



## **DOKTORA TEZİ**

**BENGÜNUR ÇORAPCI**

**SU ÜRÜNLERİ AVLAMA- İŞLEME TEKNOLOJİSİ  
ANABİLİM DALI**

**DONDURARAK KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN  
ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum1792)  
KIYMASINA UYGULANABİLİRLİĞİ VE KALİTE  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**T.C.**  
**SİNOP ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

DONDURARAK KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum1792) KIYMASINA UYGULANABİLİRLİĞİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

BENGÜNUR ÇORAPCI

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA-İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

DOÇ. DR. NİLGÜN GÜNERİ

**SİNOP –2017**

TEZ KABUL

Arş. Gör. Bengünur ÇORAPCI tarafından hazırlanan "Dondurarak Kurutma Teknolojisinin Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Kıymasına Uygulanabilirliği ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma, 07.08.2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Doç. Dr. Nilgün GÜNERİ  
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza



Üye Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM  
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza  


Üye Yrd. Doç. Dr. Şennan YÜCEL  
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza  

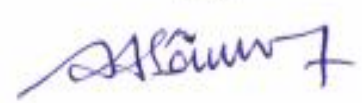

Üye Yrd. Doç. Dr. Serkan KORAL  
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza



Üye Yrd. Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ  
Kastamonu Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

İmza



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

11.09.2017

Doç. Dr. Turgay KORKUT  
Enstitü Müdürü

**DONDURARAK KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) KIYMASINA UYGULANABİLİRLİĞİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**ÖZET**

Bu araştırmada dondurarak kurutma teknolojisinin alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kıymasına uygulanabilirliği ve işlem aşamalarında kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Örnek grupları; taze alabalık kıyması, dondurularak kurutulmuş alabalık kıyması ve dondurularak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıyması olarak oluşturulmuştur. Örnek gruplarında %ham protein, %ham yağ, %nem ve %ham kül analizleri, Tiyobarbitürik asit (TBA), pH, rehidrasyon oranı, su aktivitesi (aw), renk ve tekstür profil analizleri (TPA) ile aminoasit, yağ asidi, vitamin, mineral ve duyuusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Taze alabalık kıyması, dondurularak kurutulmuş alabalık kıyması ve dondurularak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında, ham protein, ham yağ, nem ve ham kül değerleri sırasıyla; %20.25±0.04, %10.75±0.03, %67.54±0.29 ve %1.38±0.03; %66.41±0.02, %23.53±0.02, %2.11±0.01 ve %5.20±0.05; %34.03±0.59, %14.00±0.06, %50.01±0.00 ve %1.96±0.20 olarak belirlenmiştir (p<0.05). Örnek gruplarında su aktivitesi değerleri taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre örneklerde sırasıyla; 0.96±0.00 mg/kg, 0.19±0.02 mg/kg ve 0.97±0.00 mg/kg olarak ölçülmüştür (p<0.05). Renk analizi değerlerine göre taze alabalık kıyması, dondurularak kurutulmuş alabalık kıyması ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının, L değerleri sırasıyla; 57.16±0.20, 77.34±0.72 ve 74.00±1.41 olarak belirlenmiştir. a\* değerleri aynı gruplarda sırasıyla -0.46±0.23, 3.41±0.21 ve 1.63±0.37 iken, b\* değerleri 20.79±0.36, 27.79±0.68, 29.64±0.36 olarak ölçülmüştür (p<0.05). Tekstür profil analizi (TPA) değerleri sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, kırılgenlik, bağlayıcılık, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik açısından incelenmiştir. Bunun yanı sıra örnek gruplarında; TBA miktarı, rehidrasyon oranı, aminoasit (p<0.05), yağ asidi, vitamin (D, E, B1) (p<0.05), mineral (Mg, Na, P, Ca) (p<0.05), analizleri ve duyuusal analizler gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dondurarak kurutma, Alabalık kıyması, Besin kompozisyonu, Tiyobarbitürik asit (TBA), Rehidrasyon oranı, Su aktivitesi, Renk analizi, Tekstür profil analizi (TPA), Aminoasit, Yağ asitleri, Vitamin, Mineral, Duyusal analiz

**DETERMINATION OF THE EFFECT ON QUALITY CHARACTERISTICS  
AND PRACTICABILITY OF FREEZE-DRYING TECHNOLOGY ON TROUT  
(*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) MINCE**

**ABSTRACT**

In this research was aimed to determination of process on stage quality characteristic and applicability of freeze dried technology on trout(*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) mince. Sample groups were established as fresh trout mince, freeze dried trout mince and rehydrated trout mince after freeze dried. In the samples group were carried out protein%, fat%, moisture% and ash% analyses, Thiobarbituric acid (TBA), pH, rehydration ratio, water activity (aw), color and texture analyses, aminoacid, fatty acid, vitamin, mineral and sensory analyses.

The protein, fat, moisture and ash values of the fresh trout mince, freeze dried trout mince and rehydrated trout mince were determined as  $20.25 \pm 0.04\%$ ,  $10.75 \pm 0.03\%$ ,  $67.54 \pm 0.29\%$  and  $1.38 \pm 0.03\%$ ;  $66.41 \pm 0.02\%$ ,  $23.53 \pm 0.02\%$ ,  $2.11 \pm 0.01\%$  and  $5.20 \pm 0.05\%$ ;  $34.03 \pm 0.59\%$ ,  $14.00 \pm 0.06\%$ ,  $50.01 \pm 0.00\%$  and  $1.96 \pm 0.20\%$  respectively ( $p < 0.05$ ). Water activity of the fresh trout mince, freeze dried and rehydrated trout mince were measured as  $0.96 \pm 0.00$  mg/kg,  $0.19 \pm 0.02$  mg/kg and  $0.97 \pm 0.00$  mg/kg, respectively ( $p < 0.05$ ). According to color analysis L values of fresh trout mince, freeze dried trout mince and rehydrated trout mince were determined as  $57.16 \pm 0.20$ ,  $77.34 \pm 0.72$  and  $74.00 \pm 1.41$ , respectively. While  $a^*$  values in the same groups -  $0.46 \pm 0.23$ ,  $3.41 \pm 0.21$  and  $1.63 \pm 0.37$ ;  $b^*$  values were measured as  $20.79 \pm 0.36$ ,  $27.79 \pm 0.68$ ,  $29.64 \pm 0.36$ , respectively ( $p < 0.05$ ). Texture Profile Analysis was investigated in terms of hardness, adhesiveness, resilience, fracturability, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness. In addition to TBA amount, rehydration ratio, aminoacid ( $p < 0.05$ ), fatty acid, vitamin (D, E, B1) ( $p < 0.05$ ), mineral (Mg, Na, P, Ca) ( $p < 0.05$ ), analyses and sensory analyses were carried out in the sample groups.

**Keywords:** Freeze drying, Trout mince, Nutrition composition, Thiobarbituric acid (TBA), Rehydration ratio, Water activity, Color analysis, Texture profile analysis (TPA), Aminoacid, Fatty acids, Vitamin, Mineral, Sensory analysis

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü destek ve yardımını aldığım başta tez danışmanım Doç. Dr. Nilgün GÜNERİ olmak üzere, Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM ve Yrd. Doç. Dr. Şennan YÜCEL'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın uygulama aşamasını gerçekleştirdiğim Gebze Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünün değerli hocalarından Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU'na teşekkür ederim. Aynı bölümde çalışan ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ebubekir Sıddık AYDIN'a anlayışı ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak; maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan anne ve babama, gösterdiği destek, yardım ve sabrından dolayı sevgili eşim Ulaş'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arş. Gör. Bengünur ÇORAPCI

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Gökkuşuğu Alabalığının Genel Özellikleri.....	4
2.2. Gökkuşuğu Alabalığının Ülkemizdeki Üretimi ve Ticareti .....	4
2.3. Gökkuşuğu Alabalığının Besin İçeriği ve Beslenmedeki Yeri .....	6
3.GIDA KURUTMA TEKNOLOJİSİ .....	10
3.1.Gıdalarda Suyun Bulunuş Şekli .....	10
3.1.1.Serbest Su .....	10
3.1.2.Bağlı Su .....	10
3.2. Su Aktivitesi.....	11
3.2.1. Gıdaların Su Aktivitesi Değerleri.....	12
3.2.2. Su Aktivitesi ve Su Ürünlerinin Bozulması ile İlişkisi .....	13
3.3. Gıdaların Kurutulması.....	15
3.4. Gıdaları Kurutma Yöntemleri .....	16
3.4.1.Sıcak Havalı (Konveksiyon) Kurutma .....	17
3.4.2. Yüzey Isıtmalı Kurutma .....	18
3.4.3. Dondurarak Kurutma.....	19
3.4.4. Mikrodalgada Kurutma .....	19
3.4.5. Kızılötesi Işınlarla Kurutma .....	20
3.4.6. Ozmotik Kurutma.....	20
4. DONDURARAK KURUTMA TEKNOLOJİSİ .....	21
4.1. Dondurarak Kurutmanın (Liyofilizasyon) Gelişimi.....	22
4.2. Dondurarak Kurutmanın Safhaları .....	23
4.2.1. Donma Safhası.....	23
4.2.2. Birinci Kurutma Safhası .....	25
4.3. Dondurarak Kurutma İşleminin Uygulama Alanları.....	28

4.3.1. Gıda Sektöründe Liyofilizasyon Uygulamaları.....	29
4.4. Dondurarak Kurutmanın Avantaj ve Dezavantajları.....	30
4.5. Dondurarak Kurutucular .....	33
4.5.1. Pilot Ölçekli Dondurarak Kurutucular .....	33
4.5.2. Endüstriyel Dondurarak Kurutucular .....	33
4.6. Dondurarak Kurutma İşlem Maliyeti .....	36
4.6.1. Sabit Masraflar .....	38
4.6.2. İşletme Masrafları.....	39
4.6.3. Dondurma Masrafları .....	39
4.6.4. Kurutma Masrafları .....	39
4.6.5. Vakum Pompası Masrafları .....	39
5. LİTERATÜR ÖZETİ.....	41
5.1. Dondurarak Kurutulmuş Su Ürünleri ile İlgili Araştırmalar.....	41
5.2. Balık Yağının Dondurularak Kurutulması ile İlgili Araştırmalar .....	47
6. MATERYAL VE YÖNTEM.....	48
6.1. Materyal .....	48
6.2. Yöntem.....	48
6.2.1. Balık Kıymasının Hazırlanması .....	48
6.2.2. Balık Kıymasının Paketlenmesi .....	49
6.2.3. Balık Kıyması Örneklerinin Transferi.....	49
6.2.4. Dondurarak Kurutma İşlemi.....	49
6.2.5. Dondurularak Kurutulmuş Örneklerin Paketlenmesi .....	51
6.3. Analiz Yöntemleri.....	52
6.3.1. Besin Kompozisyonu Analizleri.....	52
6.3.2. Tiyobarbütirik Asit Sayısı (TBA) Tayini .....	52
6.3.3. pH Analizi .....	52
6.3.4. Aminoasit Analizleri .....	53
6.3.5. Yağ Asidi Analizleri.....	53
6.3.6. Vitamin Analizleri .....	54
6.3.7. Mineral Analizleri .....	55
6.3.8. Su Aktivitesi Analizi .....	56
6.3.9. Renk Ölçümleri Analizi.....	56
6.3.10. Tekstür Profil Analizi (TPA).....	56



6.3.11. Rehidrasyon Oranı.....	57
6.3.12. Duyusal Analiz .....	57
6.3.13. İstatistiksel Analiz .....	59
7. BULGULAR.....	60
7.1. Besin Kompozisyonu Analizleri Bulguları .....	60
7.2. Tiyobarbütirik Asit Sayısı (TBA) Tayini Bulguları.....	61
7.3. pH Analizi Bulguları .....	62
7.4. Aminoasit Analizleri Bulguları .....	63
7.5. Yağ Asidi Analizleri Bulguları .....	65
7.5.1. Toplam Doymuş Yağ Asitleri (SAFA) Bulguları .....	65
7.5.2. Toplam Tekli Doymamış Yağ Asitleri (MUFA) Bulguları.....	66
7.5.3. Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (PUFA) Bulguları.....	68
7.6. Vitamin Analizleri Bulguları.....	70
7.6.1. D Vitamini .....	70
7.6.2. E Vitamini .....	71
7.6.3. B1 Vitamini .....	72
7.7. Mineral Madde Analizleri Bulguları .....	73
7.7.1. Magnezyum (Mg).....	73
7.7.2. Sodyum (Na) .....	74
7.7.3. Kalsiyum (Ca) .....	75
7.7.4. Fosfor (P).....	76
7.8. Su Aktivitesi (aw) Analizi Bulguları.....	77
7.9. Renk Ölçüm Analizleri Bulguları .....	78
7.10. Tekstür Profil Analizleri (TPA) Bulguları .....	79
7.11. Rehidrasyon Oranı Bulguları .....	82
7.12. Duyusal Analiz Bulguları.....	84
8. TARTIŞMA .....	86
9. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	107
10. KAYNAKLAR .....	110
ÖZGEÇMİŞ .....	128

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

### SEMBOLLER

°	Derece
C	Santigrat
%	Yüzde
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
Na	Sodyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
P	Fosfor
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Cl	Klor
Mn	Mangan
I	İyot
Se	Selenyum
mm Hg	Milimetre cıva
mbar	Milibar
kg m <sup>-3</sup>	Kilogram metreküp
mm	Milimetre
aw	Su aktivitesi
Torr	torr (101 325/760) Pa
GHz	Gigahertz
µm	Mikrometre
m <sup>2</sup>	Metrekare
NaCl	Sodyum Klorür
kJ	Kilojoule
Pa	Pascal
\$	Dolar
kW	Kilowatt

kWh	Kilowatt saat
kPa	Kilopascal
cm	Santimetre
kg	Kilogram
L	Litre
$\mu$	Mikron
nm	Nanometre
mL	Mililitre
$\lambda$	Lamda
rpm	Devir/dakika
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit
$\Sigma\omega$ -3	Toplam Omega-3
$\Sigma\omega$ -6	Toplam Omega-6
atm	Atmosfer

## KISALTMALAR

PUFA	Polyunsaturated Fatty Acid (Çoklu Doymamış Yağ Asitleri)
EPA	Eikosapentaenoik Asit
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
USDA	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
TVB-N	Total Uçucu Bazik Azot
MUFA	Monounsaturated Fatty Acid (Tekli Doymamış Yağ Asitleri)
MDA	Malondialdehit
UHF	Çok Yüksek Frekanslı
PE	Polietilen
PA	Poliamid
AOAC	Association of Analytical Communities (Uluslararası Standartlar Birliği)
HCl	Hidroklorik Asit
TBA	Tiyobarbitürik Asit
KOH	Potasyum hidroksit
TPA	Tekstür Profil Analizi
E	Esansiyel Aminoasitler
NE	Esansiyel Olmayan Aminoasitler
ΣSAFA	Toplam Doymuş Yağ Asitleri
ΣMUFA	Toplam Tekli Doymamış Yağ Asitleri
ΣPUFA	Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)

## ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

### ŞEKİLLER

Şekil 2.2.1. 2005-2015 yıllarına ait iç sularda yetiştirilen gökkuşağı alabalığı miktarları(TÜİK, 2016) .....	5
Şekil 2.2.2. 2005-2015 yıllarına ait denizde yetiştirilen gökkuşağı alabalığı miktarları (TÜİK, 2016) .....	6
Şekil 4.2.1.1. Bir materyalin tepsili sistemde dondurarak kurutma işlemini gösteren diyagram (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). .....	25
Şekil 4.2.2.1. Dondurarak kurutma işleminin evreleri (a) dondurma (b) kurutma (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). .....	27
Şekil 4.5.1.1. Pilot ölçekli dondurarak kurutucu (Anonim, 2016c).....	33
Şekil 4.5.2.1.1. Tepsi ve ilaç tipi dondurarak kurutucular (Anonim, 2016d, Anonim, 2016e) .....	34
Şekil 4.5.2.2.1. Sürekli dondurarak kurutucular (Anonim, 2016f).....	34
Şekil 4.5.2.3.1. Vakum sprey dondurarak kurutucu (Anonim, 2016g) .....	35
Şekil 4.5.2.4.1. Tünel tipi dondurarak kurutucular (Anonim, 2016h).....	36
Şekil 4.6.1. Dondurarak kurutma işlemi enerji maliyeti (Ratti, 2001) .....	36
Şekil 4.6.2. Yüksek değerli hammadde maliyeti (Ratti, 2001).....	37
Şekil 4.6.3. Düşük değerli hammadde maliyeti (Ratti, 2001) .....	38
Şekil 6.1.1. Gökkuşağı alabalıkları (Orijinal).....	48
Şekil 6.2.2.1. Paketlenmiş balık kıyması örnekleri (Orijinal) .....	49
Şekil 6.2.4.1. Dondurarak kurutucu (Orijinal).....	50
Şekil 6.2.4.2. Dondurarak kurutma işlemi (Orijinal).....	51
Şekil 6.2.5.1. Dondurarak kurutulmuş örneklerin paketlenmesi (Orijinal) .....	51
Şekil 7.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait TBA değerleri (mg malonaldehit/kg) .....	61
Şekil 7.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait pH değerleri .....	62
Şekil 7.4.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait aminoasit değerleri (g/100 g) .....	64
Şekil 7.5.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) miktarları (%) .....	66
Şekil 7.5.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarları (%).....	67
Şekil 7.5.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarları (%) .....	69
Şekil 7.6.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının D vitamini değerleri (µg/100 g) .....	70
Şekil 7.6.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının E vitamini değerleri (mg/100 g).....	71
Şekil 7.6.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının B1 vitamini değerleri (mg/100 g).....	72
Şekil 7.7.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının magnezyum değerleri (mg/kg).....	73
Şekil 7.7.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının sodyum değerleri (mg/kg) .....	74

Şekil 7.7.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının kalsiyum değerleri (mg/kg).....	75
Şekil 7.7.4.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının fosfor değerleri (mg/kg).....	76
Şekil 7.8.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının su aktivitesi değerleri .....	77
Şekil7.9.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının renk değerleri .....	78
Şekil 7.10.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının tekstür profil analizi değerleri .....	81
Şekil 7.11.1. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 30 °C'deki rehidrasyon oranı değerleri .....	83
Şekil 7.11.2. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 100 °C'deki rehidrasyon oranı değerleri .....	83
Şekil 7.12.1. Gruplara göre alabalık kıymasının duyu analizi değerleri .....	85



## ÇİZELGELER

Çizelge 2.3.1. Gökkuşuğu alabalığına ait besin değerleri (Roe ve ark., 2013) .....	8
Çizelge 3.2.1.1. Bazı gıdaların yaklaşık aw değerleri (Beuchat (1981,1983) ve Christian (2000)'den düzenlenmiştir) (Erkmen, 2010) .....	13
Çizelge 4.4.1. Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma arasındaki farklar (Fellows, 2000) .....	32
Çizelge 4.6.5.1. Vakumlama enerji maliyeti .....	40
Çizelge 6.3.12.1. Duyusal Analiz Formu .....	58
Çizelge 7.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait besin kompozisyonu değerleri (%).....	60
Çizelge 7.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasına ait TBA değerleri (mg malonaldehit/kg) .....	61
Çizelge 7.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait pH değerleri bulguları .....	62
Çizelge 7.4.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait aminoasit değerleri (g/100 g) .....	63
Çizelge 7.5.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) miktarları (%).....	65
Çizelge 7.5.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarları (%).....	66
Çizelge 7.5.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarları (%) .....	68
Çizelge 7.6.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının D vitamini değerleri (µg/100g) .....	70
Çizelge 7.6.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının E vitamini değerleri (mg/100 g).....	71
Çizelge 7.6.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının B1 vitamini değerleri (mg/100 g).....	72
Çizelge 7.7.1.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının magnezyum değerleri (mg/kg).....	73
Çizelge 7.7.2.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının sodyum değerleri (mg/kg) .....	74
Çizelge 7.7.3.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının kalsiyum değerleri (mg/kg) .....	75
Çizelge 7.7.4.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının fosfor değerleri (mg/kg) .....	76
Çizelge 7.8.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının su aktivitesi değerleri .....	77
Çizelge 7.9.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının renk değerleri .....	78
Çizelge 7.10.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının tekstür profil analizi değerleri .....	79
Çizelge 7.11.1. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının rehidrasyon oranı değerleri .....	82
Çizelge 7.12.1. Gruplara göre alabalık kıymasının duyusal analiz değerleri ..	84

## 1. GİRİŞ

Gıdaların kurutulması; eski zamanlardan günümüze kadar devam eden, kullanılan enerjinin azaltılması ve kalitenin yükseltilmesi için kendini teknolojik gelişmelere sürekli uyarlamak zorunda olan temel bir işlemdir. Günümüzde küresel olarak artan insan nüfusu ve paralelindeki iyi yaşam beklentileri kısıtlı olan enerji kaynakları üzerine baskı yapmaktadır. Bu ise, endüstriyel üretimde enerjinin daha etkin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Enerji kaynaklarını oldukça fazla kullanan kurutma işlemi, disiplinler arası ve oldukça geniş bir çalışma alanıdır. Endüstriyel ölçekte iyi tasarlanmış modern kurutma cihazlarıyla enerjiyi daha etkin kullanmakla beraber daha kaliteli son ürün elde etmek de mümkün olmaktadır (Bingöl, 2009).

Gıdaların dondurularak kurutulması And Dağlarında yaşayan Perulu İnkalara kadar uzanmaktadır. İnkaların patates ve diğer gıda ürünlerini Machu Picchu yukarısındaki dağların doruklarında depoladıkları bildirilmektedir. Soğuk dağ koşullarında gıda ürünlerinin donduğu ve yüksek rakımlarda düşük hava basıncı altında gıda ürünü içerisindeki suyun yavaşça buharlaştığı bilinmektedir (Bellis, 2006). Ayrıca Vikingler, başlıca gıda ürünlerinden biri olan morina balığını soğuk koşullarda dondurarak kurutmak için, buldukları kuru ve soğuk bölgeleri kullanmışlardır (Anonim, 2004). İlk kez 1938’de dondurularak kurutulmuş kahve üretimi gerçekleşmiş ve toz gıda ürünlerinin gelişmesine sebep olmuştur. 2. Dünya savaşı sırasında kan plazması ve penisilinin muhafazasında kullanılan dondurarak kurutma teknolojisi, 1940’lı yıllarda ticari olarak gelişmeye başlamıştır (Bellis, 2006).

Dondurarak kurutma, 19. yüzyılın sonlarından beri gıda işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Dondurarak kurutma, oksidasyon ya da mikrobiyal gelişme nedeniyle olan bozulmayı önleyerek, gıdanın ortalama raf ömrünü etkili bir şekilde uzatabilmektedir (Barbosa ve Vega-Mercado, 2000). Gıda endüstrisinde dondurarak kurutma; kahve, çay, hazır yemek katkıları (sebzeler, meyve tozları, makarna, et, peynir starter kültürler, balık, karides vb.) ve birkaç aromatik baharat gibi yüksek değerli ve sınırlı ürünlerde kullanılır (Adam, 2004; Hammami ve Rene, 1997; Stawczyk ve ark., 2004). Dondurularak kurutulmuş et ürünleri, uygun şekilde paketlenildiğinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve duyuşsal özellikler açısından taze olarak çoğunlukla sınırsız periyotlarda depolanabilirler (Girard ve Omoloso, 1983).

Dondurarak kurutma; genellikle çok düşük basınç altında donmuş gıdalardan veya çözeltilerden çözücünün süblimasyon yoluyla, bağlı suyun ise desorpsiyonla uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Tipik bir



dondurarak kurutma işlemi; dondurma, birincil kurutma ve ikincil kurutma olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır (Jadhav and Moon, 2015).

Dondurma işlemi esnasında oluşan mikroyapı kuruyan ürünün mikro yapısını temsil ettiğinden, dondurma işlemi önemli bir aşamadır. Ürün, yeterince düşük bir sıcaklıkta tamamen katılaşıp kadar dondurulmalıdır. Dondurarak kurutma, katı fazdan gaz faza bir değişim durumu olduğundan, dondurularak kurutulacak materyal öncelikle tamamen dondurulmalıdır. Ön dondurma metodu ve donmuş ürünün son sıcaklığı dondurularak kurutulmuş materyalin kalitesini etkileyebilir (Rey ve ark., 2004). Ayrıca kurutmanın yapıldığı konteynir tipi, rafların sıcaklığı, tepsi veya şişedeki ürün miktarı ve yüksekliği dondurma oranı açısından önemlidir. Dondurma oranı ise, son ürünün şekli, yapısı, kuruma oranı ve ürün kararlılığı üzerinde etkilidir. Dondurma işlemiyle su üründen uzaklaşır ve ürünün kimyasal aktivitesi azalır. Protein ürünlerini dondurarak kurutmak için, - 40 °C civarı ve aşağısındaki sıcaklıklar tipik raf sıcaklıklarıdır (Fetterolf, 2010).

Birincil kurutma periyodunda, donma sırasında oluşan buz, tipik olarak %30 şekilsiz çözünen, oldukça gözenekli bir yapı bırakarak, düşük sıcaklıkta vakum altında süblimasyonla uzaklaştırılır. Bu işlem 10-4 ile 10-5 atm basınçlarda gerçekleştirilmektedir ve ürün sıcaklıkları ise - 45 ile - 20 °C arasındadır (Sugimoto ve ark., 1981; Nireesha ve ark., 2013). Raf sıcaklıkları 20 °C ile 40 °C arasında değişmektedir ve ürünün çökmesini engellemek için yavaşça artırılır. Bu sıcaklıklar genellikle, üründe hedeflenen %1'in altındaki nem içeriğine ulaşana kadar korunur (Chang ve Patro, 2004; Jadhav ve Moon, 2015). Birincil kurutma periyodunun amacı üründeki serbest suyun uzaklaştırılmasıdır (Fetterolf, 2010) ve kurutulacak madde içerisindeki tüm donmuş haldeki su bittiği an, birincil kurutma periyodunun sonu olarak kabul edilir (Pikal ve ark., 1990; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

İkincil kurutma periyodu, üründeki bağlı suyun (donmamış su) uzaklaştırılmasını kapsar. Ancak, dondurarak kurutma sistemlerinde az da olsa bir miktar bağlı suyun birincil kurutma periyodunda maddeden uzaklaştırıldığı bildirilmiştir (Liapis and Bruttini, 1995; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). İkincil kurutma birkaç gün süren uzunca bir işlem olabilmektedir. Kurutulan ürüne bağlı olmakla birlikte, ikincil kurutma sonunda üründe kalan nem miktarının %1' den daha az olduğu bildirilmektedir (Fetterolf, 2010).

Günümüzde liyofilizasyon biyolojik ürünlerin, hormonların, proteinlerin ve tıbbi ürünlerin dayanıklılaştırılması ve muhafazası için önem kazanmıştır (Jadhav ve Moon,

2015). Bu alanlarda sıklıkla kullanılması ile birlikte, su ürünlerinin dondurularak kurutulması ile ilgili de pek çok çalışma mevcuttur. Dengesiz balık avcılığı, kısa avlanma süreleri içinde aşırı avcılık, balığın tazeliğinin korunması gibi su ürünleri ile ilgili birçok problemi çözmek için, dondurarak kurutma tekniği ideal bir metot olarak bildirilmiştir (Kobayashi, 1969). Ayrıca balık yağı, deniz hıyarı ve denizkulağı gibi ürünlere dondurarak kurutma işlemi uygulanmaktadır (Koç ve ark., 2008; Duan ve ark., 2010; Rahman ve Sablani, 2003).

Bu çalışmada, dondurarak kurutma işleminin alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kıymasına uygulanabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla duyu, kimyasal, fiziksel kalite parametreleri ve besin kompozisyonları incelenmiştir. Böylelikle, alabalık kıymasının dondurarak kurutma işlemine uygunluğu, işleme sektörüne sağlayacağı katkılar, avantaj ve dezavantajların belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

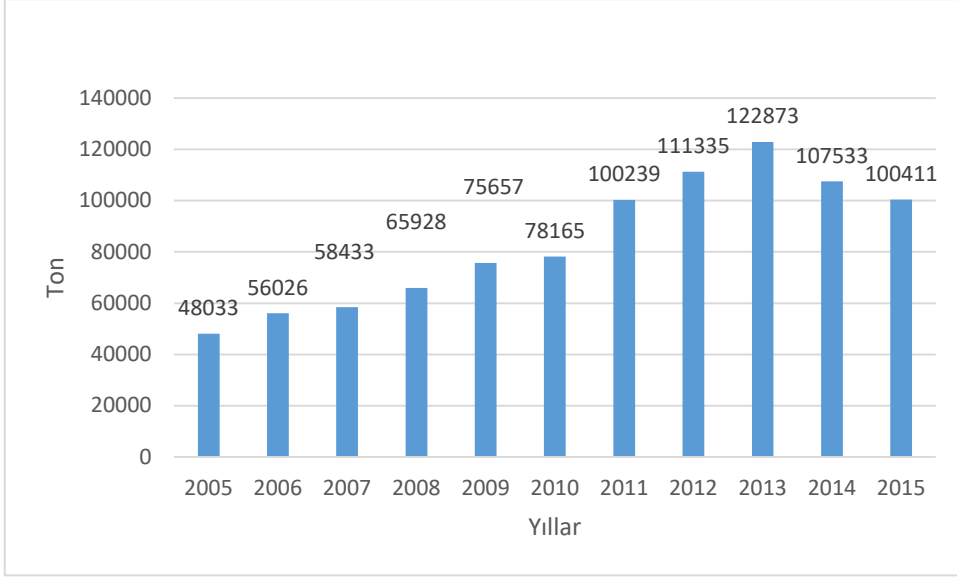
### **2.1. Gökkuşığı Alabalığının Genel Özellikleri**

Gökkuşığı alabalıklarında vücut, uzamış ve az basık olup, sırtta bir yağ yüzgeci bulunur. Sırt yüzgeci 10-12, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına, sikloit ve küçük pul tipine sahiptirler. Yanal çizgi tam, az öne doğru 100-150 adet pulla kaplanmıştır. Kafanın üst kısmı ve arkası çelik mavisi, mavi-yeşil, sarı-yeşil ve hemen hemen kahverengidir. Vücut kenarları gümüşü, beyaz veya soluk sarı-yeşilden griye eğilimli olan bir renktedir. Karın kısmı gümüşü beyaz veya sarı renktedir. Vücut kenarlarında bulanık pembe, mavimsi veya geniş açık bir pembe bant ile çok sayıda küçük lekeler bulunur (Emre ve Kürüm, 2007).

Anaçlarda yumurtlama zamanı renk çok koyu ve yanal çizgi ise, çok kırmızı renk alır. Gözlü yumurta naklinin kolaylığı nedeniyle, dünyanın birçok bölgesine yayılan bu türün yetiştiricilikte tercih edilmesinin çok sayıda sebebi vardır. Yüksek adaptasyon ve yemden yararlanma kabiliyeti, yapay yöntemlerle yumurta alımının kolaylığı ile kuluçka sürelerinin kısalığı ve hastalıklara karşı dayanıklılıkları gibi özelliklerden dolayı, yetiştiricilik türü olarak tercih edilmektedir (Emre ve Kürüm, 2007).

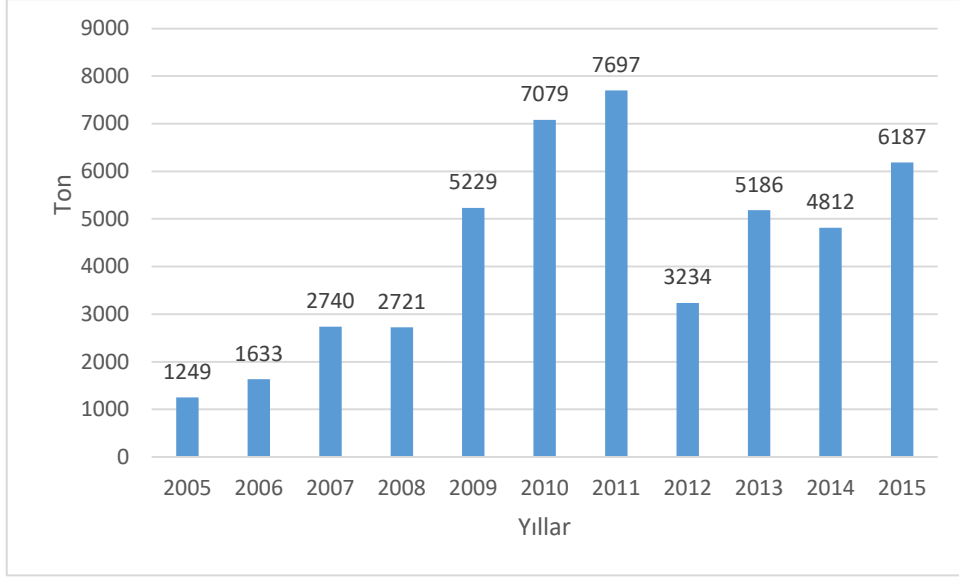
### **2.2. Gökkuşığı Alabalığının Ülkemizdeki Üretimi ve Ticareti**

Alabalık üretimi ülkemizde ilk ele alınan ve başarıyla uygulanan bir yetiştiricilik yöntemidir. Ülkemizde ilk olarak 1970'li yıllarda başlayan çalışmalardan çok olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Alpbaz, 2005). Amerika, Japonya, Rusya, Kanada ve Avrupa'da ekonomik olarak önemli bir tür olmakla birlikte (Yasmin ve ark., 2004) ülkemiz iç sularında yetiştiriciliği en fazla yapılan tür gökkuşığı alabalığıdır. Şekil 2.2.1'de 2005-2015 yıllarına ait iç sularda yetiştirilen gökkuşığı alabalığına ait veriler gösterilmiştir (TÜİK, 2016).



**Şekil 2.2.1.** 2005-2015 yıllarına ait iç sularda yetiştirilen gökkuşığı alabalığı miktarları(TÜİK, 2016)

Ülkemizin genel itibariyle çoğu bölgesi iklim, ekolojik ve teknik özellikler bakımından alabalık üretimi açısından büyük bir potansiyele sahiptir (Akbulut ve Ketten, 2001). Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan gökkuşığı alabalığı canlı, taze soğutulmuş ve füme olarak iç tüketimde 200-250 g civarında pazarlanmaktadır. Ayrıca yurtiçi ve yurt dışına deniz ortamındaki çiftliklerde yetiştiriciliği yapılan alabalıklar 600-1000 g arasında değişen gramajlarda pazara sunulmaktadır. Alabalıkların pazarlanma şekilleri işletmeler arasında farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin; Aile işletmeleri çiftliklerinin yanına açtıkları küçük çaplı piknik yeri, restoran vb. yerlerde ürünlerini perakende veya pişmiş olarak satışa sunabilmektedir. Daha büyük kapasiteli alabalık işletmeleri ise, çeşitli pazarlama yollarını kullanarak ürünlerini pazarlamaktadır (Doğan, 2003; Eren, 2011).2015 yılı verilerine göre yetiştiricilik yoluyla elde edilen 240.334 ton toplam üretimin 100.411 tonu gökkuşığı alabalığı olarak bildirilmiştir. Şekil 2.2.2’de 2005-2015 yıllarına ait denizde yetiştirilen gökkuşığı alabalığına ait veriler gösterilmiştir (TÜİK, 2016).



**Şekil 2.2.2.** 2005-2015 yıllarına ait denizde yetiştirilen gökkuşığı alabalığı miktarları (TÜİK, 2016)

### 2.3. Gökkuşığı Alabalığının Besin İçeriği ve Beslenmedeki Yeri

Balık tüketiminin insan sağlığı ve beslenmesi üzerindeki faydaları bilinmektedir (Burger ve Gochfeld, 2009; Rebole ve ark., 2015). Balık eti yüksek değerli proteinlerin, çoklu doymamış yağ asitlerinin (n-3 PUFA) mineral ve vitaminlerin önemli bir kaynağı olarak görülmektedir (Rebole ve ark., 2015). Özellikle soğuk sularda yaşayan yağlı balıklar ve balık yağları eikosapentaenoik (EPA, 20:5n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6n-3) içeren çok doymamış yağ asitleri grubundan uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinin en önemli kaynağıdır (Saravanan ve ark., 2010). Omega-3 ve Omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri esansiyel yağ asitleridir ve insan vücudunda sentezlenemezler. Bu nedenle besinlerle alınması zorunludur (Mahan ve Escott, 2005; Castro ve ark., 2007).

Son yıllarda besin kalitesine olduğu kadar, insan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerinden dolayı, balığın yağ asidi profiline bağlı olan balık yağ kompozisyonuna da ilgi artmıştır (Steffens ve Wirth, 2005; Rebole ve ark., 2015). Balık yağları damar sertliği ile ilişkili bazı risk faktörlerini azaltan EPA ve DHA olarak isimlendirilen uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengindir (Calder, 2004). Yapılan birçok çalışmada Omega-3 PUFA ya da (n-3) PUFA olarak bilinen yağ asitlerinin kalp hastalıkları, felç (Domingo, 2007; Calder, 2004; Mozaffarian ve Wu, 2012), diabet, iltihaplı hastalıklar, nörolojik ve nöropsikiyatrik hastalıklar (Yashodharave ark., 2009), kanser ve otoimmün hastalıklar (Connor, 2000) gibi pek çok hastalığa iyi geldiği bildirilmektedir. Kalp ve damar hastalıkları riskini azaltmak için, yaklaşık olarak günlük

500 mg EPA ve DHA alımı tavsiye edilmektedir. Kalp ve damar hastalığı olan kişilerin tedavileri için ise, günlük olarak 1g EPA ve DHA önerilmektedir. Bu tavsiyeler dünya çapındaki birçok sağlık kuruluşu tarafından benimsenmiştir. Günlük 500 mg EPA ve DHA alımını gerçekleştirmek için haftada 2 öğün balık tüketimi (tercihen yağlı balık) tavsiye edilmektedir. EPA ve DHA ile zengin gıdalar ya da balık yağı destekleri günlük 1 g EPA ve DHA alımları için uygun alternatifler olabilir (Gebauer ve ark., 2006).

Geçtiğimiz 30 yılı aşkın bir süredir balık ürünlerine olan artan talep yetiştiricilik yoluyla karşılanmaktadır. Dünya popülasyonunun gittikçe büyüdüğü ve kişi başına düşen tüketim miktarının artacağı göz önünde bulundurulursa, çiftlik balıklarının tüketicilere omega-3 yağ asitleri kaynağı sağlamak açısından önemli bir role sahip olmaya devam edeceği düşünülmektedir (Delgado ve ark., 2003; Blanchet ve ark., 2005).

Gökkuşığı alabalığı bütün diyetlerde lezzetli ve besleyici bir balık türü olarak bilinmektedir. Et grubu için mükemmel bir seçimdir; çoğu et grubu gıdalardan daha düşük yağ ve kaloriye sahiptir ve birçok besin ögesinin önemli bir kaynağıdır. Servis edilen 1 porsiyon alabalığın 22 gr protein, 4 gr yağ, 1 gr doymuş yağ, 30 mg sodyum ve sadece 130 kalori içerdiği bildirilmektedir (Ladewig ve Morat, 1995). Ayrıca en lezzetli tatlı su balıklarından biri olan alabalık 'A' ve 'D' vitaminleri ile iyot ve fosfor bakımından oldukça zengindir. İnce derili olması, karın boşluğunun küçük ve kılıcığının az olması nedeniyle bol etli bir balıktır. Alabalıkta bulunan doymamış yağ asitlerinden EPA ve DHA 'in antienflamatuar etkisi olduğu, ayrıca kas- iskelet sistemi ve bağışıklık sistemi üzerinde faydalı etkileri bulunduğu bildirilmiştir (Anonim, 2008; İzci ve ark., 2009). Çizelge 2.3.1.'de gökkuşığı alabalığına ait bazı besin değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.3.1.** Gökkuşuğu alabalığına ait besin değerleri (Roe ve ark., 2013)

<b>Besin Bileşenleri</b>	<b>Yağ asitleri</b>		<b>İnorganik maddeler</b>		<b>Suda çözünebilir vitaminler</b>		<b>Yağda çözünebilir vitaminler</b>		
Su	76.1 g/100g	Doymuş	1.21 g/100g	Sodyum (Na)	110 mg/100g	Tiamin	0.16 mg/100g	Retinol (all-trans + 13-cis)	25 µg/100g
Toplam nitrojen	3.18 g/100g	Cis-tekli doymamış	1.44 g/100g	Potasyum (K)	383 mg/100g	Riboflavin	0.12 mg/100g	Beta karoten	-
Protein	19.9 g/100g	Cis n-3 çoklu doymamış	1.41 g/100g	Kalsiyum (Ca)	21 mg/100g	Niasin	7.3 mg/100g	Toplam vitamin A	25 Ret Equiv
Yağ	5.3 g/100g	Cis n-6 çoklu doymamış	0.40 g/100g	Magnezyum (Mg)	26 mg/100g	Triptofan	4.2 mg/100g	Vitamin D3	6.99 µg/100g
Kül	1.2 g/100g	Cis çoklu doymamış	1.80 g/100g	Fosfor (P)	228 mg/100g	Vitamin B6	0.31 mg/100g	25-Hidroksi vitamin D3	0.18 µg/100g
Enerji (kcal)	127	Trans	0.01 g/100g	Demir (Fe)	0.28 mg/100g	Vitamin B12	2.84 µg/100g	Toplam vitamin D	7.89 µg/100g
Kolesterol	60 mg/100g			Bakır (Cu)	0.04 mg/100g	Folik asit	9 µg/100g	Vitamin E	0.44 mg/100
				Çinko (Zn)	0.47 mg/100g	Pantotenik asit	1.23 mg/100g		
				Klor (Cl)	150 mg/100g	Biotin	3.2 µg/100g		
				Mangan (Mn)	0.01 mg/100g	Vitamin C	-		
				İyot (I)	5 µg/100g				
				Selenyum (Se)	19 µg/100g				

Balığın kimyasal kompozisyonu çeşitli faktörlerden dolayı türler arasında değiştiği gibi, türler içerisinde de oldukça değişkendir. Bu faktörlerden bazıları yaş, balık büyüklüğü, cinsiyet, mevsim, su kalitesi ve beslenmedir (Steffens ve Wirth, 2005; Rebole ve ark., 2015). Gökkuşuğu alabalığının besin değerlerinin araştırıldığı çalışmalarda protein değeri %18-20, yağ miktarı %3-6, nem miktarı %71-76 ve kül değerleri ise %1.20-1.47 arasında değişmektedir (Çelik ve ark., 2007; Özden, 2005; Gökoğlu ve ark., 2004; Testi ve ark., 2006).

ABD Tarım Bakanlığı (USDA), Ulusal Beslenme Standart Referans Yayını veri tabanına göre alabalığın 259 mg/100g EPA, 677 mg/100g DHA içerdiği bildirilmiştir (Artinian ve ark., 2010; Mozaffarian ve Wu, 2012). Çiftlik alabalığında Omega-3 yağ asidi miktarı yaklaşık olarak 84.93 g ette 0.98 g, doğal alabalıkta ise 0.84 g olarak bildirilmiştir. Bununla beraber 1 g EPA ve DHA için günlük tüketilmesi gereken alabalık miktarı, yaklaşık olarak çiftlik balığı için 84.93 g iken, doğal alabalık için 99.08 g olarak önerilmektedir (Zatsick ve Mayket, 2007).



### **3.GIDA KURUTMA TEKNOLOJİSİ**

#### **3.1.Gıdalarda Suyun Bulunuş Şekli**

Bir gıdada su (nem), bağlı su ve serbest su olmak üzere iki biçimde bulunur (Erkmen, 2010).

##### **3.1.1.Serbest Su**

Tüm gıdaların yapısında az veya çok miktarda su bulunmaktadır. Hayvansal ve bitkisel dokularda su, serbest su ve bağlı su halinde bulunur. Serbest su, su haricindeki bileşenlerden uzak konumda bulunan, başlıca su-su hidrojen bağları ile yapıya katılan sudur. Yani, granüller arası alanda veya malzemenin arasındaki sudur. Gıdalarda serbest su daha fazla miktarda bulunur. Bu su gıdalardan kolaylıkla ayrılabilir. Nem tayin yöntemlerinden biriyle miktarı tayin edilebilir. Gıdalarda mikrobiyolojik gelişmeler ve kimyasal reaksiyonlar serbest suyun varlığında oluşmaktadır (Akbulut ve Karagözlü, 2012).

Gıdalarda bulunan yüzde su miktarı, mikroorganizmaların gelişebilmesi açısından genel bir bilgi verse de, önemli olan ortamdaki faydalı suyun (serbest su) miktarıdır. Bağlı su, hidrofilik kolloid (jelatin, nişasta gibi) ve çözünen maddelere (tuz, şeker gibi) fiziksel güçlerle bağlı olup biyolojik fonksiyonlara dahil olma özelliği yoktur. Serbest su mikrobiyal gelişme için gereklidir. Eğer bir mikrobiyal hücre hipertonic ortam (ortamdaki çözünen madde miktarının hücre içinden daha fazla olması) içerisine konursa, hücre içindeki su dengeye gelinceye kadar dışarı çıkar. Bu su kaybı hücrenin gelişemeyeceği ozmotik şok ve plazmolize neden olur. Hipertonik ortamlarda belirli miktar su mevcuttur ancak ortamdaki serbest su, çözünen madde ve hidrofilik kolloidler ekleyerek veya uzaklaştırılarak (dehidrasyon) mikroorganizmaların gelişemeyeceği belirli bir düzeye indirildiği için mikrobiyal gelişme durur (Erkmen, 2010).

