

**T.C.**  
**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**TAVUK KESİM HANE ARTIKLARINDAN JELATİN ÜRETİM  
KOŞULLARININ ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU**

**DOKTORA TEZİ**

**AYDIN ERGE**

**BOLU, KASIM - 2016**

**T.C.**  
**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TAVUK KESİM HANE ARTIKLARINDAN JELATİN ÜRETİM  
KOŞULLARININ ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU**

**DOKTORA TEZİ**

**AYDIN ERGE**

**BOLU, KASIM - 2016**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

AYDIN ERGE tarafından hazırlanan "TAVUK KESİM HANE ARTIKLARINDAN JELATİN ÜRETİM KOŞULLARININ ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU" adlı tez çalışması 25.11.2016 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Danışman  
Prof. Dr. Ömer ZORBA

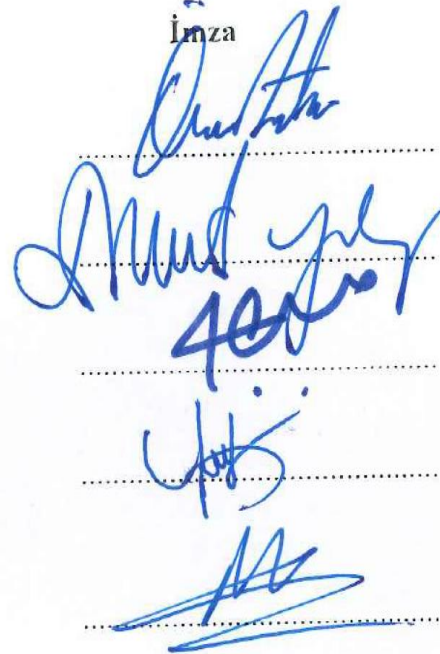
Üye  
Prof. Dr. İsmail YILMAZ  
Namık Kemal Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Yusuf TUNÇTÜRK  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Mustafa KIRALAN  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

İmza





Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



**Aileme,**

## ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

---

Aydın ERGE

## ÖZET

### TAVUK KESİM HANE ARTIKLARINDAN JELATİN ÜRETİM KOŞULLARININ ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU

DOKTORA TEZİ

AYDIN ERGE

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÖMER ZORBA)

BOLU, KASIM - 2016

Bu araştırmada, tavuk kesimhanelerinde yan ürün olarak açığa çıkan tavuk MDM (mekanik yolla kemiğinden ayrılmış et) posasından tavuk jelatini elde edilmesi ve üretiminin optimizasyonu amaçlanmıştır. Materyale uygulanan farklı kimyasal (asidik veya alkali) ve ısıl işlemler sonucunda ekstrakte edilen jelatinin verimi ve fizikokimyasal özellikleri değerlendirilerek Yanıt Yüzey Yöntemine göre (Response Surface Methodology) Merkezi Birleşik Desen (Central Composite Design) kullanılarak optimize edilmiştir.

Asidik ekstraksiyon sonucu elde edilen jelatinler incelendiğinde optimum asidik üretim koşullarının 72.5-77.7°C ekstraksiyon sıcaklığı, %5.5-7.7 HCl konsantasyonu ve 194-237 dakika ekstraksiyon süresi olduğu tespit edilmiştir. Özellikle ekstraksiyon sıcaklığının jelatinin başta verim olmak üzere jel sertliği (bloom), renk değerleri, erime ve jelleşme sıcaklıkları gibi reolojik özellikleri üzerinde önemli ( $P<0.01$ ) bir etkisi bulunduğu görülmüştür.

Alkali ekstraksiyon sonucu elde edilen jelatinler incelendiğinde optimum alkali üretim koşullarının 76-82°C ekstraksiyon sıcaklığı, %2.9 – 3.4 NaOH konsantasyonu ve 105-183 dakika ekstraksiyon süresi olduğu tespit edilmiştir. Ekstraksiyon sıcaklığının yanı sıra özellikle NaOH konsantasyonunun jelatinin başta verim olmak üzere jel sertliği (bloom), erime ve jelleşme sıcaklıkları gibi reolojik özellikleri üzerinde önemli ( $P<0.01$ ) bir etkisi bulunduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasında elde edilmiş olan veriler, özellikle reolojik kalite parametreleri bakımından tavuk MDM posasından elde edilen tavuk jelatininin sığır ve domuz jelatine alternatif olabileceğini göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Tavuk Jelatini, MDM Posası, Asidik ve Alkali Ekstraksiyon, Jel Sertliği, Jelatinin Reolojik Özellikleri, Yanıt Yüzeyi Yöntemi

## **ABSTRACT**

### **SEARCHING AND OPTIMIZING OF GELATIN PRODUCTION CONDITIONS BY CHICKEN SLAUGHTERHOUSE RESIDUES**

**PHD THESIS**

**AYDIN ERGE**

**ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING  
(SUPERVISOR: PROF. DR. ÖMER ZORBA)**

**BOLU, NOVEMBER 2016**

In this research, it was aimed to obtain gelatin from the chicken MDM (Mechanically Deboned Meat) residue, which is a by-product in chicken slaughterhouses, and to optimize the conditions of the production. The optimization was performed by analysing the yield and some physicochemical properties of gelatins obtained by two different extraction (acidic and alkaline) methods and some thermal processes by using Central Composite Design of Response Surface Methodology

In conclusion, related to the acidic extraction procedure, the optimum extraction conditions was found as 5.5-7.1% HCl concentration, 76-82°C extraction temperature and 194-237 minutes as extraction period. Especially, the effects of extraction temperature on the yield, colour properties of gelatin and some rheological properties as gel strength, gelling and melting temperatures were found to be significant ( $P < 0,01$ ).

Related to the alkaline extraction procedure, the optimum extraction conditions was found as 2.9 – 3.4% NaOH concentration, 72.5-77.7°C extraction temperature and 105-183 minutes as extraction period. As well as extraction temperature, especially the effects of NaOH concentration on the yield of gelatin and some rheological properties as gel strength, gelling and melting temperatures were found to be significant ( $P < 0,01$ ).

The data obtained by this research showed that the chicken gelatin produced by the chicken MDM residue could be an alternative to the cattle and pig gelatin especially in the point of the rheological quality parameters.

**KEYWORDS:** Chicken Gelatin, MDM (Mechanical Deboned Meat) Residue, Acidic and Alkaline Extraction, Gel Strength, Rheological Properties of Gelatin, Response Surface Methodology.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ .....	xv
TEŞEKKÜR .....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	17
3.1 Materyal.....	17
3.2 Yöntem .....	17
3.2.1 Asidik Ekstraksiyon .....	17
3.2.1.1 Örnek Hazırlığı.....	18
3.2.1.2 Kollajen Dışındaki Protein ve Diğer Unsurların Uzaklaştırılması.....	19
3.2.1.3 Asidik Hidroliz .....	19
3.2.1.4 Ekstraksiyon .....	19
3.2.1.5 Santrifüj.....	20
3.2.1.6 Demineralizasyon.....	20
3.2.1.7 Kurutma ve Jelatinin Elde Edilmesi.....	20
3.2.2 Alkali Ekstraksiyon.....	21
3.2.2.1 Örnek Hazırlığı.....	22
3.2.2.2 Demineralizasyon.....	22
3.2.2.3 Alkali Hidroliz .....	22
3.2.2.4 Ekstraksiyon .....	22
3.2.2.5 Santrifüj.....	23
3.2.2.6 Kurutma ve Jelatinin Elde Edilmesi.....	23
3.3 Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	23
3.3.1 Nem Tayini .....	23
3.3.2 Yaş Jelatin Verimi .....	24
3.3.3 Kuru Madde Üzerinden Jelatin Verimi.....	24
3.3.4 Protein Tayini .....	24
3.3.5 Yağ Tayini .....	25
3.3.6 Kül Tayini .....	25
3.3.7 Hidroksiprolin Analizi .....	25
3.3.8 Renk Analizi .....	26
3.3.9 Bloom Testi (Jelatin Jel Sertliği) .....	26
3.3.10 Viskozite Ölçümleri.....	27
3.3.11 Erime ve Jelleşme Sıcaklık Ölçümleri.....	27
3.3.12 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Ölçümleri .....	27
3.3.13 SDS-PAGE Analizi.....	27
3.3.14 Jel Mikro Yapısının İncelenmesi .....	28



3.3.15 İstatistiksel Analizler .....	29
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>30</b>
4.1 Asidik Ekstraksiyon Sonuçları .....	30
4.1.1 Hammaddenin Kimyasal Özellikleri .....	30
4.1.2 Jelatinlerin Özellikleri.....	30
4.1.2.1 Jelatinin Nem İçeriği .....	30
4.1.2.2 Yaş Jelatin Verimi.....	32
4.1.2.3 Jelatin Verimi (Kuru Madde Üzerinden) .....	33
4.1.2.4 Jelatinin Protein Oranı.....	35
4.1.2.5 Jelatinin Kül Oranı .....	36
4.1.2.6 Jelatinin Hidroksiprolin Oranı .....	38
4.1.2.7 Jelatinin L* Değeri.....	40
4.1.2.8 Jelatinin (-) a* Değeri.....	42
4.1.2.9 Jelatinin b* Değeri .....	42
4.1.2.10 Jelatinin C* Değeri.....	44
4.1.2.11 Jelatinin h* Değeri .....	45
4.1.2.12 Jelatinin Bloom Değeri .....	46
4.1.2.13 Jelatinin Viskozite Değeri .....	48
4.1.2.14 Jelatinin Erime Sıcaklığı .....	49
4.1.2.15 Jelatinin Jelleşme Sıcaklığı .....	51
4.1.2.16 Jelatinin Denatürasyon Sıcaklığı.....	53
4.1.2.17 Jelatinin Denatürasyon Enerjisi.....	55
4.1.2.18 SDS-PAGE Analiz Bulguları.....	57
4.1.2.19 Jelatinin Jel Mikro Yapılarının Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri .....	60
4.2 Alkali Ekstraksiyon Sonuçları.....	62
4.2.1 Hammaddenin Kimyasal Özellikleri .....	62
4.2.2 Jelatinlerin Özellikleri.....	62
4.2.2.1 Jelatinin Nem İçeriği .....	62
4.2.2.2 Yaş Jelatin Verimi.....	64
4.2.2.3 Jelatin Verimi (Kuru Madde Üzerinden) .....	65
4.2.2.4 Jelatinin Protein Oranı.....	67
4.2.2.5 Jelatinin Kül Oranı .....	68
4.2.2.6 Jelatinin Hidroksiprolin Oranı .....	70
4.2.2.7 Jelatinin L* Değeri .....	72
4.2.2.8 Jelatinin (-) a* Değeri.....	74
4.2.2.9 Jelatinin b* Değeri .....	74
4.2.2.10 Jelatinin C* Değeri.....	76
4.2.2.11 Jelatinin h* Değeri .....	78
4.2.2.12 Jelatinin Bloom Değeri .....	79
4.2.2.13 Jelatinin Viskozite Değeri .....	81
4.2.2.14 Jelatinin Erime Sıcaklığı .....	82
4.2.2.15 Jelatinin Jelleşme Sıcaklığı .....	84
4.2.2.16 Jelatinin Denatürasyon Sıcaklığı.....	86
4.2.2.17 Jelatinin Denatürasyon Enerjisi.....	87
4.2.2.18 SDS-PAGE Analiz Bulguları.....	88
4.2.2.19 Jelatinin Jel Mikro Yapılarının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri.....	91

<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>93</b>
5.1 Asidik Ekstraksiyona Ait Sonuçlar .....	93
5.2 Alkali Ekstraksiyona Ait Sonuçlar .....	93
5.3 Öneriler.....	95
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>97</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>103</b>
EK A.1 Asidik Ekstraksiyon İşlem Basamakları .....	103
EK A.2 Alkali Ekstraksiyon İşlem Basamakları .....	104
EK B.1 Asidik Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama Değerler.....	105
EK B.2 Asidik Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Reolojik Özelliklerine Ait Ortalama Değerler .....	107
EK B.3 Alkali Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama Değerler.....	108
EK B.4 Alkali Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Reolojik Özelliklerine Ait Ortalama Değerler .....	110
EK C.1 Asidik Ekstaksiyon Yöntemindeki Bağımsız Değişken Parametreler Arasındaki Önemli Korelasyonlar .....	111
EK C.2 Alkali Ekstaksiyon Yöntemindeki Bağımsız Değişken Parametreler Arasındaki Önemli Korelasyonlar .....	112
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>113</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Tendonun hiyerarşik yapısı (kollajenin yapısı ve mekaniği).....	5
Şekil 2.2. Farklı sıcaklıklardaki jelatin jellerinin şematik gösterimi. ....	8
Şekil 2.3. Jelatin zincirleri arasındaki (a) ve jelatin-su molekülleri arasındaki (b) hidrojen bağları .....	9
Şekil 4.1. Jelatinin nem içeriği üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konstrasyonunun etkisi .....	31
Şekil 4.2. Yaş jelatin verimi üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	33
Şekil 4.3. Kuru jelatin verimi üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	34
Şekil 4.4. Jelatin protein oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi .....	36
Şekil 4.5. Jelatin kül oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi .....	38
Şekil 4.6. Jelatinin hidroksiprolin oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi.....	40
Şekil 4.7. Jelatinin L* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	41
Şekil 4.8. Jelatinin b* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	43
Şekil 4.9. Jelatinin C* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi .....	45
Şekil 4.10. Jelatin bloom değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi .....	47
Şekil 4.11. Jelatin vizkozite değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi .....	49
Şekil 4.12. Jelatin erime sıcaklığı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi.....	51
Şekil 4.13. Jelatinin jelleşme sıcaklığı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	53
Şekil 4.14. Jelatinin denatürasyon sıcaklığı üzerinde HCl konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi.....	55
Şekil 4.15. Jelatinin denatürasyon enerjisi üzerinde HCl konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi.....	57
Şekil 4.16. Asidik ekstraksiyon SDS-PAGE jel görüntüsü .....	59
Şekil 4.17. Asidik ekstraksiyon jelatin örneklerine ait SEM görüntüleri. ....	60
Şekil 4.18. Jelatinin nem oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi .....	63
Şekil 4.19. Yaş jelatin verimi üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	65
Şekil 4.20. Kuru jelatin verimi üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	66
Şekil 4.21. Jelatin protein oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi .....	68

<b>Şekil 4.22.</b> Jelatin kül oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi .....	70
<b>Şekil 4.23.</b> Jelatin hidroksiprolin oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi .....	72
<b>Şekil 4.24.</b> Jelatin L* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi .....	73
<b>Şekil 4.25.</b> Jelatin b* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	76
<b>Şekil 4.26.</b> Jelatin C* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	77
<b>Şekil 4.27.</b> Jelatin h* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi .....	79
<b>Şekil 4.28.</b> Jelatin bloom değeri üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi.....	80
<b>Şekil 4.29.</b> Jelatin vizkozite değeri üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon sıcaklığının etkisi .....	82
<b>Şekil 4.30.</b> Jelatin erime sıcaklığı üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi.....	84
<b>Şekil 4.31.</b> Jelatin jelleşme sıcaklığı üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi.....	85
<b>Şekil 4.32.</b> Jelatin denatürasyon enerjisi üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi.....	88
<b>Şekil 4.33.</b> Alkali ekstraksiyon SDS-PAGE jel görüntüsü.....	90
<b>Şekil 4.34.</b> Alkali ekstraksiyon jelatin örneklerine ait SEM görüntüleri .....	92

# ÇİZELGE LİSTESİ

## Sayfa

Çizelge 2.1. Kollajen ve jelatinin % amino asit dağılımı .	6
Çizelge 2.2. Farklı vücut sıcaklıklarına sahip hayvanların prolin+hidroksiprolin oranları ve tropokollajen erime sıcaklıkları .	6
Çizelge 3.1. Asidik ekstraksiyon faktör seviyeleri	18
Çizelge 3.2. Asidik ekstraksiyon muamele kombinasyonları	18
Çizelge 3.3. Alkali ekstraksiyon faktör seviyeleri	21
Çizelge 3.4. Alkali ekstraksiyon muamele kombinasyonları	21
Çizelge 4.1. Hammaddeye ait kimyasal analiz bulguları	30
Çizelge 4.2. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin nem oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	31
Çizelge 4.3. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin yaş jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.4. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.5. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatinin protein oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	35
Çizelge 4.6. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin kül oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	37
Çizelge 4.7. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin hidroksiprolin oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.8. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin L* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 4.9. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatinin (-) a* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.10. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin b* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.11. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin C* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	44
Çizelge 4.12. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin h* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları	45

<b>Çizelge 4.13.</b> HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	46
<b>Çizelge 4.14.</b> HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin viskozite değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	48
<b>Çizelge 4.15.</b> HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin erime sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	50
<b>Çizelge 4.16.</b> HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	52
<b>Çizelge 4.17.</b> HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin; jelatin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	54
<b>Çizelge 4.18.</b> HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin; jelatin denatürasyon enerjisi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	56
<b>Çizelge 4.19.</b> Hammaddeye ait kimyasal analiz bulguları.....	62
<b>Çizelge 4.20.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin nem oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	63
<b>Çizelge 4.21.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin yaş jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	64
<b>Çizelge 4.22.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	66
<b>Çizelge 4.23.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin protein oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	67
<b>Çizelge 4.24.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	69
<b>Çizelge 4.25.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin hidroksiprolin oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	71
<b>Çizelge 4.26.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin L* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	73
<b>Çizelge 4.27.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin a* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	74
<b>Çizelge 4.28.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin b* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	75
<b>Çizelge 4.29.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin; jelatin C* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	77

<b>Çizelge 4.30.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin h* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	78
<b>Çizelge 4.31.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	79
<b>Çizelge 4.32.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin viskozite değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	81
<b>Çizelge 4.33.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin erime sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları.....	83
<b>Çizelge 4.34.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	85
<b>Çizelge 4.35.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	86
<b>Çizelge 4.36.</b> NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin denatürasyon enerjisi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları .....	87

## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

<b>BSE</b>	: Bovine Spongiform Encephalopathy
<b>DSC</b>	: Differential Scanning Calorimetry (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre)
<b>F</b>	: F Değeri
<b>K.O.</b>	: Kareler Ortalaması
<b>MDM</b>	: Mechanically Deboned Meat (Mekanik Yolla Kemikten Ayrılmış Kıyma)
<b>RSM</b>	: Response Surface Methodology (Yanıt Yüzey Metodu)
<b>SD</b>	: Serbestlik Derecesi
<b>SEM</b>	: Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
<b>Tm</b>	: Melting Temperature (Erime Sıcaklığı)
<b>X1</b>	: HCl Konsantrasyonu
<b>X2</b>	: Ekstraksiyon Sıcaklığı
<b>X3</b>	: Ekstraksiyon Süresi
<b>X1*X1</b>	: HCl Konsantrasyonunun Kuadratik Etkisi
<b>X1*X2</b>	: HCl Konsantrasyonu ve Ekstraksiyon Sıcaklığının İnteraksiyon Etkisi
<b>X2*X2</b>	: Ekstraksiyon Sıcaklığının Kuadratik Etkisi
<b>X1*X3</b>	: HCl Konsantrasyonu ve Ekstraksiyon Süresinin İnteraksiyon Etkisi
<b>X2*X3</b>	: Ekstraksiyon Sıcaklığı ve Ekstraksiyon Süresinin İnteraksiyon Etkisi
<b>X3*X3</b>	: Ekstraksiyon Süresinin Kuadratik Etkisi



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın alt yapısının oluőturulmasında çok önemli katkılarını gördüğüm ve tezimin her aşamasında yardımını benden esirgemeyen çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Ömer ZORBA'ya özellikle teőekkürlerimi sunarım.

Bu projeyi (BAP –2012.09.01.528 nolu BAP projesi) maddi olarak destekleyen Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalıőmamın her aşamasında katkılarından dolayı Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. İsmail YILMAZ'a ve Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR'a; bana gösterdiği sonsuz manevi destekten dolayı sevgili eőim Doç. Dr. Hande SELEN ERGE'ye teşekkür ederim.

Teknik imkanlarından yararlandığım YENİGİDAM (Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Merkezi)'ne, BETUM (Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi)'ne, Fizik Bölümüne ve araştırma materyalini sağlayan Beypili A.Ő.'ye teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

Jelatin; hayvansal dokularda bulunan kollajen proteininin kontrollü şartlarda hidrolizi ile elde edilen biopolimer yapıdaki bir hammaddedir. Jelatin, kendine has fonksiyonel ve teknolojik avantajlarından dolayı başta gıda sanayi olmak üzere, sağlık, ilaç, kozmetik ve fotoğraf sanayisinde uygulama alanı bulabilmektedir.

Dünyada jelatin ihtiyacı giderek artmakta olup üretilen jelatinin %46'sı domuz derisi, %29.4'ü büyükbaş hayvan derisi, %23.1'i kemik ve %1.5'inin diğer kaynaklardan elde edildiği belirtilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Jelatinin geniş uygulama alanı olması ve kullanımında herhangi bir sınırlama getirilmemesi beraberinde bir takım endişeleri de gündeme getirmektedir. Bunlar; bazı dini kural ve hassasiyetler (İslamiyet ve Musevilikte domuz kaynaklı ürünlerin yasak olması, Hinduların inek kaynaklı ürün tüketmemeleri) ve vejetaryen beslenme alışkanlığının artması olarak belirtilebilir. Ayrıca sığır kaynaklı kollajen ve jelatinin BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) prionu taşıyıcısı olma riski de araştırmacılar tarafından tartışılmaktadır. Bu sorunlar, jelatin üretiminde farklı kaynak arayışlarını gündeme getirmiş ve son on yılda balık ve kanatlı gibi hayvansal kaynaklardan jelatin üretimi ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi üzerindeki araştırmalar yoğunlaşmıştır.

Kanatlı sanayii yan ürünleri, üzerinde durulan alternatif jelatin kaynaklarından birisi olarak gösterilmektedir. Önemli oranda protein, enzim ve lipid içerdiği bilinen tavuk yan ürünlerinden biyomateryallerin ekstraksiyonu, izolasyonu ve kullanımına ilişkin birçok araştırma yapılmaktadır (Lasekan vd., 2013). Tavuk sanayiinde rendering işlemine gönderilen mekanik et posası, kemik, deri ve tavuk kafası gibi unsurlardan katma değeri daha yüksek jelatin üretimine ilişkin araştırmalar yapılmaktadır (Karim ve Bhat, 2009). Kollajen içeriği yüksek olan mekanik kıyma posası (Hrynets vd., 2011) ve kanatlı kafası (Rivera vd., 2000) gibi kanatlı yan ürünleri, potansiyel jelatin üretim kaynakları olarak gösterilmektedir. Kanatlı derisi ve kemiğinin uygun bir jelatin kaynağı olmasıyla birlikte verim bakımından düşük olması önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir. Ayrıca, kanatlı üretiminde açığa çıkan derinin çeşitli et ürünleri üretiminde kullanılan değerli

bir hammadde olması nedeniyle kanatlı derisinden jelatin üretiminin ekonomik olmadığı da belirtilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007).

Bu araştırmada kanatlı sanayisinde rendering işlemeine gönderilen kemik, kıkırdak ve deri parçaları gibi yan ürünlerin işlenerek ekonomik değeri daha yüksek olan jelatin üretimi amaçlanmıştır. Bu sayede domuz ve sığır jelatinine alternatif, %100 tavuk jelatini elde edilerek hem toplumsal kaygıların giderilmesi hem de ülke ekonomisi bakımından önemli bir açığın giderilmesi amaçlanmıştır.



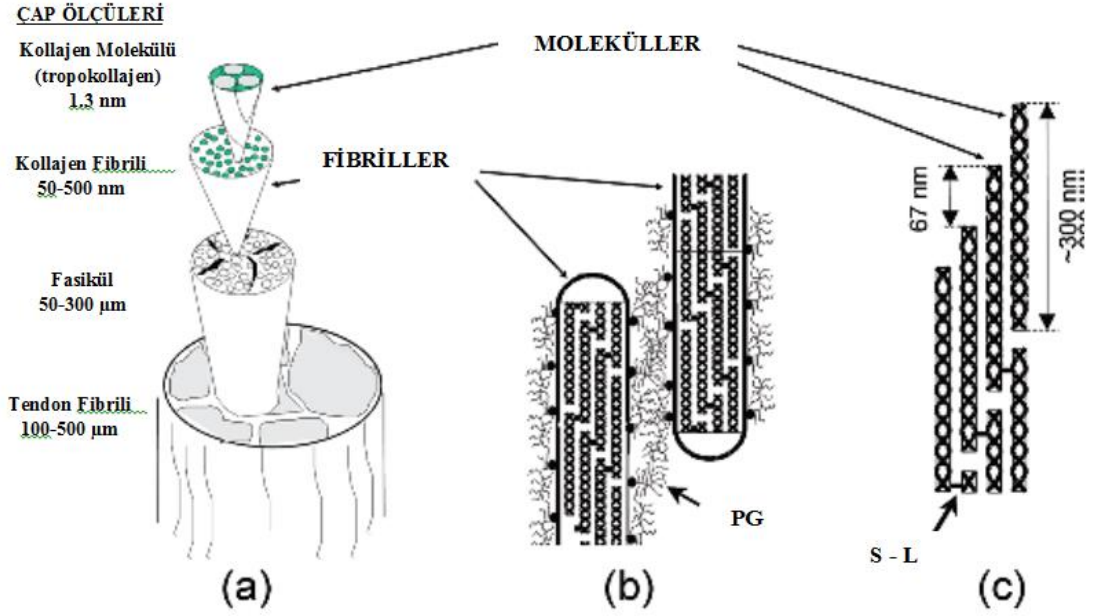
## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Jelatin gıda sanayinde jelleştirici, kıvam artırıcı, su bağlayıcı, emülsiyeye edici, köpük oluşturuucu ve film oluşturuucu özelliklerinden dolayı çok farklı amaçlarla kullanılabilmektedir (Karim ve Bhat, 2008). Ayrıca doğal bir gıda olarak kabul edildiği için tüketimi ve gıdalarda katkı olarak kullanımı sınırlandırılmamaktadır. Gıda dışında jelatin, ilaç sanayinde serumlarda, kapsüllerde, vitamin kaplama materyallerinde kullanım alanı bulmaktadır. Kozmetik sanayinde saç ve deri bakım ürünlerinde de kullanıldığı bilinmektedir. Diğer taraftan çeşitli araştırmalarda jelatinin, iskelet ve omurilik sistemi üzerinde rejeneratif etkisi olduğu belirtilmektedir (Yetim, 2011).

Jelatin üretiminde en büyük kaynak domuz derisi olup (%46) bunu sığır derisi (%29.4), sığır ve domuz kemiği (%23.1) izlemektedir. Balık jelatini, toplam üretimin % 1.5'dan az kısmını oluşturmaktadır (Gomez-Guillen vd., 2009). Son yıllarda alternatif bir kaynak olarak balık sanayi yan ürünlerinden jelatin üretimi dikkatleri üzerine çekmektedir (Cheow vd., 2007).

Jelatinin kaynağı olan kollajen, fibriler ve  $\alpha$ -heliks yapıda suda çözünmeyen hayvansal bir proteindir. Hayvansal dokulardan deri, kemik, tendon, kıkırdak ve dişlerde ana element olarak bulunup toplam vücut proteinlerinin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Kollajenin yapısında %35 glisin, %12 prolin, %11 alanin ve %9 hidroksiprolin bulunmaktadır. Kollajeni diğer proteinlerden ayıran en belirgin özelliği %12 prolin ve %9 oranında hidroksiprolin içermesidir. Diğer proteinlerde bu amino asitler çok daha az görülmektedir (Gözükara, 2000). Kollajenin kendine özgü olan bu amino asit içeriği ve dizilimi, kendisini oluşturan heliks yapının belirleyicisidir. Kollajenin amino asit diziliminde genellikle "Glisin-X-Prolin" veya "Glisin-X-Hidroksiprolin" şeklinde tekrarlanan tripeptit birimleri bulunmaktadır. Aradaki X, herhangi bir amino asit olabilmektedir. Bu dizilimde glisin,  $\alpha$  zincirleri arasındaki bağlanma bölgelerinde; prolin ise kollajen heliksini keskin dönüş bölgelerinde yer almaktadır. Kollajenin amino asit dizilimi üç polipeptit zincirinin çok sıkı şekilde birlikteliklerine izin vermekte ve bu sayede oluşan üçlü heliks yapı kollajene yüksek gerilme ve direnç özelliği sağlamaktadır (Nelson ve Cox, 2005).

Kollajenin üçüncül yapısından sorumlu olan monomeri tropokollajen, yaklaşık 3000 Å uzunluğunda ve 15 Å çapında fibriler yapıdaki bilinen en uzun proteindir. Tropokollajen, aynı uzunlukta  $\alpha$ -1 olarak gösterilen birbirinin aynı iki zincir ve  $\alpha$ -2 olarak gösterilen üçüncü bir zincirin bir araya gelerek sol-el heliksi şeklinde birbiri etrafında sarılarak ortak üçlü sarmal yapı oluşturmasıyla ortaya çıkan ve molekül ağırlığı yaklaşık 300.000 dalton olan bir makro moleküldür. Her bir zincirde yaklaşık 1.000 aminoasit bulunmaktadır (Gözükara, 2000). Zincirler arasındaki hidrojen bağları yardımıyla üç zincir bir arada tutulmaktadır. Hidrojen vericisi her polipeptitteki glisin aminoasidinin peptit azotu (-NH), hidrojen alıcısı ise diğer zincirdeki karbonil (-C=O) oksijeni olmaktadır. Diğer taraftan zincirlerde bulunan lizin amino asitleri, enzimatik bir reaksiyon sonucu zincirler arası çapraz bağlar kurmaktadır. Çapraz bağlar hem üçlü sarmal heliks yapının içinde hem de üçlü birimler arasında oluşmaktadır. Çapraz bağlanmaların fazla olması, proteindeki fibriler yapının sert olmasını, az olması ise fibriler yapının daha esnek olmasını sağlamaktadır (Gözükara, 2000). Kollajen moleküllerinin (tropokollajen) çeşitli şekillerde birleşmesiyle üst moleküler yapılar olan kollajen fibrilleri oluşmaktadır (Nelson ve Cox, 2005). Kollajen proteinin tendon bağ dokusu içerisinde hiyerarşik yapısı Şekil 2.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1. Tendonun hiyerarşik yapısı (kollajenin yapısı ve mekaniği): (a) Tendonun yapısını oluşturan temel birimler: Tendon fibrili, fasikül, kollajen fibrili ve kollajen molekülü (tropokollajen); (b) fibriller arasındaki proteoglikan zengin bölge (PG); (c) sistein ve lizin amino asitlerinin kollajen molekülü arasında oluşturdukları çapraz bağlar (S-L) (Fratzl, 2008).

