

Su Ürünlerinin Dondurarak Muhafazası

- **Dondurarak muhafaza;** gıdaların tazelik özelliklerine en yakın özelliklerle uzun süre muhafazasını sağlayan bir yöntemdir
- Gıdaların soğuk depolanmasında mikroorganizmaların gelişimi ve biyokimyasal olaylar yavaşlatıldığından soğuk depolanmış gıdanın raf ömrü sınırlıdır
- Dondurma ile mikroorganizmaların gelişimi tamamen önlenir, biyokimyasal olaylar ve enzim aktivitesi yavaş hızla devam eder. -40°C den düşük sıcaklıklarda ise enzim aktiviteside durur

- **Dondurulmuş balık etinde arzulanmayan değişimler**
 - donmuş balıklarda hücreler arası suyun donması ile et sertleşir ve lezzet azalır
 - dondurulmuş balıklarda proteinler bir ölçüde denatürasyona uğrar
 - dondurma sonunda balık etlerinin bazı uçucu maddeleri uzaklaşır ve balığın kendine özgü kokusu kısmen kaybolur
 - dondurulmuş balık etleri , çevrede bulunan bazı kokuları absorbe eder ve bunlarda hoşta gitmeyen yeni kokular oluşturur
 - dondurulmuş balıkların uzun süre depolanması etlerde arzulanmayan oksidatif değişimlere neden olur, et acılaşıır ve balık orijinal rengini kaybederek et soluklaşır
 - donmuş balıklarda özellikle vitaminlerde ve yağlarda çözünmeler olur. Bu olaylar, donmuş balıkların kutu konserveye, kurutulmaya, balık ezmesine işlenmesini olumsuz etkiler

Dondurmada buz kristallerinin oluşumu

- Donma işlemi gıdanın yapısındaki suyun donma noktasının altındaki sıcaklıklarda buza dönüşmesi ile gerçekleşir
- Donma noktası hücre sıvılarının konsantrasyonuna bağlı olarak değişir
- Örneğin donma noktası
morina, mezzgit vs için $-0,8$; -1°C
halibut için -1°C ; $-1,2^{\circ}\text{C}$
ringa için $-1,4^{\circ}\text{C}$ dir

- Ürün sıcaklığının azalma oranı sabit ortam sıcaklığında zamanla değişir
- -1°C ile -5°C de maksimum buz kristalizasyonu olur ve materyalin termal difüzyon hızına bağlı olarak buz kristali oluşumu artar
- -10°C den aşağı sıcaklıklarda buz miktarı çok yavaş artar(örneğin morinada sıvı fazın tamamen donması yaklaşık -70°C de gerçekleşir)

Donmuş ette farklı sıcaklıklarda oluşan buz miktarı

Sıcaklık(°C)	buz(%)	Sıcaklık(°C)	buz(%)
0	0	-8	82
-1	8	-9	83
-2	52	-10	84
-3	66	-12	86
-4	73	-15	87
-5	77	-20	89
-6	79	-30	90
-7	81	-40	90

Mikroorganizmalara etki

- **Donmuş balıklardaki**

- sıvı fazdaki düşük su aktivitesi
- buzdaki erimiş madde konsantrasyonu
- düşük depolama sıcaklığı

Bakteriyel aktivite üzerine **inhibitör** etkiye ve bazı mikroorganizmalar üzerine **öldürücü** etkiye sahiptir

- Bazı psikrotrofik bakteriler donma noktasının altındaki sıcaklıklarda gelişebilirler(bu bakteriler için gelişme sıcaklığı -10°C civarındadır)
- Donmuş depolama ve dondurmanın lethal etkisi -10°C den düşük sıcaklıklarda yüksektir
- Maya ve küflerin vejetatif formları ile gr(-) bakteriler en hassas mikroorganizmalarken, gr(+) bakteri ve sporları dayanıklıdırlar
- Buz çözümünden sonra mikroorganizmaların gelişimi hiç dondurulmamış balıktan daha hızlı olur, bu nedenle buz çözümü yapılmış ürün bir daha dondurulmamalıdır

Kimyasal değişimlerin oranı

- Dondurarak gıdaların korunmasında sadece mikrobiyel gelişimin engellenmesi etkili değildir. Aynı zamanda kimyasal ve biyokimyasal bozulma değişimlerinde yavaşlatılır
- Düşük sıcaklık **Arrhenius** eşitliğine bağlı olarak reaksiyonların hızını da yavaşlatır. Ama değişim sadece sıcaklığa bağlı değildir.

Donmuş depolanan balıkta değişimler

- **Proteinlerdeki değişimler**

- Donmuş depolanan balıkta soğuk denatürasyonuna bağlı olarak proteinlerde önemli değişiklikler başlar
- bu değişimlerle molekül kıvrımları açılır, balık kasının farklı proteinlerinin reaktif grupları ile balık kasının diğer komponentleri arasında sekonder reaksiyonlar oluşur(böylece çapraz birleşmeler ve agregat oluşumu görülür)
- proteinler eriyebilirlik özelliklerinin bir kısmını kaybederler ve enzim aktiviteleri düşer
- bu değişimlerin sonunda balık etinin fonksiyonel özellikleri önemli ölçüde bozulur
- bu değişimler; su retansiyonunda, jel oluşumunda, emülsiyon kapasitesinde azalma ile tekstürün bozulması ve balık eti kuruluğunun artması şeklinde ortaya çıkar
- balık tekstürü -18°C in altındaki sıcaklıklarda çok uzun süre muhafaza edilir

- **Lipidlerdeki değişimler**

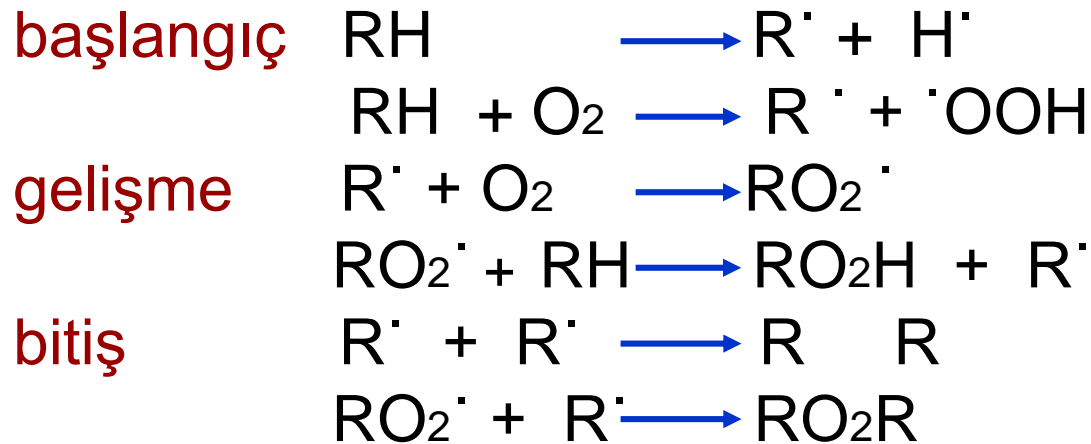
- Lipitlerdeki değişim donmuş su ürünlerinin kalitesinin bozulmasında direk ve indirek sorumludur
- endojenaz balık lipazı düşük sıcaklığa dayanıklıdır ve donmuş dokuda aktivitesinin çoğunu devam ettirir
- enzimatik aktivite sonucu oluşan SYA donmuş ette akümüle olur.
- SYA miktarı 500mg/g düzeyine ulaşana kadar enzimatik değişimler ürünün duyuşal kalitesini etkilemez
- lipid oksidasyonu donmuş depolanan su ürünlerinde enzimatik olmayan değişimlerin en önemlisidir
- %2 den fazla lipid içeren balıklarda oluşan oksidasyon ürünleri duyuşal koku ve flavor değerlerini önemli ölçüde azaltır. Yağsız balık ve kabuklularda ise duyuşal koku ve flavor üzerine etki yoktur
- lipit değişimleri protein agregasyonu ve istenilmeyen et renginin oluşumundan sorumludur

