



Balıklarda Buzlama İşlemi

Demet KOCATEPE* Gökay TAŞKAYA Hülya TURAN Yalçın KAYA
Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Sinop, TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar

e-posta: dkocatepe@sinop.edu.tr

Özet

Balık ölür ölmez bozulma başlar. Bozulma, balıktaki enzimler, kimyasal reaksiyonlar ve bakteriler tarafından yürütülen bir seri karmaşık işlemlerin sonucudur. Balık canlı iken aktif olan enzimler balık öldükten sonra da etkinliğini sürdürür. Balık öldükten hemen sonra bakteriler solungaçlardan, kan damarlarından, deriden ve karın boşluğundan dokulara saldırırlar. Bakteriye ve enzimatik değişikliklere ilaveten atmosferik oksijeninin neden olduğu kimyasal değişiklikler yağlı balık etlerinde ransid koku ve lezzete neden olurlar. Balık kalitesini doğrudan etkileyen bütün bu değişimler soğutma işlemi ile yavaşlatılabilir ve balığa daha uzun bir depolama ömrü sağlanabilir. Balığın etkili soğutulması buz ile sağlanabilir. Bu çalışmada karada ve denizde balığın soğutulması için gerekli buz tipleri, buz miktarının hesaplanması ve doğru buzlama yöntemleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Buzlama, balık, buz, buzlama yöntemleri.

Icing Process in Fishes

Abstract

As soon as a fish dies, spoilage begins. Spoilage is the result of a whole series of complicated changes brought about in fish by its own enzymes, by chemical action and by bacteria. The enzymes which are active on living fish, remain active after death also. Soon after the fish dies, however, bacteria begin to invade the tissues through the gills, along blood vessels, and directly through the skin and the lining of the belly cavity. As well as bacterial and enzymatic changes, chemical changes involving oxygen from the air, can produce rancid odours and flavours in the fatty fish flesh. The whole changing, influence directly fish quality, can be decelerated with chilling process and this provides so longer storage life of fish. Effective chilling of fish can provide with ice. In this study, the information about chilling of fish on land and at sea, kinds of ice, calculations of ice requirements and right chilling methods are given.

Key words: Chilling, fish, ice, methods of chilling.

GİRİŞ

Balık eti hem sahip olduğu yüksek protein mineral ve vitamin miktarı nedeniyle büyüme faktörleri açısından değerli bir gıda hem de düşük yağ miktarı ve sindirilebilirliğinin kolay olması nedeniyle diyetetik bir gıdadır. Beslenmede iyot ve flor gibi minerallerin doğal kaynağı olan su ürünleri esansiyel iz element olan selenyumca zengindir. Balık eti pH değerinin ve nem içeriğinin yüksek olması nedeniyle diğer et ürünlerine göre bozulmaya karşı daha hassastır. Aynı zamanda balık eti yüzeyi koruyucu zar olmaması nedeniyle kasaplık hayvan etlerine göre çok çabuk dehidrasyona uğramakta, bu kurumunun sonucunda da ağırlık kaybı olmaktadır. Çok değerli bir besin olan balık etinin avlandığı andan itibaren besleyici değerini ve tazeliğini kaybetmeden korunması gerekmektedir. Bu amaçla

pratikte uygulanabilecek en etkili yöntem balıkların soğutulmasıdır. Balıkların bozulma süreçleri, dikkatli ve hijyenik bir şekilde avlanmaları ve sonrasında buzla muhafaza edilmeleri ve soğuk zincir şartlarına uyularak tüketiciye ulaştırılması durumunda yavaşlar. Buzlamanın temel prensibi mümkün olduğunca kısa süre içerisinde balığın buz ile temasının sağlanması ve balık etinin donmadan sıcaklığının 0°C'ye düşürülmesidir. Balık eti sıcaklığı azaldıkça mikrobiyal aktivite ve enzim etkinliği azalmakta, kaliteli ürün elde edilebilmektedir. Balıkların soğutulmasında buzun yanında, Mekanik soğutmalı deniz suyu (RSW), buzla soğutulmuş deniz suyu (CSW), CO₂'in sıvı ve gaz formları, sıvı nitrojen ve soğuk hava kullanımı mümkün olsa da genel olarak balık muhafazasında kullanılan önerilen soğutucu buzdur [1,2]. Yüksek ısı absorpsiyon kapasitesine sahip olan buzun ideal

bir soğutucu olmasının yanında aşağıda sıralanan önemli avantajları da vardır [1].

- Buzun erimesi sonucu oluşan su balık yüzeyinde bulunan bakteri ve kontaminantların yıkanmasını sağlar.
- Buzun erimesi sonucu oluşan buz-su karışımı balık yüzeyini sararak balık etinin dehidrasyonunu önler ve parlaklığının korunmasına yardımcı olur.
- İçilebilir sudan yapılan buzlar toksik değildir.
- Buz-su karışımı etkili bir soğutma sağlamakta, ısı iletimini artırmaktadır
- Buz bir yerden başka bir yere taşınabildiği için uygun bir soğutucudur.
- Buz eridiğinde sıcaklığı 0°C olmaktadır. Bu sıcaklık balık etinin donmadan saklanması için gerekli olan ideal sıcaklıktır ve buzla muhafaza ile otomatik olarak sağlanabilmektedir.
- Diğer soğutucu maddelerle kıyaslandığında buz daha ekonomik bir soğutucudur.

