

Farklı İşlemler Uygulanarak Dondurulan Palamut Balığında (*Sarda sarda* Bloch, 1793) Donmuş Depolama Süresince Oluşan Kalite Değişimleri*

Hülya TURAN, İbrahim ERKOYUNCU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü,
57000, Sinop - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 23.05.2002

Özet: Dondurma öncesi ve sonrası farklı işlemler uygulanarak 5 m/sn.lik hava akımlı dondurucuda -35°C 'de dondurulan palamut balıkları (*Sarda sarda* Bloch, 1793) 6 ay süreyle ortalama $-25,2^{\circ}\text{C}$ 'de derin dondurucuda depolanmıştır. Araştırmada, dondurma öncesi 24 saat buzda bekletmenin, iç organ ve solungaçları çıkartmanın, donmuş depolama süresince, su kaybını önlemek amacıyla sodyum polifosfat kullanımının ve oksidasyonu önlemek için askorbik asitli çözelti ile glaze uygulamanın, depolama süresince su kaybı, TVB-N, TBA miktarları ve duyuşal özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. İç organları ve solungaçları ayrılan balıklarda TVB-N miktarı önemli derecede daha az bulunmuş, ayrıca iç organ çıkarma işlemi tek başına TBA gelişimini yani oksidasyonu etkilemezken, buzlama işlemi ile birlikte uygulandığında TBA'yı artırıcı etki göstermiştir. Yağ oksidasyonunun önlenmesi açısından askorbik asitli glaze, su ile glaze'e göre daha iyi sonuç vermiştir. Donmuş depolama süresince balıkların tamamı kimyasal ve duyuşal açıdan iyi kalitede bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Buzlama, donmuş balık, sodyum polifosfat, glaze

The Quality Changes that Occur During the Frozen Storage of Bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793) Prepared by Different Treatments

Abstract: Bonitos (*Sarda sarda* Bloch, 1793) frozen with different prefreezing and postfreezing treatments at -35°C in an air blast freezer with 5 m/s air velocity were stored at $-25,2^{\circ}\text{C}$ for 6 months. We determined the effects on the sensory properties, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and thiobarbituric acid (TBA) values, and the drip loss during the storage period of applying glaze with solution including ascorbic acid for preventing oxidation, of using sodium polyphosphate in order to prevent drip loss during the frozen storage, of removing the internal organs and gills, and of keeping in ice during 24 h prefreezing. The TVB-N content of fish from which the internal organs and gills had been removed was significantly lower. While gutting alone did not affect TBA growth, gutting with icing improved TBA values. Glaze with ascorbic acid was more effective than glaze with water (without ascorbic acid) in preventing lipid oxidation. The chemical and sensory quality of all the fish was good during the frozen storage period.

Key Words: Icing, frozen fish, sodium polyphosphate, glaze

Giriş

Ülkemizde kısa bir avlanma döneminde ve yoğun miktarda avlanan balıklardan biri palamut balığıdır. Elde edilen ürün tüketici alışkanlığı ve talebi nedeniyle avlama bölgeleri ve civarında taze olarak değerlendirilmektedir. Balıkların balıkçılar tarafından buzlanarak daha uzak bölgelere taşınması da yine taze tüketimle sonlanmaktadır. Taşımacılıkta artan mesafe ve kurallarına göre yapılmayan buzlama işlemi ile üründe oluşan kalite kaybı iç kesimlerdeki tüketimin sınırlanmasına neden

olmakta, bu amaçla yaygın şekilde kullanılması gereken frigorifik araçlar ise ancak su ürünleri ihracatı yapan firmalarda kullanılmaktadır. Böyle kısa av sezonuna sahip türlerin tüketiminin uzun bir periyoda yayılabilmesi dondurma teknolojisiyle sağlanabilir. Çünkü, iyi kalitedeki balıklar kurallarına uygun olarak -35°C ile -40°C 'de çabuk dondurulup paketlenerek, -20°C ile -30°C 'lerde saklanırsa tüketicinin ayırt edebileceği bir fark olmaksızın 1 yıldan uzun süre saklanabilirler (1). Ancak, kurallarına uygun olmayan ve gelişigüzel dondurulmuş su

* Bu çalışma H. TURAN'ın Doktora Tezinden özetlenmiştir.

ürünlerindeki kalite kayıpları, tüketicinin donmuş ürün tüketimini azaltabilir. Tüketicilerin en çok sordukları sorulardan biri, palamut balıklarını iç organlarını temizleyerek mi, yoksa temizlemeden mi dondurmaları gerektiğidir. İç organların ayrıldıktan sonra dondurulması enzim ve bakterilerce zengin iç organların uzaklaşmasını sağladığı için yararlı, ancak steril olan balık etine temizleme sırasında bunların bulaşması nedeniyle sakıncalı görülebilmektedir. Yetersiz buzlama işleminden sonra iç bölgelere taşınan ve dondurulan balıkların da daha düşük kalitede olup olmadıkları pratik bir sorundur.