lipoliz

- Donmuş depolanan su ürünlerinde lipoliz fosfolipid degradasyonu ile başlar
- Birçok balık cinsinin dondurulmuş etlerinde fosfolipid hidrolizi nedeniyle hızla SYA akümüle olur
- Yağsız balıkların -20°C de 1 yıl depolanması ile dekompozisyona bağlı olarak fosfolipidlerde başlangıca göre %20-40 azalma oluşturur. Yüksek sıcaklıkta (-10°C) de ise dekompozisyon artarak ilk aylarda aynı değerlere ulaşılır
- Trigliseridler donmuş balıkta daha kolay hidroliz olurlar. Kolestrol ve mumlardaki değişim ise önemli düzeyde değildir
- **Lipaz** kara ette beyaz etten daha aktiftir, **fosfolipaz** ise her iki kasta aynı etkiye sahiptir
- SYA içeriği balıklarda lipolizin en popüler ölçüsüdür. Oluşumu depolama sıcaklığı ve süresi ile ilgilidir, balığın cinsine bağlıdır
- Serbest yağ asitlerinin miktarı yağsız balıklarda ve kabuklularda total lipitlerin yaklaşık %30'u kadardır

Lipid oksidasyonu

- Lipid oksidasyonunun sadece klasik serbest radikal dönüşümü yolu ile oluştuğu varsayılır



RH=doymamış yağlar RO_2^\cdot =lipid peroksiradikali
 R^\cdot =lipid radikali O_2 =oksijen

- fotooksidasyon yolu



- Fotooksidasyon oranı otooksidasyondan üç kat daha yüksektir
- Hidroperoksitler stabil değildir. Hidrokarbonlar, kısa zincirli yağ asitleri, aldehitler, ketonlar ve alkollere parçalanırlar
- Volatil karbonil bileşikleri ransit koku ve flavordan sorumludurlar
- Oksidasyon ürünleri çok reaktiftir ve donmuş balığın duyusal ve fonksiyonel özellikleri ile besleme değerini azaltır. Atherojenik ve karsinojeniktir
- Lipid oksidasyonu indirekt olarak dondurulmuş balık filetolarının tekstürünün bozulmasından ve fileto yüzeyinde kahverenk oluşumundan sorumludur
- Lipid oksidasyonu acılaştırmanın duyusal sinyallerini göstermese bile örneğin karideslerde C22:6 ve C20:5 yağ asitleri -18°C de 6 aylık depolama ile %70 azalır

donmuş balıkta kalite kriteri olarak peroksit değeri

Sınıf	uskumru fileto		ringa			
			bütün balık		fileto	
	<u>lipit</u>	<u>doku</u>	<u>lipit</u>	<u>doku</u>	<u>lipit</u>	<u>doku</u>
I	<6	<0,6	<12	0,8	<22	-
II	60-40	0,6-1,7	12-50	-	>22	0,8-3,8
tük. uyg. değil	>40	>1,7	>60	-	-	>5,5

Peroksit değeri; mg O/100g lipit

interaksiyon

- Lipoliz ve lipit oksidasyonu birbirini etkiler
- Hidroliz trigliserit oksidasyonunu hızlandırır
- Diğer taraftan fosfolipid oksidasyonu hidrolizi inhibe eder
- Lipid peroksidasyonu spesifik fosfolipazların fosfolipidlere etkisini azaltabilir
- Bu noktada proteinler ile balık lipidleri ve diğer oksidasyon ürünleri arasında sayısız interaksiyon olur
- Bu interaksiyonlar sonunda farklı düşük moleküllü ürünlere ilaveten değişik lipid protein kompleksleri oluşur

Balık dondurmanın esasları

- Dondurulacak balıkların iyi kalitede olması donmuş balıkların iyi kalitede olmasını sağlar
- Dondurulacak balıkların türüde dondurma sonunda elde edilecek ürün kalitesini etkiler

- Dondurulacak balıkların iyi kalitede taze balık olması gerekir
- Donmuş balığın kalitesinde balık cinside önemlidir

istavrit

uskumru

kraça

karagöz

**Dondurulma toleransı
düşük(yağlı türler)**

- **Morina, levrek, yengeç, karides ve midyeler** donma sonunda daha yüksek kaliteye sahip ürün verirler

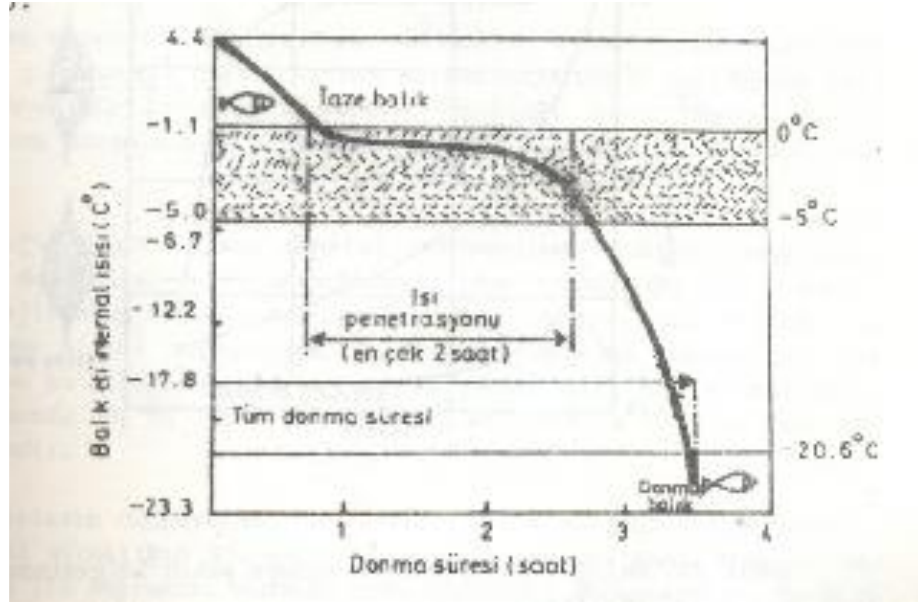


Balık dondurmada teknolojik akım şeması

- **Balığın dondurulması**

teorik olarak 3 aşamada gerçekleşir.

