi, yapısal özellikleri ve içerdiği elektrolitik bileşenler gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Gıdanın elektriksel iletkenliğinin doğru bir şekilde belirlenmesi, işlemin optimize edilmesi açısından önemlidir. Ohmik ısıtma sürecinde, diğer faktörler de işlemin etkinliğini etkiler. İşlem için tasarlanan ısıtma sistemi, gıdanın elektrik akımına maruz kalacağı şekilde düzenlenir. Bu sistem, gıdanın geometrisi, boyutu ve

şekline göre optimize edilir. Ayrıca, elektriksel alan şiddeti ve uygulama süresi de işlemin etkinliğini belirleyen faktörlerdir. Yüksek elektriksel alan şiddeti ve uzun uygulama süresi, daha yoğun bir ısıtma sağlayabilir, ancak gıdanın kalitesi ve besin değeri üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Bu nedenle, işlem parametreleri dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. İçsel sıvı hareketi de ohmik ısıtma sürecinde dikkate alınması gereken bir faktördür. Gıda, içerisinde bulunan sıvıların hareketi sonucunda ısı yayılımı ve homojen ısınma sağlanabilir. Özellikle sıvı içeren gıdalarda, sıvı hareketinin düzenlenmesi ve optimize edilmesi, işlemin etkinliğini artırabilir. Ohmik ısıtma yöntemi, bu faktörlerin dikkate alınmasıyla birlikte, birçok avantaja sahiptir. Homojen ve hızlı ısıtma sağlanması, gıdanın daha kısa sürede işlenmesini ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesini sağlar. Ayrıca, ohmik ısıtma düşük maliyetlidir, enerji verimliliği yüksektir ve az atık potansiyeline sahiptir. Sonuç olarak, ohmik ısıtma süreci, gıdaların elektriksel direncine dayanan bir ısıtma tekniğidir. İşlemin etkinliğini belirleyen faktörler arasında gıdanın elektriksel iletkenliği, termofiziksel özellikleri, ısıtma sistemi tasarımı, elektriksel alan şiddeti, uygulama süresi ve içsel sıvı hareketi gibi birçok parametre bulunmaktadır. Bu faktörlerin dikkate alınmasıyla ohmik ısıtma yöntemi, gıdaların kalite özelliklerini korurken, hızlı, homojen, düşük maliyetli ve az atık potansiyeline sahip bir minimal işleme yöntemi olarak önem kazanmaktadır (Piette ve ark., 2004).

Ohmik ısıtma, geleneksel ısıtma sistemlerine kıyasla çeşitli avantajlara sahiptir. Ohmik ısıtma sistemi, pratik ve kullanımı kolay ekipmanlardan oluşur. Bu sistem, diğer ısıtma ekipmanlarına göre daha az yer kaplar ve sessiz çalışır. Bu sayede, tesislerde alan tasarrufu sağlanır ve işleme sırasında oluşabilecek gürültü düşük seviyede tutulur. Ohmik ısıtma işlemi, elektrik akımının devreye uygulanmasıyla başlar ve akım kesildiğinde hızla durur. Bu özellik, işlemin kontrolünü kolaylaştırır ve ısı birikiminin önüne geçer. Isı birikimi olmadığından, gıdaların aşırı ısınma riski en aza indirgenir. Ohmik ısıtma, gıdaların içerisindeki elektriksel direnç sayesinde homojen bir şekilde ısıtılmasını sağlar. Bu özellik, gıdanın içerisindeki sıvıların hareketi veya karıştırma işlemi gerektirmez. Bu da işlem sürecini basitleştirir ve enerji ve

zaman tasarrufu sağlar. Ohmik ısıtma sisteminin hareketli parçaları olmadığından, bakım gereksinimi minimum düzeydedir. Diğer ısı transfer ekipmanlarına kıyasla daha az arıza riski vardır ve bakım maliyetleri düşüktür. Bu da işletme sürekliliğini artırır ve operasyonel verimliliği iyileştirir. Ohmik ısıtma yöntemi, genel olarak diğer ısı transfer ekipmanlarına kıyasla daha düşük yatırım maliyeti gerektirir. Ayrıca, işletme maliyetleri de genellikle daha düşüktür. Bu ekonomik avantajlar, ohmik ısıtmanın tercih edilen ve sürdürülebilir bir ısıtma yöntemi olduğunu gösterir. Genel olarak, ohmik ısıtma sistemi pratik, verimli ve ekonomik bir ısıtma yöntemidir. Pratik ekipman kullanımı, ısı birikimi olmaması, karıştırma gereksinimi olmadan homojen ısıtma, minimum bakım gereksinimi ve düşük yatırım ve işletme maliyeti gibi özellikler, bu yöntemi geleneksel ısıtma sistemlerine tercih edilebilir kılar. Ohmik ısıtma, gıda endüstrisi ve diğer uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılan etkili bir ısıtma tekniğidir. Bununla birlikte, uygulama sürecinde dikkatli bir şekilde kontrol edilmeli ve gıdaların elektriksel özellikleri, sıcaklık değişimine bağlı olarak izlenmelidir. Ohmik Isıtma gıda endüstrisinde, evaporasyon, donmuş gıdaların çözülmesi, pastörizasyon, vakum kurutma, haşlama, fermentasyon, ekstraksiyon, pişirme ve enzimlerin inaktivasyonu gibi kullanım alanlarına sahiptir (İcier, 2012).

## **2.12. Ohmik İşlemenin Et ve Et Ürünlerinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri**

Etin tüketim öncesi pişirilmesi, patojen mikroorganizmaların etkin bir şekilde inaktive edilmesini sağlarken aynı zamanda duyu özelliklerinin de gelişmesine katkıda bulunur. Ancak geleneksel pişirme yöntemleri genellikle uzun süreli ve enerji sarfiyatı yoğun olan işlemlerdir. Uzun süreli pişirme işlemi yüksek enerji tüketimine neden olabilir ve ürünün duyu ve besinsel özelliklerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Ayrıca, pişirme işleminin homojen olmaması durumunda, etin merkez sıcaklığı patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu için gerekli seviyeye ulaşmayabilir. Bu durumda ürün mikrobiyolojik açıdan riskli hale gelebilir. Bu nedenlerle, pişirme süreçlerinin daha etkin, enerji tasarruflu ve homojen olması önemlidir. Geliştirilen yeni teknolojiler ve yöntemler, daha hızlı

ve homojen bir şekilde etin pişirilmesini sağlamak amacıyla araştırılmaktadır. Bu şekilde, enerji tüketimi azaltılarak ve duysal özelliklerin korunması sağlanarak mikrobiyolojik riskler de en aza indirilebilir (Piette ve ark., 2004).

Şengün ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, hamburger köftelerinin 68-71°C 'de pişirilmesi ve bu sıcaklıklarda en az 15 saniye süresince tutulması gerektiği belirtilmektedir (Şengün ve ark., 2013). Bu durum, duysal, besinsel ve mikrobiyolojik açıdan uygun bir ürün elde etmek için alternatif et işleme yöntemlerinin gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu bağlamda, ohmik işleme gibi alternatif bir yöntemin et ve et ürünleri üzerindeki etkileri yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Piette ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, düşük sıcaklıkta uzun süreli ohmik ısıtma ve geleneksel yöntem kombinasyonu uygulanan hindi etlerinde görülen pişme kayıplarının (%25.2), sadece geleneksel yöntem uygulanan örneklerin pişme kayıplarına (%27) göre istatistiksel olarak önemli ölçüde daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Piette ve ark., 2004). Geleneksel ısıl işlem yöntemi uygulamalarında nişastanın sebep olduğu jelatinizasyonun, reolojik ve yapısal değişikliklere neden olduğu görülmektedir. Benzer değişiklikler ohmik ısıtma uygulamasında da gözlemlenmiştir (Piette ve ark., 2004). Bu çalışmalar, ohmik işleme gibi alternatif et işleme yöntemlerinin, pişme kayıplarını azaltmada ve ürünün reolojik ve yapısal özelliklerini korumada etkili olduğunu göstermektedir. Ohmik işleme, düşük sıcaklıkta uzun süreli pişirme yöntemlerine kıyasla daha kısa sürede etin pişirilmesini sağlar ve bu da enerji tasarrufuna katkıda bulunur. Ayrıca, ohmik işleme reolojik ve yapısal değişikliklere neden olurken, geleneksel ısıl işlem uygulamalarıyla benzer etkileri gösterir. Bu veriler, ohmik işlemenin et işleme endüstrisinde alternatif bir yöntem olarak kullanılabilme potansiyelini göstermektedir. Geleneksel ısıl işlem sırasında, farklı et proteinleri denatüre olmaktadır. Bu işlem sırasında et liflerinin büzülmesi, proteinlerde jel oluşumu, bağ dokuda büzülme ve çözünürlüğün artması gibi yapısal değişiklikler meydana gelmektedir. Piette ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın et ürünlerinde mikrobiyal inaktivasyon üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Piette ve ark.,

2004). Wang ve diğer araştırmacılar tarafından yapılan bir çalışma, ohmik ısıtmanın fiziksel özelliklerde belirgin değişikliklere neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada, ısı kapasitesi, viskozite, termal ve elektriksel iletkenlik gibi faktörlerin ohmik ısıtma sürecinde değiştiği belirtilmiştir. Özellikle, jelatinizasyon derecesi ile iletkenliğin arttığı ileri sürülmüştür. Jelatinizasyon, nişasta gibi polisakkaritlerin ısı etkisiyle yapısının değişerek jel benzeri bir forma dönüşmesidir. Bu dönüşüm sürecinde, jelatinize olan materyallerin elektriksel iletkenliğinde artış gözlenir. Dolayısıyla, ohmik ısıtma sürecinde jelatinizasyon derecesi yüksek olan materyallerde elektriksel iletkenlik artışı gözlenebilir. Ayrıca, ohmik ısıtma ile etin yağsız kısmının yağlı kısma göre daha yüksek elektriksel iletkenliğe sahip olduğu belirtilmektedir. Bu durum, farklı bileşenlerin elektriksel iletkenliği üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Örneğin, ette bulunan yağın ve proteinin elektriksel iletkenliği, etin yağsız kısmına göre daha düşük olabilir. Bu farklılıklar, ohmik ısıtma sürecinde bileşenlerin farklı şekillerde etkileşime girdiğini ve elektriksel özelliklerde değişikliklere yol açtığını göstermektedir. Bu değişikliklerin yanı sıra, ohmik ısıtmanın nişasta, yağ ve protein gibi önemli bileşenlerin fiziksel özelliklerinde değişimlere neden olduğu belirtilmiştir. Örneğin, ısıtma süreci nişastanın jelatinizasyonunu ve viskozite özelliklerini etkileyebilir. Aynı şekilde, yağın kristal yapısı ve proteinin yapısal özellikleri de ohmik ısıtma sürecinde değişebilir. Sonuç olarak, Wang ve Sastry'nin çalışması, ohmik ısıtmanın fiziksel özelliklerde belirgin değişikliklere neden olduğunu ve bu değişikliklerin jelatinizasyon derecesi, elektriksel iletkenlik ve önemli bileşenlerin fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, ohmik ısıtmanın gıda işleme süreçlerinde bileşenlerin davranışını etkileyen bir faktör olduğunu ve bu yöntemin gıda endüstrisinde çeşitli uygulamalara sahip olabileceğini göstermektedir (Wang ve Sastry, 1997). Bu alışmalar, ohmik ısıtmanın et işleme sürecinde hem mikrobiyal inaktivasyonu sağlayabilen etkili bir yöntem olduğunu hem de etin fiziksel özelliklerinde belirgin değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Özellikle jelatinizasyon derecesi ve elektriksel iletkenlik arasındaki ilişki, ohmik ısıtmanın etin yapısında meydana gelen değişiklikleri anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu veriler, ohmik ısıtmanın et işleme endüstrisinde potansiyel bir alternatif yöntem olarak

değerlendirilebileceğini göstermektedir. Park ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın endüstriyel ölçekte surimi yapımında kullanıldığı ve surimi jellerinin 55°C'ye ohmik yöntemle ısıtılmasının etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, ohmik ısıtma uygulamasının surimi jellerinin iyi jel fonksiyonuna sahip olmasını sağladığı ortaya konmuştur. Çalışmada, ohmik ısıtmanın myofibril proteinlerinin enzimatik degradasyonunu önlemek için proteazı etkisiz hale getirerek surimin jel oluşturma fonksiyonunu arttırdığı görülmüştür. Bu sayede, enzim inaktivasyonu, gıdaların enzimatik bozulmasının engellenmesine yardımcı olmaktadır. Özellikle enzim inhibitörlerinin kullanılmadan, ohmik ısıtma yöntemiyle enzimatik aktiviteyi kontrol etmek surimi jellerinin kalitesini artırmada etkili bir yöntem olmuştur (Park ve ark., 1997). Bu çalışma, ohmik ısıtmanın surimi yapımında enzimatik degradasyonu engellemek ve jel oluşumunu artırmak için etkili bir metot olduğunu göstermektedir. Ohmik ısıtma, enzimatik aktivitenin kontrol altında tutulmasını sağlayarak gıda üretiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Ohmik ısıtma yöntemi, sağlıklı ve uzun raf ömrüne sahip ürünlerin üretilmesini sağlayarak, gıdaların besin öğeleri içeriği, fonksiyonel özellikleri ve duyu özellikleri korunmasına imkân tanır. Aynı zamanda, bu yöntem mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlarken, gıdaların tat, renk ve görünüşünde önemli bir değişikliğe neden olmaz. Özellikle proteinler üzerindeki etkisi, gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunur. Ohmik ısıtma yöntemi, homojen ve hızlı bir şekilde ısıtma sağlamasıyla öne çıkar. Ayrıca, maliyeti düşük olması ve atık potansiyelinin az olması nedeniyle minimal işleme yöntemi olarak da önem kazanmıştır. Akkara ve Kayaardı (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın dünya genelinde önem kazandığı ve giderek daha fazla ilgi gördüğü belirtilmiştir. Bu veriler, ohmik ısıtmanın gıda endüstrisinde kullanımının artmasıyla birlikte, sağlıklı, besleyici ve kaliteli gıdaların üretimine olanak sağladığını göstermektedir. Ohmik ısıtma yöntemi, gıdalardaki besin değerlerini korurken, mikrobiyal güvenliği sağlamakta ve gıdaların tat, renk ve dokusunu olumsuz etkilemeden işleme sürecini optimize etmektedir (Akkara ve Kayaardı, 2014).

Ohmik ısıtma işlemi, elektrik enerjisinin termal enerjiye dönüştürüldüğü bir süreçtir. Bu işlemde, ısıtılacak ürünler, elektrotlardan geçen akımın direnç karşılaşması sonucunda ısınır. Elektrik alan içerisinde bulunan ürünler, elektrotlara doğrudan temas ederek elektrik akımının üzerlerinden geçerken, gösterdikleri direnç miktarına bağlı olarak ısınır (Jeager ve ark., 2016).

Ohmik ısıtma yöntemi, gıda veya gıda karışımının alternatif akıma direnç göstermesiyle çalışır. Bu süreçte, direnç gösteren gıda veya gıda karışımında hacimsel olarak bir ısı artışı meydana gelir. Mikrodalga ve indüktif ısıtma yöntemlerinden farklı olarak, ohmik ısıtma, gıda ile doğrudan temas halindeyken ısıtma işlemini gerçekleştirir (Kaur ve Singh, 2016).

Ohmik ısıtma teknolojisi, hızlı ve eşit bir şekilde ısıtma yapabilmesi nedeniyle konvansiyonel ısıtma teknolojilerine göre birçok avantaja sahiptir. Bu yöntemle gıdaların daha hızlı ve homojen bir şekilde ısıtılması mümkün olur. Ohmik ısıtma, gıdaların iç kısımlarının da etkili bir şekilde ısınmasını sağlar, böylece daha kısa sürede istenilen sıcaklığa ulaşılabilir. Ayrıca, ısıtma süreci daha hassas bir şekilde kontrol edilebilir, böylece istenilen sonuçların elde edilmesi daha kolay hale gelir. Bu avantajlar aşağıdaki gibidir (Cappato ve ark., 2017; Kutlu ve ark., 2017; Gavahian ve Farahnaky, 2018);

- Ohmik ısıtma, ürünün düzgün ve hızlı bir şekilde sıcaklık artışıyla işlem görmesini sağlar, bu da uygulanan ısıl işlemin daha etkili olmasını, ürünün besleyici bileşimini ve duyuşal özelliklerini korumasını sağlar.
- Isı enerjisi, ürün içerisinde doğrudan üretilir, bu nedenle ısı transfer yüzeyine ihtiyaç duyulmaz.
- Ohmik ısıtma, ürün yüzeyinde sıcak bölgelerin oluşmamasını sağlar, bu da sıcaklık hassasiyetine sahip gıda maddelerinin işlenmesinde kullanılabilir.
- İstenilen sıcaklığa hızlı bir şekilde ulaşılabilir.
- Ohmik ısıtma işlemi, aynı anda katı ve sıvı fazda ısıtma yapabilme özelliğine sahiptir.
- Akım kesildiğinde ısı transferi durduğundan sürecin kontrolü kolaylıkla sağlanabilir.

- Hacimsel ısıtma gerçekteştiği için karıştırma işleme ihtiyacı duyulmaz.
- Ohmik ısıtma sistemleri, elektrik enerjisinin %90'ının ısı enerjisine dönüşmesiyle enerji verimliliği sağlar.
- Sessiz ve çevre dostu bir sistemdir, bu nedenle "yeşil teknoloji" olarak adlandırılır.
- Daha az bakım gerektirir ve daha iyi ve daha basit proses kontrolü sağlar.

Bu bağlamda, ohmik ısıtmanın geleneksel yöntemle göre sahip olduğu bu avantajlar, besin değeri yüksek ve daha kaliteli jelatin elde etme, verimlilik ve zamandan tasarruf sağlama açısından önemlidir (İncedayı ve ark., 2019).