BALIK BUZLAMADA KULLANILAN BUZ ÇEŞİTLERİ, ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİMİ

Blok buz

Kutular içerisinde bulunan suyun sodyum ya da kalsiyum klorür çözeltisi içine daldırılması ile elde edilen geleneksel bir buz çeşitidir (Şekil 1). Kutu boyutları ve çözelti sıcaklığına bağlı olarak donma süresi 8 ile 24 saat arasında değişmektedir. Çok hızlı dondurma, kolay kırılan buz oluşumuna neden olmaktadır. 150mm' den daha ince olan buzlar kolayca kırılabilirken, kalınlığı 150 ile 170mm arasında olanlar blok sağlamlığı açısından tercih edilmektedirler. Gerekli tank ölçüsü günlük üretim ile ilgilidir. Hareket eden vinç sırasıyla teneke kutuları kaldırır ve buz kalıplardan kurtarmak için suyun içine daldırdığı dondurma tankının en sonunda olan eritme tankına taşır. Blokları kaldırmak için teneke kutulara hafifçe vurularak buz kalıptan çıkarılmaktadır. Boş buz kalıbı tekrar su ile doldurulur. Blok buz üretiminin yapıldığı geleneksel tesislerde iş gücü fazladır. Bu nedenle otomatik buz makineleri geliştirilmiştir. Blok buz tropik ülkelerde diğer buz tiplerine göre daha avantajlı olan bir buz çeşitidir. Eğer buz büyük bloklar şeklinde ise depolama, taşıma ve nakliyesi kolay olmaktadır. Uygun bir buz makinesi ile blok buzlar parçalanabilir fakat bu

şekilde elde edilen buz parçaları uniform değildir. Bazı durumlarda, blok buzların boyutları manuel bir şekilde küçültülebilir [3].

Hızlı blok buz

Hızlı blok buzları sadece bir kaç saat içerisinde üretilebilmektedir ve geleneksel blok buz makineleri ile karşılaştırıldığında ekipman ihtiyaçlarını önemli oranda azaltmaktadır. Bloklar tipik olarak 150kg'lıktır. Bir tip buz makinesinde, içerisinde su bulunan tüplerin çevresinden soğutucu dolaştırılarak çabuk donma sağlanmaktadır. Dondurulan buzun kalınlığı geleneksel blok buz makinesindekinden daha hızlı ve etkili sağlanmaktadır. Bu buz blokları tüplerden defrost olayı yardımı ile çıkarılır ve tankın yüzeyinden otomatik olarak uzaklaştırılmış olur. Eğer parçalanmış buza ihtiyaç duyuluyorsa buz kırıcıya atmak ya da sadece depolama işi için işçilik gerekmektedir. 2. tip buz makinesi ise; soğutucu, suyun bulunduğu kutunun çevresini bir ceket şeklinde saran bölmede bulunmakta ve aynı zamanda kutunun merkezine de borular aracılığı ile ulaştırılmaktadır. Bu şekilde hem dış kısımdan hem de blokların merkezinde eş zamanlı olarak buz oluşturulabilmektedir. Daha sonra sıcak çözücü bir gaz verilerek buz doğal yolla kalıptan çıkarılmaktadır.

Geleneksel blok buz makinelerinde soğutma için büyük hacimlerde çözeltiler kullanılmaktadır. Bu çözeltilerin her işlem sonrasında tekrar tekrar soğutulması zordur. Hızlı blok oluşturma sisteminde büyük hacimlerde çözeltiler bulunmadığından soğutma amacıyla harcanan enerji daha azdır. Aynı zamanda diğerlerine göre daha kısa sürede başlatılabilmesi ve durdurulabilir olması diğer bir avantajdır [3].

Yaprak (yassı) buz

Soğutulmuş silindir yüzey üzerine püskürtülen su, 2 ile 3mm kalınlığında kuru buz taneleri oluşturmaktadır. Silindir yüzeyinden kazınan bu buz parçalarına yaprak buz denilmektedir (Şekil 2). Bu işlem için soğutulmuş silindir ve 100-1000m²'lik bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı modellerde, dönen silindirler çevresinde buz kazıyıcı sistem de bulunmaktadır. Soğutucu sıcaklığı, ön soğutma derecesi ve varilin devir hızı değişkendir. Makinenin kapasitesi ve üretilen buzun kalınlığı bu faktörlerden etkilenmektedir [3].



Şekil 1. Blok buz [4].

Figure 1. Block ice.

Şekil 2. Yaprak buz [5].

Figure 2. Flake ice.

Tüp Buz

Tüp buzlar, dikey soğutucu tüplerin iç yüzeyinde oluşturulan, 50x50mm boyutlarında, küçük içi boş silindirlere (Şekil 3). Tüp buz makinesi otomatik olarak çalışmakta olup, buz makinesinde üretilen buzlar sıcak gaz ile tahliye edilmektedir. Tüplerden düşen buzlar kesiciler tarafından uygun boyutlarda kesilmekte ve konveyörler yardımı ile otomatik olarak depolara taşınmaktadır. Tüp buzların büyüklüğü balık için uygun olmadığından fabrikalarda müşterilerin gereksinimlerini karşılamak için istenilen boyutlara parçalanabilmektedir [3].



Şekil 3. Tüp Buz [6].

Figure 3. Tube ice.

Plaka (Tabak) Buz

Plaka buz soğutulmuş yatay bir plakanın yüzeyinde biçimlendirilmektedir (Şekil 4). Diğer yüzeyde ise buzun defrostu için su ilerlemektedir. Diğer tip buz makinelerinde her iki yüzey üzerinde de buz üretilebilmekte ve dahili defrost işlemi uygulanmaktadır. Tabak buzlar optimum 10-12mm kalınlığında olup farklı parçacık boyutlarına sahiptirler [3].

Külçe buz

Külçe buz makinesi paslanmaz çelik iki konik yapı içermektedir. Soğutucu, tüpün iç ve dış yüzeyleri arasındaki cidarı doldurur, su iç kısımdan geçerek donar. Buz yeterli kalınlığa ulaştığında, su girişi durdurulmakta ve içeri sıcak gaz verilerek kalıplar içerisinden buz çıkarılarak elde edilmektedir [1].