Tropokollajenin suda 40°C ve üzerinde ısıtılmasıyla proteinin fiziksel özelliklerinde değişiklikler görülmektedir. Çözelti viskozitesi düşmekte ve fibriller yapı bozulmaktadır (Gözükara, 2000). Sıcaklık artışında üçlü heliks yapı bozulmakta ve  $\alpha$ - zincirlerinden (molekül ağırlığı yaklaşık 100 kDa),  $\beta$ -zincirlerinden (iki  $\alpha$ -zincirinin kovalent bağlarla birbirine bağlanmış hali) ve  $\gamma$ - zincirlerinden (üç  $\alpha$ -zincirinin bir araya gelmiş hali) oluşan heterojen bir yapı, yani jelatin meydana gelmektedir (Ledward, 2000). Bu yapının amino asit kompozisyonu, jelatinin ekstraksiyonu sırasında yapılan işlemlere ve kollajenin kaynağına bağlı olarak değişmektedir. Farklı jelatin örneklerine ait amino asit kompozisyonları Çizelge 2.1’de gösterildiği gibidir (Ledward, 2000).

Çizelge 2.1. Kollajen ve jelatinin % amino asit dağılımı (Ledward, 2000).

Amino asit	Tip I kollajen (sığır)	A tip jelatin <sup>1</sup>	B tip jelatin <sup>2</sup>
Alanin	11.37	11.17	11.72
Arjinin	5.08	4.89	4.81
Asparajin	1.60	1.60	-
Aspartik asit	2.89	2.89	4.61
Glutamin	4.79	4.79	-
Glutamik asit	2.49	2.49	7.21
Glisin	33.10	32.90	33.57
Histidin	0.40	0.40	0.40
4-Hidroksiprolin	10.37	9.07	9.32
Hidroksilisin	0.50	0.60	0.40
İzolösin	1.10	1.00	1.10
Lösin	2.39	2.39	2.40
Lisin	2.79	2.69	2.81
Metionin	0.60	0.40	0.40
Fenilalanin	1.30	1.40	1.40
Prolin	11.47	13.16	12.42
Serin	3.49	3.49	3.31
Treonin	1.69	1.79	1.80
Tirozin	0.40	0.30	0.10
Valin	2.19	2.59	2.20

<sup>1</sup>: Asit hidroliz ile domuz derisinden üretilmiş; <sup>2</sup>: Alkali hidroliz ile kemikten üretilmiş

Heliks yapının %50'sinin bozulması için gerekli sıcaklık derecesi erime derecesi (T<sub>m</sub>) olarak tanımlanmaktadır. Bu değer (T<sub>m</sub>), sarmal yapının sağlamlığının bir göstergesidir. Tropokollajenin erime sıcaklığının soğuk su balıklarında düşük, sıcakkanlı hayvanlarda ise yüksek olduğu belirtilmektedir. Kollajenin ısıya dayanımının, prolin ve hidroksiprolin miktarı ile doğru orantılı olduğu, bu iki amino asit miktarının sıcak kanlı hayvanlarda yüksek, soğuk kanlı hayvanlarda ise düşük düzeyde olduğu bildirilmektedir (Çizelge 2.2) (Gözükara, 2000).

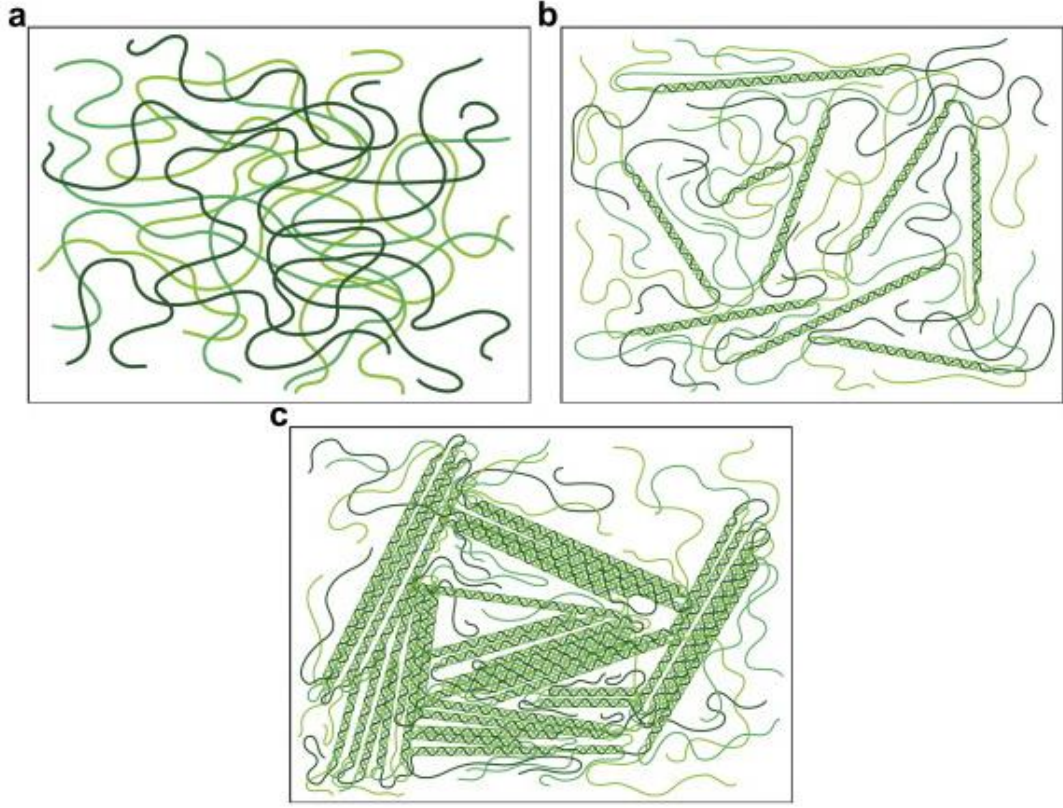
Çizelge 2.2. Farklı vücut sıcaklıklarına sahip hayvanların prolin+hidroksiprolin oranları ve tropokollajen erime sıcaklıkları (Gözükara, 2001).

Jelatin kaynağı	1.000 Amino asitteki (prolin + hidroksiprolin) sayısı	Erime sıcaklığı (T <sub>m</sub> ) (°C)	Vücut sıcaklığı (°C)
Dana derisi	232	39	37
Köpek balığı derisi	191	29	24-28
Morina balığı derisi	155	16	0-14

Jelatinler, elde edildiği kollajenlerin karakteristik yapısına göre iyonik yük ve moleküler büyüklük açısından değişmektedir. Jelatinin amino asit dağılımını büyük oranda glisin, prolin, alanin ve hidroksiprolin aminoasitlerinin oluşturduğu görülmektedir ve “Glisin - Prolin – R” tripeptitlerinin tekrarlarından meydana gelmektedir. Jelatindeki bir diğer farklılık da türler arasında kollajenlerin içerdiği prolin+hidroksiprolin miktarlarının belirgin şekilde değişmesinden kaynaklanmaktadır. Isıya dayanım açısından, prolin miktarı önemli olmakla beraber ondan daha belirleyici olan unsurun üçüncü pozisyonda bulunan hidroksiprolin olduğu belirtilmektedir. Hidroksiprolini bu konuda önemli yapan özelliğinin ise hidrojen bağı kurabilmesi olduğu belirtilmektedir. Prolin + hidroksiprolin miktarı, geniş oranda kollajenin termal stabilitesini belirlediği için bu iminoasitlerin miktar ve dağılımı, jelatinin jelleşme özelliğini belirleyen en önemli unsur olarak gösterilmektedir. Örneğin düşük prolin+hidroksiprolin miktarına sahip balık derisi jelatini, aynı molekül ağırlığındaki sıcak kanlı bir memeli jelatinine kıyasla daha zayıf bir jelleşme göstermektedir (Ledward, 2000).

Jelatin solüsyonu, 35-40°C'nin altında soğutulduğunda, jelatin molekülleri sonsuz sayıda geçici konfigürasyonlar oluşturmaktadır. Rastgele dağınık bukleler halinde bulunan jelatin molekülleri kümelenerek heliks bir yapı oluşturmak üzere tekrar bir araya gelmekte ve düzenli bir hal almaktadır (Tosh vd., 2003). Jelatinin soğuması ile oluşan jel yapısı Şekil 2.2'de gösterildiği gibidir. Jelatin solüsyonunun soğutulmasıyla oluşturduğu bu düzenli yapı, jelatinin berrak ve saydam olan jel yapısıdır. Birçok protein ve polisakkarit jellerinin aksine jelatin jelleri ısı etkisiyle geri dönüşümlüdür. Bu özellik, jelatin jelinin ağızda kolayca erimesini sağlayarak, onu gıda katkıları arasında benzersiz bir konuma getirmektedir.

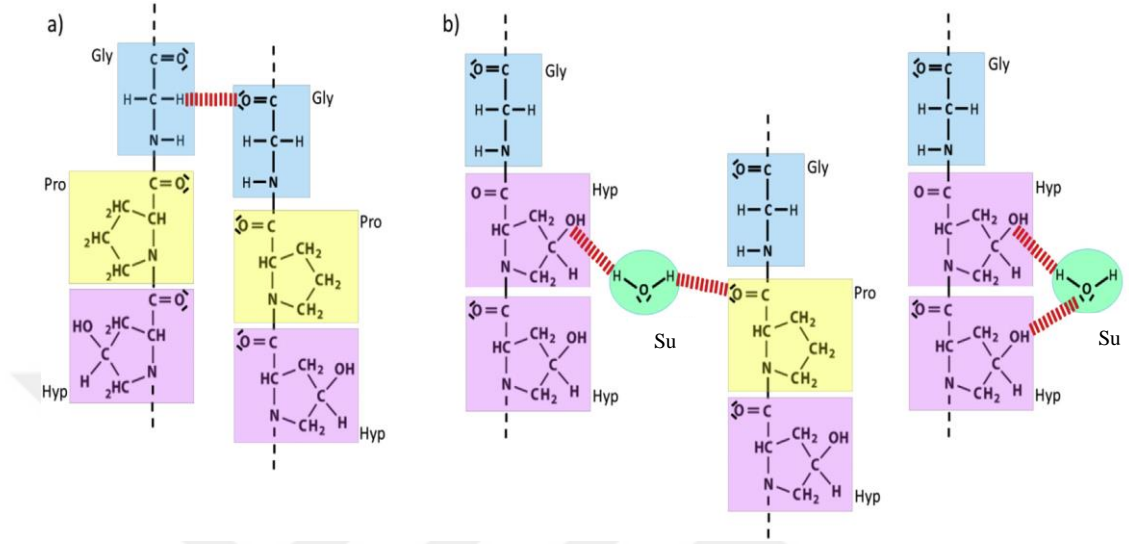




Şekil 2.2. Farklı sıcaklıklardaki jelatin jellerinin şematik gösterimi: a) amorf bukleler b) üçlü heliksler ve bukleler c) üçlü heliks ve bukle yığınları (Coppola vd., 2012).

Temelde oluşan jelin çekirdeğini, heliks yapıdaki moleküller arası ve molekül içi etkileşimler oluşturmaktadır. Çekirdeklenme oranı ise sıcaklığa ve polimer konsantrasyonuna bağlı olmaktadır. Jelin ağ yapısı, polimer zincirler birden fazla bağlantı bölgesi oluşturduğunda ve oluşan üçlü helikslerin de birbirlerine bağlanmasıyla meydana gelmektedir. Daha sonra üçlü heliksler, tropokollajen yapıya benzer şekilde fibriler bir yapının içinde sarmalanmakta, fakat tropokollojen kadar kararlı olmamaktadır. Çünkü bu fibriler jel yapısı, dinamik ve sürekli kopup sonra tekrar birbirine bağlanan zayıf polimer-polimer arası interaksiyonlardan oluşturmaktadır (Tosh vd., 2003). Bu etkileşimler ise genelde van der Waals güçleri ve hidrojen bağlarıdır (Şekil 2.3) (Karim ve Bhat, 2009). Geçen süre ile jel daha stabil bir hal almaktadır (Karayannakidis ve Zotos, 2014). Jelatinde prolin+hidroksiprolince zengin bölgeler, jelleşme sırasında potansiyel bağlantı bölgelerinin merkezini oluşturmaktadır. Bu bağlantı bölgeleri, zincir moleküller arası hidrojen bağları ile stabilize olmakta ve 35-40°C'de sıcaklığa duyarlı hale

gelmektedir. Bu nedenle jelatin jelleri bu sıcaklıklarda erimeye başlamaktadır (Ledward, 2000).



Şekil 2.3. Jelatin zincirleri arasındaki (a) ve jelatin-su molekülleri arasındaki (b) hidrojen bağları (kesikli çizgiler) (Duconseille vd.,2015).

Jelatin üretimi temizleme, ön işlem, ekstraksiyon, filtrasyon, konsantrasyon/evaporasyon, sterilizasyon ve kurutma aşamalarından oluşmakla beraber jelatinin kalite ve verimini belirleyen en önemli basamakların ön işlem ve ekstraksiyon olduğu belirtilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007).

Ön işlemden uygulanacak yöntem (asidik veya bazik muamele); son üründe istenen jelatin kalitesine, materyale, materyaldeki çapraz bağ miktarına ve hayvanın yaşına göre belirlenmektedir. Bu aşamada hayvanın yaşı, elde edilecek jelatin kalitesini ve verimini etkileyen belirleyici bir faktördür. Seyreltik asit ile kısa süreli ılımlı muamele, düşük oranda çapraz bağ içeren genç hayvanların kollajenine uygulanmakta ve sonuçta A tipi jelatin elde edilmektedir. Buna karşın derişik bazik çözelti içerisinde daha kuvvetli bir uygulama, yüksek çapraz bağları olan yaşlı hayvansal kaynaklara uygulanmakta ve sonuçta B tipi jelatin elde edilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007; Eysturskarð, 2010a). Uygulanan asidik/alkali ön işlem; materyalin kollajen dışı proteinlerinin ortamdan uzaklaştırılmasını, kollajen

matriksinin yeterli düzeyde şişmesini ve kollajendeki molekül içi ve molekküller arası olan kovalent olmayan bağların kopmasını sağlamaktadır (Karim ve Bhat, 2009).

Ekstraksiyon prosesi endüstriyel olarak ilk ekstraksiyon sıcaklığı 40°C'nin üzerinde başlamakta ve 10'ar °C derece artırılarak kademe kademe sıcaklık 100°C'ye kadar yükseltilmektedir. Her kademe ortalama 4-7 saat sürmektedir. Uygulanan ilk sıcaklık, kollajenin denatürasyon sıcaklığının üzerindedir. Ekstraksiyonun her aşamasından sonra daha zayıf jelleşen ve daha koyu renkli jelatin elde edilmektedir. Bu süreç; hidrojen bağları ile bir miktar kovalent bağların kopması sonucu kollajenin çözünür olmayan karakteristik üçlü heliks yapı stabilitesi bozularak heliksten bukle yapısına dönüşmesi suretiyle çözünür jelatine dönüşümü ile sonuçlanmaktadır. Elde edilen ilk fraksiyon, hidrojen bağlarının sıcaklık etkisi ile kopması sonucu jelatinin dışa erimesi şeklinde; daha sonraki fraksiyonlar ise daha yüksek sıcaklıkların ve ortam pH'sının bir sonucu olarak gerçekleşmektedir. Jelatinde meydana gelebilecek arzu edilmeyen hidrolizleri önlemek için "sıcaklık – pH - ekstraksiyon süresi" faktörleri arasında optimum bir denge kurulmaktadır (Schrieber ve Gareis, 2007; Eysturskarð, 2010a).

Jelatinin amino asit kompozisyonu, alkali ile ön işlem yapılmış ise kollajenden farklı olmaktadır. Alkali muamelede iyonize olmamış glutamin ve asparajin amino asit kalıntıları karboksil gruplarına dönüşerek amonyak açığa çıkmakta ve jelatin asidik bir karakter kazanmaktadır. Bu nedenle asit ön işlem görmüş jelatinin izoelektrik noktası 7.0-9.4 arasında iken alkali ön işlem görmüş jelatinin izoelektrik noktası 4.8-5.5 arasında olmaktadır (Ledward, 2000).

Bloom değeri, jelatin jel sertliğinin veya direncinin bir ifadesi olup endüstriyel olarak jelatinin sınıflandırılmasına yarayan en önemli kalite özelliği olarak gösterilmektedir. Jelatinin bloom değeri arttıkça pazar değeri de yükselmektedir (Sarbon, 2013). Bloom değeri olarak 150'den küçük olanlar düşük, 150-220 arasında olanlar orta ve 220'den yüksek olanlar ise yüksek bloom değerli jelatin olarak kıymet takdiri görmektedir. Sanayide genelde 250-260 bloom arasında olan jelatinler tercih edilmektedir (Badii ve Howell, 2006).

Jelatinin mekanik özelliklerinin, ortalama molekül ağırlığına ve molekül ağırlık dağılımına bağlı olduğu; bunu da büyük oranda uygulanan ön işlem ve ekstraksiyon proseslerinin belirlediği ifade edilmektedir. Termal enerjinin yanı sıra uygulanan asit veya alkali işlemler de farklı kollajen fragmentleri oluşmasına neden olmaktadır. Uygulanan kimyasal işlemler ılımlı koşullarda ise yüksek bloom değerinde jelatin, aksine yüksek sıcaklık ve uzun süren bir işlem ise, polipeptid zincirlerin hidrolizi nedeniyle, daha düşük bloom değerinde jelatin elde edilmektedir (Eysturskarð, 2010b). Jel kuvveti veya sertliğinin, bir  $\alpha$ -zincirinin molekül ağırlığı olan ~100 kDa civarındaki fraksiyonların oranına bağlı olduğu ve bunun solüsyondaki  $\alpha$ -zinciri miktarı ile doğru orantılı olduğu belirtilmektedir (Liu vd., 2008, Karayannakidis ve Zotos, 2014). Eysturskarð vd. (2009)'nın yaptıkları bir çalışmada asit ile ön işlem görmüş domuz derisi jelatini, kireçle ön işlem görmüş kemik jelatini ve farklı türlerde soğuk su balığı derilerinden elde edilmiş jelatinler karşılaştırılmıştır. Tüm jelatin örneklerinde molekül ağırlık ortalamasının artmasıyla bloom değerinin de yükseldiği görülmüştür. Bu çalışmada düşük ağırlıktaki moleküllerin uzaklaştırılması ile jelatinin mekaniksel özelliklerinin artırılacağı öne sürülmüştür. Düşük molekül ağırlığındaki jelatin fraksiyonlarının, heliks yapıya dâhil olarak yüksek molekülleri bloke ettiği dolayısıyla fonksiyonel ağ yapısının oluşumunu bozduğu öne sürülmüştür (Eysturskarð vd., 2009). Eysturskarð vd. (2010b)'nın yaptıkları çalışmada domuz derisi jelatini (Tip A), sığır kemik jelatini (tip B) ve soğuk su balığı jelatinlerinin içerdikleri  $\alpha$ -zincir,  $\beta$ -zincir, yüksek molekül ağırlığı ve düşük molekül ağırlığındaki fraksiyonlar belirlenmiştir. Araştırma neticesinde memeli hayvanlardan elde edilen jelatinlerin bloom değerleri ile içerdikleri  $\alpha$ -zincirler,  $\beta$ -zincirler ve yüksek ağırlıktaki moleküller arasında pozitif bir korelasyon olduğu; buna karşın 100 kDa altındaki düşük molekül ağırlığındaki fraksiyonlar ile negatif bir korelasyon bulunduğu tespit edilmiştir. Nagarajan vd. (2012)'nin yaptıkları bir çalışmada farklı ekstraksiyon sıcaklıklarında (50°C, 60°C, 70°C ve 80°C) elde edilen murekkep balığı derisi jelatinleri karşılaştırılmıştır. Burada jelatinlerin bloom değerleri sırasıyla 132, 122, 116 ve 85 olarak tespit edilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla bloom değerinde belirgin bir düşüş gözlenmiş, bunun da molekül ağırlık dağılımından kaynaklandığı vurgulanmıştır.

Jelatinin bloom değeri; amino asit dağılımı ve içerdikleri prolin + hidroksiprolin aminoasit miktarlarına bağlı olarak elde edildiği kollajenin kaynağına

göre de değişmektedir. Buna örnek olarak balık jelatinleri gösterilmekte, balık derisinin hidroksiprolin oranının düşük olması nedeniyle bloom değerinin de düşük olduğu belirtilmektedir. Kollajenin yapısındaki üçlü heliksin stabilitesinden prolin ve hidroksiprolinin sorumlu olduğu; bunu da hidroksiprolinin hidroksil grupları ve serbest su molekülleri arasındaki hidrojen bağları vasıtasıyla oluştuğu bildirilmektedir (Badii ve Howell, 2006; Fernandez-Diaz vd., 2003). Balık jelatinlerinin hidroksiprolin oranının (yaklaşık %7-10), memeli jelatinine (yaklaşık %14) kıyasla daha düşük olduğu bildirilmektedir (Nalananon vd., 2008). Balık jelatinleri içerisinde yüksek bloom değerinin; genelde sıcak su balıklarında olduğu bildirilmektedir (Kasankala vd., 2007). Soğuk su balıklarından elde edilen jelatinlerin düşük bloom değerinde olduğu, oda sıcaklığında jel oluşturmadıkları, düşük sıcaklıklarda yumuşak ve stabil olmayan jeller oluşturdukları, 10°C’de dahi sıvı fazda kalabildikleri, bu nedenle gıda sektöründeki kullanımlarının çok kısıtlı olduğu belirtilmektedir (Giménez vd., 2005). Du vd. (2013)’nin hindi ve tavuk kafalarından jelatin ekstrakte ettikleri bir çalışmada hindi kafalarından elde edilen jelatinlerin bloom değerinin, tavuğa kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sarbon vd. (2013)’nin yaptıkları araştırmada tavuk derisinden elde edilen jelatin ile sığır derisinden elde edilen jelatinler karşılaştırılmış, bu çalışmada bloom değeri bakımından tavuk jelatininin (355) sığır jelatininden (229) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Viskozite, jelatinin en önemli ikinci kalite özelliği olarak gösterilmektedir. Gıda sektöründe stabilizatör olarak kullanılan jelatinin genellikle yüksek viskoziteye sahip olması istenmektedir. Fakat şekerleme gibi gıda ürünlerinde ise düşük viskoziteli jelatinler tercih edilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Jelatin solüsyonunun viskozitesi, jelatin molekülleri arasındaki hidrodinamik interaksiyonlara bağlı olmaktadır. Piyasada bulunan jelatinlerin viskoziteleri 2-7cP arasında değişmekte olup bazı özel üretim jelatinlerin 13cP olabildiği bildirilmektedir. Düşük viskoziteye sahip jelatin jellerinin zayıf ve yumuşak olduğu, yüksek vizkoziteli jelatinlerin ise sert ve daha esnek olduğu bildirilmektedir (Karayannakidis ve Zotos, 2014).

Jelatin üretimi sırasındaki kimyasal ön işlemlerde kullanılan asit veya alkali konsantrasyonunun viskoziteyi etkilediği belirtilmektedir. Bu aşamada uygulanan

asit ön işlem görmüş jelatinin, aynı molekül ağırlığındaki alkali ön işlem görmüş jelatinden daha düşük bir viskoziteye sahip olduğu da bildirilmektedir. Bu farklılık; asit uygulaması ile elde edilmiş jelatinlerin, alkali jelatine kıyasla daha az dallı yapı göstermesine bağlanmaktadır (Ledward, 2000).

Jelatinin viskozitesini etkileyen bir diğer faktörün moleküler ağırlık kompozisyonu olduğu bildirilmektedir (Jamilah ve Harvinder, 2002). Jelatinde bulunan  $\beta$  ve  $\gamma$  zincirlerinin jelatin viskozitesini ve erime - jelleşme sıcaklıklarını önemli ölçüde belirlediği, moleküler ağırlık ortalamasının yükselmesiyle viskozitenin de arttığı bildirilmektedir (Karim ve Bhat, 2009). Dolayısıyla ekstraksiyon prosesinin sıcaklık derecesi ve süresi, jelatinin molekül ağırlık dağılımını ve dolayısıyla viskozite gibi tüm fiziksel özelliklerini de etkilemektedir (Uriarte-Montoya vd., 2011).

Jelleşme noktası, jelatin solüsyonunun jel haline geldiği sıcaklık olarak; erime noktası ise bunun tam tersi; jelatin jelinin solüsyon haline geldiği sıcaklık olarak belirtilmektedir. Erime ve jelleşme sıcaklıkları, özellikle ilaç kapsülü üretiminde olmak üzere birçok uygulamada önemli bir kalite kriteri olarak bildirilmekte, bu nedenle jelatin üretim optimizasyonlarında dikkate alınmaktadır. Jelatin bloom değeri ve konsantrasyonunun artışıyla erime ve jelleşme sıcaklıklarının da arttığı bildirilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Isısal geri dönüşüm özelliği sayesinde jelatin jelleri, spesifik bir sıcaklık olan erime sıcaklık noktasından itibaren erimeye başlamaktadır. Bu sıcaklık genelde insan vücut sıcaklığının altındadır. Bu özellik jelatin jellerine ağız içinde erime avantajı getirmekte ve bu avantaj gıda ve kozmetik endüstrisi tarafından etkin şekilde kullanılmaktadır.

Jelatin erime ve jelleşme dereceleri üzerinde, kimyasal ön işlem ve termal ekstraksiyon proseslerinin bir sonucu olan molekül ağırlık dağılımının önemli bir etkisi olduğu bildirilmektedir (Eysturskarð, 2010b).

Erime ve jelleşme derecesi üzerinde etkili bir diğer faktörün, amino asit dağılımı ve prolin+hidroksiprolin miktarına bağlı olarak kollajenin kaynağı olduğu bildirilmiştir. Balık jelatini erime sıcaklığı, balığın çeşidine göre 11-28°C arasında, jelleşme sıcaklığı ise 8-25°C arasında değişmektedir. Genelde sıcak su balığından elde edilmiş jelatinlerin jelleşme özelliklerinin, soğuk su balığı jelatinine kıyasla

daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da amino asit miktarının ve hidroksilasyon derecesinin yüksek oluşuna bağlanmaktadır (Avena-Bustillos vd., 2006). Yapılan çeşitli çalışmalarda total 1.000 amino asit içerisinde sığır jelatininde yaklaşık 94 hidroksiprolin ve 138 prolin, morina balığı derisi jelatininde 53 hidroksiprolin ve 102 prolin, tatlı su balığı jelatininde 70 hidroksiprolin ve 119 prolin amino asit kalıntısı olduğu bildirilmiştir (Karayannakidis ve Zotos, 2014). Haug vd. (2004)'nın yaptıkları araştırmada balık jelatini ile memeli jelatini erime ve jelleşme özellikleri bakımından kıyaslanmıştır. Sonuçta balık jelatininin, memeli jelatinine (jelleşme sıcaklığı 20°C) kıyasla daha düşük elastik modülü (G') değeri, daha düşük jelleşme sıcaklığı (4-5°C) ve daha düşük erime sıcaklığına (12-13°C) sahip olduğu görülmüştür. Bu durumun balık jelatinin içerdiği düşük miktardaki prolin ve hidroksiprolin miktarından ileri geldiği; düzenli ve stabil bir jel yapının oluşması için iminoasit miktarının önemli olduğu vurgulanmıştır.

Jelatinin rengi ve saydamlığı, doğrudan tüketiciyi etkileyebilecek bir unsur olduğu için ticari ve teknik olarak önemli bir kalite özelliği olarak gösterilmektedir (Du vd., 2013). Jelatin üretiminde, ısısız ekstraksiyon işlemi sırasında materyali oluşturan proteinler ve az miktarda ortamda bulunan karbonhidratlar arasında Maillard reaksiyonları gerçekleşmektedir. Dolayısıyla; ilk ekstrakte edilen partilerdeki jelatinin rengi berrak, buna karşın son ekstrakte edilen partilerdeki jelatinin ise koyu renkli ve koku oranı yüksek olduğu bildirilmektedir (Eysturskarð, 2010a). Diğer taraftan, renk parametrelerinin jelatinin dış görünüş kalitesini düşürdüğü, ancak fonksiyonel özellikleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı da belirtilmektedir (Du vd., 2013). Hidrojen peroksit gibi oksidasyon etmenleri jelatin rengini açabilmektedir (Eysturskarð, 2010a).

Jelatin rengini belirleyen en önemli faktörlerden birisinin ekstraksiyon sıcaklığı olduğu bildirilmiştir. Du vd. (2013), hindi ve tavuk kafalarından farklı ekstraksiyon sıcaklıkları kullanarak elde ettikleri jelatin renklerinde önemli farklılıklar tespit etmişlerdir. Aynı materyalde 60°C'de 6 saat ekstraksiyon süresinde elde edilen jelatinin; 50°C'de 18 saat ekstraksiyon süresinde elde edilene kıyasla daha yüksek L\* değerine sahip olduğu görülmüştür. Burada ekstraksiyon süresinin artmasıyla L\* değerinin düştüğü görülmüştür. Uzatılmış ekstraksiyon periyodunun

jelatindeki degradasyonu artırdığı ve Maillard reaksiyonunu destekleyerek L\* değerini düşürdüğü belirtilmiştir.

Jelatinin rengi kullanılan hayvansal materyale göre de değişmektedir. Balık jelatininin gıda sanayinde kullanımına ilişkin en büyük sorunun koyu renk olduğu belirtilmektedir (Wasswa vd., 2007). Balık jelatini rengi, materyale ve kaç ekstraksiyon sonucu elde edildiğine bağlı olarak değişmektedir. Du vd. (2013)'nin hindi ve tavuk kafalarından jelatin elde ettikleri çalışmada, tavuk jelatini L\* ve b\* değerlerinin, hindi jelatinine kıyasla daha yüksek olduğu; a\* değerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Jelatin rengi üzerinde etkili bir diğer faktörün ise ön işlem sırasında kullanılan kimyasallar ve pH olduğu, pH'nın artışıyla jelatin renginin koyulaştığı bildirilmektedir. Khiari vd. (2011)'nin uskumru balığından elde edilen jelatin renklerinin ön işlem aşamasında kullanılan farklı organik asitlerden etkilendiği tespit edilmiştir. Aynı konsantrasyonlardaki farklı organik asitler ile hidroliz edildikten sonra ekstrakte edilen jelatinlerin L\* ve a\* değerleri birbirine yakın bulunurken asetik asit kullanılan jelatinlerin b\* değerlerinin yüksek olduğu ve sarı rengin arttığı tespit edilmiştir. Bunun asetik asit solüsyonunun pH'sının diğerlerine kıyasla daha yüksek olmasından kaynaklandığı ve dolayısıyla pH'nın artmasıyla jelatin renginin koyulaştığı sonucuna varılmıştır.

