

# YİYECEK İÇECEK İŞLETMELERİNDE BALIK MUHAFAZA YÖNTEMLERİ

Dr. Ali ŞEN  
Prof. Dr. Gürkan UÇAR



# **YİYECEK İÇECEK İŞLETMELERİNDE BALIK MUHAFAZA YÖNTEMLERİ**

Dr. Ali ŞEN  
Prof. Dr. Gürkan UÇAR

**EĞİTİM**  
yayınevi

## YİYECEK İÇECEK İŞLETMELERİNDE

### BALIK MUHAFAZA YÖNTEMLERİ

Dr. Ali Şen, Prof. Dr. Gürkan Uçar

**Genel Yayın Yönetmeni:** Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

**Genel Yayın Koordinatörü:** Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

**Sayfa Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

**Kapak Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

**Yayıncı Sertifika No:** 47830

**E-ISBN:** 978-625-6408-02-9

1. Baskı, Aralık 2022

**Kütüphane Kimlik Kartı**

## YİYECEK İÇECEK İŞLETMELERİNDE

### BALIK MUHAFAZA YÖNTEMLERİ

Dr. Ali Şen, Prof. Dr. Gürkan Uçar

92 s., 135x215 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-6408-02-9

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/meکانik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

**EĞİTİM**  
yayınevi

**Yayınevi Türkiye Ofis:** İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok.  
No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

**Konya:** Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B,  
Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42  
bilgi@egitimyayinevi.com

**Yayınevi Amerika Ofis:** New York: Egitim Publishing Group, Inc.  
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America  
americaoffice@egitimyayinevi.com

**Lojistik ve Sevkiyat Merkezi:** Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah.  
10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
sevkiyat@egitimyayinevi.com

**Kitabevi Şubesi:** Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye  
+90 332 499 90 00  
bilgi@egitimkitabevi.com

**İnternet Satış:** www.kitapmatik.com.tr  
+90 537 512 43 00  
bilgi@kitapmatik.com.tr

 **kitapmatik**  
İnternetteki kitaplarınız

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>9</b>
<b>2. BALIK MUHAFAZA YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>15</b>
2.1. Soğutarak Muhafaza .....	16
2.1.1. Kırılmış buz ile soğutma .....	18
2.1.2. Su ve buz karışımı ile soğutma .....	22
2.1.3. Soğutulmuş deniz suyu ile soğutma.....	23
2.1.4. Kuru buzla soğutma .....	24
2.1.5. Soğutulmuş hava ile soğutma .....	25
2.1.6. Süper soğutma .....	25
2.2. Dondurarak Muhafaza .....	26
2.2.1. Hava (Gaz) ile dondurma .....	29
2.2.2. Kontakt (Plakalı) Dondurma .....	36
2.2.3. Daldırarak dondurma.....	40
2.2.4. Kriyojenik dondurma (Sprey dondurucular).....	42
2.2.5. Dondurarak muhafaza teknolojisindeki yeni eğilimler.....	44
2.3. Isıl İşlem İle Muhafaza.....	46
2.4. Işınlama İle Muhafaza .....	48
2.5. Tuzlama İle Muhafaza .....	49

2.5.1. Kuru tuzlama .....	50
2.5.2. Islak tuzlama .....	52
2.5.3. Salamura tuzlama .....	53
2.5.4. Enjeksiyon tuzlama .....	55
2.5.5. Gazpe kürü.....	56
2.6. Kurutarak Muhafaza .....	56
2.6.1. Açık havada güneşte kurutma .....	56
2.6.2. Güneş enerjili kurutma (Solar).....	58
2.6.3. Kuru tuzlama yöntemi ile kurutma .....	59
2.6.4. Isı pompası ile kurutma .....	60
2.6.5. Tünelde kurutma .....	61
2.6.6. Vakum ile kurutma.....	61
2.6.7. Dondurarak kurutma.....	62
2.6.8. Ozmotik dehidrasyon yöntemi ile kurutma .....	63
2.7. Dumanlama (Tütsüleme) İle Muhafaza .....	64
2.7.1. Soğuk dumanlama .....	65
2.7.2. Sıcak dumanlama.....	67
2.7.3. Sıcak ve soğuk dumanlama kombine yöntemi.....	69
2.7.4. Sıvı dumanlama .....	69
2.7.5. Elektrostatik dumanlama .....	69
2.8. Marinasyon İle Muhafaza .....	70
2.8.1. Soğuk marinasyon.....	71
2.8.2. Pişmiş marinasyon .....	71
2.8.3. Kızarmış marinasyon.....	72
2.9. Paketleme İle Muhafaza.....	72
2.9.1. Modifiye atmosfer paketleme (MAP) .....	72
2.9.2. Vakumlu paketleme .....	72
2.9.3. Gaz paketleme .....	74
2.9.4. Sous-vide (Vakum pişirme /paketleme).....	75
2.10. Fermantasyon İle Muhafaza.....	76

2.11. Ezilmiş Ürün Teknolojisi (Surimi) İle Muhafaza....	78
2.11.1. Surimi bazlı ürünler.....	79
2.11.2. Balık sosisi.....	82
2.11.3. Balık topları.....	82
2.12. Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulaması İle Muhafaza.....	82
2.13. Vurgulu Elektrik Alanı İle Muhafaza.....	84
2.14. Ultrasonik Ses Uygulamaları İle Muhafaza .....	84
2.15. Mikrodalga Uygulamaları İle Muhafaza .....	85
2.16. Plazma Sterilizasyonu İle Muhafaza .....	85
<b>3. SONUÇ.....</b>	<b>87</b>
KAYNAKLAR .....	88

## ÖNSÖZ

Balık, insan sağlığı için gerekli olan protein, esansiyel yağlar, vitaminler ve mineralleri yeterli şekilde sağlamaktadır. Besleyici değeri yüksek ve sindirimi kolay bir besin olan balık, bir gıda ürünü olarak insanlar için binlerce yıllık uzun bir tüketim geçmişine sahiptir.

Yiyecek içecek işletmelerine büyük bir emek ve maliyetle getirilen balıkların muhafazası hem kalite hem de işletmelerin maliyeti yönünden dikkat çekmektedir. Avcılık veya yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünlerinin çeşitli yöntemlerle işlenmeleri ile lezzetleri ve muhafaza süreleri artırılabilir. Tüketicilerin beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiye karşı artan bilinçlerine, yiyecek içecek işletmelerinin cevap verme çabası da gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle balıkların bol olduğu zamanlarda, ucuza elde edilen ve işlenerek yüksek fiyat ile piyasaya verilen işlenmiş ürünlerin ortaya çıkardığı ekonomik potansiyel, su ürünleri işleme sektörünün hızla gelişmesini sağlamıştır. Günümüzde sektördeki gelişmelere bağlı olarak bu alanda modern fabrikalar kurulmuş durumdadır.

Sudan çıktığı andan itibaren hızla bozulmaya başlayan balıklar, tüketilmeden veya işlenmeden önce dikkatli ve özenli şekilde muhafaza edilmelidir. Değerli ve maliyetli olan balıkların sağlıklı, kaliteli ve güvenilir olarak yiyecek içecek sektörüne sunulması uygun koşullarda avlanması, taşınması, işlenmesi ve muhafaza edilmesine bağlıdır. Balıkların tekniğine uygun olarak muhafaza edilebilmesi için yol gösterici nitelikte olan bu kitap, balık muhafaza yöntemleri konusunda hem akademik alanda hem de yiyecek içecek sektöründe referans bir kaynak olarak önem arz etmektedir.

Dr. Ali ŞEN

Prof. Dr. Gürkan UÇAR

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Yaprak buz ile soğutma.....	20
Şekil 2: Bulamaç buz ile soğutma .....	21
Şekil 3: Tüp buz.....	22
Şekil 4: RSW sistemi.....	24
Şekil 5: Kuru buz.....	25
Şekil 6: Hava akımlı dondurucularda dondurulan balık örnekleri .....	31
Şekil 7: Parti tipi hava üfleli dondurucu .....	32
Şekil 8: Yatay ana akışa sahip çok bantlı hava üfleme dondurucu.....	33
Şekil 9: Hava akımının dikey olarak, ürünlerin aşağıya doğru geçtiği spiral bantlı dondurucu.....	34
Şekil 10: Akışkan yataklı dondurucu .....	35
Şekil 11: Kontakt tipi yatay plakalı dondurucu.....	37
Şekil 12: Üretim ölçekli donma ekipmanı örneği.....	38
Şekil 13: Dikey plakalı kontakt temaslı dondurucu .....	39
Şekil 14: Kriyojenik dondurma tüneli .....	44
Şekil 15: Isıl işlem ile muhafaza edilmiş balıklar .....	48
Şekil 16: Açık havada güneşte kurutma .....	58
Şekil 17: Üretim ölçekli toplu dondurucu kurutma makinesi .....	63
Şekil 18: Dumanlama (Tütsüleme) ile muhafaza yöntemi .....	65
Şekil 19: Sıcak füme uygulanmış alabalık örneği .....	68
Şekil 20: Vakumla paketlenme yöntemi.....	73
Şekil 21: Sous-vide yöntemi.....	76
Şekil 22: Surimi .....	79
Şekil 23: Pembe ve beyaz kamaboko .....	80
Şekil 24: Chikuwa .....	80
Şekil 25: Hanpen .....	81
Şekil 26: Muhafazanın 11. gününde 25°C / 5dk / 220 MPa basınç uygulanmış tekir balığı örnekleri .....	84

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1: Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen balıklardaki mikroorganizmaların gelişme süreleri .....	18
Çizelge 2: Balıkların dondurarak muhafazada dayanma süreleri.....	29



## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

ATP: Adenozin Trifosfat

TEPGE: Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü

CAS: Hücre Canlı Sistemi

CSW: Buzla soğutma yapılmış deniz suyu sistemleri

FAO: Food and Agriculture Organization  
(Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)

HHP: Yüksek hidrostatik basınç

MAP: Modifiye atmosfer paketlenme teknolojisi

PEF: Vurgulu elektrik alan yöntemi

PSF: Pressure Shift Freezing (Basınç Kayması ile Donma)

RPM: Revolutions per Minute (Sabit bir ekseninde, 1 dakika içerisinde gerçekleştirilen dönüş/devir sayısı )

RSW: Mekanik olarak soğutulmuş deniz suyu sistemleri

## 1. GİRİŞ

Balıkların 380 000 yıldır insanlar için besin olarak kullanıldığını gösteren arkeolojik kanıtlar bulunmaktadır (Arason ve ark 2014). Balık; şekli, görünüşü ve boyutu ile çok farklı özelliklere sahip çok çeşitli türleri olan bir su ürünüdür. Balıkların solungaçları, kuyruğu ve yüzgeçleri en belirgin ayırt edici özellikleridir (Magnussen ve ark 2008).

Balık; besleyici değeri yüksek ve sindirimi kolay bir besindir. Balıkların su içeriği yaklaşık olarak % 75-80 civarlarındadır. Beslenme açısından balık ve su ürünleri, önemli protein ve yağ kaynağıdır. Genel olarak, her 100 g yenilebilir balıketi yaklaşık 18-22 g protein içermektedir. Balıklar içeriğindeki yağ miktarına göre yağsız, orta yağlı ve yağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle, % 5' ten az yağlı olanlar yağsız, % 5-10 arası orta yağlı ve % 10'dan daha fazla yağ içerenler ise yağlı olarak kabul edilmektedir (Dean 1990).

Demir, çinko, fosfor, iyot, sodyum, magnezyum ve selenyum mineralleri özellikle balık ve diğer deniz ürünlerinde; D vitamini ise yağlı balık türlerinde daha çok bulunmaktadır (Berry ve ark 2008). Balık ve su ürünleri yapılarında yüksek miktarlarda çoklu doymamış yağ asitleri ve yüksek kaliteli protein bileşikleri barındırdıkları için kardiyovasküler, koroner ve hipertansiyon gibi hastalıkların ortaya çıkma riskini azaltmada katkıda bulunmaktadır. Bunlara ek olarak balık ve su ürünlerinin

kolayca sindirilebilmeleri ve çok önemli mineral kaynağı olmaları tüketicilerin bu ürünleri besleyici ve eksiksiz gıdalar olarak tanımlamalarını sağlamaktadır (Alishahi ve Aïder 2012).

Su ürünleri talebi, balık proteininin dünyanın birçok bölgesinde başlıca hayvansal protein olarak tüketilmesine, tüketicilerin beslenme ve sağlık arasındaki ilişki konusunda gittikçe daha bilinçli olmalarına bağlı olarak küresel düzeyde sürekli artmaktadır (Alishahi ve Aïder 2012, Arvanitoyannis ve Tserkezou 2014, Boziaris 2014).

Tüketicilerin beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiye karşı artan bu bilinçlerine, yiyecek içecek işletmelerinin cevap verme çabası da gün geçtikçe artmaktadır (Cumhur 2019). Artan bu çaba ile yiyecek içecek işletmelerine büyük bir emek ve maliyetlerle getirilen gıdaların muhafazası dikkat çekmeye başlamıştır. Aynı zamanda işletmeye getirilen gıdaların muhafazası hem kalite hem de yiyecek içecek işletmelerinin maliyeti yönünden büyük bir önem arz etmektedir (Barış 2021).

Binlerce yıldır taze olarak tüketilmekte ve insan beslenmesinde çok önemli yeri olan balık ve su ürünleri kimyasal, enzimatik veya mikrobiyal aktivitelerden dolayı bozulabilmektedir. Ayrıca temel olarak yapılarında bulunan yüksek oranda doymamış yağ asitleri, su aktiviteleri, serbest amino asitler, nötr pH ve otolitik enzimlerin varlığı nedeniyle bozulmaya karşı daha fazla duyarlı hale gelmektedir (Alishahi ve Aïder 2012, Jessen ve ark 2014, Nosedá ve ark 2014).

Balık çiftliklerinin veya diğer balık avlama yerlerinin genellikle pazar yerinden uzakta bulunmaları da balıkların bozulma ve pazarda satılamama olasılığını artırmaktadır (Boziaris 2014, Bhuyan 2016). Bundan dolayı, yaklaşık olarak her yıl 4-5 milyon ton balık bozularak tüketilememekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Ghaly ve ark 2010).

Balık muhafaza yöntemlerinin başlıca amacı ürünlerin tazelik, lezzet, tat, koku, besleyicilik değerlerinin en az kayıp ile korunması ve gıda güvenliğini tehdit eden unsurların yok edilmesi veya etkisiz hale getirilerek raf ömrünün uzatılmasıdır. Su ürünlerinin pazar payının artırılması ve ekonomiye kazandırılması için uygun tekniklerle muhafaza edilmesi önem arz etmektedir (Alishahi ve Aider 2012, Arvanitoyannis ve Tserkezou 2014, Boziaris 2014, Jessen ve ark 2014, Noseda ve ark 2014, Bhuyan 2016).

Değerli ve maliyetli gıda kaynaklarından olan su ürünleri, sudan çıktığı andan itibaren hızla bozulmaya başlamaktadır. Bu yüzden su ürünlerinde doğru bir muhafaza yöntemi, diğer gıdaların muhafazasına göre çok daha dikkat gerektirmektedir. Dolayısıyla su ürünlerinin muhafaza yöntemlerinin geliştirilip, yiyecek ve içecek işletmeleri tarafından eksiksiz bir şekilde uygulanması önem arz etmektedir (Erdem 2022).

### **Balığın İnsan Yaşamındaki Yeri**

Balıklar, protein içeriği zengin besinler oldukları için et grubu besinler arasında yer alırlar. Bileşimleri genel olarak sığır, koyun, domuz etleri gibi kırmızı etlere ve kümes hayvanlarının etlerine benzer olmakla beraber; yağ, bazı mineral ve vitamin içerikleri açısından farklılık göstermektedir (Besler 2008).

Sağlıklı bir diyet, tüm gerekli amino asitleri, esansiyel yağları (örneğin uzun zincirli omega-3 yağ asitleri), vitaminleri, mineralleri ve proteinleri yeterli şekilde içermelidir. Tüm esansiyel amino asitleri içeren, kolayca sindirilebilen, yüksek kaliteli bir protein kaynağı olan balıklar, önemli bir besin kaynağı olarak çok önem arz etmektedir (FAO 2016). İnsanlar için gerekli olan en az 13 vitamin tanımlanmaktadır ki, dokulardaki dağılımı düzensiz olmakla birlikte bunların hepsi balıklarda bulunmaktadır. Balıklarda, suda çözünen B ve C vitaminlerinin bulunma miktarı, karasal hayvanlarda bulunan miktarla hemen

hemen aynı, yağda çözünen A, D, E ve K vitaminleri ise genellikle daha fazladır (Turan ve ark 2006).

Balık, çeşitli vitaminlerin yanı sıra kalsiyum, iyot, çinko, demir ve selenyum gibi mineraller ve doymamış yağlar (özellikle uzun zincirli omega 3 yağ asitleri) bakımından çok zengindir. Balık, kardiyovasküler hastalıklara karşı korunmada sağlığa yararlıdır. Fetüs ve bebeklerde beyin ve sinir sisteminin gelişmesine yardımcı olmaktadır (FAO 2016).

### **Üretim ve Tüketim Durumu**

Türkiye’de su ürünleri üretimi tüm dünyada olduğu gibi avcılık ve yetiştiricilik olmak üzere iki üretim şekline bağlıdır. Türkiye’nin üç tarafında bulunan toplam 8 bin 333 kıyı şeridi uzunluğuna sahip denizlerin sıcaklık ve tuzluluk bakımından farklı özelliklerde olması hem avcılığa hem de yetiştiricilik yapılmasına imkân tanımaktadır (TEPGE 2022).

Türkiye’de su ürünleri üretimi 2021 yılında bir önceki yıla göre %1,8 artarak 799 bin 851 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimin %32,8’ini avcılık yoluyla elde edilen deniz balıkları, %4,1’ini avcılık yoluyla elde edilen iç su ürünleri, %4,1’ini avcılık yoluyla elde edilen diğer deniz ürünleri ve en büyük pay ile %59’unu yetiştiricilik ürünleri oluşturmuştur (TÜİK 2021).

Yetiştiricilik üretiminin %71’i denizlerde iken %29’u iç sularda gerçekleşmiştir. Türkiye’deki yetiştiricilik üretiminin %89,8’i levrek, çipura ve alabalık türlerinden oluşmaktadır. Dünya su ürünleri üretimi ise 2020 yılında, 177.768.543 tondur. Üretimin 90.265.933 tonu avcılık ürünleri oluştururken 87.502.609 tonunu yetiştiricilik ürünleri oluşturmuştur (TEPGE 2022).

Üç tarafı denizlerle çevrili olması nedeniyle balık çeşitleriyle zengin olan Türkiye’de, balık tüketimi dünya ortalamasının çok gerisindedir. TEPGE (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü) 2022 verilerine göre; kişi başına ortalama su ürünleri

tüketimi 2020 yılında 6,7 kg olarak gerçekleşirken, 2021 yılında 6,5 kg olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte dünyada balık tüketimi, 1961 yılında kişi başına 9 kg iken, 2019 yılında 20,5 kg'a ulaşmıştır. Bölgeler ve ülkeler arasında balık tüketim miktarı farklılık göstermektedir. Bu farklılık beslenme kültürü, tüketici davranışları gibi belirli eğilimlerden kaynaklanabilmektedir. Düşük gelirli, gıda açığı bulunan ülkelerde 2019'da kişi başına balık tüketimi 5,4 kg, orta gelirli ülkelerde 15,2 kg ve yüksek gelirli ülkelerde ise 26,5 kg olarak saptanmıştır (TEPGE 2022).



## **2. BALIK MUHAFAZA YÖNTEMLERİ**

Balık ve diğer hayvansal ürünler arasındaki en karakteristik fark kas yapılarıdır. Örneğin sığırlarda, lifler kasın içinden geçmekte ve bağ dokusu ile kuvvetlice bağlanmaktadır. Balık kasları ise, kısa şekilde sıralanmış milyonlarca liflerden oluşmakta ve bu kısa lifler ince, zayıf bir zar ile birbirine bağlı durumdadır. Balık kası bu nedenle hafif zorlanma ile birbirinden kolayca kopabilmektedir. Dolayısıyla yakalama, işleme ve depolama sırasında kas yapısını zorlayan işlemler balıklar için yaygın bir kusur oluşturabilmektedir (Magnussen ve ark 2008).

Balıklarda kalite kaybı, başlangıçta bağırsakta ve balık etinde bulunan enzimlerin etkisine bağlı olarak otolitik bozulma ile ortaya çıkmaktadır. Bunu, balık yüzeyindeki mikroorganizmaların çoğalarak dokuların ve ürünün genel olarak bozulması izlemektedir (Garthwaite 1997). Balıklar, temel olarak serbest amino asitler, nötr pH, otolitik enzimlerin varlığı, yüksek oranda doymamış yağ asitleri ve su aktiviteleri nedeniyle bozulmaya karşı oldukça hassas oldukları gibi avlanma, işleme ve taşıma işlemleri sırasında da çok çeşitli mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir. Dağıtım ve depolama sırasında kontamine olan bu mikroorganizmaların daha sonra sadece küçük bir kısmı gelişerek ciddi bozulmalara yol açmaktadır (Huis in't Veld 1996, Alishahi ve Aider 2012, Bozianis 2014).



Genel olarak, mikrobiyal etki nedeniyle ortaya çıkan bozulmaların ve kalite kaybının önlenmesi için yakalandıktan sonra mümkün olan en kısa zamanda balıkların tüketilmesi gerekmektedir (Garthwaite 1997), fakat günümüz koşullarında taze tüketim her zaman mümkün olmamaktadır. Bunun için de balıkların raf ömrünü uzatmak için başlıca muhafaza metotları hakkında bilgiler verilmiştir.

