

Soğukta Depolama Yöntemlerinin Su Ürünleri Kalitesine Etkileri

*Arzu BİNİCİ ve **Gülderen KURTKAYA

Özet

Beslenme bakımından su ürünleri, içerdiği azotlu bileşiklerden dolayı, yüksek besin değerine sahip gıdalar arasında yer almaktadır. Ancak su ürünleri bozulmaya karşı hassas olduklarından, avlandıktan hemen sonra taze olarak tüketilmeli ya da orijinal tazeliklerini mümkün olduğunca korumalarını sağlayacak önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerin başında soğutma ve dondurma teknolojisi gelmektedir. Soğutma ile su ürünleri $-1/+4$ °C'de soğukta muhafaza edilebilmekte; ancak soğuk depolama sırasında mikroorganizmaların gelişimi ve biyokimyasal olaylar yavaşlatıldığından su ürünlerinin muhafaza ömrü sınırlı olmaktadır. Dondurma ile mikroorganizmaların gelişimi tamamen önlenmekte, biyokimyasal olaylar ve enzim aktivitesi yavaş bir hızla devam etmektedir. Buna bağlı olarak tazeliğini uzun süre koruyabilen ve daha kaliteli olan su ürünlerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Soğuk depolama, dondurma teknolojisi, su ürünleri

The Effects of Cold Storage Methods on Quality of Fishery Products

Abstract

Fisheries, in terms of nutrition are among the foods with high nutritional value as, they contain nitrogenous compounds. However, as they are sensitive to degradation, they must be consumed fresh after fishing or necessary precautions must be taken to keep them fresh as long as possible. Refrigeration and freezing technology is pioneer in the methods used for this purpose. Fisheries can be kept at $-1/+4$ °C low temperatures with cooling but maintaining life period of the products is limited as

*Yüksek Lisans Öğrencisi, Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Tunceli, e-mail: arzubinici@hotmail.com

**Gülderen KURT KAYA, Yrd. Doç. Dr., Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Tunceli, e-mail: gkurtkaya@tunceli.edu.tr

the development of microorganisms and biochemical events are slowed down during cold storage. Development of microorganisms completely prevented by cooling but biochemical events and the enzyme activity continue at a slower pace. So, it possible to obtain fisheries that can keep its freshness for a long time and with better quality.

Keywords: Cold storage, freezing technology, fisheries

Giriş

Beslenme fizyolojisi bakımından balık, süt ve etin yanında önemli bir hayvansal protein kaynağıdır. Balık ve su ürünleri, günümüzde tüketilen proteinli yiyeceklerin önemli bir grubunu oluşturur. Yapılan denemeler protein dışında balık ve su ürünlerinde önemli miktarda vitamin ve mineral madde bulunduğunu ve bu ürünlerin beslenme değerinin yüksek olduğunu göstermiştir (Gorgo ve Ronsivalli,1988).

Ayrıca balıktaki yağ, doymamış yağ asitlerince zengin olduğundan beslenme yönünden de daha uygundur (Yücel,1997). Balık etinin proteinleri esansiyel aminoasitlerce zengin olup, kimyasal bileşimi kasaplık hayvan etleri ile karşılaştırıldığında hemen hemen aynı olduğu görülür.

Gerek doğal kaynaklardan, gerekse yapay olarak yetiştiricilikle elde edilen bu ürünlere karşı, halkımızın tüketim alışkanlıkları da artık yavaş yavaş değişmektedir. İşleme ve muhafaza teknolojilerinin gelişmesiyle eskiden yalnızca balıkthane ya da balıkçı tezgahlarından alabildiğimiz bu ürünlere market gibi satış yerlerinde günün her saati ulaşmak mümkündür (Varlık ve ark., 1993).

Ancak su ürünleri çok hassas olduklarından ve çevresel koşullardan kolay etkilendiklerinden, üretiminden tüketime kadar her aşamada dikkat ve özen gerektirmektedir.

Hayvansal kaynaklı gıdalar içinde önemli bir yeri olan su ürünlerinin daha iyi değerlendirilmesi gereklidir. Balık üretiminin çok olduğu dönemlerde üretim bölgelerinde tüketilmeyen ürünün, kalitesinde önemli bir değişiklik olmaksızın uzak bölgelere ulaştırılması ve yurt çapında gelişmiş soğuk zincirin etkinlik düzeyi ile ilişkilidir. Esasen dünya tüketici tercihi besinlerin doğal durumlarına en yakın şekilde olma yönünde gelişmektedir. Bu olgu soğuk koşullarda besinlerin depolanmasının daha çok uygulanan ve gelişen teknoloji olmasına neden olmaktadır (Göğüş ve Kolsarıcı,1992).

Su ürünleri kalitenin korunması amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi olan ve en yaygın kullanılan yöntemde soğutma ya da dondurmadır. Su ürünlerinin soğukta saklanması suretiyle bozulmaları bir ölçüde geciktirilebilirken, dondurmak suretiyle daha uzun vadede depolanabilmektedir.

Balıklarda Ölüm Sonrası Meydana Gelen Değişimler

Balık ve diğer su ürünleri suda bulunan mikroorganizmalar ile taşıma ve işleme sırasında bulaşabilecek birçok mikroorganizmayı içerir. Balık etleri yüksek besin değerine sahip olmakla beraber, özellikle bu mikroorganizmaların neden olduğu mikrobiyal bozulmaya karşı çok duyarlıdır (Liston,1990).Bunun yanı sıra balıklardaki bozulma enzimatik, kimyasal ve fizyolojik nedenlerin oluşturduğu bir seri komplike değişikliklerin sonucunda şekillenmektedir. Kırmızı etlerde olduğu gibi balık ve diğer su ürünlerinde de otolitik, oksidatif ve bakteriyel aktivite sonucu çeşitli bozulmalar meydana gelmektedir.