Dondurulacak balıkların taze olması, balıkların tüketiciye ulaşınca kadar iyi kalitede olmasını sağlar. En iyi sonucu alabilmek için balıkların ya hemen dondurulması yada donduruluncaya kadar soğuk koşullarda tutulması gerekmektedir. Bu da balıkların dondurma işlemi öncesi yeterli miktarda buz içinde bekletilmeleri ile sağlanabilir (2).

Donmuş su ürünlerinin muhafaza süresi uzadıkça tekstür ve lezzet kaybı olmaktadır. Donmuş ürünlerde çok çeşitli faktörlere bağlı olarak etin süngerimsi ve lifli bir yapıya dönüştüğü tekstür bozulması ise, proteinlerin denatüre olarak su tutma kapasitelerinin azalmasından kaynaklanır (3). Kaliteli ürün elde etmek, donma hızının yeterince yüksek olmasına bağlıdır. Balıktaki suyun %80'inin buza dönüştüğü -1 °C ile -5 °C'ler arasındaki donma zonunun 2 saatten daha kısa sürede geçilmesi gerekmektedir (4-6). Dondurmanın hızı arttıkça hücrelerde ve hücreler arası boşluklarda oluşacak buz kristalleri çok daha küçük olacak ve üründeki dokusal hasar o oranda azalacaktır (7).

Balık yağlarının doymamış, özellikle çok doymamış yağ asitlerini önemli düzeyde bulundurması donmuş depolama koşullarında bile oksidasyona maruz kalmasına neden olur (8). Işık ve gaz geçirmeyen paketleme malzemesi ile paketleme, vakum paketleme ve glaze uygulaması ile oksijenin uzaklaştırılması, çeşitli antioksidanların ilavesi yağ oksidasyonunun önlenmesinde uygulanan yöntemlerdendir (9,10). Glaze işleminde ürünün daldırıldığı suya askorbik asit gibi suda çözünür bir antioksidan madde ilave edilerek koruma artırılır (11). Çeşitli çalışmalarda dondurma öncesi askorbik asit çözeltisine daldırmanın TBA değerinin düşük kalmasında etkili olduğu tespit edilmiştir (12,13). Donmuş ürünlerin muhafazasında depo sıcaklığındaki dalgalanmalar nedeniyle dehidrasyon ve çözdürme esnasında sızma şeklindeki su kayıpları ile bir miktar ağırlık kaybı

olmaktadır. Bu olay ürün kalitesini azalttığı gibi, üreticiler açısından ekonomik bir kayıp oluşturmaktadır. Bunu önlemek için genellikle polifosfatlar kullanılmaktadır (2). Polifosfatlar yüzeydeki protein yapısını değiştirerek, su tutma kapasitesini önemli derecede artırır ve çözdürme sırasında dokudaki sıvının dışarı çıkmasını engeller (14,15). Sodyum polifosfat kullanılan su ürünlerinde su tutma kapasitesinin ve tekstürel özelliklerin iyi olduğu, çözdürmede su kaybının oldukça azaldığı pek çok çalışma ile desteklenmiştir (16-18)

Bu çalışma ile palamut balığının dondurulmasında dondurma öncesi buzda bekletme, iç organ çıkarma ve polifosfat çözeltisine daldırma, dondurma sonrası antioksidanlı glaze işlemlerinin ürünün saklama süresine, çözdürmeden sonraki su kaybına ve duyu özelliklerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırmada ortalama ağırlıkları $247,41 \pm 1,17$ g olan 50 adet palamut balığı (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) kullanılmıştır. Balıkların buzlanmasında çeşme suyu orijinli ve yaklaşık 2,5 cm büyüklükte ince kırılmış buz kullanılmıştır. Her balık için bir adet olmak üzere toplam 48 adet polystyrene kap ve bu kapların kapatılmasında stretch film kullanılmıştır. Balıkların merkez sıcaklığının ölçülmesinde 10 cm'lik proba sahip ve -50 °C ile +250 °C sıcaklıklar arasında 0,1 °C hassasiyetinde ölçüm yapabilen dijital termokapl kullanılmıştır. Araştırmada, antioksidan olarak % 0,1 oranında askorbik asit (19), su tutma kapasitesini artırmak için % 10'luk sodyum polifosfat çözeltisi (2) kullanılmıştır. Balıkların dondurulmasında freon gazı ile çalışan ve hava akım hızı 5 m/sn olan hava akımlı dondurucu kullanılmıştır. Balıkların dondurulduktan sonra depolanmasında -25,2 °C sıcaklıktaki derin dondurucu kullanılmıştır.

Metot

Araştırma iki tekerrürlü ve her biri altı balıktan oluşan dört grup halinde planlanmıştır. Balıkların ilk iki grubu Sinop'ta bulunan soğuk hava deposuna götürülerek buzlanmış ve normal oda sıcaklığında 24 saat süreyle depolanmıştır. Buzlama işlemi ve kullanılan buz miktarı Clucas ve Ward (20)'un bildirdikleri gibi yapılmıştır. Depolama sonrası balıkların merkez sıcaklıkları 0,2 °C olarak ölçülmüştür. Buzlanan balıklardan iç organları ve

solungaçları çıkarılarak yıkanan grup BTPA, iç organ ve solungaçları çıkarılmayan grup ise BBPA olarak adlandırılmıştır. Bir gün sonra temin edilen ve buzlama işlemi uygulanmayan diğer iki gruptan iç organ ve solungaçları çıkarılan balıklar TPA, hiçbir işlem uygulanmayan balıklar ise KONTROL grubu olarak isimlendirilmiştir.