##### **3.1.2.Bağlı Su**

Bağlı su, çözünenlerin ve su dışındaki diğer bileşenlerin civarında bulunan, aynı sistemdeki serbest suya göre farklı özelliklere sahip ve hareketliliği azalmış olan ve -40 °C' de donmayan su olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle bağlı su, kristal suyun protein ve karbonhidrat gibi su tutan koloidal taneciklerin yüzeyleri tarafından tutulan (absorbe edilen) sudur.

Bağlı suyun ayrılması ancak yüksek sıcaklıklarda mümkündür. Kompleks sistemlerde su farklı şekillerde bağlı olabilir. Bağlı su olarak tanımlanan su; yapısal su, komşu su ve çoklu tabaka suyunun yaklaşık tamamını kapsamaktadır. Hayvansal

dokulardaki suyun %8-10'u, meyve ve sebzelerdeki suyun yaklaşık %6 kadarı bağlı sudur. Yapısal su; su dışındaki bileşenlerin bir parçası olarak bulunan ve en sıkı bağlı olan sudur. Yapısal suya örnek olarak; kimyasal hidratlar ve protein kristallerinde dokular arası bölgede bulunan su verilebilir. Komşu su; yapıya kuvvetli bağlı su olarak nitelenebilir. İyon ve iyonik gruplara bağlı su, komşu suyun en sıkı bağlı olanıdır. Çoklu tabaka suyu ise, birinci tabakada kalan uçlara bağlanır ve komşu su dışında pek çok tabaka oluşturur. Komşu suya kıyasla daha az kuvvetle bağlı ise de, su dışındaki bileşenlere yakın bir konumdadır (Akbulut ve Karagözlü, 2012).

### 3.2. Su Aktivitesi

Katı maddeler su içerisinde çözündürülürse entropi (faydasız enerji) düşer. Böylece su moleküllerinin sıvı evreden buhar evresine geçmesi güçleşir. Başka bir tanımlama ile buhar basıncı düşer. Buhar basıncının düşmesi sonucu donma noktası sıcaklığında azalma ve kaynama noktası sıcaklığında yükselme gözlenir. İdeal çözeltilerdeki konsantrasyonla, buhar basıncı arasındaki ilişki Raoult yasası ile tanımlanmaktadır. Bu yasaya göre, ideal çözeltilerde çözücünün buhar basıncının bağlı olarak azalması, katı maddenin mol fraksiyonuna (mol kesri) eşdeğerdir. P çözeltilinin P<sub>0</sub>'da çözgenin buhar basıncı ve n<sub>1</sub> katı maddenin ve n<sub>2</sub> çözgenin mol sayısı kabul edilirse, genel olarak Raoult yasası şu şekilde tanımlanabilir:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

Bu eşitlik 1 molar çözelti için saf suyun buhar basıncı  $\frac{55.51}{1+55.51}$  veya 0.9823 yada %98.23 oranına eşit olduğunu gösterir. Sabit sıcaklıkta çözelti ve çözgenin buhar basınçları oranı su aktivitesi olarak tanımlanmaktadır.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\% \text{Bağılnem}}{100}$$

Bu tanımlama bir gıda maddesine uyarlanacak olursa, gıda içerisinde bulunan suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı ile su aktivitesi ortaya çıkar. Buna göre verilen 1 molar çözeltinin su aktivitesi 0.9823 olarak bulunur. Söz konusu çözelti ile ortam havasının su buharı dengesinde olması bağlı nemin %98.23 olduğunu ortaya koyar. Böylece denge koşullarında bağlı nem (a<sub>w</sub> x 100)'e eşit olduğu açığa çıkar. Saf suyun su aktivitesi 1.00 ve %100 bağlı neme eşittir (Pala ve Saygı, 1983).

Mikroorganizmaların su gereksinimi, genel olarak geliştikleri ortamın sahip olduğu 'su aktivitesi' (a<sub>w</sub>) değeri üzerinden ifade edilir. a<sub>w</sub>, bir ortamdaki mikrobiyal

gelişim ve metabolik reaksiyonlar için gerekli olan serbest suyun göstergesidir. Su aktivitesini ( $a_w$ ) mikroorganizmanın bulunduğu ortamda atmosferin buhar fazındaki su miktarının, aynı sıcaklıkta bulunan saf su üzerindeki atmosferin buhar fazındaki su miktarına oranı şeklinde tanımlamak da mümkündür. Bir çözeltinin veya gıdanın  $a_w$  değerini belirlemek için bu materyal kapalı bir sistem içine alınır ve bu sistemin nem dengesine ulaşması beklenir, sonra bu kapalı sistem içindeki atmosferin nispi nemi ölçülür.  $a_w$  değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Saf suyun  $a_w$  değeri 1, doymuş tuz çözeltisinin ise 0.75'tir (25 °C'de) (Erkmen, 2010).

### 3.2.1. Gıdaların Su Aktivitesi Değerleri

Su aktivitesi gıdalarda kolayca ölçülebilen bir fizikokimyasal özellik olup, gıda teknolojisinde önemli bir parametredir. Nemden farklı olarak su aktivitesi, gıda kalitesinde; fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılığı belirlemektedir (Özay ve ark., 1993).

Gıda maddelerindeki su miktarı arttıkça  $a_w$  değeri yükselerek 1'e yaklaşır. Hiçbir gıdanın  $a_w$  değeri 0 veya 1 olamaz. Genellikle gıdaların  $a_w$  değeri 0.1 ile 0.99 arasında değişir. Pek çok taze gıda (taze meyve ve sebze, taze kırmızı et, tavuk ve balık gibi) ve içeceklerin  $a_w$  değeri 0.99 dolayındadır.

Homojen bir gıdada diğer mikrobiyal gelişmeyi etkileyen faktörler (özellikle sıcaklık) değişmediği sürece  $a_w$  değeri değişmeden kalır. Ancak, depolama boyunca nemin gıda üzerinde yoğunlaşması ya da gıdanın nem kaybetmesine neden olacak şekilde hatalı uygulamalar sonucunda gıdanın  $a_w$  değeri değişebilir. Bu gibi problemler sorpsiyon izotermi kullanılarak çözümlenebilir. Sabit sıcaklıkta gıdanın su içeriğinin ( $m$ ), su aktivitesine ( $a_w$ ) karşı gösterilmesiyle elde edilen grafiğe 'sorpsiyon izotermi' denir. Sorpsiyon izotermi aracılığı ile bahsi geçen problemlerin hangi su içeriği, su aktivitesi ve sıcaklıkta gerçekleşebileceği kritik değerler önceden tahmin edilerek problemlere karşı tedbirler alınabilir. Bu kritik değerlerden hareketle gıdanın üretilip ambalajlandığı ve satışa sunulduğu bölgelerin farklı sıcaklık ve basınç değerlerine sahip olmasına rağmen gıdanın stabilitesinin korunması sağlanabilir (Erkmen, 2010). Çizelge 3.2.1.1.'de bazı gıdaların  $a_w$  değerleri verilmiştir.

**Çizelge 3.2.1.1.** Bazı gıdaların yaklaşık  $a_w$  değerleri (Beuchat (1981,1983) ve Christian (2000)'den düzenlenmiştir) (Erkmen, 2010)

Gıda	$a_w$
Taze gıdalar (meyve ve sebzeler, kırmızı et, tavuk ve balık, yumurta), süt, pişirilmiş sosisler, ekmek.	>0.95
Bazı peynirler (çedar, isviçre, provolone), jambon, bazı meyve suyu konsantreleri, mayonez.	0.95-0.91
Fermente sosisler, kekler, eski peynirler, pastırma, margarin.	0.91-0.87
Meyve suyu konsantrelerinin çoğu, tatlandırılmış yoğunlaştırılmış süt, pekmez, un, baklagiller, pirinç, şeker oranı yüksek kekler.	0.87-0.80
Reçel, marmelat, badem ezme	0.80-0.75
Öğütülmüş hububat, marshmallow (lokuma benzer süngerimsi şekerleme), jöle, melas, bazı kurutulmuş meyveler, kabuklu yemişler.	0.75-0.65
Kurutulmuş meyveler, bazı şekerlemeler ve karamelalar, bal.	0.65-0.60
Şehriye, makarna, baharatlar, yumurta ve süt tozu, bisküviler, krakerler, kurutulmuş sebzeler, mısır gevreği.	<0.60

### 3.2.2. Su Aktivitesi ve Su Ürünlerinin Bozulması ile İlişkisi

Su aktivitesi; gıdada mikrobiyal gelişime etkisi olan su miktarının ölçüsüdür. Su aktivitesinden başka fiziksel, kimyasal, biyolojik etkenlerde besinin mikrobiyal stabilitesini etkilerler. Bu yüzden su aktivitesi kurutulmuş balığın raf ömrünü etkileyen tek etken değildir (Çaklı, 2007).

Gıda ürünlerinde önemli bozulmalara neden olan bakteriler, 0.90 su aktivite değerinin altında olan gıdalarda gelişemezler. Bazı tuzu seven (halofilik) bakteriler ise, su aktivite değeri 0.75'e kadar faaliyetlerini sürdürebilirler. Ozmofilik mayalar, su aktivite değeri 0.60'a düşene kadar çoğalabilseler de sadece bazı ürünlerde bozulma etmeni olmaktadır. Genellikle küfler bakterilere göre susuzluğa daha dayanıklıdır.

Bu nedenle su aktivitesi 0.80'e düşene kadar kolaylıkla üreyebilirler. Bununla beraber su aktivitesi 0.70 gibi düşük değerlerde bile, çok yavaş da olsa, bazı küfler üreyebilmektedir. Küf üremesi su aktivite değeri 0.65'in altına düşünce tamamen durmaktadır (Varlık ve ark., 2004).

Kurutulan ürünlerin bozulmadan kalabilmesi için ortamda mikroorganizmalar için 'elverişli suyun' bulunmaması gerekmektedir (Uğur ve ark., 1999). Su aktivite değerinin düşmesi enzimatik değişimleri de sınırlamakta veya engellemektedir. Gıdalarda çok yaygın olarak bulunan ve önemli değişikliklere neden olan amilaz ve peroksidaz gibi enzimler, 0.85 su aktivitesi değerinden daha aşağı değerlerde inaktif hale gelmektedirler. Buna karşın lipaz enzimi, su aktivitesi 0.25-0.30'a kadar aktif kalabilmektedir. Çok düşük su aktivitelerinin söz konusu olduğu ortamlarda enzimler, ısı etkisiyle inaktif hale getirilmeye karşı oldukça dirençlidirler. Su aktivitesinin kimyasal reaksiyonlarla ilişkisi vardır ve su aktivitesi düştükçe reaksiyonların hızlarında da düşüş gözlemlenir. Başka bir deyişle; kimyasal bozulma prosesleri de yavaşlamış olur (Varlık ve ark., 2004).

Balık eti fiziksel ve kimyasal yapısı nedeniyle mikroorganizmalar için ideal bir besi yeri olarak kabul edilmektedir (Çadırcı ve Göncüoğlu, 2008). 6.4-6.8 pH ve 0.98 su aktivitesi (aw) değerlerine sahip olması patojen ve bozulmaya yol açan bakterilerin üremesi için uygun ortam oluşturmaktadır (Huss, 1995). Oldukça kolay bozulabilen özelliğinden dolayı balık, birçok kültürde geleneksel olarak su aktivitesini azaltma metoduyla muhafaza edilmiştir. Bu teknikler tuzlama, kurutma, dumanlama ve marine etme olarak sıralanabilir (Troller ve Christian, 1978). Kurutma yoluyla su ürünlerini muhafaza etmenin prensibi suyun uzaklaştırılarak su aktivitesinin düşürülmesi esasına dayanır. Farklı seviyelerdeki su aktiviteleri minimuma ulaşarak, balık dokularındaki diğer bozulma süreçleri oranları değiştirilirken, gıdanın su aktivitesi düşürülerek mikrobiyal gelişme azaltılır ya da inhibe edilir (Collignan ve ark., 2001; Rahman, 2006; Tsironi ve Taoukis, 2014).

Su aktivitesi balık bozulması ve farklı mikroorganizmaların gelişiminde ürünün içerdiği su aktivitesi oranına bağlı olarak önemli rol oynar. Su aktivitesi 0.6'ya düşürülürse bakteri ve küf gelişimi önlenir (Abbas ve ark., 2009). Ayrıca su aktivitesi enzimatik olmayan esmerleşme, yağ oksidasyonu, vitaminlerin bozulması, enzimatik reaksiyonlar ve protein denaturasyonu gibi bazı arzu edilmeyen reaksiyonları yavaşlatmaya ya da sınırlandırmaya yardımcı olabilir. Böylece ürün kalitesi korunarak ürünün raf ömrü uzatılır (Wolf, 1984; Abbas ve ark., 2009).

Balık ve balık ürünlerinin mikrobiyal ve kimyasal durumu ürünün su aktivitesine bağlıdır. Birçok bakteri 0.9 su aktivitesi altında gelişemez ancak *Staphylococcus aureus* yaklaşık olarak 0.85 su aktivitesinde gelişebilir. Yeni yakalanmış balığın su aktivitesi 0.95'in üzerindedir ve mikrobiyal gelişim oranını azaltmak için kurutma ya da tuzlama işlemleriyle düşürülebilir. İşleme ve depolama süresince balık ürünlerinin kimyasal ve mikrobiyolojik durumu büyük oranda ürünlerin su aktivitesi içeriklerine bağlıdır. Balık 0.6 'dan daha düşük su aktivitesi oranlarında mikrobiyolojik olarak stabildir (Abbas ve ark., 2009).

### **3.3. Gıdaların Kurutulması**

Kurutma; gıdaların muhafazasında kullanılan en eski metotlardandır (Ratti, 2001). Çok eski zamanlarda dahi insanlar et ve balığı güneşte kurutmuşlardır. Gıdaların kurutma suretiyle dayanıklı hale getirilmesi yöntemi halen önemli bir gıda muhafaza yöntemidir. Kurutulmuş gıdalar bozulmadan uzun süre depolanabilirler (Gürses, 1986).

Kurutma işlemi genel olarak kontrollü şartlar altında sıcaklık uygulaması ile gıdadaki suyun doğrudan buharlaşması ya da dondurulmuş halde kurutma tekniğinde olduğu gibi gıda içinde katı hale geçirilmiş suyun süblimleşmesi sonucu uzaklaştırılması işlemidir. Bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmekte ve örneğin çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelebilmektedir. Kurutmadaki amaç, yaş ürünlerdeki serbest suyu uzaklaştırarak, ürünlerde meydana gelebilecek biyokimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların gelişmesini durdurmak/sınırlandırmak ve mikroorganizmaların üreyemeyeceği bir orana indirerek gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre dayanmalarını sağlamaktır (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Mikroorganizmaların çalışabilmeleri için gıda maddelerinin içerisinde belli oranda suyun bulunması gerekmektedir (Akbulut ve Karagözlü, 2012). Kurutma ile gıda bünyesinde bulunan su uzaklaştırılarak ürünün bozulmasına imkan vermeyecek düzeye getirilir. Böylelikle hem mikrobiyal gelişme hem de biyokimyasal reaksiyonlar engellenmiş olur. Kurutma yaygın olarak güneş altında yapılmaktadır. Bu doğal yöntemin ucuz olması, daha az işçi ve ekipman ihtiyacı olması gibi avantajlı yönleri yanında, güneşli gün sayısının bilinmemesi, açıkta sergilerde kurutma yapıldığı için her türlü kontaminasyona açık olması ve kontrolsüz olması gibi dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Bu yüzden besin içeriği korunmuş, sağlık açısından hiçbir problemi olmayan ürünler elde etmek için kontrollü sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Demiray ve Tülek, 2008).

Kurutma işleminin sonunda ya da ortalarında (kurutma işleminin orta seviyelerinde) kuruyan materyalin bazı parametreleri kapsamlı bir terim olan 'kalite' yi oluşturur. Bu özellikler süreç modelleme ve kurutma zamanının tahmini için gerekli olmamasına rağmen, kurumuş ürünün kalitesinin tahmini ve özellikleri için gereklidir.

Kalite parametreleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Termal özellikler (ürünün fazı: camsı, kristal, lastiksi)
- Yapısal özellikler (yoğunluk, gözeneklilik, gözenek boyutu, spesifik hacim)
- Tekstürel özellikler (basınç testi, gerilme rahatlama testi, çekme testi)
- Optik özellikler (renk, görünüş)
- Duyusal özellikler (aroma, tat, lezzet)
- Besinsel özellikler (vitaminler, proteinler)
- Rehidrasyon özellikleri (rehidrasyon oranı, rehidrasyon kapasitesi) (Krokida ve Maroulis, 1999).

### **3.4. Gıdaları Kurutma Yöntemleri**

İnsanlar binlerce yıldır gıda ürünlerini hasırların üstüne sererek güneş altında kurutmuşlardır. Ancak bu basit kurutma metodu gıdaların toz, havadan gelen küf ve mantarlar, böcekler, kemirgenler ve diğer hayvanlara maruz kalmasına sebep olmuştur. Bununla beraber açık havada kurutma nemli iklimlerde çoğunlukla mümkün değildir (Gregoire, 1984).

Gıdaların evde kurutulması yöntemlerine bakıldığında genel olarak; güneşte kurutma, fırında kurutma ve kontrollü hava-ısı sirkülasyonu ile kabin tipi kurutucularda kurutma görülmektedir (Brennand, 1994). Ancak, büyük ölçekli kurutmalarda kurutucular ve kurutma odaları kullanılmaktadır. Bu şekilde üretim hızlı ve yüksek miktarlarda ürün verirken, aynı zamanda açık havanın dezavantajları olan yağmur, rüzgar vb. gibi iklim koşulları değişkenliği mikrobiyal ve çevresel kontaminasyon (mikroorganizmalar, sinek, toz vb.) sorunlarını da ortadan kaldırmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı, 2000; Özbay Doğu ve Sarıçoban, 2015).

Endüstriyel tip kurutucular çeşitli kaynaklarda farklı sınıflandırmalara tabi tutulmuşlardır. Bu sınıflandırma; kurutucunun çalışma şekli, ısı giriş şekli, kurutucudaki materyalin durumu, çalışma basıncı, kurutma ortamı, kurutma sıcaklığı, kurutulan katı ve ortam arasındaki bağıl hareket, kademe sayısı ve zaman dilimi gibi özelliklerine göre yapılabilmektedir (Mujumdar, 2000; Mujumdar, 2006). Uzun seneler süren deneysel çalışmalar sonunda çok değişik tipte kurutucular meydana getirilmiştir. Birbirine çok benzer işlemler için bile birbirinden oldukça farklı birkaç cihaz

kullanılmaktadır. Cihazların yapılarındaki bu farklılıktan dolayı kurutucular için belirli bir sınıflandırma yapmak oldukça güçtür (Güngör, 2013).

Aşağıda çeşitli kurutma yöntemlerine genel olarak değinilmiştir.

### **3.4.1.Sıcak Havalı (Konveksiyon) Kurutma**

#### **3.4.1.1.Silo Kurutma**

Silo kurutucular birkaç metre yüksekliğinde olabilen silindirik ya da dikdörtgen şekilli konteynirlardır. Özellikle tünel ya da onun muadili bir kurutucuda nemin çoğu uzaklaştırıldıktan sonra kurutma işlemini tamamlamak için sebze ürünlerinin kurutulmasında kullanılır (Anonim, 2016a).

#### **3.4.1.2. Kabin (Tepsi) Kurutma**

Tepsili kurutucularda yalıtılmış bir oda içine vagonlar ile sokulan tepsi veya rafların üzerine ürün genellikle ince olarak yayılmakta, hava bir kanaldan içeriye alınarak fan yardımıyla tepsilere paralel olarak veya aşağıdan yukarıya dairesel bir şekilde oda içinde dolaşımı sağlanmaktadır. Tepsili kurutucular çeşitli meyve ve sebzeler, et ve balıklar ile şekerleme gibi gıdaların kurutulmasında kullanılmaktadır (Soksahanj ve Jayas, 1995).

#### **3.4.1.3. Sürekli - Taşıyıcı (Bant) Kurutma**

Bu tip kurutucular çok yönlüdür ve hem ısıya duyarlı hem de kırılabilir olan büyük miktardaki yükleri taşıyabilir. Çok büyük ticari bant tipi kurutucuların tasarımında, bant üzerindeki ürünün düzgün bir şekilde dağılması ve kurutucunun bulunduğu kurutma odasında ürünün dengeli bir neme sahip olması için havanın da eşit bir şekilde dağılması çok önemlidir (Mujumdar, 2000; Güngör, 2013).

#### **3.4.1.4. Hava Basınçlı (Pneumatic) Kurutma**

Hava basınçlı kurutucularda toz ve granül şeklindeki materyaller sıcak hava akımında süspanse halde kurutulur. Kurutma işlemi tozlar ya da partikül gıdalar metal borular içinde dikey ya da yatay olarak yapılmaktadır. Kurutulmuş ürünü uzaklaştırmak için bir siklon ayırıcı kullanılmaktadır. Materyal bu tip kurutuculara girdiğinden dolayı hava akımıyla taşınabilir olmalıdır. Yeni gelen materyal ise diğer yöntemlerle %35-40 nem oranının altına kurutulmalıdır (Anonim, 2016a).

#### **3.4.1.5. Akışkan Yataklı Kurutma**

Akışkan yataklı kurutmanın temel prensibi yüksek hız ve sıcaklıktaki kurutucu havanın gıda ile teması ve geniş yüzey alanı sayesinde gıdadaki suyun hızla uzaklaştırılmasını sağlayarak ısının gıdadaki olumsuz etkisini azaltmaktır (Meziane, 2011).



#### **3.4.1.6. Fırınlı Kurutma**

Perforeli bir kat üzerine yerleştirilmiş iki katlı ocaklarda sıcak hava 20 cm derinliğindeki gıdanın bulunduğu yerden geçerek kurutma gerçekleştirilir. Bu kurutucular geleneksel olarak Amerika 'da elma dilimleri ya da Avrupa'da şerbetçiotu ya da malt kurutmada kullanılır (Anonim, 2016a).

#### **3.4.1.7. Dönel Kurutma**

Bu tip kurutucularda malzeme döner silindir içinde hem taşınır, hem de serbest düşmeyle duşlama benzeri silindir alt yüzeyine düşer. Bu esnada malzeme sıcak gaz akımı ile temas ederek kuruma işlemi gerçekleşir. Bazı döner kurutucular indirekt ve direkt tiplerin birleşimidir. Örneğin; sıcak gazlar önce iç gövde ve sonra iç ve dış gövde arasından geçer ve ıslak katı madde ile temas eder (Güngör ve Özbalta, 1997).

#### **3.4.1.8. Sprey Kurutma**

Sprey kurutucularda sıvı halinde veya çok ince katı parçacıklar halindeki gıda maddesi zerrelere halinde ısıtılmış hava içerisine püskürtülür. Kuruma çok kısa bir sürede tamamlanır. Bu nedenle, ısı ile uzun süre temastan zarar görebilecek gıda maddeleri için çok uygundur (Gürses, 1986).

#### **3.4.1.9. Tekne Kurutma**

Tekne tipi kurutucularda kurutulacak gıda maddesi oluk şeklinde delikli bir taşıyıcı bant üzerine verilir ve sıcak hava bant üzerindeki bu gıda maddesi yığını üzerine nakledilir. Taşıyıcının sürekli hareketi kurumakta olan gıda maddesi tabakasını alt üst ederek alttaki kurumamış kısımları sıcak havanın etkisine maruz bırakır (Gürses, 1986).

#### **3.4.1.10. Tünel Kurutma**

Tünel kurutucular, arabalı tepsi kurutucuların kesintisiz (sürekli) kurutma yapan türüdür. Uzun kurutma tüneline yerleştirilen ve ayarlanabilen bir hızda yürüyen band üzerindeki arabalara tepsiler yerleştirilmektedir. Isıtılmış hava, sevk edici fanlarla art arda dizilmiş belirli bir hızla ilerleyen arabalara gönderilir. Havanın giriş yönü genellikle ürünün gidiş yönünün tersinedir (Moyers ve Baldwin, 1999).

### **3.4.2. Yüzey Isıtmalı Kurutma**

#### **3.4.2.1. Silindir Kurutma**

Silindir kurutucularda kıvamlı yapıya sahip gıda maddesi iç kısımdan ısıtılan ve yavaş dönen metal bir silindirin bir kısım yüzeyi üzerine yayılır. Silindir belirli hızla döner ve dönüş süresinin çoğu kısmında gıda maddesi silindirin yüzeyinde kalır. Bu süre içerisinde kurutma tamamlanır ve kurumuş ürün kurutucunun özel kazıyıcısı ile kazınarak silindir üzerinden alınır (Gürses, 1986).

### **3.4.2.2. Vakum Bantlı ve Vakum Raflı Kurutma**

Ürün ilk olarak buhar ısıtmalı tamburda ve daha sonra buhar ısıtmalı bobin ya da radyan ısıtıcılar ile bant üzerinde kurutulur. Kurutulmuş ürün su soğutmalı tamburda soğutulur ve bir sıyırma bıçağı ile uzaklaştırılır. Vakum raf kurutucuları bir vakum haznesi içerisinde vakumlu raflardan oluşur. Ürün raflarla iyi temas eden düz metal tepsilere yerleştirilir. Ürünü kurutmak için raflar boyunca sıcak su ya da buhar geçirilir ve hazne içinde kısmi vakum 1-70 torr (Torr) dur (Anonim, 2016a).

### **3.4.3. Dondurarak Kurutma**

Isıya duyarlı gıda ürünleri genellikle dondurarak kurutma ile kurutulurlar. Dondurarak kurutma suyun katı halden (buz) gaz haline (su buharı) dönüştürülerek gıdalardan uzaklaştırılması işlemidir. Süblime buz vakum haznesinden vakum pompaları ya da buharlı enjektörlerle uzaklaştırılır. Süblimasyon ısısı kondüksiyon ya da radyasyon yoluyla sağlanır. Dondurarak kurutulan ürünler yüksek kaliteli gıda ürünleri olarak bilinmektedir. Bunun nedeni gıda ürününün yapısının diğer kurutma metotlarında olduğu gibi ciddi oranda zarar görmemesidir. Su, süblimasyon yoluyla üründen uzaklaştırıldığında geriye gözenekli ve çekmemiş (büzülmemiş) bir yapı kalır. Dondurarak kurutulmuş ürünler kolayca rehidre olabilirler. Dondurarak kurutma sırasında ya hiç ya da çok az bir aroma ve lezzet kaybı meydana gelir. Düşük kurutma sıcaklığı, enzimatik olmayan esmerleşme, protein bozulması ve enzimatik reaksiyonlar gibi birçok bozulma sürecini etkilemediğinden protein kalitesi yüksek kalır. Dondurarak kurutmanın en büyük dezavantajı maliyetidir. Kurutma oranı yavaştır ve vakum eklerinin kullanımının maliyeti yüksektir. Ancak; son ürün düşük nem içeriğine sahip olduğundan, soğutma ve depolama masraflarını azaltarak maliyeti kurtarabilir (Anonim, 2016a).

### **3.4.4. Mikrodalgada Kurutma**

Elektromanyetik alanda bulunan kurutulacak madde içindeki su dipolleri elektromanyetik alan frekansına bağlı olarak belirli bir hızda sağ-sol dönme (twist) hareketi yaparlar. Bu hareket sonucu oluşan sürtünme nedeni ile ısı enerjisi açığa çıkar (Travers, 1990; Doğanay, 2007). Mikrodalga kurutma hızlı bir kurutma işlemi olarak nitelendirilebilmektedir. Ancak kurutma sırasında hızlı kütle transferinden dolayı tekstüre zarar verebilmekte ve üniform olmayan elektromanyetik alan sıcak noktalar oluşturabilmektedir (Eştürk, 2012).

#### **3.4.5. Kızılötesi Işımlarla Kurutma**

Kızılötesi ısıtma, özellikle konvansiyonel ve mikrodalga ısıtma gibi diğer ısıtma mekanizmalarıyla birlikte kullanıldığında, zaman ve enerjiden tasarruf sağlayan bir ısıtma teknolojisidir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kurutma, pişirme, kavurma, çözdürme, pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadır (Özkoç, 2010).

#### **3.4.6. Ozmotik Kurutma**

Ozmotik kurutma meyve, sebze, et, peynir ve balık gibi gıda maddelerinin bütün veya parçalar halinde yüksek derişimli çözeltilerin içersine konması ve üründen suyun uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Ozmotik kurutma, hava ile kurutma, dondurma, konserveleme gibi işlemlerden önce bir ön işlem olarak kullanılmaktadır (Us, 2006).

#### 4. DONDURARAK KURUTMA TEKNOLOJİSİ

Dondurarak kurutma gıda maddelerindeki nemin uzaklaştırılması için uygulanan bir yöntemdir. Geleneksel kurutma yöntemi ile kurutulması sakıncalı olan, sıcaklığa çok hassas bazı biyolojik maddeler, ilaçlar ve gıda maddeleri dondurarak kurutulabilir. Gıda maddeleri için “liyofilizasyon” ya da dondurarak kurutma ‘canlılığı askıya alma’ anlamına gelmektedir (Anonim, 2012c). Dondurarak kurutma işleminde, su veya herhangi bir çözücü, vakum ortamında bulunan maddeden süblimasyon yolu ile buhar olarak ayrıştırılır. Süblimasyon ile buhar olarak ayrıştırılan çözücü, kurutma işleminin meydana geldiği odadan uzaklaştırılır (Liapis ve Bruttini, 1997). Süblimasyon; maddenin katı (buz) halden gaz (su buharı) haline maddenin sıvı hali atlanarak, bir başka ifadeyle; buzun erimesine imkan olmaksızın geçişidir. Buz haline gelmiş su, düşük basınç ortamında belli belirsiz bir sıcaklık artışı durumunda doğrudan buharlaşır. Böylelikle kuruma için yüksek sıcaklık derecelerine ihtiyaç duyulmaz. Ürünlerin moleküler ve hücre yapısında yarıma vb. değişikliklere yol açmaz. İç ve dış yapısı bozulmaz ve hemen hemen en baştaki hallerini korurlar (Anonim, 2012a). Dondurarak kurutmada kurutulacak gıdaya ısı iletimi kondüksiyon veya radyasyonla veya her iki yolla birlikte olur. Bu yöntemle kurutmada en önemli husus ısı iletim hızının kontrolüdür. Donmuş durumdaki gıda maddesinin yani buzun erimemesine dikkat etmek gereklidir. Bu nedenle ısı iletim hızı buzun erimemesini sağlayacak düzeyde düşük olmalıdır (Gürses,1986).

Bir kurutma yöntemi olarak bu uygulamanın maddeler üzerinde çok çeşitli olumlu etkileri ve dolayısıyla diğer kurutma yöntemlerine kıyasla birçok avantajı vardır. Liyofilizasyon gıda dahil farklı alanlarda ve yüksek oranda su barındıran ürünlerde de kullanılabilen bir yöntemdir. Bu yöntemde kurutulmuş maddenin yapısı bozulmadığı için liyofilizasyon sadece bir kurutma değil aynı zamanda mükemmel bir koruma yöntemidir. Çünkü yöntemin en belirgin özelliği, ürünleri dondurulmuş ürünler kadar hatta onlardan daha uzun raf ömrü sağlayarak, normal ortam sıcaklığı koşullarında başlangıçtaki halleri ile koruyabilmesidir (Anonim, 2012b). Dondurarak kurutmanın en önemli amacı iyi raf kararlılığında ve suyla tekrar işleme sokulduğunda yapısı değişmeyen ürün elde edebilmektedir. Bu durum aynı zamanda işlemin paketlenme ve depolama şartlarına da bağlıdır (Oetjen, 1999).

Dondurarak kurutma pahalı olmasına karşın kalite açısından ele alınacak olursa en iyi kurutma yöntemidir. Diğer taraftan pahalılığın ürün fiyatına göre izafi bir değer olduğu söylenebilir. Hammaddenin ilk görünüşünü, tadını, rengini, lezzetini, yapısını

koruması dondurarak kurutmayı en iyi kurutma yöntemi yapmaktadır. Ürün ayrıca ilk şeklini ve boyutlarını koruduğu için rehidrasyon özellikleri iyi olmaktadır (Datta ve George, 2002). Dondurarak kurutulmuş gıdaların rehidrasyon oranı genellikle hava ile kurutulanlardan 4-6 kat daha yüksek olduğundan, hazır yemek ve çorba gibi dondurarak kurutulmuş ürünleri mükemmel yapmaktadır (Ratti, 2001). Bununla birlikte kurutmada itici güç olan buhar basıncı konvansiyonel metotlara göre oldukça düşük olduğundan, kurutma zamanı diğer yöntemlere göre daha uzun, dolayısıyla maliyet daha fazladır. Bu nedenle dondurarak kurutma, pahalı gıdaların kurutulmasında ekonomik bir yöntem olmaktadır (Datta ve George, 2002).

Dondurarak kurutma gıdaların raf ömrünü uzatmak için cazip bir yöntem olarak gösterilmektedir (Ma ve Arsem, 1982; Vega-Mercado ve ark., 2001). Gıda ürünlerinin dondurarak kurutulması iki temel nedenden dolayı tercih edilir (Vega-Mercado ve ark., 2001).

1. İşlem sırasında hava yok sayılacak kadar azdır: Düşük işleme sıcaklığı ve havanın yokluğu oksidasyona bağlı bozulmaları ve kimyasal modifikasyonları önlemektedir.
2. Ortam sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda kurutma: Yüksek sıcaklıkta yapıda, görünüşte ve/veya aromada değişiklik veya bozulma oluyorsa, vakum altında minimum zararlarla kurutulabilirler.

#### **4.1. Dondurarak Kurutmanın (Liyofilizasyon) Gelişimi**

Dondurarak kurutma yöntemine liyofilizasyon da denmektedir. İlk olarak 1940'larda kuru plazma ile kan ürünlerinin büyük miktarda üretimi için geliştirilmiştir ve daha sonra antibiyotik ile biyolojik maddeler endüstriyel ölçekte dondurarak kurutma ile hazırlanmıştır (Bingöl, 2009).

İlk liyofilizasyon cihazı 1905 yılında Benedict ve Manning tarafından geliştirilmiş olan bir kimyasal pompadan türemiştir. Bu tasarım Schackell tarafından temel alınarak, gerekli vakumun üretilebilmesi için, havanın etil eterle yer değiştirmesi yerine elektrikle çalışan bir vakum pompası kullanılmıştır. Bu şekilde kurutmanın gerçekleştirilmesi için işleme tabi malzemenin dondurulması gerektiğini de Schackell fark etmiştir. 1930'lu yıllardan bu yana liyofilizasyondan ecza ve biyo-teknoloji firmaları tarafından üretim süreçlerinde yararlanılmış ve teknik sürekli geliştirilmiştir.

60 yıldan daha uzun süredir liyofilizasyondan kullanıma hazır insan kanı plazması üretiminde yararlanılmaktadır. 2. Dünya Savaşı yıllarında kan plazmasının yanı sıra penisilin de bu yöntemle üretilmeye başlamıştır. Flosdorf, Greaves ve Henaff gibi öncüler antibiyotikler ve steroidler ile bakteriyel ve viral aşılarda da liyofilizasyonu

kullanmışlardır. Bir maddenin liyofilizasyon ile stabilize edilebileceği 100 yıldan uzun süredir bilinen bir olgudur ve Bordas ve d'Arsonval tarafından keşfedilmiştir.

İlk dondurularak kurutulmuş gıda örneği olan hazır kahve ise, ilk defa 1938'de, Brezilya'nın fazla kahve stoklarına çözüm bulması talebi üzerine Nestlé tarafından geliştirilerek üretilmiştir ve toz içecekler ve gıda ürünleri sektörünün gelişmesine yol açmıştır. 1960'lardan bu yana 400'ü aşkın liyofilize gıda üretilmiştir. Fakat liyofilizasyon oldukça pahalı ve karmaşık bir teknoloji olması dolayısıyla fazla yaygınlaşmamıştır. Gıda sektöründeki geç kalmış yaygınlaşmasına kıyasla liyofilizasyon ecza sektöründe çok önemli bir yer edinmiştir. Bugün biyo-ecza ürünlerinin %60'a yakınının liyofilize edilmesi gerekmektedir.

Liyofilizasyon için en büyük pazar şu anda gıda sektöründe bulunmaktadır. Ecza sektöründeki yaygın kullanımına ve yoğun talebe karşın halen dünya üzerinde dondurularak kurutulan gıda miktarı toplam korunan gıda miktarının sadece %1'ini oluşturmaktadır. Bu miktar, sektörde liyofilizasyon kullanımına yönelik ne kadar büyük bir potansiyel olduğunun göstergesidir.

Dünyada Hindistan, Çin, İspanya, Danimarka, İngiltere gibi çeşitli ülkelerde gıda alanında da liyofilizasyon yapılmaktadır. Çin'de kurulan ilk liyofilizatör 1986 yılında 200 m<sup>2</sup>'dir. Amerika'nın 1960'lı yıllarda kurulan en büyük ve en eski gıda liyofilizasyon şirketinin sadece Amerika'daki tesislerinin kapasitesi ise yaklaşık 2980 m<sup>2</sup> civarındadır. Bu firmanın üretimi toplam Amerika liyofilize gıda üretiminin yarısından fazlasını oluşturmaktadır (Anonim, 2012b).

## **4.2. Dondurarak Kurutmanın Safhaları**

Dondurarak kurutma genellikle çok düşük basınç altında donmuş gıdalardan veya donmuş çözeltilerden, çözücünün (genellikle su) süblimasyonla ve bağlı çözücününse (donmamış çözücü) desorpsiyonla uzaklaştırılması işlemidir. Dondurarak kurutma yöntemi üç safhadan oluşmaktadır:

1. Donma safhası;
2. Birinci kurutma safhası
3. İkinci kurutma safhası (Liapis and Bruttini, 1997).

### **4.2.1. Donma Safhası**

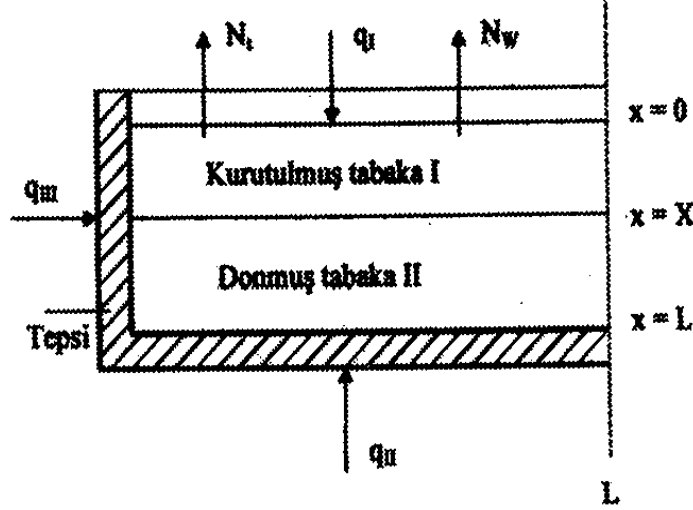
Donma safhası anahtar basamaktır çünkü buz kristallerinin yapısını (şekil ve boyut) sonuç olarak bütün işlemde en uzun süreyi alan süblimasyon zamanını ve ikinci kurutma safhasının anahtar faktörü olan gözeneklerin spesifik yüzey alanını ve rehidrasyon zamanını ayarlar (Andrieu ve ark., 2007).

Dondurma dondurarak kurutma işlemi için çok önemlidir ve işlemin ilk evresini oluşturur. İşlem görecekle olan madde sistemi (jel süspansiyon, sıvı çözeltiler veya gıda maddeleri) bu madde sisteminin donma sıcaklığının (bu sıcaklık maddenin içeriğine göre değişir) daha altında bir sıcaklığa kadar soğutulur. Dondurularak kurutulacak madde çözelti halinde ise bu çözeltinin (örneğin NaCl'nin sudaki çözeltisi -21.6 °C'de ötektik gösterir) denge fazı diyagramındaki ötektik noktasının daha altındaki bir sıcaklığa kadar soğutulması gerekir. Böylece madde kristal hale gelir. Pratikte maddeler iki farklı şekilde donma hareketi gösterirler:

- Kurutulacak madde içinde bulunan katı madde içeriğine bağlı olarak sistemdeki sıvı belli bir sıcaklıkta aniden katılaştır.

- Sıvı faz katılaştırılmaz (camsı oluşum) fakat çok viskoz hale gelir. Böyle bir sistemde ötektik sıcaklıktan söz edilemez ve bu tür sistemler için minimum donma sıcaklığı geçerlidir.

Donma işleminin sonunda sistemden uzaklaştırılacak su (buz kristali şeklindeki donmuş su) çözünen madde arasında bir ayrıştırılmadan söz edilebilir. Birçok durumda dondurma işleminin sonunda, başlangıçta sistemde bulunan suyun %65-90'ı donmuş, geri kalan %10-35 oranındaki su ise bağlı su (donmamış su) olarak bulunur. Dondurarak kurutma işlemi sırasında oluşan kurutulmuş tabakadaki gözeneklerin boyutu, gözeneklerin dağılımı ve gözeneklerin birbiriyle olan ilişkileri dondurma işlemi sırasında oluşan buz kristallerine bağlıdır (King, 1971; Goldblith ve ark., 1975; Millman ve ark., 1985; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Çünkü dondurarak kurutma işlemi sırasında süblimasyonla oluşan kurutulmuş tabakayı karakterize eden ısı ve kütle transferi parametreleri kurutulmuş tabakanın gözenekli yapısına bağlılık gösterir. Eğer buz kristalleri küçük ve birbirleriyle olan bağları az ise kurutulmuş tabakadaki su buharının taşınımı sınırlı olacaktır. Diğer yandan büyük homojen dağılmış buz kristalleri oluşursa kurutulmuş tabakadaki su buharının taşınımı daha hızlı olacaktır ve madde daha hızlı kuruyacaktır. Sonuç olarak; dondurma metodu, dondurma hızı, çözeltinin içinde bulunduğu kabın şekli ve çözeltinin içeriği dondurarak kurutma işlemi için çok önemlidir. Çünkü bunlar kurutma hızını ve kurutulmuş ürünün kalitesini direkt olarak etkilerler (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Bir materyalin tepsili sistemde dondurarak kurutma işlemini gösteren diyagram Şekil 4.2.1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2.1.1. Bir materyalin tepsili sistemde dondurarak kurutma işlemini gösteren diyagram (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

#### 4.2.2. Birinci Kurutma Safhası

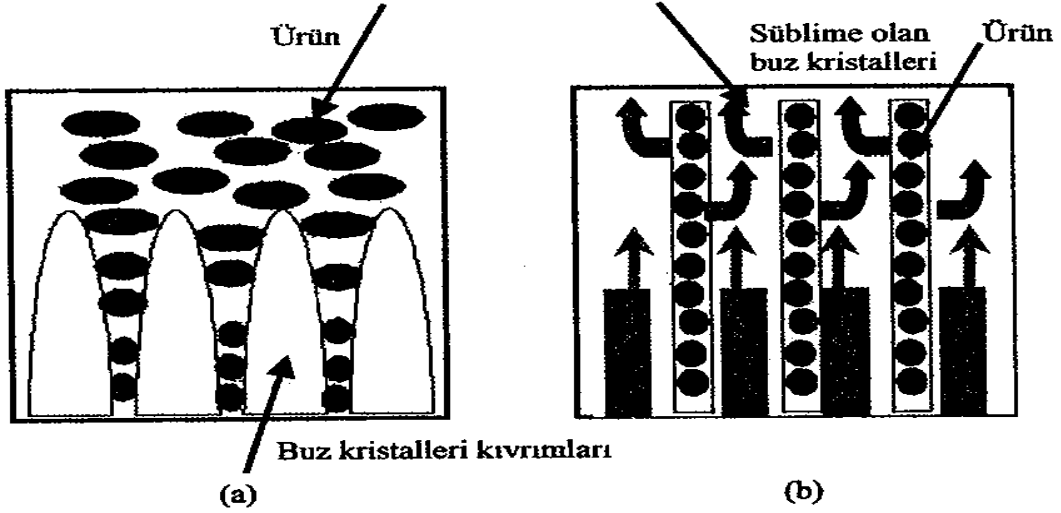
Dondurma işleminden sonra ürünün bulunduğu kurutma odası tahliye edilip, kurutma odasının basıncı çözücünün süblimasyonunu sağlayacak şekilde düşürülür. Su molekülleri süblime olup buhar hale geçerken, çok yüksek olan süblimasyon ısısını (2840 kJ/kg) kurutulacak maddeden alırlar ve böylece donmuş tabakanın sıcaklığı daha da düşer. Eğer sisteme herhangi bir ısı kaynağından ısı sağlanmazsa, ürünün içindeki donmuş suyun buhar basıncı kurutma odasının içindeki su buharının kısmi basıncı ile dengeye ulaşır ve üründen suyun süblimasyonla ayrışması durur. Bu bilgiler ışığında kurutulacak maddeden suyun sürekli süblime olabilmesi için süblimasyon ısısı herhangi bir ısı kaynağından sisteme beslenmelidir. Sisteme ısı genellikle kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyonla sağlanır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

Birinci kurutma safhasında donmuş haldeki su (buz) süblimasyonla maddeden uzaklaştırılır, süblimasyon arayüzeyi aşağıya doğru ilerler ve geriye gözenekli yapıda kurumuş tabaka kalır. Birinci kurutma safhası boyunca kurumuş tabakadaki donmamış suyun (bağlı su) bir kısmı desorpsiyonla uzaklaştırılabilir. Kurumuş tabakadaki desorpsiyon olayı süblimasyonu arayüzeyine aktarılan ısı miktarını etkiler ve bu nedenle hareketli süblimasyon ara yüzeyinin hızıda etkilenir. Birinci kurutma safhası boyunca (bu safhada uzaklaştırılan suyun çoğu donmuş haldeki suyun süblimasyonu ile gerçekleşmektedir) donmuş suyun süblimasyonu ve kurumuş tabakadan bağlı suyun desorpsiyonuyla oluşan su buharı difüzyon ve konveksiyonla kurumuş tabakanın gözenekli yapısından geçerek kurutma odasına girer (Liapis ve ark.,1996; Kayhan, 2008).