Rigor Mortis

Ölüm sonrası katılığı olarak da isimlendirilen “rigor mortis” ölüm sonrası balık kalitesini etkileyen en önemli olaydır. Rigor mortis, balık kasının ölümden sonra bir takım kimyasal değişimler sonucunda sertleşmesidir. Ölümden hemen sonra, balık kası yumuşaktır ve kolayca esneyebilir. Bu süre içerisinde et pre-rigor durumundadır. Daha sonra kaslar yavaş yavaş sertleşir ve kas rigor durumuna girer. Bir kaç saat veya bir kaç gün sonra kaslar yeniden yumuşamaya başlar ve post-rigor durumuna geçer. Balığın işlenmesi, özellikle fileto edilmesi durumunda rigor arzu edilmemektedir. Çünkü rigor sırasında, balığın vücudunun katılığı nedeniyle fileto miktarı düşebileceği gibi, düzgün olmayan işleme ve yarılmalara da neden olabilmektedir (FAO,1995).

Diğer taraftan, rigor periyodu döneminde balığın sert yapısı tüketici için iyi kalitenin işareti olarak ve rigor sırasındaki düşük pH nedeniyle bakteriyel bozulmanın başlamadığı kabul gördüğünden pre-rigor periyodunu uzatmak ve rigor başlangıcını geciktirmek balık kalitesinin korunması açısından önem taşıdığı gibi kasın gerilimi nedeniyle hücrelerin madde değişimi için olan geçirgenliği bloke edildiğinden bu dönemde enzimatik olayların oluşması da önlenmiş olur.

Mikrobiyal Değişimler

Canlı balığın florası, içinde yaşadığı suyun mikrobiyal içeriğine bağlı olarak değişir. Balıklar canlı iken yüzeylelerinde, solungaçlarında ve bağırsaklarında önemli miktarlarda bakteri mevcuttur. Yaşayan balıkta vücudun normal savunması bu bakterilerin sağlığa zarar verici etkilerini önlerken, ölüm sonrası ise dokulara hızla hücum ederek bozulmaya neden olurlar.

Balık ve diğer su ürünleri, suda bulunan mikroorganizmalar ile taşıma ve işleme sırasında bulaşabilecek birçok mikroorganizmayı içerir. Özellikle taze balık etlerinde otolitik aktivite ve pH kırmızı etlere göre daha yüksek olduğundan, bu ürünlerde otolitik ve bakteriyel bozulma daha fazladır (Çaklı ve Kışla, 2003).

Balıklarda meydana gelen bozulmaların hızı; balık çeşidi, balığın yakalandığı andaki durumu, bakteriyel bulaşmanın düzeyine ve sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir (FAO,1995). Bozulmaya neden olan hakim flora balığın bekletildiği sıcaklığa göre değişkenlik göstermektedir. Bakteriyel gelişmeyi önlemek veya geciktirmenin en iyi yolu balığın soğutulmasıdır.

Enzimatik Bozulmalar

İnsan gıdası olarak tüketilen diğer etlerde olduğu gibi, balık etinin dokusunda da dokuyu yumuşatarak koku ve lezzet değişikliklerine neden olan bir takım enzimler vardır. Enzimatik faaliyetler sonucunda kasaplık hayvan etlerinde oluşan ve “olgunlaşma” olarak tanımlanan bu durum arzu edilirken, balıklarda ise bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü balıklarda bu süreç hoş olmayan kokuların ve lezzet oluşumuna neden olmaktadır.

Oksidatif Bozulmalar

Yine balık yağları doymamış yağ asitlerince zengin olmaları nedeniyle çabuk acılaştıklarından ışık etkisinden kolayca oksijen alırlar. Yağ asitleri oksidasyonla parçalanıp, fena koku ve lezzette aldehitler, ketonlar ve kısa karbon zincirli serbest yağ asitlerini oluşturmaktadır. Böylece bozulma şekillenmektedir.

Yukarda da açıklandığı gibi su ürünleri çabuk bozulan ürünler olduğu için, mikrobiyolojik ve toksikolojik risklere açık ürünler olup, avlamayı ve hasadı takiben uygun koşullarda muhafazasını ve taşımalarını zorunlu kılmaktadır.

Su ürünlerinin uygun olmayan şartlarda değerlendirilmesi iç tüketimde, ürünü işlemede, ihracatta maddi kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle balığı soğukta korumak, buzda paketlemek ve dondurmak gibi metotlar ile balığın yüksek kaliteli muhafaza süresi uzatılabilmektedir (Alperden, 1993).

Soğutma Teknolojisi

Gıdaların kalitelerini istenilen düzeyde tutmak ve tüketicilere sağlıklı ve kaliteli gıda ulaştırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemler arasında soğutma teknikleri günümüzde oldukça önem kazanmakta olup, soğutma tekniğinin en çok kullanıldığı alan ise gıda üretimi ve muhafazasıdır (Varlık ve ark., 2004). Yeni tutulmuş balıkların muhafaza sürelerini uzatmak için soğutulması düşüncesi ilk olarak 18. yüzyılda som balıklarının deniz yolu ile İskoçya'dan Londra'ya taşınması sırasında ortaya çıkmıştır. Fakat bu metodun daha öncesinde Çinli balıkçıların doğal olarak buz tutan göllerden, akarsulardan ve havuzlardan toplanan buzları kullandıkları belirtilmektedir. Buz ilk olarak 1850 yıllarında İngiliz balıkçı teknelerinde kullanılmış ve 19. yüzyılın sonlarına doğru mekanik olarak üretilen buz, balıkçı teknelerinde denenmiştir. Bundan sonra birtakım sistemler geliştirilmiş olup, bunların hiçbirisi balıkların soğutulmasında kullanılan buz kadar faydalı olmamıştır. Su ürünlerinden gerekli ölçülerde yararlanabilme imkanları bunların tüketilmesine kadar kalitenin korunması ile gerçekleşmektedir. Balık avcılığının fazla olduğu dönemlerde balıkların kalitesinin bozulmadan tüketiciye ulaştırılması uygun şartlarda soğuk depolama ile mümkün olmaktadır (Varlık, 2004).