### **2.1. Soğutarak Muhafaza**

Soğutma, en eski ve en yaygın kullanılan gıda muhafaza yöntemlerinden birisidir. Paleolitik ve Neolitik dönemlerden beri yiyecekleri uzun süre korumak için son derece etkili bir yöntem olduğu, insanların yiyecekleri soğutmak için buz ve kar kullandığı bilinmektedir (Evans 2008). Soğutarak muhafaza yöntemi, Çinliler tarafından MÖ 1000 yıllarında buz mahzenlerinde kış mevsimi haricindeki aylarda kullanılmış hatta Yunanlılar ve Romalılar sıkılaştırılmış karları yalıtımlı mahzenlerde depolamışlardır (Jessen ve ark 2014). Soğutma yöntemi, hayvansal gıdaların muhafazasında vazgeçilmez tekniklerden birisidir (Fikiin 2008).

Balıkların depolama ömrü, ürünün asitliği ve su içeriğine bağlı olarak değişmekle birlikte oksijen (havadan), mikroorganizmalar, depolama sıcaklığı, ışık ve su tutma gibi dış etkiler de önemli belirleyici faktörler arasında bulunmaktadır. Taze balık, özellikle yüksek ortam sıcaklıklarında çok çabuk bozulabilmektedir. Balık, bir günden fazla saklanması gerekiyorsa uygun şartlarda muhafaza edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, düşük sıcaklıklarda taze balıkları muhafaza etmek için iki seçenek vardır; mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyen  $-1^{\circ}$  ile  $+4^{\circ}$  C'de soğutma, ya da bakterilerin gelişmesini tamamen durduran  $-18^{\circ}$  ile  $-30^{\circ}$  C'de dondurma yöntemidir (Maas-van Berkel ve ark 2004).

Dünya toplam gıda üretimi miktarı, yılda yaklaşık 5 milyar ton civarındadır. Bu miktarın 2 milyar tonu soğutma işlemine

ihtiyaç duymaktadır, ancak sadece 400 milyonu verimli bir şekilde soğutulabilmektedir (Fikiin 2008).

Bir dizi kimyasal tepkimeler, balıkların tutulmasından hemen sonra başlamaktadır. Bu tepkimeler soğutulmuş depolama sırasında balık kalitesinin nasıl değiştiğinden sorumlu olan tepkimeleri içermektedir. Balık kalitesini etkileyen bu değişimler; rigor mortis, protein değişiklikleri, yağ değişiklikleri ve mikrobiyal değişikliklerdir (Jessen ve ark 2014).

Taşıma, filetolama ve işleme gibi bir nedenden dolayı hemen dondurma işlemi yapılması mümkün değilse, avlanmalarından hemen sonra balıkların sıcaklıklarının hızla 0 °C civarına getirilmesi soğutma yönteminin temel prensibini oluşturmaktadır (Maas-van Berkel ve ark 2004, Jessen ve ark 2014).

Balıkların sıcaklığının hızla 0 °C civarına getirilmesi, bozulma hızının mümkün olduğunca yavaşlatılması anlamına gelmektedir. Bozulma süreçleri düşük sıcaklıklarda geciktirilebilmekte ve sıcaklığın yeterince düşük olduğu durumlarda bozulma neredeyse engellenebilmektedir (Garthwaite 1997, Maas-van Berkel ve ark 2004, Magnussen ve ark 2008, Sampels 2015).

Farklı türdeki balıkların raf ömürleri değişiklik gösterebilmektedir. Bu durum öncelikli olarak ürünlerin depolanma sıcaklığına ve başlangıç durumundaki kalitesine göre farklılık arz etmektedir. Ayrıca; beslenme alışkanlıkları, üreme koşulları, gemide işleme, paketleme, depolama yöntemi de balıkların kalitesini etkileyen önemli faktörlerdendir (Garthwaite 1997).

**Çizelge 1:** Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen balıklardaki mikroorganizmaların gelişme süreleri

Sıcaklık (°C)	Üreme süresi (saat)
33	0,5
22	1
12	2
10	3
5	6
2	10
0	20
-3	60

### 2.1.1. Kırılmış buz ile soğutma

Buz kullanmanın çeşitli avantajları vardır. Buz çok yüksek bir soğutma kapasitesine sahiptir. Buz yapımında kullanılan su kaynağı hijyenik ise ve buz, erime esnasında balık sandığı içindeki tüm ürün yığına ulaşabiliyorsa sağlık açısından hiçbir sakınca taşımamaktadır. Yüzey alanı ne kadar büyükse, o kadar fazla eriyen buzlar balık sandıkları veya kutularda kullanılmak üzere ezilmektedir. Balıkların üzerine atılan ezilmiş buzların direk teması ile değil, buzun erime suyu prensibine göre soğutma işlemi yapılmaktadır (Jessen ve ark 2014).

Bütün balıklar, bağırsakları ve solungaçları çıkarılmış halde işlem görürken balık filetoları ise direk üzerine buz koyularak (0 °C) soğutulmaktadır (Maas-van Berkel ve ark 2004, Sahoo ve Chatli 2016). Özellikle yağlı balıklar, yağ oksidasyonunun yavaşlaması için hızla soğutulması gerekmektedir. Soğutma işlemi; ince şekilde kırılmış buzlar balık sandıklarının içerisine bir kat serilir, buzların üzerine tabaka halinde bir kat yıkanmış ürünler dizilir ve ürünlerin üzerine tekrar kırılmış buz serilerek yapılmaktadır. İşlem her zaman bir buz tabakası ile bitmelidir. Buz eridiğinde, balık sıcaklığını 0 °C' de tutmak için yeniden buz eklenmelidir (Varlık 1988, Maas-van Berkel ve ark 2004, Sahoo ve Chatli 2016).

Etkili ve verimli bir soğutma işlemi için buzlama işlemi, balıkların avlanılmasından kısa bir süre sonra balıkçı gemilerindeki buz makinelerinde taze üretilen buzlarla ve özel kutularda yapılmalıdır. Daha sonra mekanik soğutma ile 2 °C' ye kadar (buzun erimesini sağlamak için) soğutulması ve yalıtılması gerekmektedir (Varlık 1988, Jessen ve ark 2014). Bu sıcaklık değerleri arasında bakteriyel ve enzimatik değişimler yavaşlamaktadır. Bu yöntemde erimekte olan buz suyu balık ve buz arasında sıkı bir kontakt oluşturmaktadır. Dolayısıyla iyi soğutma tam olarak gerçekleşebilmektedir (Varlık 1988, Ghaly ve ark 2010, Sahoo ve Chatli 2016, Ufuk ve Sarımehmetoğlu 2016).

Soğutmada kullanılacak buz ince bir şekilde kırılmış ise çok verimli sonuçlar alınabilmektedir. Bu yöntemde ince kırılmış buzlar kullanıldığı için daha çabuk erimekte ve ürünlerin yüzeyi ile daha hızlı temas geçebilmektedir. Ayrıca kırılmış buz ile depolamada buz sadece balık yüzeyini soğutmakla kalmamakta aynı zamanda eriyen buzun suyu aşağıya doğru süzülerek balık yüzeyinde bulunan bakterilerin temizlendiği bildirilmektedir (Varlık 1988, Ghaly ve ark 2010) .

Buzla soğutma esnasında kaliteyi olumsuz şekilde etkileyen balıkların birbiriyle çok fazla temas etmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Ayrıca kasanın en altında kalan ürünler erime suyuna çok fazla maruz kalabilmektedir. Bunu önlemek için etkili bir drenaj yapılması gerekmektedir (Ufuk ve Sarımehmetoğlu 2016). Bu yöntem ile ürün, soğutma esnasında dehidrasyon, acılaşıma ve oksidasyona neden olan havadan korunabilmektedir. Fakat soğuk oda sıcaklığı -3/-4°C gibi düşük sıcaklıklarda olduğunda buz hiçbir zaman erimemekte ve bu sıcaklıklarda balık kasları yarı donmuş duruma gelerek kas dokusuna zarar verebilmektedir (Varlık 1988, Jessen ve ark 2014).

Buz, hazırlanış şekline göre farklı isimler alabilmektedir. Örneğin; buzlar, hazırlanışlarına göre yaprak, tüp, kepekli, ötektik, bulamaç, pelte vb. gibi farklı isimler almaktadır.

**Yaprak buz;** ürünlere mekanik zarar vermeden ürünün etrafında kolay ve homojen bir şekilde dağılabilmektedir. Ayrıca yapı ve boyut özellikleri bakımından kullanımı ve taşınması kolay olduğundan ürünlerin soğutulmasında en avantajlı olanı, yassı buz olarak da bilinen yaprak buzdur (Ufuk ve Sarımehmetoğlu 2016). Yaprak buz, suyun soğutulmuş, yuvarlak, pürüzsüz bir yüzeyde, ince tabakalar halinde ve 2-3 mm kalınlıklarında dondurulması daha sonra bıçaklar aracılığıyla kazınmasıyla elde edilmektedir (Binici ve Kurtkaya 2014).



Şekil 1: Yaprak buz ile soğutma

**Ötektik buz;** dondurulmuş ürünlerin çok düşük sıcaklıklarda taşınması gerektiği durumlarda kullanılan özel buzlara denilmektedir (Ufuk ve Sarımehmetoğlu 2016).

**Kepekli Buz;** su, çift cidarlı ve ekseni etrafında dönen bir tamburu olan bir makinede, tambura cidarları arasında doğrudan doğruya genişleyen amonyakla  $-18^{\circ}$  C ve daha aşağı sıcaklıklara kadar soğutulmaktadır. Soğuk tamburun üzerine su püskürtülmekte su bu esnada tambura değer değmez donmaktadır. Oluşan buz, kazıyıcı bıçaklar yardımıyla 2-3 mm kalınlığında ufak parçalar halinde kesilmektedir (Binici ve Kurtkaya 2014).

**Bulamaç buz;** su ile düşük donma noktasına sahip solüsyonların oluşturduğu değişik fazlardaki “mikro-kristal” buzlara denilmektedir. Bulamaç buz, konsantrasyonu düşük salamura da içerebilmektedir (Ufuk ve Sarımehmetoğlu 2016).

Bulamaç buz, daha yüksek ısı değişim kapasitesi nedeniyle sıfırın altında daha düşük sıcaklıklara ulaşmakta ve ürünlerin bütünüyle kaplanması koşuluyla oksidasyon ve dehidrasyondan ürünleri korumaktadır. Bunun yanı sıra, buz bulamaçlarındaki parçacıklar pullardan daha küresel dağılabilmektedir ve bu nedenle daha az fiziksel hasara neden olmaktadır (Sampels 2015).



**Şekil 2:** Bulamaç buz ile soğutma

**Tüp Buz;** boyutları 40 mm x 40 mm civarındaki bir tüp içerisinde tüp biçiminde buzun oluşturulmasıdır (Binici ve Kurtkaya 2014).



Şekil 3: Tüp buz

**Pelte buz;** en büyük özelliği soğutulup tekrar kullanılabilmesidir (Binici ve Kurtkaya 2014). Jelatin bir kimyasal maddenin dondurulmasıyla elde edilmektedir (Ufuk ve Sarımehtemtoğlu 2016).

Balığın buz ile depolanmasında taze olarak ne kadar dayanabileceği, balığın çeşidine, büyüklüğüne, mevsime, beslenme şartlarına ve daha birçok faktörlere bağlı olmakla birlikte eğer balık, avlandıktan sonra uygun şartlarda gerekli işlemlere tabi tutulmuş ise 2-3 hafta dayanma süresine sahip olabilmektedir (Varlık 1988).

### 2.1.2. Su ve buz karışımı ile soğutma

Avlanan ürünlerin blok ya da parçalanmış haldeki buzun, deniz veya çeşme suyu karışımında bekletilmesi ile yapılmaktadır. Bu yöntemde balık ve su ürünleri genellikle bir kısım ürün, bir kısım deniz suyu ve kırılmış buz olacak şekilde hazırlanarak depolanmaktadır. Su ve buz karışımı ile soğutma yönteminde karışım sıcaklığı 0 °C civarında olması gerekmektedir. Kırılmış buz ile soğutma yöntemindeki gibi pratik, etkili ve ekonomik olduğundan dolayı oldukça fazla kullanılan bir yöntemdir (Varlık 1988).

### 2.1.3. Soğutulmuş deniz suyu ile soğutma

Buzla soğutma yapılmış deniz suyu (CSW) ve mekanik olarak soğutulmuş deniz suyu (RSW) sistemleri ürünün raf ömrünün uzatılmasında ve kalitesinin muhafazasında kullanılan temel yöntemlerdir(Ufuk ve Sarımehtemoğlu 2016).

Sampels, (2015) yaptığı çalışmada, bu sistemlerin, balık ve karideslerin bozulmasını normal buza kıyasla daha uzun süre geciktirdiğini ve bunun, soğutulmuş su kullanımı ile daha anaerobik koşullara bağlı olduğunu bildirmiştir. Bu yöntemde, deniz suyunun veya hazırlanmış tuzlu salamura sıvısının herhangi bir soğutucu ile 0 ila -2°C'ye kadar soğutulması sonucunda balıklar tür ve ebatlarına göre 10 dakika ile 2 saat arasında soğutulmuş suyun içinde bekletilmektedir. Balıklar 0°C'ye kadar soğuduktan sonra balık sandıklarına düzgün ve sıralı şekilde dizilmektedir. Balık sandıkları daha sonra hava cereyanı olmayan -2/-4°C'deki soğuk odalara taşınmaktadır. Bu şekilde 15 gün saklama sonucunda kalite özelliklerinin çok iyi tespit edildiği bildirilmektedir (Varlık 1988).

Soğutma sürecinde suyun sık sık değiştirilme gerekliliği, sıcaklık farkının engellenmesi amacı ile sirkülasyonun sağlanması zorunluluğu ve ürünlerde renk değişimine sebep olması bu yöntemin dezavantajları arasında görülmektedir. Ayrıca fırtınalı havalarda tank sisteminde açık denizcilikte zorluklar yaşanmaktadır (Ufuk ve Sarımehtemoğlu 2016).





Şekil 4: RSW sistemi

#### 2.1.4. Kuru buzla soğutma

Kuru buz ile soğutma yönteminde, katı karbondioksit buzu kullanılmaktadır. Bu yöntemde ürün üzerinde donma yanıklarının önüne geçmek amacıyla direkt temas yapılmaması çok önem arz etmektedir (Ufuk ve Sarımeahmetoğlu 2016). Karbondioksit buzu, sanayide oldukça pahalıya mal edilmekte ve faz değişimi direkt gaz haline geçiş şeklindedir. Bu nedenle ısı iletimi düşük olup, balıklar üzerinde ısı değişimi kontrol altında tutulamamaktadır. Ayrıca kuru buzun gaz haline geçişinde oluşan gazın boğucu etkisinden dolayı kapalı ortamlarda kuru buz ile çalışılmamaktadır. Dolayısıyla pek tercih edilen bir yöntem olmamaktadır (Varlık 1988).



Şekil 5: Kuru buz

### 2.1.5. Soğutulmuş hava ile soğutma

Balıklar soğutma odalarında da depolanabilmektedir. Bu yöntemde sıcaklık donma noktasının hemen üstünde olduğu için balıkların üzerinde yatan buzlar erimekte ve balıklar taze kalmaktadır. Bu şekilde balık donmamaktadır. Ürünün tutulduğu kutular zeminde, duvara ya da birbirlerine karşı havanın serbestçe dolabileceği şekilde konumlandırılması gerekmektedir (Maas-van Berkel ve ark 2004).

Balıkların depolandığı soğutulmuş odanın sıcaklığı genellikle  $-2^{\circ}\text{C}$  dolaylarındadır. Taze balık soğuk odada hızlı şekilde yüzeysel olarak kuruyabilmekte ayrıca görünüş, kalite ve ağırlık kayıplarına uğrayabilmektedir. Dolayısıyla bu yöntem de pek fazla kullanılmamaktadır (Varlık 1988, Maas-van Berkel ve ark 2004, Ufuk ve Sarımehmetoğlu 2016).

### 2.1.6. Süper soğutma

Süper soğutma veya derin soğutma, genel olarak, ürünleri  $-0,5$  ve  $-2,8^{\circ}\text{C}$  arasındaki çoğu gıda ürünü için donma başlangıç noktasına veya hemen altındaki bir sıcaklığa soğutmak anlamına gelmektedir. Vakumlama ile kombine edilen düşük sıcaklıklar, bakteriyel gelişme, lipit oksidasyonu ve renk bozulmasını geciktirmektedir. Balık ve deniz ürünlerinde, süper (derin) soğutma başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Sampels 2015).

Balıklarda bozulmayı etkileyen faktörlerin azaltılarak balığın raf ömrünü uzatmak balıkların 0°C'nin altında depolandığı süper soğutma ile elde edilebilmektedir. Örneğin; Jessen ve ark (2014), balıkların, soğutulmuş deniz suyunda süper soğutma özelliğine ulaşabildiklerini, deniz suyunun, balıklardaki ısıyı daha hızlı almasından dolayı soğutma işlemlerini daha hızlı hale getirdiğini ve balıkların sıcaklığını -1 ile -2 °C arasında bir sıcaklığa düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Süper soğutma, balığın kısa sürede soğuk zincirlerdeki sıcaklık artışlarından korunması için de kullanılmaktadır. Uygulamada, soğutma kabinlerinde sıcaklık dalgalanması nedeniyle süper soğutulmuş durumu korumak çok zor olabilmektedir. Dondurucu soğutma olarak da adlandırılan süper soğutma, balıkların -2 ile -4°C arasındaki sıcaklıklarda ise kısmen dondurulmasını sağlamaktadır (Jessen ve ark 2014).

Bu yöntemde balıklar, buz kristallerinin oluşmaya başladığı sıcaklık derecelerinde korunmaktadır. Buradaki sıcaklık değeri üründen ürüne biraz farklılık göstermektedir. Süper-soğutma yöntemindeki bu sıcaklık değerleri bakteriyel çoğalma ve enzimatik reaksiyonları bastırmak için yeterli olmaktadır. Bununla birlikte, hücresel hasara yol açmadan raf ömrü uzatılabilmektedir (George 1993).

## **2.2. Dondurarak Muhafaza**

Dondurarak muhafaza yöntemi, bozulabilir nitelikteki gıda ürünlerinin doğal kalite özelliklerinin uzun süreli korunması için en önemli ticari yöntem olarak kabul edilmektedir (Fikiin 2008). Bu yöntem, dondurulmuş gıda teknolojisindeki gelişmelerle, yirminci yüzyılın son yarısında hızla gelişmiştir. Tüketicinin yaşam tarzındaki değişikliklerle beraber tüketicilere kolaylık sağlayan gıda ihtiyacının artması ayrıca düşük maliyetli soğutma teknolojilerinin geliştirilmesiyle her hanenin yiyecek depolamak için bir dondurucuya erişimi mümkün olmuştur (Evans 2008).

Gıdaların dondurulmasının en önemli sebebi onları korumak ve depolama ömürlerini uzatmaktır (Nesvadba 2008). Dondurma işlemi, yüksek derecede güvenlik, besin değeri, duyuşsal kalite ve kolaylık sağlayabilen bir muhafaza yöntemidir (Berry ve ark 2008).

Balık, 2 veya 3 haftadan fazla bir süre saklanmak isteniyorsa, dondurulması gerekmektedir (Maas-van Berkel ve ark 2004).

Gıdaların dondurulması, gıdaların bozulmasını düzenleyen fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonları yavaşlatmakta fakat durduramamaktadır. Dondurma yöntemi ile muhafaza edilmiş ürünler, düzgün bir şekilde işleme ve uygulama yapıldığında genellikle diğer yöntemlerle muhafaza edilmiş ürünlere kıyasla üstün duyuşsal ve besleyici özelliklere sahip sonuçlar alınabilmektedir. Bu olumlu sonuçlar, dondurma işleminin kontrolüne ve ürünün dondurulmadan önceki ön hazırlığına ve donma sonrası işlemlere bağılı olarak değışebilmektedir (George 1993, Gormley 2008).

Balık, ağırlıkça yaklaşık % 75-80 oranında su içermektedir. Donma işlemi esnasında bu suyun çoğı buza dönüşmektedir. Bununla birlikte -25 °C'lik bir sıcaklıkta bile, aslında suyun sadece % 90-95'i donabilmektedir. Bu sıcaklık aralığı kritik veya donma bölgesi olarak da bilinmektedir. Bozulma, 0°C'nin hemen altındaki sıcaklıklarda oldukça hızlı bir şekilde devam ettiği için kritik aralığı hızlı bir şekilde geçmek önemli olmaktadır (Garthwaite 1997, Ghaly ve ark 2010).

Çok hızlı dondurulma işlemi uygulanmış ürünlere hücre içi suyu hücre dışına çıkamadan kristalleşebilmektedir ve bu durum "hücre içi dondurma" olarak isimlendirilir. Eğer donma hızı yüksek değılse buz kristalleri hücre dışında oluşmakta, hücre içi suyu hücre dışına çıkmakta ve orada kristalleşmektedir. Bu durum da "hücre dışı dondurma" olarak isimlendirilir. Hücre dışı donmuş ürün uzun süre depolanıp çözündürüldüğünde, çözünen su hücre dışında kalarak ürün dokusunun sulu bir hal

almasına, pürüzlü olmasına ve bazı niteliklerini kaybetmesine neden olabilmektedir (Varlık 1988, Kolbe ve Kramer 2007, Jessen ve ark 2014, Ufuk ve Sarımeahmetoğlu 2016).

Ürünün -10 °C ve -12 °C sıcaklıklarda depolanması “dondurulmuş”, -18 °C ve daha düşük sıcaklık derecelerinde depolanması ise “derin dondurulmuş” ürün olarak ifade edilmektedir. Dondurucu sistemlerde balıkların donması için -30 °C (-22 °F) sıcaklık önerilmektedir (Ufuk ve Sarımeahmetoğlu 2016).