Birinci kurutma periyodu süresince bazı sınırlamalara uyulması gerektiğinden, sisteme sağlanan ısı miktarı gelişigüzel artırılamaz. Sınırlamalardan bir tanesi olan, dondurarak kurutulmuş tabakanın maksimum sıcaklığı biyoaktiviteyi kaybedecek, rengini değiştirecek, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlara sebep olacak, kurutulmuş tabakanın yapısını bozacak sıcaklığı geçmemelidir. Bu olumsuz etkilerin oluşmasına imkan vermeden kurutulmuş tabakanın ulaşabileceği maksimum sıcaklık herhangi bir ürün için T scor (genellikle kurutulmuş maddenin kavrulma sıcaklığı) olarak adlandırılır. Diğer bir sınırlama ise donmuş tabaka ile ilgilidir. Bu tabakanın sıcaklığı, kurutulan maddenin içerdiği çözücünün erime sıcaklığını geçmemelidir. Birinci kurutma periyodu boyunca eğer madde ötektik formda ise ve minimum ötektik sıcaklığı geçilirse, donmuş tabakanın erimesi söz konusu olur. Süblimasyon ara yüzeyinin erimesi veya donmuş tabakanın herhangi bir bölgesinin erimesi üründe büzülmele, şişmelere ve geometrik boşlukların suyla dolmasına sebep olabilecek ve böylece son ürünün kalitesi düşecektir (Pikal ve ark.,1990; Liapis ve Bruttini, 1994; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

Donmuş tabakanın herhangi bir noktasında bir erime oluşursa bu noktadaki çözücü süblimasyon ile uzaklaştırılmaz ve bundan dolayı ürünün yapısal kararlılığı bozulur. Eğer, kurutulacaksa madde camsı yapıda ise ve birinci kurutma periyodu boyunca minimum donma sıcaklığı geçilmiş ise katı madde sertliğini kaybederek çökme olayı meydana gelir. Sıvı haldeki su sistemden süblimasyonla uzaklaştırılmayacağı için yapısal bozulmalarında meydana gelmesi kaçınılmazdır. Su buharının maddeden sürekli bir şekilde uzaklaşmasını sağlayacak dengesizlik şartlarını oluşturmak için su buharı kurutma odasından kondenser vasıtasıyla sürekli bir şekilde uzaklaştırılır. Böylece, kurutma odasının içindeki su buharının kısmi buhar basıncının süblimasyonu ara yüzeyindeki su buharının kısmi buhar basıncından sürekli düşük olması sağlanır. Sonuçta, su buharı, soğutulmuş kondensörün yüzeyinde buz olarak toplanır. Kurutulacak madde içerisindeki tüm donmuş haldeki su bittiği an birinci kurutma periyodunun sonu olarak kabul edilir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Dondurarak kurutma işleminin evreleri Şekil 4.2.2.1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2.2.1.** Dondurarak kurutma işleminin evreleri (a) dondurma (b) kurutma (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

#### 4.2.3. İkinci Kurutma Safhası

İkinci kurutma periyodu donmamış (bağlı) suyun uzaklaştırılmasını içerir. Bağlı su; kristal çözünenin (ürünün) yüzeyine adsorblanmış şekilde, hidrat suyu olarak çözünür ve katı çözelti oluşturmuş şekilde bulunabilir. Az da olsa bir miktar bağlı su birinci kurutma periyodu süresince kurutulacak maddeden uzaklaştırılır ve böylece birinci kurutma periyodunda bir miktar ikinci kurutma periyodu gerçekleşir. Dondurarak kurutma işleminde ikinci kurutma periyodu tüm donmuş suyun süblimasyonu ile uzaklaştırılmasından (birinci kurutma periyodunun sonu) hemen sonra başlar ve donmuş tabaka ile kurutulmuş tabakayı ayıran süblimasyon ara yüzeyi kaybolur ve ortamda donmuş tabaka kalmaz (Liapis ve ark.,1996; Kayhan, 2008).

Dondurarak kurutma sistemlerinde, kurutulacak madde içerisindeki bütün donmuş çözücünün süblimasyonu ile uzaklaştırıldığı an (birinci kurutma periyodunun sonu) ikinci kurutma periyodunun başlangıcı olarak kabul edilir. Böylece, ikinci kurutma periyodu boyunca kurutulacak maddeden yalnızca bağlı haldeki su uzaklaştırılır. Bağlı su mekanizmasına göre;

- Fiziksel adsorpsiyon,
- Kimyasal adsorpsiyon,
- Kristalizasyon suyu olarak adlandırılır.

Bağlı su, sistemde bulunan toplam su (toplam suyun %65-90'ı serbest haldeki donmuş su olup, birinci kurutma periyodu boyunca süblimasyonu ile uzaklaştırılır) içeriğinin %10-35 'i olduğu durumda, kurutma hızına ve toplam kurutma süresine olan

etkisi oldukça fazladır. Bağlı suyun uzaklaştırılabilmesi için gerekli olan zaman, serbest suyun uzaklaştırılması için gerekli olan zamana eşit veya daha uzun olabilir.

Kurutulacak maddede bulunan bağlı su maddeye vakum altında ısı verilerek uzaklaştırılabilir. Fakat birinci kurutma periyodunda olduğu gibi, ikinci kurutma periyodu süresince sisteme yüklenen ısı gelişigüzel artırılamaz ve uyulması gereken sınırlamalar mevcuttur. Bu sınırlamalar nem içeriği ve kurutulan ürünün sıcaklığıyla ilgilidir. Bu iki değişken, kurutma sırasında ve kurutmadan sonraki yapısal kararlılığı ve ürün kalitesini etkiler. Birinci kurutma periyodunda olduğu gibi yapısal kararlılığı göz önüne almak gerekir. İkinci kurutma periyodunda da katı yapıda çökme, erime (eğer sıcaklık sabit nemde arttırılırsa) veya çözünme (eğer nem sabit sıcaklıkta arttırılırsa) oluşabilir. Ürün kalitesi, hem üründeki nem içeriğinin hem de sıcaklığın bir fonksiyonudur. İkinci kurutma periyodu boyunca, üründeki nemin konsantrasyonu sıcaklık, zaman ve yere göre büyük değişiklikler gösterir. Bu ise bozulma potansiyelinin zaman ve yere göre değişeceğini ifade eder. Nem konsantrasyonunun profili kurutulmuş tabakadaki sıcaklık profili ile bağlantılıdır. Bundan dolayı örnekteki nem içeriği bağımsız olarak kontrol edilemez. Birçok ürün sıcaklıktan olumsuz etkilendiği için, ikinci kurutma periyodu boyunca ürün kalitesini kontrol altında tutmak için sınırlı ve kontrollü sıcaklıklar kullanılır. Son nem içeriği kontrolü ise kurutma işleminin bitmesinden hemen önce yapılır.

İyi bir liyofilizasyon döngüsü bitiminde kurutma sonrası nihai ürünün nem değeri %1-2 düzeylerinde olmalıdır. Fakat ürüne göre bu yüzde daha yüksek de tutulabilir. Bir ürünün kupkuru olması mümkün değildir. Küçük organik maddeler ne kadar kuru olurlarsa o kadar iyidir; fakat büyük moleküller %0.5 ile %2.5 arasında değişen nem oranları isterler. Bazı durumlarda ürünün kendisi daha yüksek nem değerine ihtiyaç duyarken, bazı durumlarda da ürün için öngörülen raf ömrü açısından çok düşük nem değerine ihtiyaç olmadığı için, işlem maliyetinden tasarruf amacıyla döngü bu derece düşük nem değerleri elde edilecek kadar uzun tutulmayabilir (Anonim, 2012c).

### **4.3. Dondurarak Kurutma İşleminin Uygulama Alanları**

Dondurarak kurutma sistematik olarak aşağıdaki maddelerin kurutulması için uygulanabilmektedir;

1. Kan plazması, serum, hormon çözeltileri, gıda maddeleri, ilaçlar (antibiyotik), seramikler, süper iletkenler ve tarihsel dokümanlar (arkeolojik buluntular) gibi cansız maddeler.

2. Nakil edilebilen organlar
3. Yapay deri ve kemik gibi cansız maddeler
4. Maya, virüs ve bakteri gibi uzun süre yaşaması gereken canlı maddeler.

Diğer bir örnek ise nükleer atıkların dondurularak kurutulmasıdır. Bu yöntemde, orta radyoaktivitedeki kuru toz haldeki nükleer atıklara uygun kimyasallar ilave edilir ve daha sonra bunlar cam tuğlaların içerisine eritilerek ve dökülerek ucuz depolama sağlanır. Dondurarak kurutma yöntemi yüksek kalitede homojen submikron süper iletken tozların üretiminde ve süper iletken maddelerin sentezinde de kullanılmaktadır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Ayrıca dondurularak kurutma işlemi histolojik çalışmalarda doku örneklerinin mikroskopik görüntüleme için uygun hale getirilmesinde, kimyasal ve biyokimyasal analizler için örnek hazırlanmasında kullanılır (Özkara, 2003).

#### **4.3.1. Gıda Sektöründe Liyofilizasyon Uygulamaları**

Geleneksel kurutma yöntemleri ile kurutulmaları zor olan kahve, soğan, çorba, bazı deniz ürünleri ve meyve gibi bazı gıda maddeleri dondurularak kurutma yöntemiyle kurutulmaktadır. Dondurularak kurutulmuş hazır yemekler liyofilize gıdaların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Karides, istakoz ve deniz tarağı gibi deniz ürünleri dahil çok çeşitli gıda ürününden yapılan yemekler ve hatta bazı tatlılarda liyofilize edilebilmektedir. Yahni benzeri sulu yemeklerin yanı sıra peynirli spagetti, salamlı yumurta ve peynirli tart da bunların içindedir.

Liyofilizasyon işlemi pahalı bir işlem olmasına rağmen hazır liyofilize yemeklerin ve gıdaların fiyatları makul derecede olabilmektedir. Liyofilize yemekler, imalat amacıyla üreticiden veya ilk el toptancıdan alınıyor olmalarından dolayı hammadde fiyatlarının düşük olması nedeniyle uygun fiyatlarla satışa sunulabilmektedir. Pişmemiş gıda ürünlerinin liyofilizasyon yoluyla kurutulması ise geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla daha pahalı ürünler ortaya çıkarır. Pişmemiş liyofilize et ürünleri ve sebzeler ince parçacıklar halinde işleminden geçirilerek, üretilecek hazır çorbalarda ve yemeklerde kullanılır. Hemen hemen bütün sebze ve meyveler dondurularak kurutulabilirler. Dondurularak kurutulmuş sebze ve meyvelere; karnabahar, lahana, kabak, kuşkonmaz, mercimek, barbunya, fasulye, böğürtlen, armut, hindistan cevizi, kavun, muz, hurma ve mango örnek verilebilir (Anonim 2012b).

Liyofilizasyonun gıda konusundaki bir diğer kullanımı evcil hayvan mamaları ve yemleri konusundadır. Bilinen hayvan mamaları, dünya üzerinde en çok işlem gören gıda ürünleridir. Görünümünü ve raf ömürlerini iyileştirmek amacıyla katkı maddeleri

ilavesiyle 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirilirler ve hayvanların gereksinim duydukları enzimler ve amino asitler dahil besin değerlerinin büyük kısmı bu ısıyla öldürülmüş olur. Öte yandan konserve hayvan mamalarının gıda kalitesi düşük olup, hububat açısından zenginken protein açısından yoksuldurlar. Dondurularak kurutulmuş hayvan yem ve mamaları ise tazeleriyle eş değerde ve diğer mamalardan daha vitaminli olmaktadır. Liyofilize balık yemlerinin suyu bulandırmama, suda batmama gibi özellikleri vardır ve 6 hafta sonra bile taze kalabilmektedirler. Planktonlar ve kurtlar benzeri balık yemleri de liyofilize edilebilmektedirler. Benzeri liyofilize yemler hayvanlar için de mevcuttur (Anonim, 2012c).

#### **4.4. Dondurarak Kurutmanın Avantaj ve Dezavantajları**

Kurutma gıdaların muhafazasında kullanılan eski bir yöntemdir. Konvansiyonel kurutma (sıcak hava) ile raf ömrünü 1 yıl uzatabilen kurutulmuş ürünler elde edilebilmektedir. Ancak konvansiyonel kurutulmuş ürünlerin kalitesi orijinal besin maddesinden önemli ölçüde düşüktür. Dondurarak kurutma, donmuş ürünün süblimasyon yoluyla dehidre edilmesi temeline dayanır. Sıvı suyun olmaması ve işlem için düşük sıcaklık gereksinimi nedeniyle birçok bozulma ve mikrobiyolojik reaksiyon durur ve mükemmel kalitede bir son ürün elde edilebilir. Hacimdeki minimal azalma ile ürünlerin şekli ve başlangıçtaki yapısı (suyun katı hali) dondurarak kurutma süresince korunur. Birçok avantajına rağmen dondurarak kurutma kurutulmuş ürün üretimi için çok pahalı bir işlem olarak bilinmektedir (Ratti, 2001).

Dondurarak kurutma yönteminin birçok avantajı bulunmaktadır. Bu yöntem sonucu oluşan ürünün içyapısı gözenekli olduğundan, ürün kolaylıkla rehidre olabilmektedir. Büzüşme ihmal edilecek kadar az olduğundan ürünün ilk şekli bozulmamaktadır. Ürünün fiziksel, kimyasal özellikleri ve besin değerinin en üstün düzeyde korunduğu ve ısıya duyarlı ürünlerin kurutulmasında kullanılabilir en uygun yöntemdir. İşlemin düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi protein denaturasyonunun, enzimatik reaksiyonların ve enzimatik olmayan kararlı reaksiyonlarının minimize edilmesini sağlamaktadır (Yağcıoğlu, 1999). Dondurarak kurutma işleminin avantajlarına karşılık dezavantajları da vardır. Diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek yatırım ve işletme masrafları gerektirmektedir. Kalın dilimli ürünlerin kurutulmasında kurutma süresi çok uzamaktadır. Bu nedenle kurutulacak materyal küçük parçalı ve ince dilimli hale getirilmelidir. Kurumuş ürün gözenekli yapısından dolayı çok kırılabilir ve hassastır. Depolama ve taşıma yapılırken dikkat edilmelidir (Yağcıoğlu, 1999). (Yurdakul, 2008'den). Ürün stabil olmayan ve ısıya duyarlı bir

yapıya sahipse, rehidrasyonun hızlı ve tam olarak gerçekleşmesi istenmekteyse, kurutulacak ürün ekonomik açıdan yüksek değere sahipse ve ürün ağırlığının minimize edilmesi istenmekteyse dondurarak kurutma uygulaması yapılabilmektedir (Taylor ve Zhai, 2000). Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma arasındaki farklar Çizelge 4.4.1.'de verilmiştir. Her ikisinin de ayrı ayrı avantajları bulunurken, kalite açısından dondurarak kurutma öne çıkmaktadır.



**Çizelge 4.4.1.** Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma arasındaki farklar (Fellows, 2000)

<b>Sıcak hava ile kurutma</b>	<b>Dondurarak kurutma</b>
Sebze ve tane gibi kolay kuruyan ürünlerde başarılıdır.	Birçok üründe başarılı olarak uygulanabilmesine rağmen, diğer yöntemler ile kurutulamayan gıdalar ile uygulaması sınırlıdır.
Et ürünlerinde başarılı değildir.	Pişmiş ve ham etin kurutulmasında başarıyla kullanılabilir.
Sıcaklık 37-93 °C arasında değişebilir.	Sıcaklık donma noktasının altında olabilir.
Atmosferik basınçta gerçekleşir.	Basınç oldukça düşüktür (27-133 Pa)
Suyun gıda yüzeyinden evaporasyonu ile gerçekleşir.	Buzun süblimasyonu ile gerçekleşir.
Katı madde hareketinden kaynaklanan yüzey sertleşmesi gerçekleşebilir.	Katı madde hareketi minimum seviyededir.
Ürün üzerinde yapısal bozulmalar ve büzülme meydana gelir.	Büzülme ve yapısal değişimler minimum seviyededir.
Kurutulan ürünün rehidrasyonu minimum seviyededir.	Hızlı rehidrasyon meydana gelir.
Koku ve aroma çoğunlukla değişmektedir.	Koku ve aroma muhafaza edilebilmektedir.
Ürünün rengi genellikle kurutma sonunda daha esmerdir.	Ürün rengini muhafaza edebilmektedir.
Kurutma maliyeti düşüktür.	Kurutma maliyeti sıcak havaya göre genellikle 4 kata kadar daha fazladır.

## 4.5. Dondurarak Kurutucular

### 4.5.1. Pilot Ölçekli Dondurarak Kurutucular

İlaç, gıda endüstrisi ve laboratuvarlarda kullanmaya uygun kurutuculardır. Özellikle dayanıksız biyolojik kökenli ürünlerin muhafazalarının araştırılması için kullanılmaktadır. 2 kg'dan 20 kg'a kadar donmuş ürünü kurutabilmektedirler. Plaka ve kondensör sıcaklığı  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve kurutma odasındaki basınç 1 Pa ya da daha az olabilmektedir. Pilot dondurarak kurutucunun ürün sıcaklığı, plaka sıcaklıkları, kondensör bobin sıcaklığı, kurutma odasındaki basınç, vakum sisteminin basıncı ve kondensör kısmındaki basıncı gösterebilen ve kaydedebilen kontrol paneli vardır (Liapis and Bruttini, 1995; Kayhan, 2008). Şekil 4.5.1.1.'de pilot ölçekli dondurucu gösterilmiştir.



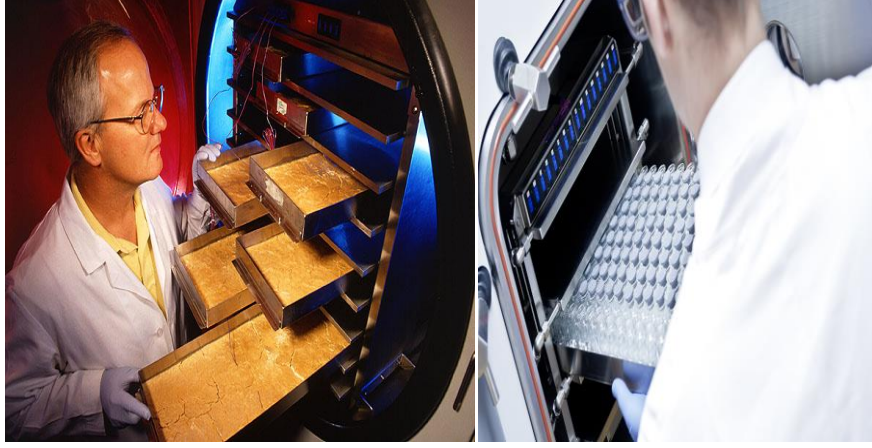
Şekil 4.5.1.1. Pilot ölçekli dondurarak kurutucu (Anonim, 2016c)

### 4.5.2. Endüstriyel Dondurarak Kurutucular

#### 4.5.2.1. Tepsi ve İlaç Tipi Dondurarak Kurutucular

Bu tip dondurarak kurutucuların kullanılan kondensöre göre değişen iki temel çeşiti mevcuttur. Birincisinde, kondensör plakaları aynı odada tepsi ısıtıcılarının yan tarafına monte edilmiştir. İkincisinde ise kondensör ayrı odada geniş çaplı genelde kelebek valfle birincisine bağlıdır. İkinci tip tesis ilaç endüstrisinde kullanılır fakat aynı zamanda gıdaların dondurarak kurutulması içinde kullanılabilir.





**Şekil 4.5.2.1.1.** Tepsi ve ilaç tipi dondurarak kurutucular (Anonim, 2016d, Anonim, 2016e)

Dondurarak kurutucunun tepsileri kurutma odasının dibine yerleştirilir ve yükleme cihazıyla tek tek pozisyonlarına kaldırılır. Ürünün yüklenmesi laminer akışlı steril hava ortamında yapılır (Liapis and Bruttini, 1995; Kayhan, 2008). Şekil 4.5.2.1.1’de tepsi ve ilaç tipi dondurarak kurutucular gösterilmiştir.

#### **4.5.2.2. Sürekli Dondurarak Kurutucular**

Bu tesisler işlemin her yerinde süreklilik, kolaylıkla kontrol edilebilen sabit işlem şartları ve az manüel işlem ve denetim sağlar. Granüllü formdaki ürünlere olan genel ilgi iki farklı tesis türünün gelişimini kolaylaştırmıştır. Birinci tür tesis ürünün tepsilerde ve karıştırılmış yığın maddelerin dondurarak kurutulması için kullanılmaktadır.



**Şekil 4.5.2.2.1.** Sürekli dondurarak kurutucular (Anonim, 2016f)

Ürüne ve tepsilere ısı transferi radyasyonla olmaktadır. Her tepsi her bir sıcaklık bölgesinde sabit zaman periyodunda tutulur bu yolla kurutma zamanı minimize edilir. İkinci tür sürekli dondurarak kurutucu tesisi ise tepsiler olmadan granüllü ürünler için kullanılmaktadır (Goldblith, 1975). Şekil 4.5.2.2.1.’de sürekli dondurarak kurutucu gösterilmiştir.

#### 4.5.2.3. Vakum Sprey Dondurarak Kurutucu

Vakum sprey dondurarak kurutucu kahve ekstraktı, çay infüzyonu ya da süt için geliştirilmiştir. Ürün aşağıya ya da yukarıya giden tek bir jetten 3.7 m çapında 5.5 m yüksekliğindeki silindir kulenin içine püskürtülmektedir. Sıvılar buharlaştırmalı dondurma ile küçük tanecikler halinde katılaşmaktadır.



Şekil 4.5.2.3.1. Vakum sprey dondurarak kurutucu (Anonim, 2016g)

Vakuma spreyle gönderilerek elde edilen partiküller yaklaşık 15 µm çapındadır ve başlangıç evaporasyonunda yaklaşık %15 nemini kaybederler. Bu partiküllerin yapışması söz konusu değildir. Genellikle sprej dondurarak kurutma ile yapılan kahve normal dondurarak kurutma ile yapılan kahveden daha az lezzetlidir (Mellor, 1978) Şekil 4.5.2.3.1.'de vakum sprej dondurarak kurutucu gösterilmiştir.

#### 4.5.2.4. Tünel Tipi Dondurarak Kurutucular

Tünel tipi dondurarak kurutucularda işlem; tepsi taşıyan yük arabalarının aralıklarla tünelin bir ucundaki geniş vakum kilitlerinde doldurulduğu ve aynı şekilde diğer ucunda boşaltıldığı geniş vakum kabiniinde gerçekleşmektedir. Kurutma şartları dikkatli bir şekilde tünelin sayılı bölgelerinde bulunan sıcaklık–basınç kontrolörleriyle kontrol edilmektedir. Tünel tipi dondurarak kurutucunun kapasitesi yapılacak işin hacmine bağlı olarak artırılabilir (Liapis and Bruttini, 1995). Şekil 4.5.2.4.1.'de tünel tipi dondurarak kurutucu gösterilmiştir.

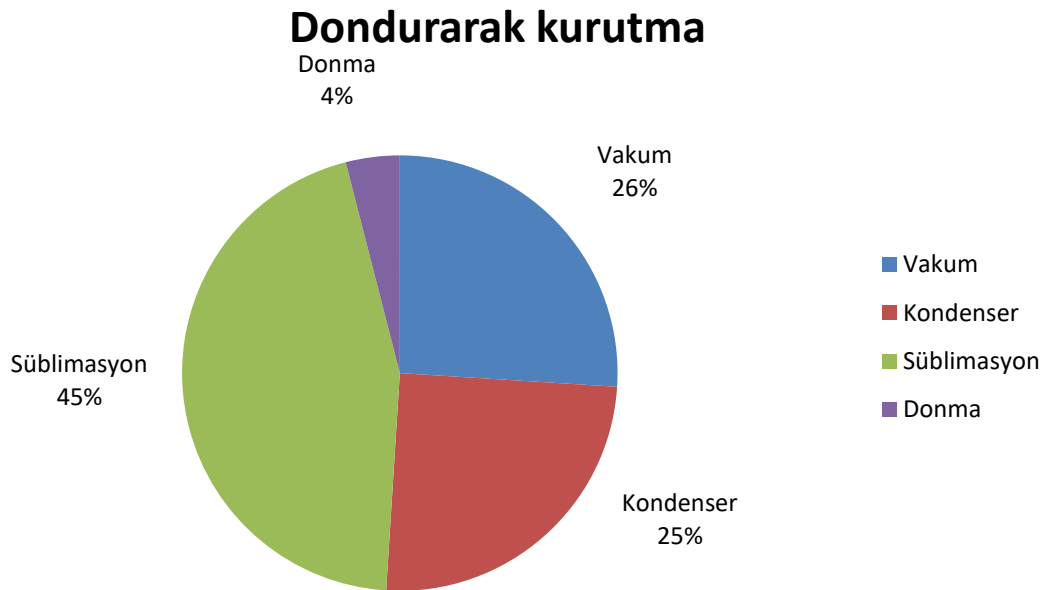


Şekil 4.5.2.4.1. Tünel tipi dondurarak kurutucular (Anonim, 2016h)

#### 4.6. Dondurarak Kurutma İşlem Maliyeti

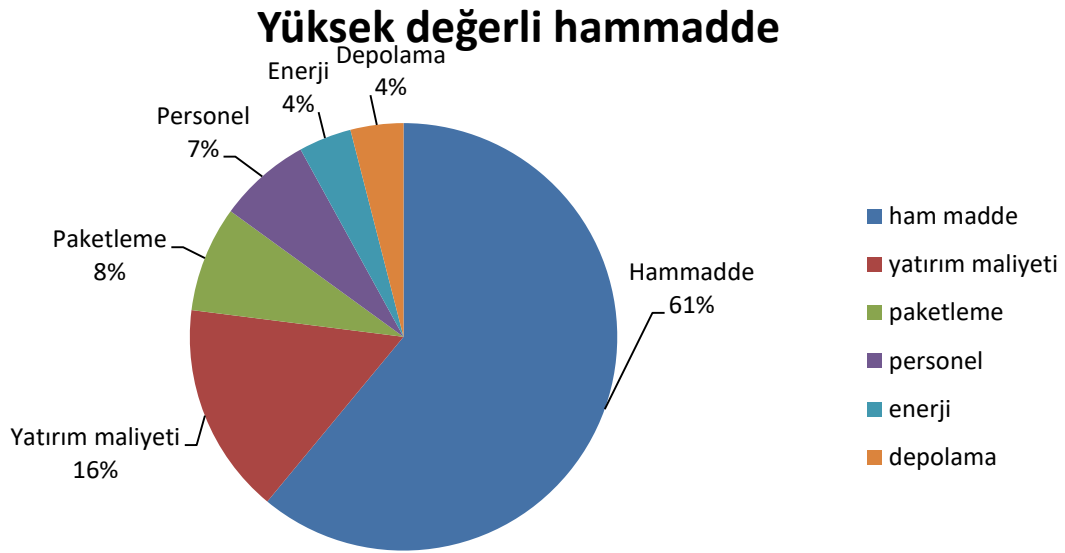
Dondurarak kurutma işlemi donma, vakum, süblimasyon ve kondenser ile yoğuşturma olmak üzere dört temel işlemden oluşmaktadır. Bu işlemlerin her birinin toplam enerji tüketimindeki paylaşımı Şekil 4.6.1’de gösterilmiştir. Süblimasyon toplam enerji tüketiminin yaklaşık yarısına sahip olurken, donma aşaması fazla enerji tüketimine sahip değildir. Vakum ve kondenser pratik olarak aynı enerji tüketimine sahiptir. Klasik dondurarak kurutma işleminde enerji maliyetlerinin azaltılması yönünde yapılacak gelişmelerde şu amaçlar göz önünde bulundurulabilir:

- Süblimasyona yardımcı olmak için ısı transferini artırmak
- Vakumu azaltmak için işlem süresini azaltmak
- Kondenser kullanmaktan sakınmak (Ratti, 2001).

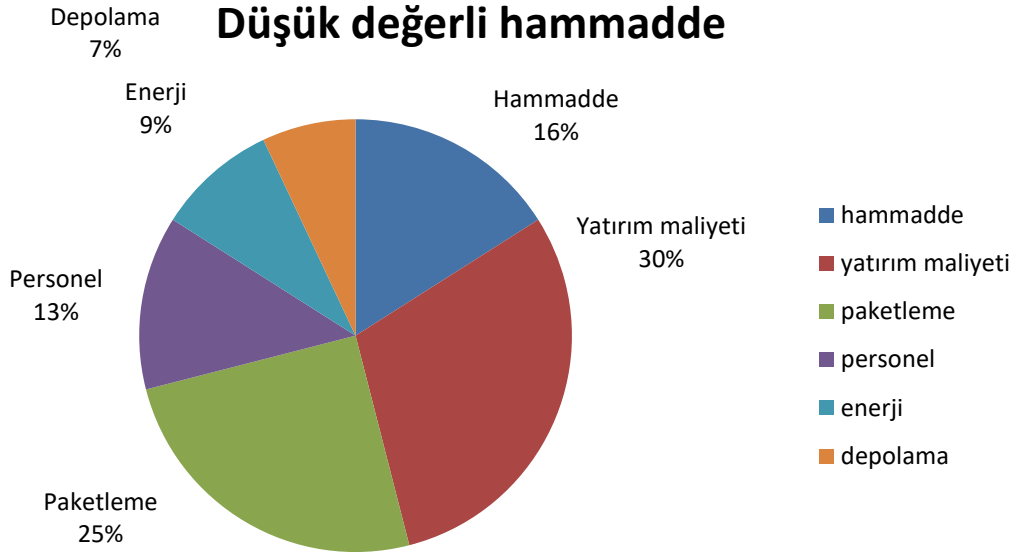


Şekil 4.6.1. Dondurarak kurutma işlemi enerji maliyeti (Ratti, 2001)

Havada kurutma ile kıyaslandığında işlem maliyeti 4-8 kat daha yüksektir (Flink, 1977; Mafart, 1991; Ratti, 2001). Bununla birlikte farklı işlemlerle kıyaslandığında ya da değerlendirildiğinde içerdiği tüm enerji kullanımını önemlidir. Örneğin evde depolama yapan dondurucuların harcadığı enerji hesaba katılırsa dondurarak kurutmanın maliyeti diğer gıda muhafaza metotlarıyla karşılaştırıldığında oldukça avantajlıdır (Flink, 1977; Ratti, 2001). Şekil 4.6.2 ve 4.6.3’de işlenmiş iki tip ham materyal (yüksek ve düşük değerli gıda) satan tesisin fiyat karşılaştırması verilmiştir. Yüksek değerli ham materyal ile ilgilenildiğinde dondurarak kurutmanın enerji maliyetinin önemsiz olduğu görülebilir (Lorentzen, 1979).



**Şekil 4.6.2.** Yüksek değerli hammadde maliyeti (Ratti, 2001)



**Şekil 4.6.3.** Düşük değerli hammadde maliyeti (Ratti, 2001)

Dondurarak kurutma uzun kurutma süreleri gerektirdiği için maliyetlidir ve bu sebeple bu tekniğin kullanımını sınırlandırmaktadır. Sonuç olarak; sabit maliyetler işletme maliyetlerini aşmaktadır. Anquez (1966) gıda ürünleri için bu maliyetlerde bazı tahminlerde bulunmuş ve sabit maliyetlerin işletme maliyetini 1.5-2.5 kat aştığını bildirmiştir (Mellor, 1978). Her dondurarak kurutucunun yıllık kapasitesi yükleme ve boşaltma için izin verilen 4 saat/gün süre ile birlikte, her yıl 250 çalışma gününden temel olarak 20 saat/gündür.

Yıllık kapasite= 5000 x oranlanmış kapasite (saatteki buz kg) (Liapis ve Bruttini, 2006).

#### 4.6.1. Sabit Masraflar

Ortalama sabit masraflar yıllık kapasiteye yıllık sabit masraflarının oranıyla verilmiştir. Her yıl %7.5 sermaye amortismanı (değer azalması) ve borç (faiz) giderlerinden oluşan yıllık sabit masraflar göz önünde tutulursa, C eşitliği bir R1 oranı, n yılı ve 1 dolarlık borcu geri ödemek için yıllık giderlerin %8 azaltılabileceğini ifade etmektedir.

$$C = R1(1+R1)^n / (1+R1)^{n-1}$$

n= yıl

Buna göre 10 yıl için R1=0.08, C=0.149 ve borç giderleri her sermayede 0.049 dolardır (Liapis and Bruttini, 1995). Kurutma sitemlerini karşılaştırmak için sermaye iyileşme (canlanma) faktörü (her yıl işletmenin çalışma ömrü üzerinden orijinal sermaye yatırımının küçük bir parçasını kaldırmak) vermektedir (Keey, 1972). Mellor (1978) kurulumunun daha pahalı ancak masrafların daha az olduğu bir tesisin tercih

edilebildiğini göstermektedir. Diğer sabit sermayeye bağlı giderlerin %5'i kurulum, sigorta ve vergileri içeren sermaye masraflarıdır (Liapis ve Bruttini, 2006).

#### **4.6.2. İşletme Masrafları**

İşletme masrafları emek (iş gücü) ve işlem maliyetinden oluşur. Gıdaların termofiziksel özellikleri ve biyolojik materyaller, gerekli tahmini işlem maliyeti bilgileri her zaman sağlanamaz ve bu nedenle bu özellikler ile ilgili olarak materyalin donmuş su içeriği temel alınarak hesaplanır. Kurutucuların herhangi birini işletmek için saatte y dolar alan sadece bir kişi gereklidir. İşletme malzemeleri, denetleme, maaş giderleri, işletme giderleri ve proses kontrolü ile bu fiyat saatte 2y'ye arttırılmalıdır. Ayrıca, ortalama emek ücreti her buz kg'ında eşitlikte ( $\$2y$ ) $24/20x$  (tesis iş/zaman oranı her saatte) şeklindedir. Hazırlık ve paketleme masrafları büyük ölçüde ürünün niteliğine bağlı olacağından bu masrafa dahil değildir. İşlem maliyeti 1 kg suyun donması, süblimasyonu, yoğunlaştırması ve erimesi için sıcaklık ve enerji dengesinden tahmin edilebilir (Liapis ve Bruttini, 2006).

#### **4.6.3. Dondurma Masrafları**

Materyalden donmuş suyun uzaklaştırılması ısısı 25-30 °C'de 1 saatte 502 kJ/kg buza eşittir. Yoğunlaştırma süresince uzaklaşan ısı -40 °C'de yaklaşık olarak 2840 kJ/kg buzdur. İşlem yapan kompresörün gücü 0.65 kW/kW'dir. Kompresöre sağlanan enerji ise 1840 kJ/kg buzdur (Liapis ve Bruttini, 2006).

#### **4.6.4. Kurutma Masrafları**

-20 °C'deki buzı süblime etmek için 2840 kJ/kg ısıya gereksinim vardır. Kurutma işleminden sonra kondensörde toplanan buz -40 °C'de erimek durumundadır ve bunun için gerekli enerji 419 kJ/kg buzdur (Liapis ve Bruttini, 2006).

#### **4.6.5. Vakum Pompası Masrafları**

Vakum pompalarında iki aşama için 0.36 kWh/kg elektrik gereklidir. Buharın gaz haline gelme ısısı 682 kPa basınçta 2065 kJ/kg ise,  $(2840+419)/2065=1.58$  kg buhar/kg buz ısıtma için gereklidir. Böylece, 1 kg buhar ve 1 kWh elektrik fiyatı bilinerek, işletme maliyeti tahmin edilebilir. Genel olarak, termal kayıplar ve diğer masrafları karşılamak için işletme maliyetinin %20 artmasına izin verilir (Liapis ve Bruttini, 2006). Çizelge 4.6.5.1.'de vakumlama enerji maliyeti gösterilmiştir.

**Çizelge 4.6.5.1.** Vakumlama enerji maliyeti

<b>Toplam enerji</b>	<b>kJ/kg buz</b>	<b>kWh/kg buz</b>
Dondurma	502+1840	0.65
Vakum pompası		0.36
Toplam		1.01



## 5. LİTERATÜR ÖZETİ

### 5.1. Dondurarak Kurutulmuş Su Ürünleri ile İlgili Araştırmalar

Dondurarak kurutulmuş Kömür balığı (*Pollachius virens*) protein izolatının özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, oksidasyonu önleyici çeşitli katkıları kullanılarak balık kıyması ve izolatları beş gruba ayrılmıştır. Dondurarak kurutma işlemi 250 mm Hg basınçta 120 saat süre ile yapılmıştır. Dondurarak kurutulmuş balık protein izolatlarının duyuşal, işlevsel ve stabilite açısından oksidasyon ürünlerinin gelişiminden etkilendiği bulunmuştur. Katkı maddesi içermeyen dondurarak kurutulmuş balık kıyması, dondurarak kurutulmuş balık protein izolatı ile kıyaslandığında, daha düşük oksidasyon değeri, daha yüksek işlevsellik ve daha düşük duyuşal puanlarla değerlendirilmiştir (Shaviklo, 2012).

Gözeneklilik, kurutma metotları ve kurutma koşulları tarafından etkilendiği bilinen özelliklerden biridir. Aynı ham materyal kurutma metodu ve koşullarına bağılı olarak farklı gözenek özelliklerine sahip olabilmektedir. Denizkulağı, patates, elma ve iki farklı tür hurma dondurularak kurutulmuş ve gözenek oluşumları incelenmiştir. Gözenekliliğin denizkulağında raf sıcaklığının artmasıyla azaldığı, -10 °C 'nin denizkulağı için maksimum camısı geçiş sıcaklığı olduğu bildirilmiştir (Sablani ve Rahman, 2002).

Tuzundan arındırılmış tusk (cusk) balığında (*Brosme brosme*) dondurarak kurutmanın etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla ürünün renk, su içeriği ve rehidrasyon oranı özellikleri incelenmiştir. Tuzundan arındırılmış balığa kıyasla dondurarak kurutma işleminden sonra renk parametrelerinden aydınlık değerinin önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Ayrıca dondurarak kurutulmuş balığın, örneklerin gözenekli yapısından dolayı rehidrasyon oranının yüksek olduğu ve orijinal kas yapısının korunduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından dondurularak kurutulmuş balığın son nem içeriği %1.4 olarak hesaplanmıştır (Nguyen ve ark., 2012).

Dondurularak kurutulmuş denizkulağının yapısal özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, gözenek ölçümü ve mekanik delme deneyi yapılmıştır. Dondurarak kurutma sıcaklığının artmasıyla görünen yoğunluk -20 °C de 365 kg m<sup>-3</sup> iken, 15 °C'de 472 kg m<sup>-3</sup> olarak tespit edilmiştir. -20 °C'de gözeneklilik 0.737 iken, 15 °C'de 0.664'e düşmüştür. Düşük basınçta ortalama gözenek çapı dondurarak kurutma sıcaklığının azalmasıyla azalmıştır (Rahman ve Sablani, 2003).

Dondurarak kurutulmuş morina balığı üzerine işlem koşullarının etkisinin incelendiği çalışmada; su aktivitesi, rehidrasyon, yoğunluk, renk ve denatüre olmamış



protein içeriği araştırılmıştır. Buna göre, morina balığı küplerinin; kurutma süresinin, yığın yoğunluğunun, rehidrasyon yeteneğinin ve renk özelliklerinin, farklı sıcaklıklardan ve materyalin donma noktası altında kaldığı sıcaklık srelerinden etkilendiği bildirilmiştir. -8 C' deki yığın yoğunluğu, +10 C' deki yığın yoğunluğunun yarısından daha az olarak tespit edilmiştir. Düşük kurutma sıcaklıklarında (-8 C) renk değerlerinden beyazlık (L) değer, +10 C' de kurutulan örneklere göre daha yüksek, b değer ise daha düşük bulunmuştur. Morina balığında kurutmadan sonra yapılan protein denaturasyonu ölçümlerinde kurutma sıcaklıklarının düşürülmesiyle proteinlerin denatürasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Eikevik ve ark., 2005).

Kogovsek ve ark., (2014) denizanasının biyokimyasal analizinde 60 C'de fırında kurutma işleminin önemli değerlişliklere neden olduğunu bu nedenle biyokimyasal analizler yapılmadan önce dondurarak kurutma işleminin uygulanmasını tavsiye ettiklerini bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada dondurarak kurutulmuş denizanası rneklarinin kuru kütle ve elementsel kompozisyonları, 60 C'de fırında kurutulanlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Karidese elektrohodinamik ve dondurarak kurutma uygulanan bir çalışmada; elektrohodinamik kurutma, dondurarak kurutma ve her ikisinin birlikte uygulandığı kurutma metotlarının, kurutulmuş karidesin kurutma oranı ve kalitesini farklı etkilediği bildirilmiştir. Buna göre, dondurarak kurutma en iyi kaliteyi sağlamış, ancak en düşük kurutma oranına sahip olmuştur. Elektrohodinamik kurutma; kısa kurutma süresi sağlarken, düşük kaliteli ürün elde edilmiştir. Elektrohodinamik ve dondurarak kurutmanın kombinasyonu olan kurutmada en iyi kalite ve kurutma etkinliğinin elde edilebildiği bildirilmiştir (Hu ve ark., 2013).

Huda ve ark., (2000) yaptıkları çalışmada *Nemipterus japonicus* balığından elde edilen surimi tozunun besinsel kalitesini incelemişlerdir. Buna göre; dondurarak kurutulmuş surimi, fırında kurutulmuş surimi ve fırında kurutulmuş balık eti olmak üzere 3 grup oluşturulmuş ve nem içeriği %5'e ulaşana dek kurutulmuşlardır. Sonuç olarak; dondurarak kurutulmuş suriminin besinsel olarak, fırında kurutulmuş surimi ve balık etinden daha üstün durumda olduğu bildirilmiştir.

Farklı kurutma metotlarıyla kurutulan ton balığının (*Thunnus tongol*) gözeneklilik ve fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmada, kurutulmuş ton balığının gözeneklilik özelliklerini belirlemek amacıyla havada, vakum altında ve dondurarak kurutma metotları uygulanmıştır. Dondurarak kurutulmuş örneğin

gözenekliliği, havada ve vakum altında kurutulan örnekler göre daha yüksek bulunmuştur (Rahman ve ark., 2002).

Yapılan bir başka çalışmada, dondurarak kurutulmuş mavi yüzgeçli orkinosun (*Thunnus orientalis*) mikroyapısı, renk ve protein yapısı üzerine, su aktivitesi ve dondurma sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. Buna göre; çok düşük sıcaklıklarda yapılan dondurma işlemlerinde, dondurarak kurutulmuş orkinosta esmerleşme reaksiyonunun arttığı bildirilmiştir. Ayrıca yüksek sıcaklıkta dondurma işlemi, yüksek su aktivitesine sahip grupta protein yapısındaki değişiklikleri hızlandırmıştır (Harnkarnsujarit ve ark., 2015).

Farklı depolama sıcaklıkları ve nem içeriklerinde depolanan dondurarak kurutulmuş lagos balığının yağ oksidasyonu incelenmiştir. Nem içeriği 5 g/100 g ile 20 g/100 g ve depolama sıcaklıkları -40 °C, -20 °C, 5 °C, 25 °C, 40 °C olarak uygulanmıştır. 25 °C sıcaklıkta 5 g/100 g nem değerine sahip örnekler ile, 5 °C ve 25 °C'de 20 g/100 g nem içeriğine sahip örneklerin peroksit değerlerinin yükseldiği bildirilmiştir (Rahman ve ark., 2009).