Soğutma, balık sıcaklığının donma noktasının hemen üzerindeki sıcaklık olan 0 °C'ye düşürülme işlemidir. Soğutmadaki amaç koruyucu katkı maddesi kullanmadan gıdayı doğal haline en yakın şekilde korumaktır. Sıcaklığın düşürülerek ortamdaki mikroorganizmaların faaliyetlerinin azaltılması veya durdurulması, normal koşullarda oluşan fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olayların mümkün olduğunca önlenmesi soğutmanın ana amacıdır. Soğutma

bozulmayı tamamen durdurmaz, fakat belirli bir süre geciktirilmesini sağlamış olur (Gökoğlu, 2004).

Su ürünleri işletmelerinde soğutma başlıca şu amaçlar için uygulanmaktadır; Dondurma işleminin ön prosesi için ön soğutulması, işleme sonucu meydana gelen ara ürünlerin kısa süre depolanması, yeni avlanmış balıkların daha sonra nakliye ve işleme için kısa süre depolanması, yeni avlanmış balıkların 1-2 hafta üzerinde uzun süreli depolanmaları ve bunların deniz ya da karada nakli ve farklı ürünlerin depolanması için uzun süreli konservasyon (Pala ve Saygı, 1993).

Su Ürünlerinde Kullanılan Soğutma Yöntemleri

Buzla Soğutma

Gıdalar eskiden kar ve buz içinde muhafaza edilmekteydi. Günümüzde ise tatlı sudan yapılmış buzlar kullanılmakla beraber doğrudan deniz suyundan yapılmış ya da mikroorganizmaların etkisini azaltmak için içerisine antiseptik ilave edilmiş tatlı sulardan yapılmış buzun kullanışı daha uygundur. İri buzlar makinelerde küçük parçalar haline getirildikten sonra kullanılmaktadır.

Balıkların gemilerde soğutulmasında tatlı su buz, önemli ve sürekli rol oynamaktadır ve diğer soğutma sistemlerinden daha avantajlıdır. Balık ve erimekte olan buz arasında iyi bir temas sağlanırsa, hızlı bir soğutma uygulanmış olur. Balık ve buz arasındaki ısı transferi direkt kontak şeklinde olmaktadır. Balık üzerinde etkili olan soğutma işlemi başlıca buzdan, buzun su haline dönüşümü esnasındaki soğukluk vermesinden ve buz ile balık arasında kalan havanın soğutma etkisinden kaynaklanmaktadır (Varlık ve ark., 2004).

Yeterli ve uygun şekilde kullanılmış olan buz; balığın sıcaklığını 0-2 °C'ye düşürmekle birlikte; bakteriyel ve enzimatik değişimleri yavaşlatmakta, buzun erimesi ile balığın soğuk ve temiz suda yıkanması, kan, bakteri ve mukozadan temizlenmesini sağlamaktadır (FAO, 2009).

Balığın buzla depolanmasında taze olarak ne kadar muhafaza edilebileceği; balığın çeşidine, büyüklüğüne, mevsime, beslenme şartlarına ve diğer pek çok faktöre bağlıdır. Buz içerisinde muhafaza edilen balıklar sadece buz ile temas etmeli, birbiri ile fazla temas etmemelidir. Bu şekildeki balıklar istenilen süre içerisinde soğumazlar. Aksi takdirde kokuşma yapan bakteriler faaliyete geçerek hoşta gitmeyen kokular meydana getirirler (Varlık ve

Heperkan, 1990). Balıkların muhafazasında kullanılan buz içerisine sodyum benzoat, sodyum propiyonat, sodyum nitrit, hipoklorit, hidrojen peroksit, sülfanomitler ve antibiyotikler gibi kimyasal koruyucularda ilave edilmektedir.

ABD ve Kanada da balıkların muhafazasında belirli oranlarda tetrasiklin katılmasına izin verilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 1988). Buz ile yapılan soğutma yöntemi, çeşitli şekillerde üretilmiş ve hazırlanmış olan buzun şekline göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

Kırılmış Buz İle Soğutma

Blok olarak hazırlanmış olan buzdan yapılır. Blok buzlar istenilen ebatlarda kırılmak suretiyle uygulanır. Genellikle buz parçalarının ebatları 6-50mm kalınlığında olur ve bunların düzgün bir şekilde kırılmış olması gerekmektedir. Balıklara uygulandığı zaman ağırlığı ile balıkların ezilip zarar görmemesine özen gösterilmelidir. Ayrıca parçalanmış buzların sivri kenarları, balıkla yeteri kadar kontağa geçemeyip iyi bir soğuma sağlamakla beraber, bu tip buzlar özellikle hassas ve pulsuz olan balıkların zedelenmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle yuvarlak bir şekilde kırılmış olan buz ise soğutma için tercih edilmelidir.