- I- balık sıcaklığının ortam sıcaklığından 0°C nin hemen altına düşünceye kadar geçen süre
- II- suyun yaklaşık %75 i donuncaya kadar geçen süre(bu aşamada sıcaklık düşmez -1; -5°C aralığında kalır. Bu aşamaya **“termal durma”** periyodu denir. İyi bir dondurma için bu dönem ençok 2saat sürmelidir)
- III-dondurmaya devam edildiği taktirde ürün sıcaklığı hızla düşer ve kalan suyun donması sağlanır



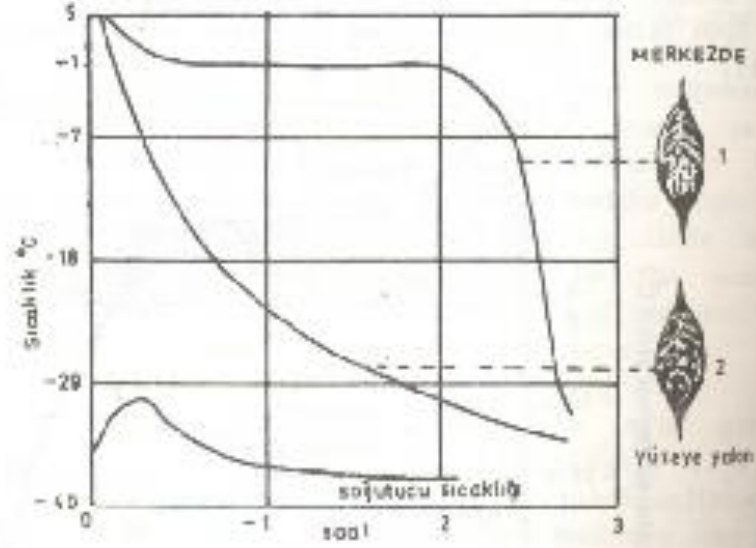
Balık etinde donma süresince ısı değişimi

- Donma süresi ve hızı

Donma süresi balığın termal merkezindeki sıcaklığın -20°C ye düşünceye kadar geçen süredir

Donma süresi

- dondurucu tipine
- dondurma sırasında uygulanan sıcaklığa
- hava üflemeli soğutucularda havanın akış hızına
- yüklenen balığın ilk sıcaklığına
- balığın ambalaj kalınlığına
- ambalajın şekline
- balığın soğutucu ile temas eden yüzey büyüklüğüne ve yoğunluğuna
- balığın yağ içeriğine
- yükleme yöntemine **bağlı olarak değişir**



Balığın yüzeyinde ve yüzeeye yakın bölgesinde donma eğrileri

- **Donma hızına göre dondurma işlemleri 3 kategoride incelenir**

1- Yavaş dondurma

2- Çabuk veya derin dondurma

3- Çok hızlı dondurma

- **Yavaş dondurma**

- Ürün sıcaklığı 2 saatten daha uzun süre kritik bölgede kalır
- yavaş dondurma hava sirkülasyonu az veya hiç olmayan dondurma odası veya kabinlerinde bulunan raf veya tepsilerde gerçekleştirilir
- durgun havada ısı transferi düşük olduğundan donma hızı yavaştır
- donma odası sıcaklığı yeteri kadar düşük değilse, ürün kalın ise kritik bölgeden uzun zamanda geçilir

- **Çabuk veya derin dondurma**

-Bu yöntemde üründe internal sıcaklık kritik bölgeden 2 saat veya daha kısa sürede geçer

-hava akışlı dondurucu tünellerde balık üzerinde soğuk hava akışının artışı ısı naklini hızlandırır, böylece çabuk donma gerçekleşir

-soğutucu ile direkt veya indirekt temasla dondurulmuş ürün üretim yerleri durgun ortamdan daha etkili ısı iletimini sağlar.

- **Çok hızlı dondurma**

-Bu yöntemde bütün veya fileto balık kriyojenik sıvılarla ultra hızlı dondurulur

-donma süresi dondurucudaki ürün yüzey sıcaklığı ile ürün merkez sıcaklığı arasındaki sıcaklık farklılığının bir fonksiyonudur

-bu sıcaklık farklılığı ısının uzaklaşmasında oldukça etkilidir ve kriyojenik sıvılaştırılmış gazlar çok hızlı donmaya yardımcı olur

-günümüzde bu uygulama ile fileto balıklar birkaç dakikada hızla donar

Dondurma yöntemleri

Su ürünlerinin dondurulmasında 4 ayrı tip dondurucu kullanılır

1- soğuk hava ile dondurma

- durgun havada dondurma

- hava akımında dondurma

2- daldırarak dondurma

3- kontakt dondurma(plakalı dondurucularda)

4- kriyojenik dondurma

- **Soğuk hava ile dondurma**

bu yöntemde soğutucu gaz olarak, bir soğutma ekipmanının evaporatörü ile soğutulan soğuk hava kullanılır

1) durgun havada dondurma

-bu yöntemde kullanılan hava hareketsizdir

-esası iyi izole edilmiş soğuk odadır

-kullanılan ekipman basit ve ucuzdur

-hava hareketini sağlayan hiçbir düzen yoktur.

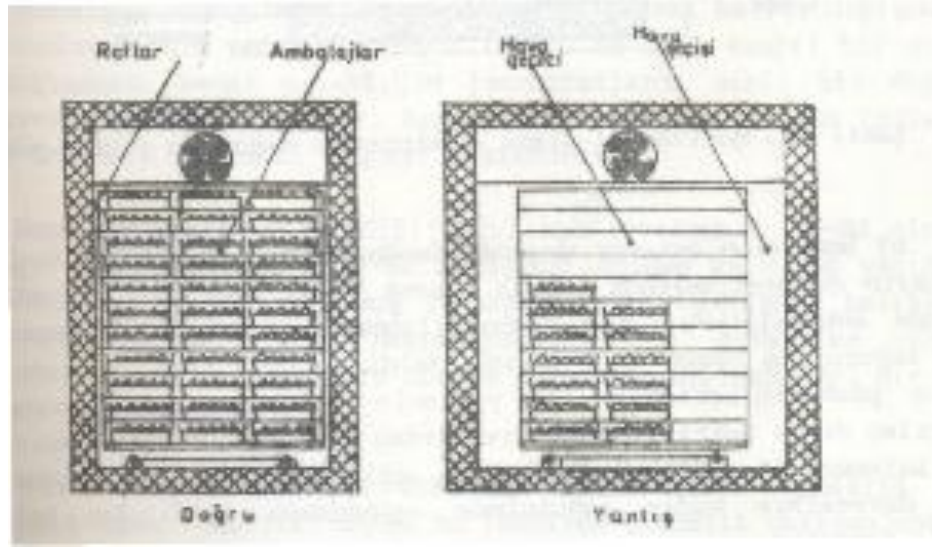
Hava sadece “doğal konveksiyonla” hareketlidir

-donma süresi dondurulan maddenin büyüklüğüne, ambalajın niteliğine, dondurulan birimler arasındaki boşluğa vb

faktörlere bağlı olarak değişebilir

2) Hava akımında dondurma

- bu yöntemin genel ilkesi; havanın dondurulacak gıda ile evaporatör arasında hızlı hareket etmesidir
- güçlü fanlarla hareket ettirilen hava, soğutma spiralleri (evaporatör) üzerinden geçerken soğur ve ürünün üzerinden belirli bir hızla geçer(hava akım hızı 10-15m/sn ye kadar çıkabilir).
- ısı transfer katsayısı, hava hızına bağlı olarak arttığından, gıdanın hızla dondurulması sağlanır
- Hava akımında dondurmada $-30/-40^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 4-6m/sn hızla hareket eden hava çok büyük balıklar dışındaki balıkların dondurulması için yeterlidir
- hava akımında(sirküle eden havada) dondurmada; değişik tipte dondurucular kullanılır. Bunlar
 1. tünel dondurucular(paralel ve zıt akımlı tüneller)
 2. kabin dondurucular
 3. akışkan yataklı dondurucular