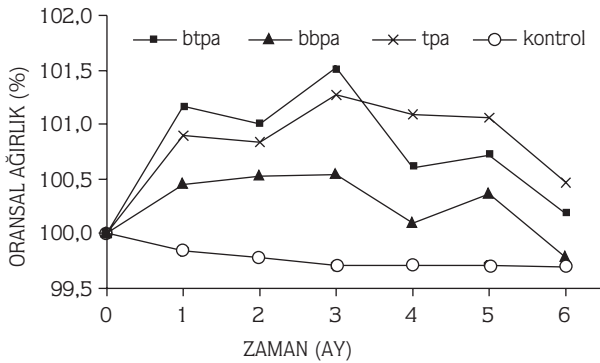
BTPA, BBPA ve TPA gruplarındaki balıklar sodyum polifosfat çözeltisine daldırılarak 3-4 dk bekletilmiş ve 15 dk süre ile sızdırılmıştır. Tüm gruplardaki balıklar bireysel olarak tartılıp etiketli polystyrene kaplara tek tek yerleştirilmiş ve dondurulmaya hazır hale getirilmiştir. Balıklar hava akım hızı 5 m/sn olan $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki hava akımlı dondurucuda çabuk dondurma yöntemiyle 60 dk süreyle dondurulmuştur. Dondurulan balıklardan BTPA, BBPA ve TPA gruplarına, sıcaklığı yaklaşık $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan bir odada glaze uygulanmıştır. Bu amaçla balıklar, sıcaklığı yaklaşık $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan antioksidanlı çözeltiye, 5-10 sn aralıklarla ve 3-6 sn sürelerle 3 kez tek tek daldırılmıştır (21). KONTROL grubundaki balıkların glaze işlemi ise sadece su kullanılarak diğer gruplarda olduğu gibi yapılmıştır. Balıklar tekrar ait oldukları polystyrene kaplara yerleştirilerek stretch film ile vakumsuz olarak kapatılmış ve karton kutular içinde araştırma laboratuvarına getirilerek 6 ay süreyle depolanmak üzere $-25,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki derin dondurucuya yerleştirilmiştir.

Araştırmada 6 ay boyunca her ay, Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) (22), Tiyobarbiturik Asit Sayısı (TBA) (23), analizleri, ağırlık kaybı (24) ve duyu testler yapılmıştır. Kimyasal analizler her tekrerde ikişer paralel yapılmış ve paralellerin ortalaması alınmıştır. Duyusal test için ayrılan filetoler tuz, baharat vb. ilave edilmeksizin alüminyum folyolara sarılarak $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki fırında 40 dakika süre ile pişirilmiştir ve 7 panelist tarafından

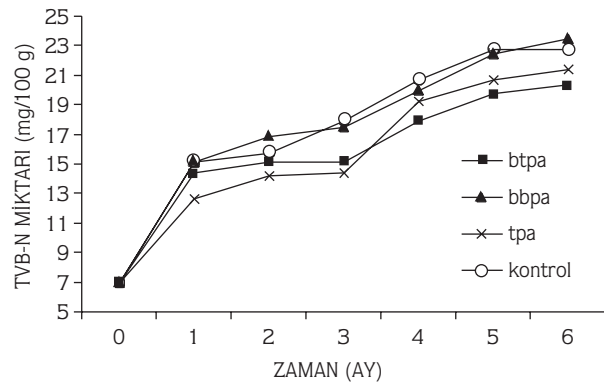
değerlendirilmiştir. Duyusal test, Baines ve ark. (25) ile Kietzmann (26)'ın bildirdiği donmuş balıkların duyu test değerlendirmelerine ilişkin koku, lezzet, tekstür ve genel değerlendirme kriterleri modifiye edilerek düzenlenen duyu test değerlendirme formu ile yapılmıştır. Buna göre koku, tekstür, lezzet ve genel değerlendirme kriterleri 5 (çok iyi) ile 1 (çok kötü) puan arasında değerlendirilmiştir. Araştırmada elde edilen değerlere iki yönlü tekerrürlü varyans analizi uygulanmış ve önemli bulunan varyans kaynaklarına ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile kıyaslanmıştır (27).