Elde edilen jelatin, farklı moleküler ağırlığına sahip polipeptit zincirlerden oluşmaktadır. Molekül ağırlık dağılımı, kaynaktaki moleküller arası ve içi kovalent bağlara, jelatinde hidroliz olmadan kalmış polipeptitlerdeki çapraz bağlara ve polipeptit zincirlerin uzunluğuna göre değişmektedir.  $\alpha$ - zincirler arasındaki kovalent bağlar, jelatin üretimi sırasında bozulmadan kalabilmekte, böylece iki  $\alpha$ -zincirinden oluşan  $\beta$ -zincirinin, üç  $\alpha$ -zincirinden oluşan  $\gamma$ -zincirinin ve üçten fazla  $\alpha$ -zincirinin kovalent bağlarla oluşturduğu yüksek ağırlıktaki moleküller jelatinde bulunabilmektedir. Ayrıca kimyasal ön işlem ve ekstraksiyon sırasında primer yapıdaki peptid bağları az da olsa kopabilmekte ve  $\alpha$ -zincirinin alt üniteleri de ortamda bulunabilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007; Eysturskarð, 2010a). Jelatinde bulunan " $\gamma$ " zincirleri 230 - 340 kDa aralığında, " $\beta$ " zincirleri 123-230 kDa arasında ve " $\alpha$ " zinciri ise 80 - 125 kDa arasında olmaktadır. Bu fraksiyonlar dışında daha düşük molekül ağırlığına sahip  $\alpha$ -zincirinin alt üniteleri de ortamda



bulunabilmektedir. Bunlar ünite-1 (49.99 - 80 kDa), ünite-2 (35 - 49 kDa), ünite-3 (25 - 35 kDa) ve ünite-4 (10 - 25 kDa) aralıklarında ortamda bulunabilmektedir. Bu fraksiyonlar şekil ve büyüklük açısından heterojen bir şekilde bulunmaktadır. 150 bloom sertliğindeki alkali ön işlem görmüş bir kemik jelatininin, %16.5  $\gamma$  zinciri, %12.2  $\beta$  zinciri, %32.4  $\alpha$  zinciri ve yaklaşık %38.5 oranında  $\alpha$  alt birimlerini yapısında bulundurduğu bildirilmiştir (Ledward, 2000).

Yapılan çalışmalar, molekül ağırlık dağılımının jelatinin bloom değerini, viskozitesini ve erime/jelleşme sıcaklık değerlerini etkilediğini göstermektedir. Yüksek molekül ağırlığındaki fraksiyonlar, yüksek viskozite ve jel kuvvetinin belirleyicisi olarak gösterilmektedir. Bu iki özellik; toplam  $\alpha$ ,  $\beta$  ve daha yüksek molekül ağırlığındaki fraksiyonların oranı ile iyi bir korelasyon göstermektedir (Ledward, 2000).

Jelatin jellerinin morfolojik yapılarını incelemek amacıyla yapılan Taramalı Elektron Mikroskopu-SEM görüntü analizlerinde; protein fraksiyonlarının birbirlerine sıkı ve çapraz şekilde bağlı olması, aralardaki boşlukların küçük ve düzenli oluşu ve bunun sonucunda süngersi bir yapının oluşması yüksek jel sertliğinin ifadesi olarak değerlendirilmektedir (Benjakul vd., 2009; Ahmad vd., 2011). Nitekim Du vd. (2013) yaptıkları çalışmada hindi ve tavuk jelatini Taramalı Elektron Mikroskopu-SEM görüntüleri karşılaştırıldığında hindi jelatininin daha fazla sayıda birbirlerine çapraz bağlanmış protein fraksiyonlarından oluştuğu, küçük boşluklar içerdiği ve ağ örgüsü görünümünde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, hindi jelatini jel sertliğinin daha yüksek oluşu ile örtüşmüştür. Kittiphattanabawon vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, piyasadan temin edilmiş sığır jelatini ile iki farklı balık derisinden elde edilmiş olan jelatinlerin SEM görüntüleri karşılaştırılmıştır. Sonuçta jel sertliği daha yüksek olan sığır jelatini protein fraksiyonlarının daha ince, düzenli ve sıkı olduğu görülmüştür.

## **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1 Materyal**

Bu çalışmada materyal olarak tavuk kesimhanelerinde mekanik kıyma üretimi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkan, büyük oranda kemik, kıkırdak, bağ doku ve deriden oluşan ve genelde renderinge gönderilen MDM (Mechanically Deboned Meat; Mekanik Kıyma) posası kullanılmıştır. Materyal, Beypi A.Ş. Bolu kesimhanesinden temin edilmiştir. Materyal, boyun, göğüs ve sırt posası olmak üzere üç farklı şekilde alınmış ve kullanılıncaya kadar -18 °C’de muhafaza edilmiştir.

### **3.2 Yöntem**

Bu çalışmada tavuk mekanik kıyma posasından asidik ve alkali olmak üzere iki farklı ön işlem sonucunda farklı kalite özelliklerinde ve verimlerde jelatinler elde edilmiştir.

Dolayısıyla bu çalışma, örnek hazırlığı ve deney tasarımı bakımından birbirinden farklı olan asidik ve alkali ekstraksiyon olmak üzere iki ayrı çalışma olarak gerçekleştirilmiştir. Asidik ekstraksiyon sonucunda A tipi tavuk jelatini ve alkali ekstraksiyon sonucunda ise B tipi tavuk jelatini elde edilmiş olup, bunlar üzerinde aynı fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.1 Asidik Ekstraksiyon**

Asidik ekstraksiyonda uygulanan işlem basamakları, faktör seviyeleri ve muamele kombinasyonları sırasıyla Ek A.1, Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verildiği gibidir.

Çizelge 3. 1 Asidik ekstraksiyon faktör seviyeleri

HCl konsantrasyonu (%)	Ekstraksiyon sıcaklığı (°C)	Ekstraksiyon süresi (dakika)
2.5	57	30
3.0	60	50
5.5	75	150
8.0	90	250
8.5	93	270

Çizelge 3. 2. Asidik ekstraksiyon muamele kombinasyonları

Deneme no	HCl (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)
1	3	60	50
2	3	60	250
3	3	90	50
4	3	90	250
5	8	60	50
6	8	60	250
7	8	90	50
8	8	90	250
9	2.5	75	150
10	8.5	75	150
11	5.5	57	150
12	5.5	93	150
13	5.5	75	30
14	5.5	75	270
15	5.5	75	150
16	5.5	75	150

### 3.2.1.1 Örnek Hazırlığı

Donmuş haldeki posalar satır yardımıyla ön parçalamaya tabi tutulmuş, daha sonra parçalayıcıda (Breville Kinetix® BBL-800, Sydney, Avustralya) ikinci kez parçalanmıştır. Parçalanmış örnekler, her örnekte eşit miktarda sırt, boyun ve göğüs posası olacak şekilde 750-1000 g arasında 5 L'lik cam beherlerde tartıldıktan sonra üzerlerine 1:2 oranında saf su konulmuş, bu şekilde 35°C'ye ayarlanmış su banyosunda (Memmert WNB-45, Memmert, Almanya) 1 saat bekletilmiştir. Bu işlemde posaların yağ ve kan gibi safsızlıklarından arındırılması amaçlanmıştır. Daha

sonra posalar akar su altında yıkandıktan sonra iki kat tülbentten süzölmüştür (Alfaro vd., 2009).

### **3.2.1.2 Kollajen Dışındaki Protein ve Diğer Unsurların Uzaklaştırılması**

Bu aşamada; yıkanıp süzölmüş posalar, 1:4 oranında % 1'lik NaCl çözeltisi içerisinde pH değeri 10.5-10.7 aralığında olacak şekilde 30 dakika bekletilmiştir. pH ayarı için 1 N NaOH çözeltisi kullanılmıştır. Bu süreçte kollajen dışındaki proteinler ve yağ gibi diğer safsızlıkların arındırılması amaçlanmıştır. Bu işlemden sonra posalar akar su altında yıkanıp iki kat tülbentten süzölmüştür (Rafieian vd., 2011).

### **3.2.1.3 Asidik Hidroliz**

Bu aşamada yıkanıp süzölmüş posalar, kısmi hidroliz için Çizelge 3.2'de belirtilen konsantrasyonlardaki HCl çözeltileri içerisinde, 1:2 posa/saf su oranında, oda sıcaklığında 48 saat bekletilmiştir. Bekletme sonrasında materyal akar su altında yıkanmış, daha sonra pH değerinin 1 N NaOH ile 4.0'e gelmesi sağlanmıştır. Son olarak saf su ile en az iki kez yıkanmış ve iki kat tülbentten süzölmüştür (Rafieian vd., 2011).

### **3.2.1.4 Ekstraksiyon**

Bu aşamada yıkanıp süzölmüş posalar Çizelge 3.2'de belirtilen sıcaklık ve sürelerde ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Burada amaç, sıcaklığın etkisi ile kısmen hidroliz olmuş kollajenin jelatine dönüşerek çözünür halde suya geçmesini sağlamaktır. Bir önceki aşamada kısmi hidroliz olmuş ve yıkanmış olan posalar 5 L'lik cam beherlerde 1:2 oranında saf su içerisinde belirtilen sıcaklık ve sürede su banyosunda (Memmert WNB-45, Memmert, Almanya) bekletilmiştir. Ekstraksiyon süreleri, posa + saf su karışımının iç sıcaklığına bakılarak başlatılmıştır. Ekstraksiyon sonrası çözelti, iki kat peynir süzme bezinden süzölerek alta geçen jelatin solüsyonu alınmış, üstte kalan posa ise atılmıştır (Rafieian vd., 2011).

### **3.2.1.5 Santrifüj**

Elde edilen jelatin solüsyonları, 10.000xg' de, 25°C'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Bu amaçla Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BETUM) bulunan soğutmalı santrifüj (Yüksek hızlı soğutmalı santrifüj, Hitachi CR22N, Japonya) kullanılmıştır. Bu işlem ile solüsyonda az miktarda bulunan yağ ve süzmeden kaynaklanan posaya ait tortular ayrılarak saflaştırma sağlanmıştır (Rammaya vd., 2012).

### **3.2.1.6 Demineralizasyon**

Bu aşamada, santrifüj edilmiş olan jelatin solüsyonları içerisine reçine eklenerek demineralizasyon işlemi yapılmıştır. Bu amaçla Purolite® C100E kodlu reçine (Purolite, A.B.D) kullanılmıştır. Bu işlem, 50 mL jelatin solüsyonu için 2.5 g reçine olacak şekilde 5 L'lik beher içerisinde 20 dakika manyetik karıştırma yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonrasında içerisinde reçine bulunan jelatin solüsyonu, Buhner hunisinden Whatman no:4 filtre kağıdı kullanılarak süzülmüştür. Son olarak demineralize edilmiş olan jelatin solüsyonları, kalibrasyonu yapılmış dijital pH-metre (Schott Instruments, Lab 860, Almanya) kullanılarak 25°C'de pH ölçümleri yapılmıştır (Rafieian vd., 2011).

### **3.2.1.7 Kurutma ve Jelatinin Elde Edilmesi**

Demineralizasyon ve süzme işlemi sonrasında elde edilen jelatin solüsyonu, cam kaplara (27x27x4 cm) konularak 42°C'de, 15 m/s fan hızında, döner hazneli kurutucuda (Eksis Endüstriyel Kurutma Sistemleri, Isparta, Türkiye) yaklaşık 48 saat süresince kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonunda cam kaplarda bulunan kuru jelatin, spatül yardımıyla kazınmış ve kilitli plastik numune poşetlerine alınarak +4 °C'de muhafaza edilmiştir (Rafieian vd., 2011). Bu aşamaya kadar olan asidik ekstraksiyon işlem basamakları, Ek A.1'de verilmiştir.

### 3.2.2 Alkali Ekstraksiyon

Alkali ekstraksiyonda uygulanan işlem basamakları, faktör seviyeleri ve muamele kombinasyonları sırasıyla EK A.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te verildiği gibidir.

Çizelge 3.3. Alkali ekstraksiyon faktör seviyeleri

NaOH konsantrasyonu (%)	Ekstraksiyon sıcaklığı (°C)	Ekstraksiyon süresi (dk.)
1.8	58	30
2	60	50
3	70	150
4	80	250
4.2	82	270

Çizelge 3.4. Alkali ekstraksiyon muamele kombinasyonları

Deneme no	NaOH (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)
1	2	60	50
2	2	60	250
3	2	80	50
4	2	80	250
5	4	60	50
6	4	60	250
7	4	80	50
8	4	80	250
9	1.8	70	150
10	4.2	70	150
11	3	58	150
12	3	82	150
13	3	70	30
14	3	70	270
15	3	70	150
16	3	70	150

### **3.2.2.1 Örnek Hazırlığı**

Örnek hazırlama işlemleri, asidik ekstraksiyonda olduğu gibi yapılmıştır.

### **3.2.2.2 Demineralizasyon**

Alkali ekstraksiyonda demineralizasyon işlemi, asidik ekstraksiyondan farklı olarak materyali HCl çözeltisi içerisinde bekletmek suretiyle ve alkali hidroliz basamağından önce gerçekleştirilmiştir. Ön hazırlık işleminde yıkanıp süzülen posalar, 1:2 posa/çözelti oranında %3'lük HCl çözeltisinde 24 saat 10°C'de bekletilmiştir. Demineralizasyon işlemi müteakiben posalar akar suda en az 3 kez yıkandıktan sonra son olarak saf su ile en az iki kez yıkanmış ve iki kat tülbentten süzülmüştür (Alfaro vd., 2009).

### **3.2.2.3 Alkali Hidroliz**

Bu aşamada yıkanıp süzölmüş posalar, kısmi hidroliz için çizelge 3.4' te belirtilen konsantrasyonlardaki NaOH çözeltisileri içerisinde, 1:4 posa/saf su oranında, oda sıcaklığında 48 saat bekletilmiştir. Bekletme sonrasında materyal akar su altında yıkanmış, daha sonra pH değerinin fosforik asit çözeltisi ile 4.0'e gelmesi sağlanmıştır. Son olarak saf su ile en az iki kez yıkanmış ve iki kat tülbentten süzölmüştür (Alfaro vd., 2009).

### **3.2.2.4 Ekstraksiyon**

Bu aşamada yıkanıp süzölmüş posalar çizelge 3.4' te belirtilen sıcaklık ve süre kombinasyonları uygulanarak ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Bir önceki aşamada kısmi hidroliz olmuş ve yıkanmış olan posalar 1:3 oranında saf su içerisinde belirtilen sıcaklıkta ve sürede bekletilmiştir. Ekstraksiyon süreleri, posa saf su karışımının iç sıcaklığına bakılarak başlatılmıştır. Ekstraksiyon sonrası çözelti, iki kat peynir süzme bezinden süzölerek alta geçen jelatin solüsyonu alınmış, üstte kalan posa ise atılmıştır. Elde edilmiş olan jelatin solüsyonları kalibrasyonu yapılmış dijital

pH-metre (Schott Instruments, Lab 860, Almanya) kullanılarak 25°C’de pH ölçümleri yapılmıştır (Alfaro vd., 2009).

### 3.2.2.5 Santrifüj

Bu aşamada asidik ekstraksiyondaki işlemler uygulanmıştır. Farklı olarak jelatin solüsyonları, 5000xg’de, 30°C’de 30 dakika santrifüj edilmiştir (Rammaya vd., 2012).

### 3.2.2.6 Kurutma ve Jelatinin Elde Edilmesi

Kurutma işlemleri, asidik ekstraksiyonda olduğu gibi yapılmıştır.

## 3.3 Fiziksel ve Kimyasal Analizler

### 3.3.1 Nem Tayini

Materyal ve jelatin örnekleri tartıldıktan sonra, sabit ağırlığa gelinceye kadar 105 ±1 °C’de etüvde (VWR venti-line VL115, Belçika) kurutulmuştur. Kurutulmuş örnekler desikatörde soğutulduktan sonra, tartılarak % nem oranı hesaplanmıştır (Gökalp vd., 2010).

$$Nem\ oranı\ (\%) = \frac{(M_o - M_I) \times 100}{M_o} \quad (3.1)$$

$M_o$  : Kurutmadan önceki örnek ağırlığı (g)

$M_I$  : Kurutma işleminden sonraki örnek ağırlığı (g)



### 3.3.2 Yaş Jelatin Verimi

Yaş jelatin verimi, birim yaş materyalden elde edilen jelatinin oranı olarak belirlenmiştir (Khiari vd., 2011).

$$\% \text{ Jelatin verimi (YAŞ)} = (\text{jelatin ağırlığı/materyal ağırlığı}) \times 100 \quad (3.2)$$

### 3.3.3 Kuru Madde Üzerinden Jelatin Verimi

Kuru madde üzerinden jelatin verimi, birim materyalden elde edilen jelatinin kuru maddedeki oranı olarak belirlenmiştir. Jelatin ve materyalin kuru madde oranları etüvde (VWR venti-line VL115, Belçika) 105°C’de bekletilerek tespit edilmiştir (Rafieian vd., 2011).

$$\% \text{ Jelatin verimi (KM)} = (\text{jelatin kuru madde ağırlığı/materyal kuru madde ağırlığı}) \times 100 \quad (3.3)$$

### 3.3.4 Protein Tayini

Protein analizi Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Gökalp vd., 2010). Yakma işlemi 475°C’de yakma cihazında (Velp DK-20), distilasyon işlemi ise distilasyon ünitesinde (Velp UDK-139 Scientifica, İtalya) gerçekleştirilmiştir. MDM posası için 6.25; jelatin için ise 5.4 çevirme faktörü kullanılmıştır. Örnekteki % ham azot;

$$\text{Ham Azot (TN)} (\%) = (V_1 - V_0) \times 0.014 \times N \times F \times 100 / \text{Örnek ağırlığı (g)} \quad (3.4)$$

eşitliğinden bulunmuştur.

Burada

$V_1$ : Şahit için harcanan HCl (mL)  
 $N$ : HCl’in normalitesi

$V_0$ : Örnek için harcanan HCl (mL)  
 $F$ : HCl’in faktörü’nü ifade etmektedir

### 3.3.5 Yağ Tayini

3-5 g posa örneği 18 saat  $105\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de etüvde kurutulduktan sonra, Soxhlet ekstraksiyon cihazıyla hekzan kullanılarak, yağ ekstraksiyonu yapılmış ve materyalin % yağ içeriği hesaplanmıştır (Gökalp vd., 2010).

$$\text{Yağ oranı (\%)} = My \times 100 / Mo \quad (3.5)$$

*My* : Ekstrakte edilen yağ ağırlığı (g)

*Mo* : Kurutma işleminden önceki örnek ağırlığı (g)

### 3.3.6 Kül Tayini

Posa ve jelatin örnekleri kül fırınında (Şimşek Laborteknik, KF904, Ankara, Türkiye)  $550^{\circ}\text{C}$ 'de 18 saat tutularak yakma işlemi yapılmış ve daha sonra % kül oranları hesaplanmıştır (Gökalp vd., 2010).

### 3.3.7 Hidroksiprolin Analizi

Hidroksiprolin analizi, (AOAC, 2006) metoduna göre yapılmıştır. Jelatin örneklerinde 100 mg, posa örneklerinde ise 2 g örnek tartılarak 100 mL'lik erlenlere alınmıştır. Her erlene 30 ml 3.5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eklendikten sonra ağızları saat camı ile kapatılarak örnekler  $105^{\circ}\text{C}$ 'de 16 saat etüvde hidroliz edilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına geldikten sonra 500 mL'lik mezürlere aktarılmış ve saf su ile 500 mL seviyesine getirilmiştir. Daha sonra örnekler 100 mL'lik erlenlere filtre kâğıdından süzülmüş, alta geçen filtrattan 5 mL alınarak 100 mL'ye seyreltilmiştir. Seyreltilmiş olan filtrattan 2 mL alınarak test tüplerine aktarılmıştır. Ayrıca 2'şer mL saf su, şahit olarak iki ayrı test tüpüne alınmıştır. Test tüplerine 1'er mL oksidan çözültisi (kloramin-T) ekledikten sonra vortekste (ISOLAB, Almanya) karıştırılmış ve 20 dakika oda sıcaklığında beklenmiştir. Daha sonra test tüplerine 1'er mL renk ayraç çözültisi (4-dimetilaminobenzaldehit) eklenmiş ve vortekste karıştırılmıştır. Bu işlemin ardından test tüpleri kapakları kapalı halde  $60^{\circ}\text{C}$ 'deki su banyosunda (Memmert WNB-45, MEMMERT, Germany) 15 dakika bekletilmiştir. Bu süre

sonunda akarsu altında soğutulan örneklerin, spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800, Kyoto Japonya) şahide karşı 558 nm’de absorban değerleri okunmuştur.

### 3.3.8 Renk Analizi

Renk analizinde %6.67’lik jelatin solüsyonları, 50 mm çapındaki cam petrilere 2 mL dökülmüş, 16 saat 4°C’de bekletildikten sonra oluşan aynı kalınlıktaki jellerde ölçümler yapılmıştır. Örnek jellerin renk değerleri (L\*, a\*, b\*, C ve h), CIE (International Commission on Illumination) renk ölçüm sistemine göre Minolta CR-400 (Osaka, Japan) reflektans kolorimetresi kullanılarak doğrudan ölçülmüştür. Ölçümden önce cihaz beyaz plakaya karşı kalibre edilmiştir. L\*:aydınlık, a\*: + ise kırmızı, - ise yeşil, b\*: + ise sarı, - ise mavi koordinatlarını göstermektedir. C (chroma) renk yoğunluğunu, h (hue) ise renk tonunu ifade etmektedir. Her bir paralelde en az iki okuma yapıp ortalaması alınmıştır (Du vd., 2013).

### 3.3.9 Bloom Testi (Jelatin Jel Sertliği)

Bloom değeri, jelatinin en önemli kalite göstergelerinden birisidir. Jelatin jel haline getirildikten sonra tekstür analiz cihazında elde edilen jelin sertliğinin ölçüsü olarak belirtilmektedir. Bu çalışmada Bloom analizi, Gelatin Manufacturers of Europe (GME) standartlarına göre kısmen revize edilerek yapılmıştır. Kuru jelatin % 6.67’lik (w/v) jel çözeltisi eldesi için saf su içerisinde 1 saat bekletildikten sonra 65°C su banyosunda 30 dakika tutularak çözündürülmüştür. Bu aşamada her 10 dakikada spatül ile karıştırılmıştır. Daha sonra jelatin solüsyonu, her kaba 15 mL olacak şekilde çapı 30 mm, yüksekliği 60 mm olan düztabanlı silindirik plastik kaplara aktarılmıştır. Oda sıcaklığına geldiğinde kapların kapakları kapatılarak 4°C’de 16-18 saat tutulmuştur. Soğutucudan alınan jelatin jelinin sertliği; çok hızlı bir şekilde (maksimum 30 sn içinde) Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (YENİGİDAM)’nde bulunan tekstür analiz cihazında (TA-XT2 Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) ölçümü yapılmıştır. Ölçümde 5 kg Load Cell kullanılmıştır. Başlık olarak P/0.5 kodlu, 0.5 cm çapındaki, 12.7 mm uzunluğundaki silindirik teflon prob kullanılmıştır. Ölçümler, hazırlanmış

olan 3 paralel örnekte gerçekleştirilmiş ve değerlerin ortalamaları alınmıştır. Penetrasyon hızı 2 mm/s olacak şekilde 4 mm'lik daldırma için gerekli kuvvet (g) olarak ölçülmüştür (Sarbon vd., 2013).

### **3.3.10 Viskozite Ölçümleri**

Viskozite ölçümleri %6.67'lik jelatin solüsyonlarında rotating viskozimetre cihazı kullanılarak (Brookfield DV-II, LV, ABD) yapılmıştır. Ölçümler 40°C sıcaklıkta, 100 rpm dönüş hızında SC4-21 nolu mil kullanılarak yapılmıştır (Mohtar vd., 2010).

### **3.3.11 Erime ve Jelleşme Sıcaklık Ölçümleri**

Erime ve jelleşme sıcaklık ölçümleri, %6.67'lik jelatin jellerinde, reometre cihazıyla (Kinexus Pro, Malvern Instruments Limited, Worcestershire, İngiltere) tespit edilmiştir. Analizde 20 mm paralel plate prob kullanılmıştır. Analizlerde 10°C'den 45°C'ye çıkılmış ve daha sonra 45°C'den 10°C'ye inilmiştir. Isıtma ve soğutma işlemleri 2°C/dk hızla, 0.5 mm boşluk bırakılarak, 1 Hz ve 3 Pa koşullarında gerçekleştirilmiştir (Boran vd., 2010).

### **3.3.12 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Ölçümleri**

DSC cihazında (Shimadzu TA-60 WS, Japonya), % 6.67'lik jelatin jellerinin denatürasyon sıcaklıkları (°C) ve jelle verilen toplam enerji (j/g) değerleri ölçülmüştür. Ölçümler, 5 mg örnek içeren alüminyum kaplarda, 10-90°C sıcaklık aralığında, 5°C/dk ısıtma hızıyla gerçekleştirilmiştir (Norziah vd., 2009).

### **3.3.13 SDS-PAGE Analizi**

Bu analiz, SDS-PAGE yöntemi temel alınarak yapılmıştır (Greaser vd., 1983; Zorba, 1995). Jelatin örnekleri, her kuyucukta 100 µg protein olacak şekilde

ayarlanmıştır. Bu amaçla jelatin örneklerinden yaklaşık 100 - 150 mg kadar tartılmış, üzerine 10 ml saf su eklenmiş ve 60°C su banyosunda 10 dakika tutulmuştur. Daha sonra bu jelatin solüsyonundan 0,5 mL alınmış ve üzerine 0,5 mL örnek tampon çözeltisi eklenmiştir. Ayırma jelinde %12 akrilamid ve %0,06 bisakrilamid; yükleme jelinde ise %4 akrilamid ve %0,15 bisakrilamid içerecek şekilde hazırlanmıştır. Geniş aralıktaki (6,5 – 200 kDa) protein marker (Sigma, Vide Range protein marker, S8445) kullanılmıştır. Her örnekten 20 µL ve standarttan ise 15 µL jele yüklenip ilk 60 dakika 70 voltta ve daha sonra 110 voltta yürütülmüştür (C.B.S. Scientific, Dual Slab Gel Systems, SDS-125-02, Kanada). Elde edilen jeller Protein bantları, 2 saat boyama solüsyonunda (%9,2 glacial asetik asit, %50 metanol ve 450 ppm Coomassie Brilliant Blue R-250) 40°C’de bekletildikten sonra ve renksizleştirme (destaining) solüsyonunda (%10 metanol, %7,5 asetik asit) tutulmuştur. Gözlemlenebilir hale gelmiş olan protein bantları son olarak Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BETUM) bulunan jel görüntüleme cihazında (Bio-Rad, ChemiDoc MP Imaging System, ABD) görüntülenmiştir.

### **3.3.14 Jel Mikro Yapısının İncelenmesi**

Jel mikro yapısının incelenmesinde 2-3 mm kalınlığındaki %6.67’lik jelatin jelleri, %2.5’luk (v/v) gluteraldehit içeren 0.2 M fosfat tampon çözeltisi içerisinde (pH 7.2) 12 saat süreyle +4°C’de fikse edilmiştir. Daha sonra örnekler, durulamak amacıyla aynı tampon çözeltisi içerisinde +4°C’de 1 saat tutulmuştur. Durulama işlemi sonrası örnekler kurutma amaçlı bir seri (%50, 70, 80, 90 ve 100) (v/v) etanol çözeltisi içerisinde sırasıyla 15’er dakika bekletilmiştir. Kurutulmuş olan örnekler bronz örnek tutucuya sabitlendikten sonra altınla kaplanmıştır (Ion-Coater, KIC-1A COXEM). Altın kaplanmış olan örneklerin mikro yapısı, A.İ.B.Ü. Fizik Bölümün’de SEM (Scanning Electron Microscopy) cihazında (JEOL-JSM-6390 LV, Tokyo, Japonya) 20 kV hızlandırılmış voltajda gözlenmiştir (Kittiphattanabawon vd., 2010).

### 3.3.15 İstatistiksel Analizler

Yanıt yüzeyi yöntemine (RSM - Response Surface Methodology) göre, 2 merkez noktalı merkezi bileşik desen (Central Composite Design) modeli esas alınarak denemeler iki tekerrürlü olarak Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.4'te belirtilen deney desenlerine göre yürütülmüştür. Asidik ve bazik için ayrı ayrı olmak üzere iki farklı model oluşturularak, HCl/NaOH konsantrasyonu (%), ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresi olmak üzere üç faktörün etkisi araştırılmıştır. Her faktörün 5 seviyesinin dikkate alındığı bu modelde, asidik ve bazik için ayrı ayrı olmak üzere her birisi için iki merkez nokta ile birlikte 16 deneme noktası oluşturulmuştur. Modele ait eşitlik aşağıdaki gibi oluşmuştur:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^3 \sum_{\substack{j=1 \\ i < j}}^3 \beta_{ij} X_i X_j \quad (3.6)$$

Burada  $\beta_0$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ ,  $\beta_{ij}$  sabit ve modelin regresyon katsayısıdır.  $X_i$  ve  $X_j$  bağımsız değişkenlerin seviyeleridir. HCl/NaOH konsantrasyonu (%), ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresi olmak üzere üç değişkenli, ikinci derece bir modelin bu denemeye uyumu yapıp sonuçta lineer, kuadratik ve ikili kombinasyonların interaksiyon etkileri ve önemlilik dereceleri paket program (SAS 6.12) kullanılarak belirlenmiştir. X dizayn matrisi ve Y yanıt vektörüne göre, En Küçük Kareler Eşitliği  $b = (X'X)^{-1}X'Y$  şeklinde oluşmuştur.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Asidik Ekstraksiyon Sonuçları

#### 4.1.1 Hammaddenin Kimyasal Özellikleri

Hammaddeye ilişkin kimyasal özellikler Çizelge 4.1’de verildiği gibidir.

Çizelge 4. 1. Hammaddeye ait kimyasal analiz bulguları (%)

Hammadde	Nem	Protein	Kül	Yağ	Karbonhidrat
MDM Posası	60.26	18.92	12.67	6.17	1.98

#### 4.1.2 Jelatinlerin Özellikleri

Asidik ekstraksiyon sonucu elde edilen jelatinlerin fizikokimyasal ve reolojik özelliklerine ilişkin sonuçlar sırasıyla EK B.1 ve EK B.2’de verilmiştir.