Yapılan bir başka çalışmada Wang ve ark., (2013) gümüş sazanını (*Hypophthalmichthys molitrix*) farklı kurutma metotlarıyla kurutmuş ve bazı kalite özelliklerini incelemiştir. Gümüş sazan balığından elde edilen balık dilimleri, havada kurutma, dondurarak kurutma, vakum kurutma (4 mm kalınlık) ve mikrodalgada vakum kurutma (2, 4, 6 ve 8 mm kalınlık) yöntemleriyle kurutulmuştur. Kurutulmuş üründeki kalite özellikleri, rehidrasyon özellikleri, ebat, renk, tekstür, rehidrasyondan önce ve sonra duyu analizler ve uçucu bileşikler açısından incelenmiştir. Mikrodalga da vakum kurutmada 4, 6 ve 8 mm kalınlığındaki örneklerde, çap ve kalınlık genişlemesi olurken, havada kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutmada farklı oranlarda büzüşme (çekme) gerçekleşmiştir. Rehidrasyon, havada kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutmada önemli derecede genişlemeye sebep olmuş ( $p < 0.05$ ), ancak mikrodalgada vakum kurutmada bu değer önemsiz bulunmuştur. Hem kurutulmuş hem de rehidre ürünlerin renk ve tekstürleri, kurutma metotlarından önemli derecede etkilenmiştir ancak mikrodalgadaki örneklerin dilim kalınlığının renk üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu bildirilmiştir.

Çaklı ve ark., (2006) konsantre midye yapımı için; dondurarak kurutulmuş midye (*Mytilus galloprovincialis*) üretimi ve kalite karakterizasyonu konulu proje çalışmalarında, dondurulmuş çözdürülmüş ve dondurarak kurutulmuş midyenin kimyasal kompozisyonu (protein, yağ, nem, kül, karbonhidrat), yağ asidi bileşimi, renk

ölçümleri ve TVB-N değerini araştırmışlardır. Dondurulmuş çözündürülmüş midyede protein, yağ, nem, kül ve karbonhidrat değerleri sırasıyla; %15.80, %3.32, %74.02, %1.76 ve %2.25 olarak belirlenmiştir. Bu değerler dondurarak kurutulmuş midye etinde ise sırasıyla; %58.65, %12.65, %0.17, %7.40 ve %12.46 olarak bildirilmiştir. TVB-N değeri dondurulmuş çözündürülmüş midyede 0.75 mg/100 g, dondurarak kurutulmuş midyede ise 5.97 mg/100 g olarak ölçülmüştür. Türkiye sularında *Mytilus galloprovincialis* türü midyenin ‘konsantre midye’ yapımı için uygun özelliklere sahip olduğunu ve depolama esnasında kalite karakterizasyonu çalışmalarında herhangi bir bozulma kriteri taşımadığını tespit etmişlerdir.

Murphy ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada, Yeni Zelanda’da üç farklı bölgeden temin ettikleri yeşil dudaklı midyeleri (*Perna canaliculus*) donmuş ve dondurarak kurutulmuş olarak incelemişlerdir. Yağ asitleri ve sterol kompozisyonunun incelendiği çalışmada, üç bölgeden temin edilen midyelerin toplam yağ içeriği donmuş grupta %1.6, dondurarak kurutulmuş grupta ise %8.4 olarak bildirilmiştir. Donmuş midyede toplam doymuş yağ asitleri %25.4 iken dondurarak kurutulmuş midyede %25.6 olarak belirtilmiştir. Tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) donmuş midyedeki değeri %23.1 dondurarak kurutulmuş midyede ise, %22.6 olarak verilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) donmuş ve dondurarak kurutulmuş midyede sırasıyla %45.9 ve %45.2 olarak bildirilmiştir. Toplam n-3 PUFA yağ asitleri donmuş midyede %40.7 olarak belirlenirken, dondurarak kurutma işleminden sonra %40.4 olarak belirlenmiştir. Toplam n-6 PUFA yağ asitleri, donmuş midyede %5.3 iken, dondurarak kurutulmuş midyede ise %4.8’e düştüğü bildirilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada Fuchs ve ark. (2015) Nil tilapyasından (*Oreochromis niloticus*) elde edilen dondurarak kurutulmuş kroketlerin kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerini 240 gün boyunca incelemişlerdir. Kontrol grubu ve keten tohumu unu kullanarak hazırlanan kroket gruplarında depolama süresince, su aktivitesi ve TBA değeri analizleri ile duyuşal ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Vakum paketlenerek oda koşullarında depolanan kroketlerin, depolamanın ilk günü kontrol grubunda su aktivitesi değeri 0.16 iken, keten tohumu unu katkılı grupta 0.05 olarak tespit edilmiş, bu değerler 240 günlük depolama sonunda sırasıyla; 0.53 ve 0.54’e yükselmiştir. TBA değeri kontrol grubunda 0.08 mg MDA kg<sup>-1</sup>’den 0.38 mg MDA kg<sup>-1</sup>’e, katkılı grupta ise, 0.11 mg MDA kg<sup>-1</sup>’den 0.40 mg MDA kg<sup>-1</sup>’e yükseldiği bildirilmiştir. Duyuşal özelliklerden görünüş, tekstür ve genel kabul kontrol grubunda depolama süresi boyunca sabit kalmış, 240 günlük depolamanın

katkılı grupta duyusal raf ömrü için sınır değeri olduğu belirtilmiştir. Mikrobiyolojik parametrelerin depolama süresince sınır değerleri aşmadığı bildirilmiştir.

Duan ve ark., (2010) deniz hıyarını (*Stichopus japonicus*) sıcak hava, dondurarak kurutma ve mikrodalgada dondurarak kurutma metotları uygulayarak kurutmuşlardır. Çalışmada en uzun kurutma süresinin 18 saat ile dondurarak kurutmada, en kısa kurutma süresinin 8 saat ile sıcak hava ile kurutmada olduğu belirlenmiştir. Mikrodalgada dondurarak kurutmanın ise, 12 saat sürdüğü bildirilmiştir. Her üç grubun sertlik ve rehidrasyon oranı özellikleri incelenmiş ve en yüksek sertlik ve en zayıf rehidrasyon özelliğinin sıcak hava ile kurutulan grupta belirlendiği bildirilmiştir. Dondurarak kurutma ve mikrodalgada dondurarak kurutma yapılan gruplarda ise, sertlik ve rehidrasyon oranı arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Taze deniz hıyarı ve kurutma işleminin uygulandığı gruplardaki aminoasit değerlerinin bazılarında fark görülürken bazılarında ise önemli fark görülmemiştir. Dondurarak kurutulmuş ve mikrodalgada dondurarak kurutulmuş deniz hıyarlarının aminoasit değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu bildirilmiştir. Aynı şekilde bu iki grubun duyusal değerleri arasındaki farkda önemsiz olarak tespit edilmiştir. En düşük duyusal değerlere sıcak hava ile kurutulan grupta rastlanmıştır. Yapılan renk analizinde sıcak hava ile kurutulan grupta L, a ve b değerleri, diğer gruplara göre çok daha düşük değerlerde belirlenmiştir. Dondurarak kurutulan ve mikrodalgada dondurarak kurutulan gruplar arasında ise fark olmadığı bildirilmiştir.

Ramya ve ark., (2015) dondurarak kurutulmuş karides unundan yapılan makarnaların duyusal ve besinsel kaliteleri ile bazı genel kalite özelliklerini araştırmışlardır. Dondurarak kurutulmuş karides etinin protein değeri %22, nem oranı %5.10 ve kül değeri %2 olarak belirtilmiştir. %2.5, %5 ve %10 oranlarında dondurarak kurutulmuş karides etinin kullanıldığı çalışmada elde edilen hamur karışımının protein değerleri sırasıyla; %12.85, %13.32 ve %16.01 olarak bildirilmiştir. Bu değerler dondurarak kurutulmuş karides etinden yapılan makarnalarda sırasıyla; %12.3, %13 ve %15.9 olarak tespit edilmiştir. Renk değerlerinden L değerinin pişirilmemiş makarnada 67.73 ile 62.15 arasında değiştiği bildirilmiştir. Pişmiş ve pişmemiş her iki makarna grubunda en yüksek L değerine 69.80 ile %5 dondurarak kurutulmuş karides eti içeren grupta rastlanmıştır. b değeri pişmemiş ve pişmiş makarna örneklerinde sırasıyla; 23.03-22.40 ile 20.27-14.73 arasında değişmiştir. Her iki grupta en yüksek b değerine %2.5 dondurarak kurutulmuş karides eti içeren grupta rastlanmıştır. a değerleri pişmemiş makarnada 2.14-2.58, pişmiş makarnada ise 0.02-1.34 arasında belirlenmiştir. Doymuş

yağ asitleri oranı kontrol grubunda %20.70 iken %2.5, %5 ve %10 dondurarak kurutulmuş karides eti içeren gruplarda sırasıyla; %19.93, %20.14 ve %21.54 olarak tespit edilmiştir. Tekli doymuş yağ asitleri kontrol grubu başta olmak üzere sırasıyla; %17.34, %17, %17.01 ve %17.17 olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ile bu değerler çoklu doymamış yağ asitleri için %61.06, %62.17, %61.79 ve %59.93 olarak verilmiştir. Çalışma sonucunda, dondurarak kurutulmuş karides etiyle birleştirilmiş makarnanın besinsel durumunun geliştirilmesinin sağlandığı ve lizin gibi aminoasitler ile EPA ve DHA gibi esansiyel yağ asitlerinin seviyelerinin artırıldığı bildirilmiştir.

He ve ark., (2012) dondurarak kurutulmuş yengecin (*Eriocheir sinensis*) yağ asitleri kompozisyonunu, nem içeriğini ve rehidrasyon oranını araştırmışlardır. Dondurarak kurutulduktan sonra, ağzı kapalı poşetlerde 2 ay oda koşullarında muhafaza edilen yengeçlerin, ortalama nem içeriği %6.14 olarak bildirilmiştir. Ayrıca ette ya da iç organlarda renk solması veya kahverengileşme gibi pigment bozulmasının meydana gelmediği belirtilmiştir. Dondurarak kurutulmuş yengecin iyi bir rehidrasyon yeteneğine sahip olduğu belirtilerek, rehidrasyon oranı 30. dakikada 2.15, 60. dakikada ise 2.21 olarak tespit edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş yengeçlerin rehidrasyon öncesi ve sonrası yapılan yağ asitleri analizleri değerlerinin birbirine benzer olduğu, dondurarak kurutma ve rehidrasyon işlemlerinin yağ asitlerine zarar vermediği ve bu nedenle yüksek değerli yengeçlerin işlenmesi için dondurarak kurutmanın uygun bir teknik olduğu bildirilmiştir.

## 5.2. Balık Yağının Dondurularak Kurutulması ile İlgili Araştırmalar

Su ürünleri yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) içermektedir (AOAC, 2006) ve bu yüzden oksidatif bozulmaya karşı son derece duyarlıdır (Dönmez ve Tatar, 2001). Dondurarak kurutma gibi düşük sıcaklıklarda uygulanan kurutma işlemleri hassas yağlar için uygundur ve bu yüzden balık yağının mikroenkapsülasyonu için uygun bir alternatif olabilmektedir (Menting ve ark., 1970; Heinzelmann ve ark., 2000).

Hasani ve ark., (2015) farklı kaplama materyalleri kullanarak dondurularak kurutulmuş mikroenkapsüle balık yağının fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Kilka balığının (*Clupeonella cultriventris caspia*) kullanıldığı çalışmada maltodekstrin, whey protein konsantresi, sodyum kazein ve modifiye nişasta kaplama materyali olarak kullanılmıştır. Balık yağı eklenen emülsiyonlar bir gece -70 °C'de dondurulmuş ve daha sonra dondurarak kurutucuda 72 saat kurutulmuştur. Balık yağının mikroenkapsülasyonu için en iyi enkapsülasyon etkisi sırasıyla; maltodekstrin, modifiye nişasta ve whey protein konsantresi olarak bildirilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada; hamsi (*Engraulis encrasicolus*)'den elde edilen balık yağı dondurarak kurutma yöntemi ile mikroenkapsüle edilmiştir. Kaplama materyalleri olarak laktoz ve pullulan kullanılan emülsiyonlar, -10 °C'de hava üfleli dondurucuda 2 saat dondurulmuş ve ardından 24 saat -25 °C'de bekletilmiştir. Dondurarak kurutma işlemi 10 °C plaka sıcaklığı ve 20 mbar basınç altında 10 saat süreyle uygulanmıştır. Sonuç olarak, laktozun pullulana göre daha yüksek mikroenkapsülasyon verimi sağladığı bildirilmiştir (Koç ve ark., 2008).

Çeşitli kaplama materyallerinin kullanıldığı ve kurutma metotlarının, balık yağının mikroenkapsülasyonuna etkilerinin araştırıldığı diğer bir çalışmada, sprey granülasyon, sprey kurutma ve dondurarak kurutma metotları kullanılmıştır. 21 °C'de beş haftalık depolama sonunda ürün kararlılığına göre; sprey granülasyon, sprey kurutma ve dondurarak kurutma olarak sıralandığı bildirilmiştir. Dondurarak kurutmada çok düşük kurutma sıcaklıkları kullanılmasına rağmen son partikül morfolojisinin toz halinde olan ürünün oksidasyonunu hızlandırdığı belirtilmiştir (Anwar ve Kunz, 2011).

## 6. MATERYAL VE YÖNTEM

### 6.1. Materyal

Araştırmada hammadde olarak ortalama ağırlığı  $1200 \pm 23.33$  g ve ortalama boyları  $41.77 \pm 0.26$  cm olan gökkuşuğu alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kullanılmıştır. Alabalıklar Samsun Yakakent ilçesinde bulunan bir alabalık çiftliğinden taze olarak temin edilmiştir. Araştırmada toplam 48 kg alabalık kullanılmıştır. Şekil 6.1.1.'de Gökkuşuğu alabalıkları gösterilmiştir.



Şekil 6.1.1. Gökkuşuğu alabalıkları (Orijinal)

### 6.2. Yöntem

#### 6.2.1. Balık Kıymasının Hazırlanması

Araştırmada kullanılan alabalıklar buzlanmış strafor kutular içerisinde Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Laboratuvarına getirilmiştir. Boy ölçümleri  $\pm 1$  mm duyarlıklı ölçme tahtasında, ağırlık ölçümleri 0.01 g hassasiyetli elektronik hassas terazide (Dikomsan KD-TBC-600) alınmıştır. Balıklar kir ve mukus sıvısından arındırılmak amacıyla buzlu suda yıkanmıştır. Baş ve iç organ temizliği yapılan balıkların derisi yüzülerek, fileto kısmı çıkarılmış ve daha sonra kılçıkları temizlenmiştir. Derisiz filetolar 1.2 litre kapasiteye sahip Arçelik Marka blendırda parti parti kıyılmıştır. Toplamda 48 kg bütün alabalıktan 19.043 gr alabalık kıyması elde

edilmiştir. Her işlemden sonra blendır yıkanarak temizlenmiş, kurulanmış ve sonraki işlem için hazır hale getirilmiştir.

### **6.2.2. Balık Kıymasının Paketlenmesi**

Balık kıyması örnekleri 30x30 cm ebatlarında, COEX 90  $\mu$  kalınlığında, polietilen ve poliamid (PE/PA) vakum poşetlere doldurulmuştur. Her pakete ortalama olarak 952.15±15.97 g balık kıyması konulmuştur. Toplamda 20 adet paketlenmiş alabalık kıyması elde edilmiştir. Şekil 6.2.2.1.'de paketlenmiş balık kıyması örnekleri gösterilmiştir.



**Şekil 6.2.2.1.** Paketlenmiş balık kıyması örnekleri (Orijinal)

Abant Group marka vakum paketlenme cihazında, poşetler içindeki havayı alacak şekilde vakumlanmış ve ağızları kapatılmıştır. Paketlenen örnekler – 35 °C’de Uğur marka derin dondurucuda depolanmıştır.

### **6.2.3. Balık Kıyması Örneklerinin Transferi**

-35 °C’de derin dondurucuda depolanan balık kıyması örnekleri, dondurarak kurutmanın yapılacağı pilot tesise gitmek üzere, soğuk saklama dolabı içerisinde buz aküsü destekleriyle birlikte, Gebze Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü soğuk hava deposuna getirilmiştir.

### **6.2.4. Dondurarak Kurutma İşlemi**

Dondurarak kurutma işlemi için hazırlanan balık kıyması örnekleri, Gebze Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisinde bulunan, VirTis Ultra



25 Super XL marka, tepsili tip dondurarak kurutucuda kurutulmuştur.Şekil 6.2.4.1.'de dondurarak kurutucu gösterilmiştir.



**Şekil 6.2.4.1.** Dondurarak kurutucu (Orijinal)

Dondurarak kurutma işlemine geçmeden önce,  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de donmuş halde olan balık kıyması örneklerinin 30-45 dk laboratuvar koşullarında (oda sıcaklığında) bekletilerek, çözündürülmesi sağlanmıştır. Bu işlem, örneklerin dondurarak kurutucunun tepsilerinin şeklini alması ve daha etkin bir kurutma için gereklidir.

Çözdürme işleminden sonra balık kıyması tepsilere konulmuş ve dondurarak kurutucuya yerleştirilmiştir. İlk olarak  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saat süre ile dondurma işlemi uygulanmıştır. Bu işlemi takiben 20 Pa basınç vakum altında,  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  raf sıcaklığında ürün yaklaşık 24 saat kurutulmuştur. Her partide dondurarak kurutucu her biri 1000 g kapasitede 4 tepsi almaktadır. Bu nedenle işlem ortalama  $952.15\pm 15.97\text{ g}$  20 paket örnek için 5 kez tekrarlanmıştır. Bu süre zarfında kurutulmayı bekleyen örnekler  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmıştır. Şekil 6.2.4.2.'de dondurarak kurutma işlemi gösterilmiştir.



**Şekil 6.2.4.2.** Dondurarak kurutma işlemi (Orijinal)

### **6.2.5. Dondurularak Kurutulmuş Örneklerin Paketlenmesi**

Dondurarak kurutma işleminden sonra örneklerin nem oranı oldukça düşük olduğundan, örnekler bekletilmeden paketleme işlemine geçilmiştir. Bu amaçla 20x30 cm ebatlarında ağzı kilitli polietilen torbalar kullanılmıştır. Şekil 6.2.5.1.'de dondurarak kurutulmuş örneklerin paketlenmesi gösterilmiştir.



**Şekil 6.2.5.1.** Dondurarak kurutulmuş örneklerin paketlenmesi (Orijinal)

### 6.3. Analiz Yöntemleri

#### 6.3.1. Besin Kompozisyonu Analizleri

Taze, dondurularak kurutulmuş ve rehidre örnekte olmak üzere %protein, %ham yağ, %nem ve %kül analizleri yapılmıştır. Protein analizi AOAC (1961)'e göre, ham yağ analizi Bligh ve Dyer (1959)'a göre yapılmıştır. Nem tayini Ludorff ve Meyer (1973)'e göre belirlenmiştir. Nem analizi için cam petriler etüvde 105 °C'de 3 saat bekletilmiş ve daha sonra soğumaları için desikatöre alınmıştır. Soğuyan petrilerin daraları alınmış ve yaklaşık 5 g olan örneklerin tartımları alınmıştır. Etüvde 105 °C'de 3 saat bekletilen örneklerin soğuduktan sonra son tartımları alınmış ve aşağıdaki formüle göre kurumadde ve nem miktarları hesaplanmıştır;

Kuru Madde (%) = (son tartım – dara/örnek miktarı ) x 100

Çıkan kuru madde miktarından (100 - %kurumadde miktarı) şeklinde hesaplayarak % nem miktarı belirlenmiştir.

Ham kül tayini AOAC (1984) metoduna göre yapılmıştır. Porselen krozeler etüvde 105 °C'de 3 saat tutulmuş ve desikatörde soğutulduktan sonra daraları alınmıştır. Analiz için yaklaşık 2 g örnek kullanılmıştır. 550 °C'ye ayarlanan kül fırınında yaklaşık 7-8 saat tutulmuştur. Oda sıcaklığına gelen örneklerin % kül miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

%Kül= (Yakmadan sonraki kroze + kül ağırlığı – kroze ağırlığı/örnek ağırlığı) x 100

#### 6.3.2. Tiyobarbütirik Asit Sayısı (TBA) Tayini

TBA analizi ürünlerdeki yağ oksidasyonunu tespit etmek amacıyla Tarladgis ve ark., (1960) 'a göre yapılmıştır. Buna göre 10 g örnek, 1000 ml su ile distilasyon kabına aktarılmıştır. 2.5 ml 4N HCl, 4-5 adet kaynama taşı ve köpük kesici ilave edilerek distilat elde edilmiştir. Deney tüplerine 5 ml distilat, 5ml TBA ayıracı, kör için 5 ml saf su ve 5 ml TBA ayıracı konularak karıştırılmış ve tüpler kaynar su banyosunda 35 dk kaynatılmıştır. Daha sonra tüpler soğutulmuş ve spektrofotometrede köre karşı 538 nm dalga boyunda örneklerin absorbansı ölçülmüştür. Hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılmıştır;

TBA sayısı (mg malonaldehit/kg)= Örneğin absorbans değeri x 7.8

#### 6.3.3. pH Analizi

Örneklere ait pH değerleri pH metre (pH 3110 SET 2, Germany) ile ölçülmüştür. 2.5 g homojenize edilmiş örnek üzerine 25 ml saf su eklenerek ölçümler gerçekleştirilmiştir (Curran ve ark., 1980).

#### 6.3.4. Aminoasit Analizleri

Aminoasit analizleri TÜBİTAK-MAM Endüstriyel Hizmetler Birimi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ultra hızlı sıvı kromatografisi (UFLC) cihazında Agilent, Eclipse X08-C18, 5 µm, 4x6x150 mm özelliklerinde analitik ters fazlı kolon kullanılmıştır. 0.1-1 g homojenize edilmiş örnek, 50 ml'lik ağzı kapalı analiz şişesi içerisine alınmış ve 6N HCl çözeltisinden 20 ml ilave edilerek, 24 saat 110 °C'de hidroliz edilmiştir. Daha sonra hidroliz edilen örnek oda sıcaklığına getirildikten sonra, süzgeç kâğıdından süzölmüştür. Hidroliz solüsyonu cihaz içerisine enjekte edilmiştir.

Cihazın çalışma koşulları aşağıda verilmiştir;

Mobil faz A: 0.78 g sodyum dihidrojen fosfat dihidrat ve 0.88 g disodyum hidrojen fosfat dihidrat su ile çözüldükten sonra pH 6.9'a ayarlanmış ve su ile 1 l'ye tamamlanmıştır.

Mobil faz B: Asetonitril (HPLC saflıkta)

Kolon sıcaklığı: 40 °C

Kolon: Agilent, Eclipse X08-C18, 5 µm, 4x6x150 mm

UV detektör: 254 nm

Enjeksiyon hacmi: 10µl

Akış hızı: 1 ml/dk (Dimova, 2003).

#### 6.3.5. Yağ Asidi Analizleri

Yağ asidi analizleri IUPAC IID19 metoduna göre, TÜBİTAK-MAM Endüstriyel Hizmetler Birimi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yağ asidi metil esterleri ISO 12966-2: 2011 metoduna göre belirlenmiştir. 0.1 g örnek vida kapaklı test tüpünde tartılmış ve 0.5 ml 2.0 N KOH ile 5 ml heptan eklenerek çalkalanmıştır. Daha sonra nem çekmesi için susuz sodyum sülfat eklenmiştir. 1 dakika sonra solüsyon gaz kromatografisi için direkt olarak kullanılmıştır (GC, Perkin Elmer, Autosystem GLX, Shelton, USA). Kromatografik ayrılma Superco SP<sup>TM</sup>-2380 alev iyonizasyon detektörlü kolonlar (30m x 0.25mm iç çap, 0.25µm film kalınlığı) kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma koşulları aşağıda verilmiştir;

Taşıyıcı gaz: Helyum

Akış oranı: 0.5 mL/dk

Enjektör sıcaklığı: 280 °C

Detektör sıcaklığı: 260 °C

Sıcaklık programı: Başlangıç sıcaklığı 120 °C (2 dk)- artış 5 °C/dk 220 °C. (Demirtaş ve ark., 2013).

### **6.3.6. Vitamin Analizleri**

Vitamin analizleri HPLC FLD metoduna göre, TÜBİTAK-MAM Endüstriyel Hizmetler Birimi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda taze, dondurularak kurutulmuş ve rehidre örnekte D, E ve B1 vitaminleri belirlenmiştir.

#### **6.3.6.1. D Vitamini**

1-10 g örnek 250 ml'lik erlen içine tartılmıştır. İçerisine 50 ml etanol eklenmiştir. 1 spatül pirogallol, 1 spatül askorbik asit ve 12.5 ml %50 (w/w) KOH çözeltisi eklenmiş ve kapağı kapatılarak 30 saniye vortekslenmiştir. 80 °C'de geri soğutuculu su banyosunda 45 dakika ısıtma işlemi uygulanmıştır. Soğuduktan sonra 500 ml'lik ayırma hunisine alınmış ve üzerine 60 ml dietileter-petrol eter karışımı ilave edilerek 3 kez ekstrakte edilmiş ve fazlar toplanmıştır. Toplanan fazlar %1'lik NaCl tuzu ile iyice yıkanmıştır. Örnek azot altında oda sıcaklığında buharlaştırılmış, üzerine 5 ml Hegzan ilave edilmiş ve 0.45 µ'luk filtreden süzölmüştür. Daha sonra, tekrar azot altında oda sıcaklığında buharlaştırılmış ve üzerine 0.3 ml hegzan eklenmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra HPLC çalışma aşağıda verilmiştir.

Kolon: 5µ, Kromasil silica

Detektör: 265 nm

Mobil faz: THF+Hegzan (12.5+87.5)

Akış hızı: 0.8 ml/dk

Süre: 25 dk

Enjeksiyon hacmi: 100 µl – 500 µl (AOAC, 2007).

#### **6.3.6.2. E Vitamini**

Ekstrakte edilen örneğin HPLC cihazında çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Kolon: Silikajel, paket kolon

Detektör: Floresans dedektör

Eksitasyon: 293 nm

Emisyon: 326 nm

Mobil faz: %97 n-hekzan (Merck no 104391), %3 1,4-Dioxane (Merck no 103115)

Akış hızı: 1ml/dk

Enjeksiyon hacmi: 50 µl (AOAC, 2005b).

#### **6.3.6.3. B1 Vitamini**

1-10 g homojenize edilmiş örnek 100 ml'lik erlene alınarak, 60 ml 0.1 N HCl çözeltisi ilave edilmiş ve 10 dakika kaynatılmıştır. Daha sonra 37°C'ye soğutularak, örneğin pH'ı 4.5'e getirilmiştir. 250 mg clara-diastraz, 50 mg papain, 20 mg alfa-amilaz,

1 ml asit fosfataz ve 1 ml beta-glukosidaz enzimleri ilave edilmiştir. Daha sonra 45 °C'deki çalkalamalı su banyosunda 3 saat bekletilmiştir. Örneğin hacmi, soğuduktan sonra 100 ml'ye, 0.1 N HCl ile tamamlanmıştır. Oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. 4500 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilmiş örnekten, 25 ml polietilen tüpler içerisine alınmıştır. 1.5 ml %1'lik Potassium ferricyanide çözeltisi ilave edilmiş, örneğin pH'ı 7.0-7.1'e getirilmiştir. 0.45 mikronluk filtreden süzölmüştür. Tiamin için seyreltme faktörü 100+son hacim/25 olacak şekilde ayarlanmıştır. HPLC çalışma koşulları aşağıda gösterilmiştir.

Kolon: Analitik ters fazlı kolon: Agilent, Eclipse XCD-C18, 5 µm, 4.6x150 mm

Dedektör: Floresans dedektör

Eksitasyon: 366 nm

Emisyon: 445 nm

Mobil faz: 1000 ml fosfat buffer çözeltisi ve 250 ml metanolün karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. pH NaOH kullanılarak 7.1'e ayarlanmıştır.

Akış Hızı: 1 ml/dk

Enjeksiyon Hacmi: 20µl

Uygulama zamanı: 20 dk (Finglas ve Faulks, 1984).

### **6.3.7. Mineral Analizleri**

Magnezyum (Mg), Sodyum (Na) ve Kalsiyum (Ca) mineral analizleri AOAC (2000) 985.35 metoduna göre, Fosfor (P) analizi AOAC (1990) 986.24 metoduna göre, TÜBİTAK-MAM Endüstriyel Hizmetler Birimi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda taze, dondurularak kurutulmuş ve rehidre örnekte olmak üzere belirtilen mineral analizleri yapılmıştır.

#### **6.3.7.1. Magnezyum (Mg)**

Yaklaşık 0.3 – 0.5 g örnek tartılarak üzerine 6.5 ml %65'lik nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ve 1.5 ml %30'luk hidrojenperoksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenmiştir. Örnek kaplarının kapakları iyice sıkıştırılarak cihazın içine yerleştirilmiş ve yakma işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. Atomik absorpsiyon spektroskopi cihazında 285.2-202.6 nm dalga boylarında okumalar gerçekleştirilmiştir. Standart eğriden yararlanarak örneklerin magnezyum miktarı tespit edilmiştir (AOAC, 2000).

#### **6.3.7.2. Sodyum (Na)**

0.3 – 0.5 g örnek tartılarak üzerine 6.5 ml %65'lik nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ve 1.5 ml %30'luk hidrojenperoksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenmiştir. Örnek kapları cihazın içine yerleştirilmiş

ve yakma işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. Atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazında 589.2 nm dalga boyunda okumalar gerçekleştirilmiştir. Standart eğriden yararlanarak örneklerin sodyum miktarı tespit edilmiştir (AOAC, 2000).

#### **6.3.7.3. Kalsiyum (Ca)**

0.3 – 0.5 g örnek tartılarak üzerine 6.5 ml %65' lik nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ve 1.5 ml %30' luk hidrojenperoksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenmiştir. Örnek kapları cihazın içine yerleştirilmiş ve yakma işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. Atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazında 422.7 nm dalga boyunda okumalar gerçekleştirilmiştir. Standart eğriden yararlanarak örneklerin kalsiyum miktarı tespit edilmiştir (AOAC, 2000).

#### **6.3.7.4. Fosfor (P)**

Homojen hale getirilen numunelerden yaklaşık 0.5 g örnek tartılmıştır. Tartılan örnekler mikrodalga ünitesinin örnek haznelerine yerleştirilmiş ve üzerine 6 ml %65'lik nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ve 1 ml %30'luk hidrojenperoksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenmiştir. Örnek kapları cihazın içine yerleştirilerek cihaz çalıştırılmıştır. Yakma işleminden sonra hazırlanan standartlara göre, örnek ve standartlar okunmuştur. Standart eğriden yararlanarak örneklerin fosfor miktarı bulunmuştur (AOAC, 1990).

#### **6.3.8. Su Aktivitesi Analizi**

Su aktivitesi analizi için, Novasina LabSwift marka su aktivitesi ölçüm cihazının şeffaf, yuvarlak kaplarına örnekler konulmuş ve cihaza yerleştirilmiştir. Her bir örnek için 5 kez ölçüm yapılmış ve okunan değerler kaydedilmiştir (AOAC, 1980).

#### **6.3.9. Renk Ölçümleri Analizi**

Konica Minolta CR-400 marka renk ölçüm cihazında, her bir örnek için 5 kez ölçüm yapılmış ve L, a ve b değerleri belirlenmiştir. Örnekler eşit boydaki cam petrilere konularak ölçümler gerçekleştirilmiştir (Schubring, 2003).

#### **6.3.10. Tekstür Profil Analizi (TPA)**

Tekstür profil analizi (TPA) Brookfield CT3 Tekstür cihazında (TA-CT3, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middlebore, MA, USA) Schubring (2002)'e göre yapılmıştır. Analizde her bir örnek için 5 kez ölçüm gerçekleştirilmiştir. TPA ölçümleri %50 kompresyonda gerçekleştirilmiştir. Doku ölçümleri sırasında sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), elastikiyet (resilience), bağlayıcılık (cohesiveness), esneklik (springiness), sakızimsılık (gumminess) ve çiğnenebilirlik (chewiness) parametreleri incelenmiştir. Bu parametrelere ek olarak, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş örneklerde kırılabilirlik (fracturability) özelliği de

değerlendirilmiştir. Ölçümler yuvarlak uçlu prob TA50 (Brookfield, US) ile 2.00 mm/sn test hızında yapılmıştır. Örnek boyutları 4x4x1.5 cm olarak ayarlanmıştır.

### **6.3.11. Rehidrasyon Oranı**

Dondurularak kurutulmuş balık örneklerinin rehidrasyon oranını hesaplamak için; 5 g kuru örnek, 30 °C ve 100 °C sıcaklıklardaki saf suya ayrı ayrı daldırılmıştır. 30 °C'de saf sudaki örnekler 30 dk ara ile, 100 °C'deki örnekler 2 dk ara ile süzölmüş ve örnekler tartılmıştır. Bu işlem 3 tekrar olarak yürütölmüştür. Katı-sıvı oranı 1:50 olarak gerçekleştirilmiştir. Rehidrasyon oranı; rehidre örneğin kütesinin kurutulmuş örneğin kütesine oranı olarak tanımlanmaktadır.

Rehidrasyon oranı aşağıdaki formöle göre hesaplanmıştır;

$$R.O \text{ (Rehidrasyon oranı)} = RR_T = W_T / W_d$$

$W_T$  = Rehidre olmuş örnekteki (zamana bağılı kütle (o andaki kütle))

$W_d$  = Rehidrasyon öncesi kuru örnek ağırlığı (Giri ve Prasad, 2007).

### **6.3.12. Duyusal Analiz**

Taze alabalık kıyması ile dondurularak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıyması arasındaki farkları görmek amacıyla, duyusal analiz yapılmıştır. 5 g taze alabalık kıyması, alüminyum folyoya sarılarak fırın tepsisine yerleştirilmiş ve fırında (180 °C'de 10 dk) pişirilmiştir. Aynı işlemler dondurularak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasına da uygulanmıştır. Duyusal analizlere Sinop Su Ürünleri Fakölte'sinde görevli 3 deneyimli ve 3 deneyimsiz 6 panelist katılmıştır. Panelistlerden örnekleri görünüş, tat, koku, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından değerlendirmeleri istenmiştir. Puanlama, 1-9 puan arasında puanlar verilerek yapılmıştır. Puanlama skalasına göre; 0 değerine yaklaşan puanlar istenen özelliğın düşük olduğunu gösterirken, 9 değerine yaklaştıkça istenen özellik artmaktadır (Lin ve ark., 1998). Tüm örnekler 2 tekerrür, 2 paralel olarak çalışılmıştır. Çizelge 6.3.12.1.'de duyusal analiz formu gösterilmiştir.



### Çizelge 6.3.12.1. Duyusal Analiz Formu

Değerlendirme Kriterleri	Paralel	Çiğ Alabalık Kıyması (Ç.A.K)		Pişmiş Alabalık Kıyması (P.A.K)		Dondurarak Kurutulmuş Alabalık Kıyması (D.K.A.K)		Rehidre Edilmiş Alabalık Kıyması (R.A.K)		Rehidre Edildikten Sonra Pişirilmiş Alabalık Kıyması (R.S.P.A.K)		2. Tekerrür	
		1. Tekerrür	2. Tekerrür	1. Tekerrür	2. Tekerrür	1. Tekerrür	2. Tekerrür	1. Tekerrür	2. Tekerrür	1. Tekerrür	2. Tekerrür		
Görünüş	1.P.												
	2.P.												
Koku	1.P.												
	2.P.												
Tat (Pişmiş örnekler için)	1.P.	-	-			-	-	-	-				
	2.P.	-	-			-	-	-	-				
Tekstür	1.P.												
	2.P.												
Renk	1.P.												
	2.P.												
Genel Kabul Edilebilirlik	1.P.												
	2.P.												

\*Analizde “1”-“9” skalaları baz alınmış, “1” en düşük, “9” en yüksek puanlamayı belirtmiştir. (1; güzel değil, 9; çok güzel).

\*Buna göre görünüş, koku, tat, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik panelistlerce değerlendirilecektir  
\* - işaretli kutucukları değerlendirmeyiniz

### **6.3.13. İstatistiksel Analiz**

Araştırma süresince gruplar arasındaki farklar, Minitab 15 (MinitabInc. USA) programında varyans analizleri (ANOVA) ile belirlenmiştir. Duyusal analizlerin istatistikî değerlendirilmesinde ise, parametrik olmayan testlerden Friedman testi kullanılmıştır.



## 7. BULGULAR

### 7.1. Besin Kompozisyonu Analizleri Bulguları

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait besin kompozisyonu sonuçları Çizelge 7.1.1’de verilmiştir.

**Çizelge 7.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait besin kompozisyonu değerleri (%)

Örnek Grupları	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
Taze	67.54±0.29 <sup>c</sup>	10.75±0.03 <sup>a</sup>	20.25±0.04 <sup>a</sup>	1.38±0.03 <sup>a</sup>
Dondurarak kurutulmuş	2.11±0.01 <sup>a</sup>	23.53±0.02 <sup>c</sup>	66.41±0.02 <sup>c</sup>	5.20±0.05 <sup>b</sup>
Rehidre	50.01±0.00 <sup>b</sup>	14.00±0.06 <sup>b</sup>	34.03±0.59 <sup>b</sup>	1.96±0.20 <sup>a</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasına ait nem, yağ, protein ve kül değerleri sırasıyla; % 67.54±0.29, %10.75±0.03, %20.25±0.04 ve %1.38±0.03 olarak belirlenmiştir. Bu değerler dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında sırasıyla; %2.11±0.01, %23.53±0.02, %66.41±0.02 ve %5.20±0.05 iken, dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında sırasıyla; %50.01±0.00, %14±0.06, %34.03±0.59 ve %1.96±0.20 olarak bulunmuştur. %Protein, %yağ ve %nem değerleri, gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Taze ve rehidre alabalık kıymasında ise, %kül değerleri önemsizken, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasına göre önemli bulunmuştur (p<0.05).

## 7.2. Tiyobarbütirik Asit Sayısı (TBA) Tayini Bulguları

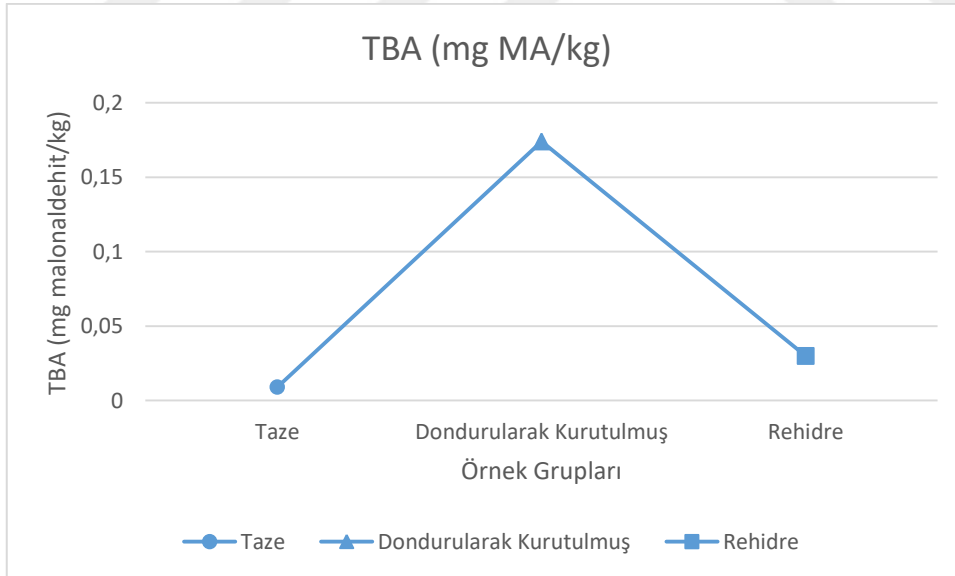
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait TBA değerleri Çizelge 7.2.1 ve Şekil 7.2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 7.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasına ait TBA değerleri (mg malonaldehit/kg)

Örnek Grupları			
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
TBA	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.17±0.00 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında TBA değeri 0.00±0.00 mg malonaldehit/kg (Virgülden sonra iki basamak kullanıldığından 0.00 olarak gözükmektedir), dondurarak kurutulmuş kıymada 0.17±0.00 mg malonaldehit/kg ve rehidre edilmiş kıymada ise, 0.03±0.00 mg malonaldehit/kg olarak tespit edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş kıyma örneği ile diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05).



**Şekil 7.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait TBA değerleri (mg malonaldehit/kg)

### 7.3. pH Analizi Bulguları

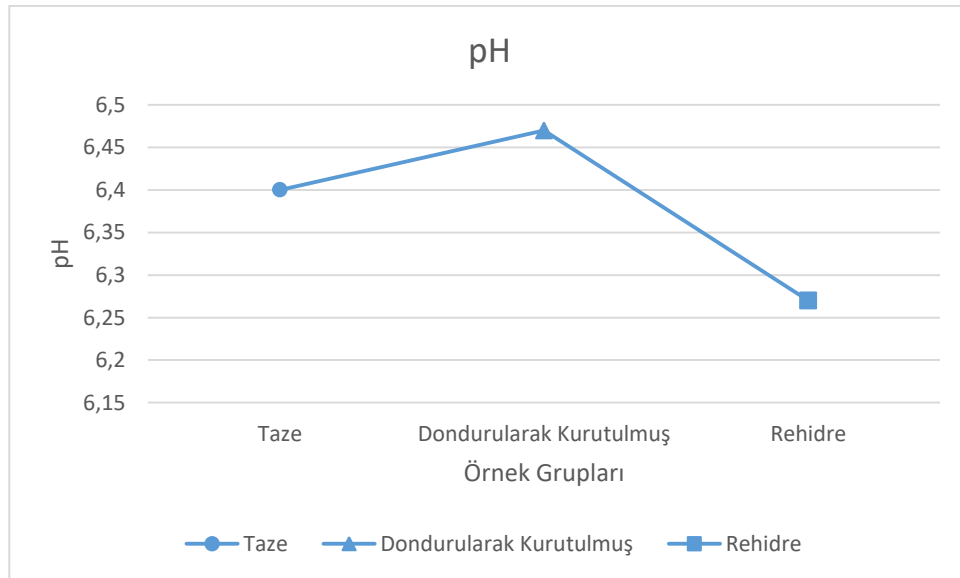
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait pH değerleri Çizelge 7.3.1 ve Şekil 7.3.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait pH değerleri bulguları

Örnek Grupları			
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
pH/°C	6.40±0.00 <sup>a</sup> /19.05°C	6.47±0.04 <sup>a</sup> /18.5°C	6.27±0.02 <sup>b</sup> /22.25°C

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

pH değeri taze alabalık kıymasında 6.40±0.00, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 6.47±0.04 ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında ise 6.27±0.02 olarak ölçülmüştür. Taze ve dondurarak kurutulmuş alabalık kıyasması arasındaki fark önemsizken (p>0.05) rehidre edilmiş kıymanın diğer iki gruba arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05).