Bulgular

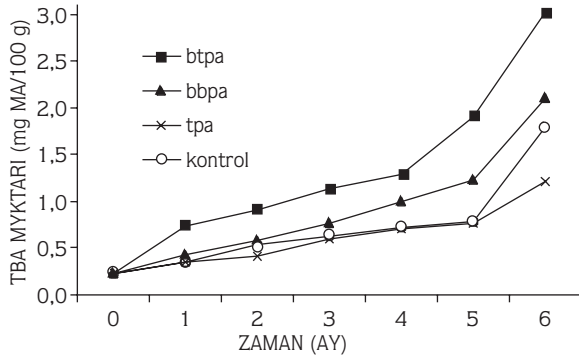
Su Kaybına İlişkin Bulgular: Dondurma öncesi ve sonrası yapılan farklı işlemler ile depolama süresinin su kaybı üzerindeki etkisi varyans analizi ile incelenmiş ve su kaybı üzerinde hem depolama süresinin, hem de dondurmadan önce ve sonra uygulanan işlemlerin etkisi istatistiksel açıdan önemli ($P < 0,05$) bulunmuştur. Dondurma öncesi sodyum polifosfat çözeltisi kullanılan BTPA, BBPA ve TPA gruplarında çözelti absorpsiyonu ve su tutma kapasitesinin artışına bağlı olarak donmuş depolamanın ilk aylarında ağırlık artışı, 3. aydan itibaren ise önceki dönemlere göre ağırlık kaybı gözlenmiştir (Şekil 1). İlk aylardaki ağırlık artışı dondurulmadan önce iç organları çıkarılan BTPA ve TPA gruplarında, iç organları çıkarılmayan BBPA grubuna göre biraz daha fazla olmuştur. 24 saat süreyle buzda bekletildikten sonra dondurulan palamut balıklarında, buzda bekletilmeden hemen dondurulanlarla benzer bir su kaybı gözlenmiştir ($P < 0,05$). Polifosfat kullanılmayan KONTROL grubunda ise depolama süresince düzenli ancak önemsiz ($P < 0,05$) düzeyde ağırlık kaybı gözlenmiştir.



Şekil 1. Depolama Süresine Göre Oransal Ağırlık Kayıpları.



Şekil 2. Depolama Süresine Göre TVB-N (mg/100 g) Miktarları.



Şekil 3. Depolama Süresince TBA Miktarındaki Değişim.

TVB-N Miktarına İlişkin Bulgular: TVB-N miktarı bakımından hem gruplar arasında, hem de aylar arasında gözlenen farklar istatistiksel açıdan önemli ($P < 0,05$) bulunmuştur. Taze palamut balıklarında başlangıçta 7,004 mg/100 gr olan TVB-N miktarı donmuş depolama süresince artarak deneme sonunda iç organları temizlenmiş gruplarda yaklaşık 20,3-21,3 mg/100 g ve bütün olarak dondurulan gruplarda 22,7-23,4 mg/100 g seviyesine çıkmıştır ($P < 0,05$). Ancak 6 aylık depolama süresi sonunda bile tüm gruplarda TVB-N miktarının çok iyi kalite özelliği sınırı olan 25 mg/100 g'ı aşmadığı görülmüştür (Şekil 2).

TBA Miktarına İlişkin Bulgular: Tüm gruplarda TBA miktarı depolama süresine bağlı olarak istatistiksel olarak önemli ve düzenli bir şekilde artmış ve 5. aydan sonra TBA değeri yaklaşık 2 katına ulaşmıştır (Şekil 3). Yapılan varyans analizi sonucunda hem gruplar arasında hem de zamana bağlı olarak TBA artış miktarı bakımından gözlenen farklar istatistiksel açıdan önemli ($P < 0,05$) bulunmuştur. Dondurulmadan önce buzda bekletilen

BTPA ve BBPA gruplarında daha yüksek TBA değeri elde edilmiştir. Ayrıca, en yüksek TBA değeri (3,017) iç organları çıkarılarak buzlanan balıklarda görülmüştür. Dolayısıyla buzda bekletmenin oksidasyonu artırdığı, iç organ çıkarma işleminin de bunu hızlandırdığı söylenebilir. Buzlama işlemi yapılmadan hemen dondurulan TPA ve KONTROL gruplarına ait TBA değerlerine bakıldığında iç organları çıkarılan gruptaki TBA değerinin (1,207) bütün olarak dondurulan KONTROL grubuna (1,794) göre daha düşük olması, antioksidanlı glaze kullanımının su ile glaze'e göre daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

Duyusal Analizlere İlişkin Bulgular: Araştırmanın son ayında bile derin dondurucudan çıkarılan balıkların taze balıklara özgü görünümüne sahip oldukları belirlenmiştir. Koku puanları değişiminin hem gruplar arasında hem de aylar arasında istatistiksel açıdan farklı olduğu bulunmuştur ($P < 0,05$). KONTROL grubunun diğer gruplara oranla daha düşük koku puanına sahip olması ve istatistiksel açıdan diğer üç grup arasındaki farkın önemsiz olması, dondurma öncesi ve sonrasında yapılan işlemlerin koku üzerinde olumlu etkide bulunduğunu göstermektedir (Tablo 1). Tekstür puanları değişimi bakımından gözlenen farklar istatistiksel açıdan gruplar arasında önemsiz bulunurken aylar arasında farklı ($P < 0,05$) bulunmuştur. Bütün gruplarda donmuş depolama süresince tekstür puanları zamana bağlı olarak azalmışsa da deneme sonunda elde edilen değerler bakımından tüm gruplar iyi kalite özelliğini korumuştur (Tablo 2). Depolama süresi sonunda ulaşılan son değer bakımından buzlama, iç organ çıkartma, polifosfat ve antioksidanlı glaze işlemleri tekstürün korunması bakımından olumlu etki göstermiştir. Tüm gruplarda depolama süresince lezzet puanları zamana bağlı olarak azalmış olup gruplar

Tablo 1. Çeşitli Gruplara İlişkin Koku Puanları.