İnce kırılmış buz içerisine balıkların tabaka halinde dizilmesi ile yapılır. Tutulan balıklar yıkamayı takiben, sandıklara bir kat balık bir kat buz olacak şekilde dizilir. Bundan sonra mümkünse -1 °C civarında hava cereyanı olmayan soğuk depoya konmaları gerekir (Yücel, 1997). Kırılmış buzla yapılan depolamanın avantajları; buz sadece balık vücudunu soğutmayıp, aynı zamanda eriyen buzun suyu aşağıya doğru akarak balık yüzeyinde bulunan yapışkan mukus tabakadaki bakterilerin de yıkamasını sağlar. Bunun yanı sıra balığın dış yüzeyinde oluşabilecek dehidrasyon, acılaşıma ve oksidasyonun oluşmasını da engellenmiş olur.

Yaprak Buzla Soğutma

Modern su ürünlerini işleyen tesislerde üretimi son derece pratik ve balığın yüzeyine daha fazla etkiye sahip olduğundan özellikle yaprak buz kullanımı tercih edilmektedir. Yaprak buz üretimi soğutulmuş yuvarlak pürüzsüz bir yüzeyde ince tabakalar halinde suyun

dondurulması ve 2-3 mm kalınlıklarındaki buzun bıçaklar aracılığıyla kazınması şeklinde olmaktadır (Varlık ve ark., 2004).

Tüp Buz İle Soğutma

Soğutulmuş bir tüp içerisinde tüp veya silindir biçiminde buzun oluşturulmasıdır. Boyutları 40mm x 40mm civarındadır.

Kepekli Buz İle Soğutma

Bu buzlu yapan makinenin çift cidarlı ekseni etrafında dönen bir tamburu vardır. Tambura cidarları arasında doğrudan doğruya genişleyen amonyakla -18 °C ve daha aşağı sıcaklıklara kadar soğutulurlar. Soğuk tamburun üzerine su püskürtülür. Su bu arada tambura değer değmez donmaktadır. Kazıyıcı bıçaklar yardımıyla da oluşan buz 2-3mm kalınlığında ufak parçalar halinde hazırlanmaktadır(Varlık ve ark., 2004).

Ötektik Buz İle Soğutma

Özellikle dondurulmuş sebze, et, tavuk ve balık gibi derin soğukluk dereceleri isteyen yiyeceklerin taşınmasında kullanılan özel bir buzdur. 100ml suda 29g mutfak tuzunun eritilmesi ile yapılan 21.1bome yoğunluğundaki salamuranın -25 °C'den düşük soğukluk yapan dondurma tünellerinde dondurulması ile oldukça kullanışlı bir derin soğutma kaynağıdır. Oluşturulan bu buzun erime derecesi ise yaklaşık -21 °C'dir (Varlık ve ark., 2004).

Pelte Buz İle Soğutma

Bu buz jelatin halindeki kimyasal bir içeriğin dondurulması ile elde edilmektedir. Plastik kaplar içerisinde dondurulan pelte buz, gıda maddelerinin soğutulmasında kullanılır. Bu buzun en büyük özelliği soğutulup tekrar kullanılabilmesidir. Buzlamada kullanılacak buz miktarı, oldukça önemlidir. Bir kg'lık balıktan -20°C'ye soğutmada uzaklaştırılan ısı miktarı 80Kj'dur. Buz

erirken 333 KJ/kg absorbe eder, böylece balığın soğuması için 0,25kg buz gerekmektedir. Buz ağırlığının balık ağırlığına oranı 1:4'ten 1:1'e kadar değişebilmektedir (Varlık, 1987).

Soğutulmuş Deniz Suyuyla Soğutma

Balıkların herhangi bir soğutucu ile 0 ile -2 °C'ye kadar soğutulmuş deniz suyu içinde tutulması şeklinde uygulanmaktadır. Diğer bir ifade ile buz yerine soğutulmuş deniz suyu kullanılarak balıkların tazeliği korunabilmektedir. Bu depolama şekli özellikle balık avının yüksek olduğu dönemlerde önem kazanmakla beraber, kullanılabilirliği ve depolama sırasında kalitenin korunması içinde uygun bir sistemdir. Suyun soğutma şekline göre; suyun buz ilavesi ile doğrudan soğutulması (CSW), ısı değişimi ile mekanik soğutma (RSW) şeklinde iki yöntem kullanılmaktadır.

Su – Buz Karışımı İle Soğutma

Balığın blok veya kırılmış buz ile karıştırılmış çeşme suyu veya deniz suyu içerisinde soğutulma işlemidir. Bu yöntem uygulanırken; Balık, su-buz karışımı içerisinde soğutulmadan önce, mukus ve iç organlarından arındırılmalıdır. Balığın uzun süre su içerisinde bekletilmesi durumunda ağırlık artışı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kuru Buz İle Soğutma

Kuru buz karbondioksitin katı formudur. Karbondioksit gazı da diğer gazlar gibi katı, sıvı ve gaz olarak bulunabilmektedir. Sudan yapılan buz soğutacağı ortamda alacağı ısı karşısında eriyerek bir ıslaklık oluşturmasına karşılık, kuru buz, soğutacağı ortamda ısıyı alarak buharlaşması sonucu gıdayı soğutup ıslaklık oluşturmamasından dolayı bu ismi alır. Kuru buz yüksek basınç altında karbondioksit gazının özel cihazlarda katılaştırılması ile elde edilmektedir (Varlık ve ark., 2004). Karbondioksit buzu sanayide oldukça pahalıya mal edilir. Faz değişimi direkt gaz haline geçiş şeklindedir. Direkt gaz haline geçiş nedeni ile ısı iletimi düşük olup, balıklar üzerinde ısı değişimi kontrol altında tutulamaz. Kuru buzun gaz haline geçişinde oluşan gaz boğucu olduğundan kapalı yerlerde kuru buz ile çalışılmaz (Yücel,1997).