##### 4.1.2.1 Jelatinin Nem İçeriği

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin nem oranı üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 7.05757 - 1.1708X_1 + 1.1111X_2 + 0.4349X_3 + 2.15251X_1^2 + 0.2080X_1X_2 + 0.4008X_2^2 + 0.01084X_1X_3 + 0.0018X_2X_3 + 0.7761X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin nem oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verildiği gibidir.

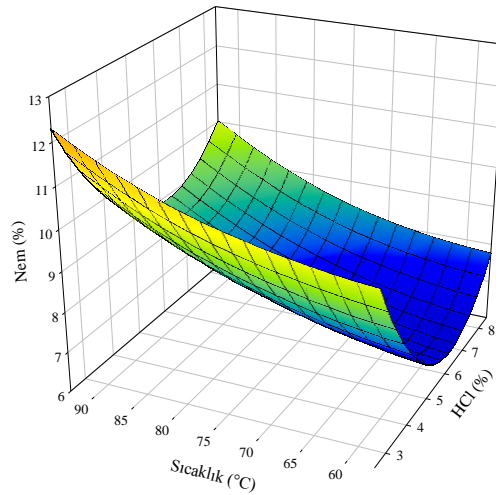
Çizelge 4. 2. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin nem oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	70.586	3.062
X <sub>1</sub> (HCl Konsantrasyonu, %)	1	20.716	8.087 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon Sıcaklığı, °C)	1	18.657	7.283 *
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon Süresi, dk.)	1	2.858	1.116
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	20.617	8.048 **
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.333	0.130
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.714	0.279
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.001	0.0004
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.00002	0.000
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	2.681	1.046
Uyum Eksikliği	5	13.933	1.117
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Jelatin nem içeriği üzerinde HCl konsantrasyonunun lineer ve karesel etkisinin önemli (P<0.01) olduğu, ekstraksiyon sıcaklığının ise lineer etkisinin önemli (P<0.05) bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.1’de verildiği gibidir. Grafik incelendiğinde sıcaklığın artışıyla jelatin nem oranının arttığı, en düşük nem içeriğinin ise yaklaşık %6.0 – 6.5 HCl konsantrasyonunda ve 57°C’de olduğu görülmektedir. Sıcaklığa bağlı olarak jelatin protein oranının arttığı görülmüştür. Dolayısıyla buradaki sıcaklığın etkisiyle jelatin nem oranındaki artış, proteinlerin su tutma kapasitesine bağlanmıştır.



Şekil 4. 1. Jelatinin nem içeriği üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi



#### 4.1.2.2 Yaş Jelatin Verimi

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin yaş jelatin verimi (%) üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 1.7394 - 0.4814X_1 + 1.7801X_2 + 0.7870X_3 - 0.1100X_1^2 - 0.3184X_2X_1 + 0.5070X_2^2 -0.0868 X_1X_3 + 0.9503X_3X_2 + 0.3966X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin yaş jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verildiği gibidir.

Çizelge 4.3. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin yaş jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

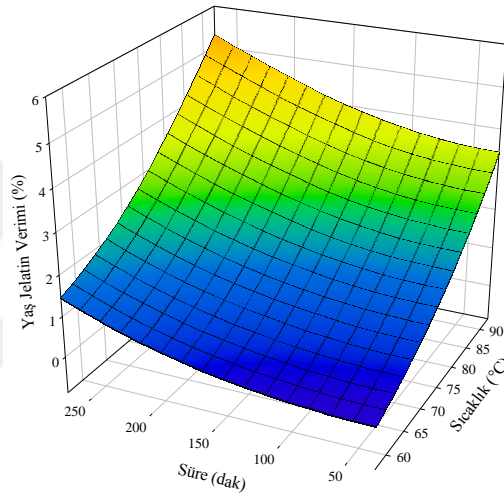
Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F	
Model	9	70.628	32.444	
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	3.503	14.481	**
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	47.884	197.964	**
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	9.360	38.698	**
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.054	0.223	
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.783	3.236	
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	1.144	4.729	*
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.058	0.240	
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	6.969	28.810	**
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.700	2.895	
Uyum Eksikliği	5	1.429	1.248	
Genel	31			

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Yaş jelatin verimi üzerinde HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin lineer etkilerinin önemli (P<0.01); ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi interaksiyonu etkisinin önemli (P<0.01); HCl konsantrasyonunun karesel etkisinin önemli (P<0.05) bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.2'de verildiği gibidir. Grafik incelendiğinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin artışıyla jelatin yaş veriminin arttığı; ekstraksiyon sıcaklığının yaş verim üzerindeki lineer etkisinin süreye kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Yaş jelatin verimi üzerindeki bu artışın özellikle 75° C üzerindeki yüksek sıcaklıklarda ve 150 dakikanın üzerindeki sürelerde gerçekleştiği, en yüksek verimin 93°C ve 270 dakikada olduğu görülmektedir. Jelatin ekstraksiyonunda ön hidroliz sırasında uygulanan asit veya alkali çözelti ile çapraz bağların maksimum

açılması ve kollajenin yeterince şişmesi amaçlanmakta; daha sonra uygulanan sıcak su ekstraksiyon işleminde ise jelatin hidroliz olarak çözünür hale gelmektedir. Dolayısıyla ön hidrolizde uygulanan asit/alkali konsantrasyonu ile ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi gibi parametrelerin jelatin verimini etkilediği belirtilmektedir (Ninan vd., 2009). Nitekim; ekstraksiyon sıcaklığı artışı ile verimin de arttığı çeşitli araştırmalarda bildirilmiştir (Rafieian vd., 2011; Kittiphattanabawon vd., 2010; Rammaya vd., 2012). Burada sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak kollajendeki molekül içi polipeptit zincirlerindeki kovalent bağlar ve moleküller arası disülfid bağlarının hidrolizi sonucunda yaş jelatin veriminin yükseldiği düşünülmektedir.



Şekil 4. 2. Yaş jelatin verimi üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.1.2.3 Jelatin Verimi (Kuru Madde Üzerinden)

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin kuru madde üzerinden jelatin verimi (%) üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 4.0406 - 1.0396X_1 + 3.9953X_2 + 1.7589X_3 - 0.3376X_1^2 - 0.6766 X_1X_2 + 1.0914X_2^2 - 0.1910 X_1X_3 + 2.1288 X_2X_3 + 0.8743X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'te görülmektedir.

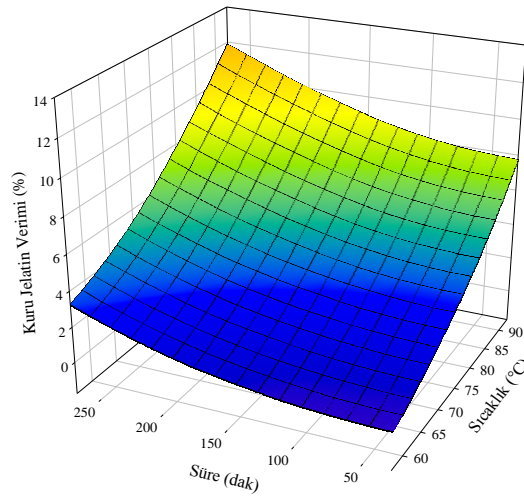
Çizelge 4.4. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	352.900	45.156
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	16.334	18.810 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	241.214	277.784 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	46.751	53.834 **
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.507	0.584
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	3.533	4.069
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	5.3007	6.104 *
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.282	0.324
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	34.970	40.271 **
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	3.4015	3.917
Uyum Eksikliği	5	6.633	1.809
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin kuru maddedeki jelatin verimi üzerinde lineer etkilerinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.3'te verildiği gibidir. Grafik incelendiğinde yaş jelatin veriminde olduğu gibi ekstraksiyon sıcaklığı ve süresindeki artışa bağlı olarak kuru jelatin veriminin arttığı görülmektedir. Burada da yaş jelatin veriminde açıklanan hususların etkili olduğu düşünülmektedir. Sarbon vd. (2013) tavuk derisinden jelatin elde ettikleri araştırmada jelatin verimini kuru maddede %16 olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 4. 3. Kuru jelatin verimi üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.1.2.4 Jelatinin Protein Oranı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin protein oranı (%) üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 72.1363 + 2.1875X_1 + 8.1695X_2 + 2.1056X_3 - 0.3473X_1^2 - 1.9240 X_1X_2 - 4.0919X_2^2 -1.0352 X_1X_3 - 0.2797 X_2X_3 + 2.5970X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin protein oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatinin protein oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

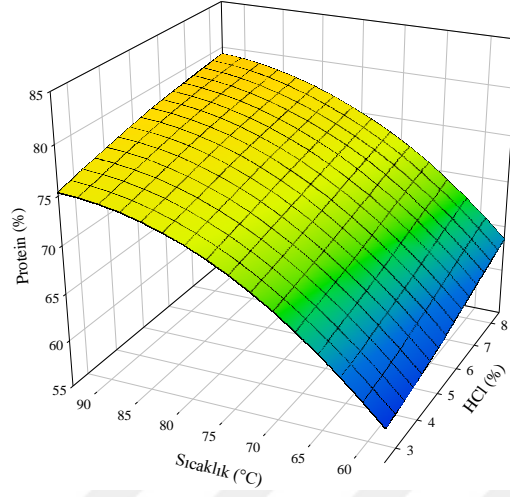
Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	1281.699	8.866
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	72.310	4.502 *
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	1008.544	62.788 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	67.001	4.171
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.537	0.033
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	28.566	1.778
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	74.506	4.638 *
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	8.270	0.515
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.604	0.038
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	30.011	1.868
Uyum Eksikliği	5	76.009	0.932
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Ekstraksiyon sıcaklığının, jelatinin protein oranı üzerinde lineer etkisinin çok önemli (p<0.01) olduğu; ayrıca HCl konsantrasyonunun lineer etkisinin ve sıcaklığın karesel etkisinin önemli (p<0.05) bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik Şekil 4.4’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde; sıcaklığın artışıyla jelatin protein oranında artış olduğu görülmektedir. Özellikle 85-93°C gibi sıcaklık değerlerinde jelatin protein oranının en üst düzeye ulaştığı saptanmıştır. Sıcaklığın jelatin protein oranını artırıcı etkisinin, kollajen proteinin sulu çözeltide jelatine dönüşmesinden kaynaklandığı ifade edilebilir. Nitekim bu sonuç, Fonkwe ve Singh (1997) tarafından sıcaklık artışıyla kollajenin dekompozisyonunun artması ve dolayısıyla daha fazla jelatin proteinin oluşumuna bağlanmıştır. Ekstraksiyon sıcaklığının yükselmesi ile jelatin protein oranındaki artış çeşitli araştırmalarda da bildirilmiştir (Boran, 2009; Du vd., 2013). Diğer taraftan,

HCl konsantrasyonunun protein oranında nispeten daha düşük bir artış sağladığı görülmektedir.



Şekil 4. 4. Jelatin protein oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi

#### 4.1.2.5 Jelatinin Kül Oranı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin kül oranı (%) üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 2.1333 - 1.6587X_1 - 2.2052X_2 - 0.2949X_3 + 2.6805X_1^2 - 0.0348 X_1X_2 + 0.9997X_2^2 + 0.1176 X_1X_3 - 0.2230 X_2X_3 - 0.3068X_3^2$$

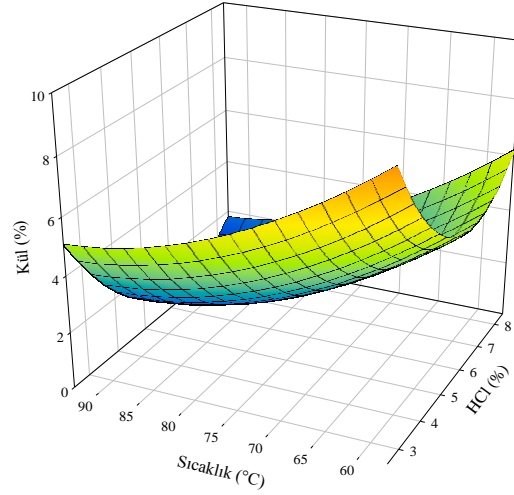
Uygulanan faktörlerin jelatin kül oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verildiği gibidir.

Çizelge 4.6. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin kül oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	156.596	40.563
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	41.575	96.924 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	73.488	171.323 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.313	3.061
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	31.973	74.539 **
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.009	0.022
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.447	10.368 **
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.107	0.249
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.384	0.895
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0,419	0,977
Uyum Eksikliği	5	1.785	0.793
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatin kül değeri üzerinde; HCl konsantrasyonunun ve ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkilerinin; ayrıca bu değişkenlerin karesel etkilerinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik Şekil 4.5’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklık artışı ile kül oranının düştüğü ve en yüksek sıcaklık olan 93°C’de minimum değere ulaştığı görülmektedir. Sıcaklık artışıyla jelatin kül oranının düşüşü, sıcaklığın etkisiyle artan protein oranına bağlanmıştır. Burada daha yüksek orandaki proteinin, materyalde bulunan birim minerali bağlama kapasitesinin de yüksek olacağı ifade edilebilir. Gıda sanayine yönelik jelatinin kül düzeyinin maksimum %2 olması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmada; en düşük kül oranı yaklaşık %6.0 -6.5 HCl konsantrasyonunda ve 93°C’de elde edilmiştir. Nitekim Rammaya vd. (2012) yaptıkları araştırmada benzer sonuçlar elde etmişler, tavuk mekanik kıyma posasından 60°C, 70°C ve 80°C olmak üzere farklı sıcaklıklarda elde ettikleri jelatinlerde en düşük kül oranının 80°C’de olduğunu bildirmişlerdir. Literatür incelendiğinde jelatinin yapısının ortamda bulunan mineral bileşiklerin varlığına bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Duconseille vd., 2015). Bu çalışmada da Bloom değeri ile jelatin kül oranı arasında önemli (P<0.05) derecede negatif bir korelasyonun (-0.411) tespit edilmesi (EK C.1) bu literatür bulgusunu desteklemektedir. Dolayısıyla; jelatin kül oranının artışıyla jel oluşümünün engellendiği ve bloom değerinin düştüğü ifade edilebilir.



Şekil 4. 5. Jelatin kül oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi

#### 4.1.2.6 Jelatinin Hidroksiprolin Oranı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin hidroksiprolin oranı (%) üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 4.5434 + 0.25483X_1 + 0.4190X_2 + 0.1251X_3 + 0.0229X_1^2 + 0.0872 X_1X_2 + 0.0951X_2^2 + 0.0387 X_1X_3 - 0.0790 X_2X_3 - 0.1036X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin hidroksiprolin oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verildiği gibidir.

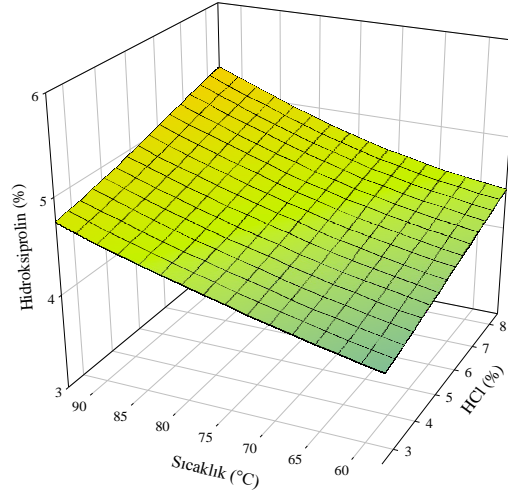
Çizelge 4.7. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin hidroksiprolin oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	4.071	3.717
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	0.981	8.063 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	2.653	21.802 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.237	1.945
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.002	0.019
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.0589	0.483
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.040	0.331
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.012	0.095
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.048	0.396
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.048	0.393
Uyum Eksikliği	5	0.608	0.998
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatinin hidroksiprolin değeri üzerinde HCl konsantrasyonunun ve ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkilerinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik Şekil 4.6'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde HCl konsantrasyonu ve sıcaklık artışı ile jelatinin hidroksiprolin oranının da arttığı görülmektedir. En yüksek hidroksiprolin oranının, %8.5 HCl konsantrasyonu ve 93°C'lik ekstraksiyon sıcaklığında elde edildiği görülmektedir. HCl konsantrasyonunun artışıyla kollajende bulunan prolin aminoasitlerinin hidrosilasyonu sonucunda hidroksiprolin oranının da arttığı düşünülmektedir. Sıcaklığın artışıyla hidroksiprolin oranının artışı, kollajenin sıcaklık artışıyla dekompozisyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim; protein oranı (%) ile hidroksiprolin oranı (%) arasında önemli (P<0.01) derecede korelasyonun (0.584) tespit edilmesi (EK C.1) bu bulguları desteklemektedir. Munasinghe vd. (2014) yaptıkları araştırmada tavuk derisi kollajeni hidroksiprolin miktarını yaklaşık 5.8-5.9 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Diğer taraftan domuz ve sığır derisi kollajeni hidroksiprolin miktarlarının yaklaşık 13-14 mg/g olduğu, hayvanın yaşının ilerlemesiyle kollajen hidroksiprolin konsantrasyonunun da arttığı belirtilmektedir. Munasinghe vd. (2014) yaptıkları bu çalışmada broiler tavuk derisi kollajeninin düşük hidroksiprolin içeriğini, tavuğun kısa yaşam periyoduna bağlamışlardır.





Şekil 4. 6. Jelatinin hidroksiprolin oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi

#### 4.1.2.7 Jelatinin L\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin L\* değeri üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 53.4560 + 0.5767X_1 + 1.6929X_2 + 0.1189X_3 - 3.8709X_1^2 + 1.6494 X_1X_2 + 7.7832X_2^2 - 1.938 X_1X_3 + 4.5222 X_2X_3 - 2.8580X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin L\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verildiği gibidir.

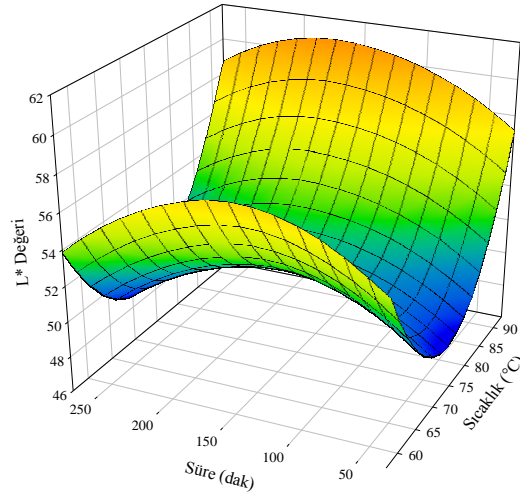
Çizelge 4.8. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin L\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	591.886	2.729
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	5.027	0.209
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	43.309	1.797
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.214	0.009
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	66.676	2.767
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	20.992	0.871
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	269.561	11.187 **
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	28.980	1.203
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	157.795	6.549 *
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	36.347	1.509
Uyum Eksikliği	5	112.030	0.911
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Jelatinin L\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının karesel etkisinin ( $P<0.01$ ), ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin interaksiyon etkisinin önemli ( $P<0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik Şekil 4.7’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklık artışıyla L\* parlaklık değerinin yükseldiği, yaklaşık 93°C’de maksimum olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda Maillard reaksiyonlarına bağlı olarak jelatin renginin kahverengiye yakın bir renk aldığı ve bu rengin yoğunluğunun uygulanan ekstraksiyon sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değiştiği; sıcaklığın ve sürenin artışı ile renkte koyuluğun arttığı belirtilmektedir (Duconseille vd., 2015). Diğer taraftan yüksek sıcaklıklarda elde edilen jelatinlerde sıcaklığın artışıyla parlaklığın azaldığı, buna karşın kırmızılık ve sarılığın ise arttığı da tespit edilmiştir. Bunun yüksek sıcaklıkta hidrolizin fazla olması sonucu serbest amino gruplarının ortamda fazla olmasına ve bunların karbonilli bileşiklerle esmerleşme reaksiyonlarına girerek rengin değişmesine neden olduğu düşünülmektedir (Nagarajan vd, 2012). Bu araştırmada elde edilen jelatin L\* değerine ait sonuçlar bu bakımdan farklılık arz etmiş, sıcaklığın artışıyla L\* değerinin de yükseldiği görülmüştür. Nitekim Du vd. (2013), jelatin L\* değeri bakımından benzer sonuçlar elde etmişler, hindi ve tavuk kafalarından 60°C’de 6 saatte elde edilen jelatinin L\* değerinin; 50°C’de 18 saate kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4. 7. Jelatinin L\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.1.2.8 Jelatinin (-) a\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin (-) a\* değeri üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = -1.2494 + 0.0168X_1 - 0.6708X_2 + 0.2807X_3 - 0.5840X_1^2 - 0.4476 X_1X_2 + 1.1725X_2^2 + 0.03 X_1X_3 + 0.0666 X_2X_3 - 0.7007X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin (-) a\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verildiği gibidir.

Çizelge 4.9. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatinin (-) a\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	18.419	0.813
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	0.004	0.002
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	6.801	2.702
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.191	0.473
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	1.518	0.603
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	1.546	0.614
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	6.118	2.430
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.007	0.003
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.034	0.014
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	2.185	0.868
Uyum Eksikliği	5	13.528	1.099
Genel	31		

Uygulanan faktörlerin jelatinin, yeşil rengi ifade eden (-) a\* değeri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

#### 4.1.2.9 Jelatinin b\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin b\* değeri üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 16.0794 + 1.4509X_1 - 3.3281X_2 - 0.1699X_3 - 1.7829X_1^2 + 0.7338 X_1X_2 + 4.1495X_2^2 + 0.3972 X_1X_3 + 0.465 X_2X_3 - 2.6362X_3^2$$

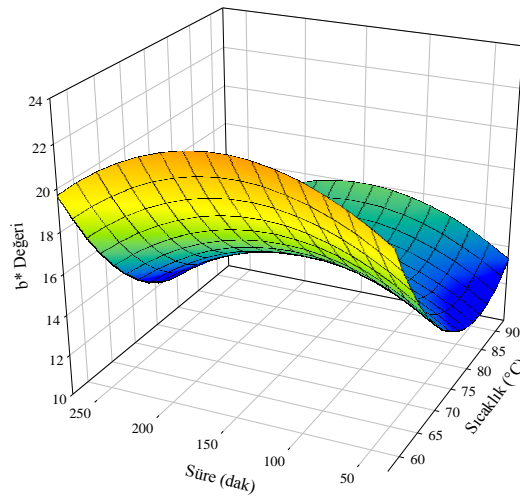
Uygulanan faktörlerin jelatinin b\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verildiği gibidir.

Çizelge 4.10. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin b\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	316.103	1.828
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	31.813	1.656
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	167.381	8.712 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.436	0.023
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	14.145	0.736
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.155	0.216
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	76.620	3.988
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.217	0.063
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.668	0.087
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	30.925	1.610
Uyum Eksikliği	5	91.581	0.941
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatinin b\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik Şekil 4.8'de verilmiştir. Buna göre ekstraksiyon sıcaklığının 75°C'ye kadar yükselmesiyle sarı rengi ifade eden b\* değerinin düştüğü; bu sıcaklıktan sonra ise düşüşün yavaşladığı saptanmıştır. En yüksek sarı rengin ise 57°C'de oluştuğu, 75°C üzerindeki sıcaklıklarda ise b\* değerinde herhangi önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir.



Şekil 4. 8. Jelatinin b\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.1.2.10 Jelatinin C\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin C\* değeri üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 16.1896 + 1.3736X_1 - 3.2953X_2 - 0.26220X_3 - 1.8072X_1^2 + 0.6498 X_1X_2 + 4.20687X_2^2 + 0.462 X_1X_3 + 0.3162 X_2X_3 - 2.6431X_3^2$$

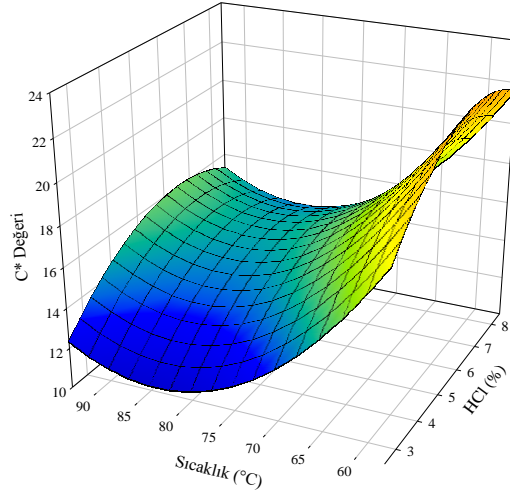
Uygulanan faktörlerin jelatinin C\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verildiği gibidir.

Çizelge 4.11. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin C\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	311.160	1.807
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	28.511	1.490
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	164.098	8.575 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.039	0.054
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	14.534	0.760
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	3.258	0.170
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	78.751	4.115
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.647	0.086
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.771	0.040
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	31.086	1.625
Uyum Eksikliği	5	87.523	0.892
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Bu parametrede jelatinin b\* değerinde elde edilen sonuçlara benzer etkiler görülmüştür. Nitekim renk doygunluğunu ifade eden C\* değeri ve b\* değeri arasında çok önemli (P<0.01) derecede korelasyon (0.999) olduğu tespit edilmiştir (EK C.1). Ekstraksiyon sıcaklığının jelatinin C\* değeri üzerinde lineer etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.9'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde ekstraksiyon sıcaklığının 75°C'ye kadar yükselmesiyle C\* değerinin düştüğü ve bu sıcaklıktan sonra düşüşün yavaşladığı görülmektedir.



Şekil 4. 9. Jelatinin C\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi

#### 4.1.2.11 Jelatinin h\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin h\* değeri üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 95.9955 - 0.7664X_1 + 1.9790X_2 - 0.8096X_3 + 0.7248X_1^2 + 1.1979 X_1X_2 - 2.3251X_2^2 + 0.0069 X_1X_3 - 1.3425 X_2X_3 + 1.4315X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin h\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12'de görülmektedir.

Çizelge 4.12. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin h\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	134.889	0.976
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	8.877	0.578
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	59.187	3.856
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	9.906	0.645
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	2.338	0.152
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	11.072	0.721
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	24.056	1.567
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.000	0.000
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	13.907	0.906
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	9.119	0.594
Uyum Eksikliği	5	91.109	1.256
Genel	31		

Uygulanan faktörlerin jelatinin, renk tonunu ifade eden h\* değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

#### 4.1.2.12 Jelatinin Bloom Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin bloom değeri üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 792.5474 + 77.9181X_1 + 87.2351X_2 + 2.7994X_3 - 112.5054X_1^2 - 143.0205 X_1X_2 - 195.4887X_2^2 - 39.3465 X_1X_3 - 213.7245 X_2X_3 - 17.0261X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de görülmektedir.

Çizelge 4.13. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

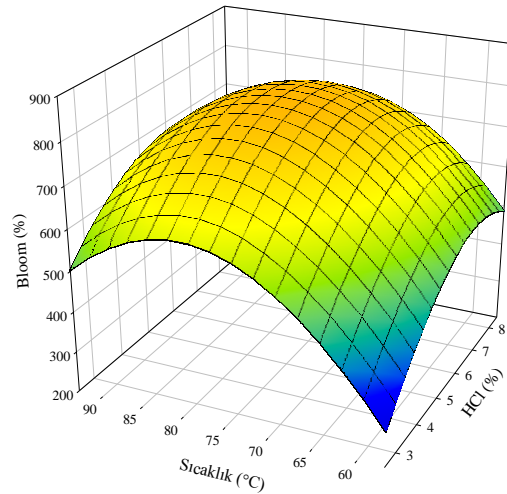
Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	995036.900	6.316
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	91743.270	5.241 *
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	114995.020	6.570 *
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	118.420	0.007
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	56322.650	3.218
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	15780.740	9.017 **
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	170051.290	9.715 **
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	11945.580	0.682
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	35454.950	20.135 **
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	1289.950	0.074
Uyum Eksikliği	5	117152.600	1.487
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Jelatinin bloom değeri üzerinde; HCl konsantrasyonunun, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin interaksiyon etkilerinin ve ekstraksiyon sıcaklığının karesel etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Diğer taraftan jelatin bloom değeri üzerinde HCl konsantrasyonunun ve ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkilerinin de önemli (P<0.05) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.13). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik Şekil 4.10'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek bloom değerinin yaklaşık 80-85°C ekstraksiyon sıcaklığında ve yaklaşık %6.0-6.5 HCl konsantrasyonunda olduğu, bu değerlerin

üzerinde bloom değerinin düştüğü görülmektedir. Yüksek asit konsantrasyonu ve yüksek sıcaklıkta bloom değerinin düşüşünün yüksek hidroliz ve protein degradasyonu sonucu oluşan  $\alpha$ -zinciri alt ünitelerinden kaynaklandığı ileri sürülebilir. Çünkü; düşük ağırlıktaki  $\alpha$ - alt zincir ünitelerinin küçük molekül olmaları nedeniyle bağlantı noktaları arasına girerek heliks yapının oluşumunu engelledikleri düşünülmektedir (Duconseille vd., 2015; Nagarajan vd., 2012). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, jelatin bloom değeri ile ilgili literatürü desteklemektedir. Uygulanan kimyasal ve fiziksel işlemler ılımlı koşullarda olduğunda yüksek bloom değerinde jelatin; yüksek asit konsantrasyonu, yüksek sıcaklık ve uzun süren bir işlemde ise, polipeptid zincirlerin hidrolizi nedeniyle daha düşük bloom değerinde jelatin elde edildiği belirtilmektedir (Eysturskarð, 2010b). Eysturskarð (2010b) yaptığı araştırmada, ekstraksiyon koşullarındaki sıcaklığın yükselmesi ile moleküler ağırlık dağılımının azaldığı ve bunun neticesinde bloom değerinin de düştüğünü tespit etmiştir. Ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin artışıyla jelatin bloom değerinin azaldığı Du vd. (2013) ve Kittiphattanabawon vd. (2010) tarafından da bildirilmektedir. Mokrejs vd. (2009) sığır ayak tendonlarından jelatin elde ettikleri araştırmada asit konsantrasyonu ve sıcaklığın interaksiyon etkisinin bloom değeri üzerinde etkili olduğunu, asetik asit konsantrasyonunun belli bir noktaya kadar bloom değerini yükselttiğini; bu noktadan sonra ise düşürdüğünü tespit etmişlerdir.