AYLAR	BTPA ^A	BBPA ^A	TPA ^A	KONTROL ^B
1	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a
2	4,929 ± 0,071 ^{ab}	4,857 ± 0,097 ^{ab}	4,786 ± 0,114 ^a	4,571 ± 0,173 ^b
3	4,714 ± 0,125 ^{bc}	4,571 ± 0,137 ^c	4,857 ± 0,097 ^a	4,714 ± 0,125 ^b
4	4,786 ± 0,114 ^{bc}	4,643 ± 0,169 ^{bc}	4,857 ± 0,097 ^a	4,786 ± 0,114 ^{ab}
5	4,429 ± 0,202 ^d	4,429 ± 0,173 ^c	4,500 ± 0,174 ^b	4,286 ± 0,194 ^c
6	4,571 ± 0,173 ^{cd}	4,500 ± 0,139 ^c	4,143 ± 0,143 ^c	3,929 ± 0,165 ^d

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0,05$)

a,b,.....d (↓): Farklı harf taşıyan süreler arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0,05$)

Tablo 2. Deneme Süresince Tekstür Puanlarının Değişimi.

AYLAR	BTPA ^A	BBPA ^A	TPA ^A	KONTROL ^B
1	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a
2	4,714 ± 0,125 ^b	4,429 ± 0,202 ^{bc}	4,929 ± 0,071 ^a	4,714 ± 0,163 ^b
3	4,500 ± 0,139 ^b	4,571 ± 0,137 ^b	4,643 ± 0,133 ^b	4,500 ± 0,174 ^b
4	4,500 ± 0,228 ^b	4,286 ± 0,244 ^{cd}	4,571 ± 0,137 ^b	4,571 ± 0,137 ^b
5	4,071 ± 0,267 ^c	4,214 ± 0,155 ^{cd}	4,214 ± 0,261 ^c	4,214 ± 0,214 ^c
6	4,143 ± 0,177 ^c	4,071 ± 0,221 ^d	3,857 ± 0,231 ^d	3,714 ± 0,194 ^d

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

a,b,.....d (↓): Farklı harf taşıyan süreler arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

Tablo 3. Tüm Gruplarda Lezzet Puanlarının Zamana Göre Değişimi.

AYLAR	BTPA ^A	BBPA ^{A C}	TPA ^A	KONTROL ^B
1	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a
2	4,929 ± 0,071 ^a	4,714 ± 0,163 ^{ab}	4,857 ± 0,097 ^{ab}	4,786 ± 0,114 ^{ab}
3	4,714 ± 0,163 ^a	4,571 ± 0,137 ^b	4,929 ± 0,071 ^a	4,643 ± 0,169 ^b
4	4,857 ± 0,097 ^a	4,571 ± 0,202 ^b	4,786 ± 0,114 ^{ab}	4,786 ± 0,114 ^{ab}
5	4,357 ± 0,248 ^b	4,429 ± 0,173 ^b	4,571 ± 0,137 ^b	4,214 ± 0,214 ^c
6	4,214 ± 0,214 ^b	4,071 ± 0,165 ^c	4,143 ± 0,143 ^c	3,714 ± 0,194 ^d

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

a,b,.....d (↓): Farklı harf taşıyan süreler arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

ve aylar arasındaki farkların önemli ($P < 0,05$) olduğu bulunmuştur. KONTROL grubunda son aya ait lezzet puanı diğer gruplara göre daha düşük olmuştur. (Tablo 3). Bütün gruplarda genel kabul edilebilirlik puanları depolama süresine bağlı olarak azalmıştır (Tablo 4). Genel kabul edilebilirlik puanlarının depolama süresince değişiminde gruplar ve aylar arasında gözlenen farklar istatistiksel açıdan önemli ($P < 0,05$) bulunmuştur. Puanlardaki değişim tüm gruplarda ilk 4 ayda benzer bir durum gösterirken 4. aydan sonra KONTROL grubunda daha düşük puanlar alınmıştır.