Ohmik ısıtma düzenekleri genellikle güç kaynağı, ısıtma hücresi, elektrotlar, mikroişlemci ve bilgisayardan oluşur (Gavahian ve Farahnaky, 2018). Ohmik ısıtma destekli bir evaporasyon sisteminde, güç kaynağı istenen gerilimi oluşturarak sisteme iletmek için kullanılır. Kullanılan güç kaynağının kapasitesi, ihtiyaç duyulan voltaj gradyanlarına ve gerçekleştirilecek işleme bağlı olarak değışiklik gösterir. Güvenli bir işlem yapabilmek için gıda maddesinin bulunduğu ısıtma hücresi yalıtkan bir malzemedir yapılmalıdır (Çokgezme ve İçier, 2016; Gavahian ve Farahnaky, 2018). Ohmik ısıtma doğrudan işlem veya ön işlem seviyelerinde birçok uygulama alanına sahiptir. Bunlardan bazıları haşlama, evaporasyon, kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon, fermantasyon, ekstraksiyon ve çözündürmedir. Sistemin uygulanması etkileyen bazı parametreler bulunmaktadır. Çizelge 2.4'de farklı işlem koşullarında uygulanan işlem parametreleri görülmektedir.

Çizelge 2.4. Farklı işlem koşullarında uygulanan işlem parametreleri

Materyal	İşlem	Frekans	Sıcaklık	Voltaj	Elektriksel Alan	Araştırmacılar
Tuna Balığı	Çözündürme	50 Hz-20 kHz	20°C	200 V	-	Liu ve ark. (2017)
Domates	Kabuk Soyma	30-60 Hz	40°C	1-100V	8-10 V cm <sup>-1</sup>	Wongsa-Ngasri ve Sastry (2015)
Pirinç	Pişirme	50 Hz	100°C	250V	20 V cm <sup>-1</sup>	Kanjanapongkul (2017)
Patates	Çözündürme	-	4°C	-	25 V cm <sup>-1</sup>	İçier ve ark. (2016)
Greyfurt ve Portakal Suyu	Pastorizasyon	50 Hz	70°C	-	1-30 V cm <sup>-1</sup>	Achir ve ark. (2016)
Ekmek Hamuru	Fermantasyon	50 Hz	35°C	50-150V	-	Gally ve ark. (2017)
Portakal Suyu Üretim Artıkları	Pektin Ekstraksiyonu	50 Hz	50-90°C	-	7-15 V cm <sup>-1</sup>	Saberian ve ark. (2017)
Vişne Suyu	Vakum Evaporasyon	50 Hz	20-65°C	-	10-14 V cm <sup>-1</sup>	Sabancı ve İçier (2017)
Domates Püresi	Enzim İnaktivasyonu	-	90°C	-	24 V cm <sup>-1</sup>	Makroo ve ark. (2016a)
Peyniraltı Suyu	Endüstriyel Peynir Altı Suyu İşleme	60 Hz	72-75°C	-	4-5 Vcm <sup>-1</sup>	Costa ve ark. (2018)

### 2.13. Ekstraksiyon - Hidrodestilasyon

Yapılan çalışmalar, ohmik ısıtmanın prosesleri önemli ölçüde etkileyebildiğini göstermektedir. Örneğin, şeker pancarından şekerin ekstraksiyon verimliliğinin ohmik ısıtma uygulamasıyla arttığı tespit edilmiştir (Katrokha ve diğerleri, 1984). Benzer şekilde, soya sütü ekstraksiyonunda ohmik ısıtmanın verimlilik üzerinde olumlu bir etkisi olduğu gösterilmiştir (Kim ve Pyun, 1995). Lima ve Sastry (1999) ise elma suyu elde etmek için ohmik ısıtmaya maruz kalan elmaların daha yüksek verimde olduğunu ve alternatif akım frekansının azaldıkça verimde önemli bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, ohmik ısıtmanın farklı prosesler üzerinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Örneğin, şeker pancarından şeker ekstraksiyonunda ohmik ısıtma, ekstraksiyon verimliliğini artırarak daha yüksek verimli bir işlem sağlamıştır. Aynı şekilde, soya sütü ekstraksiyonunda ohmik ısıtma, verimlilik üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmuştur. Elma suyu elde etme sürecinde ise ohmik ısıtmaya maruz kalan elmaların daha yüksek verimde olduğu görülmüştür. Ayrıca, alternatif akım frekansının azaldıkça elma suyu veriminde

önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, ohmik ısıtmanın proses verimliliğini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu ve alternatif akım frekansının ohmik ısıtma performansını etkileyebildiğini göstermektedir. Bu çalışmaların ışığında, ohmik ısıtmanın farklı proseslerde kullanımının avantajları ve etkileri daha da araştırılmıştır. Bu yöntem, proses verimliliğini artırabilir, enerji ve zaman tasarrufu sağlayabilir ve ürün kalitesini iyileştirebilir. Ohmik ısıtma, gıda endüstrisi ve diğer proses uygulamalarında potansiyel olarak etkili bir ısıtma tekniği olarak değerlendirilmektedir.

Ekstraksiyon, gıda proseslerinde bir veya daha fazla değerli bileşiğin farklı çözünürlük özelliklerinden yararlanarak katı veya sıvı fazdan başka bir sıvı faza transfer edilmesi olarak tanımlanır (Nakilcioğlu ve Ötleş, 2014; Kutlu ve diğerleri, 2017). Gıda endüstrisinde ekstraksiyon işlemi, önemli bir adımdır ve genellikle geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilir. Bununla birlikte, son yıllarda solvent kullanımının ve sürenin azaltılmasıyla birlikte ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla alternatif ekstraksiyon yöntemleri araştırılmaktadır (Kutlu ve diğerleri, 2017). Bu alternatif yöntemlerden biri, ohmik destekli ekstraksiyon düzenekleridir. Ohmik destekli ekstraksiyon, gıda bileşenlerinin ekstraksiyonunu konvansiyonel yöntemlere kıyasla daha kısa sürede ve daha yüksek verimle gerçekleştirebilme imkânı sunar (Loypima ve diğerleri, 2015; Pereira ve diğerleri, 2016; Saberian ve diğerleri, 2017). Ohmik destekli ekstraksiyon yöntemi, ohmik ısıtma prensibine dayanır. Elektrik akımı kullanılarak uygulanan ısı, gıda matrisindeki bileşenlerin çözünürlüğünü artırır ve ekstraksiyon sürecini hızlandırır. Bu yöntemde, ohmik ısıtma ile ekstraksiyon çözültisi arasında bir elektriksel direnç oluşur ve bu direnç sonucunda ısı oluşur. Bu ısı, gıda matrisindeki bileşenlerin çözünmesini kolaylaştırır ve ekstraksiyon verimini artırır. Ohmik destekli ekstraksiyon, çeşitli gıda bileşenlerinin ekstraksiyonunda başarıyla uygulanmıştır. Örneğin, bitkisel yağlar, aroma maddeleri, antioksidanlar, renklendiriciler ve diğer değerli bileşenlerin ohmik destekli ekstraksiyon yöntemiyle daha verimli bir şekilde elde edildiği belirtilmiştir. Bu yöntemin avantajları arasında kısa sürede yüksek ekstraksiyon verimi, düşük solvent kullanımı, enerji tasarrufu, daha iyi ürün kalitesi ve daha az çevresel etki sayılabilir. Ohmik destekli ekstraksiyon, gıda

endüstrisinde yaygın olarak kullanılan alternatif bir ekstraksiyon yöntemi olarak değerlendirilmekte ve gelecekte daha fazla araştırma ve uygulama potansiyeline sahip olabileceği düşünülmektedir (Loypima ve ark., 2015; Pereira ve ark., 2016; Saberian ve ark., 2017).

Ohmik destekli ekstraksiyon düzeneklerinde, ohmik sistem hem ısı kaynağı olarak işlev görür hem de uyguladığı elektrik alan sayesinde hücresel dokularda elektroporasyona neden olarak biyoaktif bileşenlerin daha iyi ekstrakte edilmesini sağlar (Pereira ve ark., 2016; Loypima ve ark., 2015). Örneğin, siyah pirinç kepeğinden antosiyanin ekstraksiyonu üzerine yapılan bir çalışmada, ohmik destekli ekstraksiyon düzeneğinin buhar destekli ekstraksiyona göre daha yüksek verim sağladığı gözlemlenmiştir (Pereira ve ark., 2016; Loypima ve ark., 2015). Benzer şekilde, portakal suyu üretiminden elde edilen atıklara uygulanan 90 °C'lik ohmik ısıtma işlemi, geleneksel yöntemle kıyasla daha fazla pektin ekstraktı elde edilmesini sağlamıştır (Saberian ve ark., 2017).

Ohmik destekli hidrodistilasyon sistemleri, ohmik ısıtmanın nispeten yeni bir uygulama alanını temsil eder. Bu sistemlerde, ohmik ısıtmanın hacimsel ısıtma özelliği damıtma düzeneklerine uygulanarak, distilasyon işlemi daha kısa sürede gerçekleştirilebilir ve enerji tasarrufu sağlanabilir (Gavahian ve ark., 2015; Hashemi ve ark., 2017). Bu uygulamalarla ilgili yapılan çalışmalar, ohmik destekli ekstraksiyon ve ohmik destekli hidrodistilasyonun avantajlarını ortaya koymuştur. Örneğin, siyah pirinç kepeğinden antosiyanin ekstraksiyonunda ohmik destekli ekstraksiyonun daha yüksek verim sağladığı gözlemlenmiştir. Portakal suyu atıklarının pektin ekstraksiyonunda da ohmik ısıtmanın daha etkili olduğu görülmüştür. Ohmik destekli hidrodistilasyon sistemleri ise enerji tasarrufu sağlamada ve distilasyon işlemini hızlandırmada potansiyele sahiptir. Bu sistemler, ohmik ısıtmanın hacimsel ısıtma özelliğinden yararlanarak daha verimli ve hızlı bir damıtma işlemi gerçekleştirir. Sonuç olarak, ohmik destekli ekstraksiyon ve ohmik destekli hidrodistilasyon, biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda ve uçucu bileşiklerin damıtılmasında etkili alternatif yöntemlerdir. Bu yöntemler, daha yüksek ekstraksiyon verimi, kısa sürede işlem tamamlama, enerji tasarrufu ve daha iyi ürün kalitesi gibi avantajlar sağlar. Bu

nedenle, ohmik destekli ekstraksiyon ve ohmik destekli hidrodistilasyon gibi ohmik ısıtma uygulamalarının daha fazla araştırılması ve geliştirilmesi beklenmektedir.

Ohmik destekli hidrodestilasyon ünitesi, geleneksel ısıtıcı yerine ohmik ısıtma düzeneklerinin kullanıldığı bir sistemdir. Bu yöntem, damıtma işleminin daha iyi kontrol edilmesini sağlarken, aynı zamanda damıtma maliyetlerini ve süresini azaltır (Gavahian ve Farahnaky, 2018). Hashemi ve diğerleri (2017), gıda maddelerinden antioksidanlar ve esansiyel yağların elde edilmesinde ohmik destekli hidrodestilasyon sistemlerinin çevre dostu bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Gavahian ve ekibi (2015) ise nereden ohmik destekli hidrodestilasyon yöntemiyle esansiyel yağların ekstraksiyonunda enerjiden yaklaşık %80, zamandan ise %75 tasarruf sağlamışlardır. Ohmik destekli hidrodestilasyon yöntemi, geleneksel damıtma süreçlerine göre çeşitli avantajlar sunar. Ohmik ısıtma düzeneklerinin kullanılması, damıtma işleminin daha hassas bir şekilde kontrol edilmesini sağlar ve proses verimliliğini artırır. Aynı zamanda, ohmik destekli hidrodestilasyonun enerji ve zaman tasarrufu sağladığı gözlenmiştir. Bu bulgular, ohmik destekli hidrodestilasyonun çevre dostu, enerji ve zaman tasarruflu bir damıtma yöntemi olduğunu göstermektedir. Bu yöntem, gıda endüstrisinde ve uçucu bileşiklerin elde edildiği diğer uygulama alanlarında daha yaygın olarak kullanılabilir hale gelmektedir. Ohmik destekli hidrodestilasyon, daha verimli, ekonomik ve çevre dostu damıtma işlemleri için gelecekte daha fazla araştırma ve uygulama potansiyeline sahiptir (Gavahian ve Farahnaky, 2018).

#### **2.14. Enzim İnaktivasyonu**

Enzimler, gıdalarda kötü koku, renk ve lezzet kaybı, tekstürel değişiklik gibi olumsuz etkilere neden olmakta ve kalitesini düşürmektedir. Bu nedenle gıdaları işleme sırasında enzim aktivasyonunun kontrol altına alınması önemlidir. Geleneksel yöntemler genellikle enzimleri inaktive eder, fakat bu işlem gıdanın duyuşal ve besinsel özelliklerinde kayıplara yol açabilmektedir. Bu nedenle alternatif ısıl işlem uygulamaları araştırılmakta ve bu uygulamaların gıda kalitesi üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Ohmik ısıtma, kısa sürede etkin bir ısınma sağlayarak enzim inaktivasyonunu gerçekleştirebilir ve aynı zamanda ürün kalitesini koruyabilir (Jakob ve ark., 2010; Demirdöven ve Baysal, 2014). Bu yöntemde, gıdaya uygulanan elektrik akımı sayesinde içsel direnç oluşur ve bu dirençten kaynaklanan ısı, enzimlerin etkinliğini azaltır veya tamamen inaktive eder. Ohmik ısıtma, yüksek hızda ve homojen bir şekilde ısı transferi sağlayarak enzim aktivitesinin kontrol altına alınmasına yardımcı olur. Bu özellikleri nedeniyle ohmik ısıtma, gıda endüstrisinde enzim inaktivasyonu için tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. Araştırmalar, ohmik ısıtmanın kısa süreli işlem süresiyle enzim aktivitesini etkili bir şekilde azaltabildiğini ve ürünün duyuusal ve besinsel özelliklerini koruduğunu göstermektedir. Bu bulgular, ohmik ısıtmanın enzim aktivitesini kontrol etmek için etkili ve güvenilir bir yöntem olduğunu vurgular. Ohmik ısıtma, geleneksel ısı işlem uygulamalarına kıyasla daha kısa sürede işlem tamamlama, enerji tasarrufu sağlama ve ürün kalitesini koruma gibi avantajlara sahiptir. Bu nedenle, gıda işleme süreçlerinde enzim inaktivasyonu gerektiren uygulamalarda ohmik ısıtmanın tercih edildiği görülmektedir (Makroo ve ark., 2016a).

Yapılan bir çalışmada, portakal suyu üretiminde pektin metilesteraz (PME) enziminin ohmik yöntemle %96 oranında inaktive edildiği ve ürünün askorbik asit içeriğinin konvansiyonel yöntemle göre daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, ohmik ısıtmanın enzim aktivitesini etkili bir şekilde azaltabildiğini ve ürün kalitesini korumada önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Demirdöven ve Baysal, 2014).

Diğer bir çalışmada ise ohmik ısıtma işleminin sulu şeker kamışı çözeltisindeki polifenoloksidaz enziminin aktivite düzeyinde etkili bir şekilde azalmasına sebep olmuştur. Bu çalışma, ohmik yöntemin polifenoloksidaz enzimi üzerinde etkili bir inaktivasyon sağlayarak ürünün kalitesini iyileştirebileceğini göstermiştir (Saxena ve ark., 2016).

Makroo ve arkadaşları domates suyu üzerinde ohmik ısıtma yöntemiyle enzim inaktivasyonunun ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini

incelemiştir. Bu çalışmanın sonuçları, ohmik yöntemin daha kısa sürede enzim inaktivasyonunu tamamladığını ve ürünün fizikokimyasal özelliklerini daha iyi koruduğunu göstermiştir. Bu da ohmik ısıtmanın ürün kalitesini iyileştirmek için etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaların bulguları, ohmik yöntemin enzim aktivitesini etkili bir şekilde azaltabildiğini ve ürünün fizikokimyasal özelliklerini koruma yeteneğine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ohmik ısıtma, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve etkili bir enzim inaktivasyonu sağlayarak ürün kalitesini iyileştirebilir. Bu nedenle, gıda endüstrisinde ohmik ısıtmanın yaygın olarak kullanılması ve daha fazla araştırma ve uygulama alanına yönelik çalışmalar yapılması önemlidir (Makroo ve ark., 2016a).

### **2.15. Mikrobiyal İnaktivasyon**

Gıdaların mikrobiyal inaktivasyonunu sağlamak için kullanılan ısıya dayalı yöntemler, ürünlerin renk, lezzet ve besin değerlerinde kayıplara neden olabilmektedir (Cho ve ark., 2017). Fakat günümüzde tüketicilerin daha az işlenmiş ve besin değeri korunmuş gıdalara olan talebi artmaktadır (Kim ve Kang, 2017). Gıda işleme süreçlerinde, mikroorganizmaların inaktivasyonu önemli bir adımdır ve bu süreçte kalite kayıplarını en aza indirebilecek yöntemler araştırılmaktadır. Ohmik ısıtma, bu tür inaktivasyon uygulamaları için termal bir alternatif yöntem olarak kullanılmaktadır. Ohmik ısıtmanın temel avantajlarından biri, elektrik akımının doğrudan gıdaya uygulanmasıdır. Bu, ısı enerjisinin homojen bir şekilde gıda maddesine iletilmesini sağlar. Sonuç olarak, ohmik ısıtma süreci daha hızlı bir şekilde gerçekleşir ve daha kısa sürede mikrobiyal inaktivasyon sağlanır. Ohmik ısıtmanın etkili bir mikrobiyal inaktivasyon sağlamasının yanı sıra, bu yöntem aynı zamanda gıda kalitesini korumada da etkilidir. Geleneksel ısıl işlem yöntemleri genellikle yüksek sıcaklık uygular ve bu da ürünün besinsel ve duyu özelliklerinde kayıplara neden olabilir. Ancak, ohmik ısıtma düşük sıcaklıkta gerçekleştirilebilir ve bu da ürünün kalitesinin daha iyi korunmasına yardımcı olur. Bu nedenlerle, ohmik ısıtma gıda endüstrisinde önemli bir potansiyele sahiptir. Hızlı, etkili ve kalite kaybını minimum düzeyde tutabilen bir ısıtma yöntemi olarak, mikrobiyal

inaktivasyon işlemlerinde tercih edilen bir seçenek olmuştur. Ohmik ısıtmanın daha da yaygınlaşması için gelecekte daha fazla araştırma ve uygulama çalışması yapılmaktadır (Yıldız-Turp ve ark., 2013; Park ve Kang, 2013; Jeager ve ark., 2016; Cappato ve ark., 2017; Cho ve ark., 2017).