Şekil 4. 10. Jelatin bloom değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi



#### 4.1.2.13 Jelatinin Viskozite Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin viskozite değeri üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görölmektedir.

$$Y = 6.6587 + 0.2568X_1 + 0.6129X_2 - 0.7527X_3 - 2.6635X_1^2 + 0.0207 X_1X_2 - 2.1360X_2^2 - 1.2015 X_1X_3 - 0.0225 X_2X_3 + 2.4839X_3^2$$

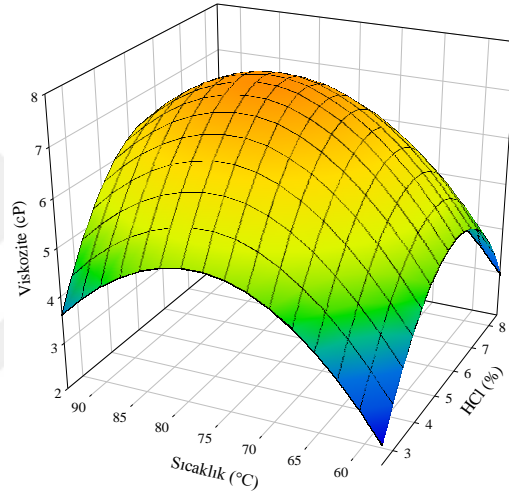
Uygulanan faktörlerin jelatinin viskozite değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te görölmektedir.

Çizelge 4.14. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin viskozite değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	100.802	1.363
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	0.997	0.121
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	5.677	0.691
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	8.563	1.042
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	31.569	3.842
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.003	0.000
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	20.303	2.471
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	11.139	1.356
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.004	0.001
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	27.455	3.341
Uyum Eksikliği	5	85.834	3.074
Genel	31		

Jelatinin viskozite değeri üzerinde değişkenlerin istatistiksel olarak önemli etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 7.14). Viskozite özelliğinin, jelatinin moleküler ağırlık kompozisyonu ve moleköl içerisindeki polidispersite özellikleri ile ilgili olduğu bildirilmektedir (Uriarte-Montoya vd, 2011, Jamilah ve Harvinder, 2002). Jel sertliğinin 100 kDa ağırlığındaki fraksiyonların oranı ile; buna karşın jelatin erime /jelleşme sıcaklığı ve viskozite özelliklerinin ise 200 ve 400 kDa ağırlığındaki fraksiyonlar ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Ledward, 2000, Karim ve Bhat, 2009). Dolayısıyla bu çalışmada uygulanan faktörlerin jelatin viskozite değeri üzerinde istatistiksel bir etkisinin olmayışı, elde edilen jelatinlerde moleköl ağırlığı bakımından 200 kDa ve üzerinde fraksiyonların az oluşuna bağlanmaktadır. Nitekim SDS-PAGE analiz bulgularında β-zincirlerinin gözlemlendiği 13, 6, 14, 15, 16, 9, 10, 7 ve 2 nolu örneklerde vizkozite değerlerinin de genelde yüksek olduğu bu

literatür bilgisini desteklemektedir. Viskozite parametresine ait üç boyutlu grafik Şekil 4.11’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde bloom değerine ait grafiğe benzer olduğu, en yüksek vizkozite değerinin yaklaşık 75-80°C ekstraksiyon sıcaklığında ve yaklaşık %5.5-6.0 HCl konstrasyonunda olduğu görülmektedir. Boran vd. (2010) balık derisi jelatini üzerine yaptıkları çalışmada ön işlem aşamasında asit konsantrasyonunu artırmanın jelatin viskozite değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Zhou ve Regenstein (2004) yaptıkları çalışmada da ön işlem sırasında H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonunun viskozite üzerinde önemli bir etkisinin bulunduğunu; yüksek ve düşük H<sup>+</sup> iyon konsantrasyonunda jelatin vizkozite değerinin düştüğünü belirtmiştir.



Şekil 4. 11. Jelatin vizkozite değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonunun etkisi

#### 4.1.2.14 Jelatinin Erime Sıcaklığı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin erime sıcaklığı üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 34.0041 - 0.1183X_1 - 0.2376X_2 - 0.4381X_3 - 0.2721X_1^2 - 0.4383 X_1X_2 - 0.9996X_2^2 + 0.0207 X_1X_3 - 0.9189 X_2X_3 + 0.5503X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatinin erime sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15’te görülmektedir.

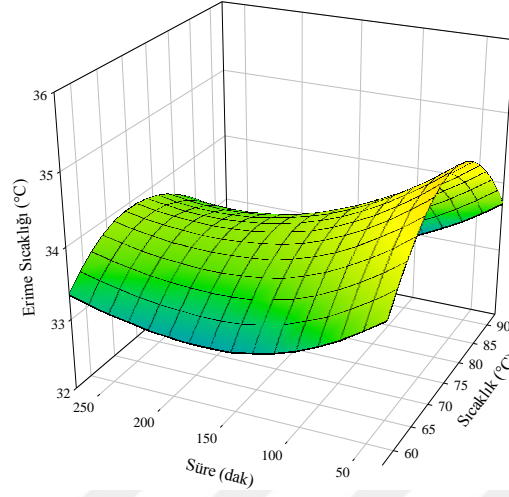
Çizelge 4.15. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin erime sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	17.775	1.902
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	0.212	0.204
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	0.854	0.822
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	2.902	2.794
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.330	0.317
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	1.482	1.427
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.447	4.281
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.003	0.003
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	6.515	6.273 *
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.348	1.298
Uyum Eksikliği	5	9.452	2.399
Genel	31		

\*: P<0.05

Jelatinin erime sıcaklığı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin interaksiyon etkisinin önemli (P < 0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7.15). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.12’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek erime sıcaklığının yaklaşık 30. dakikada ve 75°C ekstraksiyon sıcaklığında olduğu görülmektedir. Jelatinin erime ve jelleşme dereceleri üzerinde, kimyasal ön işlem ve termal ekstraksiyon işlemleri sonucundaki molekül ağırlık dağılımının önemli bir etkisi olduğu bildirilmektedir. Düşük molekül ağırlığındaki jelatin fraksiyonlarının, heliks yapıya dâhil olarak yüksek molekülleri bloke ettiği dolayısıyla fonksiyonel jel ağ yapısının oluşumunu bozduğu öne sürülmektedir (Eysturskarð vd., 2009). Bu çalışmada da sıcaklığın 75°C’nin; sürenin de 150’nci dakikanın üzerine çıkması sonucunda erime sıcaklığının düşmesi; düşük ağırlıktaki fraksiyonların oranının artmasına ve dolayısıyla fonksiyonel jel ağ yapının yeterli sertlikte oluşmamasına bağlanmıştır. Sarbon vd. (2013) yaptıkları çalışmada tavuk derisinden elde edilen jelatinin erime ve jelleşme sıcaklıklarını sırasıyla 33.57° ve 24.88° C; sığır jelatini erime ve jelleşme sıcaklıklarını ise sırasıyla 31.55° ve 24.43°C olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Muyonga vd. (2004) yaptıkları çalışmada Nil levreğinden elde ettikleri jelatinlerde ekstraksiyon sıcaklığının yükselmesiyle jelatinin erime ve jelleşme derecelerinin düştüğünü aktarmışlardır. Yapılan çalışmalarda, bloom değeri ile erime ve jelleşme sıcaklıkları arasında bir korelasyon olduğu; yüksek bloom değerindeki jelatinin yüksek jelleşme ve erime sıcaklığı ile kısa jelleşme süresi gösterdiği belirtilmektedir (Sarbon vd., 2013). Nitekim bu

çalışmada erime sıcaklığı ile bloom değeri arasında çok önemli ( $P<0.01$ ) derecedeki korelasyon (0.595) (EK C.1) bu literatür bulgusunu desteklemektedir.



Şekil 4. 12. Jelatin erime sıcaklığı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.1.2.15 Jelatinin Jelleşme Sıcaklığı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin jelleşme sıcaklığı üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 23.6758 - 0.0854X_1 + 0.8756X_2 - 0.2255X_3 - 0.4645X_1^2 - 0.8415 X_1X_2 - 1.4420X_2^2 - 0.0999 X_1X_3 - 1.5939 X_2X_3 + 0.3329X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 7.16'da görülmektedir.

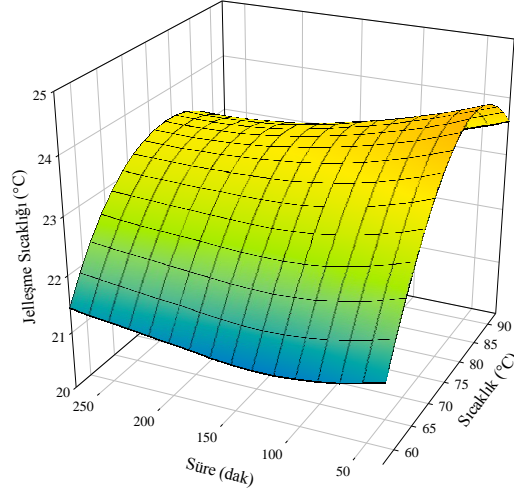
Çizelge 4.16. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	48.670	2.436
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	0.110	0.050
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	11.586	5.218 *
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.769	0.346
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.960	0.432
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	5.464	2.461
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	9.253	4.167
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.077	0.035
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	19.603	8.829 **
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.493	0.222
Uyum Eksikliği	5	12.571	1.178
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Jelatinin jelleşme sıcaklığı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının etkisinin (P<0.05), ekstraksiyon sıcaklık ve süresinin interaksiyon etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7.16). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafikler Şekil 4.13’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklığın artışıyla jelleşme sıcaklığının arttığı, en yüksek jelleşme sıcaklığının yaklaşık 80°C ekstraksiyon sıcaklığında olduğu, bu sıcaklıktan sonra ise jelleşme sıcaklığının düştüğü görülmektedir. Jelatinin jelleşme sıcaklığına ilişkin sonuçlar, erime sıcaklığına ait sonuçlarla paralellik göstermektedir. Nitekim erime ve jelleşme sıcaklıkları arasında çok önemli (P<0.01) derecede bir korelasyonun (0.769) bulunduğu tespit edilmiştir (EK C.1). Kołodziejaska vd. (2008)’nin yaptıkları bir çalışmada somon balığı derisinden 45°C’de 60 dakikalık ekstraksiyon sonucunda elde edilen jelatinin jelleşme sıcaklığının, 90°C’de elde edilen jelatine kıyasla 2°C yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 13. Jelatinin jelleşme sıcaklığı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.1.2.16 Jelatinin Denatürasyon Sıcaklığı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon sıcaklığı üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

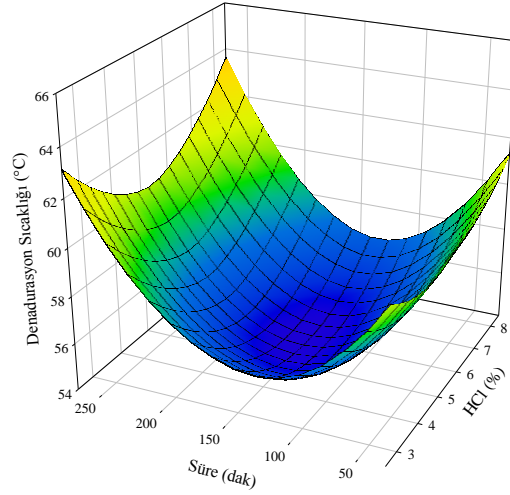
$$Y = 53.7521 + 0.2993X_1 + 1.8315X_2 + 1.1102X_3 + 2.0069X_1^2 + 0.6822 X_1X_2 + 1.8419X_2^2 - 0.7902 X_1X_3 + 2.169 X_2X_3 + 5.3119X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de görülmektedir.

Çizelge 4.17. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin; jelatin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	306.625	0.852
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	1.354	0.034
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	50.691	1.267
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	18.626	0.466
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	17.923	0.448
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	3.591	0.090
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	15.097	0.377
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	4.818	0.120
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	36.301	0.907
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	125.558	3.138
Uyum Eksikliği	5	293.094	1.697
Genel	31		

Uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon sıcaklığı üzerinde istatistiksel olarak etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). DSC ölçümünde, jelatin jeline uygulanan ısı akışı sırasında tespit edilen denatürasyon sıcaklığı; jelin heliksten bukleye geçiş sürecinde bağlantı noktalarının kopması için absorbe ettiği enerjii ifade etmektedir (Sarbon vd., 2013). Bu çalışmada elde edilen jelatin jellerinin heliks yapıdan bukleye geçiş yaptıkları süreler bakımından istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı ifade edilebilir. Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafikler Şekil 4.14’Te verilmiştir. Grafik incelendiğinde jelatin denatürasyon sıcaklığının 150. dakikadan sonra arttığı ve 250. dakikada maksimum değere ulaştığı ancak bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $P>0.05$ ) belirlenmiştir.



Şekil 4. 14. Jelatinin denatürasyon sıcaklığı üzerinde HCl konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi

#### 4.1.2.17 Jelatinin Denatürasyon Enerjisi

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon enerjisi üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 762.666 - 39.6950X_1 + 17.5047X_2 + 0.3637X_3 - 48.1834X_1^2 + 12.724 X_1X_2 - 11.6734X_2^2 - 72.698 X_1X_3 + 50.22 X_2X_3 - 64.0859X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin denatürasyon enerjisi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18'de görülmektedir.

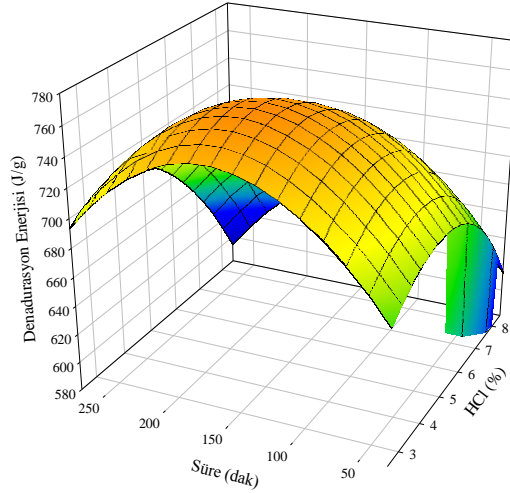


Çizelge 4.18. HCl konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin; jelatin denatürasyon enerjisi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	125105.460	1.647
X <sub>1</sub> (HCl konsantrasyonu, %)	1	23810.561	2.822
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	4630.306	0.549
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.999	0.000
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	10330.753	1.224
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	1249.269	0.148
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	606.364	0.072
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	40779.764	4.833 *
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	19460.250	2.306
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	18275.193	2.166
Uyum Eksikliği	5	2018.480	0.037
Genel	31		

\*: P<0.05

Jelatinin denatürasyon enerjisi üzerinde HCl konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin interaksiyon etkisinin önemli (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Bu parametreye ilişkin üç boyutlu grafik şekil 4.15’de verilmiştir. Buna göre HCl konsantrasyonunun artışıyla denatürasyon enerjisinin düştüğü, ancak bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı (P>0.05) belirlenmiştir. Jel oluşumu sırasında meydana gelen üçlü helikslerin uzunluklarının entalpiyi etkilediği belirtilmektedir (Elharfaoui vd., 2007). Helikslerin küçük olması durumunda bu jellerin oluşum enerjilerinin daha az olduğu ve daha kolay eridiği, dolayısıyla denatürasyon enerjisinin de daha az olduğu bildirilmektedir (Duconseille vd., 2015). Bu çalışmada özellikle HCl konsantrasyonunun %5.5 ve sürenin de 150 dakikanın üzerine çıkmasıyla daha küçük moleküller ve buna bağlı olarak daha küçük helikslerin oluştuğu, bu nedenle denatürasyon enerjisinin azaldığı düşünülmektedir.



Şekil 4. 15. Jelatinin denatürasyon enerjisi üzerinde HCl konsatrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi

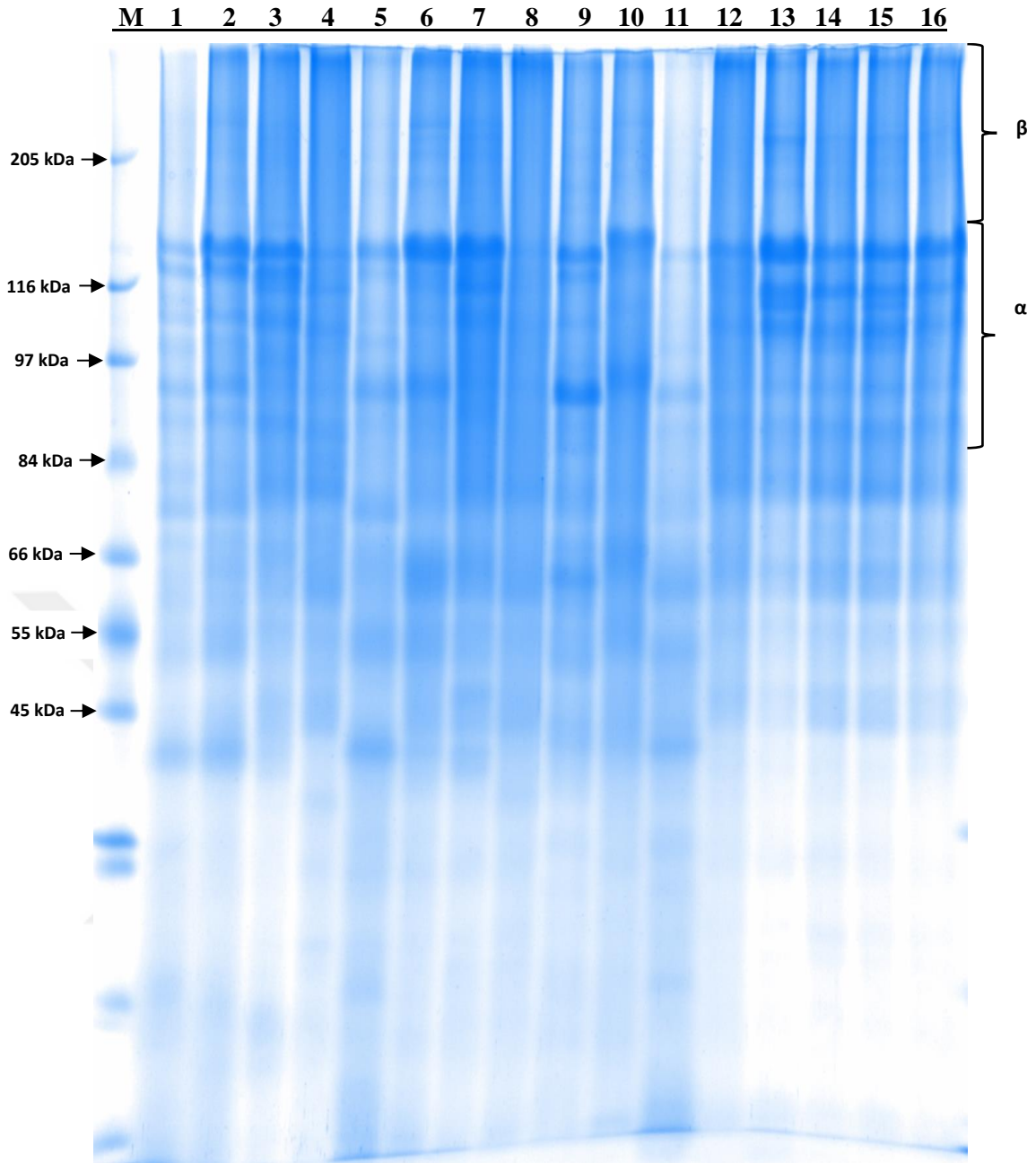
#### 4.1.2.18 SDS-PAGE Analiz Bulguları

Tez çalışmasında asidik ekstraksiyonda elde edilen jelatin örneklerine ait SDS-PAGE protein bant profilleri Şekil 4.16’da görülmektedir. Literatür incelendiğinde jelatinde bulunan “ $\gamma$ ” zincir ağırlıklarının 230-340 kDa aralığında, “ $\beta$ ” zincirlerinin 123-230 kDa arasında ve “ $\alpha$ ” zincirinin ise 80-125 kDa arasında olduğu belirtilmektedir. Bu fraksiyonlar dışında daha düşük molekül ağırlığına sahip  $\alpha$ -zinciri alt ünitelerinin de ortamda bulunabildiği, bunların ise ünite-1 (50-80 kDa), ünite-2 (35-49 kDa), ünite-3 (25-35 kDa) ve ünite-4 (10-25 kDa) ağırlıklarında oldukları belirtilmektedir (Ledward, 2000).

Şekil 4.16 incelendiğinde  $\beta$ - zinciri protein fraksiyonuna ait bantlardan en yüksek yoğunluğa sahip örneğin 13 nolu örnek olduğu; bunu sırasıyla 6, 14, 15, 16, 9, 10, 7 ve 2 nolu örneklerin takip ettiği görülmektedir. Diğer taraftan bu örneklerin ortalama viskozite, erime ve jelleşme sıcaklığı değerleri (Ek B.2) incelendiğinde ise diğerlerine kıyasla genellikle yüksek bir profil gösterdikleri görülmektedir. Literatür incelendiğinde  $\beta$ - zincirleri ile jelatinin viskozite ve erime/jelleşme sıcaklıkları arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmektedir (Eysturskarð vd., 2010b; Karim ve Bhat, 2009; Ledward, 2000). Dolayısıyla bu sonuçlar ilgili literatür bilgisi ile paralellik göstermektedir.

Şekil 4.16  $\alpha$ -zincirleri protein fraksiyonuna ait bantları bakımından değerlendirildiğinde tüm örneklerde farklı yoğunluklarda olmak üzere  $\alpha$ -zincirlerine ait protein bantlarının gözlenebilir olduğu tespit edilmiştir.  $\alpha$ -zincir bandının en yoğunu 13 nolu örnek olarak saptanmışken sırasıyla 6, 7, 2, 3, 9, 10, 13, 14, 15 ve 16 nolu örneklerin genelde bozulmamış ve belirgin oldukları tespit edilmiştir. Diğer taraftan başta 13 nolu örnek olmak üzere bu örneklerin ortalama Bloom değerleri incelendiğinde (Ek B.2) ise diğerlerine kıyasla genellikle yüksek bir profil gösterdikleri görülmektedir. Literatür incelendiğinde  $\alpha$  - zincirleri ile jelatin Bloom değeri arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmektedir (Eysturskarð vd., 2010b; Karim ve Bhat, 2009; Ledward, 2000). Dolayısıyla bu sonuçlar ilgili literatür bilgisi ile paralellik göstermektedir.



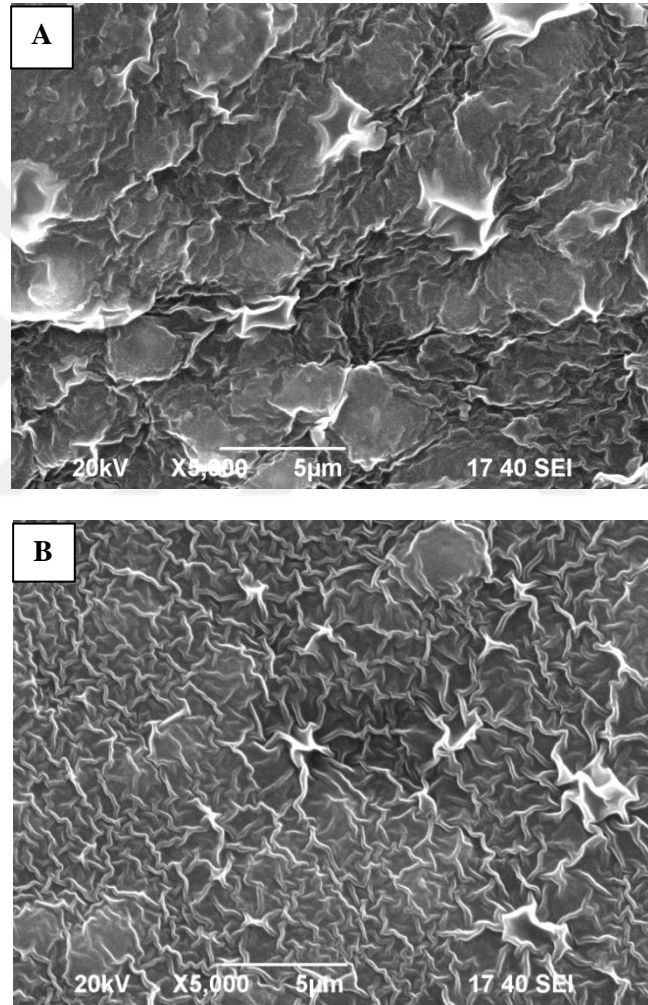


Şekil 4. 16. Asidik ekstraksiyon SDS-PAGE jel görüntüsü

Bant	Muamele koşulları	Bant	Muamele koşulları
M	Protein Marker	9	%2.5HCl,75°C,150 dk
1	%3 HCl, 60°C, 50 dk.	10	%8.5 HCl, 75°C, 150 dk
2	%3 HCl, 60°C, 250 dk	11	%5.5 HCl, 57°C, 150 dk
3	%3 HCl, 90°C, 50 dk	12	%5.5 HCl, 93°C, 150 dk
4	%3 HCl, 90°C, 250 dk	13	%5.5 HCl, 75°C, 30 dk
5	%8 HCl, 60°C, 50 dk	14	%5.5 HCl, 75°C, 270 dk
6	%8 HCl, 60°C, 250 dk	15	%5.5 HCl, 75°C, 150 dk
7	%8 HCl, 90°C, 50 dk	16	%5.5 HCl, 75°C, 150 dk,
8	%8 HCl, 90°C, 250 dk		

#### 4.1.2.19 Jelatinin Jel Mikro Yapılarının Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri

Bu analizde, asidik ekstraksiyon ile elde edilen jelatinlerin tümünün SEM görüntüsü alınmadığından en yüksek ve en düşük Bloom değerine sahip jelatin örnekleri seçilmiştir. Bu amaçla; 1. tekerrür analizlerinden elde edilen 1 (bloom 79.5) ve 13 (bloom 897,6) nolu örnekler kullanılmıştır. Bu örneklerle ilişkin SEM görüntüleri Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Asidik ekstraksiyon jelatin örneklerine ait SEM görüntüleri.  
A) 1 Nolu jelatin örneği      B) 13 nolu jelatin örneği

Şekil 4.17'de 1 nolu örneğe (%3 HCl konsantrasyonu, 60°C ekstraksiyon sıcaklığı, 50 dk ekstraksiyon süresi; Bloom: 79.5, Viskozite: 2.48 cP ) ait A görüntüsü incelendiğinde protein fraksiyonları arasında düzensiz bir yapı olduğu, fraksiyonlar arasında geniş boşluklar bulunduğu, çapraz bağ yapısının bulunmadığı ve fraksiyonların bir ağ yapısı oluşturmadığı görülmektedir. Literatür incelendiğinde jelatin jeli SEM görüntülerinde süngersi, sıkı, düzenli ve homojen bir ağ yapısının yüksek molekül ağırlığının bir göstergesi olduğu ve dolayısıyla bu yapının viskozite ve jel sertliği gibi jelatinin reolojik özelliklerini etkilediği; bu tür jellerin yüksek jel sertliği (bloom) ve viskozite değeri gösterdikleri bildirilmektedir (Du vd., 2013; Kittiphattanabawon vd., 2010; Uriarte-Montoya vd., 2011). Ayrıca jelatin jellerinin mikro yapısındaki boşlukların genişliği ve düzeni, jelin suyu bağlama yeteneğinin bir göstergesi olarak belirtilmektedir (Uriarte-Montoya vd., 2011). Nitekim 1 nolu örneğin mikro yapısı ve reolojik özelliklerinin düşük oluşu bu literatür bilgisini doğrulamaktadır.

Diğer taraftan Şekil 4.17'de 13 nolu örneğe (%5.5 HCl konsantrasyonu, 75°C ekstraksiyon sıcaklığı, 30 dk ekstraksiyon süresi; Bloom: 897.6, Viskozite: 10 cP) ait B görüntüsü incelendiğinde daha homojen, düzenli ve süngersi bir yapı olduğu, protein fraksiyonlarının çapraz şekilde daha sıkı şekilde bir ağ yapısı oluşturduğu, birbirine çapraz bağlanan fraksiyonlar arasında kalan boşlukların daha fazla ve daha küçük boyutlarda olduğu görülmektedir. Nitekim 13 nolu örneğin mikroyapısı ve reolojik özelliklerinin yüksek oluşu bu literatür bilgisini doğrulamaktadır.

## 4.2 Alkali Ekstraksiyon Sonuçları

### 4.2.1 Hammaddenin Kimyasal Özellikleri

Hammaddeye ait kimyasal analiz bulguları Çizelge 4.19 'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Hammaddeye ait kimyasal analiz bulguları

Hammadde	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)
MDM posası	60.05	19.56	14.35	4.77	1.27

### 4.2.2 Jelatinlerin Özellikleri

Alkali ekstraksiyon sonucu elde edilen jelatinlerin fizikokimyasal ve reolojik özelliklerine ilişkin sonuçlar sırasıyla EK B.3 ve EK B.4' de verilmiştir.

#### 4.2.2.1 Jelatinin Nem İçeriği

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin nem oranı (%) üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

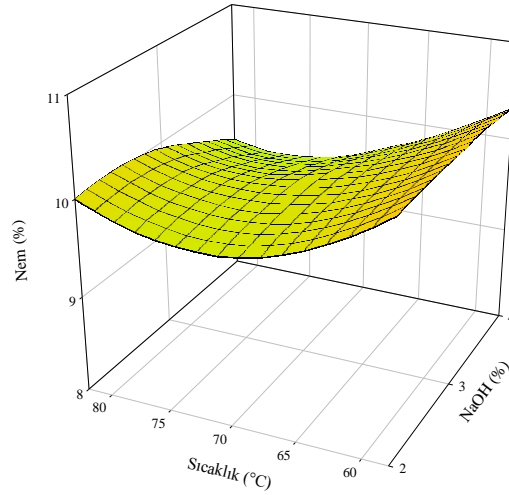
$$Y = 9.6046 - 0.1227X_1 - 0.3190X_2 + 0.0930X_3 - 0.4188X_1^2 - 0.7904X_2X_1 + 0.3206X_2^2 - 0.0956X_3X_1 + 0.0893X_3X_2 - 0.71950X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin nem oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin nem oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	10.257	0.568
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	0.227	0.113
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	1.538	0.766
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.130	0.065
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.780	0.389
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.821	2.403
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.457	0.228
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.070	0.035
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.061	0.030
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	2.303	1.148
Uyum Eksikliği	5	6.192	0.554
Genel	31		

Alkali ekstraksiyonda, asidik ekstraksiyonun aksine jelatin nem oranı üzerinde uygulanan faktörlerin etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı (P>0.05) görülmüştür (Çizelge 4.20).