Maas-van Berkel ve arkadaşları, (2004) yaptıkları çalışmada, iyi kalitede balıklar yakalandıktan hemen sonra -30 °C (-22 °F)’de dondurulursa, çok uzun bir süre saklanabildiğini bildirmişlerdir. Günümüzde kullanılan dondurma işlemleri karşılaştırıldığında, daha hızlı dondurma sürecine yönelik bir eğilim görülmektedir (George 1993). Artan trol ve uzun balıkçı gemileri ile birlikte günümüzde taze balık üretimi ve işleme sistemi, avlanmasından dondurulmasına ve çözdürülmesine kadar gelişmiş durumdadır (Magnussen ve ark 2008). Kontrollü dondurma, nakliye ve depolama ile ilgili mevcut su ürünleri işlem sürecindeki gelişmeler kaliteyi sürekli arttırmaktadır (Kolbe ve ark 2006). Diğer muhafaza yöntemleriyle karşılaştırıldığında, dondurma yönteminin avantajı, işleme noktasından uzak yerlerde ve uzun süreli avlanma dönemlerinde daha kaliteli balık elde edilebilmesidir (Berry ve ark 2008).

Balıkların dondurularak muhafazası, mevsimsel tedarik oranlarının eşit olmasına da yardımcı olmaktadır. Ayrıca tüketicilere ve ikincil ürün işleyen işletmecilere yüksek kaliteli hammadde tedariki de sağlamaktadır (Kolbe ve ark 2006). İyi bir dondurma işlemi için yüksek enerji verimliliği ve dondurulacak ürün çeşitliliklerini tam karşılayabilecek soğutma sistemlerinin seçilmesi çok önemlidir. Ayrıca kompresörlerin dikkatli seçilmesi ve kompresörlerde kapasite kontrolü ve fanların frekans kontrolünün bulunması gerekmektedir

(Magnussen ve ark 2008). Ticari bir dondurucunun ana rolü, ürünün ısınıyı kaybetmek ve üründeki serbest suyun çoğunu katı hale dönüştürmektir. Bu sürecin, ürünün minimum kalite kaybı yaşaması için yeterince hızlı olması gerekmektedir(Kolbe 2005).

Günümüzde başarılı bir dondurma işlemi ile gıdalar neredeyse orijinal haliyle korunabilmektedir. Ayrıca gıdaların dünya çapında temin edilebilmesi ve taşınabilmesi mümkün olmakla birlikte raf ömrünü uzatmak için koruyucu veya katkı maddesi kullanmaya da gerek kalmamaktadır (Evans 2008). Dolayısıyla dondurarak muhafaza yöntemi, balıklar için en yaygın kullanılan muhafaza yöntemlerinden biridir (Bozıaris 2014).

**Çizelge 2:** Balıkların dondurarak muhafazada dayanma süreleri

<b>Yağsız Balıklar</b>	
-20 °C'de	6 ay
-9 °C'de	2 ay
<b>Yağlı Balıklar</b>	
-30 °C'de	4-6 ay
-20°C'de	3-4 ay
-9°C'de	1 ay
-6°C'de	2 hafta
0°C'de	1 hafta

### **2.2.1. Hava (Gaz) ile dondurma**

Bir soğutucu ekipman ile soğutulmuş havanın kullanıldığı soğuk hava ile dondurma yöntemi temelde iki farklı uygulamaya dayanmaktadır. Birincisi “durgun hava ile dondurma”, ikincisi ise “hava akımı ile dondurma” yöntemidir (Ufuk ve Sarımehtemöglü 2016).

#### **a. Durgun hava ile dondurma**

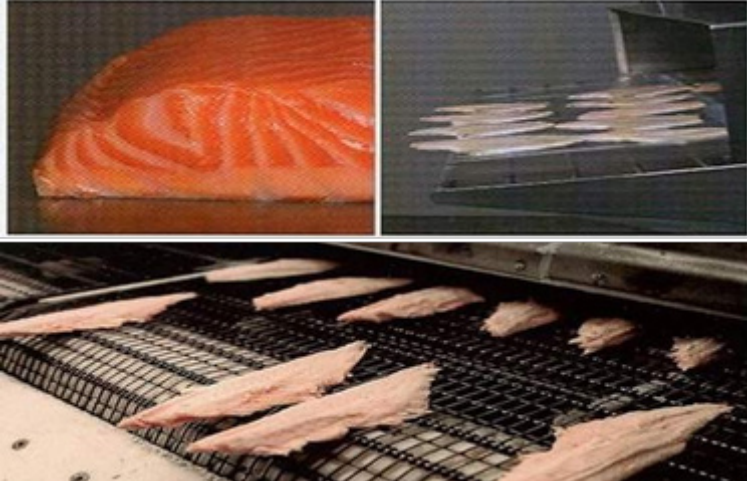
Durgun havada dondurma temeline dayanmaktadır. Hava, dondurucuların içinde dolaştırılmamaktadır. Yavaş dondurma

yöntemlerinden biridir. Donma süreci kontrol edilememektedir çünkü soğutma oranı sadece ürünün kalınlığı ve havanın sıcaklığı ile belirlenmektedir. Bu sınırlamalara rağmen, ev tipi ve küçük işletmeler için uygun olan küçük dondurucularda yapılan işlemlerde olumlu sonuçlar alınabilmektedir (North ve Lovatt 2006, Sahoo ve Chatli 2016).

### **b. Hava akımı ile dondurma**

Balık üzerinden sürekli soğuk hava akımının geçirilmesi sistemine dayanmaktadır. Hava akımlı dondurucuların temel avantajı çok yönlü olmalarıdır. Düzensiz şekilli, farklı büyüklükte ve deforme olmamış ürünler için uygundur. Bu nedenle, farklı türde kabuklu su ürünleri, balık filetosu ve porsiyonluk balık dilimleri gibi katma değeri yüksek hızlı dondurulmuş ürünler üretmek için avantajlıdır. Ayrıca toplu ve sürekli şekilde dondurma işlemi yapılabilmektedir (Garthwaite 1997).

Çoğu balık işleme tesislerinde dondurulacak çok çeşitli ürünler olması nedeniyle hava akım tipi dondurucular, birçok işlenmiş veya yarı işlenmiş balık ürünlerinin dondurulması için kullanılabilir. Öte yandan iş gücü gereksinimi, istifleme, taşıma, düzgün ve hızlı dondurma işlemi konularında avantaj sağladığı için çok yaygın kullanımı bulunmaktadır. Donma süresi, ürünün en sıcak noktasındaki sıcaklık, ürünün santimetre olarak kalınlığının yarısına eşdeğer bir süre sonra -18 °C veya daha düşük sıcaklıklara getirilecek şekilde ayarlanması gerekmektedir (örneğin, 5 cm kalınlık maksimum 2,5 saatlik donma süresi). Hava akımında dondurma sistemi ile yuvarlak şekilli balıklar için donma süresi en fazla 24 saat olmalıdır. 16 cm üzeri kalınlıklardaki tüm balıklar için, donma süresi 72 saate kadar uzatılabilmektedir. Bu süreler içinde ürünün en merkezi noktasındaki sıcaklık -18 °C veya daha düşük olmalıdır (Magnussen ve ark 2008).



Şekil 6: Hava akımlı dondurucularda dondurulan balık örnekleri

### Hava akımlı (şok) dondurucuların avantajları:

1. Hava akımlı dondurucu sistemleri daha esneklerdir, çünkü birçok ürün aynı anda dondurulabilmektedir.
2. Bu sistemde farklı yöntem ve farklı tiplerde malzeme taşıma ekipmanı kullanılabilir.
3. Dondurucular daha fazla yük kapasitesine sahiptir.
4. Hava akımlı dondurucularda tesis kapasitesi daha yüksektir (Sahoo ve Chatli 2016).

Hızlı dondurucular grubundaki hava akımlı dondurucular gıda endüstrisinde çok yaygındır ve esnek üretim, kullanım kolaylığı ve ekonomik olmak üzere gıda üreticilerine çeşitli avantajlar sunmaktadır. Modern hava akımlı dondurucular, yukarı doğru spiral şeklinde, sarmal bir kayış üzerinde akan, aralıklı ve enerji verimli dikey hava akımı ile çalışmakta ve genellikle balık filetosu ve paketlenmiş ürünler için kullanılmaktadır (George 1993).

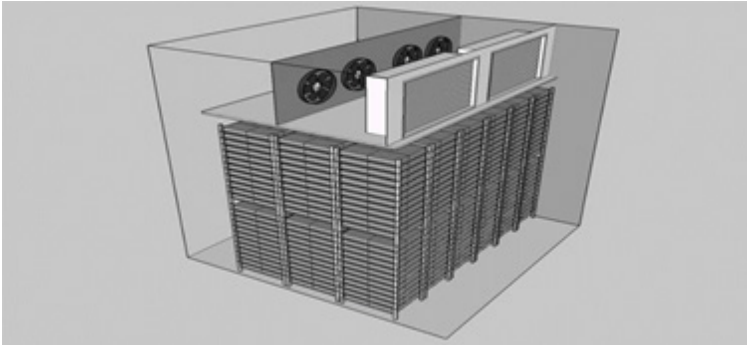
Tek bir ürün için genel amaçlı tiplerden son derece gelişmiş ünitelere kadar çok sayıda tipte ve tertipte hava soğutmalı



dondurucu sistemleri mevcuttur. Bu tipteki dondurucuların genel olarak temel dezavantajı, sıvıların ürün yüzeyleri üzerinde düzgün bir şekilde akış sağlayamamasıdır. Özellikle yerleşik yapılı dondurucular için, boyutlandırma, ürün düzenlemesi ve düzgün hava akışının sağlanmasına da çok az önem verilmektedir. Mevcut hava akımlı dondurucu tiplerinin çoğu su ürünleri endüstrisinde bulunmakta ve kullanılmaktadır. En yaygın üç türün açıklaması aşağıdaki gibidir (Magnussen ve ark 2008).

### - Tünel dondurucular

Tünel dondurucular, paketlenmiş veya paketlenmemiş, her boyuttaki ve şekildeki balık ürünleri için kullanılabilen donduruculardır. Ürünler, düzgün hava akışı sağlamak için ürün yüksekliğine göre ayarlanmış yeterli alana sahip raflara yerleştirilmektedir. Geleneksel olarak, tünelden bir dizi raf üzerinden hava akışı sağlanmaktadır. Özellikle ana dondurma periyodunda havada büyük sıcaklık artışları meydana gelmektedir. Bu durum, donma süresindeki farklılıklara ve fanların ve kompresörlerin aşırı yükte çalışmasına neden olabilmektedir. Paketlenmemiş ürünlerin raflara yapışabilmesinden dolayı tünel dondurucular daha çok ambalajlanmış ürünlerin dondurulması için kullanılmaktadır (Magnussen ve ark 2008).

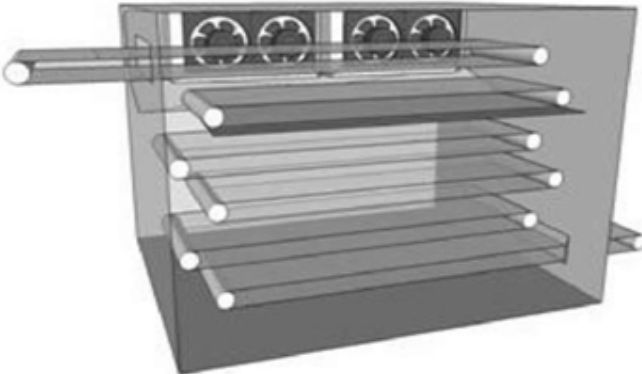


Şekil 7: Parti tipi hava üflemeli dondurucu

Ambalaj malzemesinin boyut ve şekli, donma süresi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Ambalaj malzemesinin düşük ısı iletkenliği ve ambalaj ile ürün arasındaki hava boşlukları ısı geçişini büyük ölçüde azaltabilmektedir. Dondurulacak balıkların toplam miktarı veya ambalajın kalınlığı donma süresi ile paralel olmaktadır. Dondurma işlemi genel olarak 18–20 saat, yükleme ve boşaltma saatleri ile beraber 24 saat veya daha fazla süreleri bulabilmektedir. Rafların aşırı istiflenmesi sebebiyle donma sadece paketin altında gerçekleşebilmektedir. Ayrıca paketleme maliyetleri pahalıdır fakat plastik torbaların kullanımı ile maliyetleri ve donma sürelerini düşürmek mümkün olabilmektedir (Magnussen ve ark 2008).

#### - Bantlı (Sürekli) dondurucular

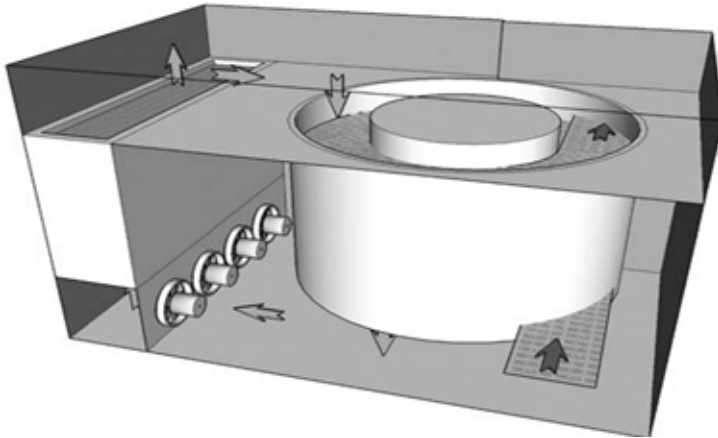
Balıklardan yapılmış olan hazır gıdalara talebin artması, tek kullanımlık dondurulmuş ürünlerin endüstriyel üretimini büyük ölçüde artırmış durumdadır. Günümüzde başlıca odaklanılan nokta taze ürünler olmasına rağmen gıda endüstrisi, özellikle taze balıkların kısa raf ömründen dolayı donmuş ürünlerin üretiminde büyük bir artış yaşamıştır. Endüstriyel üretimin verimini artırmak, istenilen zamanlarda ürüne ulaşabilmek ve işleme hattındaki süreksizliği önlemek için sıralı işlem bantlı dondurucu ihtiyacını ortaya çıkartmıştır (Magnussen ve ark 2008).



Şekil 8: Yatay ana akışa sahip çok bantlı hava üfleme dondurucu

Bantlı dondurucular genellikle hızlı donma elde etmek için paketlenmemiş ürünlerin veya vakum ile paketlenmiş ürünlerin dondurulmasında kullanılmaktadır. Hızlı donma, düşük sıcaklık ve yüksek hızda hava sağlamak için ürünler bantların üzerine dikey olarak yerleştirilmektedir. Bu sistemin ürünleri olan çok bantlı ve spiral tipi sürekli hava akımlı dondurucular daha çok tercih edilmektedir (Magnussen ve ark 2008). Bu dondurucularda paslanmaz çelikten yapılmış sürekli çalışabilen, düz bir bant kullanılmaktadır. Bu nedenle, çok yönlülüğün birleştiği temaslı dondurucularda elde edilen yüksek ısı transfer oranlarının avantajına sahip olabilmektedir. Bu tip dondurucuların alt yüzeyi düz, üst yüzeyi ise düzensiz olan balık filetoalarının dondurulması için daha uygun olduğu bildirilmiştir (Garthwaite 1997).

Garthwaite (1997), bantlı dondurucuların sürekli çalışması esnasında, taşıyıcı bandında bir don birikintisi oluşabildiğini, bu durumun birbirine geçmeli taşıyıcı bandının kullanılmasından kaynaklandığını ifade etmektedir. Ayrıca don birikmesinin, birbirine geçmeli banttaki delikleri bloke ederek hava akışını azalttığını böylece donma süresin de buna bağlı olarak arttığını fakat sistemin içine bir kayış yıkayıcısı eklenmesiyle sorunun üstesinden gelinebileceğini bildirmiştir.

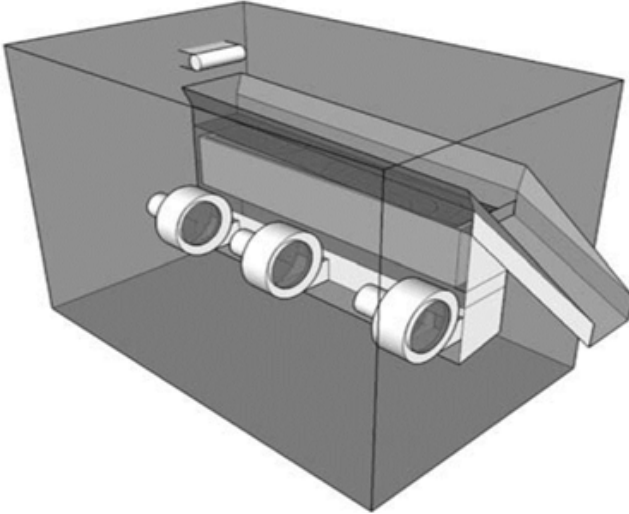


**Şekil 9:** Hava akımının dikey olarak, ürünlerin aşağıya doğru geçtiği spiral bantlı dondurucu

Genelde, bu tip dondurucular için gereken alan, daha yaygın olarak kullanılan spiral donduruculara kıyasla biraz daha büyük olmaktadır. Bantlar ürün yüksekliğine göre ayarlanabilmekte ve bantın uzunluğu zemin boşluğunu belirlemektedir. Bu sistemde en verimli dondurucular, ürünlerin etrafındaki hava dağılımının daha iyi kontrol edilmesinden dolayı dikey hava akışına sahip olan donduruculardır ancak daha pahalıdırlar (Magnussen ve ark 2008).

#### - Akışkan yataklı dondurucular

Akışkan yataklı dondurucularda genellikle dondurulan başlıca deniz ürünü temizlenmiş ve pişirilmiş karidestir. Boyutu ve geometrik şekilleri nedeniyle karidesler, yeterli bir şekilde akışkanlaştırılır. Kuyruk parçalarının kırılması ve kabuklarının soyulmasıyla ortaya çıkan küçük parçalar, hava akımıyla birlikte dışa taşabilmektedir. Donma süresi kısa ve genellikle 10 dakikadan daha az sürmektedir. Ayrıca bu tip dondurucularda su kaybetme oranı daha az olmaktadır (Magnussen ve ark 2008).



Şekil 10: Akışkan yataklı dondurucu

Magnussen ve arkadaşları, 2008 yılında yaptıkları çalışmada, soyulmuş karidesin, stabiliteyi arttırmak ve kalite kaybını azaltmak için donmadan sonra glaze (sırlama) edilmesi gerektiğini ayrıca işlem esnasında büyük sıcaklık artışına bağlı olarak glaze edilmiş karidese kontrollü olarak soğutma uygulaması yapılmasının olumlu sonuçları olduğunu bildirmiştir.

### **2.2.2. Kontakt (Plakalı) Dondurma**

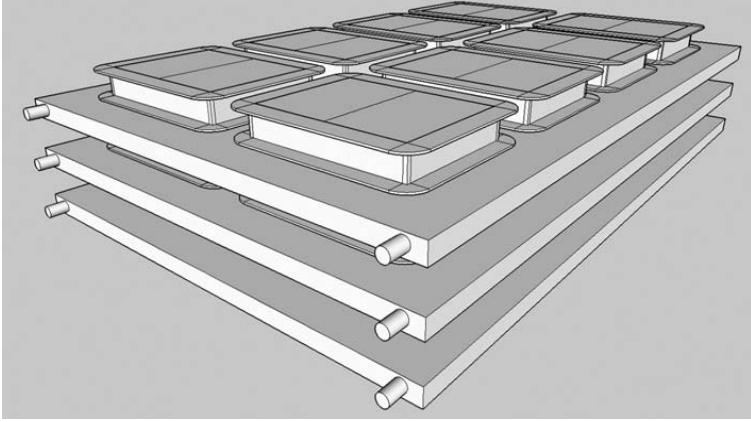
Kontakt (temaslı) dondurma yönteminde, ürünler buharlaşan soğutucu akışkan ile doldurulmuş iki metal plaka arasına yerleştirilerek dondurulmaktadır. Kontakt dondurucuların fan gerektirmemesi ve hava akımlı veya daldırarak dondurma sistemlerinden önemli ölçüde daha kompakt olması nedeniyle daha fazla verimlilik elde edilebilmektedir. Ürün çıplak veya paketlenmiş olabilmektedir (North ve Lovatt 2006).

Plakalı veya kontakt dondurucular, genellikle balıkların blok halinde dondurulması için kullanılmaktadırlar. Plakalar dizilişlerine göre dikey veya yatay tipte olabilmektedir. Plakalar günümüzde genellikle, enine kesit halinde, sıvı soğutucunun içinden geçtiği kanalları gösteren preslenmiş alüminyumdan yapılmaktadır (Garthwaite 1997).

Bu sistem ile yapılan dondurma işlemi, bir metal buharlaştırıcı yüzeyi ile nemli balık yüzeyi arasında doğrudan temas olduğu için çok verimli ısı transferi koşulları sağlamaktadır. Ayrıca transfer için ek enerji gerekmemektedir. Dolayısıyla bu tip dondurucular verimli ve etkili olmakta aynı zamanda daha az yer kaplamaktadır (Magnussen ve ark 2008).

Isı transferi, plakanın üst ve alt yüzeyleri boyunca gerçekleşmekte ve donma, soğuk plakalar ve ürün arasında doğrudan temas ile gerçekleştirilmektedir. Ürünün her bir tarafındaki plakalara uygulanan basınç, teması iyileştirmekte ve bu şekilde, plaka ile ürün arasındaki ısı transfer katsayısı artmaktadır. Uygulanan basınç, plakaları kapalı tutmak için

hidrolik sistem kullanılarak 1 ile 10 bar arasında olmaktadır (Garthwaite 1997).



Şekil 11: Kontakt tipi yatay plakalı dondurucu

#### a. Yatay plakalı dondurucular

Yatay tabakalı dondurucular, genel olarak 25-100 mm kalınlıklardaki ince tabakalı küçük şekilde paketlenmiş tüketici filetoalarının, balık kroket, karides vb. işlenmiş ürünlerin ve daha büyük çaplı balık filetoalarının dondurulması amacıyla daha çok fileto endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Garthwaite 1997, Magnussen ve ark 2008).

Ürünler genellikle plastik filmle sarılmakta ardından kartonlara veya doğrudan alüminyum dondurucu tepsilerine konulmakta ve daha sonra da dondurucu raflarına yerleştirilmektedirler (Garthwaite 1997).