Ohmik ısıtma, mikrobiyal inaktivasyonda termal etkinin yanı sıra, elektrik akımının etkisiyle mikroorganizmaların hücre zarlarında gözenek oluşmasına neden olan termal olmayan etkiler de göstermektedir (Jeager ve ark., 2016). Gıda maddesi elektrik akımına maruz kaldığında, mikrobiyal hücreler üzerinde yük birikimi meydana gelir. Bu yük birikimi, hücre zarındaki gözenek oluşumu ve ısıl direncin azalmasıyla sonuçlanan membran geçirgenliğinin artmasına neden olur (Yıldız-Turp ve ark., 2013; Cappato ve ark., 2017).

Park ve Kang (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın mikrobiyal inaktivasyon üzerindeki elektroporasyon etkisi incelenmiştir. Elektroporasyon, hücre zarının geçici olarak delinmesine neden olan elektriksel bir fenomendir. Çalışmanın sonuçlarına göre, ohmik ısıtma, mikroorganizmaların inaktivasyonunda hem ısıl etkisi hem de elektroporasyon etkisiyle birlikte çalışarak daha kısa sürede ve daha düşük sıcaklıklarda etkili olabilmektedir. Ohmik ısıtmanın elektroporasyon etkisi, elektrik akımının uygulandığı hücrelerde geçici bir elektriksel stres yaratır. Bu stres, hücre zarının geçirgenliğini artırarak hücrenin iç ve dış ortamı arasında iyon ve molekül geçişini kolaylaştırır. Böylece, mikroorganizmaların hücre içi yapıları bozulur ve inaktivasyonları gerçekleşir. Bu bulgular, ohmik ısıtmanın mikrobiyal inaktivasyonda elektroporasyon etkisinin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Elektroporasyon etkisi, daha düşük sıcaklıkta bile etkili bir inaktivasyon sağlayarak ürün kalitesinin korunmasına katkıda bulunabilir. Ayrıca, daha kısa sürede inaktivasyon gerçekleştirilmesi, işlem verimliliğini artırabilir ve enerji tasarrufu sağlayabilir. Bu çalışma, ohmik ısıtmanın mikrobiyal inaktivasyon mekanizmaları üzerindeki etkisini anlamamıza yardımcı olmuştur. Ohmik ısıtma yönteminin elektrik akımıyla birlikte elektroporasyon etkisini kullanması, gıda endüstrisinde mikrobiyal inaktivasyonun etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi için önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, daha fazla araştırma ve uygulama çalışmaları, ohmik ısıtmanın

elektroporasyon etkisini optimize etmek ve güvenli bir şekilde kullanmak için gereklidir (Park ve Kang, 2013).

Cho ve arkadaşları (2017), kırmızı biber salçasının pastörizasyonu için kullandıkları ohmik ısıtma sistemiyle mikrobiyal inaktivasyonu, konvansiyonel yönteme kıyasla daha kısa sürede gerçekleştirmeyi başarmışlardır. Bu çalışma, ohmik ısıtmanın gıda işleme süreçlerinde etkili bir mikrobiyal inaktivasyon sağlama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, aynı araştırmacılar yaptıkları çalışmada, yüksek viskoziteli ürünlerin ısı temelli sterilizasyonu için ohmik sistemlerin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Ohmik ısıtma sistemi, yüksek viskoziteli ürünlerin içerisindeki mikroorganizmaların inaktivasyonunu daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilir. Bu durum, enerji verimliliği sağlamanın yanı sıra ürün kalitesinin korunmasında da önemli bir avantaj sağlar. Bu bulgular, ohmik ısıtmanın yüksek viskoziteli ürünlerin sterilizasyonu ve mikrobiyal inaktivasyonu için uygun bir seçenek olduğunu göstermektedir. Ohmik ısıtma, daha kısa sürede işlem tamamlama, enerji verimliliği sağlama ve ürün kalitesini koruma gibi avantajlara sahip olduğu için gıda endüstrisinde tercih edilen bir yöntem olmuştur. Ancak, ohmik ısıtmanın uygulanması için gıda ürünlerinin özelliklerinin ve işlem parametrelerinin dikkate alınması önemlidir. Optimal sonuçlar elde etmek için daha fazla araştırma ve uygun işlem parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde ohmik ısıtma, gıda işleme süreçlerinde daha yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelebilir. (Cho ve ark., 2017).

Park ve arkadaşları (2017), elma suyunda ohmik yöntemle mikrobiyal inaktivasyonun optimum şartlarını araştırmıştır. Çalışmalarında, uygun voltaj gradyanlarıyla uygulanan ohmik işleme etkili bir mikrobiyal inaktivasyon sağlandığını ve bu işlemin ürünün besinsel ve duyu özelliklerini büyük ölçüde koruduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, ekonomik olarak da ohmik işlemin tasarruf sağladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, ohmik yöntemin mikrobiyal inaktivasyon süreçlerinde etkili, kalite koruması yüksek ve ekonomik bir seçenek olduğunu göstermektedir.

Hradecky ve diğeri (2017) ise ohmik sterilizasyon yönteminin bebek mamalarında mikrobiyal güvenliği sağlamak ve besin kayıplarını minimumda tuttuğunu belirtmişlerdir. Ohmik sterilizasyon, bebek mamalarında mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlamak için etkili bir yöntemdir ve aynı zamanda besin değerlerinin korunmasına da yardımcı olur. Bu sayede, bebek mamalarının güvenli bir şekilde tüketilebilir hale gelmesi ve besin kayıplarının en aza indirilmesi sağlanır. Ayrıca, çalışmada belirtilen furan bileşiklerinin oluşumunun da minimumda tutulması, ohmik sterilizasyonun sağladığı güvenli ve kaliteli ürün elde edilmesini vurgulamaktadır.

Bu çalışmaların sonuçları, ohmik yöntemin mikrobiyal güvenlik sağlama, besin kayıplarını minimumda tutma ve ürün kalitesini koruma konularında etkili bir seçenek olduğunu göstermektedir. Ohmik işlemin, gıda endüstrisinde mikrobiyal inaktivasyon ve sterilizasyon süreçlerinde yaygın bir şekilde kullanılması, daha fazla araştırma ve uygulama gerektirmektedir. Bu sayede, ohmik yöntemin potansiyeli daha da geliştirilerek gıda güvenliği ve kalitesinin artırılması sağlanabilir.

## **2.16. Evaporasyon**

Gıda endüstrisinde, sıvı ürünlerin konsantre hale getirilmesi için yaygın olarak evaporasyon tekniği kullanılmaktadır. Evaporasyon işlemi, ürünlerdeki serbest suyun uzaklaştırılması yoluyla gerçekleştirilir, böylece ürünün su aktivitesi azalır ve mikrobiyal bozulmalara karşı daha dayanıklı hale gelir. Ayrıca, ürün hacminin azalması da paketleme, taşıma ve depolama maliyetlerinde düşüş sağlar. Ancak, ısıya duyarlı gıdaların evaporasyon süreci sırasında renk, aroma, tat ve besin değerinde kayıplar meydana gelebilir. Bu olumsuz etkileri minimize etmek için, genellikle vakum evaporasyon uygulamaları tercih edilir. Vakum altında gerçekleştirilen evaporasyon işlemi, düşük sıcaklık derecelerinde yapılabilir. Bu sayede, ısıya duyarlı bileşenlerin korunması sağlanırken aynı zamanda enerji tasarrufu elde edilir. Vakum evaporasyon, düşük basınç altında gerçekleştiği için sıvı ürünlerdeki buharlaşma noktasını düşürür. Böylece, suyun daha düşük sıcaklıkta buharlaşması sağlanır ve ısıya duyarlı bileşenlerin etkilenmesi minimum seviyeye indirilir. Bu da renk, aroma, tat ve besin değeri

gibi ürün kalitesi açısından önemli özelliklerin korunmasına yardımcı olur. Sabancı ve İçier (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, vakum evaporasyonun ısıya duyarlı gıdaların konsantre edilmesi sırasında kayıpları minimize etmek için etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma, vakum altında yapılan evaporasyonun, düşük sıcaklıkta gerçekleştirilebilir ve böylece ürünün kalite özelliklerinin daha iyi korunduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, vakum evaporasyonu, ısıya duyarlı gıdaların konsantre edilmesi sırasında olumsuz etkileri minimize etmek ve ürün kalitesini korumak için tercih edilen bir yöntemdir. Daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilen bu işlem, renk, aroma, tat ve besin değeri gibi önemli özelliklerin korunmasına yardımcı olurken aynı zamanda enerji tasarrufu sağlar (Sabancı ve İçier, 2017).

Evaporasyon işlemleri genellikle uzun sürelerde gerçekleşir, bu da zaman ve enerji kaybına yol açar ve maliyetleri artırır. Bu nedenle, evaporasyon sürelerini azaltmak ve daha etkin bir işlem yapmak için alternatif uygulamalar araştırılmaktadır. Bu bağlamda, ohmik ısıtma sistemlerinin evaporasyon ünitelerinde ısı kaynağı olarak kullanılması önemli bir gelişmedir. Yapılan çalışmalar, ohmik destekli evaporasyon ünitelerinin işlem sürelerini kısalttığını ve verim artışı sağladığını göstermektedir (İçier ve ark., 2017; Çokgezme ve ark., 2017).

Sabancı ve İçier (2017) tarafından yapılan çalışmada, vişne suyunun konsantre edilmesi için ohmik destekli vakum evaporasyon düzeneklerinin kullanılması incelenmiştir. Bu çalışmada, ohmik destekli vakum evaporasyon düzeneklerinin, buharlaşma süresinde önemli ölçüde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma sistemi, vişne suyu konsantre edilirken hızlı ve etkili bir ısıtma sağlarken, vakum evaporasyon sistemi ise suyun daha düşük sıcaklıkta buharlaşmasını sağlar. Bu şekilde, ohmik destekli vakum evaporasyon düzenekleri, daha kısa sürede ve daha düşük sıcaklıkta vişne suyunun konsantre edilmesini mümkün kılarak ürün kalitesinin korunmasına katkıda bulunur.

Benzer şekilde, Çokgezme ve diğerleri (2017) nar suyunun konsantre edilmesinde ohmik destekli vakum evaporasyon sisteminin performansını incelemiştir. Yaptıkları çalışmada, ohmik ısıtma sisteminin vakum

buharlaştırma sistemiyle entegrasyonunun, sistemin performansını artırdığını bildirmişlerdir. Ohmik ısıtma sistemi, nar suyu konsantre edilirken hızlı ve etkili bir ısıtma sağlarken, vakum evaporasyon sistemi suyun daha düşük sıcaklıkta buharlaşmasını sağlar. Bu entegrasyon, nar suyu konsantre edilirken daha yüksek verimlilik, daha kısa işlem süresi ve daha iyi kalite koruması sağlar. Bu çalışmaların sonuçları, ohmik destekli vakum evaporasyon düzeneklerinin, meyve sularının konsantre edilmesi sürecinde önemli avantajlar sağladığını göstermektedir. Ohmik ısıtmanın hızlı ve etkili ısıtma sağlama özelliği, vakum evaporasyonun düşük sıcaklıkta buharlaşma sağlama özelliğiyle birleştiğinde, ürün kalitesinin korunması ve işlem süresinin kısaltılması gibi avantajlar elde edilir. Bu yöntemler, gıda endüstrisinde konsantre ürünlerin üretiminde daha sürdürülebilir ve etkili bir seçenek olabilir (Çokgezme ve ark., 2017).

### **2.17. Ohmik Isıtmanın Gıda Kalitesi Üzerine Etkileri**

Ohmik ısıtma sistemleri, elektrik enerjisinin termal enerjiye dönüşümüyle elde edilen ısıyı birçok işlemde kullanmaktadır. Bu işlemler arasında ekstraksiyon, çözündürme, pişirme, enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon gibi birçok uygulama yer almaktadır. Birçok araştırma, ohmik ısıtmanın bu işlemlerde önemli avantajlar sağladığını ortaya koymuştur. Ohmik sistemlerin kullanımı, hızlı bir şekilde kitlesel bir ısı artışı sağlayarak ürünün rengini, dokusunu, aromasını ve lezzetini koruma konusunda etkilidir. Bu özellikler, özellikle ısıya duyarlı gıdaların işlenmesinde büyük bir önem taşır. Ohmik ısıtma, ısıyı ürüne hızla ve homojen bir şekilde iletterek termal bozulmalara neden olan uzun süreli ısıtma işlemlerinden kaçınmayı mümkün kılar. Böylece, ürünün kalite özellikleri korunur ve besin değeri maksimum düzeyde muhafaza edilir. Aynı zamanda, ohmik ısıtmanın mikrobiyal inaktivasyon süreçlerinde de önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Ohmik sistemler, uygulanan elektrik akımı sayesinde mikroorganizmaların hücre duvarlarını etkileyerek mikrobiyal inaktivasyonu hızlandırır. Bu da gıda ürünlerinin mikrobiyal açıdan güvence altına alınmasını kolaylaştırır (Achir ve ark., 2016; Makro ve ark., 2016; Liu ve ark., 2017; Kim ve ark., 2018).

Çeşitli çalışmalar, ohmik ısıtma sistemlerinin ürün kalitesini koruma ve mikrobiyal güvenlik sağlama konusunda başarılı olduğunu göstermektedir. Cappato ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, ohmik ısıtmanın meyve suyu üretiminde ürünün renk, aroma ve besin değerinin korunmasında etkili olduğu belirtilmiştir. Parmar ve arkadaşları (2018) ise ohmik işlemin etkili mikrobiyal inaktivasyon sağlamada önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamıştır (Cappato ve ark., 2017; Parmar ve ark., 2018).

Geleneksel ısıtma işlemleri sırasında, ısı transfer mekanizmaları nedeniyle ürün yüzeyinde aşırı ısınma meydana gelebilir. Bu durum, ısıya duyarlı besin öğelerinin ve duyu özelliklerinin kaybına yol açabilir. Ayrıca, endüstride kullanılan geleneksel ısıtma uygulamalarında genellikle yakıtın yakılmasıyla üretilen ısı enerjisi, doğrudan veya dolaylı olarak malzemeye aktarılmaktadır (Shiby ve ark., 2014). Bu durum enerji verimliliğini düşürürken, çevresel kirliliği artırabilmektedir. Bu nedenlerle, son yıllarda yeni ve alternatif ısıtma teknolojilerine olan talep artmıştır. Bu alternatif yöntemler, gıda endüstrisinde çeşitli uygulama alanları bulmuş ve araştırmalar bu yöntemlerin önemini vurgulamıştır. Ohmik ısıtma sistemleri de bu alternatif yöntemlerden biridir (Kaur ve Singh, 2016; Cappato ve ark., 2017).

Yapılan çalışmalar, ohmik ısıtma sistemlerinin gıda endüstrisinde kullanımının avantajlarını ortaya koymuştur. Örneğin, Sakr ve Liu (2014) tarafından yapılan bir çalışma, ohmik ısıtmanın etkili bir alternatif ısıtma yöntemi olduğunu ve enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sunduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, gıda endüstrisinde yeni ve alternatif ısıtma teknolojilerine olan talep artmaktadır. Ohmik ısıtma sistemleri, geleneksel ısıtma uygulamalarına göre önemli avantajlar sağlayarak ürün kalitesini korumakta ve enerji verimliliğini artırmaktadır. Yapılan araştırmalar, ohmik ısıtmanın gıda endüstrisinde önemli bir rol oynadığını ve gelecekte daha yaygın olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Sakr ve Liu, 2014).

### **3. GEREÇ VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu çalışmada sığır uyluk (osFemur) ve ön kol (osHumerus) kemikleri materyal olarak seçilmiş ve kemikler Isparta'da yerel bir kasaptan 1-3 yaş hayvan kemiklerinden seçilerek üretimin yapılacağı günlerde temin edilmiştir. Kemikler kasaptan hassas bir şekilde yaklaşık 3 cm çapında ve 2 cm kalınlığında halka şeklinde kesilmiş olarak alınmıştır. Kemik ve ilik çapları kumpas ile ölçülerek hammadde homojen boyutlarda sabit tutulmuştur.

#### **3.2. Üretim yöntemi**

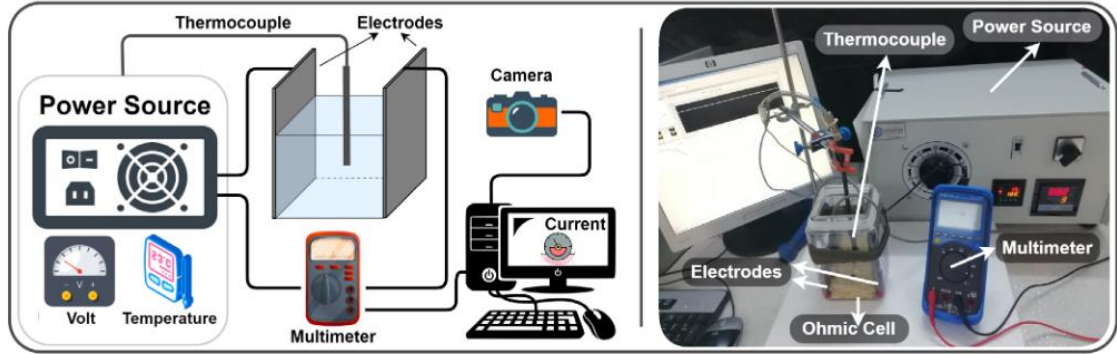
##### **3.2.1. Ön işlem**

Temin edilen ilikli kemikler kan, yağ ve kirlilik unsurlarından arındırılması adına işlemden önce 12 saat tuzlu suda (%1, g/100 mL) bekletilecek, devamında su ile yıkanmıştır. Bu işlem hem geleneksel hem de ohmik ısıtma yöntemi ile kemik suyu üretiminden önce kemiklere uygulanmıştır.