Soğutulmuş Hava İle Soğutma

Herhangi bir soğutucu ile -2°C 'ye kadar soğutulmuş bir odada balıkların depolanması ile yapılır. Bu yöntem balıklar için pek fazla kullanılmamaktadır. Çünkü taze balıkların yüzeyleri, soğuk odada hızlı bir şekilde kuruyarak, görünüş, kalite ve ağırlık kaybına uğramaktadır.

Balık yakalandıktan sonra, tazeliğin korunması amacıyla vakit kaybetmeden 0°C civarında soğutma yapılmalıdır. Özellikle balıkların avlanmasından sonra uzun süreli seferlerde, teknelerde deniz buzu kullanılarak soğutma uygulanmalıdır. İnce kırılmış deniz buzunda bir sıra buz, bir sıra balık olacak şekildeki uygulama balıkçılar için daha pratiktir (Demirci ve Orak, 1999).

Kırılmış buz ile soğutma ve su- buz karışımı ile soğutma yöntemleri daha pratik, etkili ve ekonomik olduklarından daha fazla kullanılmaktadır. Kırılmış buz ile depolamada, soğutulacak ve depolanacak balık miktarına göre, gerekli olan buz miktarı önemlidir.

Pratikte, balığın soğutulmasında buzun balığa tatbik edilmeden önce balığın depoda uğrayacağı kayıp, balığın tasnifi, avlanma sırasındaki sıcaklığı gibi faktörler gerekli buz miktarının saptanmasının güçleştirir (Yücel, 1997).

Su Ürünlerinin Dondurarak Muhafaza Teknolojisi

Dondurarak muhafaza teknolojisi gıdaların uzun süre bozulmadan depolanabilmelerini sağlayan bir konserve etme yöntemidir.

Et balık gibi kolay bozulabilir gıdaların taze durumda uzun süre muhafazası ancak dondurma teknolojisi ile mümkündür. Dondurulacak balıkların iyi kalitede olması donmuş balık ürününün de iyi kalitede olmasını sağlar.

Yukarda açıklanan soğutma yöntemleri kullanarak, gıdalar -1 ile $+4^{\circ}\text{C}$ 'de soğukta muhafaza edilebilirler, ancak soğuk depolama sırasında mikroorganizmaların gelişimi ve biyokimyasal olaylar yavaşlatıldığından gıdanın muhafaza ömrü sınırlıdır. Oysa dondurma ile mikroorganizmaların gelişimi tamamen önlenir, biyokimyasal olaylar ve enzim aktivitesi yavaşlayarak devam eder.

Su ürünlerinin depolama süresini uzatmak amacıyla yapılan dondurma işlemi, bozulma ve ekonomik kaybın en aza indirilmesinde, ayrıca halk sağlığı problemleri ve gıda kaynaklı patojenlerin kontrol edilmesinde çok önemli rol oynamaktadır (Olgunoğlu ve Polat, 2002).

Çok düşük sıcaklık derecelerinde (-30 °C) enzim aktivitesi durur. Genelde dondurma ve dondurarak depolama sırasındaki sıcaklık -18 °C ve bunun altındaki sıcaklıklardır. Mikroorganizmalar -5/-8 °C'ye kadar, mayalar -10/-12 °C'ye kadar, küfler ise -12/-18 °C'ye kadar biyolojik aktivitelerini sürdürebilirler. Mikrobiyal bozulma olmaksızın -18 °C ve bunun altındaki sıcaklık derecelerinde ürünler depolanabilirler.

Gıdalarda su çok sayıda çözünmüş madde içeren çözelti niteliğindedir. Gıdanın donma noktası gıdanın içerdiği sudaki çözülmüş maddenin cinsi ve miktarına bağlı olarak 0 °C'nin altındaki bir sıcaklık derecesidir (Ertaş, 1978).Etin içerisindeki suyun en küçük donmuş zerrelere sayısı mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır. Buna dondurma tekniğinde *maksimal kristalizasyon* denir. Dondurma yerinde dıştan ortaya doğru bütün balıkta dondurulmuş su kristallerinin sayısının maksimal düzeyde olması için ısının 30 dakikada 0 °C'den -4 °C'ye kadar düşürülmesi gerekmektedir (Yücel,1997).

Dondurarak Muhafazayı Etkileyen Faktörler

Dondurarak muhafazayı etkileyen faktörlerin başında; materyal (ham madde), ön işlemler, dondurma sıcaklığı, glazeleme, depo sıcaklığı, depo şartları ve süresi gelmektedir.

Su ürünlerinin; kaliteli ve güvenilir bir şekilde dondurulması için bu noktalardaki kritik kontrol noktaları göz önünde bulundurulmalı ve gerekli tedbirler alınmalıdır.

Dondurma Yöntemleri

Daldırarak Dondurma

Bu yöntemde sıvı soğutucular kullanılmaktadır. Bir soğutma ekipmanında soğutulmuş şeker şurubu, salamura veya gliserol çözeltisi kullanılır. Gıda maddeleri bu sıvılara daldırılarak dondurulduğundan yöntem, bu ismi almıştır. Ambalajlanmış veya ambalajlanmamış ürün, soğutulmuş suya daldırılarak veya bu sıvı ürün üzerine püskürtülerek dondurulur. Ürünün

ambalajlı olması durumunda, soğutucu ile soğutulan arasında bir engel olduğundan yöntem indirekt kontakt dondurma olarak ta anılır (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Bu yöntemde balıklar, soğutulmuş tuzlu su çözeltisine daldırılarak dondurulurlar. Daldırma çözeltisi olarak -21 °C'de %23'lük tuz çözeltisi kullanılır. Her ne kadar dondurulacak ürünün solüsyonla direkt kontakt edilmesinde çok iyi bir ısı transferi mümkün ise de solüsyonun ürüne nüfus etmesi nedeniyle, üründe renk ve lezzet değişimleri gibi kalitatif kayıplar oluşabilmektedir. Ayrıca solüsyon birkaç kullanımdan sonra balık kanı ve mukoz sıvı ile kirlenmekte ve mikrobiyal kirlenmeye neden olmaktadır. Bu yöntem günümüzde pek kullanılmaktadır (Yücel,1997).