Bulamaç (yumuşak) buz

Bulamaç buz RSW sisteminin modifiye edilmiş şeklidir. Bulamaç buz; su ve donma noktası düşük solusyonun oluşturduğu farklı fazlardaki "mikro-kristal" buzdur (Şekil 5). Bulamaç buz, buz kristalleri dışında düşük konsantrasyonlu salamurada içermektedir. Bu salamura çözeltisi deniz suyu da olabilir [1]. Sıvı buz makinelerinde kullanılan diğer bileşikler; etilen glikol, propilen glikol, çeşitli alkoller ve şeker dir. Bulamaç buz tek

fazlı soğutucularla karşılaştırıldığında daha fazla sıcaklık absorpsiyonuna sahiptir. Bulamaç buzda bulunan mikro kristal yapıdaki buz parçaları balığın daha kısa sürede soğumasına yardımcı olmakta ve buz kristalleri yuvarlak yapıda olduğundan ürüne zarar vermemektedir [7].



Şekil 4. Plaka buz [8].

Figure 4. Plate ice.



Şekil 5. Bulamaç buz [9].

Figure 5. Soft or slurry ice.

Deniz suyu buz

Buz yapımında kullanılacak suyun bulunamaması durumunda, deniz suyu kullanılabilir. Sudan buz yapabilen bir çok buz makinası deniz suyundan da buz yapabilmektedir.

Deniz suyunun sudan daha düşük sıcaklıklarda donması ve korozif özelliği nedeniyle kullanılan buz makinaları paslanmaz çelikten yapılmalı ve geniş soğutma ünitesine sahip olmalıdır. Deniz suyu buzunun tatlı su ile karşılaştırıldığında avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Normal donma sıcaklıklarında (-5 ile -10 °C arasında) deniz suyu donmaz, deniz suyunun donması ve donduktan sonra depolanması için daha düşük sıcaklıklar gerekmektedir. Deniz suyu buzunu tam olarak homojen değildir ve depolama süresince sızan salamura uzaklaştırılmalıdır. Balık, buzdan bir miktar tuzu bünyesine alabilir. Deniz suyu buz makinası, geniş soğutucu ünitesine sahip olduğundan daha fazla güç gereksinimine ihtiyaç duyulmakta sistem maliyeti artmaktadır [1].

Ötektik buz

100 g suda 9 g tuz eritilmek suretiyle yapılan 21.1 bome yoğunluktaki salamuranın -25°C'den düşük derecelerde dondurma tünellerinde dondurulması ile elde edilmektedir [10].

Pelte buz

Jelatin halindeki bir kimyasalın dondurulması ile elde edilen buzdur. Soğutulup tekrar kullanılabilir.

Kuru buz

Katı karbondioksit buzudur. Kuru buz buharlaştıkça soğutma sağlar. Sudan üretilen buz, soğutacağı ortamda eriyerek alacağı ısı karşısında su haline gelerek bir ıslaklık oluşturmaya karşın , kuru buz, soğutacağı ortamda buharlaşmak suretiyle ısıyı alarak soğutup, ıslaklık oluşturmamasından dolayı bu ismi almıştır [10]. Kuru buz kar şeklinde olup -78,9°C sıcaklığa sahiptir. Donma yanıklarını engellemek amacıyla balıkla direkt temas ettirilmemelidir. Kuru buzun gaz haline geçişinde oluşan gaz boşucu olup kapalı yerlerde kuru buz ile çalışılmaz.

Balıkları soğutmak için et etkili buz; genellikle yaprak (yassı) buzdur. Yaprak buz balığın etrafında kutu ve konteynırlar içinde buzun daha kolay, daha dengeli ve yumuşak dağılmasına izin verir ve balığa hiç bir mekanik zarar vermez [11]. Ayrıca partikül boyunun küçük oluşu nedeniyle kolay uygulanabilme, kolay taşınma, kürekle atılabilme özelliğine sahip olması, kullanılan makinaların küçük olması nedeniyle direkt buz depolama alanının üzerine monte edilebilmesi gibi avantajlara sahiptir[10].

BUZLA MUHAFAZADA GEREKLİ BUZ MİKTARININ HESAPLANMASI

Balığın soğutulması için gerekli olan buz miktarının teorik olarak hesaplanabilmesi mümkündür [1]. Graham 1992'ye göre buz miktarı hesabı aşağıdaki eşitlikle başlamaktadır. Bu eşitliğin bir tarafında buzdan alınan ısı miktarı, diğer tarafında ise balığın kaybettiği ısı miktarı yer almaktadır.

$$Q_{buz} = Q_{balık} \quad (1)$$

$$M_{buz} \times L_{buz} = M_{balık} \times c_{balık} \times \Delta t \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

M_{buz} = eriyen buz ağırlığı (kg)

$M_{balık}$ = balık miktarı (kg)

L_{buz} = Buzun latent erime ısısı (80 kcal/kg)

$c_{balık}$ = balığın spesifik ısısı (kcal/kg°C)

Δt = sıcaklık değişimi = $t_{başlangıç} (^{\circ}C) - t_{son} (^{\circ}C)$

Eşitlikten yola çıkarak gerekli buz miktarı;

$$M_{buz} = \{ M_{balık} \times c_{balık} \times (t_{başlangıç} - t_{son}) \} / L_{buz}$$

Spesifik ısı hesabı: Yağsız balıklar da spesifik ısı yaklaşık 0.8 kcal/kg°C'dir ve bu değer bütün yağsız balıklarda kullanılabilir. Spesifik ısı değeri, balığın içerdiği yağ miktarına göre değişir ve balığın besin kompozisyonuna göz önünde tutularak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$c_{balık} = 0.5 X_{yağ} + 0.3 X_{katı} + 1.0 X_{su} \quad (3)$$

Bu eşitlikte;

$c_{balık}$ = balığın spesifik ısısı (kcal/kg)

$X_{yağ}$ = Balıktaki yağ miktarı

$X_{katı}$ = Balıktaki katı madde miktarı

X_{su} = Balıktaki su miktarı

Yağsız ve yağlı balığın buzlanması için gerekli olan buz miktarının hesabına örnek verecek olursak;