##### **3.2.2. Geleneksel yöntem ile kemik suyu üretimi**

Tuzlu su çözeltisinden alındıktan sonra yıkanan ilikli sığır kemik parçaları tuzlu su (% 0.2, g/100mL) içerisinde kaynatma aşamasına alınmıştır. Kaynatma işlemi atmosfere açık kap içerisinde gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon aşamasında ohmik ısıtma için belirlenmiş olan optimum kemik/tuzlu su oranı geleneksel yöntemde de aynı şekilde kullanılmıştır. Kaynatma işlemi 12 saat sürede gerçekleşmiştir. Kaynatma sonrası kemik parçaları ve kaba safsızlık unsurlarından ayırmak için sıcak çözelti süzgeç yardımı ile süzölmüştür. Süzüntüler 200 mL'lik ağzı kapaklı opak plastik kaplara alınarak, oda şartlarında oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Sonrasında örnekler +4°C'de buzdolabında analizlere kadar depolanmıştır. Oda sıcaklığına soğurken başlayan jelleşme süreci soğukta depolama sürecinde tamamlanmıştır.

### 3.3. Ohmik Isıtma Sistemi



Şekil 3.1. Kullanılan Ohmik Isıtma Cihazı ve Çizimi (Turgut ve ark, 2020).

Ohmik ısıtma işlemi Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, Şekil 3.1' deki cihaz (Eraktek Innovation, Konya, Türkiye ) ile gerçekleştirilmiştir (Turgut ve ark, 2020).

#### 3.3.1. Ohmik ısıtma ekipmanları

Elektrotlar, ohmik hücre ve güç kaynağından oluşan, akım, voltaj gradyanı (VG) ve direnç için izleme cihazları ile donatılmış laboratuvar ölçekli OH ekipmanı (bkz. Şekil 3; Eraktek Innovation, Konya, Türkiye), kemik suyu üretimi için ohmik ısıtmanın olası kullanımını incelemek için kullanılmıştır. Voltaj çıkışı 0–400 V aralığında manuel olarak ayarlanabilen güç kaynağı (maks. ~4 kW), alternatif akım (10 A'ya kadar, 50–60 Hz'de)'dir. Sistemin ohmik hücresi camdan (10×10×20 cm<sup>3</sup>) yapılmıştır. Elektrotlar (7×10 cm<sup>2</sup>) titanyumdan yapılmıştır. Ohmik hücredeki elektrotlar arasındaki mesafe 10 cm dir. Pişirme ortamının sıcaklığı, yeme hacminin (kemik ve pişirme suyu) geometrik merkezinde Teflon kaplı bir termokupl ile izlenmiştir. Sıcaklık dağılımının ısıtma hacminde tekdüze olduğu varsayılmıştır ve suyun kaynama noktasında (~95°dir) bir termostat (açma/kapama kontrolü sıcaklıkta ±1°C osilasyon ile sağlanmıştır) kullanılarak sabit tutulmuştur. C, deneylerin yapıldığı bölgede deneysel olarak belirlendi. Deneyler sırasında (10, 20, 30 ve 40 V cm<sup>-1</sup>) dört farklı VG uygulanmıştır. Her deney için akım ve sıcaklık kaydedilmiş ve ohmik hücrenin fotoğrafları 5 saniyelik aralıklarla alınmıştır (Turgut ve ark, 2020).

### 3.4. Ohmik Isıtma Yöntemi İle Kemik Suyu Üretimi

Tuzlu su çözeltisinden alındıktan sonra yıkanan ilikli sığır kemik parçaları tuzlu su (% 0.2, g/100mL) içerisinde kaynatma aşamasına alınmıştır. Buradaki kaynatma çözeltisinin tuz konsantrasyonu ohmik ısıtma işleminde sistemin akım üst sınırını aşmayacak şekilde ön denemeler ile belirlenmiştir. Kaynatma suyuna tuz ilavesi olmadan gerçekleştirilen ön denemelerde ise sistemde akım geçişi yetersiz düzeyde kalmıştır. Bu nedenle hem sistemin sınırlarını aşmamak hem de etkin akım geçişini sağlamak adına belirlenen kaynatma çözeltisi tuz konsantrasyonu sabit tutulmuştur. Kaynatma işlemi camdan yapılmış dikdörtgen prizma ( $10 \times 10 \times 20 \text{cm}^3$ ) şeklindeki ohmik hücre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Cam hücre içerisine sabitlenmiş titanyum elektrotlar ( $7 \times 10 \text{cm}^2$ ) kullanılmıştır. Elektrotlar ohmik hücre içerisine karşılıklı paralel şekilde yerleştirilmiştir. Titanyum gıdalardaki ohmik ısıtma işlemlerinde gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından en uygun ve tercih edilen elektrot malzemedir (İçier, 2005) Yukarıda tanımlanmış olan ohmik ısıtma sisteminde ilikli sığır kemiğinden gerçekleştirilecek olan kemik suyu üretimi parametreleri çalışma kapsamında optimize edilmiştir. Bu bağlamda ohmik ısıtma sisteminin kontrol edilebilen voltaj gradyanı, süre ve kemik/tuzlu su çözelti oranı çalışmamızdaki bağımsız değişkenlerdir. Bağımsız değişkenlerimize bağlı olarak jel gücü (tekstürel analiz ile belirlenmiş) maksimize edilmiştir. İlikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarıyla doğru orantılı olarak oluşan jelatin miktarı ve oluşan jel gücü artmaktadır (Jamilah ve Harvinder, 2002 ; Intarasirisawat ve ark., 2007 ). Bu amaca yönelik optimum işlem koşulları yanıt yüzey yöntemine göre belirlenmiştir. Deneme tasarımında belirtmiş olduğumuz voltaj gradyanı (V/cm), işlem süresi (dak.) ve kemik/tuzlu su oranı (g/mL) değişkenleri yer almıştır. İşlemler sonucunda elde edilen jellerde gerçekleştirilen olan tekstürel analiz sonucu elde edilecek jel gücü değeri yanıt olarak kullanılmıştır. Deneme tasarımı olarak merkezi karma tasarım kullanılmıştır. Merkezi karma tasarımına dahil edilmiş olan işlem parametrelerinin her birisi 5 seviyede çalışılmıştır. Bu parametrelerin çalışma aralıkları ön-denemelerle belirlenmiştir. Aşağıdaki çizelgede ön denemelerle

belirlenmiş olan bağımsız değişkenlerin çalışma aralıkları tanımlanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deneme deseninde yer alan bağımsız değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri

Bağımsız Değişken	Alt Sınır	Üst Sınır
Voltaj Gradienti, V/cm	50	150
Süre (dk.)	180	300
Kemik/Tuzlu Su çözeltisi Oranı, g/mL	0.5	2.0

### 3.5. Kemik Sularına Uygulanan Analizler

#### 3.5.1. pH analizi

pH metre kullanılarak örneklerin pH değerleri saptanmıştır. Her analiz öncesi pH metre standart çözeltileri (pH 4 ve pH 7) kullanılarak 20°C de kalibre edilmiş, daha sonra jel örneklerinin pH değerleri ölçülmüştür.

#### 3.5.2. Titrasyon asitliği tayini

TS-1018 standardında belirlenen Soxhlet Henkel yöntemi ile belirlenmiştir (Anonim,1981).

#### 3.5.3. Nem tayini

Kemik sularında nem analizi, 5 g örneğin 105°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar tutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC 2006).

#### **3.5.4. Kül tayini**

Kemik sularında kül miktarı; 3-5 g örnek alınarak 550°C'deki kül fırınında esmer lekeler kalmayınca kadar yakılmasıyla meydana gelen ağırlık kaybindan % olarak hesaplanmıştır (AOAC 2006).

#### **3.5.5. Su aktivitesi**

Elde edilen kemik sularının su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (Thermocostanter TH 200, Novasina, Axair Ltd. İsviçre) ile belirlenmiştir.

#### **3.5.6. Renk ölçümü**

Örneklerin renk değerleri Renk ölçüm cihazı (NH310, Taşınabilir Kolorimetre, ÇİN) kullanılarak belirlenmiştir. Renk ölçümleri CIE (L\*, a\*, b\*) renk sistemi ile ifade edilmiştir. Renk ölçümü oda şartlarında paralelli olarak ve her örnek için üç bölgede yapılmış ve bu değerlerin ortalaması o örneğin rengini ifade etmiştir.

#### **3.5.7. Tekstür analizi**

Kemik sularının tekstürel özellikleri, 5 kg yük hücresi ile donatılmış tekstür analiz cihazı (TA. HD Plus, Stable Micro sistemleri, Surrey, İngiltere) kullanılarak tespit edilmiştir. Bu metot parametrelerine göre, test öncesi hız 1 mm/s, test hızı 1 mm/s, test sonrası hız 10 mm/s olarak tanımlanmıştır. Gerilme değeri %20 olarak belirlenmişken analiz süresi ise 60 saniyedir. Tekstür analizinde, ölçümler sırasında 35 mm silindir prob kullanılmıştır. Tekstür analizleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Analizler 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir (Validasyonu ve ark.,2018).

#### **3.5.8. Viskozite**

Reolojik ölçümler için Brookfield viskozimetresi (Model LVDV-II Pro,ülke) kullanılmıştır. Ölçümler sırasında test hücresi içinde tekdüze bir kayma

gerilimi-kayma hızı alanı oluşturabilmek adına Brookfield Viskozite Ölçerin “Küçük Ölçüm Adaptörü” kullanılmıştır. Ölçüm sırasında sıcaklık su banyosuyla  $\pm 0.1$  °C sabit tutulmuştur. Ölçümler için 27 nolu ölçüm ucu (spindle) kullanılmıştır (İcier ve Bozkurt, 211).

### **3.5.9. Protein tayini**

Kemik suyu örneklerinde protein analizinde Kjeldahl metodu kullanılmıştır, azot miktarı % olarak belirlendikten sonra elde edilen değerin 6.25 faktörü ile çarpılmasıyla protein miktarı % olarak hesaplanmıştır (AOAC 2006).

### **3.5.10. Yağ tayini**

Kemik sularının yağ miktarı tayini Flynn and Bramblett (1975)'e göre bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Jel yapıdaki 10 ml kemik suyu örneği 100 ml kloroform-metanol (2:1) çözeltisiyle karıştırılır. Karışım, ayırma hunisine filtre kağıdı yardımıyla süzülür. Ayırma hunisine 10 ml %0.5'lik  $\text{CaCl}_2$  ilave edilerek etkin bir şekilde çalkalanır. Ayırma hunisinin havası alınarak 24 saat faz ayrımı oluşması için beklenir. 24 saat sonunda alt faz  $105^\circ\text{C}$ 'de 2 saat bekletilmiş soğutulmuş ve darası alınmış yağ balonlarının içerisine alınır. Yağ balonuna  $40^\circ\text{C}$ 'de vakum altında damıtma işlemi uygulanır.

### **3.5.11. Tiyoarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi**

Kemik sularında lipit oksidasyonunun takip edilmesi için tiyoarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi Lemon (1975)'a göre bazı modifikasyonlar (Mielnik ve ark., 2006) yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, örnekte bulunan malonaldehitin %7.5'luk TCA çözeltisi ile ayrılması, TBA ayırıcı ile reaksiyona sokularak inkübasyona bırakılması ve oluşan rengin yoğunluğunun spektrofotometrede ölçülmesi esasına dayanır.

### **3.5.12. Mineral madde analizi (Ca, Mg )**

Uygulanan ekstraksiyon işlemlerinin Kemik suyu içeriğindeki mineral maddelere (kalsiyum ve magnezyum) olan etkisini saptayabilmek için ppm ve ppb düzeyinde miktar tayini yapılmıştır. Bu işlem hizmet alımı şeklinde Süleyman Demirel Üniversitesi bünyesinde Eser Element Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır.

### **3.5.13. Tuz tayini (g/100g)**

Kemik sularında toplam tuz miktarı tayini (TS 5000) yöntemine göre belirlenmiştir.

### **3.5.14. Kuru madde tayini**

Kuru madde analizinde süzölmüş kemik sularından homojen olarak yaklaşık 5-10 g örnek alınarak 105 °C' de örnekler sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar % kuru madde olarak belirlenmiştir (Anonim, 2011).

### **3.5.15. İstatistiksel analizler**

Minitab 17 istatistik paket programı kullanılarak deneme tasarımı oluşturulmuştur. Deneme deseninde merkezi karma tasarım kullanılmıştır. Bu tasarıma göre her bir işlem parametresi 5 seviyede test edilmiştir. Ayrıca merkezi noktada 4 tekerrür vardır. Buna göre elde edilecek sonuçlar ikinci dereceden denklem ile modellenmiştir. Modelleme de geri eliminasyon yöntemi ile önem düzeyi  $p > 0.1$ 'den büyük terimler model içerisinde çıkarılmıştır. Model performansı,  $R^2$ ,  $R^2_{adj}$ ,  $R^2$  tahmin ve uyum yetersizliği değeri üzerinden değerlendirilmiştir. Aynı paket program ile yanıt yüzey yöntemi ile proses optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca optimum şartlarda ilikli kemikten üretilen jeller geleneksel yöntem ile elde edilmiş olan örneklerle kıyaslanmıştır. Örneklerin kıyaslanması için varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir.

Karşılaştırma amaçlı üretilen jellerde gerçekleştirilen analiz sonuçları Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Deneme deseninde yer alan bağımsız değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme deseninde yer alan bağımsız değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri

Standart Sıra	Deneme Sırası	Nokta Tipi	Blok	VG, V/cm	Süre, dak	Kemik/Tuzlu Su Oranı, g/mL
12	1	-1	1	100.00	300.00	1.25
14	2	-1	1	100.00	240.00	2.00
4	3	1	1	129.73	275.68	0.80
2	4	1	1	129.73	204.32	0.80
6	5	1	1	129.73	204.32	1.70
18	6	0	1	100.00	240.00	1.25
7	7	1	1	70.27	275.68	1.70
13	8	-1	1	100.00	240.00	0.50
16	9	0	1	100.00	240.00	1.25
10	10	-1	1	150.00	240.00	1.25
5	11	1	1	70.27	204.32	1.70
17	12	0	1	100.00	240.00	1.25
11	13	-1	1	100.00	180.00	1.25
15	14	0	1	100.00	240.00	1.25
8	15	1	1	129.73	275.68	1.70
9	16	-1	1	50.00	240.00	1.25
3	17	1	1	70.27	275.68	0.80
1	18	1	1	70.27	204.32	0.80

\*VG, voltaj gradienti

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Kemik Suyu Üretimi

Çalışmada sığır uyluk (osFemur) ve ön kol (osHumerus) kemikleri materyal olarak seçilmiş ve kemikler Isparta'da yerel bir kasaptan 1-3 yaş hayvan kemiklerinden seçilerek üretimin yapılacağı günlerde temin edilmiştir. Kemikler kasaptan hassas bir şekilde yaklaşık 3 cm çapında ve 2 cm kalınlığında halka şeklinde kesilmiş olarak alınmıştır. Temin edilen ilikli kemiklerin görünümü Şekil 4.1'de gösterilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yerel bir kasaptan temin edilen ilikli sığır kemiklerinin görünümü

Kemikler kan, yağ ve kirlilik unsurlarından arındırılması adına işlemden önce 12 saat tuzlu suda (%0.2 g/100 mL) bekletilmiştir. Devamında su ile yıkanmıştır. Bu işlem hem geleneksel hem de ohmik ısıtma yöntemi ile kemik suyu üretiminden önce kemiklere uygulanmıştır.

#### 4.1.1. Ohmik ısıtma yönteminde farklı işlem süresi ve voltaj gradyenlerinin kemik sularının jel gücü üzerine etkisi

Kemik suyu üretiminde çalışma kapsamında geleneksel yöntem alternatif olarak seçilen yöntem ohmik ısıtmadır. Kemik örnekleri ohmik ısıtma yöntemi ile farklı süre (3, 4, ve 5 saat) ve voltaj gradyanında (50, 100 ve 150 V/cm) işleme tabi tutulmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı süre ve voltaj gradyanlarında işleme tabi tutulan kemik sularının jel gücü değerleri

İşlem Süresi(sa)	Voltaj Gradyanı	Jel Gücü Kuvveti
3	50 V / cm	3.597 ±0.115 <sup>b</sup>
	100 V / cm	6.422 ±0.054 <sup>a</sup>
	150 V / cm	7.163 ±0.475 <sup>a</sup>
4	50 V / cm	4.681 ±0.042 <sup>c</sup>
	100 V / cm	11.832±0.915 <sup>a</sup>
	150 V / cm	8.688 ±0.012 <sup>b</sup>
5	50 V / cm	7.169 ±0.421 <sup>b</sup>
	100 V / cm	28.305±2.007 <sup>a</sup>
	150 V / cm	9.200 ±0.439 <sup>b</sup>

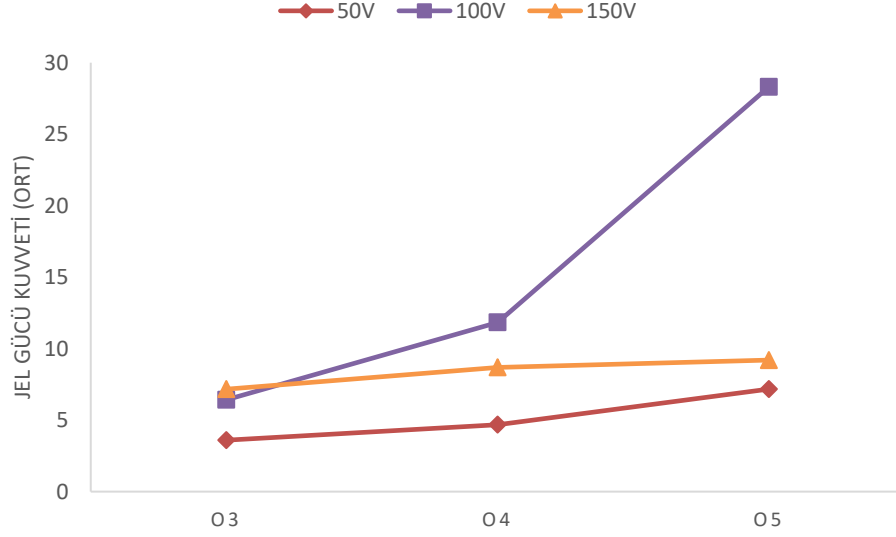
\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Ohmik ısıtma yöntemi ile kemik suyu eldesinde uygulanan voltaj gradyanının jel gücü üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre en yüksek jel gücü değeri, 100 V/cm voltaj gradyanında 5 saatlik ohmik ısıtma yöntemi ile elde edilen kemik sularına aittir. Kemik sularının ohmik ısıtma sırasında zamana karşı jel gücü değerlerinin arttığı görülmektedir.