Kontakt Dondurma

Plakalı metal dondurucularla yapılan dondurma yöntemidir. Dondurmada plaka kullanıldığından plakalı dondurma yöntemi de denilmektedir. Soğutulmuş metal plakalar ürün ile direkt temasa getirilerek ürün dondurulur. Donma süresi kısa ve donma hızı yüksektir. Bu yöntemde ısı kondüksiyon (iletim) ile iletilir. Yöntem küçük balıkların, kıyılmış etlerin paketlenerek dondurulması için uygundur (Yücel,1997). Bu tip dondurucularda plakalar vertikal ve horizontal yerleştirilmiş olabilir. Bunlardan vertikal olanları genellikle denizde ve tüm balık olarak (işlemeden) dondurma durumlarında tercih edilir. Horizontal plaka sistemli dondurucularda plakalar 5cm kalınlıktadır ve uniform şekilde ambalajlanmış balıkların dondurulmasında kullanılır (Göğüş ve Kolsarıcı,1992). Donma süresi ambalajla plakanın temas derecesine, ambalaj materyalin cins ve kalınlığına, dondurulan ürünün çeşidine, sıcaklık derecesine ve gıdanın kalınlığına göre değişir.

Kriyojenik Sıvılarla Dondurma

Kaynama derecesi çok düşük olan sıvılaştırılmış gazlara kriyojenik sıvılar denir. Bu sıvılaştırılmış gazlar ayrıca soğutma ekipmanının da soğutulmamakta, kendi fiziksel özellikleri ile soğutucu görevi yapabilmektedir. Gıdaların dondurulmasında en fazla kullanılan kriyojenik sıvılar, sıvı azot ve sıvı karbondioksittir. Kriyojenik dondurma çok düşük derecelerde, genellikle -60 °C'nin altında gerçekleştirilen dondurma olarak tanımlanmaktadır. Su ürünlerinde daha çok karides ve kalamar gibi duyarlı türlerde uygulanmaktadır. Kriyojenik dondurmada

kullanılan cihazların basit ve ucuz olmalarına ve az yer kaplamaları gibi olumlu yönlerin yanı sıra, kriyojenik sıvıların pahalı olması yöntemin en olumsuz yönüdür (Varlık ve ark., 2004).

Hava Akımı ile Dondurma

Bu yöntemde balık soğuk hava cereyanında ve süratle hava hızında dondurulur. Sıcaklık -35/-45 °C, bağıl nem %90-95, hava hızı 2-5m/s'dir. Bu yöntem bütün balık cinslerinin ve paketli fileto veya tüm balıkların dondurulması için çok uygundur (Yücel,1997).

Bu teknolojiye iyi sonuç elde edebilmek için, balıkların tepsilere tek sıra olacak şekilde dizilmeleri ve herhangi bir başka ambalaj kullanılması önerilmemektedir (Göğüş ve Kolsarıcı,1992).

Dondurulmuş Ürünün Çözündürülmesi

Çözündürme dondurma işleminin son aşamasıdır. Bu aşamada dondurulmuş ürünün sıcaklığı 0 °C'ye yükselir. Çözündürme sırasında üründeki önemli değişimler dondurma sırasında oluşan buz kristallerinin erimesi ve kas fibrilleri tarafından doku sıvılarının reabsorpsiyonu ile ilişkilidir. Çözündürme koşulları ürünün başlangıç özelliklerinin korunmasını garanti etmelidir.

Dondurulmuş su ürünlerinin kalitelerinin korunmasında hızlı dondurma nasıl önemli ise hızlı çözündürmede aynı şekilde önemlidir. Böylece ürünün yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalması önlenmiş olur. Bilindiği gibi yüksek sıcaklıklarda enzimatik ve bakteriyel faaliyetlerde hızlanır.

Dondurulmuş ürünün çözündürülmesinde kullanılan yöntem ürünün fazla ısınmasını, damla kaybını, dehidrasyonu ve bakteriyel gelişmeyi önleyecek şekilde seçilmelidir. Çözündürme sırasında ortam sıcaklığı 20 °C'yi kesinlikle geçmemelidir (Gökoğlu, 2004).

Çözündürmede Kullanılan Yöntemler

Balıkçılık endüstrisinde çabuk dondurma teknolojisinin devamlı olarak gelişmekte oluşu, buz çözümü için endüstriyel yöntemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Dondurulmuş balığın gerek işlenmesi gerekse taze balık olarak tüketilmesi için buz çözümünün uygun koşullarda yapılmaması üründe kalite kaybına neden olmaktadır.

Buz çözümü balıkların dondurma yöntemine göre değişmektedir. Diğer bir deyimle, taze ve tüm olarak dondurulmuş balıklar için ayrı, fileto balık etleri olarak dondurulmuş olanlar için ayrı, deniz alabalıkları gibi tek olarak dondurulan ve karides gibi bloklar halinde dondurulanlar için ayrı ayrı yöntemler geliştirilmiştir (Göğüş ve Kolsarıcı,1992).

Buz çözümünde uygulanan yöntemler; havada çözündürme, suda çözündürme, vakumla çözündürme ve elektrik ile çözündürmedir.