Örnek 1: Başlangıç sıcaklığı 20°C olan, %1 yağ, %19 katı madde ve %80 su içeren 100 kg yağsız balığın sıcaklığını 0°C'ye düşürmek için gerekli olan buz miktarı;

$$c_{balık} = (0.5 \times 0.01) + (0.3 \times 0.19) + (1.0 \times 0.8) = 0.862 \text{ kcal/kg } ^{\circ}C$$

$$M_{buz} = \{100 \times 0.862 \times (20-0)\} / 80 = 21.55 \text{ kg}$$

Örnek 2: Başlangıç sıcaklığı 20°C olan, %21 yağ, %19 katı madde ve %60 su içeren 100 kg

yağsız balığın sıcaklığını 0°C'ye düşürmek için gerekli olan buz miktarı;

$$c_{balık} = (0.5 \times 0.21) + (0.3 \times 0.19) + (1.0 \times 0.6) = 0.762 \text{ kcal/kg } ^{\circ}C$$

$$M_{buz} = \{100 \times 0.762 \times (20-0)\} / 80 = 19.05 \text{ kg}$$

Yukarıda verilen yağlı ve yağsız balık örnekleri için gerekli buz miktarı yaklaşık olarak aynı bulunmuştur. Bu sonuçlar; tüm balıkların yağsız balık gibi işlem görebileceğini göstermektedir [1]. Tablo 1' de başlangıç sıcaklıkları farklı olan 6.5 kg balığın 0°C'ye düşürülmesi için gerekli buz miktarı verilmiştir [1].

Bu teorik hesaplamada aşağıdaki faktörler göz önünde tutulmamaktadır [1, 3]. Çevre sıcaklığı, nakliye süresi, nakliye esnasında soğutma, nakliyede izolasyon, yükleme durumu gibi faktörler kullanılacak buz miktarını etkilemektedir.

Aynı özellikteki konteynerlarda belli miktarlardaki balıklar için gerekli buz miktarı ve bu buzların erime oranları bile farklılık gösterir. Örneğin; Konteynırlara istiflenmiş balık:buz karışımında; istifin en üstünde, tabanında ve duvarlarında dahi eriyen buz miktarı farklılık gösterebilmektedir. Eşit boyuttaki konteynırlar açık havaya maruz bırakıldığında ısı transferleri farklılık gösterebilir.

Isı transferi aşağıda verilen formülle hesaplanabilir.

$$q = A \times U \times (t_d - t_i) \text{ kcal/gün} \quad (4)$$

Bu eşitlikte;

q = konteyner içindeki ısı (kcal/gün)

A = konteynerin yüzey alanı

U = toplam ısı transfer katsayısı (kcal/gün m²°C)

t_d = konteynerin dış yüzeyindeki sıcaklık (°C)

t_i = konteyner iç yüzeyindeki sıcaklık (°C)

Bu genel hesaplamada konteynerların farklı materyallerden ve farklı kalınlıkta olabileceği de göz önünde tutulmalıdır. Farklı alanlar arasındaki ısı transferi genel ısı transferine eklenebilir.

Isı eriyen buza geçer; buradan yola çıkarak aşağıdaki eşitlik verilebilir.

$$q = L_b \times m_b \text{ kcal/gün} \quad (5)$$

Bu eşitlikte;

q = buz eritmek için gerekli olan ısı miktarı (kcal/gün)

L_b = eriyen buzun latent ısısı (genel olarak 80 kcal/kg alınır)
 m_b = eritilen buz miktarı (kg/gün)

Buzun depolama sürecinde erimesine neden olan; hem konteynerin iç cephesinden ısı transferi hem de hava akımıdır. Bu şartlar göze alındığında yukarıdaki iki eşitlikten yola çıkarak aşağıdaki eşitlik verilebilir.

$$L_{buz} \times M_{buz} = A \times U \times (t_d - t_i) \quad (6)$$

Gerekli olan buz miktarı ise;

$$M_{buz} = \{A \times U \times (t_d - t_i)\} / L_i \text{ kg/gün eşitliğinden bulunur.} \quad (7)$$

Tablo 2'de iki farklı büyüklükteki balık kasasında çevre sıcaklığına bağlı olarak eriyen buz miktarları verilmiştir [1].

Tablo 1. Başlangıç sıcaklıkları farklı olan 6.5 kg balığın 0°C'ye düşürülmesi için gerekli buz miktarları [1].

Table 1. Weight of ice needed to cool 6.5 kg of fish to 0°C

Balığın başlangıç sıcaklığı(°C)	Buz ağırlığı (kg)
18	1,5
15	1,2
13	1,1
10	0,8
7	0,6
5	0,4
1,5	0,1

Tablo 2. İki farklı büyüklükteki balık kasasında çevre sıcaklığına bağlı olarak eriyen buz miktarları [1].

Table 2. Melting of ice in a wooden box by heat from the air.

Çevre sıcaklığı (°C)	12 saatte eriyen buz miktarı	
	13 kg'lık kasa	38 kg'lık kasa
27	4,5	9,1
21	3,6	7,3
15	2,7	5,2
10	1,8	3,4
5	0,9	1,6

BALIKÇI GEMİLERİNDE BUZLAMA İŞLEMİ

Soğutma amaçlı kullanılan buz yalnızca balıktan değil, hem balık kasalarından ve depo sıcaklığından, hem de depoya yerleştirme aşamasında çevreden ısı absorblamaktadır. Bu yüzden balık yakalandığı andan itibaren soğuk zincir şartlarına uyularak muhafaza edilmelidir. Bu nedenle balıkçı gemilerinin buzlama ünitelerine sahip olmaları daha kaliteli ve taze şekilde tüketiciye balık ulaştırmada önemli bir noktadır. Balıkçı gemisi uygun soğuk hava deposuna sahip değilse, balıklar gecikmeden dondurulmalıdır.