Deneme desenine göre gerçekleştirilen farklı süre ve voltaj gradyanlarında işleme tabi tutulan kemik sularının jel gücü değerlerinin değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Farklı süre ve voltaj gradyanlarında işleme tabi tutulan kemik sularının jel gücü değerlerinin değişimi

Kemik sularının ohmik ısıtma sırasında zamana karşı jel gücü grafiği incelendiğinde jel gücü kuvveti ile işlem süresi arasında doğru orantı olduğu belirlenmiştir. Yani işlem süresi arttıkça kemik sularının jel gücü değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Farklı voltaj derecelerinde ohmik ısıtma işlemi uygulanmış kemik sularının jel gücü grafiği incelendiğinde ise uygulanan voltaj derecesi ile jel gücü değeri arasında bir bağlantı saptanamamıştır.

İşlem süresi artışının jel gücünü artırdığı ilgili şekilde görülmektedir. Literatür çalışmaları da işlem süresi ve jel gücü değerleri arasında doğru orantı olduğunu destekler niteliktedir (Jamilah ve Harvinder, 2002 ; Intarasirisawat ve ark., 2007).

İlikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarıyla doğru orantılı olarak oluşan jelatin miktarı ve oluşan jel gücü artmaktadır. Bu durum, kemiklerin iç yapısındaki kollajen liflerinin su ile temas ettiğinde jelatin haline dönüşmesi prensibine dayanır. Kollajen, doğal bir protein olup kemiklerin esnekliğini ve

dayanıklılığını sağlamada önemli bir rol oynar. Su ile temas ettiğinde, kemiklerdeki kollajen lifleri hidrasyon sürecine girer ve jelatin oluşumunu başlatır. Bu süreç, jelatinin suyu emerek yoğun bir yapı oluşturmasını sağlar. Dolayısıyla, uygulanan işlem süresi arttıkça, ilikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarı artar. Suya geçen kollajen miktarı ne kadar fazlaysa, elde edilen jelatin miktarı da o derece artar. Daha yüksek kollajen miktarları, daha yoğun ve güçlü bir jel oluşumuna yol açar. Bu, jelatinin kullanıldığı pek çok alanda büyük bir avantajdır. Özellikle gıda endüstrisinde, daha güçlü bir jel yapısı ürünlerin dayanıklılığını artırabilir ve daha uzun raf ömrüne sahip olmalarını sağlayabilir (Jamilah ve Harvinder, 2002 ; Intarasirisawat ve ark., 2007).

Jamilah ve Harvinder (2002) yaptıkları bir çalışmada, kollajenin suya geçiş sürecini ve jelatin oluşumunu ayrıntılı bir şekilde incelemiştir. Bu araştırma, ilikli sığır kemiğinden elde edilen kollajenin su ile temas ettiğinde zamanla jelatin haline dönüşüm sürecini belirlemiş ve bu sürecin işlem süresi ile doğru orantılı olduğunu ortaya koymuştur (Jamilah ve Harvinder, 2002).

Bununla birlikte, Intarasirisawat ve ark. (2007) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, ilikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarının artmasıyla oluşan jelatin miktarının da doğru orantılı olarak arttığını göstermiştir. Aynı zamanda, jelatin miktarındaki bu artışın jel gücü değerleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu belirtmiştir. Daha fazla jelatin içeriği, jelatin yapıların daha yoğun ve güçlü olmasına yol açarak, sonuçta elde edilen jelatinin gücünü artırmaktadır (Intarasirisawat ve ark., 2007).

Bu iki önemli çalışma, ilikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarının ve işlem süresinin, jelatin miktarı ve oluşan jel gücü üzerindeki etkisini net bir şekilde göstermektedir. Bu bilgiler, gıda endüstrisinden ilaç endüstrisine kadar geniş bir uygulama alanına sahip olan jelatinin üretimi ve kalitesi üzerindeki önemi hakkında önemli bir anlayış sağlar. Bu bulguların, gelecekteki araştırmalar ve endüstriyel süreçlerde jelatinin optimize edilmesi ve verimliliğinin artırılması için temel oluşturduğu söylenebilir (Intarasirisawat ve ark., 2007).

Literatüre bakıldığında araştırmacılar, farklı voltaj seviyelerindeki ohmik ısıtma işleminin, jelatinin yapısal özellikleri ve jel gücü üzerindeki muhtemel etkilerini değerlendirmek için çeşitli deneyler yapmışlardır. Ancak, yapılan kapsamlı analizler sonucunda, uygulanan voltaj derecesi ile jel gücü değeri arasında bir bağlantı saptanamamıştır. Yani, farklı voltaj seviyelerinde yapılan ohmik ısıtma işlemi, jelatinin oluşumunu ve sonuçta jel gücünü belirlemede belirgin bir etkiye sahip değildir (Zhou ve Regenstein, 2006).

Bu sonuçlar, kemik sularının jelatin oluşum sürecinin, sadece voltaj düzeyiyle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çoklu faktörlerin etkileşimine bağlı olduğunu göstermektedir. Jelatinin oluşumu ve jel gücü, kollajenin hidrasyonu, ısıtma hızı, ısıtma süresi ve kemik suyunun içerdiği mineral içeriği gibi birçok değişkenin bir araya gelmesiyle belirlenmektedir (Lebovka ve ark., 2006; Lebovka ve ark., 2007).

Voltajın artışına rağmen jel gücünde gözlemlenen değişikliklerin sınırlı olması, ohmik ısıtma işleminin ilikli kemiklerde neden olduğu yapısal değişikliklerle açıklanmaktadır (Soghani vd., 2018; Deng vd., 2019). Çalışmamızda 50V uygulamasından 100V uygulamasına geçildiğinde jel gücünde artış gözlenmiş, ancak voltaj grandyanı 150V seviyesine çıkarıldığında tekrar jel gücünde azalma tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma işleminde kullanılan yüksek voltaj düzeylerinin, jelatin oluşumunu sağlayan kollajen proteinlerde denatürasyona neden olduğu ve bu yapısal değişimin proteinin fonksiyonel özelliğini etkilediği, sonucunda jel gücünün azaldığı düşünülmektedir. Denatürasyon, proteinlerin fiziksel veya kimyasal etkenlerle doğal yapılarının bozulmasıdır. Bu durumda, kemik sularında bulunan kollajenin yapısal özellikleri, yüksek voltajın etkisiyle zarar görmüş ve dolayısıyla jelatin oluşumunda istenilen etki sağlanamamış olabilir.

Bu tür bir denatürasyon, jelatin oluşumunu zorlaştırmakta ve sonuçta jel gücü değerinde beklenen artışın olmamasına neden olmaktadır. Bu olasılık, gelecekteki araştırmalar için önemli bir nokta oluştururken, ohmik ısıtma

işleminin kollajenin yapısını nasıl etkilediğini anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, ohmik ısıtma işleminde kullanılan voltaj düzeylerinin jelatinin suya geçişini etkileyebileceğini ve jel gücü değerleri üzerinde beklenen etkilerin gözlenmesini engelleyebileceğini ortaya koymuştur. Bu tür çalışmaların devam etmesi, ohmik ısıtma tekniğinin endüstriyel süreçlerde kullanılabilirliği ve jelatin üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi açısından önemlidir (Boran ve ark., 2010; Gudmundsson, 2002; Gilsenan ve Ross-Murphy, 2000;Haug ve ark.,2004).

Deneme desenine göre gerçekleştirilen üretimler sonucunda elde edilen kemik sularının ohmik ısıtma sırasında zamana karşı jel gücü değişimi yukarıda incelenmiş olup jel gücü değeri sonuçlarına göre optimizasyon analizi yapılarak bu yönteme ait optimum şartlar Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Kemik suyu üretimi için belirlenen optimum şartlar

Örnek	İşlem	Süre (h, saat)	Voltaj Gradyanı (V/cm)	Sıcaklık (°C)	Tuz / Su Oranı (%g/mL)
03	Ohmik ısıtma	3	100 V	95	(% 0.2, g/100mL)
04	Ohmik ısıtma	4	100 V	95	(% 0.2, g/100mL)
05	Ohmik ısıtma	5	100 V	95	(% 0.2, g/100mL)
K9	Geleneksel yöntem	9	100 V	95	(% 0.2, g/100mL)

Kemik suyu örnekleri, geleneksel ve ohmik ısıtma olmak üzere iki farklı yöntem uygulanarak üretilmiştir. Üretim, ilikli sığır kemikleri ve tuzlu su (% 0.2, g/100mL) ile gerçekleştirilmiştir. Üretim sonrası kemik parçaları ve kaba safsızlık unsurlarını ayırmak için sıcak çözelti, süzgeç yardımı ile süzülmüştür. Süzüntüler 200mL’lik ağzı kapaklı opak plastik kaplara alınmış, oda şartlarında

oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra +4°C'de buzdolabında analizlere kadar saklanmıştır.

Jelatinin jelleşme süreci, kemik sularının oda sıcaklığına soğuduktan sonra başlamaktadır. Soğuma işlemi, kemik sularının oda sıcaklığında istikrarlı bir hale gelmesini sağlar ve jelatinin jelleşme süreci için uygun bir ortam oluşturmaktadır.

Süzülen kemik suları, sıcak çözeltiyle ayrıştırma işlemi sonrasında 200 mL'lik opak plastik kaplara alınırken, yüksek sıcaklık nedeniyle sıvı halde bulunmaktadır. Ancak, bu kaplardaki kemik suları oda sıcaklığına ulaştığında, moleküler yapılarındaki değişiklikler ve jelleşme süreci başlamaktadır.

Jelleşme, jelatinin moleküler düzeyde yeniden düzenlenmesi ve yoğun bir jel yapı oluşturması sürecidir. Bu süreçte, jelatin zincirleri arasındaki hidrojen bağları güçlenir ve düzenli bir 3D ağ oluşur. Böylece, sıvı halden jel haline geçiş gerçekleşir ve jelatinin karakteristik jel özelliği elde edilmiş olur.

Oda sıcaklığına soğuduktan sonra başlayan jelleşme süreci, kemik sularındaki jelatinin yapısının oluşumu için kritik bir aşamadır. Bu süreç, jelatinin sonraki analizlerde ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilirliğini ve verimliliğini belirleyen önemli bir faktördür.

Jelleşme süreci, oda sıcaklığına soğuduktan sonra belirginleşir ve genellikle birkaç saat içinde tamamlanmaktadır. Ancak, tamamen stabilize olması ve maksimum jel gücüne ulaşması daha uzun bir süre gerektirmektedir. Bu nedenle, analizler için uygun bir zaman dilimi beklenerek jelatin örnekleri analiz edilmeye hazır hale getirilmiştir.

## 4.2. Kemik Suyu Analiz Sonuçları

### 4.2.1. Kemik sularının ortalama nem ve su aktivitesi değerleri

Gıdalarda toplam su miktarını ifade eden nem değeri, gıdaların fiziksel özelliklerinin, mikrobiyolojik kararlılığının, raf ömrünün, duyuşal özelliklerinin ve endüstriyel işleme süreçlerinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Nem değeri, gıdalardaki su içeriğini yüzde olarak ifade eder ve su aktivitesi ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle, gıdalardaki nem değerlerinin belirlenmesi, ürünün kalite kontrolü ve güvenliği açısından kritik bir rol oynamaktadır (Isengard, 1995).

Mikrobiyolojik kararlılık, gıdalardaki su aktivitesiyle doğrudan ilişkilidir. Gıdalardaki düşük nem değerleri, mikroorganizmaların çoğalması için uygun bir ortam oluşumunu engeller ve böylece gıdaların daha uzun raf ömrüne sahip olmasını sağlar. Aksine, yüksek nem değerleri mikroorganizmaların gelişimi ve çoğalmasını destekler, bu da gıdaların çabuk bozulmasına yol açar. Dolayısıyla, gıdaların güvenliği ve raf ömrü açısından, nem değerlerinin belirlenmesi kritik bir öneme sahiptir.

Duyuşal özellikler, gıdaların tadı, dokusu, koku ve renk gibi özelliklerini içerir. Nem değeri, bu duyuşal özelliklerin korunması veya değişiminde önemli bir rol oynar. Örneğin, gıdalardaki su içeriği düşükse, tat, doku ve renkte değişiklikler meydana gelebilir ve tüketici tarafından tercih edilmeyebilir. Nem değerlerinin belirlenmesi, gıdaların duyuşal kalitesinin korunmasına ve gıda endüstrisinde ürünlerin geliştirilmesine yönelik temel verilerin elde edilmesine katkı sağlar.

Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemine göre farklı işlem sürelerinde elde edilen kemik sularının nem ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemine göre farklı işlem sürelerinde elde edilen kemik sularının nem ve su aktivitesi değerleri

Yöntem	Süre (sa)	Nem (%) (g su/ g KM)	$a_w$
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	99.307 ±0.122 <sup>a</sup>	0.872±0.003 <sup>a</sup>
	4	99.312 ±0.034 <sup>a</sup>	0.871±0.004 <sup>a</sup>
	5	98.732 ±0.217 <sup>a</sup>	0.869±0.005 <sup>a</sup>
Geleneksel Kaynatma Yöntemi	9	98.857 ±0.371 <sup>a</sup>	0.871±0.003 <sup>a</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Kemik suyu eldesinde uygulanan geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemlerinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Kemik suyu örneklerinin nem miktarları % 98.732 ile %99.317 arasında, su aktivitesi 0.869 ile 0.872 arasında değerler almıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre her anlamlı bir fark bulunmasa da en yüksek nem ve su aktivitesi değerinin 3 saat ohmik ısıtma işlemi uygulanan kemik suyu örneklerine ait olduğu belirlenmiştir. Bunun nedenin işlem süresine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Uygulanan voltaj düzeyi, ohmik ısıtmanın kemik sularında meydana getirdiği ısı miktarını ve süreyi belirler. Düşük voltaj düzeyleri, daha düşük ısı üretirken, yüksek voltaj düzeyleri daha fazla ısı üretir. Isının miktarı ve süresi, jelatinin hidrasyonu ve jel oluşumu için kritik olan kollajen proteininin yapısını etkileyebilir. Bu nedenle, uygulanan voltaj düzeyinin jelatinin nem içeriği ve su aktivitesi üzerinde belirleyici bir faktör olduğu görülmektedir (Loypima ve ark., 2015; Pereira ve ark., 2016; Saberian ve ark., 2017).

İşlem süresi de jelatinin oluşumu ve nem içeriği üzerinde etkilidir. Uzun süreli ohmik ısıtma işlemi, kemik sularının jelatin oluşumunu teşvik ederken, kısa süreli işlem jelatin oluşumunu sınırlayabilir. İşlem süresi, kollajenin su ile etkileşim süresini belirler ve dolayısıyla jel oluşumunu etkileyen önemli bir

parametredir (Schrieber ve Garies 2007, Haug ve Draget 2009, Gomez ve ark. 2011).

Nem içeriği ve su aktivitesi, elde edilen jelatinin kalitesini ve endüstriyel uygulamalar için kullanılabilirliğini etkileyen önemli özelliklerdir. Düşük nem içeriğine sahip jelatinler genellikle daha kırılğan ve sert olabilirken, yüksek nem içeriğine sahip jelatinler daha elastik ve dayanıklı olma eğilimindedir. Su aktivitesi, jelatinin çevresindeki suyun bağlanma ve serbest bırakılma yeteneğini gösterir ve jelatinin bozulmasına karşı direncini belirleyen önemli bir gösterge olarak kabul edilir (Schrieber ve Garies 2007, Haug ve Draget 2009, Gomez ve ark. 2011).

Bu nedenle, ohmik ısıtma yöntemi ile elde edilen kemik sularının nem içeriği ve su aktivitesini anlamak, jelatinin yapısal özelliklerini optimize etmek ve endüstriyel kullanım için uygun jelatin üretim süreçlerini belirlemek açısından büyük önem taşır. Bu tür araştırmalar, gıda endüstrisinden ilaç endüstrisine, tıp alanından kozmetik sektörüne kadar geniş bir yelpazede jelatinin çeşitli uygulamalarında daha kaliteli ve verimli sonuçlar elde etmek için temel sağlayacaktır.

#### **4.2.2. Kemik sularının kuru madde miktarı**

Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemleriyle elde edilen kemik sularının kuru madde miktarları %1.045 ile % 1.414 arasında değerler almıştır. Kemik sularının kuru madde miktarları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemleriyle elde edilen kemik sularının kuru madde miktarları

Yöntem	Süre (sa)	Kuru madde (%)
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	1.045±0.141 <sup>a</sup>
	4	1.065±0.181 <sup>a</sup>
	5	1.414±0.131 <sup>a</sup>
Geleneksel Kaynatma Yöntemi	9	1.356±0.343 <sup>a</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemlerinin kuru madde değerleri üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Geleneksel yöntemlerde, gıdaların iç kısımlarının ısınması daha uzun sürebilir ve homojen olmayabilir. Bu durum, hem enerji israfına yol açar hem de işleme süresini uzatır. Ancak ohmik ısıtma sayesinde, ısının direkt olarak gıda ürününün içinde oluşturulmasıyla iletkenlik avantajı elde edilir. Sonuç olarak, işlem süresi önemli ölçüde kısaltılır ve enerji verimliliği artar. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre kuru madde değerlerindeki farkın önemsiz olması, ohmik ısıtma tekniğinin daha hızlı kemik suyu elde etmek için tercih edilebileceği şeklinde yorumlanabilir.