**Şekil 7.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait pH değerleri

#### 7.4. Aminoasit Analizleri Bulguları

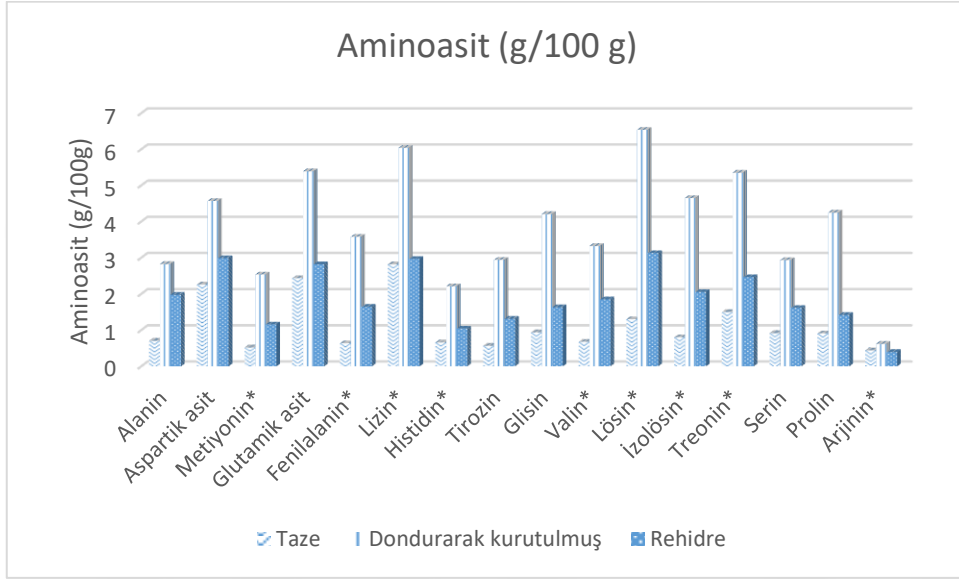
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait aminoasit değerleri Çizelge 7.4.1 ve Şekil 7.4.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.4.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait aminoasit değerleri (g/100 g)

Aminoasit (g/100 g)	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Alanin	0.70±0.02 <sup>a</sup>	2.82±0.13 <sup>c</sup>	1.97±0.02 <sup>b</sup>
Aspartik asit	2.26±0.02 <sup>a</sup>	4.57±0.01 <sup>c</sup>	2.98±0.02 <sup>b</sup>
Metiyonin*	0.52±0.00 <sup>a</sup>	2.53±0.01 <sup>c</sup>	1.15±0.00 <sup>b</sup>
Glutamik asit	2.43±0.00 <sup>a</sup>	5.39±2.79 <sup>c</sup>	2.81±0.03 <sup>b</sup>
Fenilalanin*	0.63±0.00 <sup>a</sup>	3.57±0.01 <sup>c</sup>	1.64±0.01 <sup>b</sup>
Lizin*	2.81±0.00 <sup>a</sup>	6.04±0.01 <sup>b</sup>	2.96±0.03 <sup>a</sup>
Histidin*	0.65±0.00 <sup>a</sup>	2.21±0.02 <sup>c</sup>	1.04±0.01 <sup>b</sup>
Tirozin	0.56±0.00 <sup>a</sup>	2.93±0.01 <sup>c</sup>	1.31±0.01 <sup>b</sup>
Glisin	0.93±0.00 <sup>a</sup>	4.20±0.01 <sup>c</sup>	1.63±0.02 <sup>b</sup>
Valin*	0.67±0.00 <sup>a</sup>	3.32±0.00 <sup>c</sup>	1.84±0.01 <sup>b</sup>
Lösin*	1.30±0.00 <sup>a</sup>	6.53±0.04 <sup>c</sup>	3.12±0.01 <sup>b</sup>
İzolösin*	0.80±0.00 <sup>a</sup>	4.65±0.03 <sup>c</sup>	2.05±0.02 <sup>b</sup>
Treonin*	1.50±0.00 <sup>a</sup>	5.35±0.01 <sup>c</sup>	2.46±0.03 <sup>b</sup>
Serin	0.91±0.00 <sup>a</sup>	2.93±0.01 <sup>c</sup>	1.61±0.01 <sup>b</sup>
Prolin	0.91±0.02 <sup>a</sup>	4.24±0.09 <sup>b</sup>	1.41±0.01 <sup>a</sup>
Arjinin*	0.44±0.00 <sup>b</sup>	0.61±0.00 <sup>c</sup>	0.39±0.00 <sup>a</sup>
<b>TA</b>	<b>18.09±0.07</b>	<b>61.96±3.48</b>	<b>30.44±0.31</b>
<b>EAA</b>	<b>9.35±0.00</b>	<b>34.84±0.15</b>	<b>16.69±0.17</b>
<b>NEAA</b>	<b>8.73±0.07</b>	<b>27.11±3.07</b>	<b>13.75±0.14</b>
<b>E/NE</b>	<b>1.07±0.06</b>	<b>1.28±0.05</b>	<b>1.21±1.16</b>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).TA: Toplam aminoasit; EAA: Esansiyel aminoasitler\*; NEAA:Non-Esansiyel aminoasitler.

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasında triptofan hariç, tüm esansiyel aminoasitler tespit edilmiştir. Taze balık kıymasında aminoasitler içerisinde, en yüksek miktarda lizin ( $2.81\pm 0.00$ g/100 g) ve en düşük miktarda ise arjinin ( $0.44\pm 0.00$  g/100 g) olarak belirlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş kıymada ise sırasıyla, en yüksek aminoasit miktarı lösin ( $6.53\pm 0.04$  g/100 g -  $3.12\pm 0.01$  g/100 g), en düşük ise sırasıyla, arjinin ( $0.61\pm 0.00$  g/100 g -  $0.39\pm 0.00$ ) olarak ölçülmüştür.



**Şekil 7.4.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait aminoasit değerleri (g/100 g)

## 7.5. Yağ Asidi Analizleri Bulguları

### 7.5.1. Toplam Doymuş Yağ Asitleri (SAFA) Bulguları

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait toplam doymuş yağ asidi değerleri Çizelge 7.5.1.1 ve Şekil 7.5.1.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.5.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) miktarları (%)

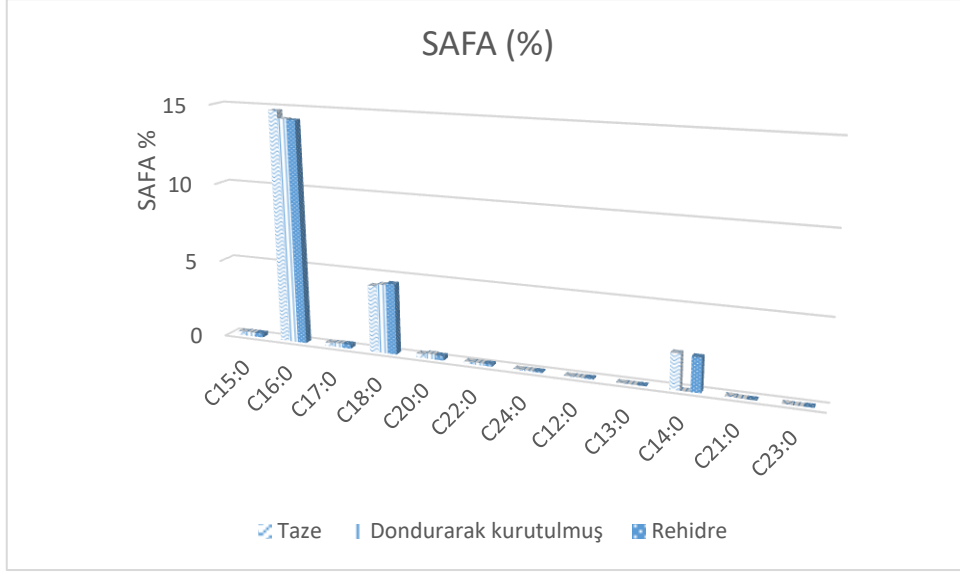
Örnek Grupları					
Doymuş asitleri (%)	yağ	Kimyasal yapı	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Pentadekanoik asit		C15:0	0.25±0.00 <sup>a</sup>	0.26±0.00 <sup>a</sup>	0.26±0.00 <sup>a</sup>
Palmitik asit		C16:0	14.79±0.08 <sup>a</sup>	14.32±0.00 <sup>b</sup>	14.27±0.00 <sup>b</sup>
Heptadekanoik asit		C17:0	0.21±0.00 <sup>a</sup>	0.26±0.00 <sup>b</sup>	0.26±0.00 <sup>b</sup>
Stearik asit		C18:0	4.28±0.00 <sup>a</sup>	4.41±0.00 <sup>b</sup>	4.52±0.00 <sup>c</sup>
Araşidik asit		C20:0	0.25±0.00 <sup>a</sup>	0.32±0.00 <sup>b</sup>	0.27±0.00 <sup>a</sup>
Behenik asit		C22:0	0.13±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>b</sup>
Lignoserik asit		C24:0	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>
Laurik asit		C12:0	0.03±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>
Tridekanoik asit		C13:0	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>
Miristik asit		C14:0	2.23±0.01 <sup>a</sup>	2.13±0.00 <sup>b</sup>	2.14±0.00 <sup>b</sup>
Heneikosanoik asit		C21:0	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	*
Trikosanoik asit		C23:0	0.01±0.00 <sup>a</sup>	*	0.02±0.00 <sup>b</sup>
		<b>ΣSAFA</b>	<b>22.28±0.11</b>	<b>21.96±0.00</b>	<b>22.00±0.00</b>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

\*Tespit edilemedi.

Taze alabalık kıymasının toplam doymuş yağ asitleri miktarı, %22.28±0.11, dondurarak kurutulmuş kıymada %21.96±0.00 ve rehidre edilmiş kıymada ise %22.00±0.00 olarak tespit edilmiştir. En yüksek SAFA miktarı tüm gruplarda palmitik asit (C16:0) olarak ölçülmüş ve taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında sırasıyla; %14.79±0.08, %14.32±0.00 ve %14.27±0.00 olarak belirlenmiştir. En düşük SAFA değerleri ise, taze alabalık kıymasında tridekanoik asit(C13:0) (%0.01±0.00) ve trikosanoik asit (C23:0) (%0.01±0.00) olarak tespit edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş kıymada Tridekanoik asit ve Heneikosanoik asit %0.01±0.00, rehidre edilmiş kıymada ise Tridekanoik asit %0.01±0.00 oranlarıyla en düşük SAFA değerlerini temsil etmiştir.





**Şekil 7.5.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) miktarları (%)

### 7.5.2. Toplam Tekli Doymamış Yağ Asitleri (MUFA) Bulguları

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait toplam tekli doymamış yağ asidi değerleri Çizelge 7.5.2.1 ve Şekil 7.5.2.1’de gösterilmiştir.

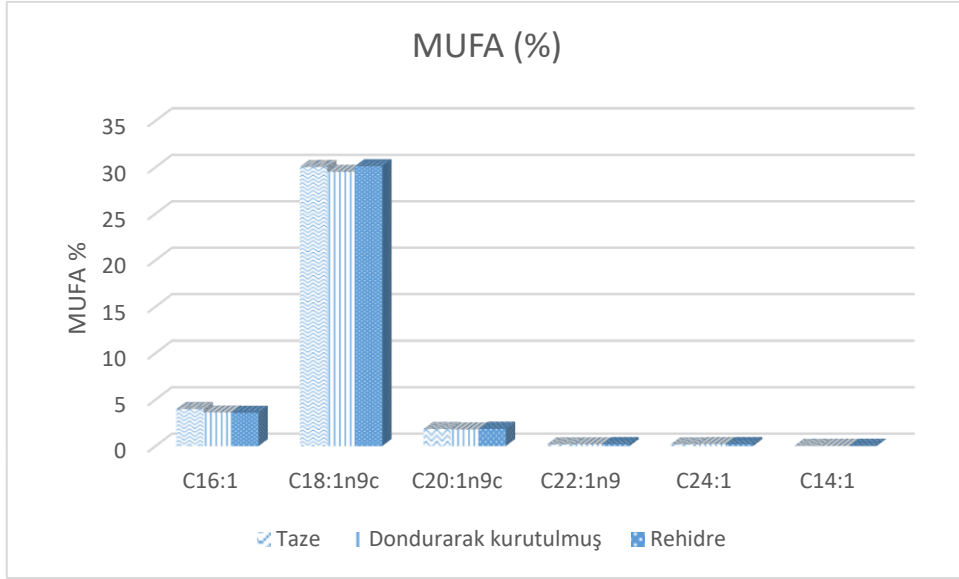
**Çizelge 7.5.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarları (%)

Tekli doymamış yağ asitleri (%)	Kimyasal yapı	Örnek Grupları		
		Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Palmitoleik asit	C16:1	3.98±0.00 <sup>a</sup>	3.61±0.00 <sup>b</sup>	3.58±0.00 <sup>c</sup>
Oleik asit	C18:1 n-9	30.02±0.02 <sup>a</sup>	29.51±0.01 <sup>b</sup>	30.09±0.00 <sup>a</sup>
Eikosenoik asit	C20:1 n-9	1.83±0.01 <sup>a</sup>	1.78±0.00 <sup>b</sup>	1.86±0.00 <sup>a</sup>
Erusik asit	C22:1 n-9	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.19±0.01 <sup>a</sup>	0.21±0.00 <sup>a</sup>
Nervonik asit	C24:1	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.21±0.00 <sup>b</sup>	0.21±0.00 <sup>b</sup>
Miristoleik asit	C14:1	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>
	<b>ΣMUFA</b>	<b>36.24±0.03</b>	<b>35.33±0.02</b>	<b>35.98±0.00</b>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) taze alabalık kıymasında %36.24±0.03, dondurarak kurutulmuş kıymada %35.33±0.02 ve rehidre kıymada ise, %35.98±0.00 olarak tespit edilmiştir. En yüksek tekli doymamış yağ asidi taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında sırasıyla; %30.02±0.02,

%29.51±0.01 ve %30.09±0.00 deęerleri ile oleik asit (C18:1 n-9) iken, en dūřuk miristoleik asit (C14:1) olup, her uę grupta da %0.03±0.00 olarak belirlenmiřtir.



**şekil 7.5.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarları (%)

### 7.5.3. Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (PUFA) Bulguları

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait, toplam çoklu doymamış yağ asidi değerleri Çizelge 7.5.3.1 ve Şekil 7.5.3.1’de gösterilmiştir.

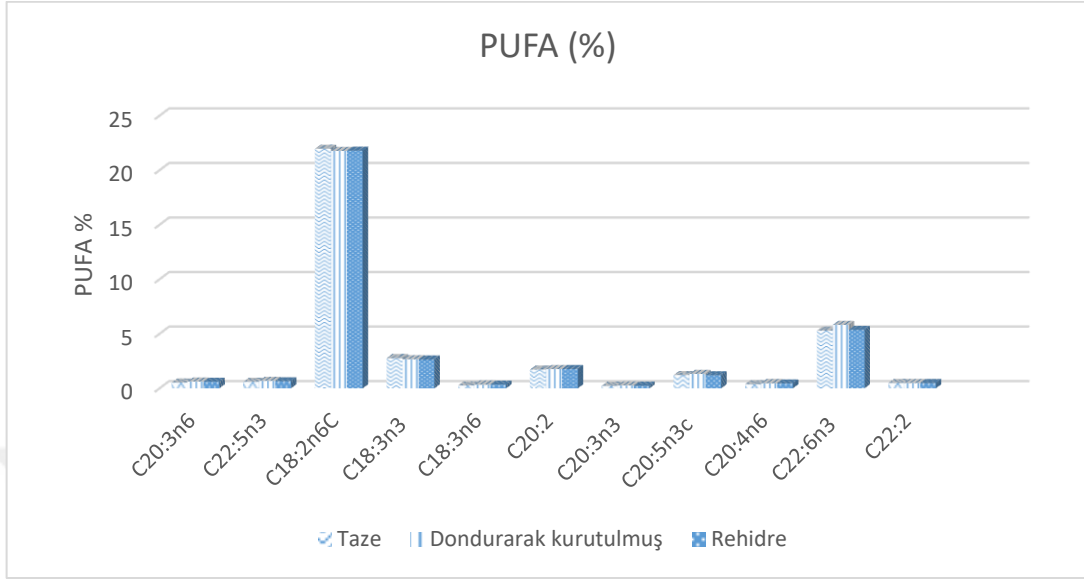
**Çizelge 7.5.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarları (%)

Çoklu doymamış yağ asitleri (%)	Kimyasal yapı	Taze	Örnek Grupları	
			Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Eikosatrienoik asit	C20:3 n-6	0.52±0.00 <sup>a</sup>	0.61±0.00 <sup>b</sup>	0.60±0.00 <sup>b</sup>
Dokosapentaenoik asit	C22:5 n-3	0.59±0.00 <sup>a</sup>	0.68±0.00 <sup>b</sup>	0.64±0.00 <sup>c</sup>
Linoleik asit	C18:2 n-6 (omega-6)	21.96±0.01 <sup>a</sup>	21.77±0.03 <sup>b</sup>	21.79±0.00 <sup>b</sup>
Linolenik asit	C18:3 n-3 (omega-3)	2.76±0.01 <sup>a</sup>	2.66±0.00 <sup>b</sup>	2.63±0.00 <sup>b</sup>
g-linolenik asit	C18:3 n-6	0.27±0.00 <sup>a</sup>	0.34±0.00 <sup>b</sup>	0.32±0.00 <sup>c</sup>
Eikosadienoik asit	C20:2	1.72±0.00 <sup>a</sup>	1.76±0.00 <sup>b</sup>	1.76±0.00 <sup>b</sup>
Eikosatrienoik asit	C20:3 n-3 (omega-3)	0.23±0.00 <sup>a</sup>	0.26±0.00 <sup>b</sup>	0.23±0.00 <sup>a</sup>
Eikosapentanoik asit	C20:5 n-3 (EPA, omega-3)	1.20±0.00 <sup>a</sup>	1.31±0.01 <sup>b</sup>	1.19±0.00 <sup>a</sup>
Araşidonoik asit	C20:4 n-6	0.38±0.00 <sup>a</sup>	0.47±0.00 <sup>b</sup>	0.44±0.00 <sup>c</sup>
Dokosahegzanoik asit	C22:6 n-3 (DHA, omega-3)	5.28±0.04 <sup>a</sup>	5.81±0.01 <sup>b</sup>	5.35±0.00 <sup>a</sup>
Dokosadienoik asit	C22:2	0.49±0.01 <sup>a</sup>	0.49±0.00 <sup>a</sup>	0.47±0.00 <sup>a</sup>
	<b>ΣPUFA</b>	<b>35.40±0.07</b>	<b>36.16±0.05</b>	<b>35.42±0.00</b>
	<b>Σω-3</b>	<b>10.06±0.92</b>	<b>10.72±0.89</b>	<b>10.04±0.83</b>
	<b>Σω-6</b>	<b>23.13±5.39</b>	<b>23.19±4.61</b>	<b>23.15±4.61</b>
	<b>ω-3/ ω-6</b>	<b>0.43±0.17</b>	<b>0.46±0.19</b>	<b>0.43±0.18</b>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarları sırasıyla; %35.40±0.07, %36.16±0.05 ve %35.42±0.00 olarak belirlenmiştir. Tüm örnek gruplarında linoleik asit (C18:2 n-6, omega-6) belirlenen diğer yağ asitlerine göre en yüksek oranda tespit edilirken, (taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında sırasıyla; %21.96±0.01, %21.77±0.03 ve %21.79±0.00) en düşük oranda ise, eikosatrienoik asit

(C20:3 n-3, omega-3) (taze,dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında sırasıyla; %0.23±0.00, %0.26±0.00 ve %0.23±0.00) belirlenmiştir.



**Şekil 7.5.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) miktarları (%)

## 7.6. Vitamin Analizleri Bulguları

### 7.6.1. D Vitamini

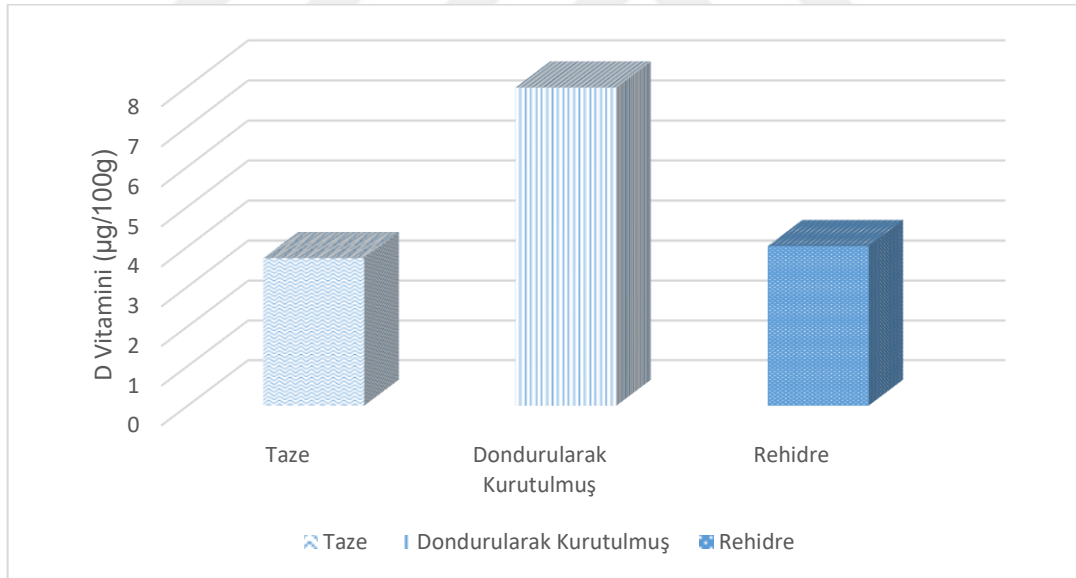
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait D vitamini değerleri Çizelge 7.6.1.1. ve Şekil 7.6.1.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.6.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının D vitamini değerleri ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )

	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
D vitamini ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )	$3.71\pm 0.04^a$	$7.97\pm 0.03^b$	$4.01\pm 0.00^a$

Sonuçlar ( $X\pm SH$ ) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $p<0.05$ ).

Taze alabalık kıymasında D vitamini  $3.71\pm 0.04\ \mu\text{g}/100\text{ g}$ , dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında  $7.97\pm 0.03\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  ve rehidre edilen kıymada  $4.01\pm 0.00\ \mu\text{g}/100\text{ g}$  olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 7.6.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının D vitamini değerleri ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )

### 7.6.2. E Vitamini

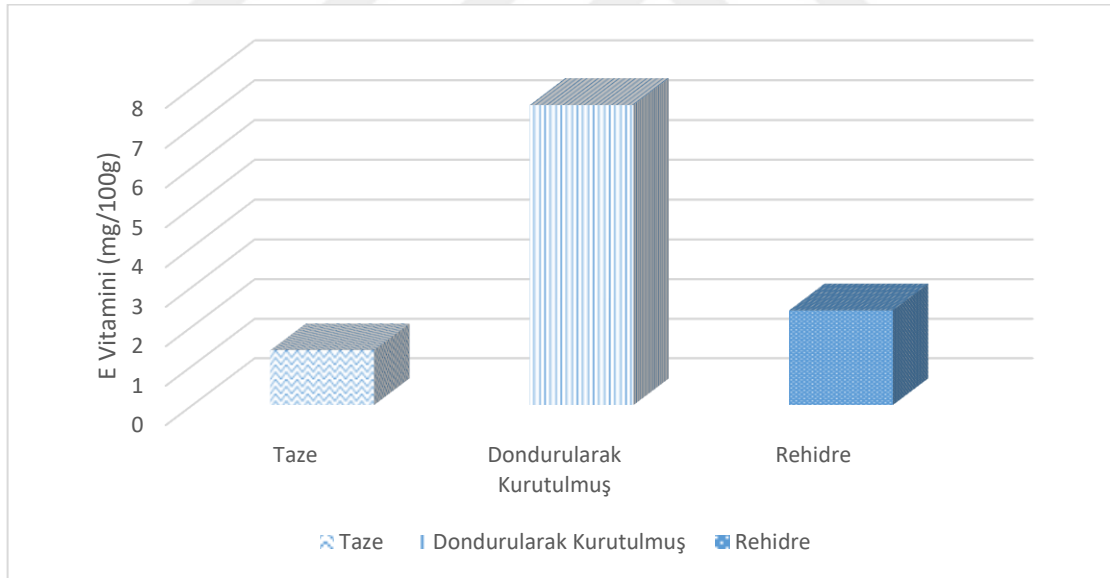
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait E vitamini değerleri Çizelge 7.6.2.1. ve Şekil 7.6.2.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.6.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının E vitamini değerleri (mg/100 g)

	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
<b>E vitamini (mg/100 g)</b>	1.39±0.00 <sup>a</sup>	7.56±0.10 <sup>c</sup>	2.40±0.05 <sup>b</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında E vitamini 1.39±0.00 mg/100 g, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 7.56±0.10 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilen örnekte bu değer 2.40±0.05 mg/100 g olarak ölçülmüştür.



**Şekil 7.6.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının E vitamini değerleri (mg/100 g)

### 7.6.3. B1 Vitamini

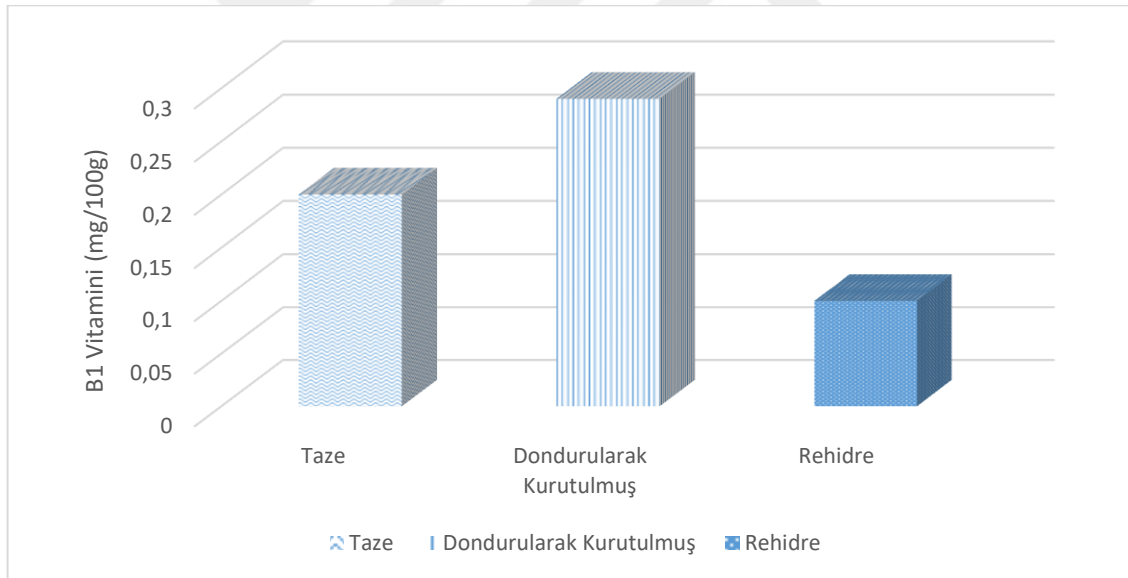
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait B1 vitamini değerleri Çizelge 7.6.3.1. ve Şekil 7.6.3.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.6.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının B1 vitamini değerleri (mg/100 g)

	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
<b>B1 vitamini (mg/100 g)</b>	0.20±0.01 <sup>b</sup>	0.29±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>a</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında B1 vitamini 0.20±0.01 mg/100 g, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 0.29±0.00 mg/100 g ve rehidre edilen kıymada 0.1±0.00 mg/100 g olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 7.6.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının B1 vitamini değerleri (mg/100 g)

## 7.7. Mineral Madde Analizleri Bulguları

### 7.7.1. Magnezyum (Mg)

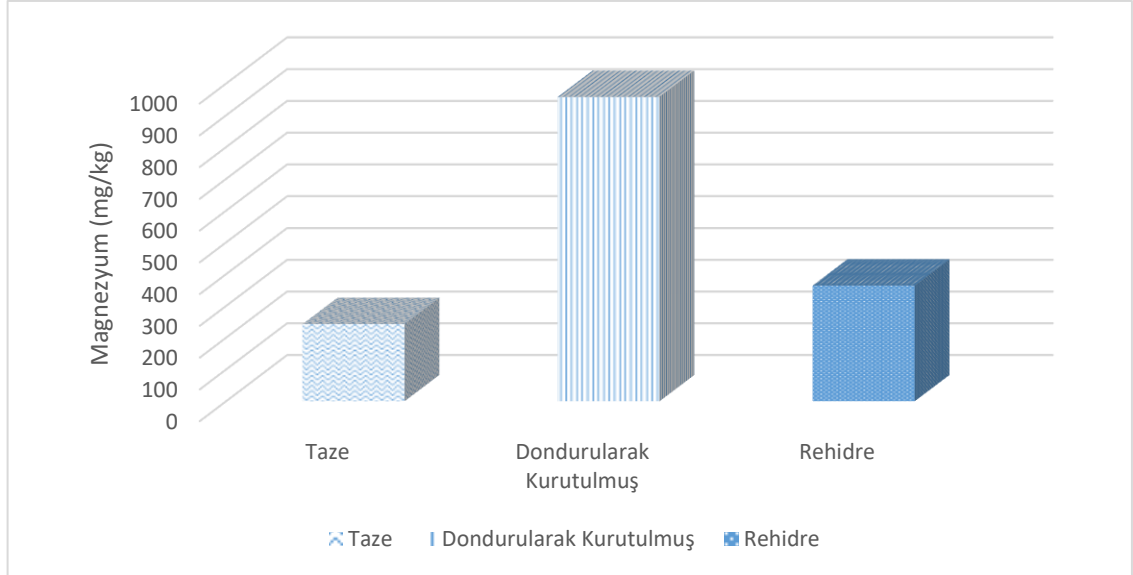
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait magnezyum değerleri Çizelge 7.7.1.1 ve Şekil 7.7.1.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.7.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının magnezyum değerleri (mg/kg)

Örnek Grupları			
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Magnezyum(mg/kg)	242.90±0.98 <sup>a</sup>	957.75±18.98 <sup>c</sup>	364.00±1.83 <sup>b</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında magnezyum değeri 242.90±0.98 mg/kg, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 957.75±18.98 mg/kg ve rehidre edilen kıymada 364.00±1.83 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 7.7.1.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının magnezyum değerleri (mg/kg)



### 7.7.2. Sodyum (Na)

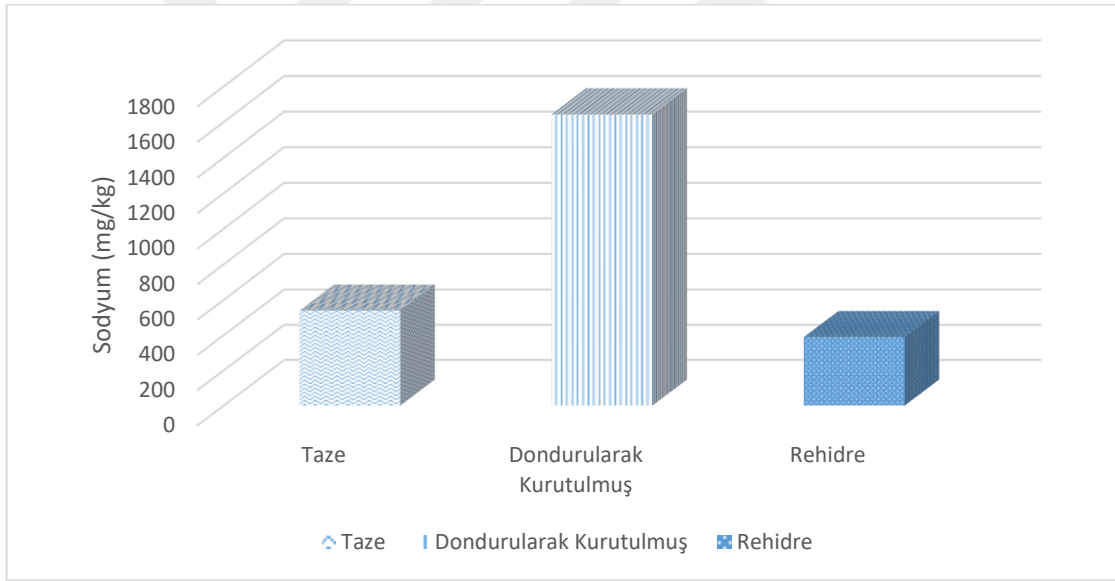
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait sodyum değerleri Çizelge 7.7.2.1 ve Şekil 7.7.2.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.7.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının sodyum değerleri (mg/kg)

	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Sodyum(mg/kg)	538.85±9.72 <sup>b</sup>	1642.50±3.18 <sup>c</sup>	388.70±5.58 <sup>a</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında sodyum miktarı 538.85±9.72 mg/kg, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 1642.50±3.18 mg/kg ve rehidre edilen kıymada 388.70±5.58 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 7.7.2.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının sodyum değerleri (mg/kg)

### 7.7.3. Kalsiyum (Ca)

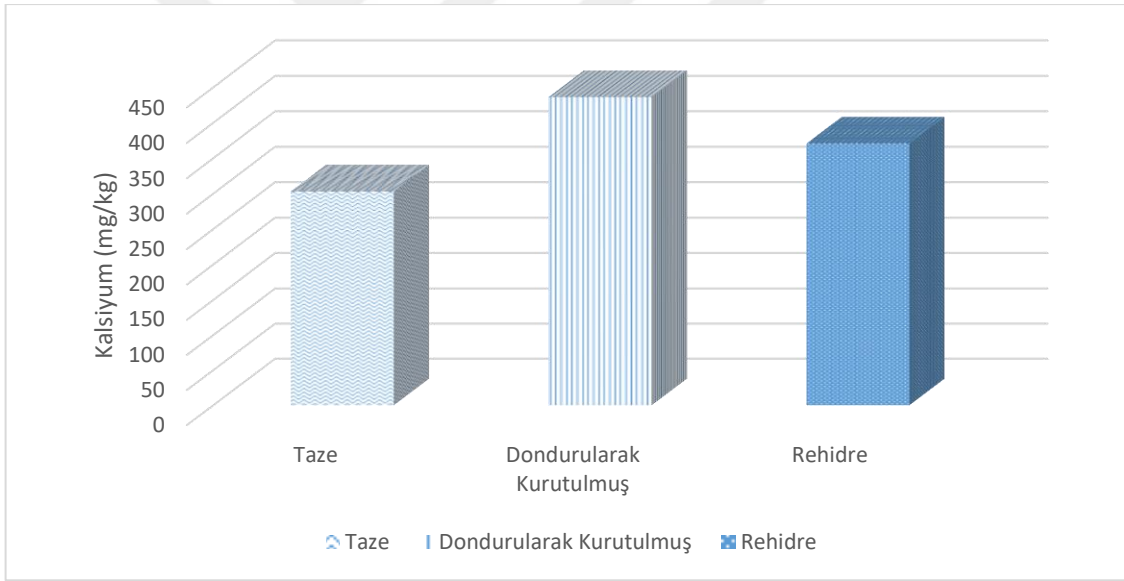
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait kalsiyum değerleri Çizelge 7.7.3.1 ve Şekil 7.7.3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.7.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının kalsiyum değerleri (mg/kg)

	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
<b>Kalsiyum (mg/kg)</b>	303±2.12 <sup>a</sup>	436±11.31 <sup>c</sup>	370±2.47 <sup>b</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında kalsiyum değeri 303±2.12 mg/kg, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 436±11.31 mg/kg ve rehidre edilen kıymada 370±2.47 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 7.7.3.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının kalsiyum değerleri (mg/kg)

#### 7.7.4. Fosfor (P)

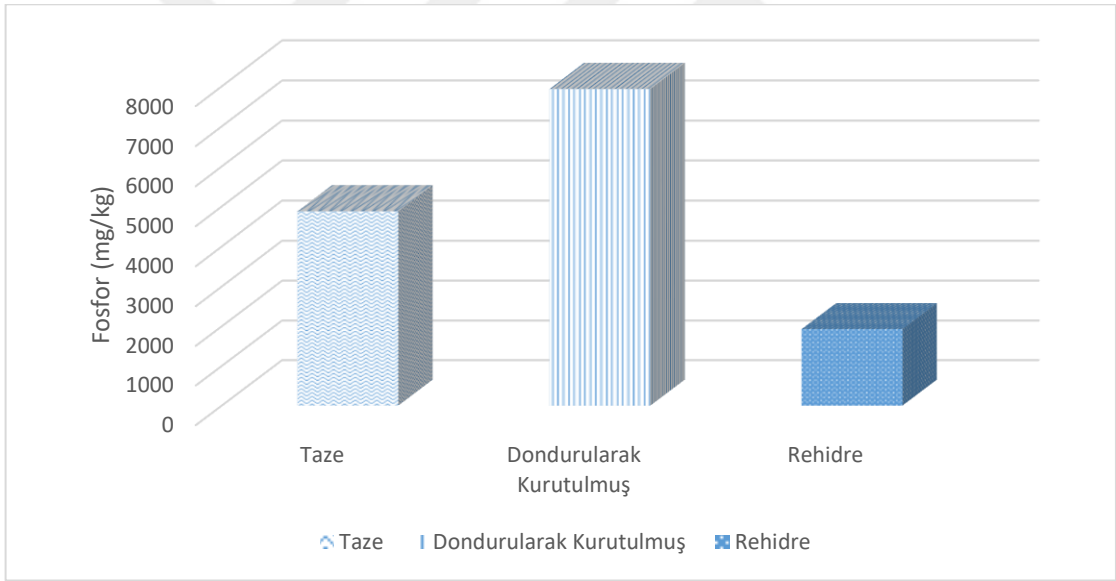
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait fosfor değerleri Çizelge 7.7.4.1 ve Şekil 7.7.4.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.7.4.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının fosfor değerleri (mg/kg)

Örnek Grupları			
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
Fosfor (mg/kg)	4878±1.06 <sup>b</sup>	7932±58.68 <sup>c</sup>	1928±26.51 <sup>a</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında fosfor değeri 4878±1.06 mg/kg, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 7932±58.68 mg/kg ve rehidre edilen kıymada 1928±26.51 mg/kg olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 7.7.4.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının fosfor değerleri (mg/kg)

## 7.8. Su Aktivitesi (aw) Analizi Bulguları

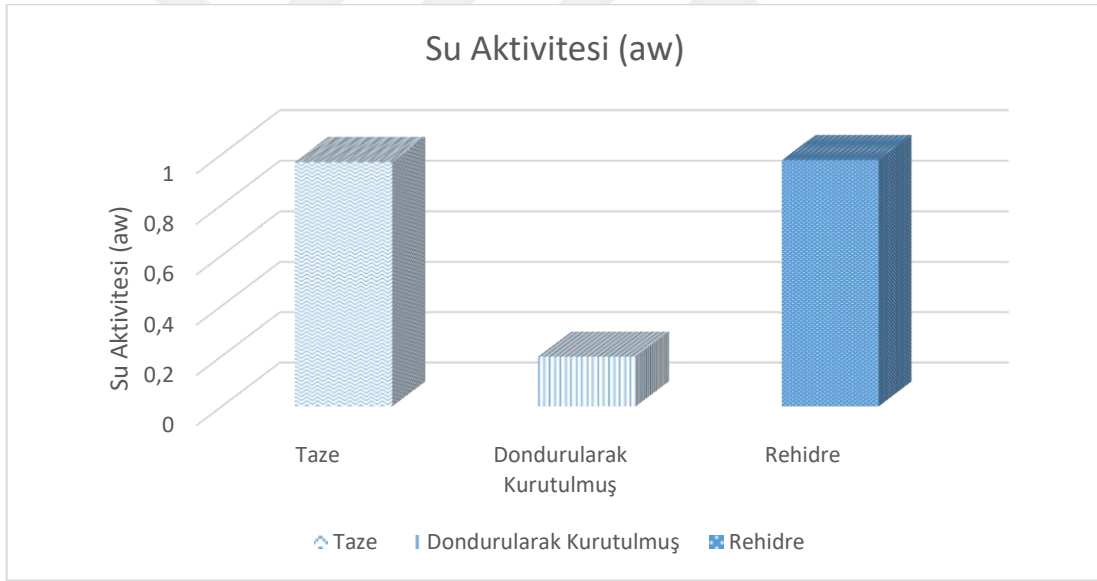
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait su aktivitesi değerleri Çizelge 7.8.1 ve Şekil 7.8.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.8.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının su aktivitesi değerleri

	Örnek Grupları		
	Taze	Dondurarak kurutulmuş	Rehidre
<b>Su aktivitesi (aw)</b>	0.96±0.00 <sup>b</sup>	0.19±0.02 <sup>a</sup>	0.97±0.00 <sup>b</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında 0.96±0.00 olarak belirlenen su aktivitesi değeri, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 0.19±0.02 değerine düşmüştür. Bu değer rehidre edilen kıymada 0.97±0.00 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 7.8.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının su aktivitesi değerleri

### 7.9. Renk Ölçüm Analizleri Bulguları

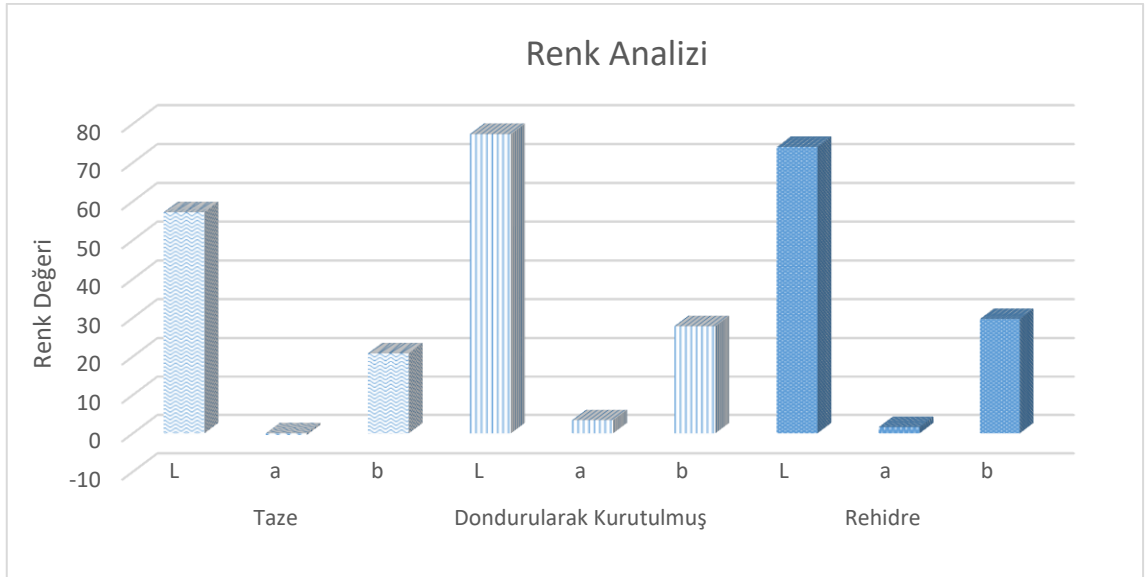
Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait renk değerleri Çizelge 7.9.1 ve Şekil 7.9.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.9.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının renk değerleri

Örnek Grupları	Renk		
	L	a	b
Taze	57.16±0.20 <sup>a</sup>	-0.46±0.23 <sup>a</sup>	20.79±0.36 <sup>a</sup>
Dondurarak kurutulmuş	77.34±0.72 <sup>b</sup>	3.41±0.21 <sup>c</sup>	27.79±0.68 <sup>b</sup>
Rehidre	74.00±1.41 <sup>b</sup>	1.63±0.37 <sup>b</sup>	29.64±0.36 <sup>b</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Taze alabalık kıymasında L değeri 57.16±0.20 olarak belirlenirken, bu değer dondurarak kurutulmuş kıymada 77.34±0.72 değerine yükselmiştir. Rehidre işleminden sonra ise, 74.00±1.41 olarak tespit edilmiştir. a değeri taze kıymada -0.46±0.23, dondurarak kurutulmuş kıymada 3.41±0.21 ve rehidre edilmiş kıymada 1.63±0.37 olarak ölçülmüştür. Taze alabalık kıyası, dondurarak kurutulmuş kıyma ve rehidre edilmiş kıymanın b değerleri sırasıyla; 20.79±0.36, 27.79±0.68 ve 29.64±0.36 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 7.9.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının renk değerleri

### 7.10. Tekstür Profil Analizleri (TPA) Bulguları

Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait tekstür profil analizi değerleri Çizelge 7.10.1 ve Şekil 7.10.1'de gösterilmiştir.

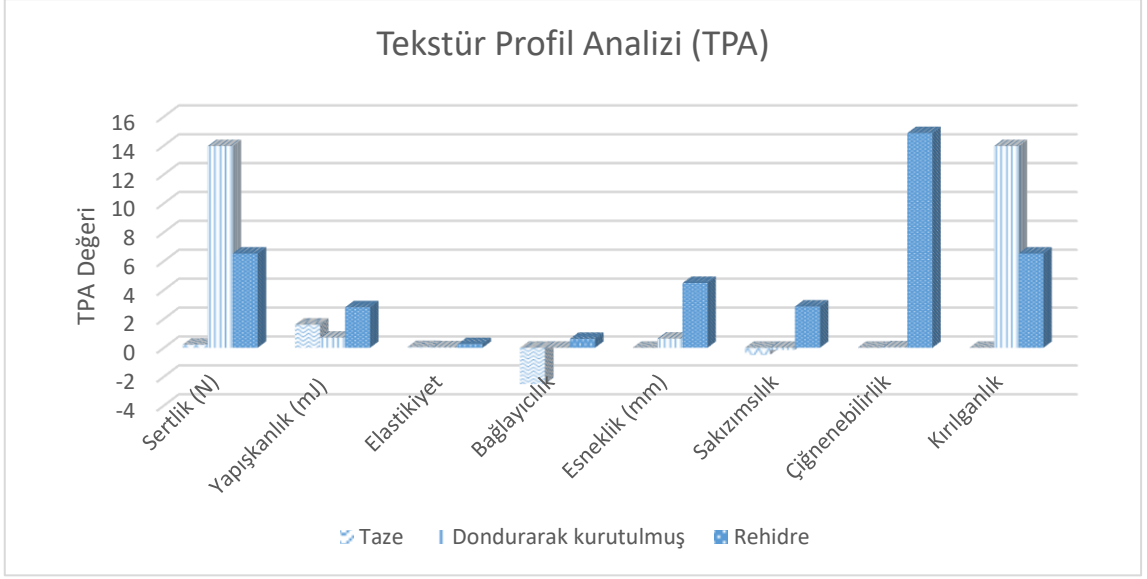
Çizelge 7.10.1. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının tekstür profil analizi değerleri

Örnek Grupları	Tekstür Profili							
	Sertlik (N)	Yapışkanlık (mj)	Elastikiyet	Bağlayıcılık	Esneklik (mm)	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Kırılgenlik
Taze	0.21±0.03 <sup>a</sup>	1.60±0.16 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>a</sup>	-2.51±0.43 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	-0.49±0.04 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	-
Dondurarak kurutulmuş	13.96±1.17 <sup>c</sup>	0.70±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.64±0.02 <sup>a</sup>	-0.14±0.24 <sup>a</sup>	0.03±0.07 <sup>a</sup>	13.96±1.17 <sup>b</sup>
Rehidre	6.52±0.75 <sup>b</sup>	2.80±1.54 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>b</sup>	0.62±0.02 <sup>b</sup>	4.48±0.32 <sup>b</sup>	2.85±0.09 <sup>b</sup>	14.86±1.24 <sup>b</sup>	6.52±0.75 <sup>a</sup>

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir. Farklı harflerle gösterilen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

(-) Analiz edilmedi.