Islak fileto ürünler, ince bir mukavva karton ile paketlenerek düzgün bir şekil elde etmek için tepsilere istiflenerek plakalar arasına yerleştirilmektedir. Plakalar ve paketler arasında iyi temas, genleşmeyi ve ürünlerin düzenli şekilde donmasını sağlayan hidrolik basınçla yapılmaktadır. Bu işlem özellikle işlenecek büyük çaplı balık filetoalarının düzgün kesilmesi için önemlidir. Küçük tüketici gruplarına yönelik tek kişilik filetoalar

ve endüstriyel çaptaki büyük parçalar için donma süresi tipik olarak 30 dakika ile 2 saat arasında değişmektedir (Magnussen ve ark 2008).

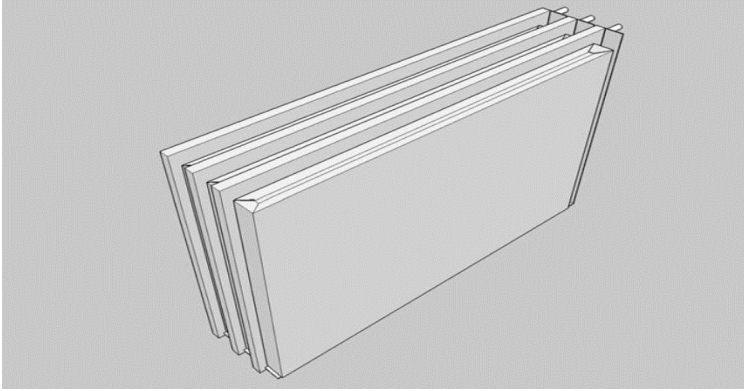


Şekil 12: Üretim ölçekli donma ekipmanı örneği

### **b. Dikey plakalı dondurucular**

Genellikle işlenmiş balık ürünleri için kullanılan yatay plakalı dondurucuya kıyasla daha sonra geliştirilen dikey versiyon, tipik bir hacimli dondurucudur. Dikey açıklıklardan dolayı ürünler ağırlıkça veya hacimce plakalar arasına kolayca doldurulabilmektedir. Çoğu zaman, ürünler plakalarda dökme şeklinde toplu olarak dondurulmaktadır. Ancak bu durumlarda, bazı ürünlerin dondurulmadan önce plastik bir torbaya konulması gerekebilmektedir (Magnussen ve ark 2008).

Plaka konumu, açık ve kapalı konum arasında bir hidrolik sistem tarafından kontrol edilmekte ve donma genişletme için hareket ayarına izin verilmektedir. Dikey plakalı dondurucular çok verimli ısı transferi, hızlı dondurma ve nispeten daha küçük bir alan gerektirmeleriyle çok fonksiyonel bir dondurma işlemi sağlamaktadır. Dikey plakalı dondurucular, farklı şekildeki balıklar için uyumlu görünmemesine rağmen özellikle tüm balıkların toplu olarak dondurulması için yaygın olarak kullanılmaktadır (Magnussen ve ark 2008).



**Şekil 13:** Dikey plakalı kontakt temaslı dondurucu

Dikey tipteki dondurucu tipi, tüm balıkları denizde dondurmak ve dökme dondurma yapmak için özellikle uygun olmaktadır. Dondurulacak blokların kalınlığı, ürüne bağlı olarak 25-130 mm olabilmektedir. Bu tip dondurucuları çalıştırmak için alt kısımdaki açıklıklar ve plakalar arasındaki dikey kenarlar kapalı olmalıdır. Ürün bu şekilde oluşan kutuya düşürülmekte dolum bittiğinde plakalar kapatılmakta ve daha sonra soğutma işlemi başlamaktadır (Garthwaite 1997).

Magnussen ve arkadaşları (2008), 75-100 mm'lik aralık mesafeli plakalar ile kapalı konumda duran plakaların arasına 5-6 kg veya daha fazla olan tüm balıklar yerleştirildiğinde, donma genişlemesinin birbiri boyunca konumlanmış olan balıklar üzerinde bölgesel olarak yüksek basınç ile sonuçlandığını, bu durumun yağlı ve yumuşak etli balıklar için olumsuz bir durum oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Bu yöntemde, boşaltma işlemi, soğutma döngüsü ters çevrilerek yapılmaktadır. Plakalar sıcak gazla ısıtılmakta böylece plakalara donmuş durumdaki balık yüzeyleri hidroliğin açılmasından önce çözülmektedir. Modern dondurucularda boşaltma işleminde, blokların dondurucunun üst kısmına hidrolik olarak kaldırılması ya da blokların taşıma bantlarına



düşmesi gibi durumlar alt kısmın açılması ile daha kolay gerçekleşmektedir (Magnussen ve ark 2008).

Garthwaite ve arkadaşları (1997), balıkların plakalar arasındayken plakalara yapışmasını önlemek için ürünlerin ambalajlanmasının faydalı olacağını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, plakaları çözdürmek ve donmuş blokların çıkarılmasını kolaylaştırmak için ılık soğutucu kullanıldığı durumlarda ise ürünlerin ambalajlanmasının gerek olmadığını ifade etmişlerdir.

### **2.2.3. Daldırarak dondurma**

Daldırarak dondurma yöntemi, dondurucu soğuk bir sıvı olmakla birlikte, ürünün genellikle tuzlu su, glikol çözeltisi veya bir soğutucu buharlaştırıcı ile soğutulan bir şeker çözeltisine daldırılması ile yapılmaktadır. Bu yöntem, çok daha yüksek ısı transfer katsayıları ile sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla, çoğu hava-dondurma yöntemlerinden daha kısa süreli bir donma sağlanabilmektedir (North ve Lovatt 2006).

Açık deniz balıklarının büyük ölçekli gıda endüstrisi için dondurulabilmesi amacıyla kullanılan ilk yöntem tuzlu su çözeltisiyle dondurma işlemi olarak bilinmektedir (Magnussen ve ark 2008). Genel olarak sıvı dondurma olarak da adlandırılan daldırma yöntemi, ambalajlamadan sonra kalsiyum klorür, glikoller veya diğer uygun çözeltilerin dolaşım halindeki süper soğutulmuş çözeltilerinde bir kabuk oluşana kadar daldırılması ve ardından dondurmanın geleneksel bir dondurucuda tamamlanmasını gerektiren bir yöntemdir (Sahoo ve Chatli 2016).

Daldırma yoluyla dondurma yönteminin kullanımı, balık yüzeyi ve dondurucu aracı arasında yakın temas sağlamaktadır. Dolayısıyla iyi bir ısı transferini garanti etmektedir. Kullanılan donma aracı, normal olarak  $-21,2^{\circ}\text{C}$ 'lik ötektik bir noktaya sahip olan sodyum klorürlü sudur. Bu nedenle, dondurma işleminde yaklaşık  $-15^{\circ}\text{C}$ 'lik tuzlu su sıcaklıkları kullanılmaktadır (Garthwaite 1997).

Ürünün soğuk hava deposuna aktarılmasıyla sıcaklığın daha fazla düşürülmesi sağlanmaktadır. Salamurada büyük ton balıklarının dondurulması, tam donmayı sağlamak için 3 güne kadar sürebilmektedir. -50 ile -60 °C gibi düşük sıcaklıklarda çalışan modern basınçlı dondurucular kullanıldığında, balıklar 24 saatten daha kısa sürede dondurulabilmektedir. Donma sıcaklıkları ötektik noktaları nedeniyle -18°C (NaCl) ile -25°C arasında sınırlı kalmaktadır (Garthwaite 1997, Magnussen ve ark 2008).

Daldırma işlemi, korozyon meydana getirmesi ve fazla iş gücü ihtiyacı gibi uygulamada birçok problem oluşturabilmektedir. Dolayısıyla yöntem sadece bazı balıklar için ve nadiren gemilerde kullanılmaktadır. Bir zamanlar ton balığı avcılığı endüstrisinde popüler olan salamura dondurması, ürünlerin korunması için hava akımlı dondurucuların yerine kullanılmaktaydı (Garthwaite 1997, Magnussen ve ark 2008).

#### **Sıvı Dondurucuların Avantajları;**

1. Dondurulmuş ürün işlem bittiğinde iyi bir renge sahiptir.
2. Daha yüksek emme basıncında işlenebilmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

#### **Sıvı Dondurucuların Dezavantajları;**

1. Esneklik eksikliği
2. Daha büyük zemin gereksinimleri
3. Yüzey donduktan sonra ikinci bir dondurma işlem ihtiyacı
4. Büyük paket ihtiyacı
5. Paket kirliliğine bağlı kontaminasyon
6. Paketinden tuzlu su damlaması
7. Tuzlu suyun kaybına bağlı kontaminasyonlardır (Sahoo ve Chatli 2016).

#### **2.2.4. Kriyojenik dondurma (Sprey dondurucular)**

Kriyojenik dondurma yöntemi daha çok balık filetosu ve kabuklu deniz ürünlerinin dondurulması için kullanılmaktadır (George 1993). Kriyojenik dondurmada, paketlenmemiş veya ince bir şekilde paketlenmiş ürünlerin, aşırı derecede soğuk bir soğutucuya maruz bırakılmasıyla çok hızlı bir şekilde dondurulması sağlanabilmektedir. Bu yöntemde, soğutucu akışkan ürün üzerine püskürtülmekte ve soğutucu madde tarafından bir hal değişikliği sırasında ısı giderme işlemi gerçekleştirilmektedir (Garthwaite 1997).

Kriyojenik sıvılarla dondurma yönteminde kaynama noktası çok düşük olan gazlar sıvılaştırılarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan cihazlar kolay kullanıma sahiptir. Ayrıca az yer kaplamakta ve soğutma hızı da yüksek olmaktadır (Ufuk ve Sarımeahmetoğlu 2016). Genellikle, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve azot (N<sub>2</sub>) kullanılmaktadır (Magnussen ve ark 2008).

Bu tip dondurucular, tek kişilik porsiyon halindeki ürünlerin çok hızlı dondurulmasını sağlayabilmektedir. Ürün ya bir sıvı azot veya karbon dioksit gibi düşük sıcaklıklara kadar soğutulabilen bir sıvı soğutucu içine daldırılmaktadır. Yiyeceklerin sıvı soğutucu akışkanlar ile temas etmemesini sağlamak için, hızlı ısı transferine izin verirken yiyecekleri tamamen kapatmak için esnek ambalajlar kullanılabilir. Hızlı dondurma ve tek tip sıcaklık dağılımı daldırma dondurucuların avantajları arasında bulunmaktadır (George 1993).

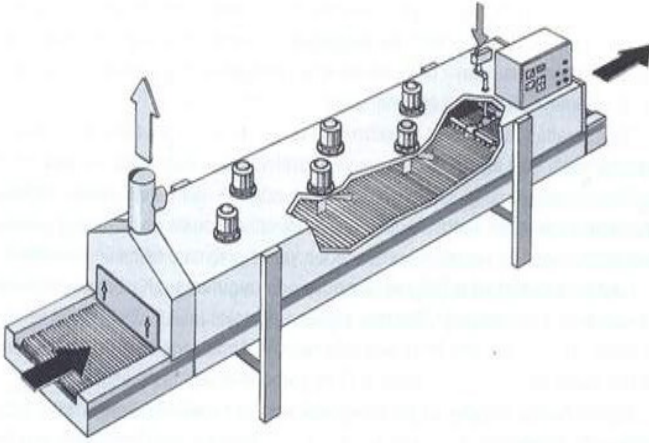
Günümüzde, bu yöntemle ürünleri dondurma maliyeti diğer yöntemlerden daha yüksektir. Bununla birlikte, ürünler daha yüksek kalitededir. Başka yöntemlerle dondurulamayan bazı ürünler sıvılaştırılmış gazların kullanılmasıyla dondurulabilmektedir. Sıvılaştırılmış gaz ile dondurma işleminde, ürün sadece yüzeyden ziyade tamamen dondurulabilmektedir. Kriyojenik sıvılar, çok düşük kaynama noktasına sahip sıvılaştırılmış gazlardır. Örneğin sıvının kaynama noktası -196 °C' de olmaktadır (Sahoo ve Chatli 2016).

Genellikle düşük sıcaklıklarda küçük ürünler için geleneksel dondurucular kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıktaki sıvının yüksek maliyetleri nedeniyle, kriyojenik dondurma maliyetleri genellikle geleneksel donduruculara göre çok daha yüksektir. Kıyı şeridi boyunca kullanımı genellikle düşüktür ve bu yöntem ticari olarak balıkların dondurulmasında nadiren kullanılmaktadır (Magnussen ve ark 2008).

### **Kriyojenik Dondurmanın Avantajları;**

- Isı transferi için büyük bir itici güç sağlayan  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de yavaş kaynamaya dayanabilmektedir.
- Diğer daldırma sıvıları gibi sıvı nitrojen, düzensiz şekilli gıdaların tüm kısımlarına sıkı bir şekilde temas eder, böylece ısı transferine karşı direnci en aza indirir.
- Soğuk hava, sıvı azotun buharlaşmasından kaynaklandığından, bu ortamı soğutmak için birincil soğutucuya ihtiyaç yoktur.
- Sıvı azot zehirli değildir ve gıda bileşenlerine karşı etkisizdir.
- Sıvı-nitrojen donma hızı, kriyojenik dondurma yöntemleriyle elde edilemeyen bir kalitede dondurulmuş gıdalar üretir. Sıvı nitrojen donmasının dezavantajı yüksek maliyetli olmasıdır (Sahoo ve Chatli 2016).

Soğutucu olarak nitrojen veya karbon dioksit gibi harcanabilir, sıvılaştırılmış gazlar kullanan ultra hızlı dondurucular, ürünlerde yüksek verim oranları, düşük yer ihtiyacı, esneklik (çeşitli gıda ürünleri ile uyumluluk) ve düşük sermaye ihtiyacı bakımından olumlu sonuçlar vermektedir. Ayrıca, buharlaşma oranını en aza indirmek için yüzey sıcaklığını çok hızlı bir şekilde azaltarak, ürün dehidrasyonunun olumsuz ekonomik ve kalite etkilerini büyük ölçüde azaltabilmektedir. Kriyojenik sistemlerle yapılan hızlı dondurma işleminin gıda güvenliğine olumlu katkısı olduğu bildirilmektedir (George 1993).



Şekil 14: Kriyojenik dondurma tüneli

## 2.2.5. Dondurarak muhafaza teknolojisindeki yeni eğilimler

### a. Süper donma

Süper dondurma veya aşırı dondurma işlemi, normalde uzun süreli depolama için biyokimyasal, mikrobiyal ve tıbbi örneklerin kriyojenik korunması ile ilişkili terimlerdir. Balık sektöründe, süper dondurma terimi,  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  veya daha düşük sıcaklıklarda çok hızlı dondurma ve depolama için kullanılmaktadır (Jessen ve ark 2014).

Bu muhafaza yönteminde elde edilen sonuçlar, geleneksel dondurucu ekipmanlar ile elde edilememektedir. Özel kompresörlere, soğutucu akışkanlara ve yalıtımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Amaç, buz kristallerinin oluşmasını veya çok küçük kristallerin oluşmasını engelleyerek, kalite ve doku sorunlarına yol açan tüm süreçleri durdurmaaktır. Süper dondurma, orkinostan elde edilen suşi ve şasimi ürünleri ile orkinos balığının koyu kırmızı rengini korumak için daha çok Japon balıkçı teknelerinde uygulanmaktadır (Jessen ve ark 2014).

### **b. Basınç kayması ile donma-PSF**

Basınç kayması ile donma yönteminde (PSF), su-buz fazı geçişi, 0'dan  $-21^{\circ}$  C'ye kadar basınç altında bastırılmıştır. Basınç, soğutulmamış durumdan hızlı donmaya geçiş için serbest bırakılmakta ve çok küçük ve homojen buz kristallerinin oluşmasıyla sonuçlanmaktadır (Jessen ve ark 2014).

Jessen ve ark (2014), birçok deneyde, PSF'nin iyi bir doku ve su bağlanması sağladığı ancak bunun için ticari bir ekipmanın henüz mevcut olmadığını bildirmiştir.

### **c. Hava çarpışması ile donma**

Darbe teknolojisi, hava soğutmada yüzey ısı transferini arttırmaktadır. Hızlıca çarpışan havanın püskürmesi ile balıkların etrafındaki statik yüzey sınır tabakası kırılmaktadır. Ürün etrafındaki ortaya çıkan hava daha çalkantılı ve ısı değişimi çok etkili olmaktadır. Tek kişilik dondurulmuş filetolar ve karidesler için kullanımı daha uygun olmaktadır. Genellikle yüksek üretim maliyetine sahip kriyojenik üretim yöntemlerinin yerini alabileceği düşünülmektedir. Dondurucu, iki düz ürün bandı etrafında inşa edilmekte ve ürünün üst ve alt yüzeylerine yönlendirilen çok sayıda küçük, yüksek hızlı hava fişkırtma ile donatılmaktadır. Sistem, bir sıvı nitrojen dondurucuda elde edilen benzer dondurma oranlarına ulaşabilmektedir (Jessen ve ark 2014).

### **d. Hücre canlı sistemi – CAS**

Donma işleminde bir ürün normalde içeriden donmaktadır ancak hücre canlı sisteminde (CAS), donma işlemi tersine dönmektedir. CAS, su moleküllerinin tersine dönmesine neden olan salınan bir manyetik alan kullanmaktadır (mikrodalgada olduğu gibi titreşime zıt olarak). Ayrıca bu işlemi, kümeleşmekten ve hücre duvarlarına zarar veren buz kristallerini oluşturmadan yapmaktadır. Bu döndürme hareketi ayrıca suyun donma noktasını yaklaşık  $-7^{\circ}$  C'ye düşürmektedir. Ürün bu sıcaklığa

ulaştığında elektrik alanı kapanır ve donma neredeyse anında içten dışarı meydana gelmektedir (Jessen ve ark 2014).

### **2.3. Isıl İşlem İle Muhafaza**

Isıl işlemlerli konservasyon yöntemi, yüksek güvenlik seviyesi, rahatlık ve sağlıklı bir ürün avantajlarından dolayı paketlenmiş balıkların raf ömrünü uzatmak için başlıca muhafaza yöntemlerinden biridir (Skipnes 2014).

Konserve işlemi genel olarak, yiyeceklerin kutulara veya kavanozlara yerleştirilmesini ve bunları sağlık açısından zararlı olabilecek veya gıdaların bozulmasına neden olacak mikroorganizmaları yok eden bir sıcaklığa kadar ısıtmayı içermektedir. Ayrıca, gıdaların bozulmasına neden olabilecek enzimleri inaktive etmektedir. Kutular veya kavanozlar hermetik olarak mühürlendiğinden, dışarıdan yeniden bulaşma önlenmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

Taze ve kaliteli balık seçimi ile işleme başlanması gerekmektedir. Yıkama ve temizleme işlemi esnasında bağırsaklar çıkarılırken ete değmeyecek şekilde yapılmalıdır. Baş, kuyruk ve kemikler (büyük balık ise) çıkartılmalı, ardından balık soğuk suda iyice yıkanmalıdır. Balık çiğ olarak da işlenebilmektedir ancak tercihen kızartılmakta veya fırınlanabilmektedir. Balıklar temizlendikten sonra konserve etmeden önce genellikle tuzlama, salamura, dumanlama işlemlerine tabi tutulabilmektedir. Önceden pişirilme veya dumanlama, tuzlama vb. işlemler balık hacmini azaltmakta ve eti daha sıkı yapmaktadır. Ayrıca proteinin ette sabit kalmasını ve konserve sonrası değer kayıplarını engellemektedir. Bu işlemlerden sonra balıklar kutulara konulmakta ve üstüne konserve sıvısı doldurulmaktadır (Maas-van Berkel ve ark 2004). Balıklar kutulara doldurulduktan sonra konserve cinsine göre sos veya yağ ilavesi yapılarak kutular kapatılmaktadır. Kapama işleminden sonra ağırlık kontrolü yapılmakta soslu konserveler % 60-75, yağlı ve salamuralı konserveler ise %75-

80 balık içermesi gerekmektedir. Bu işlemlerden sonra kutular sterilize edilmektedir (Varlık 1988).

Sterilizasyon, ısıl işlemlerle korumada klasik olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu işlemle ürünler, tüm patojenik bakterileri ve sporlarını inaktive etmeyi amaçlayan bir süreçten geçmektedir. Süreç, düşük asitli gıdalardaki ( $pH > 4,5$ ) Clostridium botulinum A tipi sporları inaktive etmeyi amaçlamaktadır. Balık gibi düşük asitli ürünleri sterilize etmenin tek güvenli yolu,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ )' den daha yüksek sıcaklıklarda uzun süreli ısıtmadır. Bakteri hücreleri kaynama sıcaklıklarında öldürülmesine rağmen, bu sıcaklıklara dayanabilen sporlar oluşturmaktadırlar. Sporlar, doğru süre boyunca yiyeceklerin  $115-121\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $240-250\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) sıcaklıkta pişirilmesiyle yok edilebilmektedir (Skipnes 2014, Sahoo ve Chatli 2016).

Sağlıklı bir sterilizasyon için kutuların homojen olması ve hava boşluğunun olmaması gerekmektedir. Hava boşluğunun alınması; ısıtma, vakum veya buhar uygulaması ile yapılabilmektedir. Uygulamada sterilizasyon süresi normal şartlarda 40-90 dakikadır. Bu süreye 10-15 dakika ısıtma ve 10-20 dakika soğutma süresi dâhil edilmelidir (Varlık 1988). Pastörizasyon işlemi ise genellikle, asitli gıdaların veya hayatta kalan sporların çoğalmasının,  $4,5$ ' in altında bir pH, düşük bir sıcaklık veya başka yollarla önlendiği soğutulmuş gıdaların ısıl işlemi ile ilgilidir. Pastörizasyonun bir çeşidi, sous vide işlemidir, yani vakumlu ambalajlanmış ürünlerin hafif ısıl işlenmesidir (Skipnes 2014).