Şekil 4. 18. Jelatinin nem oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi



#### 4.2.2.2 Yaş Jelatin Verimi

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin yaş jelatin verimi üzerine etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 4.17690 + 1.8711X_1 + 0.8356X_2 + 0.3433X_3 - 0.0263X_1^2 - 0.2144 X_1X_2 + 0.2308X_2^2 -0.1018X_1X_3 + 0.2197X_2X_3 - 0.0203X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin yaş jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin yaş jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

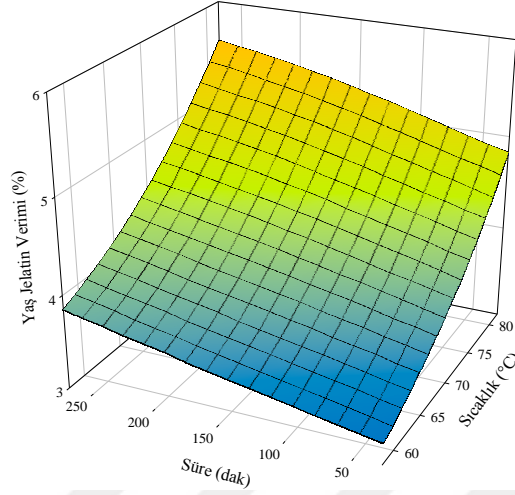
Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	66.283	110.959
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	52.905	797.077 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	10.551	158.976 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.781	26.837 **
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.003	0.046
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.354	5.347 *
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.237	3.571
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.080	1.206
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.372	5.612 *
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.001	0.027
Uyum Eksikliği	5	0.518	1.871
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Yaş jelatin verimi üzerinde NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin lineer etkisinin önemli (P<0.01); ayrıca NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon sıcaklığının, ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin interaksiyon etkilerinin de önemli (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.19’da verilmiştir. Grafik incelendiğinde asidik ekstraksiyona ait grafiklerle benzer olduğu görülmektedir. Ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi arttıkça yaş verimin de arttığı; bu artış üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının, süreye kıyasla daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Verim artışının özellikle 70°C ve üzerinde yükseldiği ifade edilebilir. Sıcaklık ve sürenin jelatin verimi üzerine olan etkilerine ilişkin açıklamalar asidik ekstraksiyon kısmında bildirilmiştir. Rammaya vd. (2012) yaptıkları çalışmada mekanik hindi kıyma posasından alkali ön işlem

gördükten sonra elde edilen yaş jelatin veriminin yaklaşık %12 olduğu ve verimin sıcaklıkla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. 19. Yaş jelatin verimi üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.2.2.3 Jelatin Verimi (Kuru Madde Üzerinden)

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 9.4664 + 4.2547X_1 + 1.9383X_2 + 0.7673X_3 - 0.0271X_1^2 - 0.3712 X_1X_2 + 0.4913X_2^2 - 0.2189X_1X_3 + 0.4844X_2X_3 - 0.0846X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

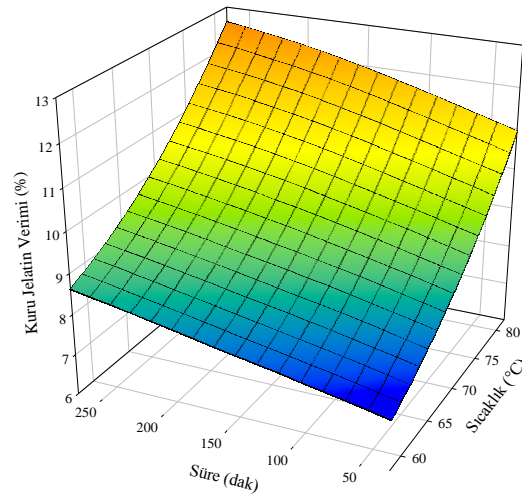
Çizelge 4.22. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	343.556	42.892
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	273.558	307.379 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	56.775	63.794 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	8.897	9.997 **
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.003	0.003
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	1.063	1.195
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	1.074	1.207
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.369	0.415
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.811	2.035
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.031	0.035
Uyum Eksikliği	5	2.071	0.402
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Kuru madde üzerinden jelatin verimi üzerinde, NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin lineer etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.20'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde yaş jelatin veriminde olduğu gibi ekstraksiyon sıcaklığı ve süresindeki artışa bağlı olarak kuru madde bazında jelatin veriminin arttığı görülmektedir.



Şekil 4. 20. Kuru jelatin verimi üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.2.2.4 Jelatinin Protein Oranı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin protein oranı (%) üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 80.0611 + 1.3231X_1 + 2.5570X_2 + 0.8912X_3 - 0.9348X_1^2 - 1.6477 X_1X_2 - 0.2471X_2^2 - 0.4145X_1X_3 + 0.0550X_2X_3 - 0.451047X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin protein oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23' de verilmiştir.

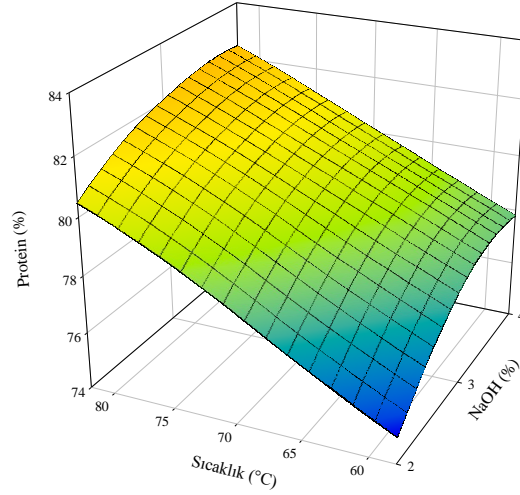
Çizelge 4.23. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin protein oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	165.659	6.470
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	26.453	9.299 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	98.802	34.733 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	12.002	4.219
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	3.888	1.367
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	20.949	7.364 *
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.271	0.095
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.325	0.466
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.023	0.008
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.905	0.318
Uyum Eksikliği	5	21.346	1.760
Genel	31		

\*\* : P<0.01

\* : P<0.05

Jelatinin protein oranı üzerinde NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon sıcaklığının lineer (P<0.01) ve interaksiyon (P<0.05) etkilerinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.21'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sonuçların asidik ekstraksiyon sonuçlarıyla paralellik gösterdiği, sıcaklığın artışıyla jelatin protein oranının da arttığı, maksimum protein oranının 82°C'de olduğu görülmektedir. Protein oranındaki sıcaklığa bağlı olan bu artış, asidik ekstraksiyonda açıklandığı gibi sıcaklığın artışıyla kollajen proteininin sulu çözeltide jelatine dönüşümünün artmasına bağlanmıştır. Nitekim protein oranı ile yaş jelatin verimi ve kuru madde bazında jelatin verimleri arasında önemli (P<0.01) derecede korelasyon (0.581 ve 0.563) tespit edilmiştir (EK C2).



Şekil 4. 21. Jelatin protein oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi

#### 4.2.2.5 Jelatinin Kül Oranı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin kül oranı (%) üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 1.6665 - 1.6520X_1 - 1.4770X_2 - 0.3515X_3 + 1.3532X_1^2 + 1.9665X_1X_2 + 0.9513X_2^2 + 0.5701X_1X_3 + 0.6855X_2X_3 - 0.014443X_3^2$$

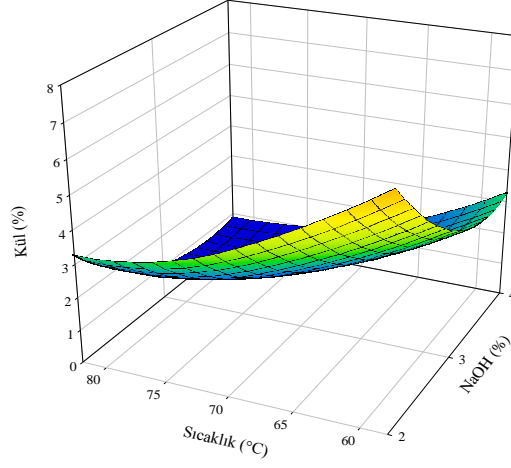
Uygulanan faktörlerin jelatin kül oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.24. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	126.042	6.447
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	41.240	18.986 **
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	32.969	15.178 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.867	0.859
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	8.148	3.751
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	29.840	13.737 **
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.027	1.854
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	2.508	1.154
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	3.626	1.669
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.001	0.0004
Uyum Eksikliği	5	7.505	0.633
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatin kül oranı üzerinde NaOH konsantrasyonunun, ekstraksiyon sıcaklığının ve iki faktörün interaksiyon etkilerinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Sekil 4.22’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon sıcaklığının artışıyla kül oranının (%) düştüğü görülmektedir. Bu sonuçlar asidik ekstraksiyon ile benzerlik göstermektedir. Sıcaklığın jelatinin kül oranı üzerine olan etkilerine ilişkin açıklamalar asidik ekstraksiyon kısmında bildirilmiştir. Özellikle kemik gibi mineral madde oranı yüksek materyallerden jelatin eldesi amaçlanıyorsa ekstraksiyon öncesi ön işlem sırasındaki yeterli bir temizlik ve demineralizasyon yapılması gerektiği bildirilmektedir (Rammaya vd. 2012, Shakila vd. 2012). Yapılan başka bir çalışmada (Yang ve Shu, 2014) domuz derisinden alkali, asidik, enzimatik ve hibrit (üç metodun birbiri ile olan farklı kombinasyonları) olmak üzere farklı ön işlemler sonucu elde edilen kollajenler karşılaştırılmış, sonuçta alkali yöntemde elde edilen kollajenin kül miktarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 22. Jelatin kül oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi

#### 4.2.2.6 Jelatinin Hidroksiprolin Oranı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin hidroksiprolin oranı (%) üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 5.36049 + 0.1683X_1 + 0.2085X_2 + 0.0733X_3 - 0.2244X_1^2 - 0.0778X_1X_2 + 0.0807X_2^2 + 0.0470X_1X_3 + 0.1416X_2X_3 - 0.1305X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin Hidroksiprolin oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

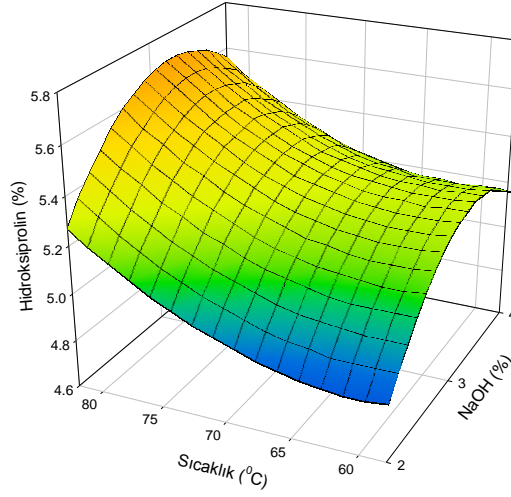
Çizelge 4.25. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin hidroksiprolin oranı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	1.724	1.262
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	0.428	2.820
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	0.656	4.327 *
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.081	0.536
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.224	1.476
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.046	0.308
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.029	0.191
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.017	0.112
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.154	1.020
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.075	0.499
Uyum Eksikliği	5	1.251	2.038
Genel	31		

\*: P<0.05

Jelatin hidroksiprolin oranı üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkisinin önemli (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.23'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde asidik ekstraksiyonda olduğu gibi sıcaklığın artışıyla hidroksiprolin oranının (%) da arttığı, görülmektedir. Hidroksiprolin oranındaki bu artış, sıcaklığın etkisiyle jelatin protein oranındaki artışa bağlanmıştır. Nitekim hidroksiprolin oranı ile jelatin protein oranı arasında önemli (P<0.01) bir korelasyon (0.452) tespit edilmiştir (Ek C.2). Her iki ekstraksiyon yöntemi bu parametre bakımından karşılaştırıldığında alkali ekstraksiyonun asidik ekstraksiyona kıyasla daha yüksek % hidroksiprolin oranı sağladığı ifade edilebilir. Bu farklılığın alkali ekstraksiyonda materyalde bulunan kollajenin jelatine daha iyi dönüşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.





Şekil 4. 23. Jelatin hidroksiprolin oranı üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi

#### 4.2.2.7 Jelatinin L\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin L\* değeri üzerindeki etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 60.5640 - 1.6287X_1 + 2.4396X_2 + 1.3580X_3 + 2.3824X_1^2 - 2.9442X_1X_2 + 1.1791X_2^2 + 0.7686X_1X_3 + 0.393X_2X_3 - 0.9150X_3^2$$

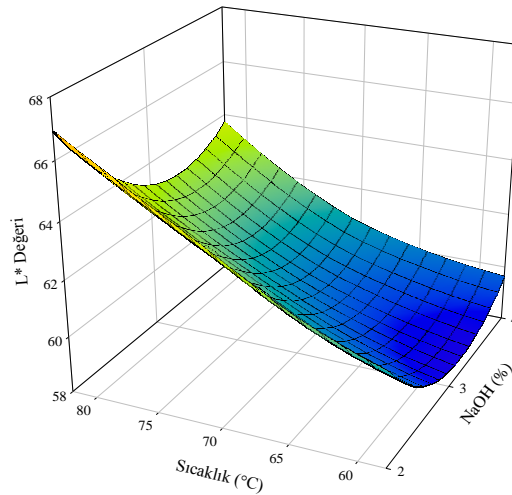
Uygulanan faktörlerin jelatin L\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin L\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	266.210	2.218
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	40.087	3.006
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	89.938	6.746 *
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	27.870	2.090
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	25.256	1.894
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	66.885	5.017 *
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	6.1864	0.464
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	4.558	0.341
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.191	0.089
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	3.725	0.279
Uyum Eksikliği	5	103.580	1.856
Genel	31		

\*: P<0.05

Jelatin L\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkisinin, NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon sıcaklığının interaksiyon etkilerinin önemli (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.24'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklık arttıkça parlaklığı ifade eden L\* değerinin de arttığı, bu etkinin özellikle 70°C' den sonra yükseldiği görülmektedir. Sıcaklığın jelatin L\* değeri üzerine etkisine ilişkin açıklamalar asidik ekstraksiyon kısmında verilmiştir.



Şekil 4. 24. Jelatin L\* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve NaOH konsantrasyonunun etkisi

#### 4.2.2.8 Jelatinin (-) a\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin (-) a\* değeri üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = -0.835011 + 0.0526X_1 + 0.1487X_2 - 0.1058X_3 - 0.1673X_1^2 + 0.3095X_1X_2 - 0.04154X_2^2 - 0.1038X_1X_3 + 0.14586X_2X_3 + 0.0063X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin (-) a\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin a\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	1.675	0.738
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	0.041	0.166
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	0.334	1.326
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.169	0.672
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.124	0.494
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.739	2.933
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.007	0.030
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.083	0.330
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.164	0.651
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.0002	0.0007
Uyum Eksikliği	5	1.780	1.608
Genel	31		

Uygulanan faktörlerin jelatinin, yeşil rengi ifade eden (-) a\* değeri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.27).

#### 4.2.2.9 Jelatinin b\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin b\* değeri üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 8.699 - 0.639X_1 + 1.271X_2 + 1.153X_3 + 0.574X_1^2 + 0.093X_1X_2 + 0.918X_2^2 + 0.461X_1X_3 - 0.294X_2X_3 + 0.198X_3^2$$

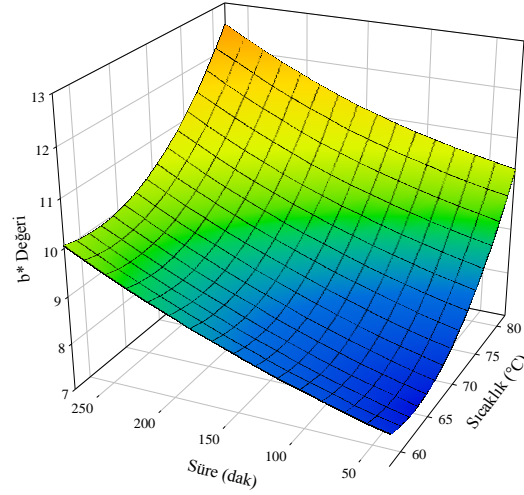
Uygulanan faktörlerin jelatin b\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin b\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	59.573	3.779
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	6.173	3.524
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	24.423	13.945 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	20.093	11.471 **
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	1.468	0.838
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.067	0.038
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	3.748	2.139
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	1.641	0.937
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.668	0.381
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.175	0.1002
Uyum Eksikliği	5	8.175	0.916
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatin b\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının ve süresinin lineer etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.28). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.25’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklık ve sürenin artışıyla jelatinin sarı rengi ifade eden b\* değerinin de yükseldiği, b\* değeri üzerinde sıcaklığın etkisinin, süreye kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar jelatin b\* değeri bakımından asidik ekstraksiyon sonuçlarından farklılık arz etmektedir. Asidik ekstraksiyonda sıcaklığın b\* değeri üzerinde negatif bir etkisi bulunurken alkali ekstraksiyonda pozitif bir etki göstermiştir. Rammaya ve ark. (2012), tavuk mekanik kıyma posasından alkali ön işlem sonrası farklı sıcaklıklarda (60°C, 70°C ve 80°C) ekstraksiyon işlemi uygulayarak elde ettikleri jelatinlerinde sıcaklığının artmasıyla b\* değerinin de arttığını bildirmişlerdir. Khiari vd. (2011) yaptıkları çalışmada ise ön işlem aşamasında asetik asit kullanılan jelatinlerin b\* değerleri daha yüksek bulunmuş ve sarılığın arttığı tespit edilmiştir. Bu etki, asetik asit solüsyonu pH’sının diğerlerinden daha yüksek olmasına bağlanmış ve ön işlem aşamasındaki pH’nın jelatin rengini etkilediği sonucuna varılmıştır. Zhang vd. (2007), balık jelatini üzerine yaptıkları çalışmada ekstraksiyon öncesi asidik ön işlem ile elde edilen jelatinlerin saydam, alkali ön işlem ile elde edilen jelatinlerin renginin ise koyu renkli olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4. 25. Jelatin b\* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.2.2.10 Jelatinin C\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin C\* değeri üzerindeki etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 8.871 - 0.784X_1 + 1.431X_2 + 1.012X_3 + 0.432X_1^2 + 0.301X_1X_2 + 0.765X_2^2 + 0.177X_1X_3 - 0.057X_2X_3 - 0.048X_3^2$$

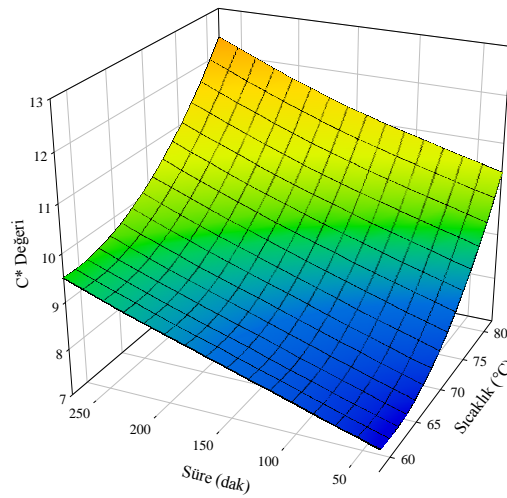
Uygulanan faktörlerin jelatin C\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'de verilmiştir.

Çizelge 4.29 NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin; jelatin C\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	60.679	3.982
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	9.286	5.484 *
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	30.932	18.269 **
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	15.5002	9.155 **
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.834	0.492
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.697	0.412
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	2.6008	1.536
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.242	0.143
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.026	0.015
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.0102	0.006
Uyum Eksikliği	5	8.524	1.009
Genel	31		

\*: P<0.05, \*\*: P<0.01

Jelatin C\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının ve süresinin lineer etkisinin önemli (P<0.01), NaOH konsantrasyonu lineer etkisinin önemli (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.29). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.26'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde b\* değerine ait üç boyutlu grafiğe benzer olduğu, sıcaklık ve sürenin artışıyla jelatinin renk doygunluğunu ifade eden C\* değerinin yükseldiği görülmektedir. Nitekim C\* değeri ve b\* değeri arasında çok önemli (P<0.01) derecede korelasyon (0.962) olduğu tespit edilmiştir (Ek C.2).



Şekil 4. 26. Jelatin C\* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.2.2.11 Jelatinin h\* Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin h\* değeri üzerindeki etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 96.266 + 0.435X_1 - 1.917X_2 - 0.932X_3 - 0.068X_1^2 - 0.546X_1X_2 - 1.001X_2^2 + 0.902X_1X_3 - 0.541X_2X_3 - 0.843X_3^2$$

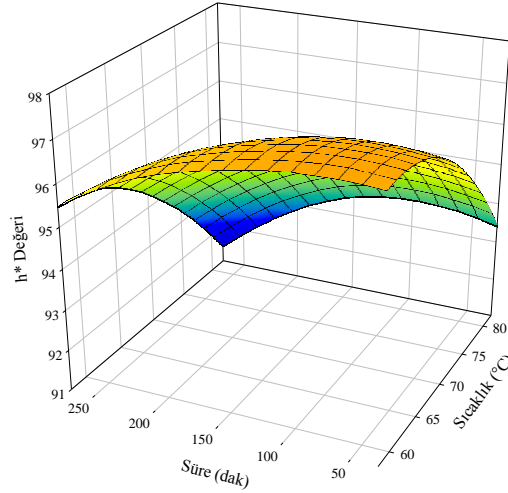
Uygulanan faktörlerin jelatin h\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30'de verilmiştir.

Çizelge 4.30. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin h\* değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	91.388	0.916
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	2.862	0.258
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	55.552	5.010 *
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	13.135	1.185
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.021	0.002
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	2.3002	0.208
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.459	0.402
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	6.283	0.567
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	2.260	0.204
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	3.163	0.285
Uyum Eksikliği	5	33.373	0.539
Genel	31		

\*: P<0.05

Jelatin h\* değeri üzerinde ekstraksiyon sıcaklığının lineer etkisinin önemli (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Bu parametreye ait üç boyutlu grafik Şekil 4.27' de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklığın artışıyla jelatinin renk tonunu ifade eden h\* değerinin düştüğü görülmektedir. Nitekim C\* değeri ve h\* değeri arasında önemli (P<0,01) derecede negatif bir korelasyon (- 0.621) olduğu tespit edilmiştir (Ek C.2). Sıcaklığın etkisiyle h\* değerinin düşüşü, C\* değerindeki artışa bağlanmıştır.



Şekil 4. 27. Jelatin h\* değeri üzerine ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi

#### 4.2.2.12 Jelatinin Bloom Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin bloom değeri üzerine etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 1028.057 - 19.831X_1 - 13.785X_2 + 76.370X_3 - 399.259X_1^2 + 122.810X_1X_2 + 24.699X_2^2 - 322.678X_1X_3 - 47.1105X_2X_3 - 245.226X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31' de verilmiştir.

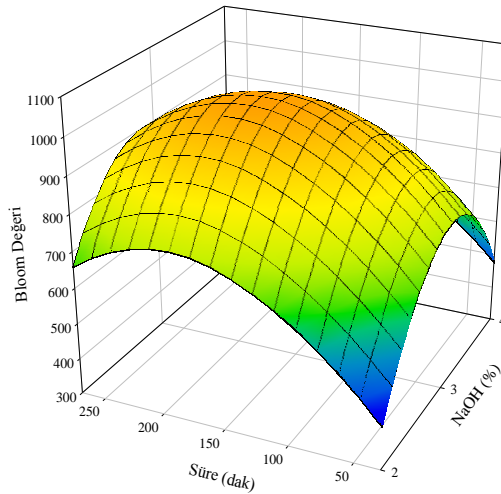
Çizelge 4.31. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin bloom değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	2137360.0	5.358
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	5942.76	0.134
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	2871.40	0.065
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	88134.63	1.988
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	709325.95	16.002 **
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	116374.79	2.625
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	2714.63	0.061
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	803405.98	18.125 **
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	17124.99	0.386
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	267588.91	6.037 *
Uyum Eksikliği	5	292804.86	1.459
Genel	31		

\*: P<0.05, \*\*: P<0.01



Çizelge 4.31 incelendiğinde jelatin bloom (jel sertliği) değeri üzerinde NaOH konsantrasyonu kuadratik etkisinin, NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin interaksiyon etkisinin önemli ( $P<0.01$ ) olduğu; ayrıca ekstraksiyon süresinin kuadratik etkisinin önemli ( $P<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.28’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek bloom değerinin yaklaşık %3 NaOH konsantrasyonunda ve 150. dakikada gerçekleştiği, bu değerlerin üzerinde bloom değerinin düştüğü görülmektedir. Bu sonuç, alkali ekstraksiyonda kollajenin kısmi hidrolizi amacıyla optimum NaOH konsantrasyonunun yaklaşık %3, sürenin ise 150 dakika olduğunu; bu değerlerin üzerinde kollajenin molekülünün aşırı hidrolizi sonucu oluşan küçük protein fraksiyonları nedeniyle bloom değerinin düştüğü ifade edilebilir. Anyonik jellerin kesme modülünün katyonik olan jellere kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu da jelatindeki  $-COO^-$  grupları ile  $Na^+$  arasındaki elektrostatik etkileşimin, jelatindeki  $NH_3$  grupları ile  $Cl^-$  iyonu arasındaki etkileşime kıyasla daha kolay oluşmasına bağlanmaktadır (Duconseille vd., 2015). Ninan vd. (2009) yaptıkları optimizasyon çalışmasında jel sertliği ve verim üzerinde en önemli etkinin NaOH konsantrasyonundan kaynaklandığı görülmüştür. Zhou ve Regenstein (2004) yaptıkları araştırmada  $OH^-$  konsantrasyonunun jel kuvveti üzerinde önemli ( $P<0.05$ ) bir etkisi bulunduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 4. 28. Jelatin bloom değeri üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi

#### 4.2.2.13 Jelatinin Viskozite Değeri

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin viskozite değeri üzerindeki etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

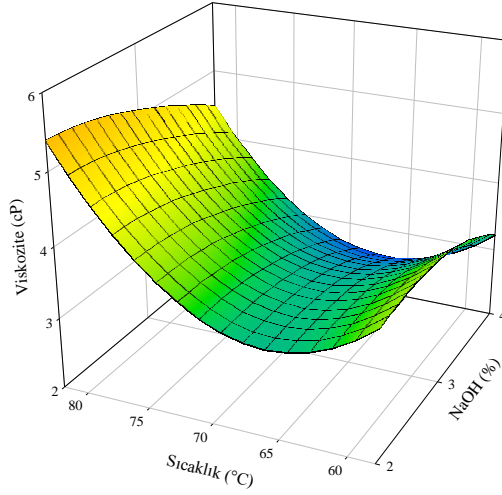
$$Y= 3.416 - 0.417X_1 + 0.713X_2 - 0.086X_3 - 0.205X_1^2 - 0.625X_1X_2 + 1.214X_2^2 - 0.877X_1X_3 - 0.158X_2X_3 - 0.463X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin viskozite değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32' de verilmiştir.

Çizelge 4.32. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin viskozite değeri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	26.653	1.597
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	2.629	1.411
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	7.681	4.123
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.111	0.060
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	0.188	0.1009
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	3.010	1.616
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	6.563	3.523
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	5.929	3.183
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.194	0.104
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.954	0.512
Uyum Eksikliği	5	3.2530	0.293
Genel	31		

Jelatinin viskozite değeri üzerinde değişkenlerin istatistiksel olarak önemli etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Viskozite parametresine ait üç boyutlu grafik Şekil 4.29'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde sıcaklığın artmasıyla jelatin viskozite değerinin de yükseldiğı, en düşük viskozite değerinin yaklaşık 70°C'de olduğı, en yüksek viskozite değerinin ise yaklaşık 82°C'de olduğı görülmektedir. Asidik ve alkali ekstraksiyonlar viskozite değeri bakımından karşılaştırıldığında asidik ekstraksiyon viskozite değerlerinin alkaliye kıyasla daha yüksek olduğı görülmektedir. Literatürde de genelde asidik ön işlem görmüş jelatinlerin, alkaliye kıyasla viskozite değerlerinin daha yüksek olduğı bildirilmektedir (Djagny vd.,2001). Zhou ve Regenstein (2004) yaptıkları araştırmada OH<sup>-</sup> konsantrasyonunun viskozite üzerinde önemli (P<0.05) bir etkisi bulunduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 4. 29. Jelatin vizkozite değeri üzerine NaOH kosaltrasyonu ve ekstraksiyon sıcaklığının etkisi

#### 4.2.2.14 Jelatinin Erime Sıcaklığı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatin erime sıcaklığı üzerindeki etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 32.774 - 0.743X_1 - 0.016X_2 + 0.015X_3 - 2.1004X_1^2 - 0.134X_1X_2 + 0.49X_2^2 - 0.9279X_1X_3 - 0.224X_2X_3 - 0.928X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin erime sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33. de verilmiştir.

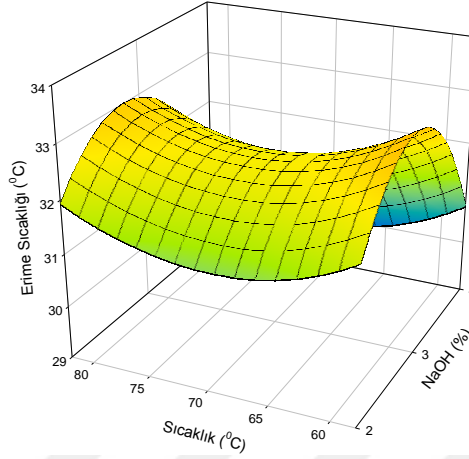
Çizelge 4.33. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin erime sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	41.320	1.962
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	8.348	3.568
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	0.004	0.002
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.003	0.001
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	19.631	8.390 **
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.139	0.059
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	1.088	0.465
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	6.643	2.839
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.388	0.166
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	3.831	1.638
Uyum Eksikliği	5	7.904	0.617
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatinin erime sıcaklığı üzerinde NaOH konsantrasyonu kuadratik etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.33). Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.30'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde NaOH konsantrasyonunun artışıyla erime sıcaklığının düştüğü, maksimum erime sıcaklığının ise yaklaşık %3.0 NaOH konsantrasyonunda olduğu görülmektedir. Asidik ekstraksiyonun aksine alkali ekstraksiyonda erime sıcaklığı üzerinde NaOH konsantrasyonu etkisinin, sıcaklık ve süreden fazla olduğu görülmüştür. Jelatin erime ve jelleşme dereceleri üzerinde, kimyasal ön işlem ve termal ekstraksiyon proseslerinin bir sonucu olan molekül ağırlık dağılımının önemli bir etkisi olduğu bildirilmektedir. Düşük molekül ağırlığındaki jelatin fraksiyonlarının, heliks yapıya dâhil olarak yüksek molekülleri bloke ettiği dolayısıyla fonksiyonel jel ağ yapısının oluşumunu bozduğu öne sürülmektedir (Eysturskarð vd., 2009). Bu çalışmada da NaOH konsantrasyonunun özellikle %3.0'ün üzerine çıkmasıyla erime sıcaklığının düşmesi; kollajenin hidrolizi sonucu düşük ağırlıktaki fraksiyonların oranının artmasına ve dolayısıyla fonksiyonel jel ağ yapının yeterli sertlikte oluşamamasına bağlanmıştır. Nitekim Eysturskarð vd. (2010b)'nin yaptıkları araştırmada, soğuk su balığı jelatinlerinde elastik modülü (G') değeri ile jelatinin içerdiği β-zincir ve yüksek molekül ağırlığındaki fraksiyonlar arasında pozitif bir korelasyon olduğu, buna karşın içerdiği düşük molekül ağırlığındaki fraksiyon oranı ve α-zincir oranı ile negatif bir korelasyon bulunduğu ortaya konmuştur. Diğer taraftan erime sıcaklığı ile

bloom ve vizkozite değerleri arasında önemli derecede ( $P<0.01$ ) bir korelasyon (0.791; 0.526) bulunduğu da bu çalışmada görülmüştür.