Havada çözündürme, dondurulmuş ürünün ılık hava (15-21°C) ile temas ettirilmesiyle gerçekleştirilen bir çözündürme yöntemidir. Dondurulmuş ürünün bir tabla veya buna benzer bir zemin üzerine yerleştirilmesinden sonra ısınmaya bırakılması en basit çözündürme yöntemidir. Doğal konveksiyonla çözünme olarak da isimlendirilir.

Özellikle raflarda tutulan balıklardan birinden diğerine damlama olmamasına özen gösterilmelidir. Çünkü damlama bakteriyel kontaminasyona, renk değişimine ve yetersiz çözünmeye neden olmaktadır. Bu nedenle fazla ışıklık gerektiren bir yöntemdir. Havada çözündürme, üründe dehidrasyona neden olduğundan kullanılacak hava hemen hemen doymuş durumda olmalıdır (Gökoğlu, 2004).

Suda çözündürme yöntemi; dondurulmuş ürünün durgun ya da sirküle eden suya daldırılması veya ürün üzerine su püskürtülmesi suretiyle uygulanan bir çözündürme yöntemidir. Sirküle eden suyun hızı 5 mm/sn olmalıdır. Bu yöntemle çözündürme işlemi genellikle tanklarda yapılmaktadır. Balık/su oranı 1/4 veya 1/5 oranında olmalıdır.

Küçük ya da orta boydaki balıkların bu yöntemle çözündürülmeleri uygunken, büyük balıklar için suda şişip uzun süre suda tutulmalarında kayıplar ve bozulmalar görülmesinden dolayı uygun görülmemektedir. Bunların yanı sıra fileto etlerinin fazla miktarda su çekmeleri sonucu etin tadında oluşan önemli kayıplar nedeniyle fileto edilmiş balıkların çözündürme işlemi için de uygun değildir.

Vakumlu çözündürme işlemi; vakum hücresi, buhar kaynağı, vakum pompası ve gerekli kontrollerden oluşan bir çözündürme sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Uygulanan vakum miktarı çözündürme sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir.

Elektrik ile çözündürme, hava ve suda çözündürme yöntemlerinden 2-3 kat daha hızlıdır. Elektrik direnci ile ısıtma yalnızca homojen balık bloklarının çözündürülmesi için uygun bir yöntemdir. Elektrotların iyi temas etmesi ve akımın bloğun her tarafına iyi dağılması için blokların homojen olması gerekmektedir. Eğer ürünün bir bölümü diğer bölümünden daha hızlı ısınırsa daha ılık kısımdaki akım hızla artacaktır ve ürünün o kısmında pişme olacaktır. Bu nedenle homojen biçimde dondurulmamış balık blokları için uygun olmayan bir yöntemdir.

Dondurarak Depolama Sırasında Meydana Gelen Değişmeler

Dondurmada; birisi buz kristallerinin oluşması, diğeri dokunun düşük derecelere kadar soğuması gibi başlıca iki ayrı fiziksel olay belirlediğine göre, dondurulan dokudaki değişmeler bu iki olguya dayanmaktadır.

Dondurma işlemi süresince, enzim aktivitesi, kimyasal reaksiyonlar ve mikroorganizma faaliyeti gittikçe yavaşlayarak devam eder. Belli bir sıcaklık derecesinden sonra mikrobiyolojik değişmeler sona ererken, enzim aktivitesi tamamen durmadığından biyokimyasal değişmeler yavaş bir hızla devam eder.

Kuruma ve Donma Yanığı

Dondurulmuş et ve balıklar su buharı geçirgenliği olmayan bir ambalaj maddesi kullanılmadan depolandıklarında, zamanla su kaybederler ve kuruma belli bir düzeye ulaştığında yoğun su kaybetmiş alanlar oluşur. Buna “donma yanığı” denir. Donma yanığı buzun su buharı basıncının, ortam havasının, buhar basıncından yüksek olması durumunda donma ve dondurarak depolamam sırasında gelişmektedir.

Donma yanığının oluşum hızı; ürünün buhar basıncıyla ortamın su buharının oransal basıncı arasındaki fark, soğutucu ortamdaki hava dolaşım hızı, dondurma sırasındaki donma hızı, depo sıcaklığı ve ölüm sonrası koşullarına bağlı olarak değişir.

Donma yanığından balık etlerini korumak için; depo sıcaklığını yeterince düşük (-20 °C ve daha düşük) ve sabit tutmakla birlikte, balık filetoalarını nem geçirgen ambalaj maddeleri içinde vakumlu olarak ambalajlamak gereklidir (Göğüş ve Kolsarıcı,1992).

Lipid Oksidasyonu

Dondurulmuş yağlı balıkların depolama ömrünü sınırlayan en önemli etmen lipid bileşiklerinin otooksidasyonudur. Lipid oksidasyonun hızı ve büyüklüğü bünyesindeki yağ asitlerinin doymamışlık derecesine, dondurarak depolama süresi ve sıcaklığına, dondurma öncesi bekletme süresi ve sıcaklığına, bulunduğu ortamın oksijen miktarına, içeriğindeki antioksidan ve prooksidanların varlığına bağlıdır.

Proteinlerde Dondurma Denatürasyonu

Dondurulmuş depolama, balık etinin proteinlerinde dondurma denatürasyonu olarak bilinen değişimlere neden olmaktadır. Bu değişimler protein moleküllerinin açılması, proteinlerin farklı reaktif grupları ve balık kasının diğer komponentleri arasındaki sekonder reaksiyonlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Proteinler bir miktar çözünürlüklerini kaybetmekte ve daha düşük enzim aktivitesine sahip olmaktadırlar. Bu değişimlerin bir sonucu olarak da balık etinin fonksiyonel özelliklerinde önemli değişimler görülmektedir. Bunlar su tutma kapasitesi, jel oluşturma kabiliyeti ve emülsiyon kapasitesindeki azalmalar ve tekstürdeki olumsuz değişimler şeklinde ortaya çıkmaktadır (Gökoğlu, 2004).