Her çeşit balık konserve için uygun olmamaktadır. Beyaz etli balıkları kaynatırken, etleri yumuşak ve kemikleri sert olduğu için hızla ayrılabilir. Dolayısıyla bu tür balıklar konserve için uygun değildir. Yüksek yağ içeriği olan balıklar ise (genellikle ringa balığı, uskumru balığı ve sardalye gibi sürü halinde yüzen balıklar) daha sert ete ve yumuşak kılçık yapısına sahiptir. Bu tür balıklar, pişirilme esnasında, orijinal şeklini



korumakta dolayısıyla konserve için çok uygun olmaktadır. Yağlı balık türlerinin bir başka avantajı da, sterilizasyon sırasında kutunun içinde tutulan oksijenin tüketilmesidir ve dolayısıyla bu durum yağ oksidasyonunu ve bozulmayı önlemektedir (Maas-van Berkel ve ark 2004).

Genelde, konserve ürünler uzun süre soğutulmadan depolanabilmelerine rağmen kimyasal kalite kaybı (bazı temel besinlerin tadı, rengi ve miktarı) yavaş yavaş devam etmektedir. Ayrıca tüm ürünler aynı şekilde ısıtılmadığı için mevcut tüm mikroorganizmaları öldürmek ve güvenli bir ürün elde etmek zor olmaktadır (Sahoo ve Chatli 2016).

Varlık (1988) yaptığı çalışmada, acılı sos ve salamura ile yapılmış ürünlerin 6 aya kadar muhafaza edilebildiğini fakat yağlı konservelerin senelerce dayanabildiğini bildirmiştir.



Şekil 15: Isıl işlem ile muhafaza edilmiş balıklar

#### 2.4. Işınlama İle Muhafaza

Işınlama yöntemi, balık ve deniz ürünlerini korumak için yaygın olarak kullanılan termal olmayan bir işlemdir (Boziaris 2014). Işınlama, tüketicinin bu yöntemle duyduğu güvensizliğe rağmen ürünün güvenliğini garanti etmekte, aynı zamanda, balıkların raf ömrünün artırılmasında da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Arvanitoyannis ve Tserkezou 2014, Boziaris 2014).

Gıda maddeleri genellikle bir radyoizotop kaynağı tarafından üretilen gama ışınmasıyla ışınlanır. Bununla birlikte, bir elektron hızlandırıcı tarafından üretilen X-ışınları veya elektronlar da kullanılabilir. Tavsiye edilen koşullar altında gıda ışınlanması, bir atom çekirdeği reaksiyonunu içermez, ancak çekirdeği çevreleyen elektron bulutunun sebep olduğu bir kimyasal reaksiyon içermektedir. Işınlama sırasında gıda maddesi tarafından emilen enerji miktarına “emilen doz” denir. Emilen dozun uluslararası birimi “gray” olarak adlandırılmaktadır. Bir gıda maddesini ışınlamak için kullanılan doz, gıda tipine ve istenen etkiye bağlı olmaktadır. Doz seviyeleri Düşük, Orta ve Yüksek olmak üzere üç ana ölçekte kategorize edilmektedir. Balıkların ve deniz ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için bir koruma tekniği olarak ışınlamanın mevcut diğer tüm yöntemlere kıyasla avantajları, verimli ve düşük maliyetli olmasıdır (Arvanitoyannis ve Tserkezou 2014).

Arvanitoyannis ve Tserkezou (2014) yaptıkları çalışmada, 2-7 kGy’lik gama ışınmasının, gıda kaynaklı bakteriyel patojenlerin (*Salmonella*, *Listeria* ve *Vibrio* spp.) sayısını azalttığını, ışınlama yöntemi ile balıkların raf ömrünün geleneksel olarak kullanılan yöntemlere kıyasla üç ila beş katı kadar fazla uzadığını bildirmiştir.

## **2.5. Tuzlama İle Muhafaza**

Tuzlama, balıkların muhafaza edilmesinde en eski yöntemlerden birisidir. Tuzun balık kası içine nüfuz etmesi ve balık kasından suyun çekilmesi, böylece su aktivitesinin ve pH’ın düşürülmesi işlemine dayanmaktadır (Arason ve ark 2014). Geleneksel olarak tuzlama işlemi kuru tuzlama, ıslak tuzlama ve salamura ile gerçekleştirilmektedir. Günümüzde son dönemde gelişen yeni tuzlama yöntemi, balık kasına tuzlu su enjekte edilmesi, ardından kuru tuzlama veya salamura ve tekrar kuru tuzlama işlemlerinden oluşmaktadır (Hall 2011, Arason ve ark 2014).

Tuz, yiyeceklerdeki suyun çoğunu emmekte ve mikroorganizmaların hayatta kalmasını zorlaştırmaktadır. Tuzlama işleminin verimli şekilde gerçekleşebilmesi için, balığa ilave edilen tuzun ete hızla çekilebilmesi ve balıktaki suyun da dışarı çıkabilecek şekilde hazırlanması önem arz etmektedir. Ayrıca büyük balıkların fileto yapılması gerekmektedir. Balıklar, büyüklüklerine göre yarım hatta dörde bölünebilmektedir. 10 cm'den küçük balıklar (hamsi, sardalye) genellikle bağırsakları çıkarılarak işlem görmektedir. 15 cm civarındaki balıklar, balık yüzey alanının artması, tuzun daha iyi nüfuz etmesi ve balıkların etinin daha ince hale gelmesi için ikiye ayrılmaktadır. 25 cm veya daha uzun balıkların birkaç kez bölünerek tuzlanması önerilmektedir (Horner 1997, Hall 2011, Sahoo ve Chatli 2016). Tuzlu balığın dayanıklılığı, tuz, yağ ve su miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Tuzlu balıklar nispeten senelerce dayanabilmektedir (Varlık 1988).

### **2.5.1. Kuru tuzlama**

Kuru tuzlama, birçok ülkede tuzlanmış balıkların işlenmesi sırasında kullanılan orijinal tuzla sertleştirme tekniğidir (Arason ve ark 2014). Kalın tuz kuru tuzlama için daha uygun olmaktadır. İnce tuz, balıkların dışından çok çabuk su çekerek dışarıyı sertleştirmekte ve dolayısıyla balıktaki suyun dışarı çıkmasını engellemektedir. Böylece tuz, balıkların içlerine nüfuz edemediği için tuzlama işlemine rağmen balıklar bozulabilmektedir. Bu durum “tuz yanması” olarak bilinmektedir. Kalın tuz ile yapılan tuzlama işleminde ise bu olumsuz durum yaşanmamaktadır. Kuru tuzlama, yağsız balık türleri için daha uygun görülmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

Yapılış yönteminde ise öncelikle balıklar kelebek diye tabir edilen şekilde ikiye bölünür ya da fileto yapılır (Arason ve ark 2014). Bölünmüş balık veya balık filetosu daha sonra tuz ile iyice ovulur. Özellikle derin kesilmiş parçaların tuzlama işleminde iyice ovulmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Sepetin veya

tuzlamada kullanılacak kabın dibine kalın bir tuz tabakası atılır. Balıkların derisi yukarı bakacak şekilde bir kat yerleştirilir. Balıkların üst üste gelmesine izin verilmemesi gerekmektedir. İşlem sepet dolana kadar bir kat tuz, bir kat balık ile devam edilir. İşlem sonunda sepet bir plastik tabakayla üzerine ağırlık koymadan örtülür (Sahoo ve Chatli 2016). Tuzlama işlemi sırasında tuz, balık kası içine yayılırken, sıvı çevreleyen ortama yayılmaktadır (Arason ve ark 2014).

Balığa tuz eklenmesiyle açığa çıkan suyun içinde tuzun çözünmesiyle elde edilen tuzlu karışım tuzlu su olarak adlandırılmaktadır. Bu tuzlu suyu sepetten tahliye etmek amacıyla sepeti herhangi bir taş üzerine yerleştirmek gerekmektedir. Bu işlemi yaparken, balıkların içinden tuzlu suyun kolayca boşaldığına ve lekeli suyun içinde birikmeyeceği şekilde istiflendiğine dikkat edilmelidir (Sahoo ve Chatli 2016). Günümüzde artık balıktan çıkan sıvıyı boşaltmak için alt kısımda bir delik bulunan plastik bir küvet kullanılmaktadır (Arason ve ark 2014).

Bir gün bekledikten sonra balıklar yeniden istiflenmelidir. Böylece dipte bulunan balıklar artık yığınların üstüne denk gelmektedir. Bunun sebebi, dengeli tuz dağılımı yapılarak alt ve üstteki balıkların dengesiz şekilde tuzlanmasının önüne geçilmiş olmaktadır. Tersine istifleme yaparken gerektiği takdirde tuz takviyesi yapılmalıdır. Tuzlama işleminden sonra, balıklar parlak ve şeffaf görünmelidir. Balıklar sert ve üzerinde beyazımsı bir tuz tabakası olmalıdır. Üründe balık kokusu ve tuzlu su kokusu hakim olmalıdır. Tuzlanmış olan balıklar, gerektiği gibi kaplanmışsa, uzun süre depolanabilmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

Bu yöntemin dezavantajı, tuzlu suyun fazla süzülmesi sebebiyle balıkların kuru kalabilmesidir. Yağlı tür balıklar, işlem sonrasında havaya maruz kaldıklarında acılaşabilmektedir.

Ayrıca bakteri ve küfler yetersiz tuz kullanıldığı durumlarda çürümeye neden olmaktadır (Sahoo ve Chatli 2016).

### **2.5.2. Islak tuzlama**

Islak tuzlama, ringa, sardalye, hamsi ve uskumru gibi yağlı balıkları korumak için iyi bir yoldur. Bu yöntemle balıklar parazitlere karşı daha iyi korunmakta ve daha düzgün bir tuz dağılımı sağlanmaktadır (Sahoo ve Chatli 2016). Islak tuzlamada, prosedür kuru tuzlama yöntemindeki ile benzerlik taşımaktadır (Arason ve ark 2014).

Bu yöntemde varilin dibine kalın bir tuz tabakası koyulmaktadır. Derisi yukarı bakacak şekilde bir kat balık konulur. Balıkları üzeri tuz tabakasıyla örtülür ve hiçbir parçanın açıkta kalmamasına dikkat edilir. Derin kesimlerde veya daha kalın parçalarda daha fazla tuz kullanılması gerekmektedir. Sırası ile bir kat tuz, bir kat balık ve balıkların üst üste gelmeyecek şekilde işleme devam edilir. Son katman da kalın bir tuz tabakasıyla kaplandıktan sonra varilin ağzı kapakla kapatılarak ağırlıklar eşit bir şekilde üzerine dağıtılır (Sahoo ve Chatli 2016). İşlemden kullanılacak tuz miktarı genellikle 100 kg balık için ortalama 30-40 kg kadar olmaktadır (Varlık 1988).

Balığa tuz eklenme işlemiyle, balıktan su çekilmektedir. Bu oluşan su içinde çözünen tuz ile tuzlu su meydana gelmektedir. Balıktan daha fazla su çekildiği takdirde tuzlu su seyreltilmelidir. Tuzlu suyu, doymuş halde tutmak için ise tuz ilave edilmelidir. Bu işlem, tuzlu su içine ince tuz ile doldurulmuş bir çuvalın asılmasıyla yapılabilir. Doymamış tuzlu su kullanılması bozulmaya yol açabilmektedir. Eğer birkaç saat sonra, oluşan tuzlu suyun seviyesi kapak seviyesine ulaşmazsa, doymuş bir tuz çözeltisi eklenmelidir. Tuz çözeltisi, her bir litre su içinde çözülmüş en az 360 gram tuzdan elde edilmektedir. Çözeltiyi bir tavada 10 dakika kaynatılır. Tuzlu suyu, dokunma sıcaklığına ulaşınca kadar soğumaya bırakılır. Daha sonra tuzlu suyu, kapağa ulaşıncaya kadar balıkla birlikte varile eklenir. Varil,

mümkün olduğunca serin bir yerde saklanması gerekmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

Tuzlama işlemi bittiğinde, balıklar net ve şeffaf görünmelidir. Balıklar sağlam olmalı ve üzerlerinde beyazımsı bir tuz tabakası olmalıdır. Balık kokusu ve tuzlu su kokusu hakim olmalıdır. Düzenli olarak kontrol edilmeli ve tuzlu suyun üstünde köpük (fermantasyonun bir sonucu) görüldüğü takdirde, eski salamurayı yeni bir tuzlu su çözeltisi ile değiştirmek gerekmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

Baharatlı tuzlama; genellikle ançüz yapımında uygulanan bir yöntemdir. Islak tuzlamada salamuraya baharat ve şeker ilave edilmesiyle yapılmaktadır. Soğuk tuzlama yönteminde ise, tuz ile birlikte buz parçaları da kullanılmaktadır. Genellikle Rusya'da sıcak mevsimlerde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde balıklar yumuşaklık ve lezzet kazanmaktadır (Varlık 1988).

### **2.5.3. Salamura tuzlama**

Salamura tuzlaması, kelebek diye tabir edilen bölünmüş balık veya balık filetolarının tuz ve musluk suyundan hazırlanan hazır tuzlu suya batırılması suretiyle yapılmaktadır (Arason ve ark 2014, Sahoo ve Chatli 2016). Son zamanlarda tuzlama işlemi yapılacak balığın ön-tuzlama aşaması olarak popüler hale gelmiş durumdadır. Kullanılan tuzlu su konsantrasyonu ve diğer koşullar üreticiler arasında farklılık gösterebilmektedir. Tuzlama oranı, kullanılan başlangıç tuzlu su konsantrasyonuna ve tuzlu suyun balıklara oranına bağlıdır. Yaygın başlangıç oranları 1,6: 1 veya 1: 1'dir. İşlem genellikle 1-3 gün boyunca gerçekleştirilir, daha sonra 14-21 gün boyunca kuru tuzlama işlemi uygulanmaktadır (Arason ve ark 2014).

Hafif bir tuz çözeltisinin kullanılması, dumanlama veya kurutma işlemi sırasında balığın yüzeyinde bakteriyel çoğalmada bir azalma sağlamaktadır. Ayrıca balıkları böceklerle

ve diğer haşeratlarla karşı korumaktadır ancak tam bir koruma sağlanamamaktadır. İşlemden kullanılacak varil kendisinden daha küçük çaplı bir kapağı olan, temiz ve su geçirmez olması gerekmektedir. Demir, çinko veya alüminyumdan yapılması uygun olmamaktadır. Plastik, ahşap, kil veya paslanmaz çelikten yapılmış olanlar kabul edilebilmektedir (Sahoo ve Chatli 2016).

Salamura yapmada en iyi sonuç, çok ince tuz kullanılması ile alınabilmektedir. Üç kg balık için bir kilo tuz kullanılması daha uygun görülmektedir. Küçük balıkların parçalanmasına gerek yoktur fakat iç kısmı çıkarılması gerekmektedir. Büyük balıklar temizlenip ikiye bölünmelidir. Ayrıca balık 30 cm'den büyükse, birkaç parçaya ayrılması daha uygun olmaktadır. Yağlı balıklarda parçalar daha büyük kesilmelidir (Sahoo ve Chatli 2016).

İşleme, balıkların temiz su (içme suyu kalitesinde) ile yıkanması ile başlanmaktadır. Her dört litre suda 300 gram tuzu çözerek salamura yapılmaktadır. Çok kuvvetli olmayan bu salamura suda balıklar 30 dakika ila 1 saat arasında bekletilmektedir. Büyük balıklar için bu süre 1,5 saate kadar çıkabilmektedir. Bu tuzlu suya balığın batırılmasıyla, kan ve balçıklar da temizlenmektedir. Daha sonra küçük balıklar temiz bir suda yıkanmaktadır. Büyük balıkları yıkamaya gerek görülmemekte fakat balıkların üst üste gelmesini engellenerek bir ağaç rafta kısa süre süzülmesi sağlanmalıdır (Sahoo ve Chatli 2016).

Bu işlemlerden sonra balıklar doymuş tuzlu su çözeltisine koyulmaktadır. 10 litre suda 3,0-3,5 kg tuz çözülmesi sağlandıktan sonra balıklar konmadan önce salamurayı tüm tuzların çözülmesi için iyice karıştırılması gerekmektedir. Balık dibe batarsa, daha fazla tuz ilavesi yapılmaktadır. Varil, temiz bir tahta veya keçe ile örtülmeli ve temiz yıkanmış taşlar, balıklar tuzlu su ile kaplanabilmesi için üstüne koyulmalıdır. Bu tuzlu suda

balıklar 5-6 saat bekletilmelidir. Büyük balıkların salamurada küçük balıklardan daha fazla sürede kalması gerekmektedir. Daha sonra balıklar salamuradan alındıktan sonra ağaç raflara koyulmalıdır. Bu esnada balıkların üst üste gelmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Balıklara değmeyecek şekilde temiz bir bez veya tülbent ile örtüldükten sonra işlem tamamlanmaktadır (Sahoo ve Chatli 2016).

#### **2.5.4. Enjeksiyon tuzlama**

Otomatik enjeksiyon ile tuzlama son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Salamura, çok iğneli enjektör makineleri tarafından balık etine enjekte edilir. Tuz konsantrasyonu kasın içindeki sıvılar tarafından hızla seyreltilir, çünkü tuz enjeksiyon bölgesinden kasın diğer kısımlarına göç etmektedir. İşlemi salamuradan farklı kılan şey, esas olarak tuzlu suyun daha kısa sürede yayılabilmesidir (Arason ve ark 2014).

Enjeksiyon sırasında büyük çaplı iğneler, yüksek basınçlar ve sürekli enjekte işlemi, kas yapısının bozulmasına ve kasın kanallarına veya tuzlu su hücrelerinin oluşumuna yol açabilecek faktörlerdir. İğnelerin oluşturduğu deliklerde bulunan tuzlu su, yapı içerisinde sabitlenmez ve kolayca damlayabilmektedir. Enjeksiyon tuzlamasının avantajları; kas boyunca tekdüze tuz konsantrasyonu, balık kası içine tuzun nüfuz etme hızının yüksek olması ve geleneksel kuru tuzlama veya ıslak tuzlama yöntemlerinden ağırlık olarak daha verimli olmasıdır (Arason ve ark 2014).

Bu yöntemin dezavantajları; kullanılan iğnelerden ve ekipmandan mikrobiyal ve metal kontaminasyondur (örneğin demir ve bakır). Ayrıca yüksek basınç uygulanarak yapılmış enjeksiyon işlemindeki iğne deliklerinden dolayı balık kasındaki muhtemel hasar riskinin artmasıdır (Arason ve ark 2014).



### **2.5.5. Gazpe kürü**

Bu yöntem, 2–3 gün boyunca balıkları kuru tuzlama işlemini içermektedir. Ardından balıklar küvetlerde tuzlu su çözeltisinde bekletilmekte daha sonra güneşte kurutma yapılmaktadır. İşlemden kullanılan tuzun temizliği, nihai üründe özellikle renk üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Saf sodyum klorür, sarı bir renk verirken, kalsiyum ve magnezyum tuzlarının varlığı tercih edilen beyaz ürün vermektedir (Hall 2011).

### **2.6. Kurutarak Muhafaza**

Kurutma, ürünleri korumak için en eski geleneksel gıda koruma yöntemlerinden biridir (Stapley 2008). Kurutma, birçok gıda endüstrisinde uygulanan işlemlerden biridir ve kurutulmuş gıdaların kullanımı hızla artmaktadır. Kurutma, enzimler, bakteriler, mayalar ve küflerin hareketlerini yavaşlatarak su miktarını güvenli seviyelere getirme teknolojisidir (Varlık 1988, Bala ve Mondol 2001, Van Nguyen ve ark 2014).

Taze balık yaklaşık % 75-80'e kadar su içermekte ve çok çabuk bozulabilmektedir. Su içeriği % 25'e düştüğünde, bozucu maddeler hayatta kalamaz ve otolitik aktivite büyük ölçüde azalmaktadır. Bununla birlikte, depolama sırasında küf oluşumunu önlemek için, nem içeriği % 15'e kadar azaltılmalıdır (Bala ve Mondol 2001). Birçok tarım ülkesinde, gıda ürünü raf ömrünü iyileştirmek, paketleme maliyetlerini azaltmak, nakliye ağırlıklarını azaltmak, görünümü iyileştirmek, orijinal lezzeti ve besin değerini korumak için kurutulmaktadır (Van Nguyen ve ark 2014).

#### **2.6.1. Açık havada güneşte kurutma**

Doğal güneşte kurutma, eski zamanlardan beri kullanılmakta olan bir yöntemdir. Güneşte kurutma, özellikle güneş ışınlarının bol olduğu ülkelerde balık ve balık ürünlerini korumak için en uygun ve en ucuz işleme tekniğidir (Van Nguyen ve ark 2014).

Bu yöntemin gerçekleşmesinde çok düşük hava nemi ve hızlı esen rüzgâr olması gerekmektedir. Balıkların bütün olarak kurutulmasında, öncelikle balıkların baş kısmı kesilmekte, iç organları çıkarıldıktan ve yıkandıktan sonra çift taraflı olarak kuyruk kısmından bağlanmakta ve kurutulmak üzere çubuklara asılmaktadır. Balığın fileto olarak kurutulmasında ise, baş kısmı kesilmekte, iç organları çıkarıldıktan sonra kuyruk kısmına kadar açılmakta ve daha sonra sırt kısmındaki kılçıklar alınarak tek tek çubuklara asılmaktadır (Varlık 1988).

Açık havada güneşte kurutma sırasında ısı, balık ve balık ürünlerinin yüzeyine etrafını kuşatan havadan konveksiyonla ve radyasyonun emilmesiyle aktarılmaktadır. Daha sonra aktarılan ısı kısmen iç kısımlara iletilmektedir. Bu durumda ısı balık ve balık ürünlerinin sıcaklığının artmasına neden olmakta ve kısmen içten yüzeye su ve buhar geçişi için kullanılmaktadır. Ayrıca geri kalan enerji miktarı, suyun yüzeyde buharlaşması veya konveksiyon ve radyasyon yoluyla çevreye kaybolması için kullanılmaktadır. Rüzgâr kuvvetiyle desteklenen doğal konveksiyon, buharlaşan suyu balık ve balık ürünlerini çevreleyen havadan uzaklaştırmaktadır (Horner 1997, Van Nguyen ve ark 2014).