Ambalajsız, dökme yöntemi ile istifleme: Bu metod çoğunlukla küçük balıklara uygulanmaktadır. Küçük balıklar balıkçı gemilerinde bulunan depolara dökme metodu ile istiflenmektedir (Şekil 6). Balıkların istiflenmesinde dikkat edilmesi gerekenler [3].

- Öncelikle depo tabanı 10 ile 15 cm derinliğinde bir buz tabakası ile kaplanmalıdır. Belirlenen bu derinlik balığın depolandığı odanın izolasyonuna, geminin karaya çıkma süresine ve ortam sıcaklığına bağlıdır. Eğer muhafaza deposu metal ve yüzeyler izole edilmemişse, üstte bulunan buz katmanını artırmak gerekmektedir.

- Buzla kaplı depoya balıklar dökülerek balıkların üstü ve özellikle depo yüzeyi izolasyonlu değilse depo yan yüzeyi de buzla kaplanmalıdır. Depo dolana kadar bir kat buz bir kat balık olacak şekilde işleme devam edilmelidir. İstifin en üstüne yaklaşık 5cm kalınlığında buz tabakası eklenmelidir. Ilık hava şartlarında balık:buz oranı 2:1 oranında olmalıdır. Tropik iklim şartlarında ise balık:buz oranı 1:1 yeterli gelmektedir.

- Depo istif rafı yüksekliği 0,5m'den fazla olmamalıdır. Yine etkin bir soğutma için en üst istif rafı dolduktan sonra balıkların üzeri 10-15 cm kalınlığında buz ile kaplanmalıdır.

- Balık istif raflarının hacmi de önemli bir konudur. İstif rafı hacmi ideal olarak 1 ton balık için 4.5 m³tür.

Kutularda buzlama: Balıkların ayrı ayrı kutularda buzlanması işlemidir (Şekil 7). Denizde bu işlemin uygulanması durumunda dökme şeklindeki balık buzlamaya göre, balıktan daha az su kaybı olmakta ve karaya çıkarılan balıkların kalitesi daha yüksek olmaktadır. Kutularda buzlamada dikkat edilmesi gereken noktalar [3];

- Kutu boyutu buzla muhafazada önemlidir.

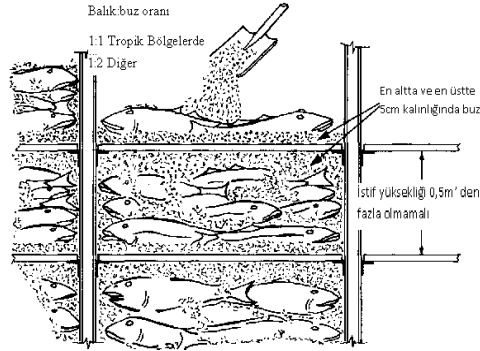
Kutu, balık karaya çıkarılana kadar balıkların ezilmeden homojen bir şekilde karışmalarını sağlayacak büyüklükte olmalıdır.

- Kutular hem denizde hem de karada 1 ya da 2 kişinin taşıyabileceği ağırlıkta olmalı, hantal olmamalıdır.

- Kutular içleri boşaltıldıktan sonra içiçe geçebilir, istiflenebilir yapıda olmalıdır.

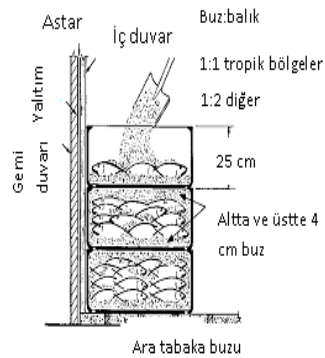
- Kutuların soğukta muhafazası için gemide yeterli depo bulunmalıdır.

Standart olarak içiçe geçebilir yapıda olan kutular; 30 kg balık ve 15 kg buz olacak şekilde toplam 50 kg olabilir ve 7-8 kutu üst üste konarak balıklar 6-7 gün muhafaza edilebilir. Kutularda buzlama işlemi, kutu dibine yaklaşık 5cm kalınlığında buz dökülür. Balıklar bu buz tabakası üzerine yayılır, bir kat balık bir kat buz olacak şekilde kutu içine balıklar istiflenir ve en üstte yine 5 cm kalınlığında buz serpilerek işleme son verilir.



Şekil 6. İstif şeklinde buzlama işlemi [12].

Figure 10. Bulk stowage



Şekil 7. Kutuda buzlama [13].

Figure 7. Box stowage.

Balıkların gemide buzlanmasında ve soğuk depolanmasında dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda özetlenmiştir [3].

- Tüm buzlama metodlarında, buzlama için gerekli buz miktarı pratikte, gemilerin karaya ulaştıklarında balık kutuları içerisinde bir miktar erimemiş buz kalması şeklinde ölçülmektedir. Bu nedenle ihtiyaçtan fazla buz kullanılması esastır.

- Kısa süreli seyahatlerde bile yeterli buzlama esastır. Soğuk günlerde bile balık eti erimemiş buz sıcaklığı olan 1-0°C'de olduğundan, dört kat daha hızlı bozulmaktadır.

- Balıkları paketlemeden soğuk muhafaza etmek daha yararlıdır çünkü eriyen buz tabakası balık yüzeyine temas ederek soğumayı kolaylaştırmaktadır.

- İç organları temizlenmiş balıkların karın boşluğuna diğer balıklardan sızan kirli suyun dolması engellenmeli, balıklar karın kısımları aşağı gelecek şekilde istiflenmelidir.

- Balıkların yalnızca buzla teması sağlanmalı, birbirleriyle olan temasları önlenmelidir.

- Küçük buz kristalleri balık blokları arasına daha rahat sızabildiği için balıklar daha iyi saklanabilir.

- Buzun soğutmanın yanında, balık yüzeyindeki kirli su, kan lekeleri ve bakterileri yıkaması, balığın taze kalmasına, görünüm ve kokusunun korunmasına etkisi de vardır. Bu nedenle küçük balıkların çok sıkı istiflenmeden soğuk muhafazası daha etkili olmaktadır.