Hava akımlı dondurucuda doğru ve yanlış yerleştirme

- En yaygın kullanılan dondurma yöntemi soğuk hava akımında dondurma yöntemidir
- Pekçok olumlu yönünün yanı sıra **olumsuz yönü** ambalajsız ürünlerde nem kaybının oluşmasıdır
- Özellikle düşük hava neminde, sıcaklık ne olursa olsun daima bir buharlaşma ve su kaybı oluşur. Ambalajsız ürünlerde hem dondurulma hemde depolanma esnasında ortamın nem düzeyine bağlı olarak az veya çok bir kuruma oluşur

- **Dondurulan ürünün su kaybetmesi iki önemli soruna neden olur**

1- kaybedilen su miktarına göre kalite kaybına neden olan fiziksel değişimlerin belirmesi

2- evaporatör spirallerinde karlanma olması

- Ürün yüzeyinden sublimasyonla oluşan su kaybı **don yanığının** oluşumuna neden olur
- Don yanığı görünüşe ait kaliteyi olumsuz etkiler
- Besin değeri kaybına neden olur
- Gözenekli yapı oluşur. Bu boşluklara oksijen girerek oksidatif değişimlerde oluşur

- **Daldırarak dondurma**

- bu yöntemde sıvı soğutucular kullanılır
- soğutucu olarak **şeker şurubu**, **salamura** veya **gliserol** kullanılır
- en yaygın kullanılan salamuradır(**%23'lük salamura ile -21°C kadar soğuma sağlanabilir**)
- özellikle balık dondurmada yaygın kullanılan bir yöntemdir
- bu yöntemde ambalajlanmış ve ambalajlanmamış ürün soğutucu sıvıya daldırılarak veya soğutucu sıvı ürün yüzeyine püskürtülerek dondurulur

- **Kontakt dondurma (plakalı dondurucular)**

-Bu tip dondurucular içten soğutulan iki plaka arasına yerleştirilen ambalajlı ürünün plaka ile teması sonucu donmasını sağlar

-bu sistemde ambalajın

1. düzgün yüzeyli olması

- 2.soğutucu plaka ile tam temasının sağlanması

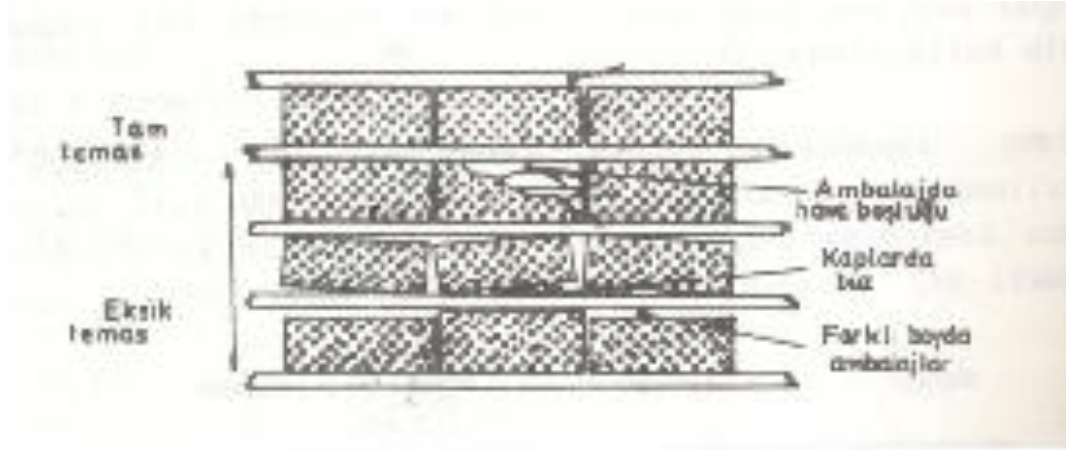
- 3.ambalajın uygun kalınlıkta olması önemlidir

-bu tip dondurucularda plakalar **vertikal** ve **horizantal** yerleştirilmiş olabilir

-plakalı dondurucular tüketici paketlerindeki **filetoların** ve **blok halindeki deniz ürünlerinin** dondurulması için kullanılır

-bu sistemin en önemli özelliği üründen dehidrasyonun minimum olması ve donma hızının yüksek olmasıdır

-bir plakalı dondurucu ile hava üfleli dondurucunun tesisat maliyeti aynı olmakla birlikte **plakalı dondurucu daha az alana ve enerjiye ihtiyaç gösterir**



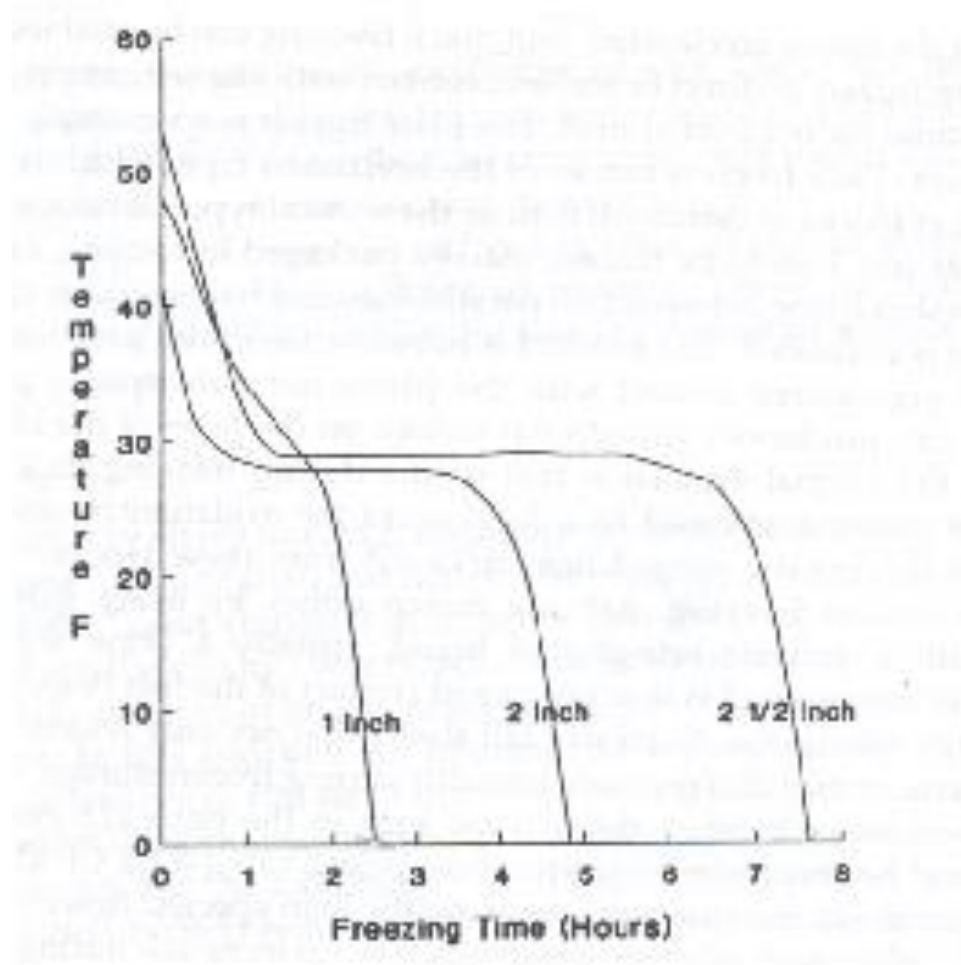
Horizontel plakalı dondurucuda doğru ve yanlış yükleme