şekil 4. 30. Jelatin erime sıcaklığı zerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi

#### 4.2.2.15 Jelatinin Jelleşme Sıcaklığı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Y = 23.260 - 1.313X_1 + 0.197X_2 + 0.105X_3 - 3.642X_1^2 + 0.086X_1X_2 + 1.015X_2^2 - 1.832X_1X_3 - 0.264X_2X_3 - 1.750X_3^2$$

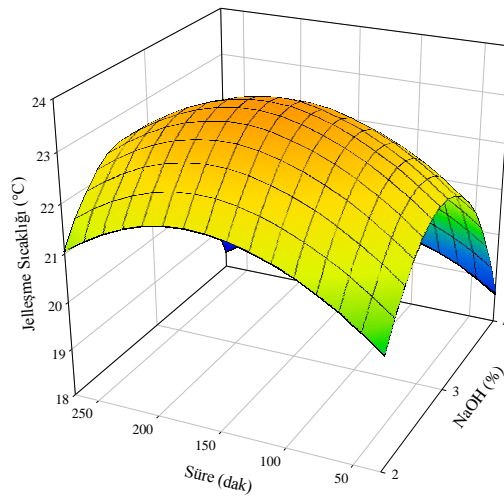
Faktörlerin jelatin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları izelge 4.34' te verilmiştir.

Çizelge 4.34. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin jelleşme sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	133.858	2.295
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	26.071	4.023
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	0.584	0.0902
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	0.167	0.026
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	59.038	9.110 **
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.056	0.0087
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	4.584	0.707
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	25.883	3.994
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	0.536	0.083
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	13.627	2.103
Uyum Eksikliği	5	22.004	0.621
Genel	31		

\*\* : P<0.01

Jelatin jelleşme sıcaklığı üzerinde, erime sıcaklığında olduğu gibi NaOH konsantrasyonu kuadratik etkisinin önemli (P<0.01) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.31’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek jelleşme sıcaklığının yaklaşık %3.0 NaOH konsantrasyonunda gerçekleştiği, NaOH konsantrasyonunun artışıyla jelleşme sıcaklığının düştüğü görülmektedir. Nitekim erime ve jelleşme sıcaklıkları arasında önemli derecede (P<0.01) bir korelasyon (0.969) bulunduğu da bu çalışmada tespit edilmiştir (Ek C.2).



Şekil 4. 31. Jelatin jelleşme sıcaklığı üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi

#### 4.2.2.16 Jelatinin Denatürasyon Sıcaklığı

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y = 54.856 - 0.095X_1 + 2.295X_2 - 0.304X_3 + 4.094X_1^2 - 0.150X_1X_2 + 3.594X_2^2 - 2.051X_1X_3 + 0.995X_2X_3 - 4.766X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Çizelge 4.35. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin denatürasyon sıcaklığı üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	335.932	0.391
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	0.137	0.001
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	79.598	0.834
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	1.395	0.015
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	74.593	0.782
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	0.174	0.0018
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	57.487	0.602
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	32.462	0.340
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	7.631	0.080
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	101.062	1.059
Uyum Eksikliği	5	327.4133	0.628
Genel	31		

Bu çalışmada asidik ekstraksiyonda olduğu gibi uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon sıcaklığı üzerinde istatistiksel olarak etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.35). Asidik ve alkali ekstraksiyonlar denatürasyon sıcaklığı bakımından karşılaştırıldığında ise yaklaşık aynı sıcaklık değerleri gösterdikleri görülmüştür.

#### 4.2.2.17 Jelatinin Denatürasyon Enerjisi

Yanıt Yüzey Yöntemine göre uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon enerjisi üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$Y= 724.8664 - 0.384X_1 - 32.195X_2 + 70.343X_3 - 131.149X_1^2 - 8.683X_1X_2 + 38.849X_2^2 + 11.399X_1X_3 + 26.006X_2X_3 + 35.464X_3^2$$

Uygulanan faktörlerin jelatin denatürasyon enerjisi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir.

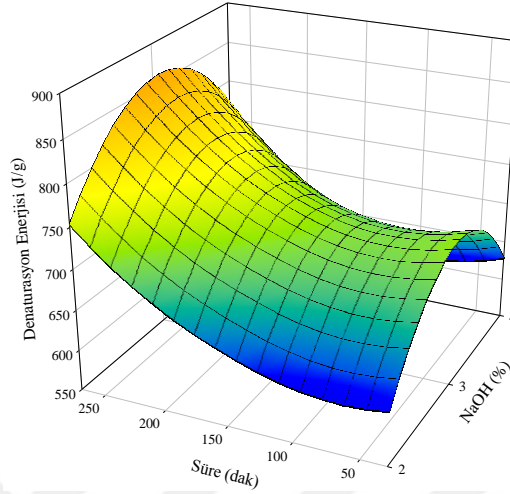
Çizelge 4.36. NaOH konsantrasyonu, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinin jelatin denatürasyon enerjisi üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	K.O.	F
Model	9	178981.55	0.709
X <sub>1</sub> (NaOH konsantrasyonu, %)	1	2.224	0.0001
X <sub>2</sub> (Ekstraksiyon sıcaklığı, °C)	1	15662.581	0.558
X <sub>3</sub> (Ekstraksiyon süresi, dk.)	1	74771.733	2.665
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	1	76535.770	2.728
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	1	581.774	0.0207
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	1	6715.719	0.239
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	1	1002.672	0.034
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	1	5218.618	0.186
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	1	5596.389	0.199
Uyum Eksikliği	5	104671.07	0.694
Genel	31		

Bu çalışmada uygulanan faktörlerin jelatinin denatürasyon enerjisi üzerinde istatistiksel olarak etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Bu parametreye ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.32'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde sürenin artışıyla denatürasyon enerjisinin de yükseldiği görülmektedir. Asidik ekstraksiyonda denatürasyon enerjisi üzerinde HCl konsantrasyonu etkisi baskın durumdayken alkali ekstraksiyonda sürenin daha etkili olduğu görülmektedir. Literatürde jel oluşumu sırasında meydana gelen üçlü helikslerin uzunluklarının entalpiyi etkilediği; tek bir zincirin bukle yaparak kendi içerisinde heliks oluşturmuş olduğu yapının iki zincirin oluşturduğu heliks yapıya göre daha uzun olduğu ve oluşum enerjisinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Elharfaoui vd., 2007; Duconseille vd., 2015). Dolayısıyla alkali ekstraksiyonda sürenin uzamasıyla heliks



uzunluklarının artması sonucu denatürasyon enerjisinin de yükseldiği ifade edilebilir. Asidik ve alkali ekstraksiyonlar denatürasyon enerjisi bakımından karşılaştırıldığında ise yaklaşık aynı enerji değerleri gösterdikleri görülmüştür.



Şekil 4. 32. Jelatin denatürasyon enerjisi üzerine NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresinin etkisi

#### 4.2.2.18 SDS-PAGE Analiz Bulguları

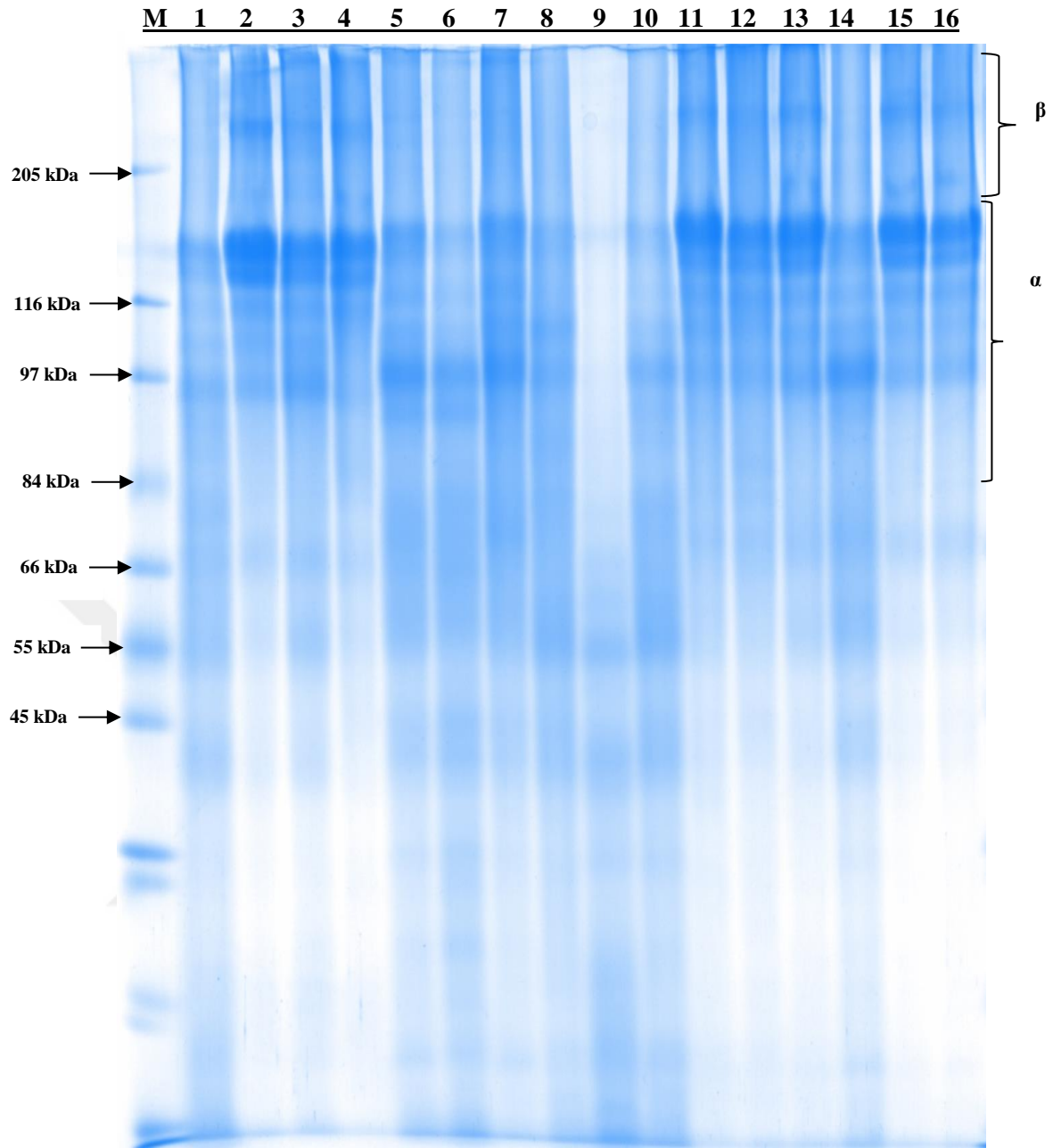
Tez çalışmasında alkali ekstraksiyonda elde edilen jelatin örneklerine ait SDS-PAGE protein bant profilleri şekil 4.33’de görülmektedir.

Şekil 4.33 incelendiğinde en yüksek yoğunluğa sahip  $\beta$ - zinciri protein fraksiyonlarının 2, 13 ve 16. örneklerde olduğu; bunları sırasıyla 4, 11 ve 15. örneklerin takip ettiği görülmektedir. Literatür incelendiğinde  $\beta$ - zincirleri ile jelatin viskozite ve erime/jelleşme sıcaklıkları arasında pozitif bir korelasyon bulunduğu belirtilmektedir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar da literatürü desteklemektedir. Özellikle  $\beta$ - zincirlerinin yüksek oranda olduğu 4, 11, 2, 11, 13 ve 16. örneklerin diğerlerine kıyasla erime/jelleşme sıcaklıklarının ve viskozite değerlerinin (Ek B.4) diğerlerine kıyasla genellikle yüksek olduğu görülmektedir.

Jelatin örnekleri  $\alpha$ -zinciri protein fraksiyonuna ait bantlar bakımından değerlendirildiğinde 6, 9 ve 10. Örnekler dışındaki tüm jelatinlerde  $\alpha$ -zincirlerinin gözlemlenebilir olduğu görülmektedir (Şekil 4.33). Literatür incelendiğinde  $\alpha$  -

zincirleri ile jelatin bloom değeri arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmektedir. Bu sonuçlarda literatürü desteklemektedir. 6, 9 ve 10. örneklerin bloom değerlerinin diğerlerine kıyasla daha düşük olduğu, en yüksek bloom değerlerine sahip 2, 11, 15 ve 16 nolu örneklerde ise  $\alpha$  – zincir oranlarının yüksek olduğu görülmektedir.

Molekül ağırlık dağılımı, jelatinin kaynağına ve uygulanan işlemin yoğunluğuna göre değişmektedir. Asidik ve alkali olmak üzere iki farklı ön işlem görülmüş A tipi ve B tipi jelatinler molekül ağırlık dağılımı bakımından karşılaştırıldığında, A tipi jelatinde 100 kDa ağırlığındaki fraksiyonların yüksek oranda bulunduğu, diğer fraksiyonların da geniş bir aralık gösterdiği; fakat B tipi jelatinde ise molekül ağırlığının 100 kDa bölgesinde yoğunlaştığı ve burada keskin bir pik oluşturduğu, diğer fraksiyonların ise dar bir aralıkta çok daha az bulunduğu bildirilmektedir (Ledward, 2000). Bu çalışmada elde edilen bulgular bu bakımdan paralellik göstermektedir. Şöyle ki asidik ekstraksiyonda  $\alpha$ -zinciri protein fraksiyonlarının belirgin olmakla beraber diğer protein fraksiyonlarının da geniş ölçüde bulunduğu, oysa alkali ekstraksiyonda protein bant profilleri incelendiğinde  $\alpha$ -zinciri protein fraksiyonlarına ait 100 kDa aralığında daha fazla yoğunluk bulunurken diğer fraksiyonların nispeten daha az olduğu görülmektedir. Diğer taraftan bu sonuç iki ekstraksiyonda elde edilen jelatinlerin bloom değerleri bakımından da desteklenmektedir. Nitekim literatürde 100 kDa aralığındaki protein fraksiyonları ile bloom değeri arasında korelasyon olduğu bildirilmektedir (Eysturskarð vd.,2010b, Karim ve Bhat, 2009, Ledward, 2000). Çünkü molekül ağırlığının heliks oluşumu üzerinde önemli bir etkisinin bulunduğu belirtilmektedir. Alt ünitelerin ve büyük ağırlıktaki moleküllerin heliks oluşumuna önleyici etkisi olduğu bildirilmektedir. Bu önleyici etki; büyük moleküllerin ( $\gamma$ ), lineer zincirler olmayıp yoğun şekilde dallı yapılar olmasına; alt ünitelerin ise bağlantı ve heliks oluşturabilmek için çok kısa oluşlarına bağlanmaktadır (Elharfaoui vd., 2007). Nitekim bu tez çalışmasında da alkali ekstraksiyon jelatin bloom değerlerinin asidik ekstraksiyon bloom değerlerin kıyasla daha yüksek oluşu,  $\alpha$ -zincirlerinin daha yoğun oluşuna bağlanmıştır.



Şekil 4. 33. Alkali ekstraksiyon SDS-PAGE jel görüntüsü

Bant	Muamele Koşulları	Bant	Muamele Koşulları
M	Protein Marker	9	%1.80 NaOH, 70°C, 150 dk
1	%2 NaOH, 60°C, 50 dk.	10	%4.2 NaOH, 70°C, 150 dk
2	%2 NaOH, 60°C, 250 dk	11	%3 NaOH, 58°C, 150 dk
3	%2 NaOH, 80°C, 50 dk	12	%3 NaOH, 82°C, 150 dk
4	%2 NaOH, 80°C, 250 dk	13	%3 NaOH, 70°C, 30 dk
5	%4 NaOH, 60°C, 50 dk	14	%3 NaOH, 70°C, 270 dk
6	%4 NaOH, 60°C, 250 dk	15	%3 NaOH, 70°C, 150 dk
7	%4 NaOH, 80°C, 50 dk	16	%3 NaOH, 70°C, 150 dk,
8	%4 NaOH, 80°C, 250 dk		

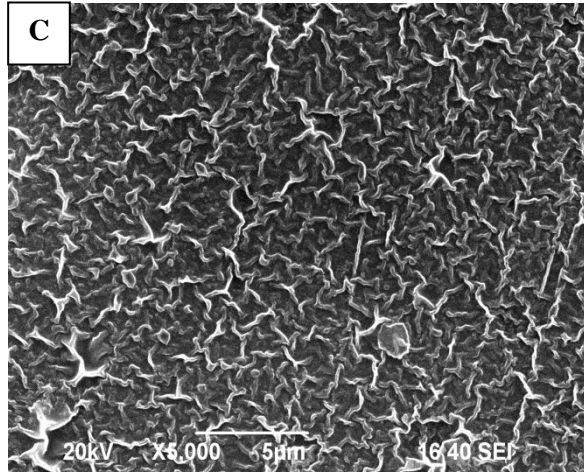
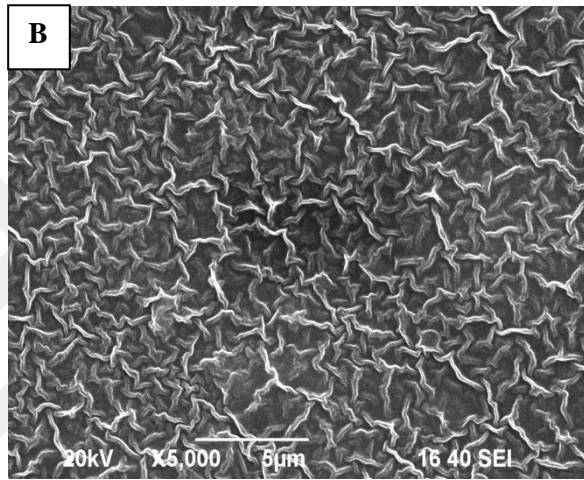
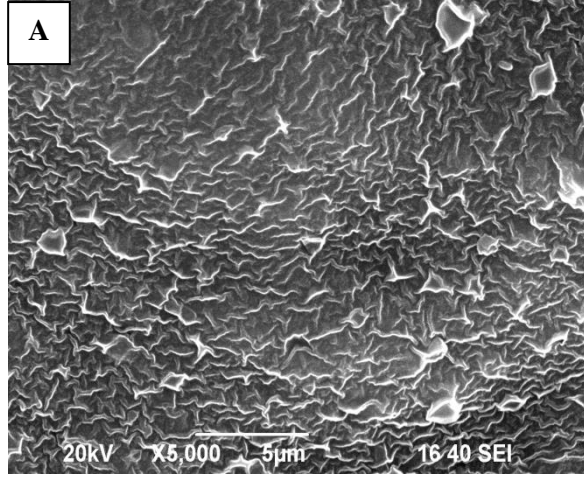
#### 4.2.2.19 Jelatinin Jel Mikro Yapılarının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri

Bu analizde alkali ekstraksiyonda belirlenmiş olan optimum koşullarda (%2.9 – 3.4 NaOH konsatrasyonu, 76-82°C ekstraksiyon sıcaklığı ve 105-183 dakika ekstraksiyon süresi) üretilmiş olan 12 nolu jelatin örneği (bloom 818), en düşük bloom değerine sahip 1 nolu jelatin örneği (bloom 281) ve piyasadan temin edilmiş olan sığır jelatini (Gelita, USA) jelleri SEM görüntüleri incelenmiştir. Bu örneklerle ilişkin SEM görüntüleri şekil 4.34'de verilmiştir.

1 nolu örneğe (bloom 281) ait SEM görüntüsü (Şekil 4.34 A) incelendiğinde daha düzensiz bir yapı olduğu, protein fraksiyonlarının 12. örnekte olduğu gibi birbirini içerisine girerek tam bir ağ yapısı oluşturmadığı görülmektedir. Nitekim 1 nolu örneğe ait reolojik özelliklerin de diğerlerine kıyasla düşük olduğu görülmektedir (Ek B.4).

12 nolu jelatin örneğine (Bloom 818) ait SEM görüntüsü (şekil 4.34 B) incelendiğinde ise protein fraksiyonları arasında daha üniform ve düzenli bir yapı olduğu, protein fraksiyonları arasında küçük ve düzenli boşluklar olduğu, daha sıkı bir ağ yapısı oluşturduğu görülmektedir. Literatür incelendiğinde jelatin jeli SEM görüntülerinde süngersi, sıkı, düzenli ve üniform bir ağ yapısının yüksek molekül ağırlığının bir göstergesi olduğu ve dolayısıyla bu yapının viskozite ve jel sertliği gibi jelatinin reolojik özelliklerini etkilediği; bu tür jellerin yüksek jel sertliği (bloom) ve viskozite değeri gösterdikleri bildirilmektedir (Du vd., 2013, Uriarte-Montoya vd., 2011, Kittiphattanabawon vd., 2010). Ayrıca jelatin jellerinin mikro yapısındaki boşlukların genişliği ve düzeni, jelin suyu bağlama yeteneğinin bir göstergesi olarak belirtilmektedir (Uriarte-Montoya vd., 2011). Nitekim 12 nolu örneğin mikro yapısı ve reolojik özelliklerinin yüksek oluşu bu literatür bilgisini desteklemektedir (Ek B.4).

Piyasadan temin edilmiş olan sığır jelatini örneğine (GELITA) ait SEM görüntüsü (Şekil 4.34 C) incelendiğinde ise 12 nolu örneğe benzer şekilde sıkı ve düzenli bir ağ yapının bulunduğu görülmektedir. Sonuç olarak bu tez çalışmasında optimum alkali ekstraksiyon koşullarında elde edilmiş jelatinin (13 nolu örnek) mikro yapı bakımından piyasada bulunan sığır jelatinine benzer olduğu ifade edilebilir.



Şekil 4. 34. Alkali ekstraksiyon jelatin örneklerine ait SEM görüntüleri.  
A) 1 nolu jelatin örneği B) 12 nolu jelatin örneği C) Sığır jelatini

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1 Asidik Ekstraksiyona Ait Sonuçlar

Asidik ekstraksiyona ait optimum ekstraksiyon sıcaklığı, HCl konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresi sırasıyla 72.5-77.7°C, % 5.5-7.7 ve 194-237 dakika olarak belirlenmiştir.

Jelatin verimi üzerinde en etkili faktörün ekstraksiyon sıcaklığı olduğu, kuru madde bazında en yüksek verimin (%13.45) 90°C , %3 HCl ve 250 dakika ekstraksiyon koşullarında olduğu tespit edilmiştir.

Jelatin bloom değeri üzerinde en etkili faktörlerin ekstraksiyon sıcaklığı ve HCl konsantrasyonu olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bloom değerinin yaklaşık 80-85°C ekstraksiyon sıcaklığında ve yaklaşık %6.5-7.0 HCl konsantrasyonunda elde edilebileceği, bu değerlerden sonra bloom değerinin düşmeye başladığı görülmüştür.

Jelatin L\*, b\* ve C\* değerleri üzerinde en etkili faktörün ekstraksiyon sıcaklığı olduğu, sıcaklığın yükselmesiyle L\* değerinin yükseldiği, b\* ve C\* değerlerinin ise düştüğü tespit edilmiştir.

Jelatin erime ve jelleşme sıcaklıkları üzerinde en etkili faktörün ekstraksiyon sıcaklığı olduğu, özellikle ekstraksiyon sıcaklığının artışıyla jelatin jelleşme sıcaklığının belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir.

### 5.2 Alkali Ekstraksiyona Ait Sonuçlar

Alkali ekstraksiyona ait optimum ekstraksiyon sıcaklığı, NaOH konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresi sırasıyla 76-82°C, %2.9 – 3.4 ve 105-183 dakika olarak belirlenmiştir. Belirlenmiş olan optimum şartlara 12 nolu muamele koşulları uymaktadır ve bu muameleye ait sonuçlar incelendiğinde (Ek B.3 ve B.4)

özellikle jelatinin reolojik kalite parametreleri bakımından piyasada bulunan domuz ve sığır jelatin özelliklerine yakın olduğu görülmüştür.

Jelatin verimi üzerinde en etkili faktörlerin ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi olduğu, ekstraksiyon sıcaklığının jelatin verimi üzerinde daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir. Kuru madde bazında en yüksek verimin (%15.34) 80°C, % 4 NaOH ve 250 dakika ekstraksiyon koşullarında olduğu görülmüştür.

Jelatin bloom değeri üzerinde en etkili faktörlerin ekstraksiyon süresi ve NaOH konsantrasyonu olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bloom değerinin yaklaşık %3.0 NaOH konsantrasyonunda ve 150. dakikada gerçekleştiği, bu değerlerin üzerinde bloom değerinin düştüğü görülmüştür.

Jelatin L\* parlaklık değeri üzerinde en etkili faktörün ekstraksiyon sıcaklığı olduğu, sıcaklığın yükselmesiyle L\* değerinin de yükseldiği; b\* ve C\* değerleri üzerinde en etkili faktörlerin ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi olduğu, sıcaklık ve sürenin yükselmesiyle b\* ve C\* değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Jelatin erime ve jelleşme sıcaklıkları üzerinde en etkili faktörün NaOH konsantrasyonu olduğu, en yüksek jelleşme sıcaklığının yaklaşık %3.0 NaOH konsantrasyonunda gerçekleştiği, NaOH konsantrasyonunun artışıyla erime ve jelleşme sıcaklıklarının düştüğü tespit edilmiştir.

Her iki ekstraksiyon yöntemi verim, protein oranı, hidroksiprolin oranı, bloom değeri ve L\* değeri bakımından karşılaştırıldığında, alkali ekstraksiyon değerlerinin yaklaşık olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Diğer taraftan her iki ekstraksiyon yöntemi erime sıcaklığı, vizkozite değeri, kül oranı ve b\* değeri bakımından karşılaştırıldığında ise asidik ekstraksiyon değerlerinin yaklaşık olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Her iki ekstraksiyon SDS-PAGE analiz bulguları bakımından karşılaştırıldığında alkali ekstraksiyonda  $\alpha$ -zincirine ait (~100 kDa) protein fraksiyonlarının asidik ekstraksiyona kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu fark, jelatinlerin bloom değerlerini de etkilemiştir. Nitekim alkali ekstraksiyonda elde

edilen jelatinlerin asidik ekstraksiyona kıyasla daha yüksek bloom (jel sertliği) değeri sağladığı tespit edilmiştir.

Her iki ekstraksiyon Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri bakımından karşılaştırıldığında alkali ekstraksiyonda elde edilen jelatinlerin, asidik ekstraksiyona kıyasla daha sıkı ve düzenli bir yapı oluşturduğu, fraksiyonlar arası ve ağ yapı içerisindeki boşlukların daha küçük olduğu görülmüştür. Nitekim alkali ekstraksiyonun asidik ekstraksiyona kıyasla daha yüksek bloom (jel sertliği) değeri sağladığı daha önce belirtilmiştir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında elde edilmiş olan veriler, özellikle reolojik kalite parametreleri bakımından MDM posasından elde edilecek tavuk jelatinin sığır ve domuz jelatinine alternatif olabileceğini göstermiştir.

### **5.3 Öneriler**

Dünyada ve özellikle ülkemizde jelatin ihtiyacının artması ve buna karşın mevcut kaynakların yetersiz kalması nedeniyle bu konuda farklı materyallerden jelatin üretimi ve üretim koşullarının hammaddeye göre optimizasyonu çalışmaları yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla bu tez çalışmasında tavuk MDM posası kullanılmıştır. Fakat kanatlı sanayinde MDM posası dışında yan ürün olarak rendering işlemine gönderilen tavuk/hindi kafası, kanat ucu, tavuk/hindi ayağı gibi materyaller bulunmaktadır ve bu materyaller jelatin üretim amacıyla araştırılabilir.

Diğer taraftan son yıllarda yenilebilir film ve kaplama materyali üzerine yapılan çalışmalarda jelatinin önemli bir materyal olduğu ve bir takım farklı bileşiklerle kombine edilerek olumlu sonuçlar alındığı görülmüştür. Ayrıca bu araştırmalar; sığır, domuz ve balık jelatinlerinden üretilen film ve kaplama materyallerinin de kaynağına bağlı olarak farklı sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla bu tez çalışmasında elde edilen tavuk jelatini, hidrokolloid özelliğindeki farklı bileşenler ile kombine edilerek film veya kaplama materyali üretilebilir, tavuk jelatininin bu konudaki avantaj ve dezavantajları araştırılabilir.



Son yıllarda kollajen/jelatin hidrolizatları ve insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri üzerine yapılan araştırmalar artmaktadır. Bu çalışmalarda jelatin hidrolizatlarının diğer hidrolizatlarda bulunan acımsı tat içermemesi sayesinde gıdalarda daha geniş kullanım alanı bulabileceği, ayrıca osteoporosis ve osteoarthritis gibi kemik hastalıklarına karşı önleyici olması nedeniyle de bir takım avantajlara sahip olduğu belirtilmektedir. Bu tez çalışmasında elde edilen tavuk jelatininden bir sonraki aşamada hidrolizat üretim koşulları araştırılabilir ve etkileri diğer hidrolizatlar ile karşılaştırılabilir.



## 6. KAYNAKLAR

Ahmad M, Benjakul S, Ovissipour M ve Prodpran T (2011) “Indigenous Proteases in The Skin of Unicorn Leatherjacket (*Alutherus monoceros*) and Their Influence on Characteristic and Functional Properties of Gelatin”, *Food Chem.*, 127:508–515.

Alfaro AT, Costa CS, Fonseca GG ve Prentice C (2009) “Effect of Extraction Parameters on the Properties of Gelatin from King Weakfish (*Macrodon ancylodon*) Bones”, *Food Science and Technology*, 15:6, 553-562.

AOAC International (2006), Official Method 990.26 Hydroxyproline in meat and meat products. Colorimetric Method.

Avena-Bustillos CW, Olsen DA, Chiou B, Yee E, Bechtel PJ ve McHugh TH (2006) “Water Vapor Permeability of Mammalian and Fish Gelatin Films”, *J. Food Sci.*, 71: 202-207.

Badii F ve Howell NK (2006) “Fish Gelatin: Structure, Gelling Properties and Interaction With Egg Albumen Proteins”, *Food Hydrocolloids*, 20: 630–640.