- Eriyen buz, balık yüzeyini temizleyerek en alta indiği için altta toplanan pis suyun drenajına dikkat edilmelidir.

- Bir diğer önemli nokta ise buzlanmış balıkların depo sıcaklığıdır. Uygun depo sıcaklığı 1-2°C'dir. Eğer depo sıcaklığı -1°C -2°C'ye düşerse, balık dış yüzeyinde bulunan sular kontrolsüz olarak yavaş donar ve sonuçta tüm bloğun soğutulması için eriyen buz yetersiz kalır.

- Gerekli olmadığı sürece balık depo odalarının ışıkları kapalı tutulmalıdır.

- Gemi güvertesiz ise; balıklar çok iyi yalıtıma sahip kutularda saklanmalıdır.

- Temizlik etkin depolamanın önemli şartlarından biridir. Depolamada kirli kasaların kullanımı, depo yüzeyinin kirli olması ya da daha önce kullanılan kirli buzun tekrar kullanılması durumunda çeşitli aksaklıklar ortaya çıkmaktadır. Kullanılan buzlar buzlama işlemi sonrasında ortamdaki uzaklaştırılmalı tekrar tekrar kullanılmamalıdır.

- Depodan balıkların transferi sonrasında depo uygun dezenfektanlarla temizlenmelidir. Farklı dezenfektanlarla yapılan çalışmada (klor

bazlı, kuarternler amonyum bazlı ve alkol bazlı) en iyi sonuçların direkt olarak kullanılan ve durulamaya gereksinim göstermeyen alkol bazlı dezenfektanlardan elde edildiği saptanmıştır [14].

BALIKLARIN SOĞUTULMASINDA BUZA ALTERNATİF OLARAK KULLANILAN SOĞUTMA TEKNİKLERİ

Buzla soğutulmuş deniz suyu (CSW) ve mekanik soğutmalı deniz suyu (RSW) sistemleri sıcaklığın hızla düşürülmesinde, kalitenin korunmasında ve taze balığın depo ömrünün uzaltılmasında kullanılan başlıca metotlardır [15]. RSW ve CSW buz ile karşılaştırıldığında daha hızlı soğutma, balıkların ezilmesinde, zaman ve işçilikte azalma ve balığın daha uzun süre muhafazasını sağlamaktadır [16]. Daha çok tek ya da kasa halinde soğutulması zor olan pelajik balıkların soğutulmasında kullanılan bu sistemlerin dezavantajı da bulunmaktadır. Bunlar arasında; balıklarda renk değişimi, sistem suyunun sık sık değiştirme zorunluluğu, sıcaklık farklığının önlenmesi amacıyla sirkülasyonun gerekliliği ve fırtınalı havalarda açık denizde tankların sorun yaratması sayılabilir.

Buzla soğutulmuş deniz suyu (CSW): Deniz suyunun buz ile soğutulması mümkündür. Bu sistem CSW olarak adlandırılan basit bir sistemdir. Tüm sistemler için önerilen balık:deniz suyu oranı 3:1 ve 4:1'dir. CSW sisteminde kullanılacak buz miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir [1].

8 ton balığın 24°C'den -1°C'ye CSW ile soğutulması için balık:deniz suyu oranı 4:1 olarak kullanılacaksa; balık ve deniz suyunun toplam ağırlığı 10 ton=10000kg olacaktır.

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$Q = 10000 \text{kg} \times 4 \text{ j/g}^\circ\text{C} \text{ (hem balık hem de suyun öz ısı)} \times 25^\circ\text{C} = 1\ 000\ 000 \text{ kJ}$$

Buz erirken çevreden 334.7 kJ'luk bir ısı absorblamaktadır.

$$Q = m \times L$$

$$1\ 000\ 000 \text{ kJ} = m \times 334.7 \text{ kJ/kg}$$

gerekli olan buz miktarı yaklaşık olarak 3000 kg olarak bulunabilir.

Mekanik Soğutmalı Deniz Suyu (RSW): Deniz suyu yaklaşık %3-3.5 oranında tuz içermektedir. %3.5 tuz içeren deniz suyu yaklaşık -2°C'de donmaktadır. Bu nedenle, deniz suyu dondurulacaksa depolama işlemi için

sıcaklığın -1°C'ye düşürülmesi gerekmektedir [1]. Bu sistemde buz ile sağlanandan daha düşük soğutma sıcaklığı sağlanabilmektedir [16]. RSW sisteminde deniz suyu dolu tanklar içerisine kanallar açılmakta ve bu kanallardan soğutucular geçirilerek deniz suyu sıcaklığının yaklaşık 0°C'de kalması sağlanmaktadır. RSW sisteminde homojen bir dağılım sağlanması için deniz suyu bir pompa aracılığı ile sirküle edilmelidir [1]. Böylece tankın her köşesinde sıcaklık dağılımı eşit olacaktır. Sistemde bulunan deniz suyunun donma oranı sıcaklık aralıklarında farklılık göstermektedir. -1°C'de deniz suyunun yaklaşık %19'u, -2°C'de %55'i, -3°C'de %70'i ve -4°C'de %76'sı donar [17]. Bu sistemin CSW ile kıyaslandığında avantajı; soğutma amacıyla buz kullanılmadığından balık eti üzerine basıncın azalmasıdır [18].

Hava Kabarcıklı (Şampanya) Sistem; RSW maliyeti yüksek bir sistemdir. Bu sistemin daha ekonomik hale getirilmesi ile oluşturulan sistem ise "hava kabarcıklı" sistem olarak bilinmektedir. Bu sistemde izole edilmiş tanklarda su, buz ile soğutulur, borular içersinden hava ile üflenen balıklar su ile karışır. Sistemdeki tanklar üst kısımda hava kompresörü ile bağlantısı olan ve altta hava sirkülasyonu sağlanması amacıyla bulunan delikli borular içermektedir. Hava kabarcıkları oluşumu sıcaklık 0°C'ye çıktığında sona erer [17].