#### 4.2.3. Kemik suyu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerleri

Gıdalarda asitlik, önemli bir parametre olup, birçok gıda işleme yönteminde dikkate alınması gerekmektedir. Asitlik, gıdaların tat, raf ömrü, mikrobiyolojik kararlılık ve duyuşal özellikleri üzerinde etkili olan önemli bir özelliktir. Bu nedenle, gıda endüstrisinde asitlik değerlerinin belirlenmesi ve kontrolü, ürün kalitesi ve güvenliği açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Gıdalardaki asitlik, iki önemli parametre olan pH değeri ve titrasyon asitliği ile belirlenir. pH, ortamdaki hidrojen iyonu aktivitesini ölçerek, asitliğin gücünü

tanımlar. pH değeri, gıdalardaki asidite düzeyini ve reaksiyonlarını anlamak için önemli bir göstergedir (Aksoy, 2021).

Diğer bir önemli asitlik parametresi olan titrasyon asitliği ise, asit içeriğini toplam asit miktarı olarak ifade eder ve asidin zayıf veya kuvvetli olmasına bakılmaksızın toplam asit miktarını gösterir. Bu değer, gıdaların asidite düzeyini belirlemek ve farklı gıda örneklerinin karşılaştırılması için yaygın bir yöntemdir. Titrasyon asitliği, gıdaların içerdiği organik asitlerin belirlenmesinde kullanılarak, gıdaların lezzet profilinin ve asitlik düzeyinin kontrol edilmesine yardımcı olur (Aksoy, 2021).

Gıdalardaki asitlik ölçümlerinin, gıda endüstrisinde ürün kalitesinin belirlenmesinde ve asitlik düzeyinin kontrol edilmesinde önemli bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır. Gıdalardaki asitlik değerlerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, gıda ürünlerinin geliştirilmesi ve işlenmesinde önemli adımların atılmasına katkı sağlamaktadır (Cemeroğlu, 2019).

Kemik sularının titrasyon asitliği ve pH değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Kemik sularına uygulanan işlem süresinin % titrasyon asitliği üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p < 0.05$ ), pH değeri üzerine olan etkisinin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

Çizelge 4.5. Kemik sularının titrasyon asitliği ve pH değerleri

Yöntem	Süre (sa)	pH	Asitlik(g laktik asit/L)
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	7.272±0.058 <sup>a</sup>	0.054±0.002 <sup>a</sup>
	4	7.747±0.210 <sup>a</sup>	0.025±0.001 <sup>b</sup>
	5	7.617±0.201 <sup>a</sup>	0.022±0.001 <sup>b</sup>
Geleneksel Kaynatma Yöntemi	9	7.892±0.031 <sup>a</sup>	0.021±0.002 <sup>b</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P < 0.05$ ).

#### 4.2.4. Kemik suyu örneklerinin renk değerleri

Keskin ve arkadaşlarının (2017) yaptığı çalışma da renk konusunda önemli bir vurgu yapmaktadır. Bu çalışma, ürünlerin kalite ve niteliğini belirlemede renk özelliğinin kritik önemine dikkat çekmektedir. Renk, ürünlerin pazarlama stratejilerinde ve tüketici algısında güçlü bir rol oynamaktadır.

Ürünlerde renk kalitesini sistematik bir şekilde araştırmak için, rengi objektif olarak ölçmek gerekmektedir (Wrolstad vd., 2005). Renk analizlerinde kullanılan birçok farklı yöntem bulunmasına rağmen, CIE L\* C\* h\* renk sistemi, renk ile ilgili araştırmalarda sıkça tercih edilen ve yaygın olarak kullanılan skalalardan birisidir. Bu sistem, renkleri üç boyutta ifade ederek, rengin parlaklık, doygunluk ve canlılık özelliklerini objektif bir şekilde belirlemeye olanak tanır.

CIE L\* C\* h\* renk sisteminde ilk olarak L\* değeri, rengin parlaklığını ifade eder ve 0 ile 100 arasında değer alır. 0, siyah rengi, 100 ise beyaz rengi temsil eder. Yani, L\* değeri ne kadar yüksekse, rengin o kadar parlak ve açık olduğu anlamına gelir. C\* değeri ise rengin doygunluk değerini ifade eder ve 0 ile 60 arasında değer alır. C\* değeri, silindirin merkezinden dışa doğru artan bir değere sahiptir, yani 0'a yaklaştıkça rengin daha az doygun olduğu, 60'a yaklaştıkça ise daha yoğun ve canlı olduğu anlaşılmaktadır (Wrolstad vd., 2005).

Hue değeri (h\*), renk canlılığını ifade eder ve birimi derecedir ( $^{\circ}$ ). Hue değeri, rengin açısı ve renk ilişkisi olan +a\* ile başlar. Örneğin,  $0^{\circ}$  değeri +a\* yani kırmızıyı,  $90^{\circ}$  değeri +b\* yani sarıyı,  $180^{\circ}$  değeri -a\* yani yeşili,  $270^{\circ}$  değeri ise -b\* yani maviyi ifade eder. Bu şekilde, renklerin birbirleriyle olan ilişkileri ve renk tonları açıkça belirtilmiş olur (Keskin ve ark., 2017).

Renk farkını ifade etmek için ise  $\Delta E$  kullanılmaktadır (Keskin ve ark., 2017).  $\Delta E$ , iki nesne arasındaki renk farkını ölçmek için kullanılan bir değerdir. İki rengin  $\Delta E$  değeri ne kadar küçükse, renkleri birbirlerine o kadar yakın demektir. Bu

değer, ürünlerin renk tutarlılığını sağlamak ve renk farklılıklarını tespit etmek için önemli bir göstergedir.

Tüm bu renk ölçümleri ve değerleri, ürünlerin renk kalitesinin kontrol edilmesi ve istenen renk tonlarına uygunluk sağlanması için gıda, tekstil ve kozmetik endüstrilerinde önemli bir araç haline gelmiştir. Keskin ve arkadaşlarının (2017) çalışmasında da renk analizlerinin bu yöntemlerle yapıldığı ve renklerin kalite kontrolünde önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Keskin ve ark., 2017).

Ohmik ısıtma, gıdaların hızlı ve homojen bir şekilde ısınmasını sağlayan etkili bir yöntem olmasına rağmen, bazı durumlarda gıdaların rengi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu etkilerin başlıca nedeni, ohmik ısıtma işlemi sırasında oluşan ısı ve elektrik akımının bazı gıdalarda renk değişikliklerine yol açmasıdır (Bozkurt ve İçier, 2010).

Özellikle bazı renkli gıdalar, içerdikleri doğal pigmentler nedeniyle ısıya ve elektrik akımına oldukça duyarlıdır. Isı ve akımın etkisiyle bu pigmentlerin yapısı bozulabilir veya renk değişimleri meydana gelebilir. Örneğin, kırmızı ve mor renkteki meyve ve sebzelerde bulunan antosiyaninler, ısıya ve elektrolize tepkisel özellik gösterir ve ohmik ısıtma sırasında renklerinin solmasına neden olabilir (Bozkurt ve İçier, 2010).

Aynı şekilde, bazı bitkisel özler ve özütler de ısıya duyarlıdır ve ohmik ısıtma işlemi sırasında renklerinde değişiklikler meydana gelebilir. Özellikle doğal gıda boyalarının kullanıldığı ürünlerde, renk stabilitesi önemli bir faktördür ve ohmik ısıtma bu stabiliteyi etkileyebilir (Bozkurt ve İçier, 2010).

Ancak, her gıda türü ohmik ısıtma işleminden aynı şekilde etkilenmez. Bazı gıdalarda renk değişiklikleri daha belirgin olabilirken, diğerlerinde etkisi neredeyse yok denecek kadar az olabilir. İşlemin sıcaklık, süre ve uygulama koşulları da renk değişimini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle, gıda işleme sürecinde ohmik ısıtma yöntemi kullanılırken, özellikle renk stabilitesi

önemli olan ürünlerde dikkatli bir şekilde çalışmak ve işlem parametrelerini doğru ayarlamak gereklidir (Zell ve ark., 2010b).

Gıda endüstrisinde renk değişikliğini önlemek için bazı önlemler alınabilir. Örneğin, düşük voltaj ve düşük sıcaklıkta çalışma gibi işlem parametreleri, renk stabilitesini artırabilir. Ayrıca, gıdalarda doğal renk stabilizatörlerin kullanımı da renk değişimini azaltmaya yardımcı olabilmektedir (Zell ve ark., 2010b).

Kemik sularının L\*, C\* ve Hue değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ohmik ısıtma işlem süresinin kemik suyu örneklerinin parlaklık değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir ( $p>0.05$ ). Yani, ohmik ısıtma ile elde edilen kemik suyu örnekleri, geleneksel ısıtma yöntemleriyle elde edilenlere kıyasla parlaklık açısından benzer bir renk profiline sahip olmuştur.

Bu bulgular, ohmik ısıtma yönteminin kemik suyu üretimi için tercih edildiğinde, ürünün rengi üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, ohmik ısıtma yönteminin renk özellikleri üzerindeki etkisinin anlaşılması, gıda, tekstil ve kozmetik gibi çeşitli endüstrilerde ürünlerin renk kalitesini optimize etmek için önemlidir. Ohmik ısıtma işlem süresinin düzenlenmesi, ürünlerin renklerini istenen şekilde kontrol etme ve istenen parlaklık değerlerine ulaşma konusunda önemli bir parametre olarak dikkate alınmalıdır.

Ohmik ısıtma yöntemine göre işlem süresinin C\* değerleri üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre, ohmik ısıtma yöntemine göre işlem sürelerinin değişiklik göstermesinin, renk değerleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlendirmede, en yüksek C\* değerine sahip örneklerin 5 saat ohmik ısıtma işlemine tabi tutulan kemik sularından elde edildiği görülmüştür. Öte yandan, en düşük C\* değeri ise 3 saatlik ohmik ısıtma işlemi sonucu elde edilen kemik sularında tespit edilmiştir. Bu farklılığın ohmik ısıtma süresi ile C\* değeri arasında açık bir ilişki olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlar, ohmik ısıtma işleminin kemik sularının renk özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. 5 saatlik ohmik ısıtma süresi, kemik sularındaki rengin daha doygun ve canlı olduğu anlamına gelirken, 3 saatlik ohmik ısıtma süresi, rengin daha az doygun ve soluk olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Bu farklılığın altında yatan sebepler arasında, ohmik ısıtma süresinin kollajen ve diğer organik bileşenlerin yapısal özelliklerini değiştirmesi olabilir. Uzun süreli ohmik ısıtma işlemi, kollajen proteinlerinin hidrasyonunu artırabilir ve jelatin oluşumunu teşvik edebilir. Böylece, kemik sularında daha fazla doygun renklerin oluşumu sağlanabilir. Diğer taraftan, kısa süreli ohmik ısıtma işlemi, kollajen yapısının daha az değişmesine ve jelatin oluşumunun kısmen sınırlanmasına neden olabilir, bu da daha soluk renklerin elde edilmesine yol açabilir.

Bu bulgular, ohmik ısıtma yönteminin gıda endüstrisinde ve jelatin üretiminde renk kalitesi üzerindeki önemini vurgular. İşlem süresinin renk özellikleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması, gıda ürünlerinin ve diğer endüstriyel ürünlerin kalitesini ve görünümünü optimize etmek için kullanılacak önemli bilgiler sağlar.

Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre, ohmik ısıtma yöntemine göre işlem süresinin Hue değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli değildir ( $p>0.05$ ). Bu değerlendirmeden elde edilen sonuçlar, ohmik ısıtma işlemiyle elde edilen kemik suyunda renk canlılığının korunduğunu ve geleneksel yöntemlerle elde edilen kemik sularına benzer bir renk profili olduğunu göstermiştir.

Endüstride renkli ürünlerin önemi ve talebi göz önünde bulundurulduğunda, gıda ve diğer endüstriyel sektörlerde ürünlerin renk kalitesini optimize etmek ve tüketiciye daha cazip ürünler sunmak için bu tür istatistiksel değerlendirmeler büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 4.6. Kemik sularının L\*, C\* ve Hue değerleri

Yöntem	Süre(sa)	L*	C*	Hue
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	24.125±0.918 <sup>a</sup>	3.543±0.356 <sup>b</sup>	66.283±4.506 <sup>a</sup>
	4	27.895±1.772 <sup>a</sup>	6.220±0.199 <sup>a</sup>	69.513±4.218 <sup>a</sup>
	5	27.637±1.260 <sup>a</sup>	7.546±0.848 <sup>a</sup>	61.343±4.130 <sup>a</sup>
Geleneksel Kaynatma Yöntemi	9	26.427±0.829 <sup>a</sup>	3.806±0.167 <sup>b</sup>	69.723±1.238 <sup>a</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

#### 4.2.5. Kemik suyu örneklerinin protein, yağ ve tuz miktarları (%)

Kemik suyu örneklerinin protein, yağ ve tuz miktarları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Buna göre örneklerin protein miktarları %0.311 ile %1.063 arasında, yağ miktarları %0.184 ile %0.242 arasında ve tuz miktarları %0.429 ile %0.634 arasında değerler almıştır.

Çizelge 4.7. Kemik suyu örneklerinin protein, yağ ve tuz miktarları (%)

Örnek	Protein (%)	Yağ (%)	%Tuz
O3	0.56±0.011 <sup>c</sup>	0.184 ±0.013 <sup>c</sup>	0.429±0.007 <sup>a</sup>
O4	0.75±0.007 <sup>b</sup>	0.205 ±0.002 <sup>b,c</sup>	0.444±0.010 <sup>a</sup>
O5	1.06±0.062 <sup>a</sup>	0.221 ±0.008 <sup>a,b</sup>	0.611±0.005 <sup>b</sup>
K9	0.31±0.021 <sup>d</sup>	0.242 ±0.002 <sup>a</sup>	0.634±0.005 <sup>b</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Kemik sularına uygulanan işlem süresinin % protein miktarı üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre en yüksek protein miktarına O5 örneğinin, en düşük protein oranına ise K9 örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum ürünlerin besin değerlerinin korunmasında, ohmik ısıtma yönteminin geleneksel yöntemle göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

Proteinler, gıdaların besin değerinin önemli bir bileşenini oluşturur ve insan sağlığı açısından hayati öneme sahiptir. Gıdaların protein içeriğinin korunması, ürünlerin besin değerini yüksek düzeyde tutma ve tüketicilere besleyici bir içeriğin sunulması açısından önemlidir. Bu nedenle, ohmik ısıtma yöntemi gibi yeni teknolojiler, gıdaların protein içeriğini daha iyi korumak için geleneksel yöntemlere göre daha etkili olabilir (Llave ve ark., 2018).

Ohmik ısıtma yönteminde, elektrik akımı, kemik sularını içeriden dışarıya doğru homojen bir şekilde ısıtarak hızlı ve etkili bir ısı transferi sağlar. Bu süreç, kemik sularının protein yapılarının denatürasyonunu minimum düzeyde tutarak protein içeriğinin kaybını azaltır. Diğer yandan, geleneksel kaynatma yöntemi gibi uzun süreli işlemler, yüksek ısıya maruz kalarak proteinlerin yapılarında önemli değişikliklere neden olabilir ve bu da besin değerlerinin azalmasına yol açabilir.

Bu bulgular, gıda endüstrisi ve besin değeri önem taşıyan diğer sektörlerde ohmik ısıtma yönteminin avantajlarını vurgulamaktadır. Besin değerlerinin korunması, tüketici sağlığı ve beslenmesi açısından önemli olduğundan, ohmik ısıtma gibi yenilikçi yöntemlerin kullanımı ürünlerin kalite ve besleyicilik açısından iyileştirilmesine katkıda bulunabilir.

Kemik sularına uygulanan işlem süresinin yağ miktarı üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre en yüksek yağ miktarına K9 örneğinin, en düşük yağ oranına ise 03 örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Ohmik ısıtma yöntemi ile elde edilen kemik sularının yağ miktarının geleneksel yöntemle göre düşük çıkmasında, kullanılan ohmik cam hücrenin yüzeyine yapışması ve kurummasından kaynaklanmaktadır. Yağ miktarı yüksek gıdaların ekstraksiyonunda sıcaklık ve voltajın oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (Pauletti ve Amestoy, 1999). Literatürle örtüşen bu durum kemik suyu gibi yağlı gıdaların ekstraksiyonunda sıcaklık, süre ve voltaj gradyanının belirlenmesinin önemli bir basamak olduğunu göstermektedir.

Tan (2007), yaptıkları çalışmada otoklavda pişirme (121°C' de 3 saat) ile kaz bacaklarından elde edilen kemik suyu örneklerinin bileşimlerini, depolamanın başlangıcında, protein miktarını % 3.21, yağ miktarını % 1.34 ve kül miktarını % 0.81 belirlemişlerdir.

Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre, kemik sularına uygulanan işlem süresinin tuz miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, en yüksek tuz miktarına sahip örneklerin K9 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, en düşük tuz oranına sahip örneklerin ise 03 örneğinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu farklılık, işlem süresinin artmasıyla birlikte suyun buharlaşması ve konsantrasyonun artmasının etkisiyle ortaya çıkmaktadır.

Ohmik ısıtma işlemi, kemik sularındaki suyun buharlaşmasını ve konsantrasyonun artmasını tetikleyen bir ısıl işlem yöntemidir. Uygulanan yüksek voltaj ile kemik sularının içinden geçen elektrik akımı, içsel ısı üreterek sıvının ısınmasına ve suyun buharlaşmasına neden olur. Bu süreçte, su buharı ortamdan uzaklaşırken, çözültideki mineraller ve tuzlar yoğunlaşır ve artar. Dolayısıyla, işlem süresinin artması, bu yoğunlaşma sürecini daha da ilerletir ve sonuçta kemik sularının tuz miktarını artırır (Lima ve ark., 1999).