Benjakul S, Oungbho K, Visessanguan W, Thiansilakul Y ve Roytrakul S (2009) “Characteristics of Gelatin From the Skins of Bigeye Snapper, *Priacanthus Tayenus* and *Priacanthus Macracanthus*”, *Food Chemistry*, 116(2), 445–451.

Boran G ve Regenstein JM (2009) “Optimization of Gelatin Extraction From Silver Carp Skin”. *Journal of Food Science*, 74,8,E432-441.

Boran G, Lawless HT ve Regenstein JM (2010) “Effects of Extraction Conditions on the Sensory and Instrumental Characteristics of Fish Gelatin Gels”, *Journal of Food Science*, Vol. 75, Nr. 9.

Cheow CS, Norizah MS, Kyaw ZY ve Howell NK (2007) “Preparation and Characterisation of Gelatins From the Skins of Sin Croaker (*Johnius Dussumieri*) and Shortfin Scad (*Decapterus macrosoma*)”, *Food Chem*, 101: 386-391.

Coppola M, Djabourov M ve Ferrand M (2012) “Unified Phase Diagram of Gelatin Films Plasticized by Hydrogen Bonded Liquids”, *Polymer* 53: 1483-1493.

Du L, Khiari Z, Pietrasik Z ve Betti M (2013) “Physicochemical and Functional Properties of Gelatins Extracted From Turkey and Chicken Heads”, *Poultry Science*, 92: 2463–2474.

Djagny KB, Wang Z ve Xu S (2001) “Gelatin: A Valuable Protein for Food and Pharmaceutical Industries: Review”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6):481–492.

Duconseille A, Astruc T, Quintana N, Meersman F ve Sante-Lhoutellier V (2015) "Gelatin Structure and Composition Linked to Hard Capsule Dissolution: A Review", *Food Hydrocolloids*, 43: 360-376.

Elharfaoui N, Djabourov M ve Babel W (2007) "Molecular Weight Influence on Gelatin Gels: Structure, Enthalpy and Rheology", *Macromolecular Symposia*, 256, 149-157.

Eysturskarð J, Haug IJ, Ulset A ve Draget KI (2009) "Mechanical Properties of Mammalian and Fish Gelatins Based on Their Weight Average Molecular Weight and Molecular Weight Distribution", *Food Hydrocolloids* 23: 2315–2321.

Eysturskarð J (2010a) Mechanical Properties of Gelatin Gels; Effect of Molecular Weight and Molecular Weight Distribution, Doctoral thesis for the degree of Philosophiae Department of Biotechnology, Faculty of Natural Science and Technology at Norwegian University.

Eysturskarð J, Haug IJ, Ulset A, Joensen H ve Draget KI (2010b) "Mechanical Properties of Mammalian and Fish Gelatins as a Function of the Contents of  $\alpha$ -Chain,  $\beta$ -Chain, and Low and High Molecular Weight Fractions", *Food Biophysics*, 5: 9–16.

Fernandez-Diaz MD, Gomez-Guillen MC ve Montero P (2003) "Effect of Freezing Fish Skin on Molecular and Rheological Properties of Extracted Gelatin", *Food Hydrocolloids*, 17: 281-286

Fonkwe LG ve Singh RK (1997) "Production and Characterization of Gelatinous Protein Extracts From Turkey Deboned Residue" *Process Biochem*, 32:309–318.

Fratzl P (2008) Collagen Structure and Mechanics, Chapter:1 Edited by Fratzl P (Collagen: Structure and Mechanics, an Introduction). Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, e-ISBN: 978-0-387-73906-9, 505 p.

Gelatin Manufacturers of Europe (GME) (2000), Standardised methods for the testing of edible gelatin. Gelatin Monograph, version July 2000.

Giménez B, Gómez-Guillén MC ve Montero P (2005) "Storage of Fish Skins on Quality Characteristics of Extracted Gelatin", *Food Hydrocolloid*, 19: 958-963.

Gomez-Guillen MC, Perez-Mateos M, Gomez-Estaca J, Lopez-Cballero E, Gimenez B ve Montero MP (2009) "Fish Gelatin: A Renewable Material for Developing Active Biodegradable Films", *Trends in Food Science & Technology*, 3-16.

Gökalp HY, Kaya M, Tülek Y ve Zorba Ö (2010) Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu, beşinci baskı, Atatürk Üniversitesi Yayın no 751, Erzurum.

Gözükara EM (2001) Biyokimya, dördüncü baskı, Cilt 1, Nobel Tıp Kitabevleri, Syf.166.

Greaser ML, Yates LD, Krzywicki K ve Roelke DL (1983) “Electrophoretic Methods for the Separation and Identification of Muscle Proteins” American Meat Science Association. 87-91.

Haug IJ, Draget KI ve Smidsrød O (2004) “Physical and Rheological Properties of Fish Gelatin Compared to Mammalian Gelatin”, Food Hydrocolloid, 18: 203-213.

Hrynets Y, Omana DA, Xu Y ve Betti M (2011) “Comparative Study on the Effect of Acid- and Alkaline-Aided Extractions on Mechanically Separated Turkey Meat (MSTM): Chemical and Functional Properties of Recovered Proteins”, Process Biochem., 46:335–343.

Jamilah B ve Harvinder KG (2002) “Properties of Gelatins Fromskins of Fish–Black Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and Red Tilapia (*Oreochromis nilotica*)”, Food Chemistry, 77: 81–84.

Karayannakidis PD ve Zotos A (2014) “Fish Processing Byproducts as a Potential Source of Gelatin: A Review”, Journal of Aquatic Food Product Technology, DOI: 10.1080/10498850.2013.827767.

Karim AA ve Bhat R (2008) “Gelatin Alternatives for the Food Industry: Recent Developments, Challenges and Prospects”, Trends in Food Science & Technology 644-656.

Karim AA ve Bhat R (2009) “Fish Gelatin: Properties, Challenges, and Prospects as an Alternative to Mammalian Gelatins”, Food Hydrocolloids, 23, 563–576.

Kasankala LM, Xue Y, Weilong Y, Hong SD ve He Q (2007) “Optimization of Gelatin Extraction from Grass Carp (*Catenopharyngodon idella*) Fish Skin by Response Surface Methodology”, Bioresource Technol, 98: 3338-3343.

Khiari Z, Rico D, Martin-Diana AB ve Barry-Ryan C (2011) “The Extraction of Gelatine From Mackerel (*Scomber scombrus*) Heads with the Use of Different Organic Acids”, Journal of Fisheries Sciences, 5(1): 52-63.

Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Visessanguan W ve Shahidi F (2010) “Comparative Study on Characteristics of Gelatin From the Skins of Brownbanded Bamboo Shark and Blacktip Shark as Affected by Extraction Conditions”, Food Hydrocolloids, 24, 164–171.

Kołodziejska I, Skierka E, Sadowska M, Kołodziejski W ve Niecikowska C (2008) “Effect of Extracting Time and Temperature on Yield of Gelatin From Different Fish Offal”, Food Chem. 107:700-706.

Lasekan A, Bakar FA ve Hashim D (2013) “Potential of Chicken By-Products as Sources of Useful Biological Resources”, Waste Management, 33, 552–565.

Ledward DA (2000), Handbook of hydrocolloids, Chapter-4, Edited by G. O. Philips and P. A. Williams. UK. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, 450 pages

Liu HY, Li D ve Guo SD (2008) “Rheological Properties of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Gelatin From Fish Skins Preserved by Different Methods”, *Lebensm. Wiss. Technol* 41: 1425-1430.

Mohtar NF, Perera C ve Quek SY (2010) “Optimisation of Gelatine Extraction From Hoki (*Macruronus novaezelandiae*) Skins and Measurement of Gel Strength and SDS-PAGE”, *Food Chemistry*, 122 (2010) 307–313.

Mokrejs P, Langmaier F, Mladek M, Janacova D, Kolomaznik K ve Vasek V (2009) “Extraction of Collagen and Gelatine From Meat Industry By-Products for Food and Non Food Uses”, *Waste Management & Research*: 27: 31–37.

Munasinghe KA, Schwarz JG ve Nyame AK (2014) “Chicken Collagen from Low Market Value By-Products as an Alternate Source”, *Journal of Food Processing* 298-295.

Muyonga JH, Cole CGB ve Duodu KG (2004) “Characterisation of Acid Soluble Collagen From Skins of Young and Adult Nile Perch (*Lates niloticus*)”, *Food Chemistry*, 85(1), 81-89.

Nagarajan M, Benjakul S, Prodpran T, Songtipya P ve Kishimura H (2012) “Characteristics and Functional Properties of Gelatin from Splendid Squid (*Loligo formosana*) Skin as Affected by Extraction Temperatures”, *Food Hydrocolloids*, 29: 389-397.

Nalinanon S, Benjakul S, Visessanguan W ve Kishimura H (2008) “Improvement of Gelatin Extraction From Bigeye Snapper Skin Using Pepsin-Aided Process in Combination with Protease İnhibitor”, *Food Hydrocolloids*, 22: 615-622.

Nelson DL ve Cox MM (2005), *Lehninger: Biyokimyanın İlkeleri*. Çeviri Editörü: Prof. Dr. Nedret Kılıç, Palme Yayıncılık. Syf 173-174. ISBN:975-8982-18-4.

Ninan G, Joseph J, Zynudheen AA ve Geethalakshmi V (2009) “Optimisation of Gelatin Extraction from the Skin of Freshwater Carps by Response Surface Methodology”, *Fishery Technology*, 46(2),123-138.

Norziah MH, Al-Hassan A, Khairulnizam, AB, Mordi MN ve Norita M (2009) “Characterization of Fish Gelatin from Surimi Processing Wastes: Thermal Analysis and Effect of Transglutaminase on Gel Properties”, *Food Hydrocolloid*, 23: 1610-1616.

Rafieian F, Keramat J ve Kadivar M (2011) “Optimization of Gelatin Extraction From Chicken Deboner Residue Using RSM Method” *Journal of Food Science Technol*. DOI 10.1007/s13197-011-0355-7

Rammaya K, Ying VQ ve Babji AS (2012) “Physicochemical Analysis of Gelatin Extracted from Mechanically Deboned Chicken Meat (MDCM) Residue”, *International Journal of Food, Nutrition and Public Health*, 5:147–168.

Rivera JA, Sebranek JG, Rust RE ve Tabatabai LB (2000) “Composition and Protein Fractions of Different Meat by Products Used for Petfood Compared with Mechanically Separated Chicken (MSC)”, *Meat Sci.*, 55:53–59.

Sarbon NM, Badii F ve Howell NK (2013) “Preparation and Characterisation of Chicken Skin Gelatin as an Alternative to Mammalian Gelatin”, *Food Hydrocolloids*, 30: 143-151.

Schrieber R ve Gareis H (2007), *Gelatin Handbook*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim.

Shakila RJ, Jeevithan E, Varatharajakumar A, Jeyasekaran G ve Sukumar D (2012) “Functional Characterization of Gelatin Extracted From Bones of Red Snapper and Grouper in Comparison with Mammalian Gelatin”, *Food Science and Technology*, 48, 30-36.

Tosh SM, Marangoni AG, Hallett FR ve Britt IJ (2003) “Aging dynamics in gelatin gel microstructure”, *Food Hydrocolloid*, 17: 503-513.

Uriarte-Montoya MH, Santacruz-Ortega H, Cinco-Moroyoqui FJ, Rouzaud-Sández O, Plascencia-Jatomea M ve Ezquerro-Brauer JM (2011) “Giant Squid Skin Gelatin: Chemical Composition and Biophysical Characterization”, *Food Research International* 44: 3243–3249.

Wasswa J, Tang J ve Gu X (2007) “Utilization of Fish Processing Byproducts in the Gelatin Industry”, *Food Rev. Int.*, 23: 159-174.

Yang H ve Shu Z (2014) “The Extraction of Collagen Protein From Pigskin”, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(2):683-687.

Yetim H (2011), Jelatin üretimi, özellikleri ve kullanımı, Sözlü bildiri 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım 2011, 86-94.

Zhou P ve Regenstein JM (2004) “Optimization of Extraction Conditions for Pollock Skin Gelatin”, *J. Food Sci.*, 69: C393-C398.

Zorba Ö (1995), Taze ve Dondurulmuş Sığır Et Protein Fraksiyonlarının Çeşitli Emülsiyon Özellikleri, Protein Çözünürlüğü ve Elektroforetik Özellikleri Üzerine Isıl İşlem Sıcaklığı Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.



# **EKLER**

## 7. EKLER

### EK A.1 Asidik Ekstraksiyon İşlem Basamakları

#### Örnek Hazırlık

(Materyal parçalayıcıda parçalanır, tartılır ve 1:2 materyal/saf su oranında 35°C su banyosunda bekletilerek yağ ve kan gibi unsurlardan temizlendikten sonra akar suda yıkanarak iki kat tülbentten süzülür)



#### Kollajen dışındaki Protein ve Diğer Safsızlıkların Uzaklaştırılması

(Materyal 1:4 posa/çözelti oranında %1 NaCl çözeltisinde 30 dakika, pH 10.5-10.7 aralığında bekletilir)

#### Akar Suda Yıkama ve Süzme

#### Hidroliz

(Süzülen posa 1:2 posa/çözelti oranında Çizelge 3.2'de belirtilen konsantrasyonlarda HCl çözeltisinde 48 saat oda sıcaklığında bekletilir)

#### Akar Suda Yıkama ve Süzme

(Posa yıkanır ve pH değeri 4.0'e gelene kadar 1 N NaOH çözeltisi ile ayarlanır)

#### Ekstraksiyon

(Posa üzerine 1:3 posa/su oranı olacak şekilde saf su eklenir, Çizelge 3.2'de belirtilen sıcaklık ve sürelerde su banyosunda bekletilir)

#### Jelatin Solüsyonu Eldesi

#### Santrifüj

(Jelatin solüsyonu 10.000 xg hızda, 30 dakika 25°C'de santrifüj edilir)

#### Demineralizasyon

(Jelatin solüsyonu içerisine 2.5 g reçine/50 ml solüsyon oranında reçine eklenir ve 20 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılır)

#### Süzme

(Jelatin solüsyonu Buchner hunisinde, Whatman no:4 filtre kağıdından süzülür)

#### Kurutma

(Jelatin solüsyonu cam kaplara konularak 42°C'de fanlı kurutucuda kurutulur)



## EK A.2 Alkali Ekstraksiyon İşlem Basamakları

### Örnek Hazırlık

(Materyal parçalayıcıda parçalanır, tartılır ve 1:2 materyal/saf su oranında 35°C su banyosunda bekletilerek yağ ve kan gibi unsurlardan temizlendikten sonra akar suda yıkanarak iki kat tülbentten süzülür)



### Demineralizasyon

(Yıkayıp süzülen posa 1:3 posa/saf su oranında %3'lük HCl çözeltisinde, 10°C'de 24 saat bekletilir)



### Akar Suda Yıkama ve Süzme



### Hidroliz

(Süzülen posa, 1:4 posa/çözelti oranında Çizelge 3.4' te belirtilen NaOH konsantrasyonlarındaki çözeltilerde oda sıcaklığında 48 saat bekletilir)



### Akar Suda Yıkama ve Süzme



### Ekstraksiyon

(Süzülen posa, Çizelge 3.4'de belirtilen sıcaklık ve sürelerde 1:3 materyal/saf su oranında su banyosunda bekletilir)



### Jelatin Solüsyonu Eldesi



### Santrifüj

(Jelatin solüsyonu 5.000 xg hızda, 30°C'de 30 dakika santrifüj edilir)



### Kurutma

(Jelatin solüsyonu cam kaplarda fanlı kurutucuda 42°C'de kurutulur)

### EK B.1 Asidik Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama Değerler

Kombinasyon No	HCl (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Yaş Jelatin Verimi (%)	Jelatin Verimi (KM üzerinden) (%)	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	Hidroksiprolin (%)	pH
1	3	60	50	0,92	2.10	9.42	57.29	7.59	3.80	4,95
2	3	60	250	1.15	2.59	10.46	64.90	7.51	4.15	5,08
3	3	90	50	3.05	6.80	10.93	73.74	4.42	4.62	5,06
4	3	90	250	6.02	13.45	11.06	77.84	3.25	4.57	4,69
5	8	60	50	0.58	1.34	7.80	67.47	5.14	4.31	4,54
6	8	60	250	0.67	1.54	7.96	69.48	4.91	4.59	4,59
7	8	90	50	1.92	4.40	8.99	75.84	1.41	5.19	4,71
8	8	90	250	4.55	10.28	10.06	79.80	1.03	5.42	5,20
9	2.5	75	150	1.84	4.16	10.09	71.53	6.99	4.51	5,09
10	8.5	75	150	1.05	2.45	7.13	72.38	3.02	4.47	4,91
11	5.5	57	150	0.44	1.05	4.91	57.38	5.38	4.21	4,60
12	5.5	93	150	3.69	8.43	8.81	79.04	1.26	4.92	5,24
13	5.5	75	30	1.45	3.39	6.59	74.31	2.35	4.23	4,51
14	5.5	75	270	2.46	5.65	7.88	75.49	1.68	4.50	4,83
15	5.5	75	150	2.09	4.79	8.13	73.87	1.70	4.29	4,60
16	5.5	75	150	1.97	4.53	7.85	69.88	1.98	5.03	4,74

**EK B.1 Asidik Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama Değerler (Devamı)**

Kombinasyon No	HCl (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Renk Değerleri				
				L*	a*	b*	C*	h*
1	3	60	50	54.33	-1.54	19.36	19.43	94.55
2	3	60	250	48.92	-1.55	15.45	15.56	97.73
3	3	90	50	48.66	-1.90	9.38	10.04	101.12
4	3	90	250	59.72	-0.64	13.10	13.10	93.40
5	8	60	50	54.66	-1.58	16.83	16.90	95.51
6	8	60	250	47.77	-0.42	20.35	20.37	91.53
7	8	90	50	57.48	-2.10	15.23	15.38	98.23
8	8	90	250	59.25	-1.85	13.71	13.67	97.71
9	2.5	75	150	51.49	-1.70	13.79	13.90	97.07
10	8.5	75	150	49.57	-1.31	17.40	17.45	94.47
11	5.5	57	150	63.89	2.21	25.53	25.77	89.89
12	5.5	93	150	60.48	-1.70	17.52	17.61	95.55
13	5.5	75	30	51.32	-1.57	16.14	16.23	95.77
14	5.5	75	270	51.77	-1.67	13.34	13.45	97.19
15	5.5	75	150	52.79	-1.52	15.23	15.30	95.82
16	5.5	75	150	51.18	-2.02	12.89	13.05	99.14

## EK B.2 Asidik Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Reolojik Özelliklerine Ait Ortalama Değerler

Kombinasyon No	HCl (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Bloom (g)	Viskozite (cP)	Erime Sıcaklığı (°C)	Jelleşme Sıcaklığı (°C)	Denatürasyon Sıcaklığı (°C)	Denatürasyon Enerjisi (J/g)
1	3	60	50	67.38	2.27	33.13	19.74	55.79	683.54
2	3	60	250	498.15	5.81	34.02	22.84	60.76	721.63
3	3	90	50	760.12	3.85	34.08	24.89	55.99	630.87
4	3	90	250	549.78	5.27	32.94	22.76	64.81	786.51
5	8	60	50	539.17	6.26	33.52	21.70	59.13	717.16
6	8	60	250	813.22	4.41	34.98	23.72	59.73	531.37
7	8	90	50	787.20	5.84	33.77	23.71	59.05	677.89
8	8	90	250	515.00	5.98	32.17	22.10	67.85	653.54
9	2.5	75	150	711.97	5.48	34.10	23.69	57.38	766.93
10	8.5	75	150	651.38	3.03	32.98	22.21	52.63	669.17
11	5.5	57	150	558.38	3.38	32.59	20.94	53.04	728.06
12	5.5	93	150	639.00	6.19	33.04	23.01	56.64	781.06
13	5.5	75	30	859.20	13.60	35.86	25.17	63.78	693.94
14	5.5	75	270	695.11	5.20	32.87	22.32	52.84	710.36
15	5.5	75	150	763.70	6.02	34.09	23.67	54.00	737.15
16	5.5	75	150	816.30	6.50	34.53	24.51	55.87	777.06

### EK B.3 Alkali Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama Değerler

Kombinasyon No	NaOH (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Yaş Jelatin Verimi (%)	Jelatin Verimi (%) (K.M. üzerinden)	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)	Hidroksiprolin (%)	pH
1	2.0	60	50	1.80	4.05	10.24	72.77	9.31	4.69	5,82
2	2.0	60	250	2.18	4.89	10.40	74.63	5.77	4.71	6,27
3	2.0	80	50	2.94	6.61	10.34	80.24	1.84	5.05	5,88
4	2.0	80	250	4.13	9.24	10.85	82.33	2.20	5.24	6,53
5	4.0	60	50	5.27	11.79	10.78	78.30	1.75	5.19	5,86
6	4.0	60	250	5.56	12.46	10.78	79.09	1.79	5.11	6,16
7	4.0	80	50	6.01	13.75	8.79	81.27	1.73	5.10	5,61
8	4.0	80	250	6.71	15.34	8.94	82.13	1.69	5.65	5,38
9	1.8	70	150	2.24	5.16	8.29	78.87	4.19	5.28	5,60
10	4.2	70	150	5.95	13.53	9.49	79.83	1.84	5.42	5,86
11	3.0	58	150	3.27	7.44	9.47	79.21	3.54	5.43	5,48
12	3.0	82	150	5.43	12.29	9.79	80.88	1.68	5.88	5,86
13	3.0	70	30	3.87	8.77	10.02	78.80	1.64	5.46	6,05
14	3.0	70	270	4.33	9.80	10.04	80.87	1.65	5.44	6,27
15	3.0	70	150	4.16	9.36	10.36	79.72	1.81	4.79	6,21
16	3.0	70	150	4.36	9.87	9.76	79.70	1.54	5.26	6,17

**EK B.3 Alkali Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Fizikokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama Değerler (Devamı)**

Kombinasyon No	NaOH (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Renk Değerleri				
				L*	a*	b*	C*	h*
1	2.0	60	50	59.64	-1.05	8.23	8.16	97.32
2	2.0	60	250	58.38	-1.03	9.84	9.90	96.06
3	2.0	80	50	65.41	-0.94	10.94	10.98	94.93
4	2.0	80	250	69.94	-1.33	11.57	11.65	91.59
5	4.0	60	50	59.27	-0.82	7.12	7.20	97.58
6	4.0	60	250	64.85	-1.91	9.85	8.51	98.25
7	4.0	80	50	61.56	-0.66	9.93	9.94	93.09
8	4.0	80	250	63.53	-0.54	12.00	12.02	92.84
9	1.8	70	150	66.19	-0.87	10.82	10.85	94.59
10	4.2	70	150	57.37	-0.81	7.39	7.44	96.32
11	3.0	58	150	58.98	-0.72	8.55	8.58	94.78
12	3.0	82	150	62.17	-0.71	10.34	10.37	94.26
13	3.0	70	30	57.86	-0.82	7.30	7.35	96.46
14	3.0	70	270	59.11	-0.51	10.15	10.17	92.90
15	3.0	70	150	62.86	-1.01	9.63	9.69	96.33
16	3.0	70	150	61.91	-1.17	8.30	8.55	98.53

#### EK B.4 Alkali Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde edilen Jelatinlerin Reolojik Özelliklerine Ait Ortalama Değerler

Kombinasyon No	NaOH (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)	Bloom (g)	Viskozite (cP)	Erime Sıcaklığı (°C)	Jelleşme Sıcaklığı (°C)	Denatürasyon Sıcaklığı (°C)	Denatürasyon Enerjisi (J/g)
1	2.0	60	50	281.18	2.18	30.56	19.41	55.38	603.16
2	2.0	60	250	1062.92	4.05	32.22	22.14	51.94	738.66
3	2.0	80	50	374.77	5.11	31.35	20.63	53.72	571.94
4	2.0	80	250	780.27	5.79	32.64	23.25	60.57	660.32
5	4.0	60	50	667.35	3.75	30.85	19.63	55.31	731.11
6	4.0	60	250	307.38	2.44	30.18	17.90	53.70	778.91
7	4.0	80	50	856.70	4.20	31.52	21.71	60.76	556.40
8	4.0	80	250	611.25	3.19	29.98	18.62	54.39	795.81
9	1.8	70	150	624.43	3.19	31.32	20.91	63.62	731.51
10	4.2	70	150	521.63	3.00	29.22	17.29	60.78	488.49
11	3.0	58	150	1175.80	4.27	33.63	25.15	58.49	790.22
12	3.0	82	150	818.18	4.76	32.10	22.36	64.91	769.78
13	3.0	70	30	680.98	3.26	31.69	20.81	52.59	723.82
14	3.0	70	270	773.15	2.42	31.19	21.17	54.09	829.40
15	3.0	70	150	1135.77	3.57	33.71	24.84	50.03	671.89
16	3.0	70	150	1094.33	3.64	33.11	23.32	49.56	727.05

### EK C.1 Asidik Ekstaksiyon Yöntemindeki Bağımsız Değişken Parametreler Arasındaki Önemli Korelasyonlar

Yaş Verim (%)	Verim (K.M.) (%)	0.998 **	L*	a*	0.352 *
Yaş Verim (%)	Nem (%)	0.519 **	L*	b*	0.430 *
Yaş Verim (%)	Protein (%)	0.667 **	L*	b*	0.430 *
Yaş Verim (%)	Kül (%)	-0.464 **	L*	Erime Sıcaklığı	-0.518 **
Yaş Verim (%)	Hidroksiprolin (%)	0.453 **	L*	Jelleşme Sıcaklığı	-0.393 *
Yaş Verim (%)	b*	-0.422 *	a*	b*	0.813 **
Yaş Verim (%)	C*	-0.427 *	a*	c*	0.820 **
Yaş Verim (%)	Denatürasyon Sıc.	0.422 *	a*	h*	-0.861 **
Verim (K.M.) (%)	Nem (%)	0.507 **	a*	Jelleşme Sıcaklığı	-0.418 *
Verim (K.M.) (%)	Protein (%)	0.674 **	b*	C*	0.999 **
Verim (K.M.) (%)	Kül (%)	-0.480 **	b*	h*	-0.858 **
Verim (K.M.) (%)	Hidroksiprolin (%)	0.464 **	b*	Bloom	-0.403 *
Verim (K.M.) (%)	b*	-0.420 *	b*	Jelleşme Sıcaklığı	-0.482 **
Verim (K.M.) (%)	C*	-0.425 *	C*	h*	-0.853 **
Verim (K.M.) (%)	Denatürasyon Sıc.	0.409 *	C*	Bloom	-0.400 *
Protein (%)	Kül (%)	-0.687 **	C*	Jelleşme Sıcaklığı	-0.481 **
Protein (%)	Hidroksiprolin (%)	0.584 **	h*	Jelleşme Sıcaklığı	0.389 *
Protein (%)	a*	-0.537 **	Bloom	Viskozite	0.433 *
Protein (%)	b*	-0.603 **	Bloom	Erime Sıcaklığı	0.595 **
Protein (%)	C*	-0.611 **	Bloom	Jelleşme Sıcaklığı	0.846 **
Protein (%)	h*	0.434 *	Viskozite	Erime Sıcaklığı	0.499 **
Protein (%)	Bloom	0.563 **	Viskozite	Jelleşme Sıcaklığı	0.464 **
Protein (%)	Viskozite	0.390 *	Viskozite	Denatürasyon Sıcaklığı	0.370 *
Protein (%)	Jelleşme Sıcaklığı	0.516 **	Viskozite	Denatürasyon Enerjisi	0.368 *
Kül (%)	Hidroksiprolin (%)	-0.641 **	Erime Sıcaklığı	Jelleşme Sıcaklığı	0.769 **
Kül (%)	Bloom	-0.411 *			

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05



## EK C.2 Alkali Ekstaksiyon Yöntemindeki Bağımsız Değişken Parametreler Arasındaki Önemli Korelasyonlar

Yaş Verim (%)	Verim (K.M.) (%)	0.992	**	Viskozite	Erime Sıcaklığı	0.526	**
Yaş Verim (%)	Protein (%)	0.581	**	Viskozite	Jelleşme Sıcaklığı	0.519	**
Yaş Verim (%)	Kül (%)	-0.637	**	Erime Sıcaklığı	Jelleşme Sıcaklığı	0.969	**
Yaş Verim (%)	Hidroksiprolin (%)	0.397	*	Denatürasyon Sıcaklığı	Denatürasyon Enerjisi	0.393	*
Verim (K.M.) (%)	Protein (%)	0.563	**				
Verim (K.M.) (%)	Kül (%)	-0.634	**				
Protein (%)	Kül (%)	-0.763	**				
Protein (%)	Hidroksiprolin (%)	0.452	**				
Protein (%)	L*	0.355	*				
Protein (%)	b*	0.385	*				
Protein (%)	C*	0.399	*				
Protein (%)	h*	-0.420	*				
Kül (%)	Hidroksiprolin (%)	-0.378	*				
L*	a*	-0.398	*				
L*	b*	0.692	**				
L*	C*	0.591	**				
L*	Viskozite	0.376	*				
a*	h*	-0.681	**				
b*	C*	0.962	**				
b*	h*	-0.490	**				
C*	h*	-0.621	**				
h*	Viskozite	-0.415	*				
Bloom	Viskozite	0.406	*				
Bloom	Erime Sıcaklığı	0.791	**				
Bloom	Jelleşme Sıcaklığı	0.815	**				

\*\* : P<0.01, \* : P<0.05

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Aydın ERGE

Doğum Yeri ve Tarihi : Edremit / 01.10.1973

Lisans Üniversite : Ankara Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : aydin.erge@ibu.edu.tr

İletişim Adresi : Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik  
Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği  
Bölümü Gölköy / Bolu

Yayın Listesi :

Aydın ERGE, Ömer ZORBA ; “Jelatinin gıdalarda önemi” 06 -07 Aralık 2012 II. Et Ürünleri Çalıştayı “İşlenmiş Kanatlı Eti Ürünleri” (poster bildiri).

Aydın ERGE, Ömer ZORBA “Tavuk kesimhane yan ürünü olan MDM posasından alkali yöntemle jelatin ekstraksiyonu” 3.Et Ürünleri Çalıştayı, Tokat, 16.10.2014, p90 (poster bildiri).

Aydın ERGE, Ömer ZORBA “Extraction of gelatin from three different chicken deboner residue” 2nd International Congress on Food Technology; 05.11.2014; İzmir; p169 (poster presentation).

Aydın ERGE, Ömer ZORBA; “Tavuk Kesimhane Yan Ürünlerinin Değerlendirilmesi”. 3.Uluslararası Beyaz Et Kongresi’ne (3rd International Poultry Meat Congress), 22-26 Nisan 2015 Antalya, (poster presentation), p38.