Taze alabalık kıymasının sertlik değeri  $0.21\pm 0.03$  iken, dondurarak kurutulduktan sonra bu değer  $13.96\pm 1.17$ 'ye yükseldiği görülmüştür. Dondurarak kurutulmuş kıymanın rehidrasyonu sonrası ise, sertlik değeri,  $6.52\pm 0.75$  olarak tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Yapışkanlık değeri taze balıktan elde edilen kıymada,  $1.60\pm 0.16$  olarak belirlenirken, dondurarak kurutmadan sonra  $0.70\pm 0.00$  'ye düşmüştür. Rehidre işleminden sonra ise,  $2.80\pm 1.54$  olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). Elastikiyet değerleri taze ve dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında sırasıyla;  $0.05\pm 0.00$  ve  $0.03\pm 0.01$  olarak ölçülürken, rehidre edilmiş kıymada  $0.25\pm 0.01$ 'e yükselmiştir ( $p<0.05$ ). Taze balıktan elde edilen kıymada bağlayıcılık değeri  $-2.51\pm 0.43$ , dondurarak kurutulmuş örnekte  $0.01\pm 0.00$  ve rehidre örnekte ise  $0.62\pm 0.02$  olarak belirlenmiştir. Taze alabalığın bağlayıcılık değeri, diğer gruplara göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Taze alabalık kıymasında esneklik değeri 0 olarak tespit edilirken, bu değer dondurarak kurutulmuş ve rehidre kıymada sırasıyla;  $0.64\pm 0.02$  ve  $4.48\pm 0.32$  olarak belirlenmiştir. Rehidre alabalık kıymasının esneklik değeri diğer gruplara göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sakızimsılık değeri taze alabalık kıymasında  $-0.49\pm 0.04$ , dondurarak kurutulmuş kıymada  $-0.14\pm 0.24$  olarak belirlenirken, bu değer rehidre edilmiş kıymada  $2.85\pm 0.09$ 'a yükselmiştir. Rehidre alabalık kıymasının sakızimsılık değeri, diğer gruplara göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Çiğnenebilirlik değeri taze alabalık kıymasında 0 olarak belirlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş kıymada  $0.03\pm 0.07$  ve rehidre kıymada ise  $14.86\pm 1.24$  değerine yükselmiştir. Taze alabalık kıymasında kırılgenlik değerine bakılmamıştır. Dondurarak kurutulmuş kıymanın kırılgenlik değeri  $13.96\pm 1.17$ , rehidre edilmiş kıymanın ise  $6.52\pm 0.75$  olarak tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).



**Şekil 7.10.1.** Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının tekstür profil analizi değerleri



### 7.11. Rehidrasyon Oranı Bulguları

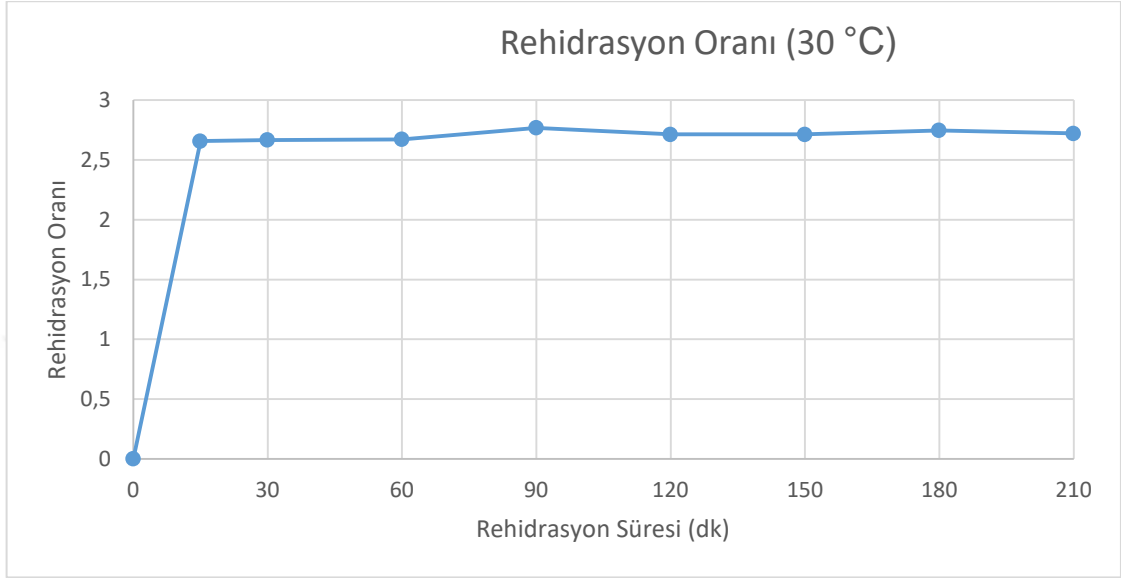
Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 30 °C'de ve 100 °C'deki saf suda yapılan rehidrasyon işlemine ait değerler Çizelge 7.11.1, Şekil 7.11.1 ve Şekil 7.11.2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.11.1.** Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının rehidrasyon oranı değerleri

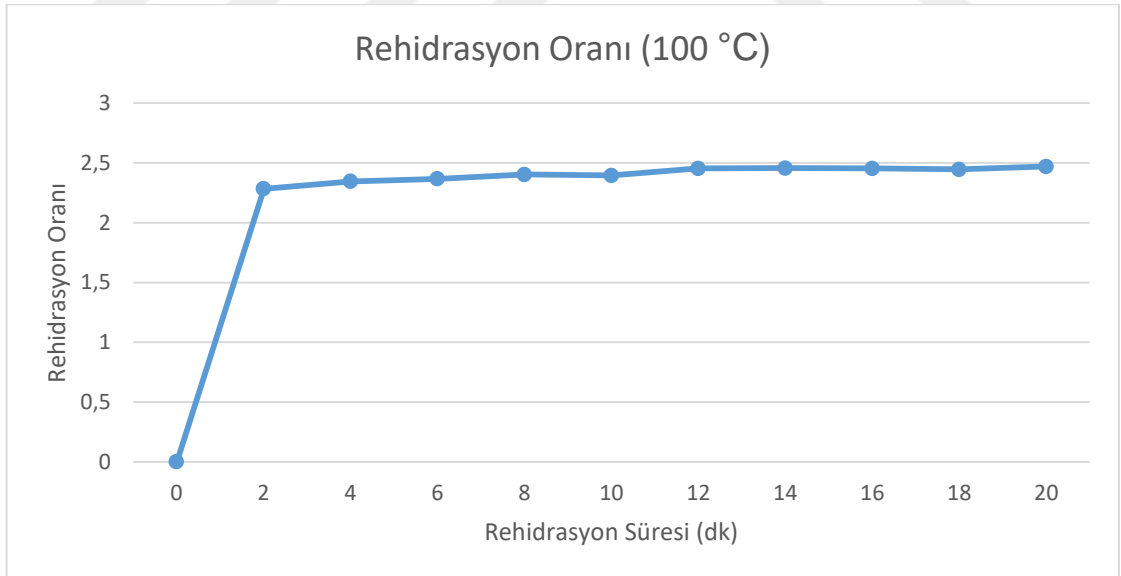
	Sıcaklık										
	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C
<b>Rehidrasyon süresi (dk)</b>	0	15	30	60	90	120	150	180	210		
<b>Rehidrasyon oranı</b>	0	2.65±	2.66±	2.67±	2.76±	2.71±	2.71±	2.74±	2.72±		
		0.07	0.24	0.02	0.13	0.15	0.12	0.20	0.18		
	100°C	100°	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	100°C
		C									
<b>Rehidrasyon süresi (dk)</b>	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
<b>Rehidrasyon oranı</b>	0	2.28±	2.34±	2.36±	2.40±	2.39±	2.45±	2.45±	2.45±	2.44±	2.47±
		0.01	0.16	0.19	0.10	0.09	0.08	0.13	0.10	0.28	0.01

Sonuçlar (X±SH) olarak verilmiştir.

Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 30 °C'deki saf suda yapılan rehidrasyonunda, 15. dakikada rehidrasyon oranı  $2.65 \pm 0.07$  iken, 210. dakikada  $2.72 \pm 0.18$  olarak belirlenmiştir. 100 °C'de yapılan rehidrasyonda ise, rehidrasyon oranı 2. dakikada  $2.28 \pm 0.01$  ve 20. dakikada  $2.47 \pm 0.01$  olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.11.1. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 30 °C'deki rehidrasyon oranı değerleri



Şekil 7.11.2. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 100 °C'deki rehidrasyon oranı değerleri

## 7.12. Duyusal Analiz Bulguları

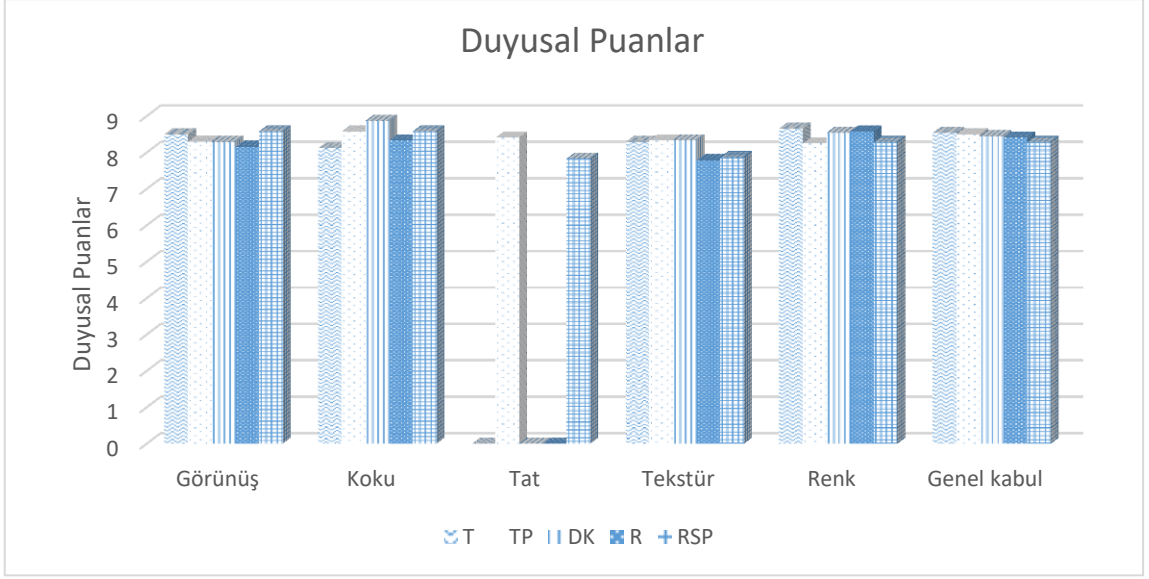
Taze, taze pişmiş, dondurarak kurutulmuş, rehidre edilmiş, rehidre edildikten sonra pişmiş alabalık kıymasının duyusal analiz değerleri Çizelge 7.12.1 ve Şekil 7.12.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.12.1.** Gruplara göre alabalık kıymasının duyusal analiz değerleri

Duyusal Özellikler	Gruplar				
	T	TP	DK	R	RSP
Görünüş	8.50±0.17	8.33±0.43	8.29±0.17	8.16±0.21	8.58±0.18
Koku	8.12±0.41	8.58±0.18	8.87±0.07	8.33±0.24	8.58±0.18
Tat	-	8.41±0.19	-	-	7.83±0.26
Tekstür	8.29±0.29	8.33±0.22	8.33±0.30	7.79±0.36	7.87±0.39
Renk	8.66±0.19	8.25±0.59	8.54±0.17	8.58±0.17	8.29±0.29
Genel kabul edilebilirlik	8.54±0.17	8.50±0.20	8.45±0.17	8.41±0.18	8.29±0.32

Sonuçlar ( $X \pm SH$ ) olarak verilmiştir. T: Taze alabalık kıyması, TP: Taze pişmiş alabalık kıyması, DK: Dondurarak kurutulmuş alabalık kıyması, R: Rehidre edilmiş alabalık kıyması, RSP: Rehidrasyon sonrası pişmiş alabalık kıyması

Görünüş, koku, tat, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik özelliklerine ait duyusal analiz puanları, parametrik olmayan testlerden Friedman testine göre değerlendirilmiştir (Özdamar, 2015). Görünüş, koku, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik değerleri bakımından, gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Bununla beraber tat değerleri, çığ olan gruplar; taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş kıymada değerlendirilmeye alınmamıştır. Taze pişmiş kıyma ile rehidre edildikten sonra pişmiş kıymanın tat değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).



**Şekil 7.12.1.** Gruplara göre alabalık kıymasının duyu analiz değerleri

## 8. TARTIŞMA

Bu çalışma, su ürünleri işleme sektöründe dondurarak kurutma işleminin alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kıymasına uygulanabilirliğinin denenmesi amacıyla yapılmış ve taze alabalık kıyması, dondurarak kurutulmuş alabalık kıyması ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında olmak üzere üç aşamada duyuşal, kimyasal, fiziksel ve besinsel analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan besin kompozisyonu analizleri sonuçlarına göre, taze alabalık kıymasının nem, yağ, protein ve kül oranları sırasıyla; %67.54±0.29, %10.75±0.03, %20.25±0.04 ve %1.38±0.03 olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında nem değeri %2.11±0.01'e düşmüş, yağ değeri %23.53±0.02'e yükselmiştir. Protein ve kül değerleride artış göstererek sırasıyla; %66.41±0.02 ve %5.20±0.05 olarak ölçülmüştür. Dondurarak kurutulmuş ürünün rehidre edilmesiyle elde edilen nem, yağ, protein ve kül değerleri sırasıyla; %50.01±0.00, %14.00±0.06, %34.03±0.59 ve %1.96±0.20 olarak belirlenmiştir.

Rahman ve ark. (2002) çalışmamıza benzer olarak, taze ton balığının (*Thunnus tongol*) nem, protein, yağ ve kül içeriklerini sırasıyla; %72.32, %24.60, %0.31 ve %0.43 olarak belirlemişler, dondurarak kurutulduktan sonra nem değerinin %8.63'e düştüğünü, protein değerinin ise %78.62'ye yükseldiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde yağ ve kül değerleri de artış göstererek sırasıyla; %1.68'e ve %6.19'a yükselmiştir.

Bir başka çalışmada, dondurarak kurutulmuş sardalyaların %71 ham protein, %10 yağ ve %15 kül içerdiği bildirilmiştir. Geleneksel yöntemlerle güneş altında kurutulan sardalyalar ile kıyaslandığında; güneşte kurutulan sardalyaların %50-65 protein, %4-7 yağ ve meydana gelen kum kontaminasyonundan dolayı %20-30 kül içerebildiği belirtilmiştir (Sablani ve ark., 2001).

Sablani ve Kasapis (2006) dondurarak kurutulmuş köpekbalığının (*Rhizoprionodon acutus*) nem, protein, yağ ve kül içeriklerini sırasıyla; %5.5, %89.3, %1.7 ve %3.2 olarak bildirmişlerdir.

Çalışmamızda taze alabalık kıymasına ait %67.54±0.29 nem değeri dondurarak kurutma işleminden sonra ürünün kuruması sebebiyle %2.11±0.01 değerine düşmüştür (p<0.05). Taze alabalık kıymasının yağ değeri %10.75±0.03 değerinden, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında %23.53±0.02 değerine yükselmiştir (p<0.05). Benzer şekilde; taze alabalık kıymasının % protein ve %kül değerleri de, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında artış göstererek sırasıyla; % 20.25±0.04' den %66.41±0.02'e ve %1.38±0.03'den %5.20±0.05'ye yükselmiştir (p<0.05). Dondurarak

kurutulmuş alabalıkta, protein, yağ ve kül değerlerindeki artışın, nem değerinin azalmasıyla meydana gelen oransal bir artış olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda taze alabalık kıymasında  $67.54 \pm 0.29$  olarak belirlenen nem değeri, dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında  $50.01$ 'ye düşmüştür. Teorik olarak, eğer doku yapısının bütünlüğünde istenmeyen etkiler yoksa, kurutma öncesinde ürünün başlangıçtaki nem içeriğinin aynısını absorblaması gerektiği bildirilmiştir (Senadeera ve ark., 2000; Marques ve ark., 2009). Çalışmamızda rehidrasyon sonrası suyun tamamının geri kazanımı mümkün olmamıştır. Bu durumun dondurarak kurutma sırasındaki tekstürel bozulma ile ilişkili olarak, alabalık kıymasının su tutma kapasitesinin kaybıyla meydana gelmiş olabileceği söylenebilir. Connell (1961), et ve balıkta dondurarak kurutma sırasında meydana gelen sertlik (dayanıklılık, katılaşma) özelliğinin, genellikle kasların gerçek su tutma kapasitesinin kaybıyla ilişkili olarak meydana geldiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada su tutma kapasitesinin aktin ve miyosin gibi miyofibriler proteinlerin yeteneğine bağlı olduğu ve bu proteinlerin denaturasyona karşı son derece hassas olduğu belirtilmiştir.

Taze alabalık kıymasının  $10.75 \pm 0.03$  olan yağ değerini incelediğimizde, dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında bu değer  $14.00 \pm 0.06$ 'e yükseldiği görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Benzer şekilde, taze alabalık kıymasının protein değeri  $20.25 \pm 0.04$  olarak belirlenirken, bu değer dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında  $34.03 \pm 0.59$  değerine yükselmiştir ( $p < 0.05$ ). Taze alabalık kıymasının kül değerinin ise, dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında  $1.38 \pm 0.03$ 'den  $1.96 \pm 0.20$ 'ya yükseldiği görülmüştür ( $p > 0.05$ ). Ancak, taze alabalık kıyması ile dondurarak kurutulmuş ve daha sonra rehidre edilmiş olan alabalık kıyması kıyaslandığında; taze alabalık kıymasına ait yağ, protein ve kül değerleri dondurarak kurutma işleminden sonra nem oranının azalmasına bağlı olarak oransal bir artış göstermiş, rehidrasyon işleminden sonra ise, suyun tamamının geri kazanımı mümkün olmadığından, rehidre edilmiş alabalık kıymasına ait yağ, protein ve kül değerlerinin, taze örneğe göre oransal anlamda bir yükselme göstermiş olabileceği söylenebilir.

Çalışmamızda dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının nem değeri  $2.11 \pm 0.01$  olarak belirlenirken, bu değer rehidrasyon işleminden sonra  $50.01 \pm 0.00$  değerine yükselmiştir ( $p < 0.05$ ). Yağ değeri ise, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında  $23.53 \pm 0.02$  iken, rehidrasyon işleminden sonra  $14.00 \pm 0.06$  değerine düşmüştür ( $p < 0.05$ ). Dondurarak kurutulmuş üründe  $66.41 \pm 0.02$  olan protein değeri,

ürünün rehidrasyonundan sonra  $34.03 \pm 0.59$  değeri ile azalma göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Benzer şekilde; dondurarak kurutulmuş üründe  $5.20 \pm 0.05$  olan kül değeri, rehidrasyon işleminden sonra  $1.96 \pm 0.20$  değerine düşmüştür ( $p < 0.05$ ).

Çalışmamızda dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş alabalık kıymasının protein değerleri arasındaki farkın,  $100^\circ\text{C}$ 'deki saf suda uygulanan rehidrasyon işleminin etkisinden kaynaklanabileceği ve proteinlerin denatüre olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Giraldo ve ark., (2006) rehidrasyon işleminin gıdanın dokusunda yapısal ve bileşimsel değişiklikler oluşturabileceğini bildirmişlerdir. Bununla beraber; rehidrasyon işlemiyle artan nem oranının, yağ, protein ve kül değerlerini oransal olarak etkilediği söylenebilir. Literatürde rehidrasyon oranının hesaplandığı birçok çalışma mevcut olup, (Eikevik ve ark., 2005; Duan ve ark., 2010; Kobayashi, 1969) taze ve dondurarak kurutulmuş çeşitli su ürünlerinin besin kompozisyonlarının kıyaslandığı çalışmalarda mevcuttur (Rahman ve ark., 2002; Ramya ve ark., 2015). Ancak çalışmamıza benzer olarak taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidrasyondan sonra besin değerlerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Peroksit ve tiyobarbitürik asit değerleri (TBA) oksidatif acılaşmanın en önemli kimyasal belirleyicilerindendir (Melton, 1983; Rossell, 1989). TBA değeri yağ oksidasyonunun ikincil ürünlerini belirler. TBA aldehitlerin temsilcisi olarak malonaldehitleri oluşturmaktadır (Rahman ve ark., 2009). İyi kalite bir materyalde TBA değeri maksimum 5 mg malonaldehit/kg iken, tüketilebilirlik sınır değeri 8 mg malonaldehit/kg olarak bildirilmiştir (Schormüller, 1969). Bununla beraber Fuchs ve ark., (2015) su ürünlerinin oksidasyon seviyeleri ile ilgili mevcut bir mevzuat bulunmadığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda TBA değerleri taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasının her üçünde de oldukça düşük miktarlarda tespit edilmiştir. Taze alabalık kıymasında TBA değeri  $0.00 \pm 0.00$  mg malonaldehit/kg, dondurarak kurutulmuş kıymada  $0.17 \pm 0.00$  mg malonaldehit/kg ve rehidre edilmiş kıymada ise  $0.03 \pm 0.00$  mg malonaldehit/kg olarak ölçülmüştür ( $p < 0.05$ ).

Literatürde dondurarak kurutulmuş balık ürünlerinin oksidasyonunun değerlendirildiği çok az sayıda çalışma mevcuttur. Fuchs ve ark., (2015) dondurarak kurutulmuş nil tilapyası kroketlerinin TBA değerini, kontrol grubunda 0. günde  $0.08 \text{ mg MDA kg}^{-1}$ , 240 günlük depolama sonrasında ise  $0.38 \text{ MDA kg}^{-1}$  olarak tespit etmişlerdir. Ketan tohumu unu kullanılarak yapılan kroketlerde ise, TBA değeri 0.

günde 0.11 MDA  $\text{kg}^{-1}$  ve 240 günlük depolama sonunda 0.40 MDA  $\text{kg}^{-1}$  olarak bildirilmiştir.

Koizumi ve ark., (1978) dondurarak kurutulmuş iri göz orkinos (*Thunnus obesus*) ve pisi balığının (*Hippoglossus stenolepis*) farklı nem oranlarında lipid bozulmalarını incelemişlerdir. Buna göre; 19 günlük depolama süresince iri göz orkinos balığının %0 ve %11 nisbi nem oranlarında TBA değerinin arttığı, %52 ve %71 nem oranlarında ise değişmediği gözlenmiştir. Benzer şekilde pisi balığında da düşük nem oranlarında TBA değerinin arttığı, ancak TBA artış oranının orkinos balığına göre daha yavaş olduğu bildirilmiştir.

Bir başka çalışmada, istavrit balığı (*Trachurus trachurus*) kullanılarak üretilen dondurarak kurutulmuş gıda ürününe doğal antioksidanların etkisi araştırılmıştır. Çalışmada A grubu (antioksidan eklenmemiş kontrol), B grubu (Vitamin E, Vitamin C, Sitrik asit), C grubu (Vitamin E, Vitamin C, Sitrik asit, biberiye) ve D grubu (Biberiye) olmak üzere dört grup oluşturulmuştur. 12 haftalık depolama süresince her dört grupta da TBA değerinin 100  $\mu\text{g}^{-1}$  malonaldehit civarında sabit kaldığı tespit edilirken, depolamanın 16. haftasında kontrol grubunun 600  $\mu\text{g}^{-1}$  malonaldehit civarına yükseldiği bildirilmiştir (Sarkardei ve Howell, 2008).

pH değerinin taze balık eti için 6.0-6.5 arasında, tüketilebilirlik sınır değerinin ise, 6.8-7.0 arasında olabileceği bildirilmektedir. Ayrıca taze balıkta pH'nın nötr olduğu, ölümden sonra laktik asit oluşumu ile önce azaldığı ve bozulmanın başlamasıyla tekrar yükseldiği belirtilmektedir (Varlık ve ark., 1993; Bilgin ve ark., 2007).

Çalışmamızda pH değeri taze alabalık kıymasında  $6.40 \pm 0.00$ , dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında  $6.47 \pm 0.04$  ve rehidre edilmiş alabalık kıymasında ise  $6.27 \pm 0.02$  olarak ölçülmüştür. Patır ve ark., (2015) taze alabalığın (*Oncorhynchus mykiss*) pH değerini 5.77 olarak; Berik ve ark., (2011) 6.77 olarak; Oğuzhan ve Angiş (2012) 6.31 olarak; İnanlı ve ark., (2011) 6.81 olarak bildirmişlerdir. Sonuçların çalışmamızdaki taze alabalık değerleri ile paralellik gösterdiği söylenebilir.

pH değerlerine bakıldığında, taze alabalık kıyması ile dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının pH değerleri birbirlerine oldukça yakın değerlerde belirlenmiştir, dolayısıyla dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının dondurarak kurutma işleminden çok fazla etkilenmediği söylenebilir ( $p > 0.05$ ). Dondurarak kurutulmuş kıymanın pH değerinin rehidrasyon işleminden sonra düştüğü gözlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş su ürünleri ile ilgili pH değerinin değerlendirildiği çalışmalara



rastlanmamıştır. Bununla beraber; Shaviklo ve ark., (2012) kömür balığından (*Pollachius virens*) elde edilen dondurarak kurutulmuş balık proteininin özelliklerini inceledikleri çalışmada, taze kömür balığı kıymasının pH değerini 6.7, protein izolatının pH değerini ise, 5.7 olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada dondurarak kurutulan balık kıymasının pH değeri 6.7, protein izolatının pH değeri ise, 5.5 olarak bildirilmiştir.

Aminoasit değerlerinin taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasında incelendiği çalışmamızda, taze alabalık kıymasının en yüksek oranda içerdiği aminoasitin, esansiyel aminoasitlerden lizin (2.81 g/100 g) olduğu tespit edilmiştir. Dondurarak kurutma işleminden sonra ise, diğer aminoasitlere göre en yüksek oranda lösin (6.53 g/100 g) saptanmıştır. Rehidrasyon işleminden sonra, lösin miktarı dondurarak kurutulmuş ürüne göre azalma gösterse de (3.12 g/100 g), tüm aminoasitler içerisinde en yüksek oranda lösin aminoasidi belirlenmiştir. Taze alabalık kıymasında tespit edilen tüm aminoasitler, dondurarak kurutma işleminden sonra artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasındaki tüm aminoasit değerlerinde ise, rehidrasyon işleminden sonra azalma görülmüştür ( $p<0.05$ ). Bu durumun, ürünün taze formda iken, dondurarak kurutma ile birlikte su kaybetmesi ve daha sonra rehidrasyon işlemine tabi tutulması ile ilgili olarak tekrar su absorblamasıyla meydana gelen oransal artış ve azalışlar olduğu söylenebilir.

Esansiyel aminoasitlerin esansiyel olmayan aminoasitlere oranı taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasında sırasıyla;  $1.07\pm 0.06$ ,  $1.28\pm 0.05$ ,  $1.21\pm 1.16$  olarak bulunmuştur.

Berik ve ark., (2011) taze alabalığın toplam aminoasit miktarını 16.50 g/100 g olarak bildirmişlerdir. Bu değer çalışmamızda taze alabalık kıyasması için 18.09 g/100 g olarak belirlenen toplam aminoasit miktarına benzerlik gösterdiği söylenebilir. Aynı çalışmadaki alabalık etinin aminoasitlerine bakıldığında, iz miktarda tespit edilen aminoasitler haricinde diğer aminoasitlerle (Alanin: 1.04g/100g; Aspartik asit: 1.73g/100g; Glutamik asit: 2.43g/100g; Metiyonin: 0.70g/100g; Fenilalanin: 0.72g/100g; Lizin: 1.62g/100g; Lösin: 1.40g/100g; İzölösin: 0.72 g/100g) çalışmamızdaki aminoasit değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Bir başka çalışmada alabalık filetolarının aminoasit içerikleri incelenmiş (Alanin: 3.51 g/16 g N; Aspartik asit: 9.31g/16 g N; Metiyonin: 2.43 g/16 g N; Glutamik asit: 8.02 g/16 g N; Fenilalanin: 3.57 g/16 g N; Lizin: 8.03g/16 g N; Histidin: 2.03 g/16 g N; Tirozin: 2.15 g/16 g N; Glisin: 4.23 g/16 g N; Valin: 3.90 g/16 g N;

Lösin: 6.50 g/16 g N; İzölösin: 3.27g/16 g N; Treonin: 4.09g/16 g N; Serin: 5.22 g/16 g N; Prolin: 3.41 g/16 g N; Arjinin: 5.06 g/16 g N) ve çalışmamızda tespit ettiğimiz 16 adet aminoasit değeri söz konusu çalışmaya göre, değişen oranlarda belirlenmiştir. Esansiyel aminoasitlerin esansiyel olmayanlara oranı 0.79 olarak bildirilmiştir (Tokur ve ark., 2006).

Özden (2005), alabalıkta 16 adet aminoasit değerini çalışmamızla benzer şekilde tespit etmiş ve toplam aminoasit miktarını 14.95 g/100 g olarak bildirmiştir.

Çalışmamızda dondurarak kurutma işleminden sonra aminoasit miktarlarının arttığı görülmektedir. Literatürde dondurarak kurutma uygulanan su ürünlerinin aminoasit içeriklerinin değerlendirildiği çok az sayıda çalışma vardır. Bunlardan biri olan ve üç farklı tür denizanasının aminoasit kompozisyonlarının değerlendirildiği çalışmada, fırında kurutulan ve dondurarak kurutulan denizaneları kıyaslanmıştır. Buna göre; dondurarak kurutma uygulanan deniz analarının, fırında kurutulanlara göre daha yüksek oranda aminoasit içerdiği bildirilmiştir (Kogovsek ve ark., 2014).

Bir başka çalışmada; denizhıyarlarına farklı kurutma metotları uygulanmış ve aminoasit içerikleri incelenmiştir. Taze ve dondurarak kurutulan denizhıyarlarının aminoasit içerikleri kıyaslandığında, belirli aminoasitlerde artış olurken, bazılarında ise azalmalar olduğu belirtilmiştir. Toplam aminoasit miktarı taze denizhıyarlarında 74.80 olarak belirlenirken, dondurarak kurutulmuş denizhıyarlarında 73.24 olarak bildirilmiştir (Duan ve ark., 2010).

Su ürünlerinden farklı olarak dondurarak kurutulmuş deve sütünün besinsel özelliklerinin incelendiği çalışmada, esansiyel aminoasitlerden izolösin, lisin, fenilalanin ve valinin dondurarak kurutulmuş sütte, diğer süt ürünlerine göre (taze süt, taze kaymak) arttığı bildirilmiştir (İbrahim ve Khalifa, 2015).

Çalışmamızda taze örneğe kıyasla, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında meydana gelmiş olan aminoasit miktarındaki artışın su kaybıyla ilişkili olarak oransal bir artış olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde; Olgunoğlu (2012) dikenli yılan balığının sıcak tütsüleme öncesi ve sonrası aminoasit içeriklerini incelemiş ve tütsüleme sonrası artan aminoasit içeriğinin tütsüleme ve su kaybıyla ilişkili olabileceğini bildirmiştir.

Çalışmamızda dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının rehidrasyon işleminden sonra aminoasit içeriklerinin azaldığı görülmüştür. Bunun nedeninin ham protein miktarının düşüşünde belirtildiği gibi, 100 °C 'deki saf suya ürünün daldırılmasıyla yapılan rehidrasyon işlemi sonucunda, proteinlerin denatüre olması,

suda çözülebilir proteinlerin bir kısmının suya geçmesi ya da kaybıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Nitekim balık proteinlerinin yapısı fiziksel ortamın değişmesiyle kolaylıkla değişebilmektedir. Miyofibriler proteinlerin çözülebilirlik özelliklerinin dondurarak kurutma işleminden sonra değiştiği bildirilmiştir (Spinelli ve ark., 1972; Huss, 1995).

Çalışmamızda taze alabalık kıymasında toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) oranı %22.28 olarak belirlenirken, dondurarak kurutulmuş kıymada %21.96 ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş kıymada ise %22.00 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre; toplam doymuş yağ asitlerinin dondurarak kurutma ile bir miktar azaldığı, rehidrasyon işlemi sonunda ise, hemen hemen başlangıçtaki değerine ulaştığı söylenebilir.

Toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) arasında, her üç grupta da palmitik asit (C16:0) (Taze: %14.79, Dondurarak kurutulmuş: %14.32, Rehidre:%14.27) en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Bununla beraber, heneikosanoik asit (C21:0) rehidre edilmiş kıymada tespit edilemezken, taze kıymada %0.04 ve dondurarak kurutulmuş kıymada ise %0.01 olarak belirlenmiştir. Trikosanoik asit (C23:0) ise dondurarak kurutulmuş kıymada tespit edilemezken, taze kıymada %0.01 ve rehidre edilmiş kıymada %0.02 olarak belirlenmiştir.

Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarlarına bakıldığında; taze balık kıymasında %36.24 iken, dondurarak kurutulmuş kıymada %35.33'e düştüğü ve rehidre kıymada ise, %35.98 olduğu görülmüştür. Her üç grupta da en yüksek tekli doymamış yağ asidi miktarı (MUFA) oleik asit (C18:1n9c) (Taze: %30.02, Dondurarak kurutulmuş: %29.51, Rehidre: %30.09) olarak ölçülürken ( $p < 0.05$ ), en düşük tekli doymamış yağ asidi miristoleik asit (C14:1) (Taze: %0.03, Dondurarak kurutulmuş: %0.03, Rehidre: %0.03) olarak belirlenmiştir. Toplam doymuş yağ asitlerine (SAFA) benzer olarak; toplam tekli doymamış yağ asitlerinde de dondurarak kurutma işleminden sonra bir miktar azalma meydana gelmiş ve rehidrasyon işleminden sonra ise taze alabalık kıymasına çok yakın bir değere ulaşmıştır.

Toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) taze alabalık kıymasında %35.40, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında %36.16 olarak tespit edilmiştir. Bu değer dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında ise, %35.42 olarak belirlenmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit (C18:2n6c, omega-6) her üç grupta da en yüksek oranda (Taze: %21.96, Dondurarak kurutulmuş: %21.77, Rehidre: %21.79) ölçülmüştür. Dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş örneklerin

linoleik asit değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Çoklu doymamış yağ asitlerinden en düşük oranda ölçülen ise, taze alabalık kıymasında %0.23, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında %0.26 ve rehidre alabalık kıymasında %0.23 değerleri ile eikosatrienoik asit (C20:3n3, omega-3) olarak belirlenmiştir.  $\Sigma\omega-3$ ; taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre örnekte sırasıyla; %10.06±0.92, %10.72±0.89 ve %10.04±0.83 olarak tespit edilmiştir.  $\Sigma\omega-6$  değerleri ise; taze örnekte %23.13±5.39, dondurarak kurutulmuş örnekte %23.19±4.61 ve rehidre örnekte %23.15±4.61 olarak belirlenmiştir.  $\omega-3/\omega-6$  oranları, taze örnekte 0.43±0.17, dondurarak kurutulmuş örnekte 0.46±0.19 ve rehidre örnekte 0.43±0.18 olarak hesaplanmıştır. Toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA); toplam doymuş yağ asitleri (SAFA) ve toplam tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) farklı olarak; dondurarak kurutma işleminden sonra bir miktar artmış, rehidrasyon işleminden sonra ise, taze alabalık kıymasının değerine yakın bir değere ulaşmıştır. Dondurarak kurutma işleminden sonra görülen, minimal değerlerdeki azalma veya artmaların, işlem sırasında bazı yağ asitlerinin yok olması veya izomerleşmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Çelik ve ark., (2008) taze alabalığın (*Oncorhynchus mykiss*) yağ asidi profilini incelemişler ve çalışmamıza benzer olarak, toplam doymuş yağ asitleri oranını %27.65, toplam tekli doymamış yağ asitleri oranını %35.56 ve toplam çoklu doymamış yağ asitleri oranını ise %23.09 olarak bildirmişlerdir. Bu sonuçların çalışmamızdaki sonuçlara yakın olduğu söylenebilir.

Murphy ve ark. (2003) üç farklı bölgeden temin ettikleri midyelerin (*Perna canaliculus*) dondurulmuş ve dondurarak kurutulmuş olarak yağ asidi kompozisyonlarını incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, çalışmamıza benzer olarak bazı yağ asitleri miktarlarında artış, bazılarında ise azalmalar görülmüştür. Benzer şekilde; çalışmamızda dondurarak kurutulmuş ve rehidre edilmiş bazı yağ asitleri değerlerinin değişme göstermeyerek sabit kaldığı gibi, donmuş ve dondurarak kurutulmuş midyeye ait yağ asitlerinin bazıları da sabit kalmıştır. Ayrıca aynı araştırmacılar, dondurarak kurutma işleminin midyelerin yağ asidi ve sterol profilini oluşturan lipid kompozisyonunu etkileyebileceğini ve bu işlemin özellikle doymamış yağ asitlerinden bazı uçucu yağ asitlerinin yok olmasına ve bazı yağ asitlerinin de izomerleşmesine sebep olabileceğini bildirmişlerdir.

Bir başka çalışmada He ve ark., (2012) dondurarak kurutulmuş ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş yengecin, yağ asitleri kompozisyonunu incelemişlerdir. Dondurulmuş çözdürülmüş dişi yengeçlerin n-3/n-6 oranı 0.41 iken;

erkek yengeçlerde bu oran 0.67 olarak belirlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve daha sonra rehidre edilmiş dişi yengeçlerde n-3/n-6 oranı 0.38, erkek yengeçlerde ise 0.62 olarak bildirilmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve daha sonra rehidre edilmiş yengecin n-3/n-6 oranının, dondurulmuş çözdürülmüş yengeçlere göre daha düşük olduğu, ancak aradaki farkın önemsiz olduğu belirtilmiştir.

Zotte ve ark., (2014) veri tümleştirme ve yakın kızılötesi spektroskopisi aracılığıyla çiğ ve pişmiş dondurarak kurutulmuş alabalığın (*Oncorhynchus mykiss*) kimlik doğrulaması ile ilgili bir çalışmada, çiğ şekilde dondurarak kurutulmuş alabalığın yağ asidi profilini belirlemişlerdir. Buna göre dondurarak kurutulmuş alabalığın toplam doymuş yağ asitleri oranını %21.12 olarak bildirmişler ve en yüksek doymuş yağ asidini %13.28 oranı ile palmitik asit olarak belirtmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızdaki dondurarak kurutulmuş sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Aynı çalışmada, taze alabalığa ait toplam tekli doymamış yağ asitleri miktarı %20.62 olarak ifade edilirken, bu değer çalışmamızda %36.24 olarak tespit edilmiştir. Taze alabalığa ait toplam çoklu doymamış yağ asitleri Zotte ve ark., (2014) tarafından %57.92 olarak bildirilirken, çalışmamızda bu değer %35.40 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda taze alabalık kıymasında, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilen alabalık kıymasında D, E ve B1 vitaminleri araştırılmıştır. Taze alabalık kıymasında D vitamini  $3.71 \pm 0.04$   $\mu\text{g}/100$  g iken, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında  $7.97 \pm 0.03$   $\mu\text{g}/100$  g değerine yükselmiş ve rehidre edilen kıymada ise  $4.01 \pm 0.00$   $\mu\text{g}/100$  g değerine azalmıştır ( $p < 0.05$ ). E vitamini taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre örneklerde sırasıyla;  $1.39 \pm 0.00$  mg/100 g,  $7.56 \pm 0.10$  mg/100 g ve  $2.40 \pm 0.05$  mg/100 g olarak ölçülmüştür ( $p < 0.05$ ). Suda eriyen vitaminlerden olan B1 vitamini, taze alabalıkta  $0.20 \pm 0.01$  mg/100 g olarak ölçülürken, dondurarak kurutulmuş alabalıkta  $0.29 \pm 0.00$  mg/100 g değerine yükselmiş ( $p > 0.05$ ) ve rehidrasyon işleminden sonra ise  $0.10 \pm 0.00$  mg/100 g değerine düştüğü görülmüştür ( $p < 0.05$ ).

Taze, dondurarak kurutulmuş ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş örneklerin D, E ve B1 vitamini değerleri incelendiğinde; taze örneklerin vitamin değerlerinin, dondurarak kurutma işlemi ile arttığı ve rehidrasyon işleminden sonra ise azaldığı görülmektedir. Bu durumun dondurarak kurutma ile nem oranının azalmasına bağlı olarak, vitamin değerlerinin oransal artışı ile ilgili olduğu düşünülebilir. Rehidrasyon sonrası vitamin miktarlarının azalmasının ise,  $100$  °C'deki saf suda yapılan rehidrasyon işleminden vitaminlerin etkilenmesi ile ilgili olduğu söylenebilir. D ve E

vitaminleri yağda eriyen vitaminler olmakla birlikte, vitaminlerin genel olarak sıcaklıktan etkilendikleri bilinmektedir. Çalışmamızda çok yüksek oranda tespit edilmemesine rağmen, B1 vitamininin rehidrasyon işleminden sonra azalmasının sebebi olarak; sıcaklığın etkisinin yanında, suda çözünebilir bir vitamin olmasıda gösterilebilir.

Taze ve işlenmiş gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) vitamin ve mineral içeriğine dair yeterli çalışma bulunmamaktadır (Başaran, 2015).

Padula ve ark., (2016) Avustralya su ürünlerinin kompozisyonel profillerini inceledikleri pilot bir çalışmada, alabalığın (*Oncorhynchus mykiss*) vitamin D miktarını ortalama 1.60 µg/100 g olarak bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada; Mattila ve ark., (1995) çiftlik alabalığının D vitamini içeriğini, sonbaharda 7.3 µg/100 g ve ilkbaharda 7.83 µg/100 g olarak tespit etmişlerdir.

Özellikle somon ve uskumruyu içeren yağlı balıklar mükemmel bir D vitamini kaynağıdır. Balığın içerdiği D vitaminine pişirmenin etkisi ile ilgili çok az bilgi mevcut olmakla birlikte (Lu ve ark., 2007), çalışmamızda incelediğimiz diğer vitaminler üzerine dondurarak kurutmanın etkisi ile ilgili herhangi bir kaynağa da rastlanmamıştır. Bununla beraber, balıkta özellikle A ve D vitamini üzerine farklı konularda çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür (Roos ve ark., 2007; Malesa-Ciecwierz ve Usydus; 2015). Bir başka çalışmada; taze alabalığın B1 vitamini içeriği 6.26 µg/100 g olarak bildirilmiştir (Başaran, 2015). B1 vitamini değeri, çalışmamızdaki değere göre yüksek bulunmuştur. Aynı çalışmada ısı (elektrikli fırında kurutma) ile yapılan kurutmada, örneklerin B1 vitamini değerlerinin 3.22 µg/100 g'a düştüğü bildirilmiştir.

Sucul organizmalarda vitamin ve mineral konsantrasyonlarının mevsimsel ve biyolojik farklılıklar (tür, boy, yaş, cinsiyet, cinsi olgunluk durumu) besin kaynağı, çevre koşulları (su kimyası, tuzluluk, sıcaklık ve kontaminantlar) ve gıda işleme metodu gibi birçok faktörden etkilendiği bilinmektedir (Lall ve Parazo, 1995; Otitologbon ve ark., 1997; Özyurt ve ark., 2009).