Bu bulgular, ohmik ısıtma yönteminin kemik sularındaki tuz miktarını etkilemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Uzun süreli ohmik ısıtma işlemi, kemik sularındaki suyun buharlaşmasını ve konsantrasyonun artmasını daha belirgin bir şekilde gerçekleştirirken, kısa süreli işlemde bu etkinin daha az olduğu gözlenmiştir. Ohmik ısıtma (5 saat, 100 V/cm, 95 °C) ve geleneksel kaynatma (9 saat, 95 °C) yöntemi ile elde edilen kemik sularının tuz miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Bu durum ohmik ısıtmanın geleneksel yöntemle kıyasla daha etkili bir işlem olduğunu göstermektedir. Ohmik ısıtma yönteminde işlem süresi daha kısa olmasına rağmen benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

İşlem süresinin tuz miktarı üzerindeki etkisi, gıda endüstrisinde ve diğer endüstriyel uygulamalarda önemli bir parametredir. Özellikle tuzun gıda ürünlerinin tadı, kıvamı ve raf ömrü üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle, ohmik ısıtma yönteminin tuz miktarı üzerindeki kontrol edilebilir etkisi, ürünlerin kalite ve lezzetini iyileştirmek için önemli bir araç olabilir.

#### **4.2.6. Kemik suyu örneklerinin % kül miktarları**

Kemik suyu örneklerinin kül miktarları %0.131 ile %0.222 arasında değerler almıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre, kemik sularına uygulanan işlem süresinin kül miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Ohmik ısıtma ile elde edilen kemik sularının kül miktarlarında süre ile doğru orantılı olarak artış olduğu görülmektedir. Ohmik ısıtma kemik sularının içindeki suyun buharlaşması ve konsantrasyonunun artmasına neden olurken, bunun sonucunda kemik sularındaki mineral ve kül miktarları da artar. Benzer şekilde, geleneksel yöntemle elde edilen kemik sularının kül miktarları da uzun süreli kaynatma işlemi sonucu artar.

Ohmik ısıtma ve geleneksel yöntem ile elde edilen kemik suyu örneklerinin kül miktarları (%) çizelge 4.8 de verilmiştir. Ohmik ısıtma (3,4,5 saat, 100 V/cm, 95 °C) yöntemi ile elde edilen kemik suyu örneklerinin kül miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Ohmik ısıtma ve geleneksel kaynatma yöntemi ile elde edilen kemik suyu örneklerinin kül miktarları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Kemik suyu örneklerinin kül miktarları (%)

Örnek	Süre	Kül (%)
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	0.131±0.006 <sup>a</sup>
	4	0.190±0.005 <sup>a</sup>
	5	0.219±0.008 <sup>a</sup>
Geleneksel Yöntem	9	0.222±0.009 <sup>b</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

#### 4.2.7. Kemik suyu örneklerinin TBA (Tiobarbitirik asit) değerlerinin değişimi

Kemik sularında lipit oksidasyonunun takip edilmesi için tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi Lemon (1975)'a göre bazı modifikasyonlar (Mielnik ve ark., 2006) yapılarak gerçekleştirilmiştir. Tiyobarbitürikasit (TBA) sayısı yağ örneklerinde bulunan malonaldehitin TBA reaktifi ile renk vermesi prensibine dayanarak spektrofotometrik ölçümle yapılmıştır (AOAC, 2010). Bu çalışmada, farklı işlem sürelerine sahip olan kemik sularının TBA miktarları analiz edilmiştir. 1.620 ile 2.322 µmolMDA/kg arasında değişen TBA değerleri elde edilmiştir. 450 nm'de yapılan ölçümlerin sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kemik sularının TBA (450 nm) değerlerinin değişimi

Örnek	Süre	TBA(µmolMDA/kg)
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	2.322±0.152 <sup>a</sup>
	4	1.620±0.097 <sup>a</sup>
	5	2.035±0.062 <sup>a</sup>
Geleneksel Yöntem	9	1.839±0.196 <sup>a</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Verilerin istatistiksel analizi, kemik sularına uygulanan işlem süresinin ve methodunun TBA miktarı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir ( $p>0.05$ ). Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, 5 saatlik ohmik ısıtma ve geleneksel yöntem ile elde edilen kemik sularında TBARS değeri benzerlik göstermektedir.

Wu ve Tan (2007), yaptıkları çalışmada otoklavda pişirme ( $121^{\circ}\text{C}$ ' de 3 saat) ile kaz bacaklarından elde edilen kemik suyu örneklerinin bileşimlerini, depolamanın başlangıcında, TBARS değerini ise 0.36 mg MA/kg belirlemişlerdir. TBARS değerinin ise dondurularak depolanmış örneklerde depolama ile birlikte sürekli artış göstererek 1 aylık depolama sonunda 1.66 mg MA/kg ulaştığını belirlemişlerdir.

#### **4.2.8. Kemik suyu örneklerinin tekstür ve viskozite analizi**

Kemik sularının tekstürel özellikleri, 5 kg yük hücresi ile donatılmış tekstür analiz cihazı (TA. HD Plus, Stable Micro sistemleri, Surrey, İngiltere) kullanılarak tespit edilmiştir. Bu metot parametrelerine göre, test öncesi hız 1 mm/s, test hızı 1 mm/s, test sonrası hız 10 mm/s olarak tanımlanmıştır. Gerilme değeri %20 olarak belirlenmişken analiz süresi ise 60 saniyedir. Tekstür analizinde, ölçümler sırasında 35 mm silindir prob kullanılmıştır. Tekstür analizleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda kemik sularının jel gücü değerleri incelenmiştir. Analizler 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir (Validasyonu ve ark.,2018).

Jel gücü, kemik sularının değerlendirilmesinde dikkate alınan önemli bir parametredir ve genellikle bir gıda örneğinin jelatinizasyon kabiliyetini belirtir. Jelatinizasyon, jelatinin su ile etkileşime girerek jel haline gelmesi sürecidir. Bu özellik, kemik suyunun jelatin içeriğini ve işlem sürecindeki etkinliğini anlamak için kritik bir rol oynar. Jel gücü, genellikle Bloom (Bloom değeri) olarak ifade edilir ve jelatinin sertliğini veya yumuşaklığını belirler (Boran, 2011).

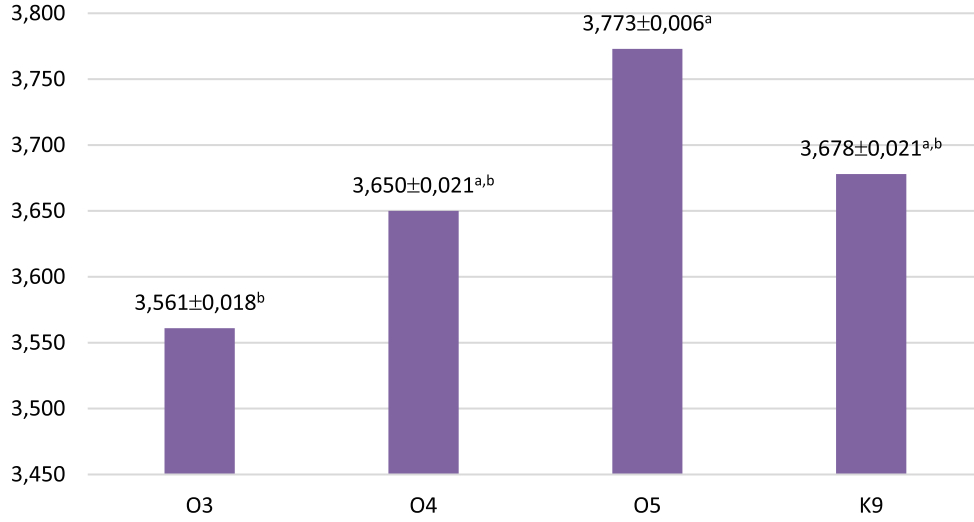
Jel gücü, birçok gıda ürününde kullanılan jelatinin önemli özelliklerinden biridir. Özellikle et, tavuk, balık gibi hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında jel gücü, ürünün yapısal bütünlüğünü ve tekstürünü belirler. Ayrıca, jel gücü, soslar, çorbalar ve diğer gıda ürünlerinde de kullanılan jelleşme özelliğinin önemli bir göstergesidir (Erge ve Zorba, 2018).

Kemik suyu, genellikle kollajen adı verilen bir proteini içerir. Bu kollajen, uzun moleküler zincirlerden oluşur ve su ile temas ettiğinde jelatinizasyon sürecini başlatır. Kollajenin yapısal özellikleri, jel gücünü etkiler ve jelatinizasyon sırasında oluşan jelin dayanıklılığını belirler. Bu nedenle, kemik sularının jel gücü, içerdikleri kollajen miktarına, kollajenin tipine ve yapısal düzenine bağlı olarak değişebilir (Erge ve Zorba, 2018).

Jel gücü, gıda endüstrisinde ürün kalitesini değerlendirmek için önemli bir kriterdir. Yüksek jel gücüne sahip kemik suları, daha güçlü ve dayanıklı jeller oluşturabilir ve bu da ürünlerin yapılarını korumasına ve daha uzun raf ömürlerine katkıda bulunabilir. Aynı şekilde, düşük jel gücüne sahip kemik suları, daha zayıf ve kırılgan jeller oluşturabilir ve ürünlerin kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir (Yanar ve Gökçin, 2016).

Bu nedenle, gıda üreticileri ve araştırmacılar, jel gücü ölçümlerini gıda işleme ve ürün geliştirme süreçlerinde önemli bir parametre olarak kullanır. Ayrıca, jel gücünü etkileyebilecek faktörleri anlamak ve optimize etmek, daha iyi ürün kalitesi ve tüketici memnuniyeti sağlamak için büyük önem taşır. Kemik sularının Gel Strength(ort) değerlerinin değişimi Şekil 4.3'te verilmiştir.

### Jel Gücü Kuvveti (Ort)



Şekil 4.3. Kemik sularının jel gücü (ort) değerlerinin değişimi

Jelatin kalitesinin belirlenmesinde en çok kullanılan parametreler jel gücü ve viskozitedir (Boran ve Regenstein, 2010). Tekstür cihazı ile yapılan jel gücü ve tekstürel profil analizi, tekrarlanabilirliği yüksek (tekerrürler arasında  $\pm 10$  g kuvvetten daha az sapma) ve çok hassas (örneğin 0.1 g kuvvet hassasiyetle) testlerdir. Kemik sularının Gel Strength değerlerine bakıldığında, ohmik ısıtma (3,4,5 saat, 100 V/cm, 95 °C ) elde edilen kemik sularının jel gücü değerleri sırasıyla; 3.561, 3.65, 3.773 dir. Bu durum işlem süresinin artmasıyla, jel gücünün arttığını göstermektedir. Geleneksel (9 saat, 95 °C ) yöntem ile elde edilen kemik sularına ait Gel Strength değeri ortalama 3.678 'dir. Verilerin istatistiksel analizi, kemik sularına uygulanan işlem süresinin jel gücü üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

En yüksek jel gücüne ohmik ısıtma (5 saat, 100 V/cm, 95 °C ) yöntemi ile elde edilen kemik suyunun sahip olduğu görülmüştür. İlikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarıyla doğru orantılı olarak oluşan jelatin miktarı ve oluşan jel gücü artmaktadır (Jamilah ve Harvinder, 2002; Intarasirisawat ve ark., 2007). Gerektiğinden fazla hidroliz olan jelatinlerin ortalama molekül ağırlığı düşük olmakta ve buna bağlı olarak jel gücü ve viskozite de düşük olmaktadır (Boran ve Regenstein, 2010; Regenstein ve ark.,2010).

Çizelge 4.10. Kemik sularının viskozite değerlerinin değişimi

Örnek	Süre	Viskozite
	3	7.393±0.503 <sup>b</sup>
Ohmik Isıtma	4	7.012±0.148 <sup>b</sup>
Yöntemi	5	9.316±0.363 <sup>a</sup>
Geleneksel Yöntem	9	8.573±0.317 <sup>a</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Farklı işlem sürelerine sahip kemik sularının viskozite değerleri çizelge 4.10'da verilmiştir. Viskozite, bir sıvının iç sürtünme direncini ifade eder ve gıda endüstrisinde ürünlerin akışkanlık özelliklerini belirlemek için önemli bir ölçüttür. Elde edilen sonuçlara göre, kemik sularına uygulanan işlem süresinin viskozite üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir (p<0.05).

Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek viskozite değerine sahip kemik suyu örneklerinin 05 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. 05 örneğinin diğer örneklerden daha yüksek viskoziteye sahip olması, bu örneğin işlem süresinin diğerlerinden daha uzun olabileceğini veya işlem sırasında farklı koşulların uygulanmış olabileceğini düşündürülebilir. Kollajen gibi jel oluşumunda rol oynayan maddelerin miktarındaki artış, viskozitenin yükselmesine katkıda bulunabilir.

Ohmik ısıtma, elektrik akımının bir gıda örneğinden geçirilmesiyle ısı üreten bir ısıl işlem yöntemidir. Bu yöntem, gıda içindeki elektrik direnci nedeniyle ısı oluşumuna yol açar. Bu ısı, gıdanın iç kısımlarına daha hızlı ve homojen bir şekilde ulaşarak termal işlemi hızlandırır ve böylece gıdanın daha kısa sürede işlenmesine olanak tanır (İçier ve Bozkurt, 2010).

05 örneğinin daha yüksek viskoziteye sahip olmasının nedeni, muhtemelen uygulanan ohmik ısıtma yönteminin örneğin içindeki bileşenlerin yapılarına

etkisinden kaynaklanmaktadır. Ohmik ısıtma, gıda bileşenleri arasındaki bağları değiştirebilir ve bu da viskoziteyi etkileyebilir. Örneğin, kollajen gibi jel oluşumunda rol oynayan moleküllerin yapıları, uygulanan ısıtma yöntemiyle değişebilir ve sonuç olarak jelin viskozitesi artabilir.

Bu durum işlem yönteminin önemini vurgular. Ohmik ısıtma gibi farklı ısıtma yöntemleri, gıdaların yapısal özelliklerini değiştirerek farklı viskozite değerlerine neden olabilir. Bu nedenle, gıda üreticileri ve araştırmacılar, özellikle yeni teknolojilerin uygulanmasında, işlem yöntemlerinin ürün özellikleri üzerindeki etkilerini dikkate almalı ve ürün kalitesini etkileyebilecek faktörleri anlamak için detaylı analizler yapmalıdır (İçier ve Bozkurt, 2010).

Bu sonuçlar, kemik sularının viskozite özelliklerinin işlem süresine ve yöntemine bağlı olarak değişebileceğini, dolayısıyla işlem yöntemi ve sürelerinin ürün kalitesini etkilemede önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Gıda endüstrisinde ürünlerin akışkanlık özelliklerinin optimize edilmesi, ürünlerin üretim süreçlerinde ve son kullanımda daha iyi performans sergilemelerine yardımcı olabilir. Aynı zamanda, tüketici deneyimini artırarak ürünlere daha yüksek değer katmak için viskozite gibi önemli parametrelerin anlaşılması ve kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır.

#### **4.2.9. Kemik suyu örneklerinin Ca ve Mg değerlerinin değişimi**

Uygulanan ekstraksiyon işlemlerinin Kemik suyu içeriğindeki mineral maddelere (kalsiyum ve magnezyum) olan etkisini saptayabilmek için ppm ve ppb düzeyinde miktar tayini yapıldı. Bu işlem hizmet alımı şeklinde Süleyman Demirel Üniversitesi bünyesinde Eser Element Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır. Kemik suyu örneklerinin Ca ve Mg değerlerinin değişimi mg/g numune cinsinden Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kemik sularının Ca ve Mg değerlerinin değişimi

Örnek	Süre	Element Adı/ Çalışma Dalga Boyu	
		Ca / 317.933	Mg / 285.213
Ohmik Isıtma Yöntemi	3	0.001 ± 0.000 <sup>c</sup>	0.005 ± 0.000 <sup>c</sup>
	4	0.004 ± 0.000 <sup>b</sup>	0.008 ± 0.000 <sup>b</sup>
Geleneksel Yöntem	5	0.010 ± 0.000 <sup>a</sup>	0.011 ± 0.000 <sup>a</sup>
	9	0.011 ± 0.000 <sup>a</sup>	0.011 ± 0.000 <sup>a</sup>

\* Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

<sup>a,b,c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Kemik suyu eldesinde uygulanan geleneksel ve ohmik ısıtma yöntemlerinin zamana karşı Ca ve Mg değerleri üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Kemik suyu örneklerinin kalsiyum miktarları 0.001 ile 0.011 Ca/g numune arasında, magnezyum miktarları 0.005 ile 0.011 Mg/g numune arasında değerler almıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre uygulanan işlem süresi ile kalsiyum ve magnezyum değerlerindeki artış arasında doğrusal bir orantı görülmüştür.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, kalsiyum ve magnezyum değerleri, 5 saat ohmik ısıtma işlemi uygulanan kemik suyu örneklerinde ve 9 saat geleneksel yöntemle işlenen kemik suyu örneklerinde benzerlik göstermiştir. Bu benzerlik ohmik ısıtma yönteminin, daha kısa sürede daha homojen ısı transferi sağlayan bir ısıtma işlemi olması şeklinde yorumlanabilir. Bu durum ohmik ısıtma yönteminin minerallerin çözünmesi ve serbestleşmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve geleneksel yöntemle kıyasla işlemin daha kısa sürelerde gerçekleştiği göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, ohmik ısıtma teknolojisinin geleneksel yöntemle alternatif bir yöntem olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geleneksel kaynatma yöntemine alternatif olarak ohmik ısıtma yönteminin kemik suyu üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Ohmik ısıtma ve geleneksel yöntemle kemiklerin tuzlu su içerisinde kaynatılmasıyla kemik suyu örnekleri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, ilikli sığır kemiğinden suya geçen kollajen miktarının ve işlem süresinin, jelatin miktarı ve oluşan jel gücü üzerindeki etkisi net bir şekilde görülmektedir. Ohmik ısıtma yöntemiyle elde edilen kemik sularının jel gücü değerlerinde süreye bağlı olarak artış gözlemlenmiştir. Özellikle 100 V/cm voltaj gradyanında ohmik ısıtma işlemi ile elde edilen kemik sularının en yüksek jel gücü değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, uygulanan voltaj derecesi ile jel gücü değeri arasında bir bağlantı saptanamamıştır. Yani, farklı voltaj seviyelerinde yapılan ohmik ısıtma işlemi, jelatinin oluşumunu ve sonuçta jel gücünü belirlemede belirgin bir etkiye sahip değildir. Bu sonuçlar, kemik sularının jelatin oluşum sürecinin, sadece voltaj düzeyiyle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çoklu faktörlerin etkileşimine bağlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ohmik ısıtmanın kemik suyu üretiminde kullanılmasının jelleşme süresini ve enerji sarfiyatını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Bu da ohmik ısıtmanın kemik suyu üretiminde daha hızlı ve daha ekonomik bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bulguların, gelecekteki araştırmalar ve endüstriyel süreçlerde jelatinin optimize edilmesi ve verimliliğinin artırılması için temel oluşturduğu söylenebilir.