- **Kriyojenik dondurma**

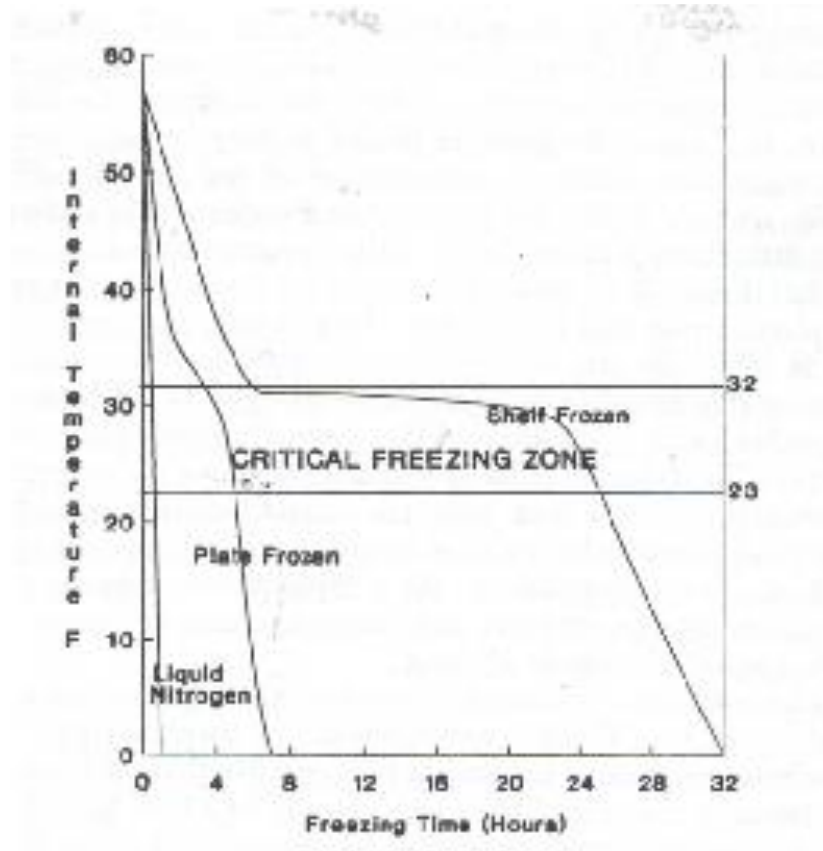
- sıvılaştırılmış gazlarla yapılan dondurmadır
- bu gazların kaynama derecesi çok düşüktür.
- bu sıvılaştırılmış gazlar ayrıca soğutma ekipmanında soğutulmazlar, kendi fiziksel özellikleri ile soğutucu görevi yapabilirler
- gıdaların dondurulmasında en çok kullanılan kriyojenik sıvı **sıvı azot(-196°C)**, **sıvı karbondioksit (-78,5°C)** ve **dikloroflorometan(-29,8°C)(freon 12)** dir
- kriyojenik dondurucular esas olarak istiridye, karides ve küçük fileto vb ürünlerin tek tek çabuk dondurulmasında kullanılır
- kriyojenik dondurmada kullanılan cihazlar basit ve ucuzdur, az yer kaplarlar. Ancak **kriyojenik sıvıların pahalı olması yöntemin olumsuz yönüdür**

- **Bu metodun dezavantajı**(ekonomik yönü ihmal edilirse) donmuş filetoların **tebeşirimsi görünüşe** sahip olması (bu fiziksel olay çok sayıda ufak buz kristalinin oluşumunun sonucudur) ve **kolay kırılır, parçalanır** olmasıdır
- çok hızlı donma ile **flavor ve tekstürün taze balığa benzemesi** ise **bu metodun avantajıdır**

- Donma süresi **ürün kalınlığına** da bağlıdır
- 2,5cm' lik balık bloğu ile 6,4cm'lik bloğun kritik donma zamanı kıyaslandığında; balık **kalınlığının 2 katına çıktığında donma süresinin iki kata yakın arttığı** belirlenmiştir
- Birim zamanda balıktan uzaklaşan ısı miktarı esasen dondurucu **kompresörün gücüne** bağlıdır.
- Dondurucudaki **fazla yük** donma süresinin uzamasına neden olur
- Fazla yük hava sirkülasyonunu sınırlandırır, donma oranını düşürür
- Dondurma öncesi perakende satış için ürünü **tek tek karton veya muşlu kartonla paketlenme taşıyıcı materyalin izolatör görevi yapması nedeniyle** donma oranı yavaşlar ve donma süresi uzar



Donma süresi kalınlık ilişkisi



Kritik donma süresi

Donmuş balıkların depolanması

- Balıklar avlanmadan hemen sonra dondurulsa ve -20°C de depolansa bile süresiz olarak depolanamazlar
- Bu sıcaklıkta mikroorganizmalar üreyemez ve yaşayamazken otolitik değişimler yavaş da olsa devam eder
- Depo sıcaklığı balığın depolama ömrüne etki eden en önemli faktördür
- Donmuş balığın depolama ömrü depo sıcaklığı donma noktasına yaklaştıkça kısalır

- Donmuş balıkların donmuş depoda kalitelerini kaybetmeden depolanma süresi ortalama 4-6 aydır
- Eğer balıklar 1 yıl gibi uzun süre dondurulmuş depolanırsa buz çözümü sonrası etler parçalanır, lezzet kaybolur, renk solar ve kalite çok düşer
- Yağlı balıklar yağsız balıklardan daha kısa depolama ömrüne sahiptirler

- Farklı balık cinslerinin farklı sıcaklık derecelerinde gerçek depolama ömrüne karar vermek çok değişik nedenlerden dolayı güçtür
- Bu nedenler
 - avlanma mevsimi
 - balık kondisyonu ve kalitesi
 - donma süresi ve oranı
 - balık avlama yeri
 - ürün tipi(bütün, fileto, kıyma)
 - paketleme tipi dir.

- Yağlı balıklarda donmuş depolamada kalite kaybı oksidatif acılaşma nedeniyle,
- Yağsız balıklarda protein denatürasyonu nedeniyle

Bazı dondurulmuş su ürünlerinin değişik sıcaklıklarda yüksek kalitede depolanma süreleri(ay)

Su ürünü	depolama sıcaklığı		
	-18°C	-25°C	-28,9 °C
morina	3-5	6-8	8-10
Mezgit	3-5	6-8	8-10
Kalkan	4-6	10	
Yağlı balık	2-3	3-5	6
İstakoz, yengeç	2		
Karides	6		
İstiridye	2-4		
Tarak	3-4		

Paketleme

Paketlemenin avantajları nelerdir?