Çalışmamızda mineral maddelerden magnezyum (Mg), sodyum (Na), kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) oranları taze, dondurarak kurutulmuş ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasında incelenmiştir. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre örneklerde en yüksek oranda bulunan mineral maddenin fosfor (P) olduğu görülmüştür. Buna göre; taze alabalık kıymasında fosfor (P) miktarı ortalama 4878±1.06 mg/kg, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında 7932±58.68 mg/kg ve rehidre edilen kıymada 1928±26.51 mg/kg olarak tespit edilmiştir (p<0.05). Taze alabalık kıymasında sodyum (Na) miktarı ortalama 538.85±9.72 mg/kg, dondurarak

kurutulmuş alabalık kıymasında  $1642.5 \pm 3.18$  mg/kg ve rehidre edilen kıymada  $388.7 \pm 5.58$  mg/kg olarak tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Bu değerler magnezyum (Mg) için sırasıyla;  $242.9 \pm 0.98$  mg/kg,  $957.75 \pm 18.98$  mg/kg ve  $364 \pm 1.83$  mg/kg olarak belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Çalışmamızda en düşük miktarda tespit edilen mineral madde kalsiyum (Ca)'dur. Taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre örneklerin ortalama olarak sırasıyla;  $303 \pm 2.12$  mg/kg,  $436 \pm 11.31$  mg/kg ve  $370.5 \pm 2.47$  mg/kg kalsiyum (Ca) içerdiği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

Çelik ve ark., (2008) taze alabalıkta (*Oncorhynchus mykiss*) kalsiyum, sodyum, potasyum, fosfor ve magnezyum değerlerini araştırmışlardır. Araştırmada en yüksek oranda belirlenen mineral madde potasyum olup (%412.10), potasyumu takiben en yüksek oranda bulunan diğer mineral maddelerin sırasıyla; magnezyum (%33.97), sodyum (%25.49), fosfor (%19.83) ve kalsiyum (%12.67) olduğunu bildirmişlerdir. Gökoğlu ve ark., (2004) taze alabalığın (*Oncorhynchus mykiss*) fosfor değerini 3378 mg/kg, potasyum değerini 3060 mg/kg, kalsiyum değerini 632 mg/kg, sodyum değerini 455 mg/kg ve magnezyum değerini 409 mg/kg olarak bildirmişlerdir. Fosfor değeri, çalışmamıza benzer olarak en yüksek oranda tespit edilen mineral maddedir. Başaran (2015) taze alabalığın magnezyum değerini 197.07 mg/kg, kalsiyum değerini 598.97 mg/kg, sodyum değerini 839.28 mg/kg ve potasyum değerini 2369.31 olarak bildirmişlerdir. Elde edilen magnezyum değeri; çalışmamızdaki değerden daha düşük, sodyum ve kalsiyum değerleri ise, çalışmamıza göre daha yüksek bulunmuştur. Elektrikli fırında yapılan kurutma işleminden sonra ise; magnezyum ve kalsiyum değerinin arttığı, sodyum değerinin ise azaldığı bildirilmiştir.

Çalışmamızda taze balıktaki mineral maddelerin miktarıyla kıyaslandığında, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının mineral madde içeriklerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun, dondurarak kurutma sırasında su kaybına bağlı olarak meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Dondurarak kurutulmuş su ürünlerinin mineral madde içeriklerinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamakla beraber; Chukwu ve Shaba, (2009) yayın balığını (*Clarias gariepinus*) dumanlama fırınında ve elektrikli fırında olmak üzere iki farklı metotla kurutmuş, her iki kurutma işleminden sonra da, potasyum ve fosfor miktarlarının taze balığa göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada, Ersoy ve Özeren (2009) farklı pişirme metotlarının yayın balığının (*Clarias gariepinus*) mineral ve vitamin içeriğine etkisini araştırmışlardır. Çiğ balıkta tespit edilen sodyum, potasyum, kalsiyum ve

magnezyum değerlerinin; kızartma, fırında ve mikrodalgada pişirme, ızgara gibi işlemlerden sonra (ızgarada pişirmede sodyum hariç) arttığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak; kurutma ya da pişirme yöntemiyle üründe meydana gelen su kaybına bağlı olarak, mineral maddelerin etkilendiği söylenebilir.

Çalışmamızda,rehidrasyondan sonra dondurarak kurutulmuş örneklerin mineral madde içeriklerinin genel olarak azaldığı görülmüştür. Bu durumun 100°C 'deki saf su içerisinde uygulanan rehidrasyon işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Gökoğlu ve ark., (2004) alabalığa kızartma, haşlama, fırında pişirme, ızgarada pişirme ve mikrodalgada pişirme yöntemlerini uygulamışlardır. Haşlama işlemi uygulanan grupta, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor değerlerinin azaldığını ve haşlama işleminin mineral madde içeriğinde önemli kayıplara sebep olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumda rehidrasyon işleminin, dondurarak kurutulmuş alabalık üzerinde haşlama işlemi etkisi yaptığı söylenebilir.

Çalışmamızda taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre alabalık kıymasında su aktivitesi değerleri incelenmiştir. Buna göre, taze alabalık kıymasında su aktivitesi değeri  $0.96 \pm 0.00$  olarak ölçülmüştür. Dondurarak kurutma işleminden sonra bu değer,  $0.19 \pm 0.02$  değerine düşmüş ve rehidrasyon işleminden sonra ise,  $0.97 \pm 0.00$  olarak tespit edilmiştir. Genellikle gıdaların  $a_w$  değeri 0.1 ile 0.99 arasında değişir. Pek çok taze gıda (taze meyve ve sebze, taze kırmızı et, tavuk ve balık gibi) ve içeceklerin  $a_w$  değeri 0.99 dolayındadır (Erkmen, 2010). Bazı su ürünlerine ait su aktivitesi değerleri; sazan balığı 0.95 (Patır ve Duman, 2006); sudak balığı 0.97 (Diler ve ark., 2008); karides 0.95 (Patır ve ark., 2009); kalamar 0.94-0.95 (Emir Çoban ve Patır, 2010); midye 0.97 (Şengör ve ark., 2004) olarak bildirilmiştir. Çalışmamızdaki taze alabalık kıymasının su aktivitesi değeri, diğer su ürünlerinin değerlerine yakın bulunmuştur. Dondurarak kurutma işleminden sonra oldukça düşük bir su aktivitesi değeri elde edilmiş ve bu değer rehidrasyon işleminden sonra, taze balıktaki su aktivitesinden biraz daha yüksek bulunmuştur. Taze ve rehidre edilmiş örneklerin su aktivitesi değerleri arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

Su aktivitesi değerinin düşmesi enzimatik değişimleri de sınırlamakta veya önlemektedir. Gıdalarda çok yaygın olarak bulunan ve önemli değişikliklere neden olan amilaz ve peroksidaz gibi enzimler, su aktivitesi 0.85'den aşağıdaki değerlerde inaktif hale gelmektedirler. Buna karşın lipaz enzimi, su aktivitesi 0.25-0.30'a kadar aktif kalabilmektedir. Bu kadar düşük su aktivitelerinin söz konusu olduğu ortamlarda



enzimler, ısı etkisiyle inaktif hale getirilmeye karşı son derece dirençlidirler (Varlık ve ark., 2004).

Çalışmamızda dondurarak kurutulmuş ürünün su aktivitesi  $0.19\pm 0.02$  değerine kadar düşürülmüştür. Oldukça düşük su aktivitesi değerine sahip olan ürünün çeşitli enzim faaliyetlerinin önlenmesi sonucu, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmasının geciktirilerek uzun bir raf ömrüne sahip olacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda yapılan renk analizinde ölçümler CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) Lab sisteminde gerçekleştirilmiştir. L\* parlaklığı (0'dan 100'e kadar derecelendirme siyahtan beyaza); a\*, (+) kırmızı veya (-) yeşil ve b\*, (+) sarı veya (-) mavi rengi ifade etmektedir (Schubring, R. 2003; Dinçer, 2008).

Çalışmamızda taze alabalık kıymasında L değeri  $57.16\pm 0.20$  olarak belirlenirken, bu değer dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında  $77.34\pm 0.72$  değerine yükseldiği görülmüştür ( $p<0.05$ ). Rehidrasyon işleminden sonra ise,  $74.00\pm 1.41$  değerine düşmüştür ( $p>0.05$ ).

a değeri taze kıymada  $-0.46\pm 0.23$  iken, dondurarak kurutulmuş kıymada  $3.41\pm 0.21$  değerine yükselmiş ve rehidrasyon işleminden sonra  $1.63\pm 0.37$  değerine düştüğü görülmüştür ( $p<0.05$ ). Taze alabalık kıymasının b değeri  $20.79\pm 0.36$  olarak ölçülürken ( $p<0.05$ ), bu değer dondurarak kurutma işleminden sonra  $27.79\pm 0.68$  değerine, rehidrasyon işleminden sonra ise  $29.64\pm 0.36$  değerine yükselmiştir ( $p>0.05$ ).

Kılınç ve ark., (2009) yaptıkları bir çalışmada, taze alabalığın L değerini 60.32, a değerini -1.09 ve b değerini ise, 14.96 olarak bildirmişlerdir. Bu değerlerden, L ve a değeri çalışmamıza göre yüksek, b değeri ise, düşük bulunmuştur.

Yaptıkları bir balık besleme çalışmasında, D'Souza ve ark., (2006) ise,  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 2 gün depolanan kontrol grubu alabalığın L değerini 60.53, a değerini 5.62 ve b değerini 20.30 olarak tespit etmişlerdir. Bu değerlerin depolamanın 13. günü sırasıyla; 59.89, 1.73 ve 19.71'e düştüğü bildirilmiştir.

Doğal ortamda yetişen balıkların rengi, besinlerini oluşturan planktonik organizma ve krustase gibi canlılardan kaynaklanmaktadır. Doğada yetişen balıklarda olduğu gibi kültür balıklarında ise, istenen renklenme, yemlere ilave edilen doğal ve sentetik renk maddeleri ile elde edilebilmektedir (Bird ve Savage, 1990; Choubert ve Blanc, 1985; Emir Çoban ve Tuna Keleştemur, 2011). Bu nedenle çiftlik alabalıklarında, doğal ortamda yetişen alabalıklara göre L, a ve b değerlerinde

farklılıklar görülmesinin nedeninin, balığın beslendiği yem ile doğrudan bağlantılı olduğu söylenebilir.

Dondurarak kurutulmuş ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalığın L, a ve b değerleriyle ilgili herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Ancak dondurarak kurutulmuş morina ve ton balığının renk değerlerinin incelendiği çalışmalara değinilmiştir. Buna göre; Eikevik ve ark., (2005) morina balığını farklı sıcaklıklarda dondurarak kurutmuşlar ve kurutma sıcaklığının azalmasıyla, aydınlık değerinin (L) arttığını ve sarılık (b) değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda da benzer şekilde aydınlık değeri dondurarak kurutma işlemi ile artmış, ancak b değerinin Eikevik ve ark., (2005)'den farklı olarak işlemden sonra arttığı görülmüştür.

Rahman ve ark., (2002) dondurarak kurutulmuş ve 20 °C' de 6 ay depolanmış ton balığının L değerinin 57.20, a değerinin 6.48 ve b değerinin 10.88 olduğunu ifade etmişlerdir. Kurutulmuş ürünlerin kahverengileşmesi L değerinin tespit edilmesi ile anlaşılabilir. Yüksek L değerine sahip ürünün, kahverengi renginin azaldığı ifade edilmektedir. Hava ve vakumla kurutulan örneklerle, dondurarak kurutulan örnekler kıyaslandığında, en yüksek L değerinin dondurarak kurutulmuş ürünlerde görüldüğü bildirilmiştir.

Balık kaslarının rengi genellikle myoglobin, hemoglobin ve sitokromlar gibi kromoproteinlerin kimyasal durumu ve içeriğine bağlıdır. Taze balığın kasları kesildiğinde ortaya çıkan mor-kırmızı renk, kromoproteinlerin formlarının indirgenmesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek kısmi oksijen basıncındaki oksijenasyonda pigmentler açık kırmızı, oksitlenmiş formlar ise kahverengi renk değişiminden sorumludur. Su ürünlerinin rengi, işleme metotlarından etkilenmektedir (Sikorski, 2009).

Çalışmamızda dondurarak kurutma işleminden sonra L, a ve b değerlerinde artış görülmüş, taze örnekte  $-0.46 \pm 0.23$  olan a (yeşil) değeri dondurarak kurutma işleminden sonra  $3.41 \pm 0.21$  a (kırmızı) değerini göstermiştir. Rehidrasyon işleminden sonra ise L ve a değerlerinde azalma görülürken, b değerinde (sarı) artış görülmüştür. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Dondurarak kurutma ve rehidrasyon işlemlerinden sonra, L, a ve b değerlerinde görülen artış ve azalışların, uygulanan işlemlerin etkisine bağlı olarak, balık etinin bünyesinde bulunan sarkoplazmik protein yapısındaki, myoglobin gibi kromoproteinlerden kaynaklandığı (Stewart ve ark., 1965) düşünülmektedir. Myoglobin ve hemoglobin gibi renkten

sorumlu pigmentler içeren sarkoplazmik yapılar, pH ve sıcaklık değerlerinden en çok etkilenen proteinlerdir (Faustman ve Cassens, 1990; Dinçer, 2008).

Tekstür, gıdanın görünüm, dokunma duyasu (kinestetik ve ağız hissi) ve sesle algılanabilen fiziksel özelliklerinin toplamı olarak tanımlanır. Tekstürel karakterler gıda ürününün su ve yağ içeriği ile yakından ilişkilidir (Tekinşen ve Keleş, 1994; Ünlüsayın ve Erdilal, 2008). Tekstür profili bir gıdanın mekanik (besinin şekil değişikliği (deformasyon) ile ilgili tekstürel karakterler), geometrik (dokunma veya diş, dil ve ağız yüzeyleri ile hissedilebilen partiküllerin yapı, büyüklük, şekil ve diziliş özellikleri) ve yağ-nem özelliklerinin, ilk ısırmadan tam çiğnemeye kadar ortaya çıkan durumların ve mevcut her dereceye göre oluşan tekstür karmaşasının duyasal analizi olarak ifade edilebilir. Genel Gıda Kurumları tarafından oluşturulan bu analizin amacı, konu çeşitliliğinden kaynaklanan problemleri en aza indirmek, kullanılan materyallerin sonuçlarının direkt olarak karşılaştırılmasına izin vermek ve enstrüman ölçümleri arasında bir ilişki kurmaktır. Bu amaçla bütün tekstürel özelliklere göre, derecelendirme skalası üzerinde bir seri terim oluşturulmuştur (Nollet, 2004; Ünlüsayın ve Erdilal, 2008). Buna göre; sertlik; bir deformasyona ulaşmak için gereken şiddet, bağlılık; ürünün yapısını şekillendiren iç bağların güçlülüğü ya da dayanıklılığı, elastikiyet; herhangi bir etkiden sonra, maddede oluşturulan deformasyonun etki kaldırıldığında kaybolması, yapışkanlık; besin yüzeyi ile besinle temas halinde olan maddeler arasındaki çekim kuvvetine karşı koymak için gereken güç, viskozite; sıvıların akmaya veya deformasyonuna karşı olan sürtünme ve karşı koyma direnci, gevreklik; besinin parçalara ayrılabilmesi için gerekli olan kuvvet, çiğnenebilirlik; besinin yutmaya hazır duruma gelmesine kadar harcanan enerji, yumuşaklık; yarı katı besinlerin yutmaya hazır duruma gelmesine kadar parçalanabilmesi için gerekli enerjiyi tanımlamaktadır (Tekinşen ve Keleş, 1994; Stone ve Sidel, 2004; Peleg ve Bagley, 1983; Ünlüsayın ve Erdilal, 2008).

Çalışmamızda taze, dondurarak kurutulmuş ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıymasının tekstür profil analizi (TPA) incelenmiştir. Taze alabalık kıymasının sertlik (N) değeri  $0.21 \pm 0.03$  N iken dondurarak kurutulduktan sonra bu değer  $13.96 \pm 1.17$  N'a yükseldiği görülmüştür. Dondurarak kurutulmuş kıymanın rehidrasyonu sonrası ise,  $6.52 \pm 0.75$  N olarak tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Yapışkanlık değeri taze balıkta  $1.60 \pm 0.16$  mJ olarak belirlenirken, dondurarak kurutmadan sonra  $0.70 \pm 0.00$  mJ'ye

düşmüştür. Rehidre işleminden sonra ise,  $2.80\pm 1.54$  mj olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). Elastikiyet değerleri taze ve dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasında sırasıyla;  $0.05\pm 0.00$  ve  $0.03\pm 0.01$  olarak ölçülürken, rehidre kıymada  $0.25\pm 0.01$ 'e yükselmiştir ( $p<0.05$ ). Taze kıymada bağlayıcılık değeri  $-2.51\pm 0.43$ , dondurarak kurutulmuş örnekte  $0.01\pm 0.00$  ve rehidre örnekte ise,  $0.62\pm 0.02$  olarak belirlenmiştir. Taze alabalığın bağlayıcılık değeri, diğer gruplara göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Taze kıymada esneklik değeri 0 mm olarak tespit edilirken, bu değer, dondurarak kurutulmuş ve rehidre kıymada sırasıyla;  $0.64\pm 0.02$  mm ve  $4.48\pm 0.32$  mm olarak belirlenmiştir. Rehidre alabalık kıymasının esneklik değeri diğer gruplara göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sakızimsılık değeri, taze kıymada  $-0.49\pm 0.04$ , dondurarak kurutulmuş kıymada  $-0.14\pm 0.24$  olarak belirlenirken, bu değer rehidre kıymada  $2.85\pm 0.09$ 'e yükselmiştir. Rehidre alabalık kıymasının sakızimsılık değeri, diğer gruplara göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Çiğnenebilirlik değeri, taze alabalık kıymasında 0 olarak belirlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş kıymada  $0.03\pm 0.07$  ve rehidre kıymada ise,  $14.86\pm 1.24$  değerine yükselmiştir. Taze alabalıkta kırılgenlik değerine bakılmamıştır. Dondurarak kurutulmuş kıymanın kırılgenlik değeri  $13.96\pm 1.17$ , rehidre edilmiş kıymanın ise,  $6.52\pm 0.75$  olarak tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Literatürde alabalık kıymasının tekstür profilinin araştırıldığı çalışmalara rastlanmamakla beraber, alabalık filetosunun tekstür profilinin incelendiği çeşitli çalışmalar mevcuttur. Rios ve ark., (2013)4 °C'de depoladıkları alabalığın 0. günü sertlik değerini 6.87 N, elastikiyet değerini 0.69, bağlayıcılık değerini 0.42 ve çiğnenebilirlik değerini 1.98 N olarak bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada, Andersen ve ark., (1997) alabalıkta besleme, yağ içeriği ve buzda depolama süresinin tekstür özelliklerine etkisini incelemişler; çalışmada düşük ve yüksek yağ içeren yemlerle beslenen alabalıklarda, yüksek yağ içeren filetoların kompresyona karşı daha az direnç gösterdiği ve bununla beslenme ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca; alabalığın çiğ ve pişmiş şekilde kesme testi ve farklı donanımlar kullanılarak kesme işleminin uygulandığı çeşitli çalışmalarda mevcuttur (Aussanasuwannakul ve ark., 2010; Aussanasuwannakul ve ark., 2012). Alabalık dışında farklı balık türlerinde tekstür profil analizi incelenmiş ve bu çalışmaların çoğunda balık fileto halinde kullanılmıştır (Vacha ve ark., 2013; Carbonell ve ark., 2003; Hultmann ve Rustad, 2002; Casas ve ark., 2006). Çalışmamızda ise, alabalık kıyma halinde tekstür profil analizine tabi tutulmuştur. Benzer şekilde; Kuzey Atlantik Mezgit (*Gadus morhua*) kıymasının mevsimsel olarak

tekstürel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, sertlik değerinin 40-60 N ve bağlayıcılık değerinin ise %9.7-16.6 arasında değiştiği bildirilmiştir (Ingolfstodt ve ark., 1998). Bir başka çalışmada, Wiles ve Green (2004) kedibalığı kıymasının tekstür profil analizini araştırmışlar ve yıkanmış kıymada sertlik değerini 11.9 N, bağlayıcılık değerini %74.1, elastikiyet değerini % 48.2 ve çiğnenebilirlik indeksini 8.83 N olarak tespit etmişlerdir. Balık kıymasıyla yapılan diğer farklı çalışmalarda ise, çeşitli katkı maddeleri ya da protein ilaveleri kullanılarak tekstür profiline etkileri incelenmiştir (Guillen ve ark., 1996; Yoon ve ark., 1991).

Balığın tekstür değerini tür, yaş, büyüklük ve balığın besinsel durumu gibi pek çok faktör etkileyebilir. Glikozis, pH ve rigor mortisi içeren ölüm sonrası faktörlerde tekstürü etkileyen etmenler arasındadır. Ayrıca depolama sıcaklığı, pişirme sıcaklığı ve tuz varlığı tekstürü etkileyen dış faktörlerden sayılabilir (Johnston 1999; Dunajski, 1979; Hyldig ve Nielsen, 2001). Yağ ve nem içeriği başta olmak üzere, pek çok faktörün de balığın tekstür değerini etkileyebileceği bildirilmiştir (Aussanasuwannakul ve ark., 2010).

Uniform olmayan yapısı nedeniyle bütün bir balığın tekstürünü değerlendirmek zordur. Fileto yapısının segmentasyonu ve oryantasyonu, standart ölçülerde örneklerin hazırlanmasını zorlaştırmaktadır. Ölçümler bütün fileto üzerinde, farklı fileto parçaları üzerinde ve kıyılmış et üzerinde gerçekleştirilmektedir. Balığın kıyma haline getirilmesi, düşük varyasyon katsayılarına sebep olmakta, tekstürü yok edebilmekte ayrıca, kıyma işlemi uygulanmamış filetonun tekstürü hakkında fikir sahibi olmayı imkansız hale getirebilmektedir (Hyldig ve Nielsen, 2001).

Kekler, balık kroket ve balık köftesi gibi çeşitli ticari ürünler balık kıymasından üretilmektedir. Ancak, donmuş depolama süresince balık kıyması balık filetosuna göre daha duyarlıdır. Doku yapısının bozulması tekstür, su tutma kapasitesi, tat ve renk değişikliklerini hızlandırmaktadır (Rodger ve ark., 1980; Arocha ve Toledo, 1982; Yoon ve ark., 1991).

Çalışmamızda gerek uygulanan dondurma işlemi ve dondurarak kurutma işlemi, gerekse de balığın kıyma haline getirilmesi ile ilgili kıyaslama yapabileceğimiz ve tekstür özelliklerini değerlendirebileceğimiz, çalışmamızla örtüşen bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle değinildiği gibi; balığın tekstürünün pek çok faktörden etkilenmesi, kıyma haline getirilen balığın tekstür özelliklerinin belirlenmesinin zor olması ve kıyma halinde iken dondurma vb. gibi işlemlere karşı tekstürün daha hassas

olması sebepleri ile, çalışmamızda elde edilen verilerin kendi başına değerlendirilmesinin daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının 30°C ve 100 °C'deki saf suda olmak üzere, iki farklı sıcaklık derecesinde rehidrasyon oranı incelenmiştir. 0. dakikadan başlamak üzere, her iki sıcaklıkta da sudaki örneklerin rehidrasyon oranları önce artmış, daha sonra da hemen hemen sabit bir seyir izlemiştir. 30 °C'deki saf suda yapılan rehidrasyonda, rehidrasyon oranı 15. dakikada  $2.65\pm 0.07$  iken, 210. dakikada  $2.72\pm 0.18$  olarak belirlenmiştir. 100 °C'deki saf suda yapılan rehidrasyonda ise, bu değerler rehidrasyonun 2. dakikasında  $2.28\pm 0.01$ , 20. dakikasında ise,  $2.47\pm 0.01$  olarak tespit edilmiştir.

Rehidrasyon, kurutma öncesi işlemler ve kurutma sırasında materyalin maruz kaldığı zararın bir ölçüsü olarak nitelendirilebilir (McMinn ve Magee, 1997; Okos ve ark., 1992; Krokida ve Kouris, 2003). Kurutmaya ilgili olarak literatürde en çok değerlendirilen kalite parametrelerindedir. Rehidre olabilirlik özelliği düşük olan, kurutulmuş ürünler, kaliteli bir ürün olarak kabul edilmez. Dondurarak kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon oranları, genellikle hava ile kurutulmuş ürünlerden 4-6 kat daha yüksektir (Meda ve Ratti, 2005). Kurutulmuş balık pişirmeden ya da tüketimden önce rehidrasyon işlemine tabi tutulduğundan, rehidrasyon kurutulmuş balık için önemli kalite kriterlerinden biridir (Lewicki, 1998; Rahman ve Perera, 1999; Rahman ve ark., 2002). Kurutulmuş bir ürün taze haldeyken içerdiği su kadar suyu, tekrar geri kazanabiliyorsa, kaliteli bir ürün olarak kabul edilmektedir. Ürünün rehidrasyon kabiliyeti, kurutma koşulları, ürünün cinsi, özellikle rehidrasyon sırasındaki sıcaklık derecesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Simpson ve ark., 1954).

Duan ve ark., (2008) nano-ölçekli gümüş ile kaplanan deniz hıyarlarını dondurarak kurutma ve mikrodalgada dondurarak kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Kaplama olmaksızın 2.3 W mikrodalga gücüyle (A), kaplama işlemi uygulanarak, 2.3 W (B), 3.5 W (C) ve 4.2 W (D) mikrodalga gücüyle ve kaplama olmaksızın dondurarak kurutma işlemi ile kurutulmuş (E) denizhıyarlarının rehidrasyon oranları hesaplanmıştır. Buna göre; A, B ve C grubunun rehidrasyon oranı 2-2.5 arasında, D grubunun rehidrasyon oranı 1.5-2 arasında ve E grubunun rehidrasyon oranının 2.5 olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, en iyi rehidrasyon yeteneğine dondurarak kurutulmuş denizhıyarlarının sahip olduğu ve mikrodalga gücü çok yüksek olmadığı takdirde, dondurarak kurutma ile mikrodalgada dondurarak kurutma arasında rehidrasyon oranı

bakımından fark olmadığı ifade edilmiştir. Bir başka çalışmada, He ve ark. (2012) dondurarak kurutulmuş yengecin iyi bir rehidrasyon yeteneğine sahip olduğunu ve rehidrasyon oranını 30. dakikada 2.15 ve 60. dakikada ise, 2.21 olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Her iki çalışmada da elde edilen rehidrasyon oranı değerlerinin, çalışmamızdaki değerlere yakın olduğu söylenebilir. Ancak, kurutulmuş materyallerin rehidrasyon yeteneğini daha iyi anlamak için gerekli olan, su absorblama ve çözülmüş maddelerin nüfuz etmesi olarak adlandırılan, işlem özelliklerini saptayan çözenlerle ilişkili kalite özellikleri üzerine sınırlı bilgi mevcuttur (Margues ve ark., 2009). Çalışmamızda 30 °C’ deki saf suda yapılan rehidrasyon işleminde belirlenen oran, 100 °C’ deki saf suda yapılan rehidrasyona göre, daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeninin; 100 °C’de yapılan rehidrasyon işlemi sırasında, proteinlerin denatüre olması, tekstür özelliklerinin olumsuz etkilenmesi ve dolayısıyla rehidrasyon kapasitesinin düşmesiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Dondurarak kurutulmuş ürünün rehidrasyonu sonrası, başlangıçta bünyesinde bulunan suyu tam olarak geri kazanamamasının, ürüne uygulanan dondurma- çözdürme işlemleri ile dondurarak kurutma işleminin etkisinden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

Çalışmamızda taze, taze pişmiş, dondurarak kurutulmuş, dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş ve rehidre edildikten sonra pişirilmiş alabalık kıymasında olmak üzere; görünüş, koku, tat, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik özellikleri değerlendirilmiş ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. En yüksek görünüş puanları, son ürün olan rehidre sonrası pişirilmiş alabalık kıymasında ( $8.58 \pm 0.18$ ), en yüksek koku puanları ise, rehidre sonrası pişirilmiş alabalık kıyması ( $8.58 \pm 0.18$ ) ile taze pişmiş alabalık kıymasında ( $8.58 \pm 0.18$ ), aynı puan değerleri ile değerlendirilmiştir. Tat puanları, sadece taze pişmiş ve rehidre sonrası pişmiş alabalık kıymasında değerlendirilmiş olup; taze pişmiş alabalık kıymasında  $8.41 \pm 0.19$  olan değer, rehidre sonrası pişirilmiş kıymada  $7.83 \pm 0.26$  değerine düşmüştür ( $p < 0.05$ ). En yüksek tekstür değerleri, taze pişmiş ve dondurarak kurutulmuş kıymada ( $8.33 \pm 0.22$ ,  $8.33 \pm 0.30$ ) en yüksek renk ve kabul edilebilirlik değerleri ise, taze kıymada ( $8.66 \pm 0.16$ ,  $8.54 \pm 0.17$ ) tespit edilmiştir. Gruplar arasında tat puanları dışında görünüş, koku, tekstür, renk ve genel kabul edilebilirlik değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Duyusal puanlar değerlendirildiğinde; dondurarak kurutma işlemi sonrası uygulanan rehidrasyon işleminin tat değerleri hariç, diğer duyu parametreleri üzerinde etkili olmadığı söylenebilir.

Duan ve ark., (2010) denizhıyarını (*Stichopus japonicus*) sıcak havada kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalgada dondurarak kurutma yöntemleriyle kurutmuşlar ve 10 puan üzerinden duyuşal değerlendirmesini yapmışlardır. Buna göre; sıcak havada kurutulan denizhıyarları 3.25, dondurarak kurutulan denizhıyarları 9.42 ve mikrodalgada dondurarak kurutulan denizhıyarları 9.50 duyuşal puanlarla değerlendirilmiştir. Sıcak havada kurutulan denizhıyarlarının düşük puanlarla değerlendirilmesinin ürünün büzüşmesi ile ilgili olduğu ve mikrodalgada dondurarak kurutma ile geleneksel dondurarak kurutmadaki duyuşal puanlar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı bildirilmiştir.

Fuchs ve ark., (2015) dondurarak kurutulmuş Nil tilapyası kroketlerinin depolamanın 0. 120 ve 240. günlerinde kontrol ve keten tohumu katkılı gruplarda duyuşal analizlerini incelemişlerdir. 0. gün koku hariç, bütün duyuşal özellikler eşit olarak nitelendirilmiştir. Depolamanın 120. günü panelistler koku hariç, bütün duyuşal özelliklerde önemli farklar algılamaya başlamışlardır. 120 gün sonra koku faktörünün, uçucu bileşenlerin zamanla yok olduğu varsayılarak her iki grup arasında eşit olduğu nitelendirilmiştir. Araştırmacılar, ürün kararlılığının korunması için, daha geçirgen olmayan paket gereksiniminin olduğunu bildirmişlerdir.

Shaviklo ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada, dondurarak kurutulmuş kömür balığı kıyması ve protein izolatının duyuşal özelliklerini incelemiş, koku ve lezzet açısından değerlendirmişlerdir. Dondurarak kurutulmuş kömür balığı kıymasında, kurutulmuş balık kokusu ve tadının, dondurarak kurutulmuş protein izolata örneklerine göre, daha düşük yoğunlukta olduğu bildirilmiştir.

Etin lezzetinin (tadının) aminoasitler, peptidler, şekerler, tiyamin, nükleotid metabolitleri, lipidler, lipid oksidasyon ürünleri arasındaki karmaşık etkileşimlerle belirlendiği bildirilmiştir (Spanier, 1994). Et lezzeti oluşumundaki bu başlangıç bileşikleri, etin ısıtılması veya pişirilmesiyle et lezzetini geliştiren uçucu ve uçucu olmayan lezzet bileşenlerini ortaya çıkarmaktadır (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 2002). Kurutulan ürünlerde uçucu bileşenler, su buharı ile taşınarak uzaklaşmaktadır. Bu durum gıda ürününün, karakteristik tat ve kokusunun geri dönüşümsüz olarak kaybolmasına neden olabilmektedir (Anonim, 2016b).

Çalışmamızda dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasına uygulanan rehidrasyon işleminin sonrası, ürünün tat değerlerinin azaldığı görülmüştür. Taze pişmiş alabalık kıymasına göre dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilerek pişirilmiş alabalık kıymasının tat değerlerinin azalmasının sebebi olarak kısmen dondurarak



kurutma işleminin etkili olabileceği ancak, tekstür puanları da göz önünde bulundurulduğunda, rehidrasyon işlemi sırasında suda çözünebilir lezzet bileşenlerinin kaybıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir.

En yüksek koku puanlarının, rehidre sonrası pişirilmiş alabalık kıyması ile taze pişmiş alabalık kıymasında aynı puanla değerlendirilmesi ve tüm gruplarda koku değerlerinde önemli bir azalma olmamasının nedeninin ise, kullanılan ağzı kilitli poşetlerin geçirgenliğinin az olması ile ilgili olduğu söylenebilir.



## 9. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, liyofilizasyon olarak da adlandırılan dondurarak kurutma işleminin, alabalık kıyması üzerine etkilerini belirlemek amacıyla; taze, dondurarak kurutulmuş ve rehidre kıymanın duyuusal, kimyasal ve fiziksel özellikleri ile besinsel kompozisyonları araştırılmıştır.

Bu amaçla; taze alabalık kıyması, dondurarak kurutulmuş alabalık kıyması ve dondurarak kurutulduktan sonra rehidre edilmiş alabalık kıyması olmak üzere, üç farklı grup oluşturulmuştur. Çalışmada her üç gruba duyuusal analizler ile protein, yağ, nem, kül değerleri, aminoasit, yağ asidi, vitamin ve mineral madde miktarları gibi besin kompozisyonu analizleri, pH, TBA sayısı (Tiyobarbitürik asit), renk değeri, su aktivitesi ve tekstür profil analizi uygulanmıştır. Ayrıca dondurarak kurutulmuş ürünün rehidrasyon oranı hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler ışığında; genel olarak varılan sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir;

1. Besin kompozisyonu analizleri dikkate alındığında; protein, aminoasit, yağ asitleri, vitamin ve mineral madde değerlerinin, dondurarak kurutma ve rehidrasyon işlemlerinden etkilendiği söylenebilir. Ancak, örneklerin dondurarak kurutma işleminden önce, bozulmasını önlemek amacıyla donmuş şekilde transfer edilmesi ve daha sonra çözündürme işlemine tabi tutulmasının da besin kompozisyon analizleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim; alabalık kıyması dondurarak kurutma işleminden önce, iki kez dondurma ve bir kez de çözündürme işlemine maruz kalmıştır. Bu konuda yapılacak olan diğer çalışmaların, taze ürünün direkt dondurarak kurutulması şeklinde yapılması, çalışmamızdaki sonuçlara da ışık tutması bakımından önerilebilir.

2. Taze alabalık kıyması, dondurarak kurutulmuş alabalık kıyması ve rehidre edilmiş alabalık kıyması olmak üzere her üç grupta da, TBA değerleri limit değerlerin oldukça altında belirlenmiştir. Alabalığın kıyma haline getirildikten hemen sonra vakum paketlenmesi ve dondurarak kurutma işleminin hemen ardından ağzı kilitli poşetlere konulup karanlık ortamda depolanmasının TBA değerleri üzerinde olumlu etki yarattığı söylenebilir.

3. Alabalık kıymasının aminoasit içeriği dondurarak kurutma işleminden sonra artış göstermiştir. Dondurarak kurutma işlemi ile artan aminoasit değerlerinin kurutmaya bağlı su kaybıyla ilişkili ve protein değerinebenzer şekilde, oransal bir artış olduğu söylenebilir. Rehidrasyon işleminden sonra bu değerlerin düşüş göstermesi

ise,100°C 'deki saf suda yapılan rehidrasyon işlemi sırasında, suda çözülebilir proteinlerin kaybı ve protein denaturasyonu ile açıklanabilir. Bunlara ek olarak; alabalık kıymasının dondurma çözdürme işleminden etkilenmiş olması da muhtemeldir. Dondurarak kurutulmuş ve rehidre örneğin aminoasit miktarındaki değişikliğin, hem dondurma çözdürme işleminden, hem de rehidrasyon işleminden etkilendiği düşünülmektedir, yapılacak kapsamlı çalışmalarla bu sonucu destekleyecek sonuçlar değerlendirilmelidir.

4. FAO/WHO beslenmede  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 oranının en az 0.1-0.2 olması gerektiğini tavsiye etmektedir ve daha yüksek oranların ( $>0.2$ ) insan sağlığı açısından daha faydalı olduğunu bildirmektedir (FAO, 1994). Bir başka kaynakta; beslenmede  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 oranının 1'den yüksek olması istendiği ve bu oranın 5/1 olması halinde, et kalitesinin maksimum derecede ve beslenme açısından iyi kalitede bir ürün olacağı ifade edilmiştir (Nordic Council of Ministers, 1989; Erdem, 2006). Çalışmamızda taze alabalık kıymasının toplam  $\omega$ -3 değeri  $10.06 \pm 0.92$ , toplam  $\omega$ -6 değeri ise,  $23.13 \pm 5.39$  olarak bulunmuştur. Taze alabalık kıymasının  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 oranı  $0.43 \pm 0.17$ 'dir. Dondurarak kurutulmuş ve rehidre kıymada ise sırasıyla bu oran; 0.46 ve 0.43 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullandığımız alabalık kıymasının  $\omega$ -6 miktarı,  $\omega$ -3 miktarına göre oldukça yüksektir. Bunun nedeninin çiftlik alabalıklarının daha çok bitkisel içerikli rasyonlarla beslenmesi ile ilgili olduğu söylenebilir. Elde edilen  $\omega$ -3/  $\omega$ -6 oranı, FAO 'nun tavsiye ettiği asgari ölçülerin üzerindedir. Genel olarak yağ asitlerindeki değişimler göz önüne alındığında; dondurarak kurutma ve rehidrasyon işlemlerinin yağ asitleri üzerine olumsuz etki yaratmadığı söylenebilir.

5. Dondurarak kurutulmuş örneklerin vitamin ve mineral madde değerleri taze örneğe göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun kurutmaya meydana gelen su kaybıyla ilişkili olduğu söylenebilir. Rehidrasyondan sonra genel olarak vitamin ve mineral madde değerlerinin düşmesi ise, büyük olasılıkla rehidrasyon işleminin etkisi ile açıklanabilir. Çalışmamızda tüm dondurarak kurutulmuş örneklerin rehidrasyon işlemi 100 °C'deki suda gerçekleştirilmiştir. Ancak rehidrasyon oranı belirlenirken, 30 °C ve 100 °C olmak üzere iki farklı su sıcaklığı uygulanmıştır. Bu nedenle rehidrasyon sıcaklığından etkilenmiş olduğunu düşündüğümüz, vitamin, mineral madde, aminoasit ve protein değerlerinin, hangi rehidrasyon sıcaklıklarından ne oranda etkilendikleri yapılacak daha kapsamlı çalışmalarla araştırılabilir.

6. Su aktivitesi değeri, dondurarak kurutulmuş üründe 0.197 değerine düşene kadar ürün kurutulmuştur. Dondurarak kurutma işlemi, bu anlamda başarılı bir şekilde

yürütülmüştür. Ayrıca; uygulanan dondurma sıcaklığı, dondurarak kurutucunun basıncı, raf sıcaklığı, uygulama süresi gibi parametrelerin, alabalık kıyması ile ilgili yapılacak olan çalışmalara yol gösterici olacağı söylenebilir.

7. Alabalık kıymasında dondurarak kurutma işleminin, renk değerlerinden L (Aydınlık) değerini artırdığı söylenebilir.

8. Çalışmada, ürünümüz alabalık kıyması olduğundan, tekstür profil analizinin değerlendirilmesi oldukça zor olmuştur. Örnek çok yumuşak bir tekstüre sahip olduğundan, tekstür değerleri düşük çıkmıştır. Ayrıca dondurarak kurutulduktan sonra kırılğan bir yapı kazanmıştır. Bu konuda daha sonra yapılacak çalışmalarda dondurarak kurutma işleminin belirli kalınlığı (derinliği) olan balık filetolarında ya da kısmi balık parçalarında uygulanması önerilebilir.

9. Rehidrasyon işleminde, ürün başlangıçta sahip olduğu su miktarı kadar suyu tekrar bünyesine alabiliyorsa, kaliteli bir ürün olarak kabul edilmektedir. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıyması, başlangıçta sahip olduğu nem oranına, rehidrasyondan sonra ulaşamamıştır. Ancak, daha önce de ifade edildiği gibi; bu kaybın ürünün dondurulup çözülmesi işlemlerinden etkilenmesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

10. Duyusal kalite kriterleri açısından, taze alabalık kıyması ile rehidre edilmiş kıymanın tat değerleri arasında istatistiksel olarak fark belirlenmiştir. Üç gruba ait duyusal parametreler incelendiğinde ise, tat değerleri haricinde diğer parametrelerde fark gözlenmemiştir. Alabalık kıyması, dondurarak kurutucunun tepsilerine yaklaşık 1 cm kalınlığında serilip kurutulduktan sonra, ürün belirli büyüklükteki parçalar halinde tepside çıkarılmıştır. Bu son ürün bisküvi benzeri bir yapı kazanmıştır ve elde kolayca ufalanabilmektedir. Rehidrasyon belirli ebatlardaki küçük parçalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Rehidrasyon işleminden sonra ürün, başlangıçtaki kıyma halinden ziyade, bağlayıcı özelliği düşük, biraz süngerimsi hamur benzeri bir yapı kazanmıştır. Bu nedenle, dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının çeşitli ürünleri zenginleştirmek amacıyla, protein katkısı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber; daha işlevsel gıda ürünlerine dönüşebileceği düşünülerek, söz konusu çalışmanın, alabalık kıyma haline getirilmeden, küçük parçalar veya dilimler halinde dondurularak kurutulması şeklinde denemesi önerilebilir.

## 10. KAYNAKLAR

- Abbas, K.A., Saleh, A.M., Mohamed, A., Lasekan, O. 2009. The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7 (3-4): 86 - 90.
- Adam, K.L. 2004. Food Dehydration Options. Value-added technical note. ATTRA publication, IP-147. National Sustainable Agriculture Information Service.
- Akbulut, N., Karagözlü, C. 2012. Gıda Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Medya, ISBN NO:978-605-5267-01-8.
- Akbulut, S., Keten, A., 2001. Düzce yöresindeki alabalık yetiştiriciliği üzerine bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 49-60.
- Alpbaz, A. 2005. Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Alp Yayınları. ISBN 975-97056-1-3. İzmir.
- Andersen, U.B., Thomassen, M.S., Rora, A.M.B. 1997. Texture properties of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects of diet, muscle fat content and time of storage on ice. *J Sci Food Agric*, 74, 347-353.
- Andrieu J., Vessot S., Hottot A. 2007. Freeze drying of pharmaceuticals in vials: Influence texture, *Chemical Engineering and Processing*, 46, 666-674.
- Anonim, 2004. <http://www.lyotechnology.com/fd-milestones.html>. (Erişim Tarihi: 10.01.2016).
- Anonim, 2016a. [http://www.unido.org/fileadmin/import/32148\\_34ClassificationofDryers.17.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/32148_34ClassificationofDryers.17.pdf)(Erişim tarihi: 13.03.2016)
- Anonim, 2008. <http://www.aralalabalik.com> (Erişim tarihi: 02.09.2008).
- Anonim, 2012a. <http://www.forumfood.net/showpost.php?p=91773&postcount=1>.(Erişim tarihi: 12.03.2012).
- Anonim, 2012b. <http://www.gidabilimi.com/forum/28-dier-gdalar/3650-lyoflzasyon-ve-kullanim-alanlari> (Erişim tarihi: 11.02.2012).
- Anonim, 2012c. <http://www.belgeler.com/blg/2qdu/dondurarak-kurutma-1-odev-2003>(Erişim tarihi: 28.02.12).
- Anonim, 2016b. [http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu428/meyve\\_ve\\_sebzelerin\\_kurutularak\\_muhafazasi.pdf](http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu428/meyve_ve_sebzelerin_kurutularak_muhafazasi.pdf). (Erişim tarihi: 23.11.2016).
- Anonim, 2016c. <http://www.toreuse.com/category/agriculture-and-food-processing/food-plant-and-equipment/freeze-drying-equipment/>. (Erişim tarihi: 29.11.2016).

- Anonim, 2016d. <https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/oc/graphics/photos/jan99/k8311-1.jpg>. (Erişim tarihi: 20.11.2016).
- Anonim, 2016e. <http://www.gilyos.com/wp-content/uploads/2012/02/freeze-drying.jpg>. (Erişim tarihi: 29.11.2016).
- Anonim, 2016f. <http://www.toreuse.com/category/agriculture-and-food-processing/food-plant-and-equipment/freeze-drying-equipment/>. (Erişim tarihi: 29.11.2016).
- Anonim, 2016g. <http://www.slideshare.net/MonikaTambakhe/freeze-drying-ppt>. (Erişim tarihi: 29.11.2016).
- Anonim, 2016h. [http://www.weiku.com/products/11986997/trolley\\_of\\_the\\_SJ\\_tunnel\\_dryer.html](http://www.weiku.com/products/11986997/trolley_of_the_SJ_tunnel_dryer.html). (Erişim tarihi: 29.11.2016).
- Anquez, M. 1966. Fifth International Course on Freeze-Drying, Lyon and Dijon, France.
- Anwar, S.H., Kunz, B. 2011. The influence of drying methods on the stabilization of fish oil microcapsules: Comparison of spray granulation, spray drying and freeze drying. *Journal of Food Engineering*. 105 (2): 367-378.
- AOAC, 1961. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D.C.
- AOAC, 1984. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D.C.
- AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> ed., Arlington, VA.
- AOAC, 2006. Association of Official Analytical Chemists, 18<sup>th</sup> ed., Gaithersburg, Maryland.
- AOAC, 1980. Association of Official Analytical Chemists, 13<sup>th</sup> ed. Water Activity: 32.004-32.009.
- AOAC, 2000. Association of Official Analytical Chemists. Minerals in Infant Formula, Enteral Products and Pet Foods. In: Official methods of analysis of AOAC International, 17<sup>th</sup> ed. Washington. D.C. cp 50, pp 15-17.
- AOAC, 2005b. Official Method of Analysis. Vitamin E activity (All-rac- $\alpha$ -Tocopherol) in milk-based infant formula. 992.03. In: Phifer E (ed) Official methods of analysis of AOAC International, chapter 50, pp 4.
- AOAC, 2007. Official Methods of Analysis. Method 2002.05—Determination of cholecalciferol (vitamin D3) in selected foods, 18th ed. Gaithersburg, MD.
- Arocha, P.M., Toledo, R.T. 1982. Descriptors of texture profile analysis of frankfurter type products from minced fish. *J. Food Sci.* 47, 695-698.