Tartışma

Dondurma öncesi sodyum polifosfat çözeltisi kullanılan üç grup (BTPA, BBPA ve TPA) palamut balığında çözelti absorpsiyonuna bağlı olarak donmuş depolamanın ilk aylarında ağırlık artışı, 3. aydan itibaren ise ağırlık kaybı gözlenmesine rağmen ulaşılan son değer bakımından balıklar orijinal ağırlıklarını korumuştur. İlk

aylardaki ağırlık artışı dondurulmadan önce iç organları çıkarılan BTPA ve TPA gruplarında, iç organları çıkarılmayan BBPA grubuna göre biraz daha fazla olmuştur. Yani bu gruplardaki balıklarda iç organ çıkarma işleminin yüzey alanını artırarak balığın polifosfat çözeltisi ile daha fazla temas etmesine ve bunun da daha fazla ağırlık artışına neden olduğu söylenebilir. İç organları çıkarılan balıklarda hava ile temas eden yüzey alanının artması ve dehidrasyon nedeniyle daha fazla ağırlık kaybı beklenmesine karşın bunun aksi bir durum görülmüştür. Bu, temizlenen balıkların daha fazla polifosfatlı çözelti absorblaması ve uygulanan glaze işlemi nedeniyle dehidrasyonun engellenmesi şeklinde açıklanabilir. Benzer şekilde Sutton (17), bazı balıklarda sodyum polifosfat kullanımının etkili olmadığını, ancak kaslarda ağırlık artışına neden olduğunu bildirmektedir. Ayrıca Sturmo ve ark. (28) da donmuş depolama sırasında polifosfatların balık eti içerisinde hafif bir artış gösterip daha sonra sabit kaldığını bildirmiştir. Donmuş ürünlerdeki ağırlık artışı, çözeltiye daldırılan ürünlerin absorbe ettikleri çözelti

Tablo 4. Çeşitli Gruplarda Depolama Süresine Göre Genel Kabul Edilebilirlik Puanları.

AYLAR	BTPA ^A	BBPA ^{A B}	TPA ^A	KONTROL ^B
1	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a	5,000 ± 0,000 ^a
2	4,929 ± 0,071 ^{ab}	4,643 ± 0,199 ^b	4,857 ± 0,097 ^{ab}	4,786 ± 0,114 ^{ab}
3	4,714 ± 0,125 ^b	4,500 ± 0,139 ^b	4,857 ± 0,097 ^b	4,643 ± 0,169 ^b
4	4,714 ± 0,125 ^b	4,429 ± 0,202 ^b	4,786 ± 0,114 ^{ab}	4,643 ± 0,169 ^b
5	4,357 ± 0,225 ^c	4,429 ± 0,173 ^b	4,286 ± 0,244 ^c	4,214 ± 0,214 ^c
6	4,143 ± 0,177 ^c	4,429 ± 0,173 ^b	4,143 ± 0,143 ^c	3,786 ± 0,187 ^d

A, B, C (→): Farklı harf taşıyan gruplar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

a,b,.....d (↓): Farklı harf taşıyan süreler arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$)

miktarı ile yükselmektedir. Bu nedenle donmuş balıkların çözdürme sonundaki verimi yaklaşık % 100 olmaktadır (16). Gates ve ark. (29) da karideslerde su kaybını azaltmak için % 0,5 ile % 4 oranında sodyum tripolifosfat kullanımının üründe ağırlık artışı sağladığını bildirmişlerdir. Dondurulan karideslerde su kaybını önlemek amacıyla kullanılan sodyum tripolifosfat ve sodyum klorür ilaveli sodyum tripolifosfat çözeltisinin üründe ağırlık artışına yol açtığı ve bu artışın çözelti konsantrasyonu ve sıcaklığına bağlı olarak arttığı belirtilmiştir (15).

Avlandıktan sonra 24 saat süreyle buzda bekletilerek dondurulan palamut balıklarında buzda bekletilmeden hemen dondurulanlarla benzer bir su kaybı gözlenmiştir. Sutton (17), dondurulmadan önce değişik sürelerde buz içinde bekletilen balıklarda son ağırlığın aşamalı olarak arttığını ve dondurmadan önce buz içinde uzun süre tutulan balıklarda çözdürmede oluşan sıvı kaybının daha az olduğunu bildirmiştir. Araştırmamızda buzda bekletme süresi çok fazla olmadığından dolayı bu sonucu destekleyen sonuçlar alınmamıştır.

Taze palamut balıklarında başlangıçta 7,004 mg/100 g olan TVB-N miktarı donmuş depolama süresince artarak, deneme sonunda iç organları temizlenmiş gruplarda yaklaşık 20,3-21,3 mg/100 g ve bütün olarak dondurulan gruplarda 22,7-23,4 mg/100 g seviyesine çıkmıştır. Ünal ve Tatar (30), donmuş depolanan mürekkep balıklarının bütün halde dondurulan grubunda TVB-N miktarının, iç organları temizlenen gruptakilerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. İç organların temizlenmesi ve daha sonra yapılan yıkama işlemleri, balıkta ve özellikle sindirim sisteminde bulunan bozulmayı hızlandıran mikroorganizma ve enzimlerin uzaklaşmasına

neden olmaktadır. TVB-N miktarı üzerinde buzlama, polifosfat kullanımı ve antioksidanlı glaze işlemlerinin etkisi olmamıştır.