Uzun süreli ohmik ısıtma işlemi, kemik sularındaki suyun buharlaşmasını ve konsantrasyonun artmasını daha belirgin bir şekilde gerçekleştirirken, kısa süreli işlemde bu etkinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Kemik sularının viskozite özelliklerinin işlem süresine ve yöntemine bağlı olarak değişmesi, işlem yöntemi ve sürelerinin ürün kalitesini etkilemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Gıda endüstrisinde ürünlerin akışkanlık özelliklerinin optimize edilmesi, ürünlerin üretim süreçlerinde ve son kullanımda daha iyi performans sergilemelerine yardımcı olabilir. En yüksek protein miktarının ohmik ısıtma ile elde edilen kemik suyu örneklerinde görülmesi, ohmik ısıtma yönteminin

geleneksel yöntemle göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Ohmik ısıtma yöntemi ile elde edilen kemik sularının yağ miktarının geleneksel yöntemle göre düşük çıkmasında, kullanılan ohmik cam hücrenin yüzeyine yapışması ve kurumamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum kemik suyu gibi yağlı gıdaların ekstraksiyonunda sıcaklık, süre ve voltaj gradyanının belirlenmesinin önemli bir basamak olduğunu göstermektedir. Ohmik ısıtma yönteminin minerallerin çözünmesi ve serbestleşmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve geleneksel yöntemle kıyasla işlemin daha kısa sürelerde gerçekleştiğini göstermektedir. Kemik sularının kül miktarlarının benzer değerde olması ise, ohmik ısıtma yönteminin daha kısa sürelerde aynı kalitede ürün elde etmeye imkan tanınması ve enerji tasarrufu sağlanması açısından önemli olduğunu göstermektedir. Ohmik ısıtma yönteminin renk özellikleri üzerindeki etkisinin anlaşılması, gıda, tekstil ve kozmetik gibi çeşitli endüstrilerde ürünlerin renk kalitesini optimize etmek için önemlidir. Ohmik ısıtma işlem süresinin düzenlenmesi, ürünlerin renklerini istenen şekilde kontrol etme ve istenen parlaklık değerlerine ulaşma konusunda önemli bir parametre olarak dikkate alınmalıdır.

Geleneksel kaynatma yönteminin dezavantajlarını minimize etmek ve kemik suyu üretiminde daha verimli bir yöntem kullanmak isteyen endüstriyel işletmeler, ohmik ısıtma teknolojisini değerlendirebilirler. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı ohmik ısıtma parametrelerinin jel üretimi üzerindeki etkileri daha detaylı olarak incelenebilir. Ayrıca, farklı gıda materyalleri ve bileşenler üzerinde ohmik ısıtmanın etkisi araştırılabilir. Bu şekilde, ohmik ısıtma yönteminin kemik suyu üretimi alanında daha geniş bir uygulama potansiyeline sahip olup olmadığı daha iyi anlaşılabilir.

## KAYNAKLAR

- A Aljumaily, M. (2011). The effect of concentrated bone broth as a dietary supplementation on bone healing in rabbits. *Annals of the College of Medicine, Mosul*, 37(1), 42-47.
- Achir, N., et al. (2016). Advances in Ohmic Heating. *Food and Bioprocess Technology*, 9(5), 643-656.
- Akkara, M., & KAYAARDI, S. (2014). İleri muhafaza tekniklerinin et kalitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4), 79-85.
- Anonim, "Hayvanlarda deri ve hareket sistemi [online]", 10 Ekim 2022, [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Hayvanlarda%20Deri%20Ve%20Hareket%20Sistemi.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hayvanlarda%20Deri%20Ve%20Hareket%20Sistemi.pdf).(2015),
- Anonima,"Asırlık gelenek;kemiksuyu[online]" 10 Ekim 2022 <http://www.banquetmag.com/?p=1576>, (2016),
- Anonimb,"Kemik suyu nasıl yapılır?" 12 Kasım 2022, <https://www.herbalistrecep.com/index.php?view=article&id=1035&lang=tr>, (2016).
- Anonimc,"Et ve et ürünleri atıkları[online]", 10 Ekim 2022,<http://foodwaste-meat.tripod.com/>, (2016).
- Anonimd,"Kemik iliği ve kemik iliği nakli[online]", 11Eylül 2022, <http://www.saglikvakti.com/kemik-iligi-ve-kemik-iligi-nakli/>, (2017).
- Anonimf,"Hareket sistemi[online]", 11 Eylül 2022, <https://www.slideshare.net/mbolmez/kemik-tmrleri-3-saat>, (2017).
- Ata, Ö., & Tavman, Ş. (2019). Comparison of collagen extraction methods. *GIDA-Journal of Food*, 44(3), 383-395.
- Aydın, A., "Gıdalarda muhafaza yöntemleri [online]" 23 Mayıs 2016 ,<http://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=gidalarda-muhafaza-yontemleri.pdf>, (2016).
- Aykın, Elif, and Mustafa Erbaş. "Quality properties and adsorption behavior of freeze-dried beef meat from the Biceps femoris and Semimembranosus muscles." *Meat science* 121 (2016): 272-277.
- Baysal, T., İçier, F., Baysal, H.A. (2011). Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri. Sidas Medya Yayınları, Çankaya, İzmir.
- Bergner, S., Halec, G., Schmitt, M., Aubin, F., Alonso A., Auvinen, E., " Individual and complementary effects of human papillomavirus oncogenes on epithelial cell proliferation and differentiation", 201,97-108, (2016).

- Boran, G. (2011). Bir gıda katkısı olarak jelatin: yapısı, özellikleri, üretimi, kullanımı ve kalitesi. *Gıda*, 36(2), 97-104.
- Boran, G., Mulvaney, S.,J., and Regenstein, J.,M., "Rheological properties of gelatin from silver carp skin compared to commercially available gelatins from different sources", *Journal of Food Science*, 75,8, (2010).
- Bozkurt, H., & İcier, F. (2010). Exergetic performance analysis of ohmic cooking process. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 688-695.
- Bryant, J.D. and David, T., "Rheology of bovine bone marrow [online]",8 May 2015, <http://journals.sagepub.com/home/pih>, (2016).
- Campo, R.,D. and Tourtellotte, C.D., "The composition of bovine cartilage and bone" *Biochim Biophys Acta*, 141(3),614-24, (1967).
- Cappato, L. P., et al. (2017). Evaluation of the efficiency of ohmic heating on the microbiological quality and sensory aspects of tomato sauce. *Food Control*, 73, 1012-1018.
- Cappato, L. P., et al. (2017). Ohmic heating as a promising technology for food processing: A review. *Food Research International*, 100(Pt 1), 1-14.
- 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.
- Cho, S., et al. (2017). Effects of heat-based microbial inactivation methods on color, flavor, and nutrient retention in food. *Journal of Food Science*, 82(9), 2149-2158.
- Cho, S., et al. (2017). Optimization of ohmic heating conditions for pasteurization of red pepper paste. *Journal of Food Science and Technology*, 54(9), 2852-2861.
- Çokgezme, Ö. F., & İcier, F. (2016). Dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde alternatif bir yöntem: Ohmik çözündürme. *Akademik Gıda*, 14(2), 166-171.
- Çokgezme, Ö., et al. (2017). Effect of ohmic heating on vacuum evaporation for pomegranate juice concentration. *Journal of Food Process Engineering*, 40(4), e12432.
- Demirdöven, A., & Baysal, T. (2014). Optimization of ohmic heating applications for pectin methylesterase inactivation in orange juice. *Journal of food science and technology*, 51, 1817-1826.

- Djagny, K.B., Wang, Z., and Xu, S., "Gelatin: a valuable protein for food and pharmaceutical industries: review", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6), 481-492, (2013).
- Duerr, P.E. and Earle M.D., "The extraction of beef bones with water, dilute sodium hydroxide and dilute potassium chloride", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25, 121-128, (1973).
- Duman, M., & Genççelep, H. Kemik Suyu Üretimi Ve Sağlık Üzerine Etkileri. Kongre Kitabı Book Of Proceedings, 289.
- Erge, A., & Zorba, Ö. (2018). Optimization of gelatin extraction from chicken mechanically deboned meat residue using alkaline pre-treatment. *Lwt*, 97, 205-212.
- Ertas, Y. ve Gezmen-Karadağ, M., "Sağlıklı beslenmede Türk mutfak kültürünün yeri", *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(1), 117-133, (2013).
- Flynn, A. W., & Bramblett, V. D. (1975). Effects of frozen storage, cooking method and muscle quality on attributes of pork loins. *Journal of Food Science*, 40(3), 631-633.
- Franzen, A., & Heinegård, D. (1984). Characterization of proteoglycans from the calcified matrix of bovine bone. *Biochemical journal*, 224(1), 59-66.
- Franzen, A., & Heinegård, D. (1984). Extraction and purification of proteoglycans from mature bovine bone. *Biochemical journal*, 224(1), 47-58.
- Gavahian, M., & Farahnaky, A. (2018). Ohmic-assisted hydrodistillation technology: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 153-161.
- Gavahian, M., Farahnaky, A., Farhoosh, R., Javidnia, K., & Shahidi, F. (2015). Extraction of essential oils from *Mentha piperita* using advanced techniques: Microwave versus ohmic assisted hydrodistillation. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 50-58.
- Gilsenan, P. M., & Ross-Murphy, S. B. (2000). Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. *Food Hydrocolloids*, 14(3), 191-195.
- Gilsenan, P. M., & Ross-Murphy, S. B. (2000). Viscoelasticity of thermoreversible gelatin gels from mammalian and piscine collagens. *Journal of Rheology*, 44(4), 871-883.

- Gómez-Guillén, M., Ihl, M., Bifani, V., Silva, A., & Montero, P. (2007). Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1133-1143.
- Goullieux, A., & Pain, J. (2005). Ohmic heating. Emerging technologies for food. In: London: Elsevier Academic Press.
- Güler, S., "Türk mutfak kültürü ve yeme içme alışkanlıkları", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 25-30, (2010).
- Hadjidakis, D. J., & Androulakis, I. I. (2006). Bone remodeling. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1092(1), 385-396.
- Hradecky, J., et al. (2017). Ohmic sterilization of baby foods: A review. *Food Control*, 72, 291-301. (2014).
- Icier, F. (2012). Chapter 11 - Ohmic Heating of Fluid Foods. In P. J. Cullen, B. K. Tiwari, & V. P. Valdramidis (Eds.), *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods* (pp. 305-367). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381470-8.00011-6>
- Icier, F., & Bozkurt, H. (2011). Ohmic heating of liquid whole egg: Rheological behaviour and fluid dynamics. *Food and bioprocess technology*, 4(7), 1253-1263.
- Icier, F., & Ilicali, C. (2005). Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. *Food Research International*, 38(10), 1135-1142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.04.003>
- ICMSF. (1998). *Microorganisms in foods, 6: Microbial ecology of food commodities. The International Commission on Microbiological Specifications for Foods*. In: Blackie Academic and Professional Baltimore, MD.
- İcier, F., et al. (2017). Ohmic-assisted vacuum evaporation: A potential technique for concentration of high viscosity fluid foods. *Journal of Food Engineering*, 211, 128-137.
- İnsal, B., & Pişkin, İ. (2017). Kemik Dokusunun Fizyolojisi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 28(1), 28-32.
- Jeager, H., et al. (2016). Ohmic heating as a potential method for gentle food preservation: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 1-12.
- Kara, Y. (2017). Püskürtmeli kurutma yöntemi ile kemik suyu tozu üretimi (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Katrokha, I., Matvienko, A., Vorona, L., Kupchik, M., & Zaets, V. (1984). Intensification of sugar extraction from sweet sugar beet cossettes in an electric field. *Sakharnaya Promyshlennost*, 7, 28-31.
- Kaur, B., & Singh, N. (2016). *Food processing and preservation*. CRC Press.
- Kidd, L., "Preparation of bone stock [online]", 15 May 2016, (2001).
- Kim, J. D., & Pyun, S. I. (1995). Effects of electrolyte-composition and applied potential on the repassivation kinetics of pure aluminum. *Electrochimica Acta*, 40(12), 1863-1869.
- Kim, J., & Kang, D. (2017). Consumer perception of minimally processed, high-nutrient, and safe food products: A systematic review. *Journal of Food Science*, 82(9), 2085-2091.
- Kim, S., et al. (2018). Ohmic heating as a potential process for food preservation: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13338.
- Kini, U., & Nandeesh, B. (2012). Physiology of bone formation, remodeling, and metabolism. In *Radionuclide and hybrid bone imaging* (pp. 29-57). Springer.
- Kumar, J. P., Ramanathan, M., & Ranganathan, T. (2014). Ohmic heating technology in food processing—A review. *International Journal of Food Engineering Research & Technology*, 3, 1236-1241.
- Leizeron, S., & Shimoni, E. (2005). Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4012-4018.
- Liu, D.C., "Better utilization of by-products from the meat industry" (2002).
- Liu, S., et al. (2017). Ohmic heating: A review with emphasis on its application in food processing. *Journal of Food Engineering*, 209, 39-49.
- Makro, M., et al. (2016). Ohmic heating as a potential technique for the food industry: A review. *Journal of Food Engineering*, 169, 44-54.
- Mariod, A.A., and Adam, H.F., "Review: gelatin, source, extraction and industrial applications", *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(2), 135-147, (2013).
- Mar-Solís, L. M., Soto-Domínguez, A., Rodríguez-Tovar, L. E., Rodríguez-Rocha, H., García-García, A., Aguirre-Arzola, V. E., Zamora-Ávila, D. E., Garza-Arredondo, A. J., & Castillo-Velázquez, U. (2021). Analysis of the Anti-Inflammatory Capacity of Bone Broth in a Murine Model of Ulcerative Colitis. *Medicina*, 57(11), 1138.

- McCance, R. A., Sheldon, W., & Widdowson, E. M. (1934). Bone and vegetable broth. *Archives of disease in childhood*, 9(52), 251-258.
- Nakilcioğlu, E., & Ötleş, S. (2014). Basınçlı Çözgen Ekstraksiyonu ve Gıda Sanayiindeki Uygulamaları. *Akademik Gıda*, 12(2), 88-94.
- Park, S. H., & Kang, D. H. (2013). Modeling microbial inactivation kinetics by ohmic heating. *Journal of Food Science*, 78(6), E879-E885.
- Park, S. H., & Kang, D. H. (2013). Ohmic heating for microbial inactivation: Mechanisms and model systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 475-484.
- Parmar, N., et al. (2018). Ohmic heating for food preservation: Principles, applications, and recent advancements. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 1022-1038.
- Reznick, D. (1996). Ohmic heating of fluid foods. *Food technology (USA)*.
- Sabancı, S. Ö., & İçier, F. (2017). Ohmic-assisted vacuum evaporation for concentration of cherry juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12936.
- Sakr, E. S., & Liu, F. (2014). Ohmic heating technology in food processing: A review. *Journal of Food Engineering*, 128, 105-116.
- Sastry, S. (2008). Ohmic Heating and Moderate Electric Field Processing. *Food Science and Technology International*, 14(5), 419-422.
- Sastry, S. K., & Li, Q. (1996). Modeling the ohmic heating of foods. *Food technology (USA)*.
- Sastry, S. K., & Salengke, S. (1998). Ohmic Heating Of Solid-Liquid Mixtures: A Comparison Of Mathematical Models Under Worst-Case Heating Conditions 1. *Journal Of Food Process Engineering*, 21(6), 441-458.
- Shiby, V. K., et al. (2014). Ohmic heating: An advanced thermal processing technique for food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(10), 1283-1295.
- Siebecker, A., "Traditional bone broth in modern health and disease [online]", 10 September 2017
- Sivri, G. T. (2020). Mihaliç peynirinden izole edilen propiyonik asit bakterileri ile konjuge linoleik asidi arttırılmış peynir üretimi.

- Turgut, Y., Turgut, S. S., & Karacabey, E. (2021). Use of ohmic heating as an alternative method for cooking pasta. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(13), 5529-5540.
- Ulusoy, B. H., & Çolakoğlu, N. (2018). What do they know about food safety? A questionnaire survey on food safety knowledge of kitchen employees in Istanbul. *Food and Health*, 4(4), 283-292.
- Vikram, V. B., Ramesh, M. N., & Prapulla, S. G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69(1), 31-40.
- Wainwright, F. W. (1977). Physical tests for gelatin and gelatin products. *The science and technology of gelatin*, 507-531.
- Wang, W. C., & Sastry, S. K. (1997). Starch gelatinization in ohmic heating. *Journal of food engineering*, 34(3), 225-242.
- Wang, W.-C., & Sastry, S. K. (2002). Effects of moderate electrothermal treatments on juice yield from cellular tissue. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(4), 371-377.
- Yetim, H., "Jelatin üretimi özellikleri ve kullanımı", 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, Ankara, 86-93, (2011).
- Yıldız-Turp, G., et al. (2013). Electrical resistance heating: An alternative method for food preservation. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 531-542.
- Yıldız-Turp, G., et al. (2013). Ohmic heating as a non-thermal microbial inactivation technique in food processing. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 39-48.
- Yılmaz, O. Ş. (2021). Farklı gam ilavesinin balık jelatinin teknolojik ve reolojik özellikleri üzerine etkisi [Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi].
- Yücesan, A. ve Ergün, E., "Çeşitli sığır ırklarımıza ait karkaslarda kemik ve büyük parça kısımlarının oranları üzerine araştırmalar", İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 26 (2), 483-487, (2000).
- Zhou, P., & Regenstein, J. (2004). Is the choice of a protein standard important for the assay of total protein in gelatin solution? 2004 IFT Annual Meeting, July 12-16-Las Vegas, NV,
- Zhou, P., & Regenstein, J. M. (2006). Determination of total protein content in gelatin solutions with the Lowry or Biuret assay. *Journal of food science*, 71(8), C474-C479.