- hava ile temastan korur ve depolama esnasında nem kaybını engeller
- yabancı madde ve bakteri kontaminasyonunu engeller
- soğutucu kokusunun absorpsiyonunu önler ve etiketlemeyi kolaylaştırır
- Oksijen geçirmeyen materyalle vakumlu ambalaj donma yanığından korur

Dondurulmuş balığın depolama ömrünü sınırlayan değişimler

Donma yanığı ve kuruma

- Donmuş balıkların yüzeyinden nem migrasyonu, ürünü çevreleyen havaya evaporasyon veya süblimasyon **donma yanığı** ve **kurumaya** neden olur
- Donma yanığı ve kuruma balıkların su buharı geçirgenliği olan ambalaj kullanılarak depolandığında veya ambalajlanmayan ürünlerde oluşur
- Depolamaya bağlı olarak balıklar zamanla su kaybederler ve bu kuruma belli bir düzeye ulaştığında yoğun su kaybetmiş alanlar oluşur. Buna “**donma yanığı**” denir

- Donma yanığının oluşum hızı
 - ürünün buhar basıncı ile ortamın su buharı basıncı arasındaki fark
 - soğutucu ortamdaki hava dolaşım hızı
 - depo sıcaklığı
 - ölüm sonrası koşullara bağlı olarak değişir

- Donma yanıĝından balık etlerini korumak için
 - depo sıcaklığı yeterince düşük(-20°C ve daha düşük) ve sabit tutmak
 - bütün balık ve filetolarını nem geçirmeyen ambalaj materyali içinde vakumlu olarak ambalajlamak gerekir

Acılaşma(lipid oksidasyonu)

- Dondurulmuş yağlı balıkların depolama ömrünü sınırlayan en önemli etmen lipid bileşiklerinin otooksidasyonudur
- Hidrolitik acılaşma donmuş balıklardaki kalite azalmasının önemli bir nedeni değildir
- Oksidatif acılaşma önemli düzeyde tat ve flavor değişimine neden olur
- Acı, kötü, küflü ve boya kokusunu hatırlatan koku duyulur
- Acılaşmaya genel olarak görünüşteki(renkteki) değişim eşlik ederyan hat boyunca ve kara ette yağ pas rengine veya sarıya değişir

- Bütün olarak dondurulmuş balıklar fileto balıklara ve iç organları temizlenmiş balıklara kıyasla acılaşmaya daha az meyyaldirler
- İyi ambalajlanmış balıklarda acılık oluşumu azalır
- Fileto balıklarda havadan tamamen korunamayanların yüzeyinde acılaşma gelişir
- Kıyılmış balıklarda yüzey alanı genişleyeceğinden hava ile temas artacağından acılaşma artar
- Kıyım aynı zamanda hücre bütünlüğünü bozar enzimler salınır ve diğer maddelerle birlikte flavor ve tekstürel değişime neden olan oksidatif reaksiyonları artırır
- Kıyım yapılarak dondurulmuş balıkların raf ömürleri bütün balıkla kıyaslandığında çok daha kısadır

- Lipid oksidasyonunun hızı ve büyüklüğü nelere bağlıdır?
 - balık türü, yaşı ve cinsiyeti
 - avlama mevsimi
 - yağ asitlerinin doymamışlık derecesine
 - dondurarak depolamanın süre ve sıcaklığına
 - dondurma öncesi bekletme süresi ve sıcaklığına
 - ortamın oksijen miktarına
 - bünyesindeki antioksidan ve prooksidanların varlığına

Acılaşmanın kontrolu için bazı pratik uygulamalar

- Balıklar ekonomik olarak uygun düşük sıcaklıkta depolanır
- Demir ve bakır gibi metallerle taze balığın teması oksijen ve yağ arasındaki reaksiyonda katalist etki yapar
- Bir antioksidan ile balığın muamelesi oksidasyonu engeller veya geçiktirir(Na-eritorbat askorbik asit gibi suda eriyen antioksidanlar veya BHT ve BHA gibi yağda eriyen fenolik antioksidanlar uygun şekilde kullanılırlarsa acılaşmayı geçiktirirler)
- Acılaşmayı hızlandıran kanı uzaklaştırmak için dondurma öncesi balık filetoalarını yıkamak

- Balık derisini soymak
- EDTA, sitrik asit veya polifosfat gibi çelatin ajanları ile balıkların muamele edilmesi(bu bileşikler demir ve bakır gibi acılaşmayı hızlandırıcı metalleri bağlar)
- Oksijen geçirmeyen materyalle vakum paketleme
- Tek tek veya blok olarak dondurulan büyük balıklarda su ile koruyucu bir tabaka olarak **glaze** oluşturmak

Buz çözümü

- Donmuş balıkta buz çözümü için uygulanan yöntemler iki ana grupta toplanır
 - I- balık eti yüzeyinin sıcaklıkla direkt teması
 - II-sıcaklığın balık etinin içinden yayılımı

- **Sıcaklığın balık yüzeyine uygulanması**

ılık hava sevki, suya daldırmak, su duşu uygulamak veya su buharı ile muamele etmek gibi yöntemlerle olur

- Bu durumlarda, önce balığın yüzey etlerinin buzunu çözülür
- Balık etinin merkezinden yüzeye doğru buz çözümü yavaş ve sürekli olur
- Bu yöntemlerle 30°C in üzerinde buz çözümü gerçekleşirse balık pişebilir ve parçalanmalar oluşur

- **Sıcaklığın balık etinin içinden yayılımı**
 - bu yöntemin esası balıkların elektrik gücü ve radyo dalgaları absorpsiyonuna dayanır
 - bu yöntemlerle yüksek düzeyde buz çözümü sağlanır
 - yalnız sıcaklığın hızlı bir şekilde verilmesi durumunda balık etinde yöresel pişmeler oluşur

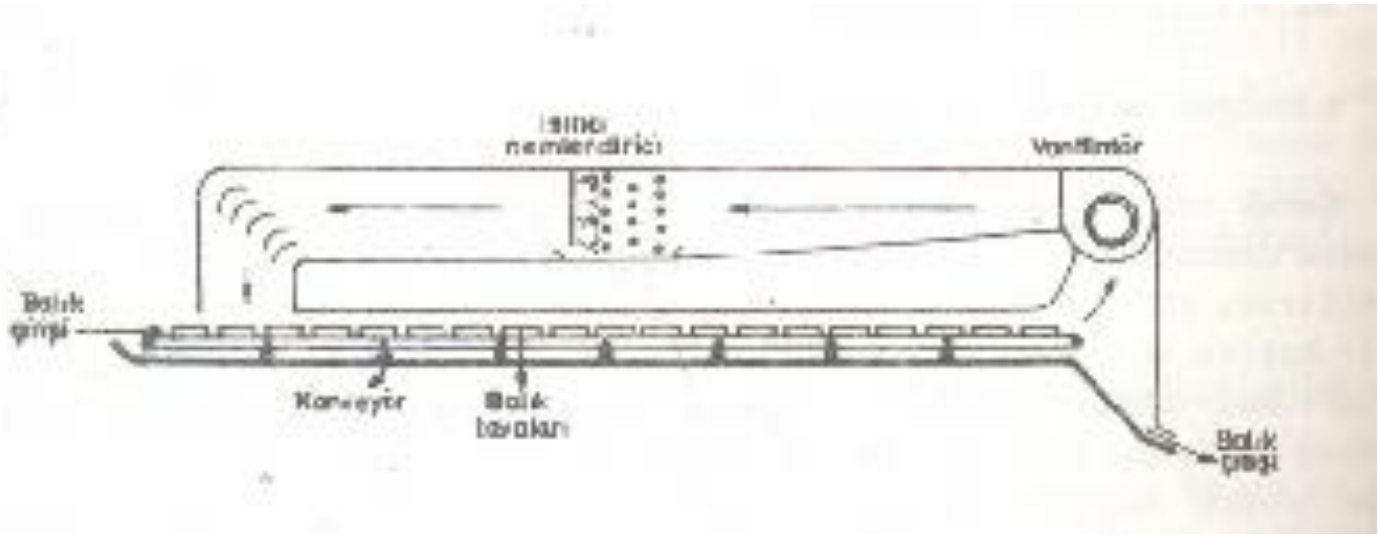
Havada buz çözümü

- **Durgun havada buz çözümü**

- tek tek dondurulan balık ve balık bloklarında durgun havada oda sıcaklığında, gece buz çözülür
- bu yöntemde hava sıcaklığı 18°C aşmamalıdır
- buz çözümü mümkün olduğunca kısa sürede tamamlanmalı, kötü koku oluşumu, fazla su kaybı önlenmelidir
- ürün sıcaklığı uzun süre kritik bölgede kalırsa buz çözümü esnasında bazı proteinler zarar görür
- durgun havada buz çözümü için geniş bir alana gereksinim vardır
- bu yöntemin işçiliği fazladır ve zaman alıcıdır
- yöntemi uygulamak için hiçbir ekipmana ihtiyaç yoktur
- trafiği az olan işletmeler için uygundur