İşlem mevsimine göre 2-3 ayda tamamlanabilmektedir. Kurutma en iyi ilkbahar veya sonbahar aylarında yapılmaktadır. Kurutma işlemi için en uygun hava sıcaklığı +2 ile +12°C'dir. Balık yağmur ve aşırı güneş ışınlarından korunması gerekmektedir. Ürünler nem aldığı takdirde, bakteri gelişimi hızlanmakta ve güneşin de etkisiyle et sarımsı renk almaktadır. Bu yöntemle kurutulmuş bir balık, işlem sonucunda sert, kuru ve temiz olması gerekmektedir. Karın boşluğunda ve sırt kılçıkları boyunca herhangi bir yumuşama olmamalı, eti beyaz olmalı, kan lekesi veya başka renk değişimleri olmamalıdır. Ayrıca koku ve lezzet olumsuzlukları yaşanmamalıdır. Su miktarı

%18'in üzerinde olmamalıdır. Örnek bir ticari üründe su miktarı %12- 15 arasında olmaktadır (Varlık 1988).

Doğal güneşte kurutmanın önemli bir dezavantajı, toz ve böcek ve hayvanlardan dışkı bulaşmasından kaynaklanan kalite kaybıdır. Hava belirsizliklerinden dolayı kurutma sürecini ve açık havada bulunan kurutma parametrelerini kontrol etmek zor olmaktadır. Ayrıca büyük bir kurutma alanı gerekmektedir (Bala ve Mondol 2001, Van Nguyen ve ark 2014).



Şekil 16: Açık havada güneşte kurutma

### 2.6.2. Güneş enerjili kurutma (Solar)

Güneş kurutucuları balık ve balık ürünlerinin kurutulması için yaygın olarak kullanılmaktadır ve güneşte kurutma işleminin bir uzantısıdır. Güneş enerjili kurutmanın enerji verimli bir sistem olduğu kanıtlanmış durumdadır (Bala ve Mondol 2001, Van Nguyen ve ark 2014).

Güneş Enerjili (Solar) kurutma sadece enerji tasarrufu sağlamakla kalmamaktadır aynı zamanda önemli derecede zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca daha küçük bir kurutma alanı işgal etmekte, nihai ürünlerin kalitesini artırmakta ve çevreyi korumaya yardımcı olarak süreci daha verimli hale

getirmektedir. Güneş enerjili kurutma, açık güneşte kurutmadan farklıdır, çünkü kurutucunun içindeki ısıyı koruyan ve onu verimli kullanan kapalı bir yapıdan oluşmaktadır (Van Nguyen ve ark 2014). Kurutucu, şeffaf plastik kaplı düz plaka toplayıcısından ve iki güneş modülü tarafından işletilen dört fan kullanılarak doğrudan sıcak havayı seri olarak veren bir kurutma tüneline oluşmaktadır (Bala ve Mondol 2001).

Güneş kurutucuların doğal konveksiyon güneş kurutucu (pasif kurutucu) ve zorlanmış konveksiyon güneş kurutucu (aktif kurutucu) olmak üzere iki ana kategorisi bulunmaktadır. Pasif kurutucularda, hava akımı yüzdürme basıncından kaynaklanırken, aktif kurutucularda elektrik kullanan bir fan, güneş modülü veya fosil yakıt hava akışını sağlamaktadır. Aktif bir kurutucuda kullanılan yüksek hava hızı nedeniyle, pasif kurutucuya göre kuruma süresi kısa sürmektedir. Bununla birlikte, doğal bir konveksiyonlu güneş kurutucu daha küçük bir yatırım gerektirir ve zorlanmış konveksiyonlu bir güneş kurutucuya kıyasla çalıştırılması ve bakımı daha kolay olmaktadır (Van Nguyen ve ark 2014).

### **2.6.3. Kuru tuzlama yöntemi ile kurutma**

Bu yöntemde balık filetoları raflar üzerinde kuru şekilde veya fiçılarda ıslak şekilde tuzlanmaktadır. Kurutma işleminden önce balıklar iyice yıkanıp fırçalanmaktadır. Balıkların deri kısmı aşağıya gelecek şekilde tuz ile birlikte üst üste dizilmektedir. En üste gelen balığın deri kısmı dışa dönük olması gerekmektedir. Üst üste istiflenmiş balık kümeleri tuz ile iyice örtülmektedir. 100 kg balık için tuz gereksinimi ortalama 80 kg, ıslak tuzlamada ise 60 kg olmaktadır. Balıklar tuzda, balık etinin kalınlığına göre 3-4 hafta bırakılmaktadır. Balıklar tahta veya metal ızgaralar üzerine deri kısımları aşağıya gelecek şekilde yayılarak kurutulmaktadır. Balıkların yağmur ve güneşten korunması gerekmektedir. Kurutma süresi 7-8 hafta sürebilmektedir (Varlık 1988).

Kuru tuzlama ile kurutulmuş balıklarda, yumuşak bölgeler olmamalı, doku sert ve temiz olmalıdır. Et, beyaz ve açık sarı renkte olmalı, et üzerinde kırmızı bölgeler oluşmamalıdır. Ayrıca koku ve lezzet olumsuz düzeyde olmamalıdır. Kurutma işlemi tamamlanmış bir üründe tuz miktarı ortalama % 18-20, su miktarı % 38' in altında olması gerekmektedir. Kurutulacak ürün ızgaraların üzerine yayılmakta ve sıkça çevrilmektedir. Ürünlerin başlangıç sıcaklığı 60-70°C olmalıdır. Kurutma süresinin sonunda sıcaklık kısa süre için 95°C' ye çıkarılmaktadır (Varlık 1988).

#### **2.6.4. Isı pompası ile kurutma**

Isı pompası kurutucular, özellikle tarım ve gıda kurutma endüstrisinde 1970'lerden beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Isı pompası kurutması, geleneksel kurutmadan daha verimli ve daha düşük sıcaklıklarda çalışma potansiyeline sahiptir. Isı pompası kurutma, ısıya duyarlı malzemelerin kurutulması için iyi koşullar sağlayan geniş bir sıcaklık aralığında çalıştırılabilmektedir (Van Nguyen ve ark 2014).

Isı pompası kurutucular, düşük enerji tüketimi, yüksek performans katsayısı ve düzgün tasarlanmış kurutucunun yüksek termal verimliliği nedeniyle verimlidir ve çevre dostu bir teknoloji sunmaktadır. Isı pompası kurutucu sistemi; bir ısı pompası ve bir kurutucudan oluşan iki alt sistemin birleşimidir. Bir ısı pompası sisteminde, düşük basınçta çalışan akışkan (soğutucu akışkan) tarafından, kurutucu egzozundan gelen nemli havanın içindeki ısı alınarak buharlaştırıcıda buharlaştırılmaktadır. Kompresör, ısı pompasının çalışma akışkanının toplu ısını yükseltmekte ve yüksek basınçta aşırı ısıtılmış buhar olarak tahliye etmektedir. Kondansatörde, ısı çalışma sıvısından çıkarılır ve kuru havaya bırakılmaktadır. Çalışma sıvısı daha sonra düşük basınç hattına (bir genleşme valfi kullanılarak) çekilmekte ve döngüyü tamamlamak için evaporatöre girmektedir (Van Nguyen ve ark 2014).

Kurutma sisteminde, kondansatörden çıkan sıcak ve kuru hava, nemli malzemeye ısı gönderdiği kurutma odasından geçer ve aynı zamanda nemli malzemeden çıkan nemi havaya konvektif transfer ile çıkarmaktadır. Kurutma haznesinden çıkan nemli hava, havanın nem değerinin altına düştükçe, havanın içindeki nemin suya yoğunlaştırılacağı buharlaştırıcıdan geçmektedir. Buharlaştırıcıdan geçtikten sonra, kurutulan hava tekrar ısıtmak için yoğunlaştırıcıdan geçirilir. Yeniden ısıtılmış hava tekrar kurutma bölgesine gitmektedir (Van Nguyen ve ark 2014).

### **2.6.5. Tünelde kurutma**

Tünelde kurutma işleminde; tünel içinde kurutulan ürünü taşıyan araç hareket etme esnasında ısıtılmış kuru hava, vantilatör ile içeri verilmektedir. Tünel uzunluğu 10-60 m, hava hızı ortalama 1 m/s, kurutulacak ürünün hareket hızı 0.003-0.01 m/s olması gerekmektedir. İyi bir ürün elde edilmesi için sıcaklık 16-17°C, bağıl nem %45-55 arasında olmalıdır (Varlık 1988).

### **2.6.6. Vakum ile kurutma**

Bu yöntemde ürün ısıtıldıktan sonra nemi vakum ile alınmaktadır. Isıtma 55-70 °C arasında yapılmaktadır (Varlık 1988). Balık etlerinin bir vakum içine yerleştirilmiş olan ısı plakalarının üzerine sererek kurutulması yöntemin ana prensibidir.2 avantajı bulunmaktadır; (Oğuzhan 2012)

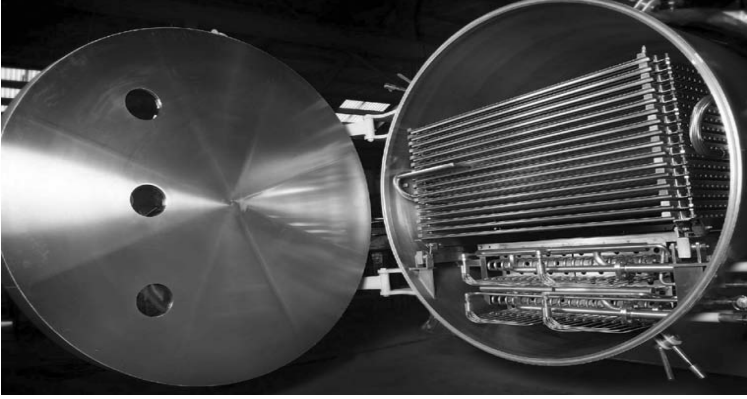
1. Vakumla kurutma işleminde ortamda hava bulunmadığı için kurutulan balıklarda oksidasyon tehlikesi oluşmamaktadır.
2. Suyun buharlaştırılması işlemi vakumla kurutmada çok çabuk gerçekleşmektedir. Bu durumda balık etinin daha düşük ısıda kalmasını sağlayıp balık etinde bakteriyel ve enzimatik kokuşma ihtimalini azaltmaktadır.

### **2.6.7. Dondurarak kurutma**

Dondurarak kurutma 19. yüzyılın sonundan beri gıdaların kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dondurarak kurutma, ana kurutma mekanizması olarak buzun süblimasyonunu kullanan bir kurutma işlemidir. Sıvı suyun buharlaşmasına dayanan tekniği ile geleneksel kurutma yöntemlerinden ayrılmaktadır (Van Nguyen ve ark 2014).

Dondurucu kurutucular, küçük ölçekli laboratuvar kullanımı veya büyük ölçekli işletmeler için tasarlanmıştır. Dondurucu kurutucunun ana elemanları; vakum geçirmez bir bölme, hava ve diğer yoğunlaşmayan gazların çıkarılması için bir araç (genellikle bir vakum pompası), suyu uzaklaştırmak ve dondurarak kurutma odasına düşük bir su buharı basıncı sağlamak için bir kondansatör ve bazı ısı kaynakları elemanlarından oluşmaktadır (Stapley 2008).

Bu yöntemde süblimasyonla kurutma sağlanmaktadır. Öncelikle, ürün içerisindeki su, kurutma öncesi aşamada dondurulmakta ve daha sonra birincil kurutma aşamasında buzun süblimasyonu ile giderilmektedir. Birincil kurutma aşamasından sonra kalan su, ikincil kurutma aşamasında desorpsiyon ile azaltılmaktadır. Sıcaklık -10 ile -20 arasında olmaktadır. İşlem bittiğinde son üründe % 1-4 nem bulunmaktadır. Aroma sabit kalmakta, form ve renk değişmemektedir. Ürün, kurutmadan sonra vakum yöntemi ile paketlenmektedir. Bu yöntemle yapılan kurutma işleminde ürünün kalitesi, diğer yöntemlere göre daha olumlu olduğu bildirilmiştir (Varlık 1988, Van Nguyen ve ark 2014).



Şekil 17: Üretim ölçekli toplu dondurucu kurutma makinesi

Suyun % 98 kadarı çıkarıldığı için, yiyecek hafif olmakta dolayısıyla nakliye ve depolama maliyetleri azalmaktadır. Ton balığı, uskumru ve morina vb. birçok üründe dondurarak kurutma yöntemi uygulanmaktadır (Van Nguyen ve ark 2014).

Stapley (2008), dondurarak kurutma işleminin bir avantajı olarak, kurutulmuş ürünün rafa dayanıklı olmasını ve genellikle aylarca hatta yıllarca ortam sıcaklığında tutulması için sadece kapalı bir kabın yeterli olabileceğini bildirmiştir.

### 2.6.8. Ozmotik dehidrasyon yöntemi ile kurutma

Ozmotik dehidrasyon, susuz gıdaların işlenmesi için en etkili tamamlayıcı gıda koruma tekniklerinden biridir. Tuzlama, dumanlama ve marine etme gibi geleneksel süreçlerde kullanılan bir işlemdir. Ozmotik dehidrasyon ile balık tuz şeker gibi çözeltilerin içerisinde bekletilerek içerisindeki su çıkarılmaktadır. Ozmotik dehidrasyon, terbiyeli kurutulmuş balık ürünlerinin üretilmesi için bir terbiyeleme adımı olarak diğer kurutma yöntemleri ile birlikte yaygın şekilde uygulanmaktadır (Van Nguyen ve ark 2014).



## 2.7. Dumanlama (Tütsüleme) İle Muhafaza

Dumanlama, balıkları işlemek ve muhafaza etmek için kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Dumanlama yöntemi, balıkların genellikle odun talaşı ya da odun gibi yanan bitkiler tarafından üretilen dumana maruz bırakılarak balık kası içine lezzet, tat ve koruyucu maddeler getirmektedir. Ayrıca dumandaki uçucu bileşikler balık kası içine nüfuz etmektedir (Arason ve ark 2014).

Balıkların dumanlanması tesadüfi bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Yağışlı veya nemli hava koşullarında balıkçılar, ihtiyaç fazlası avlarını kurutmak için güneş ve rüzgâr yerine açık ateş kullanımına başvurmak zorunda kaldılar. Daha sonra, ürünler üzerinde duman işlemenin mikrop öldürücü ve koruyucu etkilerinin farkına vararak bu yöntemi sıklıkla kullanmaya başlamışlardır (Horner 1997).

İyi dumanlanmış bir ürün elde etmek için balıkların taze olması gerekmektedir. Tüketicie ulaşan ürünün kalitesi, balığın tütsülenmesinden önceki tazeliğine, işlem öncesi ve sonrası uygulamalara, dumanlanma sürecine ve depolama sürecine bağlı olarak değişebilmektedir (Horner 1997). Ürünlerin depolanması ve dayanıklılığı, tüm diğer gıda maddelerinde olduğu gibi depolama sıcaklığına, su, tuz ve yağ miktarına bağlı olmaktadır (Varlık 1988).

Dumanlama işlemi başlamadan önce balıklar; bölme, temizleme, tuzlama ve asma sürecinden geçirilmektedir. Ürünler zarar vermemek ya da yıpratmamak için her zaman dikkatli olunmalıdır. Balık tüm olarak kullanılacaksa bağırsak, solungaç ve iç organları çıkarılmalıdır, çünkü bunlar çabucak bozulmakta dolayısıyla iyi durumdaki balıkları bozabilmektedir (Horner 1997).

Yüksek bir sıcaklık ile birlikte dumana maruz kalan balık kasındaki zararlı enzimatik reaksiyonlar etkili bir şekilde sınırlanabilmektedir. Günümüzde, dumanlama işleminin temel

amacı, koruyucu etkilerinden ziyade, ürünün duyu kalitesini arttırmaya yönelmiş durumdadır. Dumanlama süreci genellikle, dumanlama işleminde kullanılan duman depolarında, tuzlama, kurutma, ısıtma ve dumanlama adımlarından oluşmaktadır. Vakum, modifiye atmosfer veya konserve paketleme işlemlerinin, dumanlanmış (füme) balık ürünlerinin raf ömrünü daha fazla uzatabildiği bildirilmiştir (Arason ve ark 2014).

Dumanlanmış son üründe ürünün çeşidine göre genellikle altın sarısı bir görünüm ortaya çıkmaktadır. Üründe duman aroması oluşmaktadır. Aynı zamanda dumandaki bakterisit maddeler de ete işlenmiş durumda olmaktadır. Dumanlamada; ince tahta, odun briketi veya yonga şeklinde kayın, gürgen, meşe, kızılgağaç odun cinsleri kullanılmaktadır (Varlık 1988).



Şekil 18: Dumanlama (Tütsüleme) ile muhafaza yöntemi

### 2.7.1. Soğuk dumanlama

Bu yöntem, ürünlerdeki proteinlerin ısı pıhtılaşması belirtisi göstermediği sıcaklıklarda dumanlama işlemi yapılmasını içermektedir (Arason ve ark 2014). Soğuk dumanlama yapılmış ürünler iyi derecede dayanıklı hale gelmiş durumdadır. Ürünler, genellikle yüksek tuz oranı ve düşük miktarda su içermektedir. Soğuk dumanlama işleminde sıcaklık 40°C'nin altında tutulması gerekmektedir. Soğuk dumanlama işlemi 1-6

günde tamamlanmaktadır (Varlık 1988). Dumanlama işleminin başlangıcında duman odasının sıcaklığının 30 °C'nin altında olması ve sıcaklığın süreç boyunca bu seviyelerde tutulmasının daha uygun olduğu bildirilmiştir (Horner 1997, Arason ve ark 2014).

Ham materyal olarak genellikle tuzlu balık kullanılmaktadır. Tuzlu ürünün yıkanarak bir kısım tuzu giderilmektedir. Balığın % 15-17 olan tuz oranı % 6-8 seviyelerine indirilmesi gerekmektedir (Varlık 1988). Dumanlama sürecince balıklar belli bir dereceye kadar kurumalı ve balık yüzeyinde duman birikmesi gerekmektedir (Horner 1997). Balıklar gözlerden, ağız veya solungaç kısımlarından şişlere geçirilerek ve ön kurutma cihazında ya da soğutulmuş dumanlama fırınında bir gece bekletilmesiyle ön kurutma işlemi tamamlanmaktadır (Varlık 1988).

Balığın kuruması ve yüzeyinde dumanın etkili bir şekilde birikebilmesi için yangın kutusunun içindeki hava kanalları neredeyse tamamen kapalı olmalıdır ki talaş yanmaktan ziyade içten içe yavaş dumanlanma durumuna gelmelidir. Hava akışı çok hızlıysa ve sıcaklık çok yüksekse, balık yüzeyinin kapatılması gerekmektedir. Böylece üründen daha fazla su çekilememektedir. Bu duruma “sertleşme” adı verilmektedir. Sertleşmiş yüzeyin altı ıslaktır ve içeriden bozulma eğilimi göstermektedir. Sert, tıkanmış yüzey, duman kimyasallarının içeriye doğru geçişine izin vermemekte ayrıca dumanlama işleminin koruyucu etkisini azaltmaktadır (Horner 1997).

Soğuk dumanlama işleminde balıklar pişirilmemektedir. Sıcak dumanlama ile karşılaştırıldığında, soğuk dumanlama işlemi daha uzun sürmektedir, sıcak dumanlanmış ürünlerden daha yüksek verime sahip olduğu ve orijinal dokusal özelliklerini sıcak dumanlanmış ürünlerden daha iyi tuttuğu bildirilmiştir (Arason ve ark 2014).

Somon, gökkuşuğu alabalığı, morina, ton balığı gibi farklı balık türlerine soğuk dumanlama uygulanmaktadır. Dumanlanmış balık ürünleri pazarında soğuk tütsülenmiş somon ve alabalık hakim durumdadır (Arason ve ark 2014). Tuzlu balıktan yapılan soğuk dumanlanmış ürün en az 14 gün dayanabilmektedir (Varlık 1988).

### **2.7.2. Sıcak dumanlama**

Sıcak dumanlama, hem ısı hem de duman kullanan geleneksel dumanlama yöntemidir (Arason ve ark 2014). Bu yöntemin en önemli avantajı her çeşit taze ve derin dondurulmuş balıkların işlenebilmesidir (Varlık 1988). Sıcak hava soğuk havadan daha az yoğun olduğundan dumanı yukarı doğru taşımaktadır. Çoğu dumanlama fırınında, duman yukarı doğru ve asılı balıkların üzerinde hareket etmektedir (Horner 1997).

Dumanlama işlemine, yıkanmış ve pulları temizlenmiş tüm veya fileto edilmiş balıklardaki kanın sızdırılması ve etin sıkışması için 30-60 dakika % 10'luk tuzlu salamurada tutulmasıyla başlanmaktadır. Daha sonra salamuradan alınan balık şişlere geçirilip kafeslere asılmaktadır. Salamuradan sonraki balıklardaki tuz oranı % 1,5-2 seviyelerinde olması gerekmektedir. Balıklar hava ceryanlı bir yerde veya vantilatörlerle hava ceryanı yaratılan odalarda kurutulmaya bırakılmaktadırlar (Varlık 1988).

Balık, protein ısı koagülasyonunu sağlamak için yeterince yüksek ve yeterli bir süre boyunca ısınan sıcaklıklarda işlem görmektedir. Genel olarak, sıcaklık 30 °C'nin üzerinde tutulmalı ve normal aralık 70-80 °C arasında olmalıdır. Sıcak dumanlama işleminde, balık tamamen pişirilir ve tüketici daha sonra pişirmeden yiyebilmektedir. Ayrıca, sıcak dumanlanmış balık ürünleri, stabil bir raf ömrü sağlamak için 0.85 veya daha az su aktivitesine (aw) sahip olması gerekmektedir (Arason ve ark 2014).