Palamut balığının donmuş depolanması sırasında TBA miktarının gelişimine bakıldığında dondurulmadan önce buzda bekletilen iki grubun daha yüksek bir değere çıktığı, diğer gruplarda ise nispeten düşük bir düzeyde kaldığı görülmüştür. Buzda bekletmenin oksidasyonu artırdığı, iç organ çıkarma işleminin bu süreci daha da hızlandırdığı söylenebilir. Çünkü en yüksek değer hem buzda bekletilip, hem de iç organları çıkarılarak dondurulan grupta elde edilmiştir. Ayrıca buzda bekletilmediği halde iç organları çıkarılarak dondurulan TPA grubunda en düşük değere rastlanması da bunu desteklemektedir. Buzla 1 günden fazla bekletildikten sonra dondurulan yağlı balıklar -30 °C'de depolansa bile lezzet ve koku kaybı ile oksidasyon olmaktadır (2). Hardy ve Smith (31) de dondurma öncesi buzda bekletme süresi arttıkça peroksit değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda TBA değerinin gelişimi bakımından antioksidanlı glaze kullanımının su ile glaze'e göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ringa balıklarında askorbik asit kullanılmayan grupta TBA değerinin 2. aydan itibaren hızla yükseldiği, askorbik asit kullanılanlarda ise 11. ayda bile değerinin düşük kaldığı bildirilmiştir (12). Liljemark (13)'a göre % 2'lik askorbik asit kullanılarak -20 °C'de depolanan donmuş ringalar 9 ay, % 2'lik askorbik asitle birlikte vakum paketlenerek -30 °C'de depolananlar 13 ay, antioksidan kullanılmadan -20 °C'de depolananlar 2 ay, -30 °C'de depolananlar ise 8 ay pazarlanabilir özelliklerini korumaktadır.

Dondurmadan önce ve sonra farklı işlemler uygulanan palamut balıklarında 6 aylık donmuş depolama süresince

dokuda oluşan kimyasal değişimlere ilave olarak yapılan duyusal değerlendirmede koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni puanlarının tüm gruplarda deneme süresince giderek azaldığı, ancak deneme sonunda bile iyi ve çok iyi kalite özelliğini koruduğu belirlenmiştir. Liljemark (13), uskumru ve ringa filetolarında BHA'nın oksidasyonu engelleyici etkisi olduğunu, ancak lezzeti olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Bu araştırmada antioksidan olarak kullanılan askorbik asitin böyle bir etkisi ise görülmemiştir. Donmuş ürünlerin depolanması sırasında ürün kalitesini etkileyen bir faktör su kaybıyla birlikte gelişen tekstürel yapıdaki değişimdir. Donmuş depolama esnasında su kaybeden üründe oluşan kuruma nedeniyle ette süngerimsi ve kuru bir yapı oluşabilmektedir. Denemelerde su kaybını önleyici etkide olan sodyum polifosfatın kullanılmadığı KONTROL grubunda tekstür puanındaki azalmanın diğer gruplara oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Krivchenia ve Fennema (18) da *Coregonus clupeaformis* balıklarında sodyum tripolifosfat kullanılanların hiçbir işlem yapılmadan dondurulanlara göre daha iyi tekstürel özellikte olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç olarak sodyum polifosfat çözeltilisine daldırma işleminin palamut balıklarında donmuş depolama sırasında su kaybını önleyici yönde olumlu etkide bulunduğu söylenebilir. TVB-N miktarının artış hızını azaltması bakımından iç organ çıkartma işleminin yararlı olduğu belirlenmiştir. Dondurulmadan önce buzda bekletilen palamut balıklarında hemen dondurulanlara göre yağ oksidasyonunun daha fazla olduğu ancak balıkların depolama süresi sonunda bile hala çok iyi kalitede olduğu bulunmuştur. Bu da uzun süreli muhafaza amacıyla dondurulacak balıkların bekletilmeden dondurulması gerektiğini, ancak hemen dondurma olanağının bulunmadığı durumlarda buzlama işleminin yapılabileceğini göstermektedir. Oksidasyonu önleyici olarak askorbik asitli glaze işleminin etkili olduğu belirlenmiştir. Yüksek yağ oranı ve kolay deforme olabilen et yapısı nedeniyle 6 aylık donmuş depolama süresi seçilen palamut balığının kimyasal analiz sonuçları bakımından bu süre içinde çok iyi kalitede olduğu, ancak iyi kalite sınırına yaklaştığı için daha uzun süreli depolanmasının uygun olmayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Haard, N.F.: Biochemical reactions in fish muscle during frozen storage. In: Seafood science and technology. Chapter 20. Ed. by. E. Graham Bligh. Can. Inst. of Fish. Tech., Tech. Uni. of Nova Scotia Halifax, Canada.1992; 176-209.
- Graham, J.: Freezing, in: Fish handling & processing. Chapter 6. Ed. by. A. Aitken, I.M. Mackie, J.H. Merritt & M.L. Windsor. Ministry of Agriculture, Fisheries & Food. Torry Research Station. Edinburgh. 1982; 56-71.
- Pigott, G.M., Tucker, B.W.: Seafood effects of technology on nutrition. Marcel Dekker, Inc. New York 1990.
- Garthwaite, G.A.: Chilling and freezing of fish. In: Fish processing technology. Ed by: George M. Hall, Blackie Academic & Professional, Published in North America by VCH Publishers, Inc. New York. 1992; 89-112.
- Keizer, C.: Freezing and chilling of fish. In: Fish and fishery products composition, nutritive properties and stability, Ed. by. A. Ruiter, Netherlands Institute for Fisheries Research, 1995; 287-313.
- Nickelson, R., Hegen, A.R.: Freezing fish and shellfish. Texas A&M University Sea Grant College Program. TAMU-SG-77-503. 1984.
- Edwards, M., Hall, M.: Freezing for quality. Food Manufac., 1988; 63: 73-75.
- Huss, H.H.: Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. no.348. Rome. 1995.
- Licciardello, J.J.: Freezing. In: The seafood industry. chapter 13. Ed. by. R.E. Martin, G.J. Flick. Published Van Nostrand Reinhold, New York. 1990; 205-218.
- Hultin, H.O.: Lipid oxidation in fish muscle. In: Advances in seafood biochemistry composition and quality, Ed. by: G. J. Flick, R.E. Martin. Technomic Publishing Co. Inc. 1992; 99-122.
- Kolbe E., Kramer, D.: Seafood temperature and shelf life. In: Planning seafood cold storage. part II- Storing frozen product, chapter 4: 1993; 34-46.
- Andersson, K., Danielson, C.E.: Storage changes in frozen fish: A comparison of objective and subjective tests. Food Technol., 1961; 15: 55-57.
- Liljemark, A.: Cold storage of retail-packed fillets of mackerel and herring. Food Technol., 1964; 18: 122-124.
- Aitken, A.: Polyphosphates in fish processing. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Torry Research Station, Torry Advisory Note no. 31, 1975.
- Perry, A.: The use of phosphates in the southern shrimp processing industry. Proceedings of the Eleventh Annual Tropical and Subtropical Fisheries Conference of the Americas. 1986; 185-199.
- Dyer, W.J.: Effect of brining and polyphosphate on yield and quality. in: Freezing and irradiation of fish. Ed. by. R. Kreuzer. Fishing News Books Ltd. 1969; 167-171.