Dondurarak depolama sırasında alçalan ve yükselen depo sıcaklığının neden olacağı rekristalizasyonda hücrelerin hasar görmesine ve çözünmeyen fazdaki tuzların myofibriller proteinleri denatüre etmesine, dolayısıyla proteinlerin su tutma kapasitelerinin düşmesine ve balık etinin daha sert bir yapı almasına neden olur. İyi çalışan bir depoda bu olay en düşük düzeyde tutulabilir (Göğüş ve Kolsarıcı,1992). Ne var ki ürünün depodan çıkışından tüketiciye ulaşana kadar geçen süre içerisinde rekristalizasyon daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Dondurulmuş ürünlerin çözülmesinde de rekristalizasyon görülmekle birlikte çözme işlemi hızlı bir şekilde gerçekleştirilirse rekristalizasyon ve etkileri azaltılabilir (Gökoğlu, 2004).

Renk ve Kokudaki Değişmeler

Dondurarak depolama sırasında kas etinin kırmızı pigment maddesi myoglobin metmyoglobine dönüşür (oksitlenir) ve hoşta giden kırmızı renk yerini soluk kahverengine bırakır (Varlık ve ark., 2004).

Etlere renk veren alyuvarlar, düşük sıcaklığın etkisiyle, ete kırmızı rengini veren hemoglobinin oksitlenmesi de rengin değişimine neden olur.

Etin kırmızı rengi kaybolur. Etin rengi önce koyulaşır; sonra ise et rengi gri renge dönüşür. Renk değişimi daha çok orkinos ve torik gibi kırmızı etli balıklarda görülür (Gökoğlu, 2004).

Dondurulan etlerin hücreleri buz kristalleri tarafından parçalanır. Etin defrostu sırasında yumuşar. Defrost edilen etteki hücre sıvısı dışarıya çıkar. Çıkan sıvı ile birlikte lezzet verici küçük molekülü maddelerde çıktığı için etin lezzeti düşer. Çıkan sıvı olmadan etin yüzeyinde damlacıklar halinde görülebilir. Bu damlacıklar Dripp olarak adlandırılır. Lezzet değişimi, dondurma ve defrost şekline, dondurulmuş etin saklama süresine göre değişir. Dondurma ve defrost işleminin usulüne uygun yapılması halinde, lezzet değişimi minimuma indirilebilir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Sonuç olarak; gıda insanların yaşamlarını sürdürmeleri için mutlak gerekli ve vazgeçilmez bir gereksinimdir. Bu nedenle tüm dünyada insanların sağlıklı ve aktif bir yaşam sürmeleri için gerekli olan güvenli gıdaya her zaman erişilebilir olması oldukça önemlidir. Sağlıklı ve dengeli bir beslenme için gıdaların uygun çeşit ve miktarda olmasının yanı sıra, insan sağlığı açısından tehlikeli sayılabilecek her tehlikeden arındırılmış olması da ayrı bir önem kazanmaktadır.

Kaynaklar

Alperden, İ. (1993). Et ve Su Ürünleri Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, TÜBİTAK-

Marmara Araştırma Merkezi Gıda ve Soğutma Teknolojisi Bölümü, Kocaeli

(124):114-115.

- Çaklı, Ş., Kışla, D. (2003). Su Ürünlerinde Mikrobiyal Kökenli Bozulmalar ve Önleme Yöntemleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20(1-2): 239-245.
- Demirci, M., Orak, H. (1999). Farklı Soğutma Ortamları ve -12 °C'de Depolanan İstavrit Balığında Meydana Gelen Kalite Değişimleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK*,(23): 143-150.
- Ertaş, H. (1978). Balıkların Soğutma, Dondurma ve Salamura Metotları ile Muhafazası, *Gıda Dergisi*, (2): 237-246.
- FAO. (1995). *Quality and Quality Changes in Fresh Fish*, Rome: 137s.
- FAO. Fresh Water Raw Material for Processing, İnternet Adresi: <http://www.fao.org/docrep/w0495e/w0495E02.htm#21>. Erişim Tarihi: 25.07. 2014
- Gorgo, C., Ronsivalli, L.J. (1988). *Quality Assurance of Seafood*, Van Nostrand Reinhold Company, Newyork.
- Göğüş, K., Kolsarıcı, N.(1992). *Su Ürünleri Teknolojisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:(358), Ankara, 261s.
- Gökoğlu, N. (2004). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, Antalya, 157 s.
- Gülyavuz, H., Ünlüsayın, M. (1999). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, Şahin Matbaası, Ankara, 366s.
- Liston, J. (1990). Microbial Hazards of Seafood Consumption, *Food Technology*, 44(12):56-62.
- Olgunoğlu, A.İ., Polat, A. (2002). Dondurarak Depolanan (-18°C) Sudak Filetolarında Kimyasal ve Duyusal Değişimler, *Turkish Journal Veterinary Animal Science, TÜBİTAK*, (26): 878-884.
- Varlık, C., Heperkan, D.(1990). Hamsinin Buzda Muhafazası, *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (4):53-58.
- Varlık, C. (2004). *Soğutma Teknolojisi*, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, 1. Baskı, İstanbul Üniversitesi, 50s.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T.(2004). *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Anabilim Dalı, Yayın No.7, İstanbul, 491s.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H. (1993). *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*, İstanbul: 174 s.