Sıcak dumanlama birbiri ardına gelen üç bölümden oluşmaktadır. Başlangıçta yüksek sıcaklık ile ön kurutma yapılmaktadır. Dış yüzeyin sert bir deri gibi iyice kurumaması gerekmektedir. İkinci aşamada balığın pişmesi sağlanmaktadır. Bu esnada dumanlama dolabının tabanında harlı ateş yakılmakta ve dolabın kapakları açık tutulmaktadır. Balık eti pişmişse ateş kıyılmış yonga ile örtülerek nemlendirilmekte ve hava akımı azaltılmaktadır (Varlık 1988).

Süreç boyunca, rafların yeri fırının farklı kısımlarına taşınmalıdır. Böylece bütün balıklar aynı dumanlamaya maruz kalabilmektedir. Günümüzde birçok modern fırınlarda yangın kutusu dumanlama odasından ayrılmaktadır. Hava hareketi yukarıdan ziyade karşıdan verilmekte ve duman balıkların raflarına üflenmektedir (Horner 1997).

Dumanlama süresi ürünün çeşidine, balık tipine ve etin kalınlığına göre ortalama 1-4 saat sürmektedir. Sıcak dumanlanmış balıkların soğukta (4 ile 10 °C) taşınması ve depolanması gerekmektedir. Tuzlu balıktan yapılan sıcak dumanlanmış ürün 3-6 gün dayanabilmektedir (Varlık 1988).



Şekil 19: Sıcak füme uygulanmış alabalık örneği

### **2.7.3. Sıcak ve soğuk dumanlama kombine yöntemi**

Bu yöntemde balıklar ilk önce 30 °C'nin altında birkaç saat dumanlanmakta ve son olarak sıcaklığın 30°C'nin üzerinde sıcak olarak dumanlanmaktadır (Arason ve ark 2014).

### **2.7.4. Sıvı dumanlama**

Sıvı dumanlama özütü, odunun damıtılmasıyla hazırlanmakta ve daha sonra konsantre edilmektedir. Konsantre edilmiş duman, su gibi bir çözücü içinde çözülmekte ve doğrudan ürünlerde kullanılabilir. Balık, dumanı absorbe etmek için kullanılan bir sıvı konsantresine daldırılmaktadır. Sıvı konsantre, dumanın aroma ve lezzetini balık kası içine aktarmaktadır (Arason ve ark 2014).

Sıvı dumanlama yönteminin çeşitli avantajları vardır. Geleneksel soğuk ve sıcak dumanlama işlemlerinden daha homojen bir duman aroması elde etmek hızlı ve çok daha kolaydır. Geleneksel füme somonla karşılaştırıldığında daha yüksek işleme verimine ve benzer dokusal özelliklere sahip olmaktadır. Doğal dumandaki istenmeyen bileşikler (örneğin polisiklik aromatik hidrokarbonlar) giderilebilirken antioksidanlar ve antimikrobiyal aktivite kolayca belirlenebilmektedir. Ayrıca, sıvı dumanlama daha düşük işletme maliyetlerine, daha az çevre kirliliğine ve diğer dumanlama yöntemlerine göre daha az zaman gerektiren bir etkiye sahiptir (Arason ve ark 2014).

### **2.7.5. Elektrostatik dumanlama**

Bu kızılotesi radyasyon ile balıkları dumanlama yöntemidir. Ürünler bir elektrik alanında dumanla işlenmekte (genellikle pozitif yüklüdür) ve aynı zamanda balıklar da negatif olarak yüklenmektedir. Elektrik alanı, iyonize duman parçacıkları üzerinde hareket ederek, dumanlama sürecini hızlandırmakta ve böylece dumanlama süresi kısalmaktadır. Elektrostatik dumanlama tamamen mekanize edilebilmektedir. Bu nedenle, yüksek kaliteli nihai ürünleri muhafaza ederken, işgücü ve üretim maliyetlerini düşürebilmektedir (Arason ve ark 2014).

## 2.8. Marinasyon İle Muhafaza

Marinasyon, tuz, şeker, baharat, yağ ve sirke, meyve suyu, şarap vb. asitler içeren marine çözeltileri (marinasyon banyosu) içeren balıklar için yarı koruyucu bir yöntemdir (Arason ve ark 2014). Bu ürünlerin raf ömrünün uzatılması ve yüksek duyuşal özellikleri kimyasal konserve edici marinatların katkısıyla gerçekleşmektedir (Varlık 1988, Arason ve ark 2014).

Günümüzde balıkları marine etmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Marine edilmiş balıklar, birçok ülkede oldukça sevilen yarı-korunmuş ürünlerdir. Kullanılan marine çözeltilisinin bileşimi, üreticilere ve marine ürünlerden beklenen özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Marinat çözeltileri, mikroorganizmaların çoğalmasını önlemek ve enzimlerin aktivitesini engellemek için, genel olarak tuz, düşük su aktivitesi, asidik pH ve antimikrobiyal ajanların kullanımından dolayı tercih edilmektedirler. Marinat çözeltilerinin bakteri ve enzimler üzerindeki engelleyici etkileri, konsantrasyon ve marinasyon süresi ile artmaktadır. Genellikle, ringa balığı, sardalye, uskumru ve hamsi gibi yağlı balıkların yanı sıra çeşitli türde su ürünleri marinasyon işleminde kullanılmaktadır (Varlık 1988, Arason ve ark 2014).

Nihai ürünün kalitesi, marine çözeltilisinin bileşimine, balığın sıvıya oranına ve balığın marinatlama sırasında nasıl işlendiğine bağlı olarak değişebilmektedir. Geleneksel olarak, marine etme, ürünü hazır bir marine çözeltisine daldırmayı içermektedir. Yıkama ve temizleme işlemi yapılan ürünler daha sonra fileto edilmekte ve ortalama 30 dakika % 3-5 tuz içeren kan sızdırma banyosunda tutulmaktadır. Daha sonra çok konsantre (% 5-8 sirke ve % 10-14 tuz) salamurada bekletilmektedir. Salamura etme işleminde sıcaklık 10-15°C' dir (Varlık 1988, Arason ve ark 2014).

Arason ve arkadaşları (2014), salamura suyunda bekletilen balık etlerinin protein denatürasyonu nedeniyle parlak kırmızı

rengini yitirdiğini ve marinadın mat, tipik beyaz gri renge dönüştüğünü ayrıca balık dokusunun su kaybından dolayı % 15-20'lik bir ağırlık kaybı olabildiğini bildirmişlerdir.

Salamura solüsyonundan alınan balıklar yıkanıp suları sızdırıldıktan sonra kavanozlara yerleştirilmektedir. Sonraki işlem baharat ve katkı maddeleri konulmasıdır. Baharat ve garnitür olarak, salatalık turşusu, soğan halkaları, defne yaprağı, hardal ve karabiber taneleri kullanılabilir. Salamura işleminin sonunda pişirme solüsyonu veya balık dokusu % 2-2.5 sirke ve % 6-7 tuz içermesi gerekmektedir. Ayrıca asidik pH seviyelerinde ( $1,0 < \text{pH} \leq 4,5$ ), tüm gıda zehirlenme bakterileri ve çoğu bozucu bakterilerin çoğalması engellendiği için ürünlerin bu sınırlarda kalması önerilmektedir. Bu yöntemde ürünler soğukta saklanması gerekmekte ve en uygun depolama sıcaklığı + 2 ile + 8°C'dir. Bu şekilde ürünler 3 ay dayanabilmektedirler (Varlık 1988, Arason ve ark 2014).

### **2.8.1. Soğuk marinasyon**

Soğuk marinasyon, marine balık işlemede en yaygın kullanılan yöntemdir. Avrupa'da, soğuk marinat, pazarın yaklaşık % 92'sini oluşturmaktadır. Ürünlere bağlı olarak, 12 haftaya kadar, uygun bir marine sirke ve tuz çözeltisi içinde balıkların bekletilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Ardından sertleşmiş balık, baharatlı cam veya plastik kaplarda paketlenir ve tuzlu sirke çözeltisi ile kaplanmaktadır. Kurutma adımı sırasında kullanılan tuz ve sirke konsantrasyonları, balık türüne ve nihai ürünlerin beklentisine bağlı olarak değişebilmektedir (Arason ve ark 2014).

### **2.8.2. Pişmiş marinasyon**

Pişmiş marinasyon yöntemi, tuzlu sirke çözeltisinde balık pişirmeye dayanmaktadır. Pişen balıklar kutulara doldurulmakta ve su, sirke, tuz ve baharatlar da dahil olmak üzere pişirme marine çözeltisi ile kaplanmaktadır (Arason ve ark 2014).



### **2.8.3. Kızarmış marinasyon**

Kızarmış marinasyon yönteminde, balık önce tuzlu suya ve una daldırılıp daha sonra kızartılmaktadır. Kızarmış balıklar daha sonra soğutulmakta ve tuz, asetik asit ve baharat içeren marine çözeltisi içerisine konulmaktadır (Arason ve ark 2014).

## **2.9. Paketleme İle Muhafaza**

### **2.9.1. Modifiye atmosfer paketleme (MAP)**

Modifiye atmosferlerin gıdaların raf ömrünü uzatma kabiliyeti yıllardır bilinmektedir. Modifiye atmosfer kullanımı 1920'lere kadar uzanırken, balıklar için kullanımı 1930'larda başlamaktadır. Son yıllarda, genellikle modifiye atmosfer ambalajın (MAP) kullanım ve pazar payında belirgin bir genişleme görülmektedir (Davies 1997).

Balıkların raf ömrünü artırmak amacıyla; gaz geçirmeyen materyalde kaplanması ile gazlı ortamda yavaş solunum sağlanarak mikrobiyal gelişim ve enzimatik bozulmayı yavaşlamaktadır. Bu gibi değişiklikler genellikle paket içerisindeki havanın O<sub>2</sub> içeriğinin azalması, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub> değerlerinin artması ile sonuçlanmaktadır (Kılınç ve Çaklı 2001). MAP'de ticari olarak genelde kullanılan üç ana gaz; karbon dioksit, azot ve oksijendir (Davies 1997).

Balıkların dağıtımı ve depolanmasından önce son bariyer olarak ambalajlamanın koruma işlevi, katkı maddelerinin kullanımının azaltılması ve daha hafif işleme teknikleri (örneğin sterilizasyon yerine pastörizasyon) kullanılması eğilimi nedeniyle daha önemli hale gelmektedir. Bu nedenle, ürünlerin raf ömrünü artırmak için modifiye atmosfer ambalajı (MAP) kullanımı artmış durumdadır (Noseda ve ark 2014).

### **2.9.2. Vakumlu paketleme**

Vakum paketleme işleminde, ambalaj içerisindeki hava vakumla boşaltılmakta ve sonra kapatılmaktadır (Kılınç ve Çaklı 2001). Ambalajlamadan önce gaz fazının ambalajın içinden çıkarılması, içindeki oksijen konsantrasyonunu azaltmaktadır.

Dolayısıyla, aerobik çoğalma ve mikroorganizmaların eşlik eden aerobik metabolizması inhibe edilmekte, potansiyel olarak ürünün daha uzun bir raf ömrüne sahip olmasını sağlamaktadır (Noseda ve ark 2014).

Vakum paketleme bir tür pasif modifiye atmosfer yöntemi olarak kabul edilmektedir (Kılınç ve Çaklı 2001). Vakumlu ambalaj tekniği genellikle, özellikle dumanlanmış (füme) balıkları ambalajlamak için kullanılmaktadır. Dondurulmuş ürünlerin ambalajlanmasında ise, donmuş ürünlerde oksidasyondan kaynaklanan istenmeyen kokuların ve aromaların oluşumunu ayrıca donmuş depolama sırasında dehidrasyonu önlemek için kullanılmaktadır. Vakumla paketlemenin bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır (Noseda ve ark 2014).

- Balıkların raf ömrünün artırılması
- Ürün hacimlerinin minimize edilerek lojistik açıdan avantaj sağlanması,
- Ambalajdaki potansiyel gaz sızıntılarının basit görsel denetim ile kolayca tespit edilmesi bulunmaktadır.



Şekil 20: Vakumla paketleme yöntemi

### 2.9.3. Gaz paketlenme

Bu yöntem vakum paketlenme teknolojisinin basit bir şekilde genişletilmiş tekniğidir. Bu teknikte paket içerisindeki hava uzaklaştırılarak yerine gaz karışımı doldurulmaktadır (Kılınç ve Çaklı 2001). Azaltılmış  $O_2$  ve yükseltilmiş  $CO_2$  (modifiye atmosfer ambalajı-MAP) altında soğuk depolamayla ( $0-2\text{ }^{\circ}C$ ) birlikte ambalajlama, çeşitli balıkların raf ömrünü uzatabilmektedir (Skura 1991, Bozariş 2014, Jessen ve ark 2014). Ambalajın içindeki gaz bileşimi (%  $CO_2$ , %  $CO$ , %  $O_2$ , %  $N_2$ ) değiştirilerek modifiye edilmiş bir atmosfer elde edilebilmektedir (Noseda ve ark 2014).

#### a. Karbondioksit ( $CO_2$ )

Karbondioksit ( $CO_2$ ), MAP balıklarında kullanılan en önemli gazdır.  $CO_2$ 'nin çözünürlüğü, azalan sıcaklıkla büyük ölçüde artmakta ve ürünün su ve yağ içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Balıkların bozulmasına sebep olan mikroorganizmaların modifiye edilmiş bir atmosferde çoğalmasının engellenmesi, ürünlerdeki çözünmüş  $CO_2$  konsantrasyonuna göre belirlenmektedir. Bu nedenle antimikrobiyal etkinin sağlanması için paketin üst boşluğunda yeterli bir gaz / ürün oranına sahip yeterli bir  $CO_2$  seviyesinin kullanılması son derece önemli olmaktadır (Noseda ve ark 2014).

#### e. Oksijen ( $O_2$ )

MAP gıda ürünlerindeki oksijen konsantrasyonları, genellikle, aerobik bozulma bakterilerinin çoğalmasını inhibe etme ve oksidatif bozulmayı önleme amacı ile mümkün olduğunca düşük tutulmaktadır (Noseda ve ark 2014). Oksijenin ( $O_2$ ), gaz karışımında kullanılmasından genellikle kaçınılmaktadır (Kılınç ve Çaklı 2001).

MAP'deki  $O_2$ 'nin depolama sırasında oksidatif bozulmayı teşvik edip edemeyeceği her zaman belli olmamaktadır. Bununla birlikte, oksijenin kalite iyileştirme özelliklerine de

sahip olabildiği bildirilmiştir. Bu nedenle, belirli durumlar için O<sub>2</sub> kullanılabilir (Nosedo ve ark 2014).

#### **f. Karbon monoksit (CO)**

Kırmızı balık etinin MAP'sine düşük seviyelerde CO eklenebilir, böylece filetolar stabil bir parlak kırmızı renge sahip olabilmektedir. Ancak AB'de, bu gazın gıda ambalajında kullanılmasına izin verilmemektedir. Balıklar, özellikle ton balığı gibi histidin bakımından zengin balıklar için, CO kullanımı histamin oluşumuna ek bir risk oluşturmaktadır. Gaz karışımında maksimum %0.4 seviyesinde kullanılabilir (Nosedo ve ark 2014).

#### **g. Azot (N<sub>2</sub>)**

Azot (N<sub>2</sub>), su ve yağda düşük çözünürlüğünden dolayı, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> konsantrasyonlarını tamamlamak için çoğunlukla dolgu gazı olarak kullanılan durağan ve tatsız bir gazdır (Nosedo ve ark 2014). Azot, antimikrobiyal aktiviteye sahip değildir ve balıklarda herhangi bir kimyasal veya biyokimyasal reaksiyona doğrudan etki göstermemiştir (Kılınç ve Çaklı 2001, Nosedo ve ark 2014).

#### **2.9.4. Sous-vide (Vakum pişirme /paketlenme)**

Balıkların kalitesini korumak ve raf ömrünü artırmak için sous-vide işleme teknolojisi kullanılmaktadır. Bu yöntem; taze ve kaliteli ürün seçimi, hijyen koşullarına dikkat edilerek malzemeleri ekleme ve karıştırma, paketlenme (tartım, plastik tabaklara yerleştirme ve hava geçirmez plastik poşet ile kaplama), havanın vakum paketlenme makinasıyla uzaklaştırılması ve hava almayacak şekilde kapatılması, otoklavda yavaş ısıtılarak pastörizasyon, hızlı soğutma, 0-3°C'de soğuk depolama ve depolama sürecinden sonra servis edilmek üzere tekrar ısıtılma aşamalarından oluşan bir sistemdir (Kılınç ve Çaklı 2001, Magnussen ve ark 2008).

Soğutulmuş depolama süresi 0–3 °C’de 21 güne kadardır. Sous vide ürünleri için önerilen minimum ısı işlem 10 dakika boyunca 90°C veya zaman-sıcaklık eşdeğeridir. Bu süreç Clostridium botulinum sporlarında ve Listeria, Salmonella ve Escherichia coli gibi vejetatif patojenlerde en az 6 günlük azalma sağlamaktadır (Magnussen ve ark 2008).



Şekil 21: Sous-vide yöntemi

### 2.10. Fermantasyon İle Muhafaza

Fermente balık ürünleri ağırlıklı olarak Güneydoğu Asya’da tüketilmektedir. Bu ülkelerde protein tüketimi nispeten düşüktür ve en önemli protein kaynakları balıklardır (Maas-van Berkel ve ark 2004).

Fermente edilmiş balık terimi, balık enzimlerinin ve bakteriyel enzimlerin fermantasyona neden olacak şekilde tuz ile işlenmesi ve böylece çürümenin önlenmesi için işlenen balıkları tarif etmek için kullanılmaktadır. Büyük miktarda tuz içeren fermente balık ürünleri, yüzyıllardır gıda maddelerinin raf ömrünü uzatmak için kullanılmış ve gıda bozulma mikroorganizmaları ve patojenleri için elverişsiz bir ortam yaratmak için sıkça kullanılan bir bileşen olmaya devam etmektedir (Noseda ve ark 2014).

Fermente balık ürünleri önemli bir protein kaynağıdır. Günlük diyeteye önemli bir katkı oluşturabilecek bazı temel amino asitler içermektedirler. Örneğin, balık sosunda bulunan lizin, yalnızca pirinçte küçük miktarlarda bulunabilmektedir (Maas-van Berkel ve ark 2004). Birçok fermente gıdalar, starter mikroorganizmaların rekabetçi aktivitesi ve metabolitleri nedeniyle taze gıdalardan daha az gıda bulaşma veya zehirlenme aracı olmaktadır. Fermantasyon sürecinde enzimler, dokularda değişim meydana getirmekte ve lezzet gelişiminde yardımcı olmaktadır, bakteriler ise balık fermantasyonu için aroma ve tat geliştirmektedir (Noseda ve ark 2014).

Üç çeşit fermente balık ürünleri vardır:

- 1) Balık eti sıvı balık sosu haline dönüştürülmektedir.
- 2) Balık bir macuna dönüştürülmektedir.
- 3) Balık, bütün veya parça halinde, kendi yapısının mümkün olduğunca korunması sağlanmaktadır.

Elde edilen ürünün kalitesi, balığın yağ içeriğine, balık etindeki enzim aktivitesine, kullanılan tuzdaki kirliliğe ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir (Maas-van Berkel ve ark 2004, Sahoo ve Chatli 2016).

Maas-van Berkel ve arkadaşları (2004), yaptıkları çalışmada, fermantasyon balık sosunun yapılışını anlatmışlardır. Özetleyecek olursak; balık yıkanır ve öylece süzölmeye bırakılır. Balıklar daha sonra toprak veya tahta kaplarda çok miktarda tuz ile doldurulur. Genellikle 3-4 kg arası balık için 1 kg tuz kullanılmaktadır. Kaplar, anaerobik bir ortam oluşturacak ve hava bulundurmuyacak şekilde ağzı kapatılmadan doldurulur. Balık proteini, balıklarda bulunan enzimlerin aktivitesinin bir sonucu olarak bozulur. Birkaç ay sonra tortudan ayrılarak berrak, amber renkli bir sıvı oluşmaktadır. Bazen balık sosu hazırlanması sırasında balık macunu da yapılabilir. Ayrıca balık sosu fermantasyonu, tüm etlerin berrak bir sıvı

oluşturmak için parçalanması gerektiği için balık macunundan daha uzun sürmektedir.

### **2.11. Ezilmiş Ürün Teknolojisi (Surimi) İle Muhafaza**

Surimi ve surimi bazlı su ürünleri, geleneksel olarak Japonya’da tüketilen ürünlerdir ve ülkenin diyet kültüründe önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde, en büyük surimi üreticileri Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Tayland’dır. Surimi, Çin, Vietnam ve Malezya’da da üretilmektedir. Surimi yapma süreci, Güneydoğu Asya’da ortaya çıkmış ve 16. yüzyılda Japonya’da daha da geliştirilmiştir. Japonca “surimi” kelimesi “kıyma” anlamına gelmektedir. Çince olarak “balık püresi” anlamına gelen “yú jiāng” denilmektedir (Jeyakumari 2014).

Japonya’daki Gıda Sanitasyon Yasası’na göre, surimi deniz ürünleri baharatlar, sertleştiriciler veya diğer bileşenlerle karıştırılmış balık etlerinin ısıtılması (buharda, derin yağda kızartma, kaynatma, dumanlama) ile hazırlanan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Kamaboko, chikuwa, tempura ve hanpen, Japonya’daki tipik ve geleneksel surimi deniz ürünleridir (Ooizumi 2013).

Kıymanın Surimi’den iki önemli ayırt edici özelliği bulunmaktadır:

- Jel oluşturma kapasitesi,
- Dondurulmuş depolamada uzun süreli stabilite,

Surimi üretimi için balığın önemli ve istenen özellikleri; surimi bazlı ürünlere işlendiğinde güçlü jel oluşturuca özellik, iyi kalite, beyaz et, yıl boyunca kullanılabilirlik, verimlilik ve uygun fiyat olarak sıralanabilmektedir (Jeyakumari 2014).