- Artinian, N.T., Fletcher, G.F., Mozaffarian, D., Kris-Etherton, P., Van Horn, L., Lichtenstein, A.H., Kumanyika, S., Kraus, W.E., Fleg, J.L., Redeker, N.S. 2010. Interventions to promote physical activity and dietary life style changes for cardiovascular risk factor reduction in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*.122:406–41.
- Aussanasuwannakul, A., Kenney, P.B., Brannan, R.G., Slider, S.D., Salem, M., Yao, J. 2010. Relating instrumental texture, determined by variable-blade and allo kramer shear attachments, to sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, filets. *Journal of Food Science*, 75,7.
- Aussanasuwannakul, A., Slider, S.D., Salem, M., Yao, J., Kenney, P.B. 2012. Comparison of variable-blade to allo-kramer shear method in assessing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet firmness. *Journal of Food Science*, 77, 9.
- Barbosa, C.G.J., Vega-Mercado, H. 2000. *Deshidratacion de alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Başaran, A. 2015. Farklı işleme tekniklerinin gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) vitamin ve mineral kaybı üzerine etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 52s.
- Bellis, M. 2006. Freeze-drying and Freze-Dried Food. <http://inventors.about.com/library/inventors/blfrdrfood>. (Erişim tarihi: 07.01.2016).
- Berik, N., Çankırılıgil, C., Kahraman, D. 2011. Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosundan kroket yapımı ve kalite niteliklerinin belirlenmesi. *Kafkas Üni. Vet. Fak. Derg*, 17 (5): 735-740.
- Beuchat, L.R. 1981. Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*, 26: 345-349.
- Beuchat, L.R. 1983. Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of yeasts and molds. *Journal of Food Protection*, 46:135-141.
- Bilgin, Ş., Ertan, Ö.O., Günlü, A. 2007. Farklı tuzlama tekniklerinin *Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858'nin kimyasal bileşimine etkileri. *E.Ü Su Ürünleri Dergisi*, 24, (3-4) 225-232.
- Bingöl, G. 2009. Gıda işlemede kurutma teknolojilerinin temel ilkeleri IV. Kısaltılmış Doktora Tezi, ISO (İstanbul Sanayi Odası), İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği Projesi.
- Bird, J.N., Savage, G.P. 1990. Carotenoid pigmentation in aquaculture. *Proceedings of the nutrition society of New Zealand*, 15: 45-56.

- Blanchet, C., Lucas, M., Julien, P., Morin, R., Gingras, S., Dewailly, E. 2005. Fatty Acid Composition of Wild and Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Lipids*, Vol. 40, 5.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911–917.
- Brennan, C.P. 1994. 'Home drying of food'. All archived publications. Paper 606. [http://digitalcommons.usu.edu/extension\\_histall/606](http://digitalcommons.usu.edu/extension_histall/606).
- Burger, J., Gochfeld, M. 2009. Perceptions of the risks and benefits of fish consumption: Individual choices to reduce risk and increase health benefits. *Environmental Research*, 109:343–349.
- Calder, P. C. 2004. Long-chain n-3 fatty acids and cardiovascular disease: further evidence and insights. *Nutrition Research*, 24, 761–772.
- Carbonell, I., Duran, L., Izquierdo, L., Costell, E. 2003. Texture of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Instrumental and sensory measurement. *Journal of Texture Studies*, 34, 203-217.
- Casas, C., Martinez, O., Guillen, M.D., Pin, C., Salmeron, J. 2006. Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods. *Food Control* 17, 511–515.
- Castro, F.A.F., Sant'Ana, H.M.P., Campos, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C., Salaro, A.L., Franceschini, S.C.C. 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. *Food Chemistry* 103, 1080–1090.
- Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986. Sebze ve Meyve İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:6, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Ozkan, M. 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Yayın No:28, Ankara.
- Chang, B.S. Patro, S.Y. 2004. Freeze-drying process development for protein pharmaceuticals, in: H.R. Constantino, M.J. Pikal (Eds.) *Lyophilization of Biopharmaceuticals*, AAPS Press, Arlington, VA, USA.
- Christian, J.H.B. 2000. Drying and reduction of water activity. In: *The Microbiological Safety and Quality of Food*, Lundt, B.M., Baird-Parker, T.C., Gould, G.W. Aspen Publishers, Inc., Maryland, pp.146-165.
- Choubert, G., Blanc, J.M. 1985. Flesh colour of diploid and triploid Rainbow trout fed canthaxanthin. *Aquaculture*, 47: 299-304.
- Chukwu, O., Shaba, I.M. 2009. Effects of Drying Methods on Proximate Compositions of Catfish (*Clarias gariepinus*). *World Journal of Agricultural Sciences* 5 (1): 114-116.



- Collignan, A., Bohuona, P., Deumiera, F., Polignea, I. 2001. Osmotic treatment of fish and meat products. *Journal of Food Engineering*, 49, 153–162.
- Connell, J.J. 1961. Freeze Drying of Foods- Edited by: Frank R. Fisher. The effects of freeze drying and subsequent storage on the proteins of flesh foods. National Academy of Sciences –National Research Council, Washington, D.C. pp. 50-58.
- Connor, W.E. 2000. Importance of n23 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr.* 71:171–5.
- Curran, C. A., Nicoladies, L., Poulter, R. G., Pors, J., 1980. Splipidage of fish from Hong Kong at different storage temperatures. *Trop. Sci.* 22: 367- 382.
- Çadırcı, Ö., Göncüoğlu, M. 2008. Balıkların raf ömürlerinin uzatılmasında uygulanan teknikler. *Vet Hekim Der Derg*, 79(4): 23-28.
- Çaklı, Ş., Çelik, U., Dinçer, M.T. 2006. Konsantre midye yapımı için dondurularak kurutulmuş midye (*Mytilus galloprovincialis*) üretimi ve kalite karakterizasyonu. Tübitak, Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu, Proje no: TOVAG 105O045.
- Çaklı, Ş. 2007. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 1. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 696s. ISBN:978-975-483-761-2.
- Çelik, M., Gökçe, M.A. Usta, N.B., Küçükgülmez, A., Taşbozan, O., Tabakoğlu, Ş.S. 2008. Nutritional quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) caught from the Atatürk dam lake in Turkey. *Journal of Muscle Foods* 19, 50–61.
- D'souza, N., Skonberg, D.I., Stone, D.A.J., Brown, P.B. 2006. Effect of soybean meal-based diets on the product quality of rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 71,4.
- Datta, A.K., George, J.P. 2002. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. *Floralid of Food Engineering*, 52(1), 89-93.
- Delgado, C.L., Wada, N., Rosegrant, M.W., Meijer, S., Ahmed, M. 2003. Fish to 2020: Supply and Demand in Changing Global Markets, International FoodPolicy Research Institute and WorldFish Center, Washington, DC. pp. 226.
- Demiray, E., Tülek, Y. 2008. Domates kurutma teknolojisi ve kurutma işleminin domatesteki bazı antioksidan bileşiklere etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi.* (3) 9-20.
- Demirtaş, İ., Pelvan, E., Özdemir, İ.S., Alasalvar, C., Ertaş, E. 2013. Lipid characteristics and phenolics of native grape seed oils grown in Turkey. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 115, 641–647.

- Diler, A., Güner, A., Altun, S., Ekici, S. 2008. Farklı sıcaklık ve hava akım hızında kurutmanın sudak balığı (*Stizostedion lucioperca*) filetolarının kalite niteliklerine etkisi. Vet. Bil. Derg. 24 (1), 77-86.
- Dimova, N. 2003. RP-HPLC Analysis of Aminoacids with UV-Detection, Bulgarian Academy of Science, Tome 56, No 12.
- Dinçer, M.T. 2008. Alabalık filetosu kullanarak balık sosisi üretimi ve soğuk muhafaza ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) şartlarında kalite özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 152s.
- Doğan, K. 2003. Ülkemizin akuakültür potansiyeli ve pazar durumu. Deniz ve Balıkçılık, Aylık Sektörel İhtisas Dergisi. Sayı 3.
- Doğanay, T. 2007. Kurutma. (Editörler: Acartürk, F., Ağabeyoğlu, İ., Çelebi, N., Değim, T., Değim, Z., Doğanay, T., Takka, S., Tırnaksız, F.), Modern Farmasötik Teknoloji, Türk Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını, 2. Baskı, 18-47.
- Domingo, J.L. 2007. Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: Is all that glitters gold? Environment International, 33, 993–998.
- Dönmez, M., Tatar, O. 2001. Fileto ve bütün olarak dondurulmuş gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) muhafazası süresince yağ asitleri bileşimlerindeki değişimlerin araştırılması. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 18 (1-2): 125-134.
- Duan, X., Zhang, M., Li, X., Mujumdar, A.S. 2008. Microwave freeze drying of sea cucumber coated with nanoscale silver. Drying Technology, 26: 413–419.
- Duan, X., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Wang, S. 2010. Microwave freeze drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). Journal of Food Engineering 96, 491–497.
- Dunajski, E. 1979. Texture of fish muscle. J. Texture Studies, 10, 301-318.
- Eikevik, T.M., Strommen, I., Alves-Filho, O., Hemmingsen, A.K.T. 2005. Effect of operating conditions on atmospheric freeze dried cod fish. IADC 3rd Inter-American Drying Conference, August 21-23, 2005.
- Emir Çoban, Ö., Patır, B. 2010. Elazığ'da tüketime sunulan dondurulmuş karides ve kalamarda histamin düzeyi ile bazı kimyasal kalite parametrelerinin belirlenmesi. Ecological Life Sciences, 5(3), 259-267.
- Emir Çoban, Ö., Tuna Keleştemur, G. 2011. Farklı oranlardaki sentetik  $\beta$ -karotenin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarında kas karotenoid stabilitesi ve lipid peroksidasyon düzeyine etkileri. F.Ü. Sağ. Bil.Vet.Derg. 25 (1): 17 – 21.
- Emre, Y., Kürüm, V. 2007. Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği. Posta Basım. İstanbul. 272 s.

- Erdem, M.E. 2006. Doğu karadeniz bölgesinde doğadan avlanan ve yetiştiriciliği yapılan dere alabalığının (*Salmo trutta forma fario* Linneaus, 1758) et kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun, 127s.
- Eren, F. 2011. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W.,1792)'dan jambon yapımı ve raf ömrünün belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 70 s.
- Erkmen, O. 2010. Gıda Mikrobiyolojisi. Efil Yayınevi, Ankara, 552 s.
- Ersoy, B., Özeren, A. 2009. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. Food Chemistry 115, 419–422.
- Eştürk, O. 2012. Intermittent and continuous microwave-convective air-drying characteristics of sage (*Salvia officinalis*) leaves. Food Bioprocess Technol, 5:1664–1673.
- FAO, 1994. “Fats and Oils in Human Nutrition,” Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, FAO Food and Nutrition Paper 57, Rome, pp. 168.
- Faustman, C., Cassens, R. G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. Journal Muscle Fooak 1, 2, 17-243.
- Fellows, P. 2000. Dehydration in Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition, Midway Technology Limited, Cambridge, United Kingdom.
- Fetterolf, D.M. 2010. Lyophilization. Journal of Validation Technology, 28-23.
- Finglas, P.M., Faulks, R.M. 1984. The HPLC analysis of thiamin and riboflavin in potatoes. Food Chem 15:37–44.
- Flink, J.M. 1977. Energy analysis in dehydration processes. Food Technology, 31(3), 77-79.
- Fuchs, R.H.B., Ribeiro, R.P., Matsushita, M., Tanamati, A.A.C., Canan, C., Bona, E., Marques, L.L.M., Droval, A.A. 2015. Chemical, sensory and microbiological stability of freeze-dried Nile tilapia croquette mixtures. CyTA – Journal of Food, 13(4), 556-562.
- Gebauer, S.K., Psota, T.L., Harris, W.S., Kris-Etherton, P.M. 2006. n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. Am J Clin Nutr, 83(6):1526–1535.
- Giraldo, G., Va'sques, R., Marti'n-Esparza, M. E., Chiralt, A. 2006. Rehydration kinetics and solids lixiviation of candied mango fruit as affected by sucrose concentration. Journal of Food Engineering, 77, 825–834.

- Girard, F.P., Omoloso, D.A. 1983. Problemes technologiques relatifs a la deshydratation de la viande. In: European meeting of meat research workers, Vol I, (pp. 260-278), 29.
- Giri, S.K., Prasad, S. 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78: 512–521.
- Goldblith, S. A., Rey, L., Rothmayr, W.W. 1975. *Freeze Drying and Advanced Food Technology*, Academic Pres, London, p. 730.
- Gökoğlu, N., Yerlikaya, P., Cengiz, E. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry* 84, 19–22.
- Gregoire, R.G. 1984. *Understanding Solar Food Dryers*. Volunteers in Technical Assistance (VITA) 1815 North Lynn Street, Suite 200 Arlington, Virginia 22209, USA.
- Guille'n, M.C.G., Borderias, A.J., Montero, P. 1996. Rheological properties of gels made from high and low quality sardine (*Sardina pilchardus*) mince with added nonmuscle proteins. *J. Agric. Food Chem.* 44, 746-750.
- Güngör, A., Özbalta, N. 1997. Endüstriyel kurutma sistemleri, TMMOB, MMO, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı.
- Güngör, A. 2013. Sebze ve Meyve kurutmada kullanılan kurutucular ve kurutma teknolojileri. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 17-20 Nisan, İzmir.
- Gürses, Ö.L. 1986. Gıda İşleme Mühendisliği II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 963, Ders kitabı: 282, Ankara, 134s.
- Hammami, C., Rene, F. 1997. Determination of freeze drying process variables for strawberries. *Journal of Food Engineering*, 32, 133-154.
- Harnkarnsujarit, N., Kawai, K., Suzuki, T. 2015. Effects of freezing temperature and water activity on microstructure, color, and protein conformation of freeze-dried bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Food Bioprocess Technol*, 8:916–925.
- Hasani, M., Rad, A.H.E., Hosseini, M.M., Noghabi, M.S. 2015. Physicochemical characteristic of microencapsulated fish oil by freeze-drying using different combinations of wall materials. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12, 45-51.
- He, L., Li, F., Tang, J. 2012. Fatty acid composition in freeze-dried chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*). *Open Journal of Marine Science*, 2, 90-95.
- Heinzelmann, K., Franke, K., Velasco, J., Marquez-Ruez, G. 2000. Microencapsulation of fish oil by freeze drying techniques and influence of process parameters on oxidative stability during storage. *Eur Food Res Technol*, 211:234-239.

- Hu, Y., Huang, Q., Bai, Y. 2013. Combined electrohydrodynamic (EHD) and vacuum freeze drying of shrimp. *Journal of Physics: Conference Series*, 418.
- Huda, N., Abdullah, A., Babji, A.S. 2000. Nutritional quality of surimi powder from threadfin bream. *Journal of Muscle Foods* 11, 99-109.
- Hultmann, L., Rustad, T. 2002. Textural changes during iced storage of salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 11(3-4).
- Huss, H.H. 1995. Taze balıkta kalite ve kalite değişimleri. FAO Balıkçılık Teknik Not, 348. Nobel yayın. 195 s.
- Hyldig, G., Nielsen, D. 2001. A Review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies* 32, 219-242.
- Ibrahim, A. H., Khalifa, S. A. 2015. Effect of freeze-drying on camel's milk nutritional properties. *International Food Research Journal*, 22(4): 1438-1445.
- Ingolfsson, S., Stefansson, G., Kristbergsson, K. 1998. Seasonal variations in physicochemical and textural properties of north atlantic cod (*Gadus morhua*) mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(3), 39-61.
- İnanlı, A.G., Özpolat, E., Emir Çoban, Ö., Karaton, N. 2011. Alabalık keki yapımı ve ürünün duyuşal, kimyasal kalitesi, Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (1): 149-153.
- İzci, L., Günlü, A., Bilgin, Ş. 2009. Ülkemizde gökkuşuğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) 'nın değerlendirilme şekilleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 5, 1-2.
- Jadhav T.R., Moon R. S. 2015. Review on lyophilization technique. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 4 (5), 1906-1928.
- Johnston, I.A. 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture*, 177, 99-115.
- Kayhan, Ö. 2008. Zeytin karasuyundan antioksidanların dondurarak kurutma yöntemi ile ayrıştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 60 s.
- Keey, R.B. 1972. *Drying: Principles and Practice*. Oxford: Pergamon Press. p 358.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş., Dinçer, M.T., Tolasa, Ş. 2009. Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18:3-17.

- King, C.J. 1971. "Freeze Drying of Foods", Chemical Rubber Co. Press, Cleveland, Ohio, 9-10, 66.
- Kobayashi, K. 1969. Studies on freeze-drying mechanism of marine products. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 17(1-2): 1-70.
- Koç, M., Met, A., Sakin, M., Kaymak Ertekin, F. 2008. Balık yağının dondurarak kurutma yöntemiyle mikroenkapsüle edilmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Kogovsek, T., Tinta, T., Klun, K., Malej, A. 2014. Jellyfish biochemical composition: importance of standardised sample processing. *Marine Ecology Progress Series*. 510: 275-288.
- Koizumi, C., Iiyama, S., Wada, S., Nonaka, J. 1978. Lipid deteriorations of freeze-dried fish meats at different equilibrium relative humidities. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 44(3) 209-216.
- Krokida, M.K., Kouris, D.M. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering* 57, 1-7.
- Krokida, M.K., Maroulis, Z.B. 1999. Effect of microwave drying on some quality properties of dehydrated products. *Drying Technology*, 17(3), 449-466.
- Ladewig, K.F., Morat, M. 1995. Rainbow Trout. Southern Regional Aquaculture Center Publication, No. 224. S 6.
- Lall, S.P., Parazo, M.P. 1995. Vitamins in fish and shellfish. In: Ruither, A., Ed., *Fish and Fishery Products: Composition, Nutritive Properties and Stability*. UK. CAB Int., 157-186.
- Lewicki, P.P. 1998. Effect of pre-drying treatment, drying, and rehydration on plant tissue properties. *International Journal of Food Properties*, 1(1), 1-22.
- Liapis, A. I., Bruttini, R. 1997. Mathematical Models for the Primary and Secondary Drying Stages of The Freeze- Drying of Pharmaceuticals on Trays and in Vials, In: *Mathematical Modelling and Numerical Techniques in Drying Technology*, Turner I., Mujumdar S.A., Ed., Newyork, 481-535.
- Liapis, A.I., Bruttini R. 2006. Freeze Drying. In: Mujumdar A.S (ed). *Handbook of Industrial Drying*. CRC press, Boca Raton, pp 257-283.
- Liapis, A.I., Bruttini, R. 1994. A theory for the primary and secondary drying stages of the freze drying of pharmaceutical crystalline and amorphous solutes: Comparison between experimental data and theory. *Separation Technol.*4:144-155.
- Liapis, A.I., Pikal, M.J., Bruttini, R. 1996. Research and development needs and opportunities in freeze drying. *Drying Technology*, 14,1265-1300.

- Liapis, A.I., Bruttini, R., 1995. Freeze Drying, In: Hand book of Industrial Drying, 2nd Ed, Mujumdar A.S. Marcel Dekker, Inc., Newyork and Basel, 309-343.
- Lin, T.M., Durance, T.D., Scaman, C.H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31, (2), 111-117.
- Lorentzen, J. 1979. Freeze-drying of foodstuffs, quality and economics in freeze-drying. *Chemistry and Industry*, 14, 465-468.
- Lu, Z., Chen, T.C., Zhang, A., Persons, K.S., Kohn, N., Berkowitz, R., Martinello, S., Holick, M.F. 2007. An evaluation of the vitamin D3 content in fish: Is the vitamin D content adequate to satisfy the dietary requirement for vitamin D? *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 103, 642–644.
- Ludorff, W., Meyer, V. 1973. *Fishe und fischerzeuge*. Z. Auflage. Verlag Paul Parey. In, Berlin und Hamburg: 209-210.
- Ma, Y.H., Arsem, H. 1982. Low pressure sublimation in combined radiant and microwave freeze drying. In: *Drying*, Eds. Mujumdar, A. S., New York: Mc Graw-Hill.
- Mafart, P. 1991. *Genie industriel alimentaire. Les procedes physiques de conservation*. Lavoisier, 1.
- Mahan, L. K., Escott-Stump, S. 2005. *Krause: alimentos, nutric,ao dietoterapia*, 11th ed. Sao Paulo, 1280p.
- Malesa-Ciecwierz, M., Usydus, Z. 2015. Vitamin D: Can fish food-based solutions be used for reduction of vitamin D deficiency in Poland? *Nutrition*, 31, 187–192.
- Marques, L.G., Prado, M.M., Freire, J.T. 2009. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *Food Science and Technology* 42, 1232–1237.
- Mattila, P., Piironen, V., Uusi-Rauva, E., Koivistoinen, P. 1995. Cholecalciferol and 25-hydroxy cholecalciferol contents in fish and fish products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8, 232–243.
- McMinn, W.A.M., Magee, T.R.A. 1997. Physical characteristics of dehydrated potatoes-Part II. *Journal of Food Engineering*, 33, 49–55.
- Meda, L., Ratti, C. 2005. Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28, 233–246.
- Mellor, J.D. 1978. *Fundamentals of Freeze Drying*, Academic Press, London, 9-10, 251-252, 261-263.
- Melton, S. 1983. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technology*, 37(7), 105–116.

- Menting, L.G., Hoogstad, B, Thijssen, H.A.C. 1970. Aroma retention during the drying of liquid foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 5(2):127-139.
- Meziane, S. 2011. Drying kinetics of olive pomace in a fluidized bed dryer. *Energy Cons Managi* 52:1644-1649.
- Millman, M.J., Liapis, A.I., Marchello, J.M. 1985. An analysis of the lyophilization process using a sorption sublimation model and various operational policies. *AI Ch E Journal*, 31:1594-1604.
- Moyers, C.G., Baldwin, G.W. 1999. Psychrometry, evaporative cooling and solids drying, Perry's chemical engineer's handbook, section 12, pp. 1-90.
- Mozaffarian, D., Wu, J.H.Y. 2012. (n-3) fatty acids and cardiovascular health: are effects of EPA and DHA shared or complementary? *The Journal of Nutrition*, 142(3):614-625.
- Mujumdar, A.S. 2000. Drying technology in agriculture and food sciences. Science Publishers, Inc. Enfield, USA. ISBN:1578081483. 313p.
- Mujumdar, A. S. 2006. Some recent developments in drying technologies appropriate for post-harvest processing. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1, 76-92.
- Murphy, K.J., Mann, N.J., Sinclair, A.J. 2003. Fatty acid and sterol composition of frozen and freeze-dried New Zealand green lipped mussel (*Perna canaliculus*) from three sites in New Zealand. *Asia Pacific J Clin Nutr*, 12 (1):50-60.
- Nguyen, M.V., Jonsson, A., Arason, S. 2012. Effect of freeze drying on quality of desalted tusk fish. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 5(05), 388-394.
- Nireesha, G.R., Divya, L., Sowmya, C., Venkateshan, N., Niranjan Babu, M., Lavakumar, V. 2013. Lyophilization/Freeze Drying - An Review. *International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences*. 3 (4), 87-98.
- Nollet, L.M. 2004. Handbook of food analysis, 1, 877 pp. Marcel Dekker Inc., Belgium.
- Nordic Council of Ministers, 1989. Nordic Nutrition Recommendations, 2<sup>nd</sup> Ed. Report, Copenhagen.
- Oetjen, G.W. 1999. Freeze Drying, Wiley-VCH, Newyork, 1-2.
- Oğuzhan, P., Angiş, S. 2012. Effect of salting and packaging treatments on fresh rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during storage at refrigerator temperatures. *Kafkas Üni. Vet. Fak. Derg.*, 18 (3): 443-448.
- Okos, M. R., Narishman, G., Singh, R. K., Weitnauer, A. C. 1992. Food Dehydration. In: *Handbook of Food Engineering*, New York: Marcel Dekker. pp. 437-562.



- Olgunoğlu, İ.A. 2012. Dikenli yılan balığı (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks Solender 1794)' nın sıcak tütüleme sonrası aminoasit ve organoleptik kalitesi. J. Agric. Fac. HR. U., 15(4):23-30.
- Otitologbon, S.A., Agbaji, E.B., Peters, O.A., Oniye, S.J. 1997. Proximate and mineral composition of three Nigerian freshwater fishes. J. Sci. Food Agr., 75: 312-314.
- Özay, G., Pala, M., Saygi, B. 1993. Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi. Gıda, 18 (6) 377-383.
- Özbay Doğu, S., Sariçoban, C. 2015. Et kurutma teknolojisi ve dünyada tüketilen bazı kurutulmuş et ürünleri. Journal of Food and Health Science, 1(3), 103-117.
- Özdamar, K. 2015. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1. 10. Baskı. Nisan kitabevi yayınları. 603 s.
- Özden, Ö. 2005. Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85:2015–2020.
- Özkara, T. 2003. Dondurarak kurutma yöntemi ile saklanan greftlerin mekanik özellikleri üzerine radyasyonla sterilizasyonun etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkoç, S.Ö. 2010. Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı. Gıda Dergisi, 35 (3), 211-218.
- Özyurt, G., Polat, A., Loker, G.B. 2009. Vitamin and mineral content of pike perch (*Sander lucioperca*), common carp (*Cyprinus carpio*), and European catfish (*Silurus glanis*). Turk. J. Vet. Anim. Sci., 33(4): 351-356.
- Padula, D., Greenfield, H., Cunningham, J., Kiermeier, A., McLeod, C. 2016. Australian seafood compositional profiles: A pilot study. Vitamin D and mercury content. Food Chemistry 193, 106–111.
- Pala, M., Saygi, Y.B. 1983. Su aktivitesi ve gıda işlemedeki önemi. Gıda, 8:(1) 33-39.
- Patır, B., Can, Ö.P., Çoban, Ö.E., Özpolat, E. 2015. Gökkuşacağı alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) hazırlanan marinatların raf ömrü üzerine eugenol'ün etkisi. Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi Fırat Unv, 27(2), 9-16.
- Patır, B., Oksüztepe, G., Emir Çoban, Ö., Dikici, A. 2009. Dondurulmuş karides etinden hazırlanan kroketlerin raf ömrü. F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg. 23(1):29-37.
- Patır, P., Duman, M. 2006. Tütülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der. 18 (2), 189-195.
- Peleg, M., Bagley, E.B. 1983. Physical Properties of Foods, Avi publishing company Inc. Chicago, Illinois, pp:532.

- Pikal, M.J. Shah, S., Roy, M.L., Putman, R. 1990. The secondary drying stages of freeze drying: drying kinetics as a function of temperature and chamber pressure. *Int. J. Pharma.* 60:203-217.
- Rahman, M. S., Perera, C. O. 1999. Drying and food preservation. In: M. S. Rahman (Ed.), *Handbook of food preservation*, New York: Marcel Dekker. 1st ed. pp. 173–216.
- Rahman, M.S., Al-Belushi, R.M., Guizani, N., Al-Saidi, G.S., Soussi, B. 2009. Fat oxidation in freeze-dried grouper during storage at different temperatures and moisture contents. *Food Chemistry* 114, 1257–1264.
- Rahman, M.S., Al-Amri, O.S., Al-Bulushi, I.M. 2002. Pores and physico-chemical characteristics of dried tuna produced by different methods of drying. *Journal of Food Engineering* 53, 301–313.
- Rahman, M.S., Sablani, S.S. 2003. Structural characteristics of freeze-dried abalone: porosimetry and puncture test. *Food and Bioproducts Processing*, 81(4):309-315.
- Rahman, S., 2006. Drying of fish and seafood. In: Mujumdar, A. (Ed.), *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Florida, pp. 547–561.
- Ramya, N. S., Prabhasankar, P., Gowda, L.R., Modi, V. K., Bhaskar, N. 2015. Influence of freeze-dried shrimp meat in pasta processing qualities of indian *T. durum* wheat. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24:582–596.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review, *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.
- Rebole, A., Velasco, S., Rodriguez, M.L., Trevino, J., Alzueta, C., Tejedor, J.L., Ortiz, L.T. 2015. Nutrient content in the muscle and skin of fillets from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 174, 614-620.
- Rey, S., Xialoin, T., Michael, J. 2004. Study of optimization of the freeze dried product: practical advice pharmaceutical research. *Eur. J. Pharm*, 78- 94.
- Rios, A.S., Garcia, O.D., Salazar, B.Q., Lopez, A.D., Olivan, L.M.G., Martinez, L.X.L., Salem, A.F.Z.M. 2013. Evaluation of physicochemical, functional and textural properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) stored at low temperatures. *African Journal of Biotechnology*, 12 (32), 5087-5096.
- Rodger, G., Weddle, R.B. Craig, P. 1980. Effect of time, temperature, raw material type, processing and use of cryoprotective agents on mince quality. In: *Advances in Fish Science and Technology*, Connell JJ(ed.) Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England, 199-217.
- Roe, M., Church, S., Pinchen, H., Finglas, P. 2013. *Nutrient Analysis of Fish and Fish Products*, Analytical Report, Institute of Food Research, 88 s.

- Roos, N., Chamnan, C., Loeung, D., Jakobsen, J., Thilsted, S.H. 2007. Freshwater fish as a dietary source of vitamin A in Cambodia. *Food Chemistry* 103, 1104–1111.
- Rossell, J. B. 1989. Measurement of rancidity. In: J. C. Allen & R. J. Hamilton (Eds.), *Rancidity in foods* New York: Elsevier. (pp. 23–52).
- Sablani, S.S., Kasapis, S. 2006. Glass transition and water activity of freeze-dried shark. *Drying Technology*, 24: 1003–1009.
- Sablani, S.S., Myhara, R. M., Mahgoub, Z. H. Al-Attabi, Al-Mugheiry, M. M. 2001. Water sorption isotherms of freeze dried fish sardines. *Drying Technology*, 19(3-4), 673–680.
- Sablani, S.S., Rahman, M.S. 2002. Pore formation in selected foods as a function of shelf temperature during freeze drying. *Drying Technology*, 20(7), 1379–1391.
- Sadikoğlu, H., Özdemir, M. 2003. Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda*, 28(6):643-649.
- Saldamlı, İ., Saldamlı, E. 2000. *Gıda Endüstrisi Makinaları*. Savaş Yayınevi, Ankara.
- Saravanan, P., Davidson, N.C., Schmidt, E.B., Calder, P.C. 2010. Cardiovascular effects of marine omega-3 fatty acids. *Lancet*, 376:540-50.
- Sarkardei, S., Howell, N.K. 2008. Effect of natural antioxidants on stored freeze-dried food product formulated using horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 309–315.
- Schormüller, J. 1969. *Handbuch der Lebensmittel Chemie (Band IV). Fette und Lipids*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-Newyork.
- Schubring, R. 2002. Texture measurement on gutted cod during storage in ice using a hand-held instrument. *Inf. Fischwirtsch. Fischereiforsch.* 49, pp. 25–27.
- Schubring, R. 2003. Colour measurement for the determination of the freshness of fish. In: J.B. Luten, J. Oehlenschläger and G. Olafsdóttir, Editors, *Quality of fish from catch to consumer: Labelling, monitoring and traceability*, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 251–263.
- Senadeera, W., Bhandari, B., Young, G., Wijesinghe, B. 2000. Physical property changes of fruits and vegetables during hot air drying. In: A. S. Mujumdar (Ed.), *Drying technology in agriculture and food sciences*. Enfield, NH, USA: Science Publishers, Inc. pp. 149–166.
- Serdaroğlu, M., Değirmencioğlu, G.Ö. 2002. Etin önemli bir kalite özelliği: Lezzet. *Gıda*, 27(4):297-303.
- Shaviklo, G.R., Thorkelsson, G., Arason, S., Sveinsdóttir, K. 2012. Characteristics of freeze-dried fish protein isolated from saithe (*Pollachius virens*). *J Food Sci Technol*, 49(3):309–318.

- Sikorski, Z.E. 2009. Food quality and standards pertaining to fish. P. 142. In Lasztity, R. (ed.) Food quality and standarts – Vol II. Eolss Publishers/ UNESCO,Oxford, United Kingdom. ISBN-978-1-905839-42-1.
- Simpson, J.I., Chang, I.C.L, Appel, E.C., Bollman, M.C. 1954. Effect of water hardness in reconstituting dehydrated fruits and vegetables. Food Tech. 9(12): 613-615.
- Soksahanj, H., Jayas, D.S.1995. Drying of foodstuffs. In Handbook of Industrial Drying” Ed.A.S.Mujumdar , pp. 345-372.
- Spanier, A.M. 1994. Effect of temperature on the analysis of beef flavor volatiles: Focus on carbonly and sulfur containing compound. Food Chemistry. 50:251-259.
- Spinelli, J., Koury, B., Miller, R. 1972. Approaches to the utilization of fish for the preparation of protein isolates enzymic modifications of myofibrillar fish proteins. 37(4): 604-608.
- Stawczyk, J., Sheng, L., Romuald, Z. 2004. Freeze-drying of food products in a closed system. In: Proceedings of the 14th International Drying Symposium, Vol B Brazil: Sao Paulo. pp.949-953.
- Steffens, W., Wirth, M. 2005. Freshwater fish-an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: A review. Archives of Polish Fisheries, 13, 5–16.
- Stone, H., Sidel, L.J. 2004. Sensory Evaluation Practices, 3. Ed. Elsevier Academic Pres, California, USA, pp:377.
- Stewart, M.R., Zipser, M.W., Watts, B.M. 1965. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. Journal of Food Science, 30:464–469.
- Sugimoto, I., Ishihara, T., Habata, H., Nakagawa, H. 1981. Stability of lyophilized sodium prasterone sulfate. J Parenter Sci Technol, 35, 88-92.
- Şengör, G.F., Kalafatoğlu, H., Gün, H. 2004. The determination of microbial flora, water activity and chemical analyses in smoked, canned mussels (*Mytilus galloprovincialis*, L.). Turk J Vet Anim Sci, 28, 793-797.
- Tarladgis, B., Watts, B.M., Yonathan, M., Dugan, L. 1960. Distilation method for determination of malonaldehyde in rancidity food. J. Amer. Oil Chem. Soci., 37(1): 44-48.
- Taylor, R., Zhai, S. 2000. Department of Chemical Engineering University of Cambrige, Cambrige U.K.
- Tekinşen, C., Keleş, A. 1994. Besinlerin Duyusal Muayenesi, Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Yayın Ünitesi, Konya, 77 s.

- Testi, S., Bonaldo, A., Gatta, P.P., Badiani, A. 2006. Nutritional traits of dorsal and ventral fillets from three farmed fish species. *Food Chemistry*, 98, 104–111.
- Tokur, B., Çaklı, Ş., Polat, A. 2006. The quality changes of trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) with a vegetable topping during frozen storage (-18°C). *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23 (3-4):345-350.
- Troller, J.A., Christian, J.H.B. 1978. *Water activity and food*. Academic press, New York San Francisco, London.
- Travers, D.N. 1990. *Drying" Pharmaceuitics: The Science of Dosage Form Design*, (Ed. ME Aulton), Churchill Livingstone, 629-646 s.
- Tsironi, T.N., Taoukis, P.S. 2014. Effect of processing parameters on water activity and shelf life of osmotically dehydrated fish filets. *Journal of Food Engineering* 123, 188–192.
- TÜİK, 2016. Su Ürünleri. Haber Bülteni. Sayı:21720, 23.06.2016.<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21720>
- Uğur, M., Nazlı, B., Bostan, K. 1999. *Gıda Hijyeni, Teknik Yayınları*, İstanbul. 167 s.
- Us, F. 2006. Ozmotik kurutma. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu.
- Ünlüsayın, M., Erdilal, R. 2008. Taze su ürünleri için tekstür profil analizi. *Natural and Applied Sciences (NWSA)*, 3,3.
- Vácha, F., Stejskal, V., Vejsada, P., Kouřil, J., Hlaváč, D. 2013. Texture profile analyses in tench (*Tinca tinca* L., 1758) from extensive and intensive culture. *Acta Vet. Brno*, 82: 421–425.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T. 2004. *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi. Yayın No: 4465.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H. 1993. *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 17, Ankara, 174 s.
- Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M., Barbosa- Canovas, G.V. 2001. Advances in dehydration of foods, *Journal of Food Engineering*, 49, 271-289.
- Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Mothibe, K.J. 2013. Quality changes of dehydrated restructured fish product from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by drying methods. *Food Bioprocess Technol*, 6:1664-1680.
- Wiles, J.L., Green, B.W. 2004. Texture profile analysis and composition of aminced catfish product. *Journal of Texture Studies* 35, 325-337.
- Wolf, W., Spiess, W.E.L., Jung, G., Weisser, H., Bizot, H., Duckworth, R.B. 1984. The water sorption isotherms of bacteria growth. Results of collaborative study. *Journal of Food Engineering* 3:51–73.

- Yağcıoğlu, A. 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tebliği, İzmir. Ege Üniversitesi, 225 s.
- Yashodhara, B. M., Umakanth, S., Pappachan, J. M., Bhat, S. K., Kamath, R., Choo, B.H. 2009. Omega-3 fatty acids: a comprehensive review of their role in health and disease. *Postgraduate Medical Journal*, 85, 84–90.
- Yasmin, A., Takeuchi, T., Hirota, T., Ishida, S. 2004. Effect of conjugated linolenic acid (*cis*-9, *trans*-11, *cis*-13–18:3) on growth performance and lipid composition of fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 70: 1009–1018.
- Yoon, K.S., Lee, C.M., Hufnagel, L.A. 1991. Textural and microstructural properties of frozen fish mince as affected by the addition of nonfish proteins and sorbitol. *Food Structure*, 10, pp. 255-265.
- Yurdakul, E. 2008. Kahvaltılık gevrekleri zenginleştirmek amacıyla üretilen dondurarak kurutulmuş kestanenin kalite kriterlerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova-İzmir.189s.
- Zatsick, N. M., Mayket, P. 2007. Fish oil getting to the heart of it. *The Journal for Nurse Practitioners*. 3(2):104-109.
- Zotte, A.D. Ottavian, M., Concollato, A. Serva, L., Martelli, R., Parisi, G. 2014. Authentication of raw and cooked freeze-dried rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by means of near infrared spectroscopy and data fusion. *Food Research International*, 60, 180-188.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

<b>Adı Soyadı</b>	: Bengünur ÇORAPCI
<b>Doğum Tarihi ve Yeri</b>	: 13.07.1985 Kadıköy /İstanbul
<b>Yabancı Dili</b>	: İngilizce
<b>E-posta</b>	: bsoyleyen@sinop.edu.tr

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Su Ürünleri Avlama- İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı	Sinop Üniversitesi	2011
Lisans	Su Ürünleri	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2008

### YAYINLARI

#### Makale

1. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur** (2014). Effects of Two Different Modified Atmosphere Compositions on Durability of Steam Cooked Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*, Walbaum, 1792). Journal of Food Processing and Preservation, 38, 2155-2166.
2. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra, Yücel Şennan, Yeşilayer Nihat (2014). Determination of Shelf Life of Fish Ball Marinated After Frying Process. Italian Journal of Food, 26(2), 162-168.
3. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Özer Özgül, Eryaşar Kübra (2013). Effects of Multiple Freezing-Thawing Processes and Different Thawing Methods on Quality Changes of Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment, 11(3), 185-189.
4. Kaba Nilgün, Özer Özgül, **Çorapçı Bengünur**. 2016. Effects of Natural and Artificial Colorants on Hot Smoked Garfish (*Belone belone* (Linnaeus, 1761) Stored at +4±1°C. Journal of Aquatic Food Product Technology. <http://dx.doi.org/10.1080/10498850.2015.1117032>
5. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra (2014). Investigation of Biochemical Composition of Whiting (*Merlangius Merlangus Euxinus* Nordmann, 1840) Meat and Roe. International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, 2(2), 33-39.
6. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra (2013). Production of Kokoreç from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) and Determination of Shelf life. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 6(2), 6-10.
7. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Yücel Şennan, Eryaşar Kübra (2013).

- Determining Shelf Life in Refrigerator Conditions of Marinated Meat ball Produced with Smoked Bonito (*Sarda sarda*, Bloch 1793). Journal of New Results in Science, 3, 10-18.
8. Kaba Nilgün, Özer Özgül, **Çorapçı Bengünur** (2012). Dumanlanmış Zargana (*Belone belone euxini* Günther,1866) Köftelerinin Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi.. Journal of fisheries sciences.com, 6(4), 357-367.
  9. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra. 2015. A traditional food: 'fish baked in a salt crust'. International Food Research Journal 22(2): 866-868.
  10. **Çorapçı Bengünur**, Nilgün Güneri. 2016. Yengeç, İstakoz Surimi ve Füme Somon ile Hazırlanmış Makizuşinin  $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi. Journal of Food and Health Science. 2(4):159-170.
  11. **Çorapçı Bengünur**, Kaba Nilgün (2011). Irradiation Technology in Sea Products. Yunus Araştırma Bülteni, 4, 22-27.
  12. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra (2014). Determination of Some Quality Properties and Nutritional Composition of Turkish Raw Meat Ball Produced With Marinated Atlantic Bonito. Gıda dergisi, 39(2), 63-70.
  13. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Yücel Şennan, Özer Özgül, Eryaşar Kübra (2013). Dumanlanmış Palamut Balığından (*Sarda sarda*, Bloch 1793) Elde Edilen Balık Köftesinin Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. Akademik Gıda, 11(2), 45-50.
  14. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra, Karabek Hasibe Nur (2013). Sensory, Chemical and Microbiological Characteristics of Canned-Smoked Whiting Roe Pate. Gıda dergisi, 38(5), 259-266.
  15. Kaba Nilgün, Yücel Şennan, **Çorapçı Bengünur**, Özer Özgül, Eryaşar Kübra (2012). Shelf Life of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) Patties Stored at  $4^{\circ}\text{C}$ . Akademik gıda, 10(4), 19-23.
  16. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra (2013). Pişirme Yöntemlerinin Alabalık Milföy Böreğinin Duyusal ve Besin Bileşimine Etkisi. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 28-2:1-11.

## Bildiri

1. **Söyleyen Bengünur**, Kaba Nilgün (2010). Irradiation technology in sea products. 1st International Congress on Food Technology. 'Cathing the Innovations in Food Science and Technology in the Evolving World', 3-6 November, 2010. Belek, Antalya.
2. **Çorapçı Bengünur**, Kaba Nilgün, Eryaşar Kübra (2013). Fish Baked in A Salt Crust.. The 2nd International Symposium on 'Traditional Foods From Adriatic to Caucasus'. 24-26 October, 2013. Ohrid- Struga, Macedonia.
3. Kaba Nilgün, Özer Özgül, **Çorapçı Bengünur** (2011). Dumanlanmış zargana (*Belone belone euxini* Günther,1866) balığından köfte yapımı ve  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazası sırasında bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. 16. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 25-27 Ekim, 2011. Antalya.
4. Kaba Nilgün, **Çorapçı Bengünur**, Eryaşar Kübra (2013). Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) Milföy Böreği' nde Farklı Pişirme Metotlarının Ürünün Duyusal ve Besinsel Özelliklerine Etkisi. 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 3-6 Eylül, 2013. İstanbul.
5. **Çorapçı Bengünur**, Kaba Nilgün, Eryaşar Kübra (2013). Alabalık



- (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) Kokoreç Yapımı ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 3-6 Eylül, 2013. İstanbul.
6. Korucu Fatma., **Çorapçı, Bengünur.** (2013). Su Ürünlerinde Mikrodalga Kullanımı ve Uygulamaları. 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 3-6 Eylül, 2013. İstanbul.
  7. Kaba Nilgün, Özer Özgül, **Söyleyen Bengünur** (2009). Dumanlama işleminin balık kalitesine ve raf ömrüne etkisi.15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu "Ekosistem Yaklaşımlı Su Ürünleri Üretimi". 1-4 Temmuz, 2009. Rize.

### **Kitap**

1. Buharda Pişirme ve Modifiye Atmosferde Paketleme. (2015). **Bengünur ÇORAPCI.** Türkiye Alim Kitapları Yayınevi. Editör: Mikail COL. Sayfa sayısı,124. ISBN:978-3-639-67376-0.

### **Proje**

1. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon) Teknolojisinin Balık Kıymasına Uygulanabilirliği ve İşlem Aşamalarında Kalite Özelliklerinin Araştırılması.' Sinop Üniversitesi (1901) Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Destekleme Programı Projesi (BAP). SÜF-1901.13-06 numaralı proje. **Araştırmacı,** 2014.

### **ÖDÜLLERİ**

1. Uluslararası Bilimsel Yayınları Teşvik Ödülü, 2014, TÜBİTAK-ULAKBİM.
2. Fen Bilimleri Enstitüsü Mehmet Akif Ersoy Şiir Yarışması Ödülü, 2012, Sinop Üniversitesi.