- **Sirküle eden havada buz çözümü**

- donmuş balıkların buz çözümü sirküle eden havada durgun havaya kıyasla daha kısa sürede oluşur
- bu yöntemde buz çözümü için gerekli süre hava sıcaklığı yanında hava hızına ve balık bloklarının büyüklüğüne bağlıdır
- balıkta tam buz çözülene kadar **hava sıcaklığı 20°C** den **fazla**, **hava akım hızı** ise **6m/sn** den **az** olmamalıdır.
- hava yüksek nem içeriğine sahip olmalıdır. Bu sıcaklığın balık etine transferini kolaylaştırır ve balık yüzeyinde kurumayı engeller



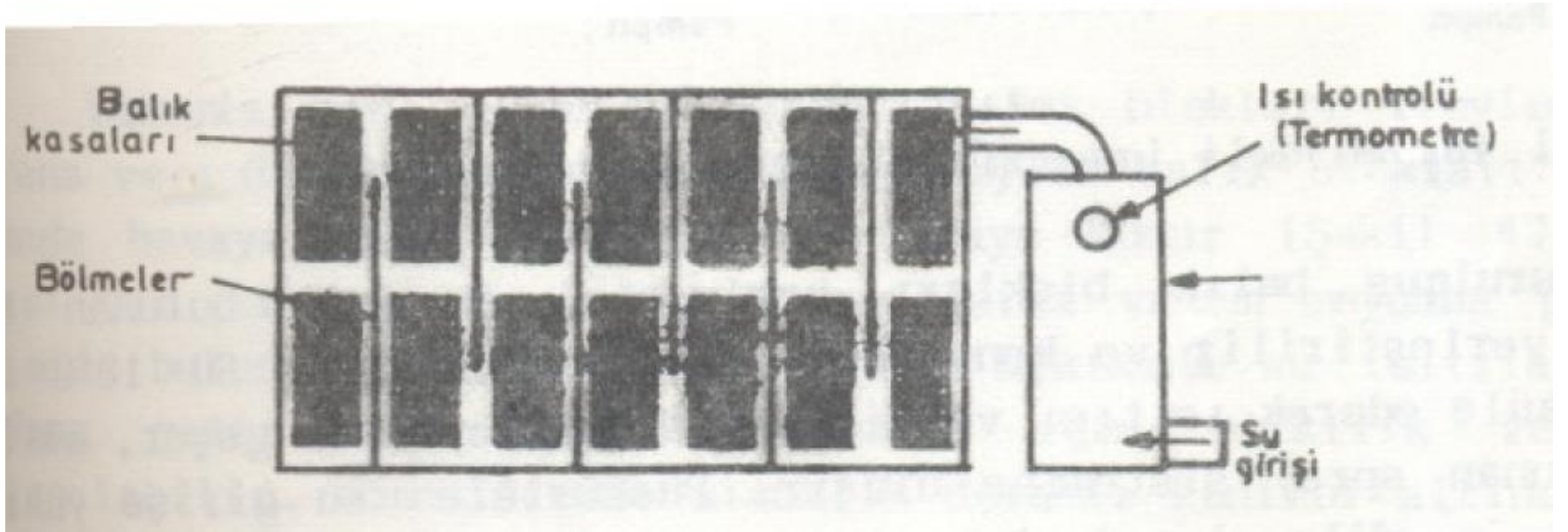
Sirküle eden havada buz çözümü

Suda buz çözümü

- suda buz çözümünde ısı transferi daha kolay olduğundan havada buz çözümünden daha çabuk buz çözümü gerçekleşir
- bu yöntemle buz çözümünde ılık su balıklar üzerine püskürtülür, yada donmuş balıklar ılık suya batırılır(immerziyon)
- immerziyon yönteminde suyun sirküle etmesi zorunludur
- Bütün haldeki balık ve paketlenmiş balıkların suda buz çözümü kolay ve sonuçları memnuniyet vericidir
- paketlenmemiş fileto balıklar bu sistemle buz çözümünde su çekeceği ve flavor maddelerini kaybedeceği için asla bu yolla buzları çözülmemelidir
- buz çözümünde kullanılan suyun sıcaklığı 18°C'den yüksek olmamalı, sirküle eden suyun hızı 5mm/sn olmalıdır

- **Basit immerziyonla buz çözümü**

- genellikle trafiği yoğun olmayan balıkçılık işletmelerinde kullanılır
- sistem bir tanktan ibarettir. Tank içinde düşey yerleştirilmiş ve su akış yönünü değiştiren setler bulunur
- donmuş balıklar tel kafesler içinde suda asılı durumda tutulur