Süper Soğutma;

Süper soğutmada sıcaklık buzun erime noktası altına yavaş bir hızla düşürülür, balığın ısısının buzun erime noktası sıcaklığında tutulması, -0.5°C civarında, şeklinde olur. Bu şekilde balığın depo ömrü uzamaktadır. Süper soğutmada balıktaki suyun yarısı donmakta, büyük buz kristalleri oluşumunun önüne geçilmektedir. Özellikle açık deniz balıkçılığında uygulanan bir yöntemdir. Gemilerde süper soğutma uygulanmadan önce balıkların buzlanması daha sonra balık-buz karışımının sıcaklığının mekanik soğutma ile düşürülmesi gerekmektedir [10].

Soğuk Hava ile Soğutma

Herhangi bir soğutucu ile -2°C'ye soğutulmuş bir odada balıkların depolanması şeklinde olur. Bu yöntem balık soğutmada pek fazla kullanılmamaktadır. Çünkü taze balık soğuk odada hızla yüzeysel kurumaya, görünüş, kalite ve ağırlık kaybına uğramaktadır [19].

BUZLA SOĞUK MUHAFAZA UYGULANAN BAZI BALIKLARIN DEPO ÖMÜRLERİ

Avlanmayı takiben balık etinde mikrobiyolojik ve kimyasal bozulma hızla başlar. Bozulmanın önüne geçmek amacıyla avlanan balıklar çok kısa sürede soğuk muhafaza altına alınmalıdır. Tablo 4'te farklı balık türlerinin depo ömürleri üzerine buzlama aşamasındaki gecikmenin

etkisi verilmiştir. Buzlanmış balıkların ilk günkü tazeliklerini koruması; avlama mevsimi, avlanan yer, balık türü, avlama metodu, avlama sonrası gemideki işlemler, perakende satış yerlerindeki ambalajlama şekli gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir [10]. Yapılan araştırmalara göre farklı balık türlerinin depo ömürleri Tablo 5'te, çeşitli balıkların buzda raf ömürleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 4. Bazı tropik balıkların raf ömürleri üzerine buzlama işlemindeki gecikmenin etkisi [1].

Table 4. Effects of delays in icing on the storage life of some tropical species.

Balık Türü	Buzlamadaki gecikme süresi (gün)	Buzda depo ömrü (gün)	Balık Türü	Buzlamadaki gecikme süresi (gün)	Buzda depo ömrü (gün)
	0	15		0	15
Uskumru	3	12	Yuvarlak kıraça	3	13
(<i>Rastrelliger faughni</i>)	6	9	(<i>Decapterus maruadi</i>)	6	10
	9	5		9	6
	12	<1		12	<1
	0	24	Tuzlu su	0	17
Tilapya	4	21	karidesi	4	16
(<i>Oreochromis niloticus</i>)	8	15	(<i>Penaeus monodon</i>)	8	13
	14	<1		12	11
				16	<1

Tablo 5. Soğukta muhafaza edilen farklı balık türlerinin depo ömürleri.

Table 5. Storage life of different fish species in icing.

Balık Türü	Soğutma Yöntemi	Depo Sıcaklığı	Depo süresi	Literatür
Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> , Linnaeus, 1758)	Buzla depolama (Buz:hamsi, 2:1)	1°C	2 gün	[1]
Pembe Salmon (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , Walbaum, 1792)	Soğutulmuş deniz suyunda depolama (CSW) (%3 tuzlu su içeren denizsuyu:buz, 2:1)	-0.5°C	4-6 gün	[15]
Atlantik morina balığı (<i>Gadus morhua</i> , Linnaeus, 1758)	Buzla depolama	0-1°C	10-12 gün	[22]
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	Buzla depolama	0°C	18 gün	[23]
Kalamar (<i>Loligo brasiliensis</i> , Férussac, 1823)	Buzla depolama	0-1°C	7 gün	[24]
Siyah ton balığı (<i>Euthynnus lineatus</i> , Kishinouye, 1920)	Buzla depolama	0-1°C	18 gün	[25]
Yılan balığı (<i>Anguilla anguilla</i> , Linnaeus 1758)	Buzla depolama	0-1°C	12-14 gün	[26]
Kalkan balığı (<i>Scophthalmus maximus</i> , Linnaeus 1758)	Buzla muhafaza (Kutuda, balık:buz 2:1)	0-1°C	12-15 gün	[27]

Tablo 6. Buzla muhafaza edilen bazı balık türlerinin raf ömürleri [1].**Table 6.** Shelf-life of some species of fish

Balık Türü	Buzda depolama ömrü (gün)	Balık Türü	Buzda depolama ömrü (gün)
Ilıman iklim deniz balıkları		Tropikal iklim deniz balıkları	
Atlantik Morina (<i>Gadus morhua</i>)	12-15	Snapper	11-16
Mezgit (<i>Melanogrammus aeglefinis</i>)	14-15	Kırmızı snapper (<i>Lutjanus spp.</i>)	20
Mezgit (<i>Gadus merlangus</i>)	9-12	Orfoz balığı (<i>Plectropoma spp.</i>)	28
Berlam balığı (<i>Merluccius spp.</i>)	8-15	Palamut Kolyozu (<i>Scomberomorus spp.</i>)	11
Ringa (<i>Clupea harengus</i>)	2-5 ya da 6	Kolyoz (<i>Rastrelliger spp.</i>)	7-18
Uskumru (<i>Scomber spp.</i>)	7-9	Tuna	29
Kırmızı balıklar (<i>Sebastes spp.</i>)	13-15	Bonga balığı (<i>Ethmalosa fimbriata</i>)	20
Pisi balığı (<i>Pleuronectes spp.</i>)	14-18	Mercan alabalığı (<i>Caesio spp.</i>)	18
Vatoz (<i>Raja spp.</i>)	12	Kedi balığı (<i>Netuma serratus</i>)	20
Ilıman iklim tatlı su balıkları		Tropikal iklim tatlı su balıkları	
Sudak (<i>Stizostedion spp.</i>)	20	Tilapya (<i>Oreochromis spp.</i>)	14-28
Beyaz Alabalık (<i>Coregonus spp.</i>)	14-18	Nil levreği (<i>Lates spp.</i>)	20
Alabalık (<i>Salmo spp.</i>)	10	Kedi balığı (<i>Bagrus spp.</i>)	20
Kanal kedi balıkları (<i>Ictalurus spp.</i>)	12		
Tatlı su levreği (<i>Perca florescens</i>)	13		