Şekil 22: Surimi

### 2.11.1. Surimi bazlı ürünler

Surimi bazlı ürünler, surimi macununun, yengeç, istakoz, tarak veya karides gibi kabuklu deniz hayvanı etleri ile çeşitli şekillerde hazırlanmaktadır. Ürünler, imalat ve yapısal özelliklerine göre dört ana kategoriye ayrılmaktadır (Jeyakumari 2014).

#### a. Kamaboko

Japonya'daki en tipik surimi tabanlı ürün Kamaboko 'dur. Surimi macunu, herhangi bir ısıl işlemde önce bir ahşap tahta panelde şekil verilir. Bazen yüzeyi görünüm için renkli macun ile kaplanır. Kendine özgü şekli oluşturulduktan sonra, surimi macunu, türlere bağlı olarak düşük sıcaklıkta bir ayar prosesine (30-60 dakika boyunca 20-40 °C) tabi tutulur veya bu işlem sırasında, çözülmüş miyofibriler proteinlerin jel oluşturma kabiliyeti, yüksek ölçüde artar, güçlü bir jel verir. Balık proteinlerinin jelleşmesini tamamlamak için buharda veya fırında pişirme tekniği ile pişirme yapılır. Bitmiş buğulanmış ürün "mushi" (buharda) kamaboko olarak adlandırılır (Jeyakumari 2014). Kamaboko'nun işlenmesi sadece balık etinin ısıtma ve tuzla korunması için bir yöntem olarak değil, aynı zamanda diğer deniz ürünlerinden farklı bir karakteristik doku ve lezzet elde etmek amacıyla da geliştirilmiştir (Ooizumi 2013).





Şekil 23: Pembe ve beyaz kamaboko

### b. Chikuwa

Surimi tabanlı ürünlerin özgün bir modelidir. Şekli tipik olarak bir boru veya tüp gibidir. Surimi macunu, bir tamburun yüzeyi üzerindeki dikdörtgen şeklinde yivli bir deliğe yerleştirilir. Macun, konveyör üzerindeki metal bir çubuk üzerine yuvarlanır. Çubuktaki macun, jelleşme için vidalı konveyör üzerinde fırında döner şekilde pişirilir. Bitmiş ürünler, pazarlama kanallarına girmeden önce paketlenir, pastörize edilir ve daha sonra soğutulmaktadır (Ooizumi 2013, Jeyakumari 2014).



Şekil 24: Chikuwa

### c. Satsuma

Satsuma, çeşitli şekil ve özelliklerde kızarmış kamaboko'dur. Sebze, karides, kalamar ve kıyılmış balık gibi ek malzemeler bazen satsuma üretimi için surimi macununun içine karıştırılabilmektedir. Hamur daha sonra kızartmadan önce çeşitli şekillere kalıplanır. Son yıllarda, çoğu satsuma, yüksek jel mukavemeti ve üretkenliği sağladığı için iki aşamalı kızartma işlemi kullanılarak üretilmektedir. İlk kızartma 130°C'de yapılmakta ikinci kızartma ise 170°C'de yapılmaktadır (Jeyakumari 2014).

### d. Hanpen

Hanpen, bir tür haşlanmış kamaboko olup, patates veya nişasta ile karıştırılmış surimi macunu ile kaynatılarak üretilir. Bu ürün benzersiz yumuşak dokusuyla karakterizedir (Ooizumi 2013).

Surimi macunu sürekli karıştırıcı tarafından zorunlu olarak havalandırılır. Bitkisel yağ, aynı zamanda doku gelişimi için karıştırılır. Çırpılmış macun daha sonra yumuşak jel dokusunu düzeltmek için sıcak suda (80-85°C) kaynatılmaktadır (Jeyakumari 2014).



Şekil 25: Hanpen

### **2.11.2. Balık sosisi**

Balık sosisi, balık eti ve diğer malzemelerin sosis şekline getirilerek uygun şekilde mühürleme, haşlama ve soğutma işlemlerinden sonra paketlenmesi ile üretilen, ısıl işlem görmüş, proteinli bir yemektir (Jeyakumari 2014).

Balık sosisi, ilk olarak Japonya'da üretilmiştir ve diğer surimi ürünlerinden farklıdır. Japonya'da iki şeşit balık sosisi üretilmektedir. Homojenizasyon yöntemi ile hazırlanan standart tip; hayvancılıktan elde edilen et, bitkisel proteinler, nişasta ile birlikte yenebilir yağ ve baharatlardan yapılmaktadır. Standart tip, genellikle şerez olarak tüketilmekte veya salata ve tavada kızartılmış yiyecekler ile birlikte servis edilmektedir. İkinci tip ise; surimi ezmesinin peynir, yeşil fasulye, soğan veya iri oğtlmş et gibi diğer malzemelerle birleştirilmesiyle yapılmaktadır. Bu tip çocuklar için ve meze olarak aperatif olarak tüketilmektedir (Ooizumi ve Park 2013).

### **2.11.3. Balık topları**

Balık eti ezmesinin küçük top şekli verilmesiyle üretilen balık topları, Güneydoğu Asya'da popüler bir geleneksel gıda ürünüdür ve şeşitli uygulamalarda sunulmaktadır. orbalarda, salatalarla ve erişte ile birlikte servis edilebilmektedir (Kok ve ark 2013).

## **2.12. Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulaması İle**

### **Muhafaza**

Yüksek hidrostatik basınç yöntemi, su ile doldurulmuş stabil kaplarda, paketlenmiş durumdaki sıvı veya katı gıdalara 50-1000 Mega Pascal (MPa) arası yüksek basıncın direkt veya indirekt olarak uygulanan termal olmayan bir işlemdir (Erol 2007).

Yüksek hidrostatik basınç uygulaması ile muhafaza yöntemi (HHP), patojenik ve saprofit mikroorganizmalarının etkilerini azaltan bir uygulamadır. Ayrıca enzimatik aktiviteyi değiştirebilen, besin kayıplarını azaltan ve böylece gıdaların

tazeliğini ve besin değerlerini koruyan termal olmayan bir muhafaza yöntemidir (Medina-Meza ve ark 2014, de Oliveira ve ark 2017).

Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri, ürünün ısı, duysal ve besinsel niteliklerini kullanmaması nedeniyle gıdayı neredeyse hiç etkilemediği ve bu şekilde işlenmiş geleneksel yöntemlerden daha iyi kalitede ürün vermesidir. HHP, bir ürünün ömrünü kısaltmaktan sorumlu olan enzimlerin yanı sıra mikroorganizmaları inaktive etme yeteneğine de sahiptir (San Martin ve ark 2002). Oliveira ve arkadaşları (2017), HHP'nin balıklar üzerindeki etkileri, özellikle karides, somon, morina ve istiridyeye gibi farklı türdeki balıklar için özellikle uygun olduğunu bildirmiştir.

Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının en yaygın şekilde kullanımı, birkaç saniye ile 10-15 dakika arasında değişen bir süre boyunca 100 ila 600 MPa arasında basınç seviyelerinde uygulanmasıdır. HHP teknolojisi, en umut verici ısıl olmayan süreçlerden birisidir fakat yoğun HHP uygulamalarında balıklarda renk değişimi, artan sertlik, su tutma kapasitesindeki değişiklikler, pH değişimleri, lipid oksidasyonu, protein oksidasyonu gibi etkiler ortaya çıkabilmektedir. Balıklar ve deniz ürünleri arasındaki bazı biyokimyasal ve fizyolojik benzerlikler dolayısıyla uygulamada farklılıklar bulunmamaktadır (de Oliveira ve ark 2017).

Yüksek hidrostatik basınç ile muhafaza yönteminin avantajları arasında; gıdanın rengi, lezzeti ve gıda elementlerinin büyük ölçüde etkilenmemesi, uygulamanın kısa sürmesi, paketleme işleminden sonra yapılması, ekonomik ve pratik olması bulunmaktadır (Erol 2007).



Şekil 26: Muhafazanın 11. gününde 25°C / 5dk / 220 MPa basınç uygulanmış tekir balığı örnekleri

### 2.13. Vurgulu Elektrik Alanı İle Muhafaza

Vurgulu elektrik alan (PEF) yöntemi, iki elektrot arasına yerleştirilen gıda maddelerine aralıklı sürelerle (1-100 $\mu$ s) yüksek elektrik voltaj uygulaması (10-50 kV/cm) verilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemin verimliliği süreye, vurgu şiddeti ve sıklığına, uygulama sıcaklığına ve gıdanın yapısına bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca (PEF) yöntemi kullanıldığında balıklardaki vitamin, aroma ve renk kayıpları minimum seviyede olmaktadır (Sağdıç ve ark 2008).

### 2.14. Ultrasonik Ses Uygulamaları İle Muhafaza

Bu yöntem gıda endüstrisinde ümit vaat eden alternatif teknolojilerden biridir. Sonikasyon adı da verilen ultrasonik ses uygulamaları tek başına gıdadaki bakterileri öldürmede çok etkili değildir fakat basınç veya ısı ile birleştiğinde ultrason kullanımı daha etkili olmaktadır. Termosonik (ısı artı sonikasyon), manosonik (basınç artı sonikasyon) ve manotermosonik (ısı ve basınç artı sonikasyon) uygulamaları, mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için en iyi yöntemlerdir (Piyasena ve ark 2003).

### **2.15. Mikrodalga Uygulamaları İle Muhafaza**

Mikrodalga radyasyonunun mikroorganizmalar üzerine olan etkisi, tam olarak anlaşılmamakla birlikte, mikrodalgalar gıda sanayinde düşük sıcaklıklarda pastörizasyon ve sterilizasyon amacı ile kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı, hızlı olması ve kısa sürede gerçekleşmesidir (Sağdıç ve ark 2008).

### **2.16. Plazma Sterilizasyonu İle Muhafaza**

Sterilizasyonu sağlamak için işlemden önce bir plazma kullanılmaktadır. Isıya duyarlı malzemelerin sterilizasyonu söz konusu olduğunda geleneksel sterilizasyon araçlarına olası bir alternatif olarak görülmektedir (Moisan ve ark 2002).

Moisan ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada, azaltılmış gaz basıncında (10 torr) ve oksijen içeren karışımlarda, UV fotonlarının inaktivasyon sürecine egemen olduğunu ve oksijen atomlarının bir erozyon maddesi olarak önemli bir katkısının bulunduğunu bildirmişlerdir.



### **3. SONUÇ**

Tüketiciler, uzun bir raf ömrüne sahip, hazırlanması ve tüketilmesi kolay, tazelik özelliklerini korunmuş, katkı maddesi içermeyen, duyuşal ve besleyicilik özellikleri üstün, sağlık açısından güvenli olan gıdaları giderek daha fazla tercih etmektedirler.

Besin kalitesi bakımından üstün özelliklere sahip olan balıklar kolay bozulabilir olduklarından dolayı sınırlı bir raf ömrüne sahiptir. Balıkların çabuk bozulabilir bir ürün olması ve yılın belli mevsimlerinde bol miktarlarda temin edilebilmesi balıklara muhafaza yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Balık muhafaza yöntemleri ile balıkların raf ömrü uzatılarak avlanma sezonu dışındaki zamanlarda balık tüketimi mümkün olabilmektedir. Balık muhafaza yöntemleri konusunda modern ve yeni muhafaza yöntemleri ortaya çıkmasına rağmen geleneksel muhafaza yöntemleri günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Balıkların raf ömrünü uzatma konusunda daha olumlu sonuçlar alınabilmesi için muhafaza etme sürecinde sadece bir muhafaza yönteminin kullanılması yerine, (fermantasyon ile muhafaza edilmiş balığın soğutulularak muhafaza edilmesi gibi) birkaç yöntemin kombine olarak kullanılması daha etkili bir koruma sağlayabilmektedir.

Yüksek kalitede ve güvenli bir balık muhafazası için günümüzde çok büyük ilerlemeler kaydedilmiş durumdadır. Tüketici talepleri doğrultusunda muhafaza yöntemleri değişmeye ve gelişmeye devam edeceği öngörülmektedir.



**KAYNAKLAR**

- Alishahi A, Aider M, 2012. Applications of chitosan in the seafood industry and aquaculture: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 817-30.
- Arason S, Nguyen MV, Thorarinsdottir KA, Thorkelsson G, 2014. Preservation of fish by curing. In *Seafood processing: technology, quality and safety*. West Sussex, UK: Wiley- Blackwell (129-60).
- Arvanitoyannis IS, Tserkezou P, 2014. Irradiation of Fish and Seafood. In *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety* (83-127).
- Bala B, Mondol M, 2001. Experimental investigation on solar drying of fish using solar tunnel dryer. *Drying technology*, 19(2), 427-36.
- Barış Z, 2021. Yiyecek içecek işletmelerinin üretim ve servis sürecinde dijital dönüşüm: Gaziantep ili durum analizi [Doktora Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Berry M, Fletcher J, McClure P, Wilkinson J, 2008. Effects of Freezing on Nutritional and Microbiological Properties of Foods. In *Frozen Food Science and Technology*, 26-50.
- Besler T, 2008. Balık Tüketimi ve Sağlık Etkileşimi. Internet:< <http://www.danoneenstitusu.org.tr/news.php>.
- Bhuyan D, 2016. Some indigenous fish preservation techniques practised in Jorhat District, Assam, India. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 7(1), 55- 58.
- Binici A, Kurtkaya G, 2014. Soğukta depolama yöntemlerinin su ürünleri kalitesine etkileri. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 2(2), 23-40.
- Boziaris IS, 2014. Introduction to seafood processing-assuring quality and safety of seafood. In (1-8): West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Cumhur Ö, 2019. Modernist mutfakta dondurarak kurutma teknolojisi. IV. Uluslararası Gastronomi Turizmi Araştırmaları Kongresi, Eylül, 19-21. Nevşehir, Türkiye.
- Davies A, 1997. Modified-atmosphere packaging of fish and fish products. In *Fish processing technology* (200-23): Springer.
- Erdem N, 2022. Bazı su ürünlerinin raf ömrü, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine sous vide pişirme yönteminin etkisi [Doktora Tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Erol İ, 2007. Gıda hijyeni ve mikrobiyolojisi. Ankara: Pozitif Matbaacılık.

- Evans, JA, 2008. Frozen food science and technology. Blackwell Publishing Ltd., Oxford: John Wiley ve Sons, UK.
- FAO, 2016. The state of world fisheries and aquaculture 2016.
- Fikiin K, 2008. Emerging and novel freezing processes. In Frozen Food Science and Technology (101-23): Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Garthwaite G, 1997. Chilling and freezing of fish. In Fish processing technology (93-118): Springer.
- George R, 1993. Freezing processes used in the food industry. Trends in Food Science & Technology, 4(5), 134-38.
- Ghaly AE, Dave D, Budge S, Brooks M, 2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. American Journal of Applied Sciences, 7(7), 859.
- Gormley R, 2008. Developing frozen products for the market and the freezing of ready-prepared meals. In Frozen Food Science and Technology, 205-223.
- Hall GM, 2011. Preservation by curing (drying, salting and smoking). Fish Processing: Sustainability and New Opportunities, 51-76.
- Horner W, 1997. Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). In Fish processing technology (32-73): Springer.
- Huis in't Veld JHJ, 1996. Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview. International journal of food microbiology, 33(1), 1-18.
- İnal T, 1992. Besin hijyeni hayvansal gıdaların sağlık kontrolü. İstanbul: Final Ofset.
- Jessen F, Nielsen J, Larsen E, 2014. Chilling and freezing of fish. Seafood processing: Technology, quality and safety. Oxford: Wiley-Blackwell, 33-61.
- Jeyakumari A, 2014. Surimi and surimi based products. In: Central Institute of Fisheries Technology, Cochin, 169-175.
- Kılınç B, Çaklı Ş, 2001. Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyal florası üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 18(1-2), 279-91.
- Kok N, Thawornchinsombut S, Park JW, 2013. Manufacture of Fish Balls. Surimi and Surimi Seafood, 285.

- Kolbe E, 2005. Freezing technology. In Park J (Ed.), *Surimi and Surimi Seafood* (325–74). CRC Press.
- Kolbe E, Kramer DE, 2007. Planning for seafood freezing. In: *Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks*, 1-118.
- Kolbe E, Kramer DE, Junker J, 2006. Planning seafood cold storage. In: *Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks*, 1-70
- Maas-van Berkel B, Van Den Boogaard B, Heijnen, 2004. Preservation of fish and meat (Goffau-Markusse Md Ed.): *Agromisa*, 6-86.
- Magnussen OM, Hemmingsen AK, Hardarsson V, Nordtvedt TS, Eikevik TM, 2008. Freezing of fish. In Evans JA (Ed.), *Frozen Food Science and Technology* (151-65): Blackwell Publishing.
- Medina-Meza IG, Barnaba C, Barbosa-Cánovas GV, 2014. Effects of high pressure processing on lipid oxidation: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22, 1-10.
- Moisan M, Barbeau J, Crevier M-C, Pelletier J, Philip N, Saoudi B, 2002. Plasma sterilization. Methods and mechanisms. *Pure and applied chemistry*, 74(3), 349-58.
- Nesvadba P, 2008. Thermal properties and ice crystal development in frozen foods. In *Frozen Food Science and Technology*, 1-25.
- North MF, Lovatt SJ, 2006. Freezing methods and equipment. In: CRC Press, Taylor and Francis Group: Boca Raton, USA, 187-215.
- Noseda B, Vermeulen A, Ragaert P, Devlieghere F, 2014. Packaging of fish and fishery products. In *Seafood Processing. Technology, Quality and Safety* (237-61).
- Oğuzhan P, 2012. Su ürünleri kurutma teknolojisi. *Akademik Gıda*, 10(2), 121-124.
- Oliveira FA, Neto OC, dos Santos LMR, Ferreira EHR, Rosenthal A, 2017. Effect of high pressure on fish meat quality—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 1-19.
- Ooizumi T, 2013. Manufacture of kamaboko, chikuwa, tempura, and hanpen. *Surimi and Surimi Seafood*, 271.
- Ooizumi T, Park JD, 2013. Manufacture of fish sausage. In *Surimi and Surimi Seafood*, 301.
- Piyasena P, Mohareb E, McKellar R, 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International journal of food microbiology*, 87(3), 207-16.

- Sağdıç O, Ekici L, Yetim H, 2008. Gıdaların muhafazasında yeni mikrobiyal inaktivasyon metotları. *Türkiye*, 10, 21-23.
- Sahoo J, Chatli MK, 2016. *Textbook on Meat, Poultry and Fish Technology*. New Delhi: Daya Publishing House, 541.
- Sampels S, 2015. The effects of storage and preservation technologies on the quality of fish products: a review. *Journal of food processing and preservation*, 39(6), 1206-15.
- San Martin M, Barbosa-Cánovas G, Swanson B, 2002. Food processing by high hydrostatic pressure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6), 627-45.
- Skipnes D, 2014. Heat processing of fish. In Boziaris IS (Ed.), *Seafood processing : technology, quality and safety (61-81)*: John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK.
- Skura B, 1991. Modified atmosphere packaging of fish and fish products. In *Modified Atmosphere Packaging of Food (148- 68)*: Springer.
- Stapley A, 2008. Freeze drying. In *Frozen Food Science and Technology (248)*.
- TEPGE, 2022. Ürün raporu su ürünleri 2022. T.C. Gıda Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- TUİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu, Su ürünleri istatistikleri 2021.
- Turan H, Kaya Y, Sönmez G, 2006. Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/3), 505-08.
- Ufuk D, Sarımehmetoğlu B, 2016. Balık etinin muhafazasında soğutma ve dondurma yöntemleri. *Journal of Faculty of Veterinary Medicine, Erciyes University/Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 13(2).
- Van Nguyen M, Arason S, Eikevik TM, 2014. Drying of fish. In *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety*; Boziaris, IS, Ed (161-75).
- Varlık C, 1988. Su Ürünlerinde İşleme ve Muhafaza Teknikleri. In *Su Ürünleri Semineri (107-22)*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.

### Şekil Kaynakları

1. <https://www.ussansogutma.com/ussan-buz-makinasi/ balikcigemilerindebuz.html>
2. <https://turkish.alibaba.com/product-detail/Koller-Slurry-Ice-For-Fish-Seafood-60736336848.html>
3. <https://termodizayn.com/urunler/tup-buz-makineleri/tube-150-365/>
4. <https://www.teknotherm.no/product/rsw-system/>
5. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/soguk-zincir-nedir>
6. <https://www.istockphoto.com/tr>
7. [https://mobil.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Gida-Hijyeni- ve-Guvenligi/Su-Urunlerinde-isleme-Teknikleri\\_3355.htm](https://mobil.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Gida-Hijyeni- ve-Guvenligi/Su-Urunlerinde-isleme-Teknikleri_3355.htm)
8. [https://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Su-Urunlerinde-isleme-Teknikleri/Su-Urunlerinde-isleme-Teknikleri\\_3355.htm](https://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Su-Urunlerinde-isleme-Teknikleri/Su-Urunlerinde-isleme-Teknikleri_3355.htm)
9. Can İ, 2018. Kültür balıklarına farklı işleme tekniklerinin uygulanması ve kalitelerinin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
10. Magnussen OM, Hemmingsen AK, Hardarsson V, Nordtvedt TS, Eikevik TM, 2008. Freezing of fish. In Evans JA (Ed.), Frozen Food Science and Technology (151-65): Blackwell Publishing.
11. <https://www.apack.com.tr/kategori/su-urunleri-239.html> 12. <https://www.cookist.com/what-is-surimi-the-secret-seafood-ingredient-that-chefs-dont-want-you-to-know/>
13. <https://www.kamaboko.com/en/enjoying-texture-and-taste-with-chikuwa/>
14. <https://www.nippon.com/en/japan-data/h01150/>
15. <https://www.falstaff.com/en/nd/six-top-tier-tinned-fish/>
16. Üreter G, 2009. Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının balık kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
17. Soyer A. Soğutma teknolojisi bahar y.y. gıdaların dondurularak muhafazası ders notu. <https://docplayer.biz.tr/110317661-Sogutma-teknolojisi-bahar-y-y-prof-dr-ayla-soyer-gidalarin-dondurularak-muhafazasi.html>