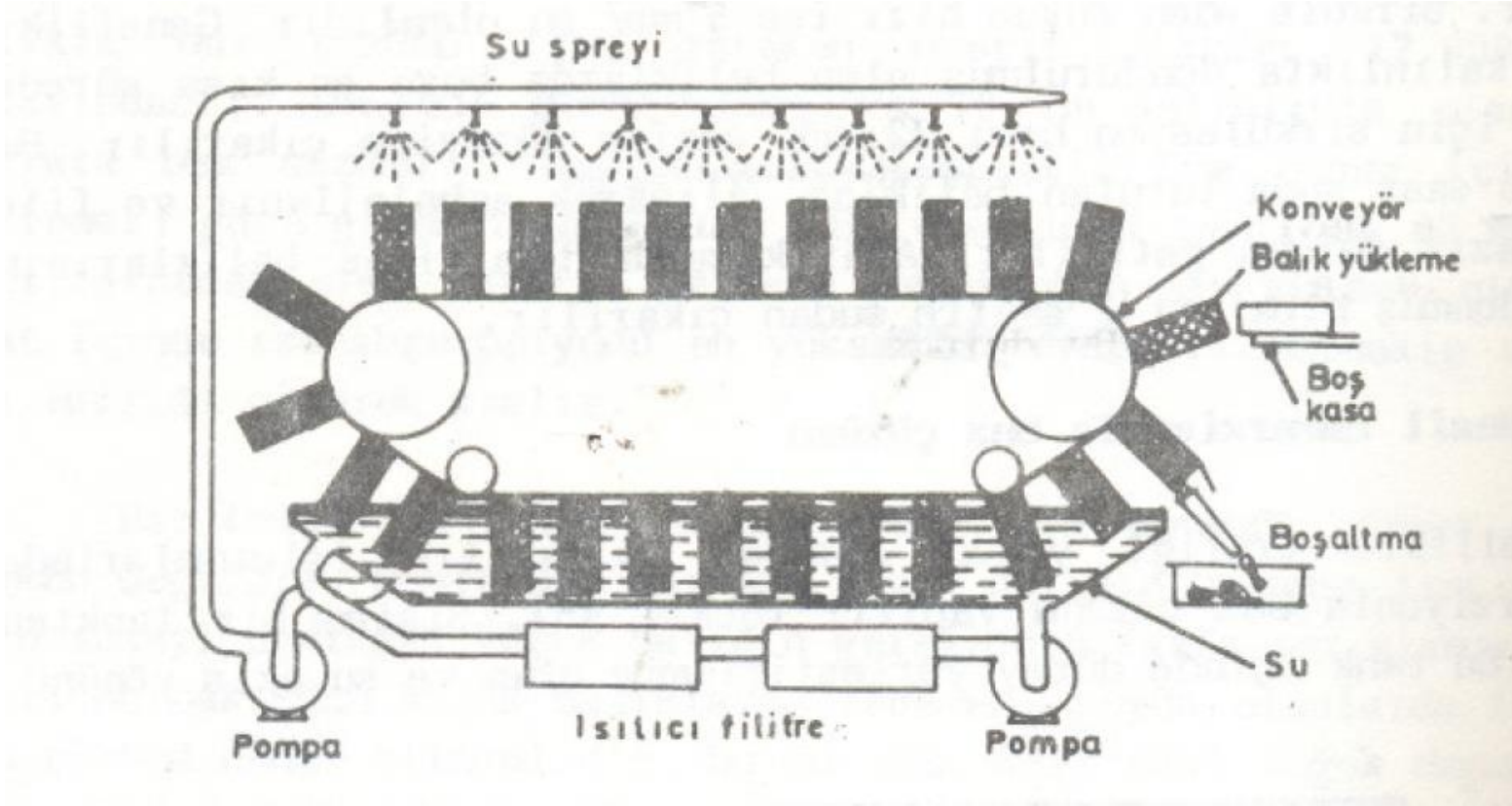


Basit immerziyonla buz çözümü

- **Sürekli immerziyonla buz çözümü**

- devamlı immerziyonla buz çözümü yönteminde balıkları taşıyan tel örgü basketler, takılıp sökülebilir şekilde bir konveyöre tutturulmuştur

- donmuş balık blokları horizantal durumdaki bu basketlere yerleştirilir ve konveyörle suya sevk edilir ve buz çözümü sağlanır



Sürekli immerziyonla buz çözümü

- **Sprey yöntemi ile buz çözümü**

- bu yöntemde balık blokları basketler içinde iken üzerlerine su püskürtülerek buzları çözülür

- bu yöntem daha çok küçük balıklar için uygundur

- bu sistemde su sirkülasyonu ve filtrasyon yoktur. Bu nedenle uygulamanın ekonomik değeride bulunmamaktadır

Vakumda buz çözümü

- Bu yöntem buz çözümü süresini kısaltır
- Bu sistemde donmuş balık ısınan suyun neden olduğu vakum odasına yerleştirilir
- Vakum altında su buharının kondensasyon hızı artar
- Bu durumda su buharı balığa daha fazla ısı verir ve buz çözümü hızlanır
- Vakum ile havanın alınması su buharının balıklar arasındaki küçük boşluklara sızma olasılığı artar
- Vakumla buz çözümü yönteminde balık blokları treyler üzerine yanyana veya üstüste yerleştirilir

- Treyler balık blokları ile yüklü durumda havaya karşı tecritli odaya alınır
- Odanın havası bir pompa yardımı ile boşaltılarak vakum oluşturulur
- Sistemde bulunan bir tank içinde az miktarda su ısıtılarak buhar meydana getirilir
- Suyun ısıtılması için elektrik veya buhar kullanılabilir
- Tüm sistemde sıcaklık devamlı kontrol edilir ve 18°C de tutulur
- Tank içinde oluşan buhar balık yüzeyinde kondanse olarak suya dönüşür
- Tüm operasyon hijyenik koşullarda oluşur

Elektrikle buz çözümü

- **Dielektrikle buz çözümü**

- bu yöntemle buz çözümünde dondurulmuş balık blokları iki metal plaka arasına plakalara temas etmeyecek şekilde yerleştirilir
- yüksek frekanslı alternatif elektrik uygulanır ve oluşan ısı donmuş balık tarafından absorbe edilir
- eğer **balık blokları üniform kalınlıkta ise bloklarda aynı cinsten ve aynı ısıda balıklar** bulunuyorsa elektrik voltajı ve frekansı yüksek uygulanır. Buz çözümü kısa sürede tamamlanır
- balık blokları gayri muntazam, sıcaklık bloğun bir tarafında diğer yanına kıyasla farklı ise üniform ısınma olmaz , bloğun bir tarafı daha fazla ısı alır ve balık eti bozulur
- balıklar büyük cinsten ise bunlar önce teker teker suya batırılır böylece çevresel buz kısmen eriyerek üniform soğukluk elde edilir. Bu işlemi takiben konveyöre yerleştirilir
- küçük balıklar suya batırılmaz ambalajları içinde ısısına maruz bırakılır ve çok kısa sürede buz çözümü gerçekleşir
- bu yöntem diğer yöntemlere kıyasla pahalı bir yöntemdir

- **Elektrik rezistansı ile ısıtma**

- bu yöntem dielektrik ısıtma yöntemi ile aynı prensiptedir
- donmuş balık zayıf elektrik ileticisi olduğundan uygulamada bu yöntemle buz çözümünde donmuş balık buz çözümü öncesi suda ön ısıtma uygulanmasına tabii tutulur
- bu ön uygulama ile ürünün elektrik rezistansı azalır, elektrik daha kolay geçer ve internal ısı daha fazla üretilir
- genellikle 50 mm kalınlığındaki bloklar suda 15-30 dakika tutulur, takiben elektrik geçen iki plaka arasına plakalarla temas edecek şekilde yerleştirilir ve 15-20 dakika süre ile elektrik rezistansı ile ısıtılır
- çözünen buzun su akımı arttıkça balıkta ısı artar, bu nedenle rezistanslar otomatik olarak kapanarak sıcaklık ayarlanır

- **Mikrodalga ile ısıtma**

- bu yöntemde 2450MHz de ısı oluşturan yüksek frekanslı mikrovey kullanılır
- diğer yöntemlerden hızlı buz çözümü gerçekleşir
- mikrodalga enerjisi tek tek dondurulmuş balık, karides vb. kısmi buz çözümü için yaygın kullanılır
- mikrovey ısıtma ile balık bloklarının porsiyonluk ve stik şeklinde testere ile parçalanabileceği duruma temperlenmesi mümkündür

Donmuş balıkta kalite düşmesine neden olan başlıca olaylar nelerdir?

- bayat balık alımı
- balıkların avlanma sonrası buzsuz depolanması
- fileto yapımı ve yıkamada soğuk su kullanılmaması
- yapılan filetoları ve temizlenen balıkları buzsuz bekletmek
- dondurma öncesi bekleyerek zaman kaybetmek
- dondurmayı istenen sıcaklıkta ve sürede gerçekleştirememek
- donmuş balığı soğuk depoda depolamaya almamak

Dondurulmuş su ürünlerinde sıcaklık zaman toleransı

- Donmuş depolama esnasında kalitenin azalması
 - ürün tipine
 - üretim prosesine
 - ambalaj karakteristiklerine
 - sıcaklığa bağlıdır