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gittikçe artan dünya nüfusuna paralel olarak büyüyen hayvansal protein açığının giderilmesinde ve dengeli beslenmede; yüksek protein ve esansiyel aminoasitler, çok doymamış yağ asitleri, değerli mineral ve vitaminlerce zengin olan balık eti büyük öneme sahiptir. Denizlerimizde avlanan balığın büyük çoğunluğu taze olarak kıyı bölgelerimizde tüketilmektedir. İç bölgelerimize besleyici değeri yüksek olan balık etinin, en

taze şekilde ulaştırılmasında buzlanmanın önemi yadsınamaz bir gerçektir. Balıkta buzlama işlemine gemide başlanmalı, kasalarda ve tezgahda devam edilmelidir. Ancak bu şekilde hem taze hem de daha kaliteli ürün tüketiciye ulaştırılır. Çeşitli buz ve buzlama metotları konusunda balıkçıların eğitilmesi ve ortam şartlarına göre buzlama için gerekli buz hesabının pratik bir şekilde öğretilmesi durumunda daha kaliteli balıklar mutfaklarımıza ulaşacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Clucas, I.J., Ward, A.R., 1996. A guide to handling preservation, processing and quality complied by chilling fish using ice, Post. Harvest Fisheries Development, 11 (85-128).
- [2] Venugopal, V., 2006. Seafood processing, Adding value through quick freezing, retortable packaging, and cook-chilling, CRC/Taylor & Francis.
- [3] Graham, J., Johnston, W.A., Nicholson, F.J., 1992. Ice in fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No:331. Rome, FAO. 75 p.
- [4] <http://www.dicalvenezuela.com/bloque-hielo-block-ice.jpg>, (13.07.2009).
- [5] [http://img.hisupplier.com/var/userImages/old/refriend/refriend\\$81292251.jpg](http://img.hisupplier.com/var/userImages/old/refriend/refriend$81292251.jpg), (15.07.2009).
- [6] http://pictionice.com/2007%20update/images/ice_hand.jpg, 15.07.2009)
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Slurry_ice, (11.08.2009).
- [8] <http://index-west.com/Images/Turboice.jpg>, (16.07.2009).
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Slurry_ice, (10.07.2009).
- [10] Gökoğlu, N., 2002. Su ürünleri işleme teknolojisi, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 88-91.
- [11] Huss, H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper 348, Technological Laboratory Ministry of Agriculture and Fisheries Denmark, FAO, Rome.
- [12] <http://www.fao.org/docrep/t0713e/T0713E0T.GIF>, (21.07.2009).
- [13] <http://www.fao.org/docrep/t0713e/T0713E0U.GIF>, (29.07.2009).
- [14] Şenel, Y., Başoğlu, F., 2002. Gıda işletmelerinde kullanılan bazı dezenfektanların mikroorganizmalar üzerine etkileri. Uludağ Ün., Zir. Fak., Derg., 16:105-115
- [15] Himmelbloom, H.B., Crapo, C., Brown, E.K., Babbitt, J. and Reppond, K., 1993. Pink Salmon Quality during ice and chilled seawater storage. Journal of Food Quality 17(1994) 197-210.
- [16] Stern, J., Dassow, J.A., 1958. Technical note No.43: Considerations on the use of refrigerated brine for chilling and storing fresh fish. Comm. Fish. Rev. 20, 17-20.
- [17] Pigott, G.M., Tucker, B.W., 1990. Seafood effects of technology on nutrition, 113-114.
- [18] Yücel, A., 2001. Et ve su ürünleri teknolojisi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No:47, IV Baskı, Bursa, 111.
- [19] Sikorski, Z.E., 1990. Seafood resources nutritional composition and preservation, 96.
- [20] Varlık, C., Heperkan, D., (1990). Hamsinin buzda muhafazası. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 4,1:53-58.
- [21] Magnússon, H., Martinsdóttir, E., 1995. Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. Journal of Food Sciences, Vol.60, No.2, 273-278.
- [22] Kyrana, V.R., Lougovois, V.P., Valsamis, D.S., 1997. Assessment of shelf-life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. International Journal of Food Science and Technology. 32. 339-347.
- [23] Lapa Guimarães, J.G., Contreras Guzmán, E.S., Felicio, P.E., and Silva, M.A.A.P., 1999. Sensory and microbial changes in squid (*Loligo brasiliensis*) stored in ice- a shelf life study. The Institute of Food Technologists Annual Meeting, 79E-18.
- [24] Mazorra-Manzano, M.A., Pazheco-Aguilar, R., Díaz-Rojas, E.I., and Lugo- Sánchez, 2000 Post-mortem changes in Black skipjack (*Euthynnus lineatus*) muscle stored in ice. Journal of Food Science. Vol-65, No:5.
- [25] Özoğul, Y., Özyurt, G., Özoğul, F., Kuley, E., Polat, A., 2005a. Freshness assessment of European eel (*Anguilla Anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. Food Chemistry 92, 745-751.
- [26] Özoğul, Y., Özoğul, F., Kuley, E., Özkutuk, A.S., Gökbulut, C., Köse, S., 2005b. Biochemical, sensory and microbiological attributes of wild turbot (*Scopthalmus maximus*), from the Black Sea, during chilled storage. Food Chemistry. Received 13 June 2005.