17. Sutton, A.H.: Polyphosphate treatment of cod muscle. In: Freezing and irradiation of fish. Ed. by. R. Kreuzer, Fishing News Books Ltd. 1969; 172-178.
18. Krivchenia, M., Fennema, O.: Effect of cryoprotectants on frozen whitefish fillets. J. Food Sci., 1988; 53: 999-1002.
19. Dziejak, J.D.: Preservatives:Antioxidants. Food Technol., 1986; 40: 94-102.
20. Clucas, I.J., Ward, A.R.: Post-harvest fisheries development: A guide to handling, preservation, processing and quality, Publishing Manager, Natural Resources Institute, Central Avenue, United Kingdom. 1996.
21. Erkoyuncu, İ.: O.M.Ü. Sinop Su Ürünleri Fak. Su ürünleri işleme teknolojisi ders notları. (Yayınlanmamış). 1998.
22. Ludorff, W., Meyer, V.: Fische und Fischerzeugnisse. Verlag Paul Parey, Printed in Germany bei A. W. Hayn's Erben, 1973.
23. Tarladgis, B.G., Watts, B. M., Younathan, M. T., Dugan, L.: A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. J. Am. Oil Chem. Soc., 1960; 37: 44-48.
24. Santos, E.E.M., Regenstein, J.M.: Effect of vacuum packaging, glazing and erythorbic acid on the shelf-life of frozen white hake and mackerel. Food J. Sci. 1990; 55: 64-70.
25. Baines, C.R., Connell, J.J., Gibson, D.M., Howgate, P.F., Evelyn, I.L., Shewan, J.M.: A Taste Panel Technique for Evaluating The Eating Quality of Frozen Cod. In: Freezing and Irradiation of Fish. Ed. By: Rudolf Kreuzer. FAO. 1969.
26. Kietzmann, U.: Evaluation of Quality of Frozen Fish and Fish Portions. In: Freezing and Irradiation of Fish. Ed. By: Rudolf Kreuzer. FAO. 1969.
27. Düzgüneş, O., Kesici, T., Gürbüz, F.: İstatistik metotları, II. baskı, Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay: 1291, Ankara. 1993.
28. Sturno, M., Marshall, M.R., Otwell, W.S.: Polyphosphate determination in shrimp using high performance liquid chromatography. Proceedings Twelfth Annual Conference of the Tropical and Subtropical Fisheries Technological Society of The Americans. November 9-11. Orlando-Florida. 1987; 343-350.
29. Gates, K.W., Parker, A.H., Feng, J., Huang, Y.W., Rainey, T.L.: Moisture and proximate composition of commercial shrimp treated with phosphates. Marine Extension Service, University of Georgia. The International Food Technologist Annual Meeting, 1999; 35(8).
30. Ünal, F.G., Tatar, O.: Dondurularak depolanan mürekkep balığındaki (*Sepia officinalis* L., 1758) kalite değişimlerinin incelenmesi. Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Su Ürünleri Sempozyumu İzmir.1991; 739-750.
31. Hardy, R., Smith, G.M.: The storage of mackerel (*Scomber scombrus*) development of histamine and rancidity. J. Sci. Food. Agric., 1976; 27: 595-599.